



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YEREL MISIR POPÜLASYONLARININ
KOÇAN, TOHUM VE ÇİMLENME ÖZELLİKLERİNİN
GÖRÜNTÜ ANALİZLERİ İLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ONURCAN NESRİN

Tez Danışmanı
Doç. Dr. FATİH KAHRIMAN

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**YEREL MISIR POPÜLASYONLARININ
KOÇAN, TOHUM VE ÇİMLENME ÖZELLİKLERİNİN
GÖRÜNTÜ ANALİZLERİ İLE İNCELENMESİ**

ONURCAN NESRİN

Tez Danışmanı

Doç. Dr. FATİH KAHRIMAN

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Onurcan NESRİN tarafından Doç. Dr. Fatih KAHRIMAN yönetiminde hazırlanan ve **24/11/2022** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Yerel Mısır Popülasyonlarının Koçan, Tohum ve Çimlenme Özelliklerinin Görüntü Analizleri ile İncelenmesi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Tarla Bitkileri Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. Fatih KAHRIMAN
(Danışman)

.....

Prof. Dr. Mevlüt AKÇURA

.....

Doç. Dr. Özgür TATAR

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi : 24/11/2022

.....
Doç. Dr. Yener PAZARCIK
Enstitü Müdürü

.././20..

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarımı kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Onurcan NESRİN

24/11/2022

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca bana yol gösteren ve benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Fatih KAHRIMAN'a, deneysel çalışmaların yürütüldüğü sağlamış olduğu olanaklardan dolayı Çanakkale Onsekiz Mart niversitesi'ne, hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Onurcan NESRİN
anakkale, Kasım 2022



ÖZET

YEREL MISIR POPÜLASYONLARININ KOÇAN, TOHUM VE ÇİMLENME ÖZELLİKLERİNİN GÖRÜNTÜ ANALİZLERİ İLE İNCELENMESİ

Onurcan NESRİN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Fatih KAHRIMAN

24/11/2022, 36

Mısır ıslah çalışmalarında koçan, tane ve çimlenme özelliklerine yönelik ölçümler yaygın olarak kullanılan ölçümlerdendir. Klasik yöntemler kullanılarak bu ölçümlerin gerçekleştirilmesi uzun zaman almaktadır. Bu nedenle alternatif ölçüm tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Görüntü işleme tekniği bu alternatiflerden birisidir. Bu çalışmada mısır bitkisinin tohum, çimlenmiş tohum ve koçan örneklerinde klasik yöntem ve görüntü analizi ile elde edilen ölçüm sonuçlarının benzerliği araştırılmıştır. Araştırma materyali olarak 10 adet yerli mısır genotipi ve 3 standart çeşit olmak üzere 13 farklı mısır genotipine ait 233 koçan ve 1242 tohum örneği materyal olarak kullanılmıştır. Kullanılan örneklerde koçan boyu, koçan çapı, tohum eni, tohum boyu, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu ölçümleri klasik yöntem ve görüntü işleme tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Yöntemler arasındaki benzerliklerin ve görüntü analizleri ile diğer özelliklerin tahmini için regresyon analizinden yararlanılmıştır. Referans ölçüm ve görüntü analizi yöntemi ile elde edilen mısır koçan boyu, koçan çapı, tohum eni, tohum boyu, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu ölçüm değerleri arasındaki regresyon katsayıları (R^2) sırasıyla 0,99, 0,85, 0,76, 0,98 ve 0,97 olarak belirlenmiştir. İncelenen özelliklerden koçan boyu, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu için klasik yöntem ve görüntü yazılımlarından elde edilen sonuçlar yüksek benzerlik göstermiştir. Koçan ağırlığı ve koçanda tane ağırlığının görüntü analizinden elde edilen ölçümler yardımıyla tahminlenebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Zea mays*, Koçan, Dane, Görüntü işleme, Morfolojik ölçüm

ABSTRACT

INVESTIGATION OF EAR, SEED AND GERMINATION FEATURES OF MAIZE LANDRACES USING IMAGE ANALYSES

Onurcan NESRİN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Agricultural Field Crops

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Fatih KAHRIMAN

24/11/2022, 36

Measurement of ear, kernel and germination features is one of the important measurements in maize breeding studies. These measurements require a long time and labor using classical methods. Therefore, there is a need for alternative measurement techniques. Image processing technique is one of these alternatives. In this study, the similarity of the measurement results obtained with the classical method and image analysis in kernel, germinated seed and ear samples of maize plant was investigated. As research material, a total of 233 ears and 1242 kernel samples belonging to 13 different maize genotypes, including 10 local maize landraces and 3 standard varieties, were used as experimental material. In the samples used, the measurements of ear length, ear diameter, kernel width, kernel length, root length and shoot length were determined using the classical method and image processing technique. Regression analysis was used to estimate the similarities between the methods and the image analysis and other features. The regression coefficients (R^2) between the measurement values of maize ear length, ear diameter, kernel width, kernel length, root length and shoot length obtained by reference measurement and image analysis method were determined as 0.99, 0.85, 0.76, 0.98 and 0.97, respectively. Classical methods and image software had high similarity for the ear length, root length and shoot length. It has been seen that the ear weight and kernel weight can be estimated with the help of the measurements obtained from the image analysis.

Keywords: Ear features, Image processing, Morphological measurement, *Zea mays*

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Mısır ile İlgili Genel Bilgiler.....	1
1.2. Görüntü Analizlerinin Tarımsal Ölçümlerde Kullanımı	2
1.3. Çalışmanın Amacı.....	4

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Koçan ve Tane Ölçümlerinin Mısırdaki Değişimi İle İlgili Çalışmalar	5
--	---

2.2. Görüntü Analizlerinin Mısırdaki Koçan ve Tane Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar	7
---	---

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM

3.1. Materyal.....	9
3.2. Yöntem.....	10
3.2.1. Referans Ölçümlerin Yapılması.....	10
3.2.2. Görüntü Analizleri.....	11
3.2.3. Verilerin Değerlendirilmesi.....	12

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Yerel Mısır Genotiplerinin Koçan, Tohum ve Çimlenme Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması.....	13
4.1.1. Koçan Boyu (cm).....	13
4.1.2. Koçan Çapı (cm).....	14
4.1.3. Tohum Boyu (mm).....	15
4.1.4. Tohum Eni (mm).....	16
4.1.5. Kök Uzunluğu (mm).....	17
4.1.6. Sürgün Uzunluğu (mm).....	18
4.2. Görüntü İşleme ile Referans Analiz Sonuçları Arasındaki İlişkiler.....	19
4.2.1. Koçan Boyu (cm).....	19

4.2.2. Koçan Çapı (cm).....	20
4.2.3. Tohum Eni (mm).....	21
4.2.4. Tohum Boyu (mm).....	22
4.2.5. Kök Uzunluğu (mm).....	23
4.2.6. Sürgün Uzunluğu (mm).....	24
Görüntü Analizinden Çıkarılan Parametreler Yardımıyla Koçan Ağırlığı, 4.3. Koçanda Tane Ağırlığı, Tek Tohum Ağırlığı ve Tohum Canlılığının Belirlenmesi.....	25
4.3.1. Koçan Ağırlığı ve Koçanda Tane Ağırlığının Görüntü Analizine Dayalı Olarak Tahmini.....	25
4.3.2. Tek Tohum Ağırlığının Görüntü Analizine Dayalı Olarak Tahmini.....	27
4.3.3 Tohum Canlılığı ile Görüntü Analizine Dayalı Olarak Tahmini	28

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Yerel Popülasyonların Koçan, Tohum ve Çimlenme Özelliklerindeki Varyasyonun Görüntü İşleme Yardımıyla İncelenmesi	30
5.2. Klasik Ölçümler ve Görüntü Analizlerinden Elde Edilen Sonuçlar Arasındaki Benzerlikler	30
5.3. Görüntü Analizi Parametrelerinden Koçan Ağırlığı, Tohum Ağırlığı ve Canlılığın Tahminlenmesine İlişkin Sonuçlar	31
KAYNAKÇA	32
ÖZGEÇMİŞ	I

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde Oranı
cm	Santimetre
dpi	Doğrusal İnç Başına Nokta
FAO	Food and Agriculture Organization
g	Gram
mg	Miligram
mm	Milimetre
mp	Megapiksel
N	Örnek sayısı
s	Saniye
SVM	Support Vector Machine
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Tez çalışmasında kullanılan bitkisel materyaller	9
Tablo 2	Çalışmada alınan referans ölçümler	10
Tablo 3	Koçan çapının referans ve görüntü analizlerine göre genotip ortalamaları arasındaki farklar	14
Tablo 4	Koçan çapının referans ve görüntü analizlerine göre genotip ortalamaları arasındaki farklar	15
Tablo 5	Koçan ağırlığının görüntü analizlerine dayalı tahmini	16
Tablo 6	Tane ağırlığının görüntü analizlerine dayalı tahmini	17
Tablo 7	Tohum boyunun referans ve görüntü analizlerine göre genotip ortalamaları arasındaki farklar	18
Tablo 8	Tohum eninin referans ve görüntü analizlerine göre genotip ortalamaları arasındaki farklar	19
Tablo 9	Tek tohum ağırlığının görüntü analizlerine dayalı tahmini	26
Tablo 10	Kök uzunluğu referans ve görüntü analizlerine göre genotip ortalamaları arasındaki farklar	27
Tablo 11	Sürgün uzunluğunun referans ve görüntü analizlerine göre genotip ortalamaları arasındaki farklar	28
Tablo 12	Canlılık ölçümlerinin görüntü analizinde belirlenen parametreler üzerinden tespiti	29

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Koçan görüntülerinin alınması ve işlenmesi	11
Şekil 2	Tohum görüntülerinin alınması ve işlenmesi	11
Şekil 3	Çimlendirilmiş tohum görüntülerinin alınması ve işlenmesi	12
Şekil 4	Referans ve görüntü analizine dayalı koçan boyu ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.	20
Şekil 5	Referans ve görüntü analizine dayalı koçan çapı ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.	21
Şekil 6	Referans ve görüntü analizine dayalı tohum boyu ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik	22
Şekil 7	Referans ve görüntü analizine dayalı tohum eni ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik	23
Şekil 8	Referans ve görüntü analizine dayalı kök uzunluğu ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.	24
Şekil 9	Referans ve görüntü analizine dayalı sürgün uzunluğu ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.	25

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Mısır ile İlgili Genel Bilgiler

Mısır (*Zea mays*) Poaceae familyasından olan monoik ve yüksek oranda yabancı döllenmiş saçak köklü bir bitkidir. Mısır bitkisinin anavatanı Güney Amerika'dır. Mısır insan ve hayvan beslenmesinin yanı sıra sanayi için de hammadde olarak kullanılan önemli bir tahıldır (Prasanna vd., 2012). Dünyada yaygın olarak Amerika, Çin ve Brezilya'da yetiştiriciliği yapılan mısır bitkisi, birim alan verimi ve yıllık üretim miktarı açısından buğdaygiller içerisinde ilk sırada yer almaktadır (FAO, 2019). Çeşitli endüstri dallarında hammadde olarak kullanılmasından dolayı mısır bitkisine olan talep dünya nüfusunun artışına paralel olarak artmaktadır. Bu talebi karşılamak için yüksek verimli ve kaliteli çeşitlerin ıslah edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Kahrıman vd., 2013).

Mısır bitkisinin insan beslenmesinde ve insan beslenmesiyle doğrudan ilişkili olan hayvancılık sektöründe önemli bir yere sahip olmasından dolayı mısır ıslahı çalışmaları ülkemizde gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bu ıslah çalışmalarında kullanılan genetik materyallerin tohum morfolojisi ve çimlenme kapasitelerini belirlemesi gerekmektedir. Yüksek verimli mısır genotiplerinin geliştirilmesini amaçlayan ıslah çalışmalarında tane ve koçan özelliklerinin ölçümü mısır ıslahı için önemli özelliklerdendir (Hallauer vd., 1988).Uygulanan Ar-Ge programlarında iş gücü ve zaman bakımından bu özelliklere yönelik ölçümler uzun zaman almaktadır. Gelişen teknoloji birlikte bu ölçümlerin süresini kısaltmak amacıyla farklı tekniklerden yararlanılmaktadır. Görüntü işleme analizleri bu teknikler içerisinde modern ve alternatif teknikler olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde koçan/tane özelliklerinin görüntü analizlerini belirleyen bilgisayar programları geliştirilmiş ve farklı çalışmalarda kullanılmıştır.

