



ZİRAAT

MÜHENDİSLİĞİ

TÜRK ZİRAAT YÜKSEK MÜHENDİSLERİ BİRLİĞİ HAKEMLİ YAYIN ORGANIDIR

Yıl: 2023 Sayı: 378

ISSN 1301-0891 | e-ISSN 2651-4494





Sayı : 378

Yıl : 2023

ISSN - 1301 - 0891
e-ISSN - 2651-4494

www.tzymb.org.tr
http://dergipark.org.tr/zm

Yayın Türü:
Yerel Süreli Yayın

SAHİBİ
Türk Ziraat Yüksek Mühendisleri Birliği
Yönetim Kurulu Adına

GENEL BAŞKAN
Mehmet Ali ÜNAL

GENEL YAYIN YÖNETMENİ VE
YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ
Erol Gürkan İŞİN

BİLİMSEL YAYIN KOORDİNATÖRÜ
Prof.Dr. Hasan H.ATAR

ALAN-İSTATİSTİK-DİL EDİTÖRLERİ,
YARDIMCI EDİTÖRLER
Mahmut Reşat SOBA, Doğan DOĞAN, Birol
AKBAŞ, Zafer BEŞTAŞ

GRAFİK TASARIM
Nurhan AY

İDARE VE YAZIŞMA ADRESİ
Sakarya Caddesi No: 30/2
Kızılay / ANKARA
TEL: 0.312 433 59 81
Faks : 0.312 433 64 11

Ziraat Mühendisliği Dergisi Basın İlan
Kurumu'nun 14.10.1998 Tarih ve 2358 sayılı
kararı ile "RESMİ İLAN VERİLECEK
DERGİLER"
listesine alınmıştır.

Dergimiz
http://dergipark.org.tr/zm
adresi üzerinden
elektronik olarak yayınlanmaktadır.

İÇİNDEKİLER

4 Bazı Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Çeşitlerinin Çimlenme ve Erken Fide Gelişimi Dönemlerinde Tuz Stresine Olan Tepkileri Şilan ÇİÇEK, Sema BAŞBAĞ, Nazlı AYBAR YALINKILIÇ, Nurettin BARAN

Araştırma Makalesi

14 Bazı Çilek Çeşitlerinde Bor ve Bal Arısı Uygulamalarının Tozlanma Başarısı Üzerine Etkileri

Sevgi PAYDAŞ KARGI, Şenay KARABIYIK, Mehmet Ali SARIDAŞ

Araştırma Makalesi

22 Keçi Genetik Kusuru: Mukopolisakkaridoz Tip III D (MPS III D)

Yasemin GEDİK, Orhan KAVUNCU

Derleme

29 Thermal Analysis of Al and Cu Metals Heat Sinks with Different Geometries at Raspberry Pi Control Cards Used for Image Analysis-Based Drone Control in Smart Agriculture Drones

Abdullah BEYAZ

Research Article

42 Plot Size and Shape in Field Crops Cultivation in Türkiye

Yücel KEŞLİ, Havva Eylem POLAT, Çiğdem ŞEN, Ahmet Cengiz YILDIRIM

Araştırma Makalesi

58 Karahan-99 × BW3 Ekmeklik Buğday Popülasyonu F4 Bireylerinin Allelik Varyasyonunun DNA Markörleri ile Belirlenmesi

Ziya DUMLUPINAR, İlker YÜCE, Münire TOPSAKAL, Ali TEKİN, İmren ÇÖKEN TEKİN, Ayşe Nur DEMİREZEN, Ali ŞENAY, Burakhan KORUCU, Ali KORKMAZ, Hüseyin GÜNGÖR, İlker AYDOĞDU

Araştırma Makalesi

67 Material Analysis of a Sample Airless Wheel That Can Be Used in The Landing Gear of Small UAVs for Smart Agriculture Using the Finite Element Method