1.2. Görüntü Analizlerinin Tarımsal Ölçümlerde Kullanımı

Görüntü analizleri yaşam bilimleri alanında geniş uygulama alanına sahip tekniklerden birisidir. Günümüzde görüntü analizi ve görüntü işleme yöntemleri, çeşitli dijital görüntüler üzerinden nesnelere ilgili anlamlı nicel ölçümler yapmak için aktif olarak kullanılmaktadır. Hematoloji (DiRuberto vd., 2020; Remeseiro vd., 2021), biyoloji (Campanile vd., 2019; Ahmad vd., 2021) ve botanik (Bohl vd., 2015; LoBianco vd., 2017; Hu vd., 2017) gibi alanlarda görüntü analizlerine dayalı ölçümler pratikte kullanılır hale gelmiştir. Tarımsal araştırmalarda da bu tekniklerden yararlanarak yapılacak bitkisel ölçümlerin daha pratik hale getirilmesini amaçlayan çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda bitkilerde yapılan agronomik ve ölçümlerin yapılması amacıyla görüntü analizlerinden yararlanılmaktadır. Bu özelliklerin ölçümü için klasik yöntemler halen kullanılmaktadır ancak bu yöntemler oldukça uzun zaman almaktadır (Wu vd., 2018). Diğer taraftan klasik yöntemlerde ölçümü yapan kişiye dayalı hata payı yüksektir. Bu sebepten görüntü analizleri ile bitkilerin tohum, fide ve farklı organlarının morfometrik ölçümlerini yapabilen araçların geliştirilmesine yönelik çalışmalar hızla artmaktadır. Son yirmi yılda, temel olarak belirli canlılık ve çimlenme parametreleriyle iyi bir şekilde ilişkili olan çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerin saptanmasına dayalı olarak, tohum kalitesi değerlendirmesi ve sınıflandırması için bir dizi yöntem geliştirilmiştir (McDonald, 1998). Bu kapsamda tohum, çimlendirilmiş tohum ve meyve ölçümlerinde görüntü analizlerine odaklı çalışmalar artarak devam etmektedir.

Bitki tohumları tarımsal üretimin başlangıç materyallerindedir. Yüksek verimli ve kaliteli bitkisel üretiminin sağlanabilmesi için tohumlarda canlılık, çimlenme gücü gibi özelliklerin yeterli olması gerekmektedir. Bu özelliklerin geliştirilmesi tohumluk ıslah programlarında çimlenme özelliklerinin analiz edilmesi ve tohum örneklerinin canlılık durumlarının farklı analiz yöntemleri ile ölçülmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ölçümlerin yapılması amacıyla günümüze farklı analiz/değerlendirme yöntemleri geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Geliştirilen bu yöntemler içerisinde özellikle tohum sınıflandırma çalışmaları için geleneksel görüntü analizine dayalı yöntemlerin diğer metotlara göre ucuz ve pratik olması nedeniyle daha uygun olduğu bildirilmiştir (Wu vd., 2018). Tohum ölçümlerinde görüntü analizlerinin kullanıldığı başlıca alanlar;

- Karakterizasyon ve tanımlama
- Sınıflama ve derecelendirme
- Fizyolojik testler
- Mekanik veya hastalık zararının tespiti
- Renk ve morfolojik özelliklerin belirlenmesidir (Kapadiavd., 2017).

Yukarıda sayılan amaçlar içerisinde morfolojik ölçümler için görüntü analizlerinin kullanımı bir hayli yaygınlaşmıştır. Tohum ve fide ölçümleri insan eliyle yapıldığında yüksek emek ve zaman gerektiren ölçümlerdir. Ayrıca bu ölçümlerde insan kaynaklı hata oranı oldukça yüksektir. Bu olumsuz yöntemleri bertaraf etmek amacıyla yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar içerisinde görüntü işlemeye dayalı analizler günümüzde çok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Tohumluk analizlerinde de bu tekniklerden aktif şekilde yararlanılmaya başlanmıştır. Tanabata vd. (2012) farklı bitki türlerinin tohumlarının görüntü analizlerine yönelik olarak SmartGrain adında bir yazılım geliştirmiştir. Geliştirilmiş olan bu yazılım ile tohumun uzunluk, genişlik ve derinlik gibi ölçümleri el ile yapılan ölçümlere kıyasla çok daha kısa sürede ve daha az insan gücü ile yapılabilmektedir ancak bu yazılım tohum renk bilgisini çıkaramamaktadır (Tanabata vd., 2012). Referans analiz yöntemleri ile alınan ölçümlerin görüntü işleme tekniklerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması da çeşitli araştırmalara konu olmuştur. Gierz vd. (2021) ImageJ programı ile çavdarda tohum boyutlarının (uzunluk ve genişlik) değerleri ile analitik yöntemle (dijital kumpas) belirlenen doğrulama ölçümleri arasındaki maksimum farklar sırasıyla %0,88 ve %1,48 olarak bulunmuştur. Söz konusu çalışma görüntü analizi ile tohumların geometrik özelliklerinin ölçüm sonuçlarının genel olarak yeterli doğrulukla karakterize edilebildiğini göstermiştir. Yine ImageJ platformunda geliştirilen SeedAnalyser adı verilen eklenti ile tohum görüntülerinden morfolojik, yapısal ve renk özellikleri çıkarılarak görüntü sınıflaması ile tohumları gruplayabilen bir araç geliştirilmiştir (Loddo vd., 2022). Bu araç ile farklı özelliklere sahip tohumlar görüntü analizleri ve makine öğrenmesi tekniği kullanılarak yüksek başarıyla ayrılabilir. MATLAB ortamında Zhu vd. (2021) tarafından geliştirilen SeedExtractor programında tohum alanı, çevresi, eni, boyu, daireselliği ve merkezi noktasının yanı sıra renk özelliklerini kısa sürede çıkarabilmektedir.

Mısır bitkisine yönelik ulusal literatürde görüntü işleme tekniklerini kullanarak mısırdaki koçan, tohum ve çimlenme özelliklerini birlikte ele alan bir araştırmaya rastlanmamıştır. Diğer taraftan yerel mısır genotiplerinin tohum ve çimlenme özelliklerinin kıyaslanması amacıyla da ülkemiz kaynaklı herhangi bir araştırmaya ulaşılamamıştır. Bu tez çalışması yerel mısır materyallerinde tohum ve çimlenme özelliklerinin görüntü işleme yazılımlarından yararlanılarak belirlenmesini konu edinmektedir.

1.3. Çalışmanın Amaçları

Tez çalışmasının başlıca amaçları;

- Yerel mısır genotiplerinde koçan, tohum ve çimlenme özellikleri bakımından mevcut varyasyonu karşılaştırması ve bu özellikler bakımından öne çıkan materyalleri belirlenmesi,
- Görüntü işleme teknikleri ile elde edilen sonuçların referans analiz sonuçları ile benzerliklerinin incelenmesi ve farklılıkların nedenlerini irdelenmesi
- Görüntü analizinden çıkarılan parametreler yardımıyla koçan ağırlığı, tek tohum ağırlığı ve tohum canlılığının belirlenip belirlenemeyeceğinin araştırılmasıdır.

İKİNCİ BÖLÜM ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Koçan ve Tane Ölçümlerinin Mısırdaki Değişimi ile İlgili Çalışmalar

Mısırdaki verim, koçan ve dane özellikleriyle yakından ilişkilidir (Makanza vd., 2018). Bu nedenle mısırdaki koçan ve dane özellikleri literatürde yoğun olarak çalışılan fenotipik özellikler içerisinde yer almaktadır. Mısır bitkisine yönelik bilimsel literatüre konu olan başlıca koçan özellikleri; koçan uzunluğu, koçan eni, koçanda sıra sayısı, sırada tane sayısı gibi verilerle ilişkili bulunan özelliklerdir (Hallauer vd., 2010). Bu nedenle koçan ölçümlerinin gerçekleştirilmesi mısır araştırmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Mısır çalışmalarında konu olan tane morfolojisine ilişkin özellikler tane eni, tane boyu ve tane iriliği veya çevresidir. Tane iriliğinin doğrudan ölçümü zor olduğundan daha çok 1000 tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı gibi tane dolgunluğu ve büyüklüğü ile ilişkili olan özellikler mısır araştırmalarında incelenen bileşenler olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle tane iriliği mısırdaki çimlenme kapasitesi (Molatudi ve Mariga, 2009; Revilla vd., 1999; Yusuf vd., 2014) ve verimliliğe olan etkisi bilinen hem fizyolojik (Chaudhry vd. 2001; Hicks vd., 1976; Sulewska vd., 2014) hem de genetik çalışmalara konu olan temel özelliklerden birisidir (Chen vd., 2016; Liu vd., 2020).

Mısırdaki koçan ve tane morfolojisi ölçümlerinin klasik (el ile) yöntemlere dayalı olarak yapıldığı ve farklı genotiplerin kullanıldığı örnek araştırmalar aşağıda sunulmuştur.

Çeçen vd. (1998) tarafından Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen 11 adet hatta ait yoklama melezlerinde koçan özellikleri incelenmiştir. Çalışmada klasik yöntemlere göre yapılan ölçümlerde koçan uzunluğu 8,9-19,7 cm, koçan çapının 2,98-5,33 arasında değiştiği saptanmıştır.

Sönmez vd. (2013) tarafından şeker mısır genotipleri üzerine yapılan bir araştırmada koçan uzunluğunun 21,9-23,8 cm aralığında, koçan çapının 48,0-54,1 mm aralığında ve koçan ağırlığının ise 338 g ile 406 g aralığında değiştiği belirlenmiştir.

Demiray vd. (2015) Bingöl ili bölgesinin ekolojik şartlarına uygun dane mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin belirlenmesine yönelik yürüttükleri araştırmada farklı kurumlardan temin edilmiş olan 12 hibrit çeşidi materyal olarak kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre koçan çapı 4,89-5,83 cm aralığında ve koçan boyu ise 17,33-21,15 cm aralığında bulunmuştur.

Öztürk ve Büyükgöz (2021) Trabzon ilinde yerel mısır popülasyonları ile yürüttükleri çalışmada kullandıkları genotiplerin koçan uzunluğunu 10,85-21,95 cm aralığında, koçan çapını 3,34-4,71 cm aralığında, koçanda dane sayısını 193,1-534,5 dane aralığında, bin dane ağırlığını 270,6-397,0 g aralığında ve dane verimini ise 319,3-1167,1 kg da⁻¹ aralığında belirlemiştir.

Sert mısırdaki yapılan bir çalışmada dane en uzunluğunu 4,86-5,19 mm aralığında, dane boy uzunluğunu 9,24-9,64 mm aralığında, koçan başına dane sayısını 622,2-631,5 adet aralığında, bin dane ağırlığını 384,3-397,1 g aralığında, bir hektolitre ağırlığını 72,8-73,2 kg aralığında ve dane veriminin ise 1202,1- 1263,2 kg da⁻¹ aralığında değiştiğini tespit etmişlerdir (Akdoğan vd., 2020).

İdikut vd. (2020) Kahramanmaraş ili bölgesi coğrafik koşullarında ikinci ürün yetiştirme sezonunda bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmada 17 farklı genotip kullanılmıştır. Çalışmada araştırılan hibrit mısır çeşitlerinin koçan çapının 43,5 mm ile 49,5 mm arasında, koçan uzunluğunun ise 16,9 cm ile 22,2 cm arasında değiştiği saptanmıştır.

Omar vd. (2022) mısır hibritleri ve bu hibritlere ait ebeveynleri materyal olarak kullandıkları çalışmalarında, bu genotiplerin çimlenme özelliklerini kontrollü ortamda kurdukları bir denemede incelemiştir. Bu çalışma sonucunda sürgün uzunluğu için en yüksek değer 7,9 cm ve kök uzunluğu için en yüksek değer 9,6 cm olarak bulunmuştur.

2.2. Görüntü Analizlerinin Mısırdaki Koçan ve Tane Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar

Paulsen vd. (1989) soya tohumunda en boy ve hastalıktan arı bölgelerin belirlenmesi amacıyla görüntü işleme tekniğinden yararlanmıştır. Tohum boyu ölçümlerinde 0,10 mm'lik bir hassasiyetle tespitler yapılmıştır. Çalışmada ayrıca soya bitkisinde fungal hastalıkların tespiti için bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma zararlanmış tohumları zararlanmamış olanlardan %98 doğrulukla ayırabilmiştir.

Liang vd. (2016) görüntü işleme ve otomatik kontrol tekniklerini kullanarak 12 ayrı tohum özelliğinin belirlenmesini konu edinen bir çalışma yürütmüştür. Toplam 615 örneğin kullanıldığı çalışma sonucunda ölçümlerin mutlak yüzde hatası %5'in altında olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, geliştirilen sistemin bilimsel çalışmalarda etkin şekilde kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Makanza vd. (2018) tarafından yürütülen araştırmada farklı mısır genotiplerine ait 180 koçan örneğinde tane sayımı görüntü analizleri ve referans ölçüm yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Araştırmada ImageJ programı kullanılmış ve referans (el ile) ve görüntü analizi ölçümleri arasında yüksek düzeyde doğrusal bir ilişki olduğu ($r = 0,98$, $p < 0,001$) belirlenmiştir.

Yafie vd. (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada, renk ve şekil özelliklerini kullanarak mısır tohumlarının sınıflandırılması amaçlanmıştır ve şekil özelliği ve renk uzayı olarak HSV renk uzayı kullanılmıştır. Sınıflama amacıyla oluşturulan görüntü veri tabanı BIMA-20 iyi, BIMA-20 kötü ve NASA-29 iyi olmak üzere üç veri kümesi olarak saklanmıştır.

Beyaz ve Gerdan (2021) tarafından yürütülen araştırmada üç mısır çeşidine görüntü analizi tekniği uygulanmıştır. Mısır tohumları her çeşitten rastgele seçilmiş ve toplam 300 adet mısır tohumu kullanılmıştır. Mısır tohum görüntüleri, aydınlatmalı bir arka plana sahip bir DSLR fotoğraf makinesi (Nikon D800) kullanılarak çekilmiştir. Görüntüler 300dpi (1600 x 2400 piksel) çözünürlük ayarında alınmıştır. Literatürde renk kanallarının

bu amaçla yaygın olarak kullanıldığı bilindiği için tane çeşitlerinin sınıflandırılmasında renk özellikleri kullanılmıştır.

Cirit vd. (2022) tarafından yürütülen araştırmada görüntü işleme programı olarak SmartGrain ve Fiji yazılımları kullanılmış ve ilgili yazılımlar ile elde edilen koçan uzunluğu (cm), koçan çapı (cm), tane çevresi (mm), tane boyu (mm) ve çimlenmiş kök uzunluklarına ait ölçümler kıyaslanmıştır. İki yazılımdan elde edilen sonuçlar koçanda tane sayısı bakımından yüksek benzerlik gösterirken, tane eni ve tane boyu için nispeten daha düşük benzerlik göstermiştir. Referans ölçümlerle elde edilen koçan çapı ve koçan boyu değerleri ile Fiji yazılımından elde edilen sonuçlar arasında da yüksek derecede benzerlik göstermiştir.

Ogunniyan vd. (2021) mısırdaki tohum morfolojisinin genetik temelini inceledikleri çalışmalarında 50 farklı hibrit ve bunların ebeveynlerini kullanarak dijital görüntüleme sistemi yardımıyla morfometrik analizler yapmıştır. Tohum morfometrisine yönelik tüm ölçümlerde kullanılan materyalde önemli bir varyasyon olduğu ($p < 0,001$) saptanmıştır.

Mısır tohumları üzerinde yapılan bir çalışmada görüntü işleme tekniği, Visual Studio C++ ortamında OpenCV 4.4.5 ve destek vektör makinesi (SVM) temel alınarak kullanılmıştır. Söz konusu çalışmada 14 farklı mısır genotipine ait örneklerde çeşit mısır tohumu örneğinde gözlenen çeşitli fenotipler üzerinde görüntü analizlerine dayalı görsel değerlendirmeler yapılmıştır (Kiratiratanapruk vd. 2011).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümünde yürütülen ıslah çalışmalarından elde edilen 10 farklı yerel mısır materyali ile 3 standart genotip kullanılmıştır (Tablo 1). Bu materyaller 2021 yılında Tarla Bitkileri Bölümünde yürütülen ıslah denemelerine ait örneklerdir.

Tablo 1
Tez çalışmasında kullanılan bitkisel materyaller

KOD	Koçan Sayısı	Tohum Sayısı	Kaynak ve Bilinen Orijini
Gen1	19	100	Edirne
Gen2	20	100	Amasya
Gen3	20	50	Ordu
Gen4	20	100	Samsun
Gen5	15	100	Kastamonu
Gen6	19	100	Kayseri
Gen7	18	92	Kastamonu
Gen8	13	100	Kayseri
Gen9	16	100	Kayseri
Gen10	14	100	Artvin
STD1	19	100	Normal standart
STD2	20	100	Normal standart
STD3	20	100	Elit Hat

3.2. Yöntem

3.2.1. Referans Ölçümleri Yapılması

Araştırmada referans ölçümlerle ilgili veriler aşağıdaki yöntemler ile toplanmıştır.

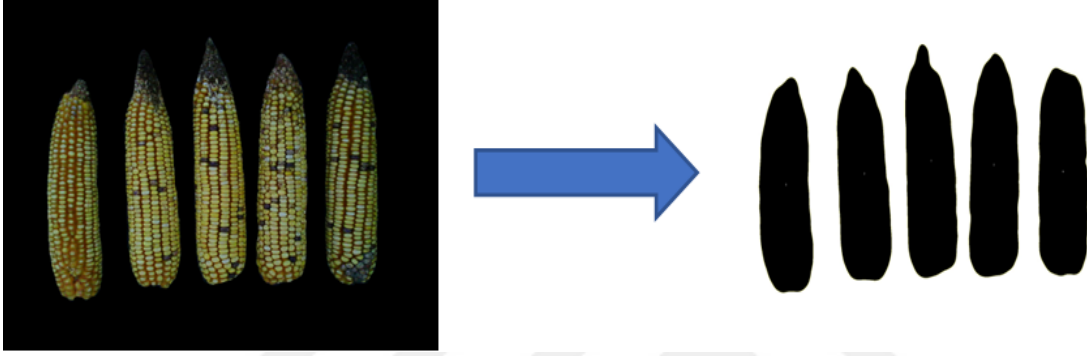
Tablo 2

Çalışmada alınan referans ölçümler

Özellik	Model Grubu	Ölçümün gerçekleştirilme şekli
Koçan boyu (cm)	Koçan morfolojisi	Koçan tabanından en uç kısmına kadar olan mesafe cetvel yardımıyla ölçülerek belirlenmiştir.
Koçan çapı (cm)	Koçan morfolojisi	Koçanın orta noktasından dijital kumpas yardımıyla belirlenmiştir.
Tek koçan ağırlığı (g)	Koçan özelliği	Tek koçan örnekleri hassas terazi yardımıyla tartılarak belirlenmiştir.
Koçanda tane ağırlığı (g)	Koçan özelliği	Koçandan ayrılan tohumlar hassas terazi yardımıyla tartılarak belirlenmiştir.
Tohum eni (mm)	Tohum morfolojisi	Tohumun orta kısmından dijital kumpasla ölçülmüş ve mm olarak kayıt altına alınmıştır.
Tohum boyu (mm)	Tohum morfolojisi	Tohumun uzunlamasına dijital kumpasla ölçülmüş ve mm olarak kayıt altına alınmıştır.
Tek tohum ağırlığı (mg)	Tohum morfolojisi	Hassas terazide tohum örnekleri tartılarak mg değerleri kayıt altına alınmıştır.
Tohum canlılığı	Canlılık/Çimlenme	Çimlendirme testine alınan tohumlardan çimlenenlerin sayısının toplam tohum sayısına oranı olarak belirlenmiştir.
Çim uzunluğu (mm)	Canlılık/Çimlenme	Çimlenen tohumlardan çıkan köklerin kumpas yardımıyla ölçülmesi ile belirlenmiştir.
Sürgün uzunluğu (mm)	Canlılık/Çimlenme	Koleoptil uzunluğu çimlenen tohumların sürgünlerinin cetvel yardımıyla ölçülmesi ile belirlenmiştir.

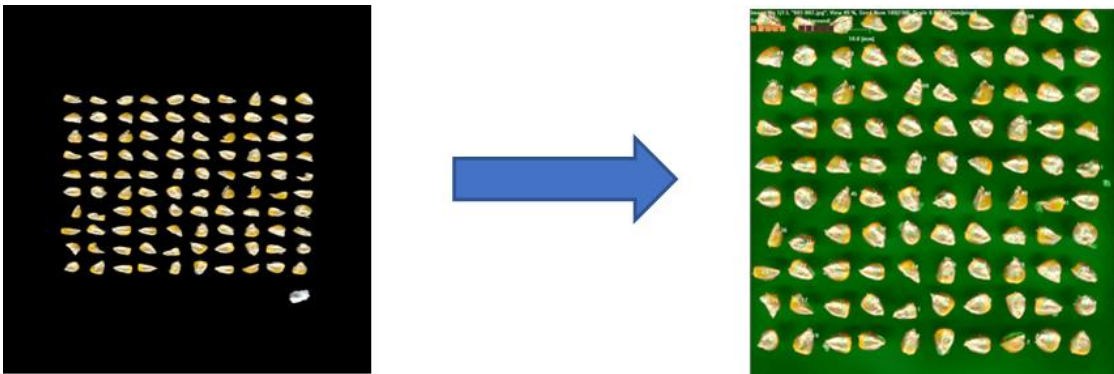
3.2.2. Görüntü Analizleri

Çalışmada üç farklı örnek tipinde görüntü analizine dayalı morfometrik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada her genotipe ait koçan örneklerinin görüntüleri EceGöz görüntüleme sistemi ile 5 MP çözünürlükte alınmıştır. Dijital görüntülerden ImageJ programı (Abràmoff vd., 2004) ile görüntü analizleri ile koçan ölçümü yönelik sonuçlar elde edilmiştir.



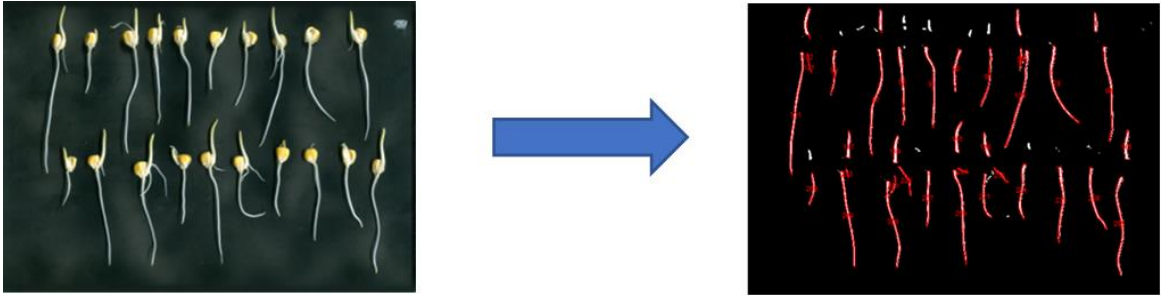
Şekil 1. Koçan görüntülerinin alınması ve işlenmesi

Daha sonra koçan örnekleri tanelenmiş ve taneler masaüstü tarayıcı kullanılarak her popülasyondan 50 ila 100 adet tohum olacak şekilde 300 dpi çözünürlükte görüntüleri alınmıştır. Bu görüntülerde popülasyon sırası ve tohum numaraları ve yapılan çimlendirme testi ve görüntü işleme analizlerinde kullanılmak üzere Excel dosyası olarak kayıt altına alınmıştır. Popülasyonların tohum morfolojilerine yönelik olarak SmartGrain (Tanabata vd., 2012) yazılımında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Tohum görüntülerinin alınması ve işlenmesi

Tohum görüntüleri alınan örnekler kağıt çimlendirme testine alınmıştır. Çimlendirme testinde tohumlar görüntüleri alındıkları şekilde kağıtlara dizilmiştir. Çimlendirme kağıtlarına dizilmiş olan tohumlar saf su ile ıslatılmıştır. Çimlenme için tohumlar 24 derecede 7 gün bekletilmiştir. Çimlenen ve çimlenmeyen tohumlar sırası karışmayacak şekilde Excel dosyasına kaydedilmiştir. Tüm tohumlara el ile yapılan referans ölçümün ardından masaüstü tarayıcıda tohum örneklerinin sırası karışmayacak şekilde görüntüleri alınmıştır. Bu görüntüler ImageJ programına (Abràmoff vd., 2004) aktarılmış ve her örneğe ait sürgün ve çim uzunlukları bu program yardımıyla görüntü üzerinden belirlenerek kaydedilmiştir.



Şekil 3. Çimlendirilmiş tohum görüntülerinin alınması ve işlenmesi

3.2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmadaki istatistiksel analizlerde R istatistik paket programı (R Core Team, 2019) kullanılmıştır. Materyal olarak kullanılan genotiplerin incelenen özellikler bakımından farklılıkları varyans analizi tekniği ile analiz edilecektir. Varyans analizi sonucunda genotipler arasındaki farklar t testi ile karşılaştırılmıştır. Referans analiz olarak ölçülebilen tohum özelliklerinin görüntü işleme analizleri ile elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkiler regresyon analizleri ile irdelenmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Yerel Mısır Genotiplerinin Koçan, Tohum ve Çimlenme Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması

4.1.1. Koçan Boyu (cm)

Koçan boyu ölçümlerine ilişkin sonuçlar Tablo 3'te sunulmuştur. Çalışmada kullanılan yerel mısır genotiplerinin büyük kısmında referans koçan boyu ölçüm değerleri standart çeşitlerin koçan uzunluklarından düşük bulunmuştur. Referans ölçümlere göre GEN5 ve GEN6 kodlu popülasyonların standart çeşitlere yakın değerler sergilediği görülmüştür. Tüm genotipler için referans ölçümler ile görüntü analizinden elde edilen sonuçlar arasındaki farkların istatistiki olarak önemsiz olduğu saptanmıştır (Tablo 3). Referans ölçümlere ait ortalamalar 14,65 cm ile 19,85 cm arasında değişmiştir. Görüntü analizi sonuçlarında koçan uzunluğu değerleri 15,31 cm ile 21,35 cm arasında bulunmuştur. Cirit vd. (2022), mısırdaki görüntü işleme tekniği kullanarak koçan ölçümleri yaptıkları çalışmada bu çalışmanın aksine referans ve Fiji ölçümleri arasındaki farkların istatistiksel açıdan önemli olduğunu bildirmiştir. İki çalışmanın sonuçları arasındaki bu farkın sebebi kullanılan materyallerin genetik açıdan farklı olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Tablo 3

Koçan boyunun referans ve görüntü analizlerine göre genotip ortalamaları arasındaki farklar

Genotip	Referans	Görüntü Analizi	P değeri
GEN1	17,45	19,08	0,092
GEN2	15,83	16,62	0,491
GEN3	17,53	18,71	0,279
GEN4	16,13	17,23	0,283
GEN5	18,17	19,28	0,481
GEN6	19,68	21,07	0,29
GEN7	17,33	18,43	0,371
GEN8	14,65	15,31	0,584
GEN9	17,56	18,45	0,559
GEN10	17,00	17,51	0,747
STD1	18,89	19,96	0,341
STD2	18,73	19,86	0,251
STD3	19,85	21,35	0,083

4.1.2. Koçan Çapı (cm)

Koçan çapı ölçümlerine ilişkin sonuçlar Tablo 4'te sunulmuştur. Çalışmada kullanılan yerel mısır genotiplerinin GEN10 genotipi hariç referans koçan çapı ölçüm değerleri standart çeşitlerin koçan çapından düşük bulunmuştur. Referans ölçümlere göre GEN8 ve GEN9 kodlu popülasyonların standart çeşitlere yakın değerler sergilediği görülmüştür. Görüntü analizi sonuçlarında ise GEN8 ile GEN9 kodlu popülasyonların standart çeşitlere yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 4). Referans ölçümlere ait ortalamalar 3,29 cm ile 4,76 cm arasında değişken, görüntü analiz sonuçlarında koçan çapı değerleri 3,68 cm ile 5,44 cm arasında bulunmuştur. Bu çalışmada koçan çaplarının referans ve görüntü analizleri arasında 3 genotipte istatistiksel açıdan önemli farklar bulunmuştur. Cirit vd. (2022)'nin yaptığı çalışmada da koçan çapının bir varyans kaynağı olan genotipik etkiden etkilendiği bildirilmiştir.

Tablo 4

Koçan çapının referans ve görüntü analizlerine göre genotip ortalamaları arasındaki farklar

Genotip	Referans	Görüntü Analizi	P değeri
GEN1	4,35	4,75	0,115
GEN2	3,90	4,45	0,089
GEN3	4,76	5,33	<0,001
GEN4	4,16	4,61	0,098
GEN5	3,93	4,35	0,211
GEN6	3,81	4,24	0,024
GEN7	4,03	4,43	0,115
GEN8	4,38	4,90	0,211
GEN9	4,42	4,86	0,211
GEN10	3,29	3,68	0,212
STD1	3,71	4,21	0,031
STD2	4,70	5,24	<0,001
STD3	4,63	5,44	<0,001

4.1.3. Tohum Boyu (mm)

Tohum boyu ölçümlerine ilişkin sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur. Çalışmada kullanılan yerel mısır genotiplerinin GEN7 genotipi hariç referans tohum boyu ölçüm değerleri standart çeşitlerin koçan uzunluklarından düşük bulunmuştur. Referans ölçümlere göre GEN7 kodlu popülasyonların standart çeşitlere yakın değerler sergilediği görülmüştür. Referans ölçümlere ait ortalamalar 8,74 mm ile 12,66 mm arasında değişmiştir. Görüntü analizi sonuçlarında Tohum boyu değerleri 9,33 mm ile 13,23 mm arasında bulunmuştur. Gierz vd. (2021), çavdar tohumlarında yaptığı görüntü işleme çalışmasından elde ettiği sonuçlara göre, görüntü analizi sonuçlarının referans sonuçlarıyla benzer olduğunu ve uygulanan yöntemin isabetli sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Bunun aksine, bu tez çalışmasında bazı genotiplere ait referans ve görüntü analizi ölçümleri arasındaki farklar istatistiksel açıdan GEN7 hariç önemli bulunmuştur. Bunun sebebinin, ilgili çalışmada yalnızca bir adet genotipin kullanılması ve çavdar ve mısır tohumunun şekilsel farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 5

Tohum boyunun referans ve görüntü analizlerine göre genotip ortalamaları arasındaki farklar

Genotip	Referans	Görüntü Analizi	P değeri
GEN1	9,19	9,49	<0,001
GEN2	9,36	9,84	<0,001
GEN3	9,98	11,21	<0,001
GEN4	10,12	11,11	<0,001
GEN5	8,74	9,33	<0,001
GEN6	9,71	10,63	<0,001
GEN7	12,43	12,91	0,866
GEN8	10,03	10,27	<0,001
GEN9	9,35	10,21	<0,001
GEN10	9,72	10,19	<0,001
STD1	10,52	11,36	<0,001
STD2	12,66	13,23	<0,001
STD3	12,57	13,16	<0,001

4.1.4. Tohum Eni (mm)

Tohum eni ölçümlerine ilişkin sonuçlar Tablo 6'da sunulmuştur. Çalışmada kullanılan yerel mısır genotiplerinden GEN3, GEN6 ve GEN9 tohum enine ilişkin referans ölçüm değerleri bakımından standart çeşitlerin tohum eninden yüksek bulunmuştur. Referans ölçümlere göre GEN5 ve GEN7 kodlu popülasyonların birbirlerine yakın değerler sergilediği görülmüştür. Görüntü analizi sonuçlarında ise GEN1 ve GEN5 kodlu popülasyonların birbirlerine yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 6). Referans ölçümlere ait ortalamalar (5,95 mm ile 9,65 mm) görüntü analizi sonuçlarında tohum eni değerleri (6,34 mm ile 9,73 mm) ile benzer aralıkta bulunmuştur. Bu çalışmada, referans ve görüntü analizi ölçümleri arasında tüm genotipler de önemli farklar bulunmuşken, Liang vd. (2016), mısır tohumlarında yaptığı çalışmada farklı bir yazılım ve ekipman ile elde ettiği sonuçlara bağlı olarak görüntü analizinin isabet sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Tablo 6

Tohum eninin referans ve görüntü analizlerine göre genotip ortalamaları arasındaki farklar

Genotip	Referans	Görüntü Analizi	P değeri
GEN1	7,03	7,18	<0,001
GEN2	5,95	6,34	<0,001
GEN3	8,70	9,29	<0,001
GEN4	7,88	8,15	<0,001
GEN5	7,28	7,13	<0,001
GEN6	9,65	9,73	<0,001
GEN7	7,27	7,42	<0,001
GEN8	6,56	6,72	<0,001
GEN9	8,88	8,83	<0,001
GEN10	7,80	7,74	<0,001
STD1	6,56	6,77	<0,001
STD2	8,29	8,42	<0,001
STD3	7,75	7,98	<0,001

4.1.5. Kök Uzunluğu (mm)

Kök uzunluğu ölçümlerine ilişkin sonuçlar Tablo 7’de sunulmuştur. Çalışmada kullanılan yerel mısır genotiplerinden GEN1 referans kök uzunluğu ölçüm değeri standart çeşitlerin kök uzunluklarından yüksek bulunmuştur. Referans ölçümlere göre GEN4 ve GEN7 kodlu popülasyonlar arasında yakın değerler sergilediği görülmüştür. Görüntü analizi sonuçlarında ise GEN2 ve GEN3 kodlu popülasyonların arasında yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 7). Referans ölçümlere ait ortalamalar 16,48 mm ile 96,07 mm arasında değişmiştir. Görüntü analizi sonuçlarında kök uzunluğu değerleri 15,59 mm ile 95,83 mm arasında bulunmuştur. Omar vd. (2022), kök uzunluğu fenotipinde genetik etkinin önemli bir paya sahip olduğunu ve heterosisin tohum gelişim özellikleri açısından olumlu sonuçlar sağladığını bildirmiştir. Referans ve görüntü analizi ölçümleri arasındaki farklarda istatistiki açıdan önemli farkların olmaması (Tablo 7), kullanılan görüntü analizi yönteminin kök uzunluğu açısından isabet sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur.

Tablo 7

Kök uzunluğu referans ve görüntü analizlerine göre genotip ortalamaları arasındaki farklar

Genotip	Referans	Görüntü Analizi	P değeri
GEN1	96,07	95,83	0,945
GEN2	29,98	29,65	0,897
GEN3	28,88	28,16	0,819
GEN4	47,60	46,45	0,754
GEN5	34,53	31,56	0,246
GEN6	55,52	56,05	0,85
GEN7	47,78	46,19	0,721
GEN8	67,46	64,73	0,55
GEN9	57,74	57,01	0,818
GEN10	16,48	15,59	0,704
STD1	67,70	67,03	0,883
STD2	45,30	43,37	0,533
STD3	55,78	53,68	0,502

4.1.6. Sürgün Uzunluğu (mm)

Sürgün uzunluğu ölçümlerine ilişkin sonuçlar Tablo 8’de sunulmuştur. Çalışmada kullanılan yerel mısır genotiplerinden 5 genotip hariç sürgün uzunluğu ölçüm değerleri standart çeşitlerin kök uzunluklarından düşük bulunmuştur. Referans ölçümlere göre GEN6 ve GEN7 kodlu popülasyonlar arasında yakın değerler sergilediği görülmüştür. Görüntü analizi sonuçlarında ise GEN1 ve GEN8 popülasyonların standart çeşitlerden yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 8). Referans ölçümlere ait ortalamalardaki değişim ile (4,88 cm ile 39,73 cm) görüntü analizi sonuçlarındaki değişim (5,11 cm ile 40,46 cm) kıyaslandığında görüntü analizlerinden nispeten daha yüksek değerler elde edildiği görülmektedir. Buna karşın referans ölçüm ile görüntü analizi sonuçları arasında istatistiksel fark olmaması, görüntü analizleri ile referans yöntemine ikame sonuçlar elde edilebileceğini göstermektedir. Omar vd. (2022), sürgün uzunluğunun heterotik etkiden etkilendiğini ve heterosis etkisini taşıyan tohumların ebeveyn bitkilerden daha iyi sürgün gelişimi gösterdiğini bildirmiştir.

Tablo 8

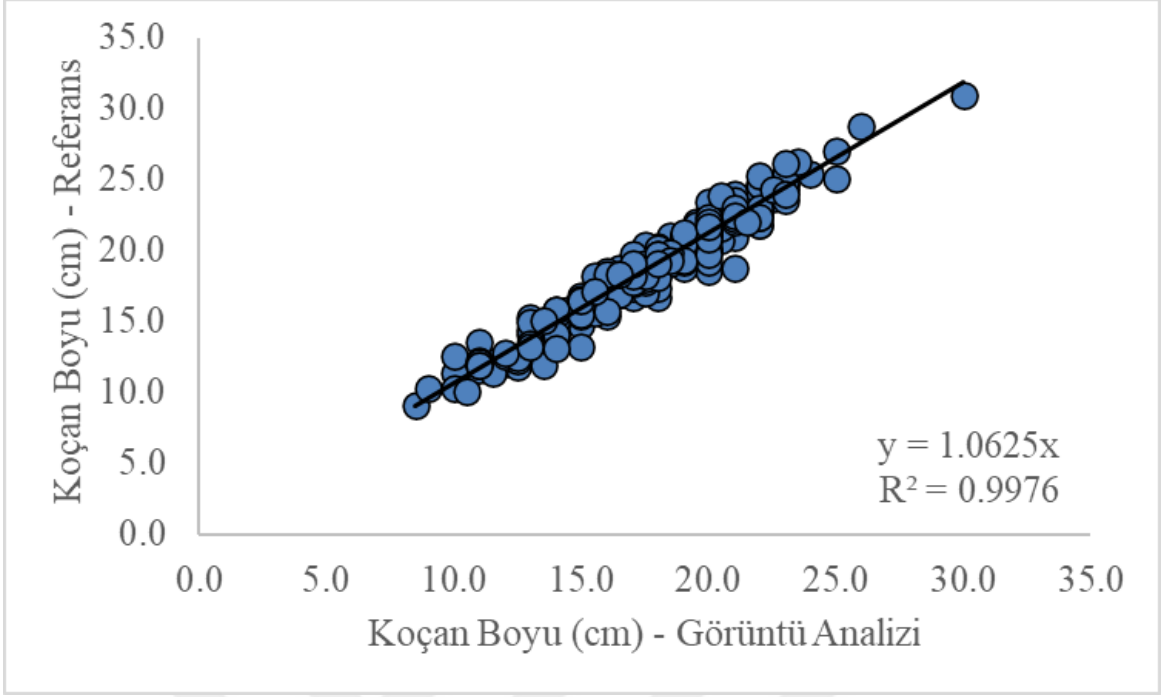
Sürgün uzunluğunun referans ve görüntü analizlerine göre genotip ortalamaları arasındaki farklar

Genotip	Referans	Görüntü Analizi	P değeri
GEN1	39,73	40,46	0,739
GEN2	10,76	10,15	0,534
GEN3	4,88	5,11	0,71
GEN4	11,05	12,25	0,348
GEN5	8,85	8,63	0,822
GEN6	18,41	17,75	0,636
GEN7	18,84	18,35	0,814
GEN8	28,01	27,45	0,788
GEN9	14,11	13,85	0,83
GEN10	7,14	6,66	0,635
STD1	20,39	20,59	0,917
STD2	12,28	11,93	0,774
STD3	17,02	16,43	0,62

4.2. Görüntü İşleme ile Referans Analiz Sonuçları Arasındaki İlişkiler

4.2.1. Koçan Boyu (cm)

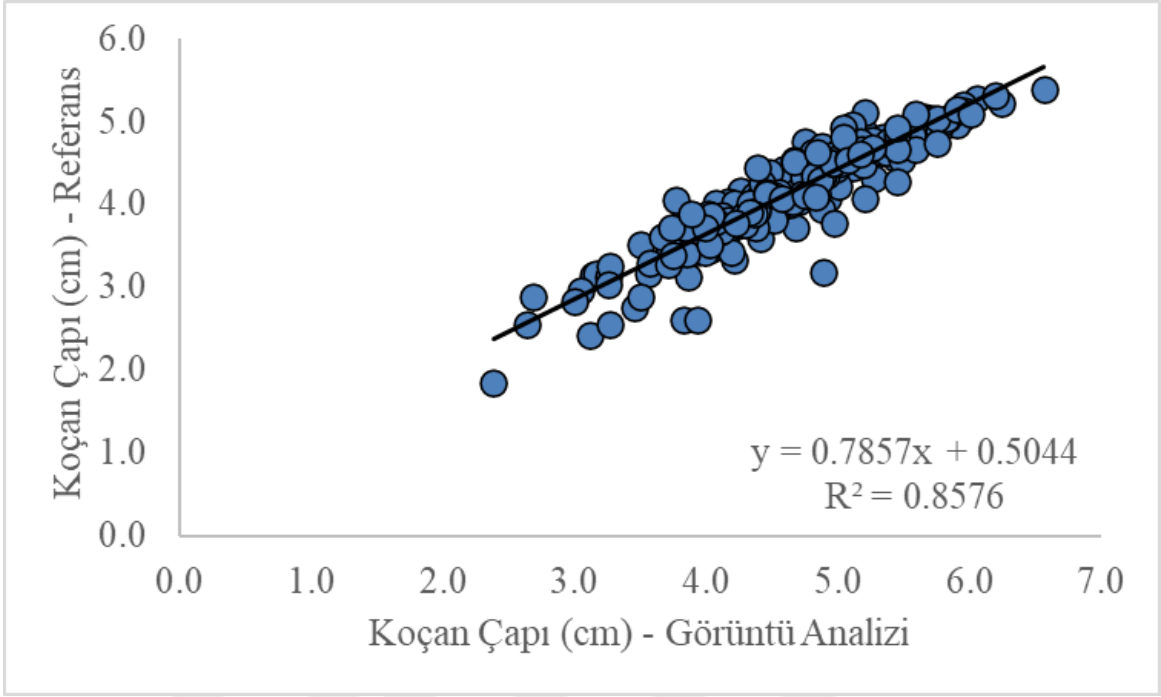
Referans ölçüm ile görüntü analizleri bakımından koçan boyu ölçümleri arasında ilişkiyi gösteren grafik Şekil 4'te sunulmuştur. Regresyon denklemine göre referans ölçüm sonucunda elde edilen koçan boyu ölçümlerindeki varyasyonun %99,8'i görüntü analizi ile elde edilen değerlerce açıklanabilmektedir. Denkleme ait eğrinin kesim noktasının 0 olması iki ölçüm verisi arasında yüksek güvenilirli bir hesaplamanın yapılabileceğine işaret etmektedir. Cirit vd. (2022) tarafından yürütülen çalışmada farklı mısır genotipleri arasında referans analizler ile görüntü analizi sonuçları arasında yüksek bir benzerlik ($R^2 > 99,5$) olduğu saptanmıştır.



Şekil 4. Referans ve görüntü analizine dayalı koçan boyu ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

4.2.2. Koçan Çapı (cm)

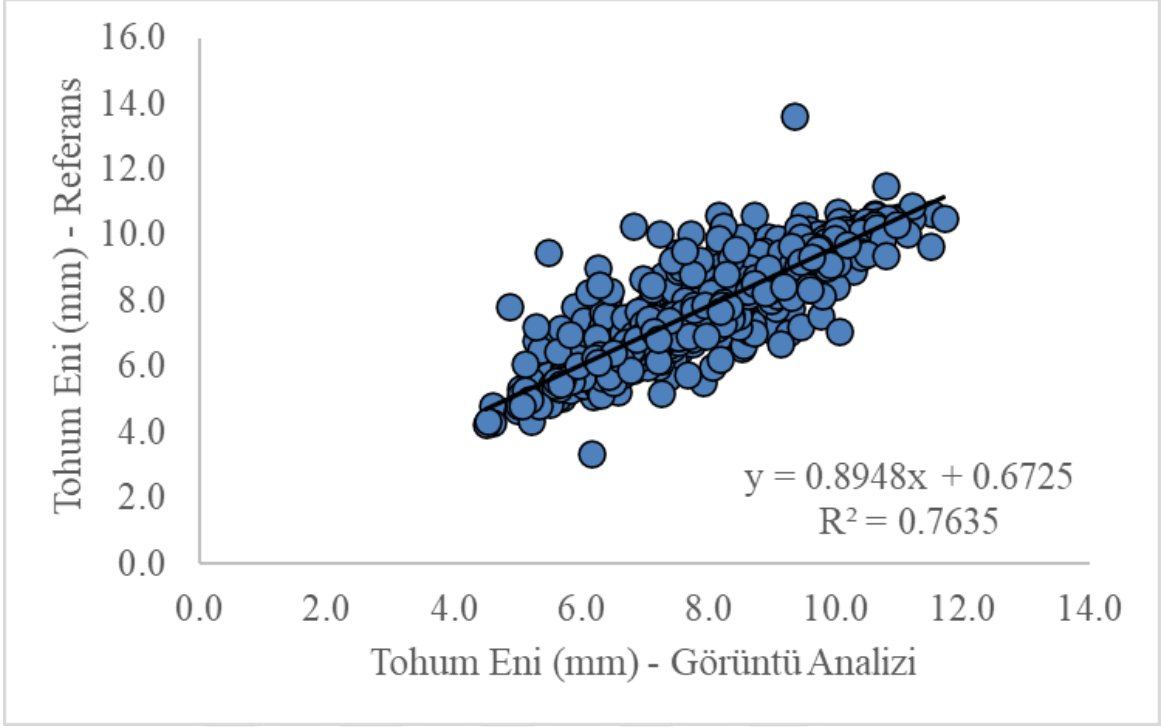
Koçan çapı için referans ölçüm ile görüntü analizleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 5'te sunulmuştur. Regresyon denklemine göre referans ölçüm sonucunda elde edilen koçan boyu ölçümlerindeki varyasyonun %85,8'i görüntü analizi ile elde edilen değerlerce açıklanabilmektedir. Denkleme ait eğrinin kesim noktasının 0,5044 olduğu belirlenmiştir. Cirit vd. (2022), koçan çapı fenotipi için referans ve görüntü analizi ölçümleri arasındaki korelasyon katsayısını 0,92-0,94 aralığında bulmuştur. Çalışmamızda bu regresyon katsayısına göre farklı yöntemlerle elde edilen sonuçlar arasındaki benzerliğin nispeten düşük olduğu söylenebilir. Bu durum araştırmamızda kullanılan genotiplere ait tane bağlama düzeyindeki farklılıklar ile ilişkilendirilebilir.



Şekil 5.Referans ve görüntü analizine dayalı koçan çapı ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

4.2.3. Tohum Eni (mm)

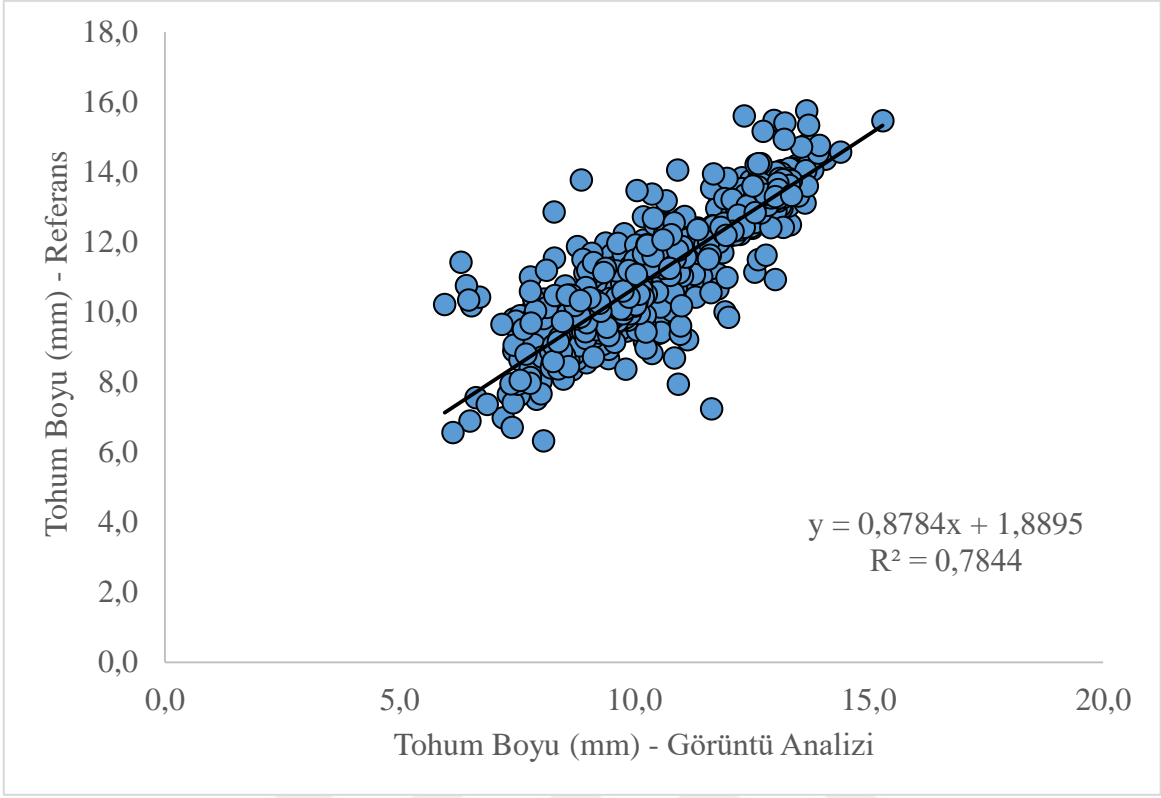
Tohum eni için referans ölçüm ile görüntü analizleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 6'da sunulmuştur. Regresyon denklemine göre referans ölçüm sonucunda elde edilen tohum boyu ölçümlerindeki varyasyonun %76,3'ü görüntü analizi ile elde edilen değerlerce açıklanabilmektedir. Denkleme ait eğrinin kesim noktasının 0,6725 olduğu belirlenmiştir. Farklı yazılımlarla elde edilen tohum boyu değerlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada GrainScan ve SeedExtractor yazılımları arasında orta düzeyde bir korelasyon ($r=0,52$) olduğu saptanırken, SmartGrain ve SeedExtractor sonuçları arasında yüksek bir korelasyon ($r=0,995$) bulunmuştur (Zhu vd., 2021). Bu çalışma sonuçları aynı örnek setinden farklı yazılımlarla elde edilen tohum boyu ölçümleri arasında dahi farklılıklar oluşabileceğini göstermektedir. Çalışmamızda elde edilen regresyon katsayısının nispeten yüksek bir korelasyona ($r>80$) karşılık gelmesi, kullanılan yazılım referans ölçüm noktası ile benzer bir noktadan tohum boyu ölçümünü gerçekleştirdiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 6. Referans ve görüntü analizine dayalı tohum eni ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

4.2.4. Tohum Boyu (mm)

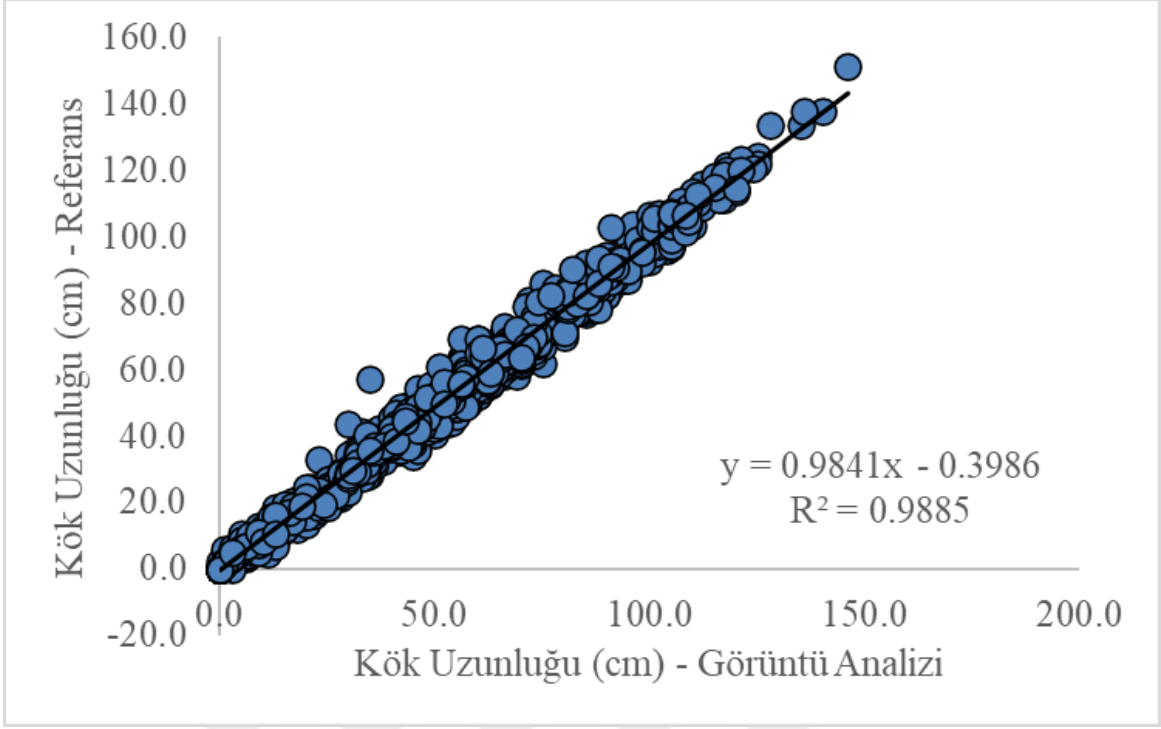
Tohum boyu için referans ölçüm ile görüntü analizleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 7’de sunulmuştur. Regresyon denklemine göre referans ölçüm sonucunda elde edilen tohum boyu ölçümlerindeki varyasyonun %78,4’ü görüntü analizi ile elde edilen değerlerce açıklanabilmektedir. Denkleme ait eğrinin kesim noktasının 1,8895 olduğu belirlenmiştir. Liang vd. (2016) otomatik görüntü analiz makinesi ile yaptıkları çalışmada kullanılan yöntemin varyasyonun %97’sini açıklayabildiğini bildirmiştir. İlgili çalışma ile bu çalışma arasındaki farkın dijital görüntü toplama amacıyla kullanılan ekipmanlardaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 7.Referans ve görüntü analizine dayalı tohum boyu ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

4.2.5. Kök Uzunluğu (mm)

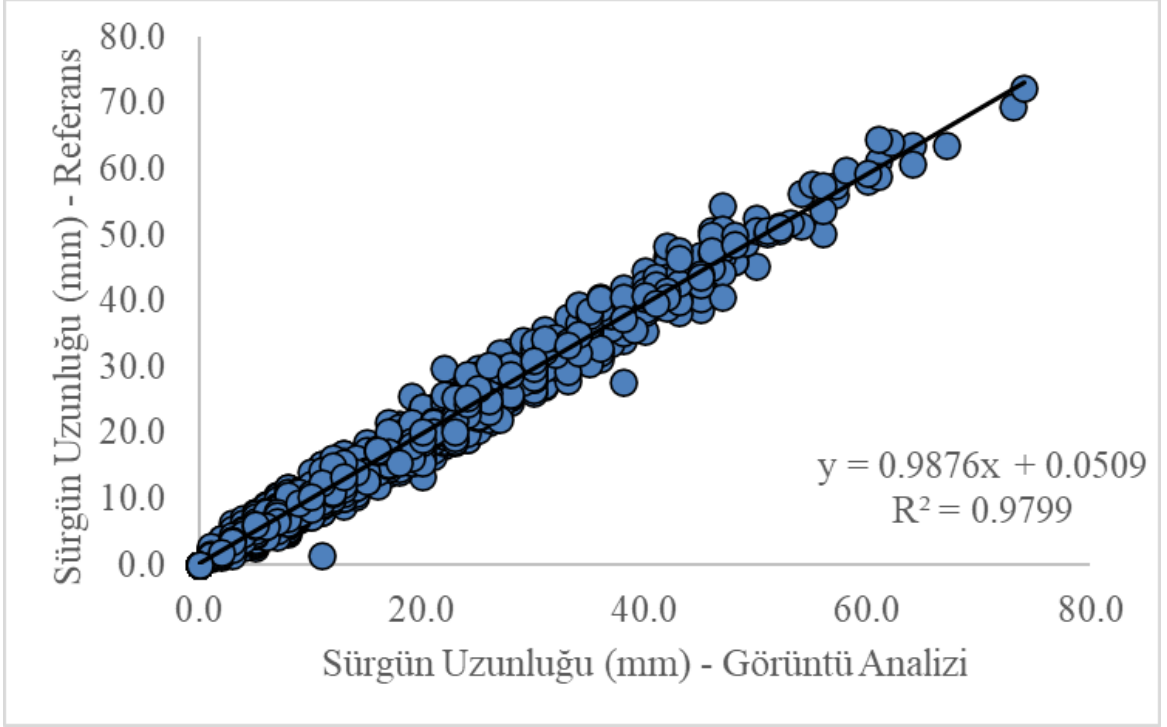
Kök uzunluğu bakımından referans ölçüm ile görüntü analizleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 8’de sunulmuştur. Regresyon denklemine göre referans ölçüm sonucunda elde edilen kök uzunluğu ölçümlerindeki varyasyon yüksek oranda(%98,8) görüntü analizi ile elde edilen değişim üzerinden açıklanabilmektedir. Denkleme ait eğrinin kesim noktasının 0,3986 olduğu belirlenmiştir. Yudhana vd. (2019) mısırdaki çalışmada görüntü analizi yönteminin kök uzunluğu açısından isabetli sonuçlar verdiğini ve bitkinin büyümesini ölçmede kullanılabileceğini bildirmişlerdir.



Şekil 8. Referans ve görüntü analizine dayalı kök uzunluğu ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

4.2.6. Sürgün Uzunluğu (mm)

Referans ölçüm ile görüntü analizleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 9’da sunulmuştur. Regresyon denklemine göre referans ölçüm sonucunda elde edilen tohum boyu ölçümlerindeki varyasyonun %97,9’ü görüntü analizi ile elde edilen değerlerce açıklanabilmektedir. Denklemde ait eğrinin kesim noktasının 0,0509 olduğu belirlenmiştir. Bruner vd. (2016), mısır ile aynı familyadan olan (*Poaceae*) buğdayda yaptıkları çalışmada görüntü analizi yönteminin sürgün uzunluğu ölçümünde kullanılabilecek etkili bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar da bu bulguları doğrular niteliktedir.



Şekil 9. Referans ve görüntü analizine dayalı sürgün uzunluğu ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

4.3. Görüntü Analizinden Çıkarılan Parametreler Yardımıyla Koçan Ağırlığı, Koçanda Tane Ağırlığı, Tek Tohum Ağırlığı ve Tohum Canlılığının Belirlenmesi

4.3.1. Koçan Ağırlığı ve Koçanda Tane Ağırlığının Görüntü Analizine Dayalı Olarak Tahmini

Koçan ağırlığının görüntü analiz parametreleri kullanılarak tahminlenmesi ile ilgili regresyon analizi sonuçları Tablo 9'da sunulmuştur. Alan, çevre, uzunluk, çap verilerinin tahminleyici olarak kullanılmak suretiyle oluşturulan farklı modellerin hepsi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bu modellerin %80'in üzerinde başarıya sahip olduğu ve görüntü analizi çıktıları kullanılarak koçan ağırlığının belirlenebileceği görülmüştür (Tablo 9). Bununla birlikte yalnızca koçan alanı verisi tahminleyici olarak kullanıldığında %82,9'luk bir R^2 değeri hesaplanırken, diğer değişkenlerin modele eklenmesinin tahmin başarısına önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 9

Koçan ağırlığının görüntü analizlerine dayalı tahmini

	Koçan Ağırlığı			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Alan	3,020 ^{***}	4,735 ^{***}	4,738 ^{***}	4,781 ^{***}
Çevre		-5,058 ^{***}	-5,367 ^{***}	-5,362 ^{***}
Boy			0,626	0,466
En				-0,660
Sabit	-69,269 ^{***}	26,316 ^{**}	27,500 ^{**}	30,401
N	233	233	233	233
R ²	0,829	0,888	0,888	0,888
Düzeltilmiş R ²	0,829	0,887	0,886	0,886
Standart Hata	29,191 (df = 231)	23,725 (df = 230)	23,772 (df = 229)	23,824 (df = 228)
F İstatistiği	1,121,822 ^{***} (df = 1; 231)	908,933 ^{***} (df = 2; 230)	603,588 ^{***} (df = 3; 229)	450,724 ^{***} (df = 4; 228)
Not:	* p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001			

Koçanda tane ağırlığının görüntü analiz parametreleri kullanılarak tahminlenmesi ile ilgili regresyon analizi sonuçları Tablo 10'da sunulmuştur. Alan, çevre, en ve boy verilerinden yola çıkarak oluşturulan farklı modellerin hepsi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bu modellerin %70'in üzerinde başarıya sahip olduğu ve görüntü analizi çıktıları kullanılarak koçan ağırlığının kabul edilebilir bir doğrulukla belirlenebileceği görülmüştür (Tablo 10).

Tablo 10

Koçanda tane ağırlığının görüntü analizlerine dayalı tahmini

	Koçanda Tane Ağırlığı			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Alan	2,583 ^{***}	4,440 ^{***}	4,454 ^{***}	4,206 ^{***}
Çevre		-5,478 ^{***}	-6,863 ^{***}	-6,891 ^{***}
Boy			2,807	3,735
En				3,831
Sabit	-63,314 ^{***}	40,212 ^{***}	45,519 ^{***}	28,691
N	233	233	233	233
R ²	0,752	0,837	0,838	0,838
Düzeltilmiş R ²	0,751	0,835	0,836	0,835
Standart Hata	31,6 (df = 231)	25,7 (df = 230)	25,6 (df = 229)	25,7 (df = 228)
F İstatistiği	698,9 ^{***} (df = 1; 231)	588,7 ^{***} (df = 2; 230)	393,9 ^{***} (df = 3; 229)	294,3 ^{***} (df = 4; 228)

Not: * p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001

Bununla birlikte yalnızca koçan alanı verisi tahminleyici olarak kullanıldığında %75,2'lik bir R² değeri hesaplanırken, çevre değişkeni dâhil edildiğinde bu değer %83,7'ye ulaşmış, diğer değişkenlerin modele eklenmesinin tahmin başarısına önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Tablo 10).

4.3.2. Tek Tohum Ağırlığının Görüntü Analizine Dayalı Olarak Tahmini

Tek tohum ağırlığının görüntü analiz parametreleri kullanılarak tahminlenmesi ile ilgili regresyon analizi sonuçları Tablo 11'de sunulmuştur. Alan, çevre, uzunluk, çap verilerinden yola çıkarak oluşturulan farklı modellerin hepsi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bu modellerde görüntü analizi çıktılarındaki tüm değişkenler kullanılarak tek tohum ağırlığının %60'ın üzerinde başarıya başarı ile belirlenebileceği görülmüştür (Tablo 11). Tohum alanı verisi kullanıldığında R² değerinin %46,7 olduğu, alan değişkeninin eklenmesinin R² değerinde önemli ölçüde artış sağlamadığı, tohum eninin eklenmesi halinde R² değerinin %60'ın üzerine çıktığı görülmektedir (Tablo 11).

Tablo 11

Tek tohum ağırlığının görüntü analizlerine dayalı tahmini

	Tek Tohum Ağırlığı			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Alan	0,004***	0,005***	0,004***	0,002***
Çevre		-0,006***	0,015***	0,012***
Boy			-0,045***	-0,030***
En				0,017***
Sabit	0,055***	0,146***	0,078***	-0,033
N	1,223	1,223	1,223	1,223
R ²	0,467	0,477	0,625	0,631
Düzeltilmiş R ²	0,467	0,476	0,624	0,629
Standart Hata	0,059 (df = 1221)	0,059 (df = 1220)	0,050 (df = 1219)	0,049 (df = 1218)
F İstatistiği	1,070,205*** (df = 1; 1221)	556,318*** (df = 2; 1220)	677,789*** (df = 3; 1219)	520,008*** (df = 4; 1218)
Not:	* p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001			

4.3.3. Tohum Canlılığı ile Görüntü Analizine Dayalı Olarak Tahmini

Çalışmada tohum canlılığının görüntü analizi parametreleri üzerinden tespitine yönelik oluşturulan regresyon modellerine ait sonuçlar Tablo 12’de sunulmuştur. Bu sonuçlara göre tohum canlılığının görüntü analizine dayalı morfolojik ölçümler üzerinden güvenilir şekilde tespit edilemeyeceği görülmüştür. Nitekim bu amaçla oluşturulan tüm modellerin R² değerleri çok düşük bulunmuştur.

Tablo 12

Canlılık ölçümlerinin görüntü analizinde belirlenen parametreler üzerinden tespiti

	Canlılık			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Alan	0,001**	0,004**	0,004***	0,002
Çevre		-0,009	-0,015**	-0,019**
Boy			0,013	0,034
En				0,023
Sabit	0,829***	0,978***	0,997***	0,848***
N	1,223	1,223	1,223	1,223
R ²	0,005	0,007	0,009	0,009
Düzeltilmiş R ²	0,004	0,006	0,006	0,006
Standart Hata	0,280 (df = 1221)	0,279 (df = 1220)	0,279 (df = 1219)	0,279 (df = 1218)
F İstatistiği	6.498** (df = 1; 1221)	4.603** (df = 2; 1220)	3.501** (df = 3; 1219)	2.880** (df = 4; 1218)
Not:	* p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001			

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma amaçlarına göre elde edilen sonuçlar aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur.

5.1. Yerel Popülasyonların Koçan, Tohum ve Çimlenme Özelliklerindeki Varyasyonun Görüntü İşleme Yardımıyla İncelenmesi

Araştırma bulgularına göre kullanılan genotiplerin klasik yöntemler koçan boyu ölçümleri 14,65-19,85 cm, koçan çapları 3,29-4,76 cm, tohum eni 8,74-12,66 mm, tohum boyu 5,95-9,65mm, kök uzunluğu 16,48-96,07 mm ve sürgün uzunluğu 4,88-39,73 mm arasında bulunmuştur. Görüntü analizlerinde elde edilen sonuçlarda koçan boyu ölçümleri 15,31-21,35 cm, koçan çapları 3,68-5,44 cm, tohum eni 6,34-9,73 mm, tohum boyu 9,33-13,23 mm kök uzunluğu 15,59-95,83 mm ve sürgün uzunluğu 5,11-40,46 mm arasında bulunmuştur. Kullanılan genotiplerden koçan boyu için STD3 kodlu, koçan çapı için GEN3 kodlu genotip, tohum eni için GEN6 kodlu genotip tohum boyu için STD2 kodlu genotip, sürgün uzunluğu için GEN1 kodlu genotip, kök uzunluğu için ise GEN1 kodlu genotip klasik ölçümlerde en yüksek ortalamaya sahip genotipler olmuştur. Buna karşın tohum eni bakımından referans ölçüm ve görüntü işleme analizlerinde en yüksek sonuç veren genotiplerin farklı olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bu özellikler için klasik metot ve görüntü işleme yöntemi ile elde edilen genotip sıralamasında önemli farklar olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre klasik ölçüm ve görüntü işleme tekniklerine dayalı olarak koçan çapı, tohum eni ve tohum boyu değerleri arasında farklar olduğu ve bu teknikleri kullanarak yürütülen çalışma sonuçları arasında genotip değerlendirmeleri bakımından farklar oluşabileceği görülmüştür.

5.2. Klasik Ölçümler ve Görüntü Analizlerinden Elde Edilen Sonuçlar Arasındaki Benzerlikler

Klasik yöntemler ile görüntü işleme tekniklerinden elde edilen sonuçlar arasındaki regresyon grafikleri ve regresyon katsayıları dikkate alındığında bu çalışmada ele alınan

özelliklerden bazıları için farklı yöntemlerden elde edilen sonuçları arasında yüksek benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Koçan boyu, ($R^2=0,7635$) sürgün uzunluğu ($R^2=0,9799$) ve kök uzunluğunun ($R^2=0,9885$) sonuçları arasında yüksek benzerlik olduğu görülmüştür. Tane eni ve boyu ölçümlerinde ise klasik yöntem ile görüntü işleme tekniği arasındaki sonuçlarda dikkate değer sapmaların olduğu belirlenmiştir. Bu durumun klasik yöntemde kumpas ile yapılan ölçümde tohumun en dar veya en uzun noktasından ölçümün zor olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira atdışi mısır varyeteleri haricindeki mısır genotiplerinde tohum şeklindeki ovallik nedeniyle bu ölçümün sağlıklı şekilde gerçekleştirilmesinin güç olduğu görülmüştür. Diğer taraftan tohumlardan görüntü verileri toplanırken tarayıcı üzerine konulan tohumların düz olan taraflarına doğru yattığı ve aynı tohumun referans ölçümünde, görüntü verisi alınırken bulunduğu pozisyonda bire bir aynı şekilde tutulamayacağı ondan dolayı bu sapmaların olabileceği değerlendirilmiştir. Söz konusu özelliklerde referans ölçüm standardının oluşturulmasına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada ölçümler tesadüfi olarak pozisyonlanan tohumlardan toplanmıştır.

5.3. Görüntü Analizi Parametrelerinden Koçan Ağırlığı, Tohum Ağırlığı ve Tohum Canlılığının Tahminlenmesi

Bu çalışmada doğrudan görüntü analizleri ile elde edilemeyen koçan ağırlığı, koçanda tane ağırlığı, tek tohum ağırlığı ve tohum canlılığı ilgili sonuçların, görüntü analizi parametrelerin tahminlenip tahminlenemeyeceğine yönelik sonuçlar şu şekildedir. Tek koçan ağırlığının görüntü analizi sonuçları üzerinden belirlenmesine yönelik oluşturulan modellerde yalnızca koçan alanı kullanıldığında %82,9 doğrulukla tahminleme yapılabılırken, koçan çevresi değişkeni de dahil edildiğinde regresyon katsayısının %88,8'e yükseldiği gözlenmiştir. Benzer şekilde koçanda tane ağırlığının da koçan alanı değişkeni yanı sıra çevre değişkeni de modele dahil edildiğinde daha yüksek başarı ile tahminlenebileceği görülmüştür. Tek tohum ağırlığına yönelik model sonuçları tohum alanının tek başına bu değişkeni tahminlemede yetersiz olduğunu ($R^2=0,467$), ancak tüm değişkenler kullanıldığında orta düzeyde bir tahmin gücüne ($R^2=0,631$) ulaşabildiği göstermiştir. Tohum canlılığının görüntü analizi parametrelerinden yararlanılarak tahminlenmesinin güç olduğu anlaşılmıştır.

KAYNAKÇA

- Abràmoff, M. D., Magalhães, P. J. ve Ram, S. J. (2004). "Image processing with ImageJ". *Biophotonics international*, 11(7), 36-42.
- Ahmad, N., Asghar, S. ve Gillani, S. A. (2022). "Transfer learning-assisted multi-resolution breast cancer histopathological images classification". *The Visual Computer*, 38(8), 2751-2770.
- Akdoğan, M. ve Kara, B. (2020). "Atdışı ve sert mısırdada yaprak sıyırma ve uç almanın verim ve bazı tane özelliklerine etkisi". *Adnan Menderes Üniv Ziraat Fakültesi Der.* 17: 215 -219.
- Beyaz, A. ve Gerdan, D. (2021). "Meta-learning-based prediction of different corn cultivars from color feature extraction". *Journal of Agricultural Sciences*, 27(1), 32-41.
- Bohl, E., Terraz, O. ve Ghazanfarpour, D. (2015). "Modeling fruits and their internal structure using parametric 3Gmap L-systems". *The Visual Computer*, 31(6), 819-829.
- Brunes, A. P., Araújo, Á. D. S., Dias, L. W., Villela, F. A. ve Aumonde, T. Z. (2016). "Seedling length in wheat determined by image processing using mathematical tools". *Revista Ciência Agronômica*, 47, 374-379.
- Campanile, G., Di Ruberto, C. ve Loddo, A. (2019). "An open source plugin for image analysis in biology". In *2019 IEEE 28th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE)* (pp. 162-167). IEEE.
- Chaudhry, A. ve Ikramullah, M. (2001). "Influence of seed size on yield, yield components and quality of three maize genotypes". *J. of Biol. Sci.*1(3): 150-151.
- Chen, J., Zhang, L., Liu, S., Li, Z., Huang, R., Li, Y., Cheng, H., Li, X., Zhou, B., Wu, S., Chen, W., Wu, J. ve Ding, J. (2016). "The genetic basis of natural variation in kernel size and related traits using a four-way cross population in maize". *PLoS One*, 11(4), e0153428.

- Cirit, M., Kaya, F., Kılıç, N. ve Kahrıman, F. (2022). “Mısırdaki koçan ve tane ölçümlerinde kullanılan görüntü işleme yazılımlarından elde edilen sonuçların karşılaştırılması”. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 20-25.
- Demiray, Y. G. ve Kılıç, H. (2015). “Bingöl ekolojik şartlarına uygun tane mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin belirlenmesi”. 11. Tarla Bitkileri Kongresi. Kongre kitabı, 255(258), 7-10.
- Di Ruberto, C., Loddo, A. ve Putzu, L. (2020). “Detection of red and white blood cells from microscopic blood images using a region proposal approach”. *Computers in Biology and Medicine*, 116, 103530.
- Gierz L., Markowski, P. ve Chmielewski, B. (2021). “Validation of an image-analysis-based method of measurement of the overall dimensions of seeds”. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1736, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.
- Hallauer, A. R., Carena, M. J. ve Miranda Filho, J. D. (2010). “*Quantitative genetics in maize breeding*”. Springer Science & Business Media.
- Hallauer, A. R., Russell W. A. ve Lamkey K. R., (1988). “Corn breeding”, pp. 463–564 in *Corn and Corn Improvement*, edited by G. F. Sprague and J. W. Dudley. American Society of Agronomy, Madison, WI. Molatudi, R. L., and Mariga, I. K. (2009). The effect of maize seed size and depth of planting on seedling emergence and seedling vigour. *Journal of Applied Sciences Research*, 5(12), 2234-2237.
- Hicks, D. R., Peterson, R. H., Lueschen, W. E. ve Ford, J. H. (1976). “Seed grade effect on corn performance 1”. *Agronomy Journal*, 68(5), 819-820.
- Hu, S., Zhang, Z., Xie, H. ve Igarashi, T. (2017). “Data-driven modeling and animation of outdoor trees through interactive approach”. *The Visual Computer*, 33(6), 1017-1027.
- İdikut, L., Ekinci, M. ve Gençoğlu, C. (2020). “Hibrid mısır çeşitlerinin koçan özellikleri ve tane kalite kriterleri”. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2), 142-153.
- Kahrıman, F., Egesel, C. Ö. ve Demir, A. (2013). “Türkiye’de mısır ıslahı çalışmalarının geçmişi ve bugünü”. Türkiye 10. Tarla Bitkileri Kongresi 10-13 Eylül, Konya, Bildiriler kitabı Cilt 1 sayfa: 545-550.

- Kapadia, V.N., Sasidharan, N. ve Patil, K. (2017). “Seed image analysis and its application in seed science research”. *Adv Biotech & Micro* 7(2): AIBM.MS.ID.555709.
- Kiratiratanapruk, K. ve Sinthupinyo, W. (2011). “Color and texture for corn seed classification by machine vision”. In *2011 international symposium on intelligent signal processing and communications systems (ISPACS)* (pp. 1-5). IEEE.
- Liang, X., Wang, K., Huang, C., Zhang, X., Yan, J. ve Yang, W. (2016). “A high-throughput maize kernel traits scorer based on line-scan imaging”. *Measurement*, 90, 453-460.
- Liu, M., Tan, X., Yang, Y., Liu, P., Zhang, X., Zhang, Y., Wang, L., Hu, Y., Ma, L., Li, Z., Zhang, Y., Zou, C., Lin, H., Gao, S., Lee, M., Lübberstedt, T., Pan, G., Shen, Y. ve Shen, Y. (2020). “Analysis of the genetic architecture of maize kernel size traits by combined linkage and association mapping”. *Plant Biotechnology Journal*, 18(1), 207-221.
- Lo Bianco, M., Grillo, O., Cañadas, E., Venora, G. ve Bacchetta, G. (2017). “Inter-and intraspecific diversity in *Cistus* L.(Cistaceae) seeds, analysed with computer vision techniques”. *Plant Biology*, 19(2), 183-190.
- Loddo, A., Di Ruberto, C., Vale, A. M. P. G., Uccesu, M., Soares, J. M. and Bacchetta, G. (2022). An effective and friendly tool for seed image analysis. *The Visual Computer*, 1-18.
- Makanza, R., Zaman-Allah, M., Cairns, J. E., Eyre, J., Burgueño, J., Pacheco, Á., Diepenbrock, C., Magorokosho, C., Tarekegne, A., Olsen, M. ve Prasanna, B. M. (2018). “High-throughput method for ear phenotyping and kernel weight estimation in maize using ear digital imaging”. *Plant methods*, 14(1), 1-13.
- Ogunniyan, D., Olasoji, J., and Aderiye, K. (2021). “Genetic Analysis of seed morphometric of yellow kernel single cross hybrid maize”. *Ife Journal of Agriculture*, 33(2), 86-103.
- Omar, S., Tarnawa, Á., Kende, Z., Ghani, R. A., Kassai, M. K. ve Jolánkai, M. (2022). “Germination characteristics of different maize inbred hybrids and their parental lines”. *Cereal Research Communications*, 1-8.s

- Öztürk, A., ve Büyükgöz, A. (2021). “Trabzon iline ait bazı yerel mısır popülasyonlarının agronomik performansları”. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(1), 67-80.
- Paulsen, M. R., Wigger, W. D., Litchfield, J. B. ve Sinclair, J. B. (1989). “Computer image analyses for detection of maize and soybean kernel quality factors”. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 43, 93-101.
- Prasanna, B. M., Chaikam, V. ve Mahuku, G. (2012). “*Doubled haploid technology in maize breeding: theory and practice*”. CIMMYT.
- Remeseiro, B., Mendonça, A. M. ve Campilho, A. (2021). “Automatic classification of retinal blood vessels based on multilevel thresholding and graph propagation”. *The Visual Computer*, 37(6), 1247-1261.
- Revilla, P., Butrón, A., Malvar, R. A. ve Ordás, R. A. (1999). “Relationships among kernel weight, early vigor, and growth in maize”. *Crop Science*, 39(3), 654-658.
- Škrubej, U., Rozman, Č. ve Stajniko, D. (2015). “Assessment of germination rate of the tomato seeds using image processing and machine learning”. *European Journal of Horticultural Science*, 80(2), 68-75.
- Sönmez, K., Alan, Ö., Kinaci, E., Kinacı, G., Kutlu, İ., Başçiftçi, Z.B. ve Evrenosoğlu, Y. (2013). “Bazı şeker mısırı çeşitlerinin (*Zea mays saccharata* Sturt) bitki, koçan ve verim özellikleri”. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 8(1):28-40.
- Stansluos, A.A.L., Öztürk, A. ve Kodaz, S. (2020). “Agronomic performance of different sweet corn varieties in the highest plain of Turkey: Quality characteristics”. *Atatürk Üniv Ziraat Fakültesi Der.* 51(3): 249 - 257.
- Sulewska, H., Śmiatacz, K., Szymańska, G., Panasiewicz, K., Bandurska, H. ve Głowicka-Wołoszyn, R. (2014). “Seed size effect on yield quantity and quality of maize (*Zea mays* L.) cultivated in South East Baltic region”. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101(1).
- Tanabata, T., Shibaya, T., Hori, K., Ebana, K. ve Yano, M. (2012). “SmartGrain: high-throughput phenotyping software for measuring seed shape through image analysis”. *Plant physiology*, 160(4), 1871-1880.

- R Core Team, (2019). “R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing”, Vienna, Austria.
- TÜİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr. (Erişim Tarihi 15.08.2022)
- Wu, A., Zhu, J., Yang, Y., Liu, X., Wang, X., Wang, L., Zhang, H ve Chen, J. (2018). “Classification of corn kernels grades using image analysis and support vector machine”. *Advances in Mechanical Engineering*, 10(12), 1687814018817642.
- Yafie, H. A., Rachmawati, E., Prakasa, E. ve Nur, A. (2020). “Corn seeds identification based on shape and colour features”. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 6(2).
- Yudhana, A., Umar, R. ve Ayudewi, F. M. (2019). “The monitoring of corn sprouts growth using the region growing methods”. In *Journal of Physics: conference series* (Vol. 1373, No. 1, p. 012054). IOP Publishing.
- Yusuf, C.S., Makate, N. ve Jacob, R. (2014). “Effect of seed size on germination and early growth of maize (*Zea mays*)”. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(10):1-4.
- Zhu, F., Paul, P., Hussain, W., Wallman, K., Dhatt, B.K., Sandhu, J., Irvin, L., Morota, G., Yu, H. ve Walia, H. (2021). “SeedExtractor: An open-source GUI for seed image analysis”. *Front. Plant Sci.*, 11:581546.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

İsim SOYİSİM :

Doğum Yeri :

Doğum Tarihi :

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi :

Yüksek Lisans Öğrenimi :

Bildiği Yabancı Diller :

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar

- 1) SCI
- 2) Diğer

b) Bildiriler

- 1) Ulusal
- 2) Uluslararası

c) Katıldığı Projeler

d) Patent

İLETİŞİM

E-posta Adresi :

ORCID :