Abdullah BEYAZ

Research Article

78 Zenit×B27 Makarnalık Buğday Popülasyonunun SSR Markörleriyle Moleküler Karakterizasyonu

İlker YÜCE, Hatice OSANMAZ, Ziya DUMLUPINAR

Araştırma Makalesi

TÜRK ZİRAAT YÜKSEK MÜHENDİSLERİ BİRLİĞİ YÖNETİM KURULU

Genel Başkan
Mehmet Ali ÜNAL

Genel Başkan Yardımcısı
Yavuz ER

Genel Sekreter
Süleyman KURT

Genel Muhasip
Mustafa OĞUZ

Genel Yayın Yönetmeni
Erol Gürkan İŞİN

Üyeler
**İbrahim KELEŞ, M. Murat TUNCER,
Engin ULAŞ, Sevil SIRAKAYA**

Adres
Sakarya Caddesi No: 30/2
Yenişehir / ANKARA

TEL: 0.312 433 59 81
Faks: 0.312 433 64 11
www.tzymb.org.tr

TÜRK ZİRAAT YÜKSEK MÜHENDİSLERİ BİRLİĞİ ŞUBELERİ

ADANA:	Celal KARA
Tel	0 532 230 11 19
ANTALYA:	C. Afşin YILMAZ
Tel	0 532 594 93 39
İSTANBUL:	Hikmet KARAÇAY
Tel	0 532 331 40 48
İZMİR:	Fuat AKAYDIN
Tel	0 532 549 35 44
KONYA:	Alptekin İLGÜN
Tel	0 532 254 72 32
SAMSUN:	Prof. Dr. Hasan ÖNDER
Tel	0 555 303 24 37
ŞANLIURFA:	Rüstem COŞKUN
Tel	0 414-313 12 23

TÜRK ZİRAAT MÜHENDİSLERİ BİRLİĞİ VAKFI

Başkan: Özbay TAŞKIN
Başkan Yardımcısı: Nevzat USLUCAN
Muhasip: D. Murat AKTAŞ
Üyeler: Mehmet Ali ÜNAL
Fikri KAYA
Mustafa DOYUK
Ünal ALTIPARMAK

Adres:
Sakarya Caddesi No: 30/3
Kızılay / ANKARA
Tel: 0.312 433 69 09 - 435 46 42
Faks: 0.312 435 41 11

Bilimsel Danışma Kurulu

Prof. Dr. Neşet ARSLAN
Prof. Dr. Orhan ARSLAN
Prof. Dr. Rasih DEMİRCİ
Prof. Dr. Celal ER
Prof. Dr. Orhan KAVUNCU
Prof. Dr. Mevlüt MÜLAYİM
Prof. Dr. Ferhat ODABAŞ
Prof. Dr. Kudret SAYLAM
Prof. Dr. M. Turgut TOPBAŞ

Bilimsel Yayın Kurulu

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEK
Adnan Menderes Üniversitesi
Prof. Dr. Burhan ÖZKAN
Akdeniz Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet BAYANER
Akdeniz Üniversitesi
Prof. Dr. Cengiz SAYIN
Akdeniz Üniversitesi
Prof. Dr. Murat AKKURT
Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Aziz KARAKAYA
Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Aziz TEKİN
Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Nevzat ARTIK
Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Mükerrrem ASLAN
Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Ebru ŞENEL
Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet ÇOLAK
Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Belgin ÇAKMAK
Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Dilek BAŞALMA
Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Gürsel DELLAL
Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Nilgün BAYRAKTAR
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Rıfat YALÇIN
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Sadık USTA
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Zahide KOCABAŞ
Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Nesrin YILDIZ
Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Ali KOÇ
Eskişehir Osmangazi Üniv.

Prof. Dr. İzzet KADIOĞLU
Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Prof. Dr. İzzet AÇAR
Harran Üniversitesi

Prof. Dr. İsmail AKYOL
K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM
K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet AYGÜN
Kocaeli Üniversitesi

Prof. Dr. Musa SARICA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Prof. Dr. Celal TUNCER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Prof. Dr. Fatih YILDIZ
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN
Ordu Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet TAMKOÇ
Selçuk Üniversitesi

Prof. Dr. Alp Önder YILDIZ
Selçuk Üniversitesi

Prof. Dr. Ayhan ÖZTÜRK
Selçuk Üniversitesi

Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Selçuk Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa ÖNDER
Selçuk Üniversitesi

Bazı Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Çeşitlerinin Çimlenme ve Erken Fide Gelişimi Dönemlerinde Tuz Stresine Olan Tepkileri

Reactions of Some Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Varieties to Salt Stress During Germination and Early Seedling Development

Sorumlu Yazar

Şilan ÇİÇEK¹

silan.cicek@tarimorman.gov.tr

0000-0002-4486-7322

Yazar

Sema BAŞBAĞ²

sbasbag@dicle.edu.tr

0000-0002-9324-5175

Yazar

Nazlı AYBAR YALINKILIÇ³

na.yalinkilic@alparslan.edu.tr

0000-0002-7462-775X

Yazar

Nurettin BARAN⁴

n.baran@alparslan.edu.tr

0000-0003-2212-3274

ÖZET

Tuz stresi bitkilerin büyüme ve gelişmesini olumsuz etkileyerek verim kayıplarına neden olan en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir. Bitkiler çimlenme ve erken fide gelişim dönemlerinde daha hassas oldukları için tuzluluğun bitkiler üzerindeki olumsuz etkisini bu dönemlerde belirlemek daha uygundur. Bu çalışma farklı tuz dozlarının bazı pamuk tohumlarında çimlenme ve erken gelişim dönemlerine olan etkisini incelemek amacıyla tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme deseni uyarınca 3 tekerrürlü olarak kontrollü koşullarda yürütülmüştür. Denemede PG-2018, Edessa, Flash, BA-308 pamuk çeşitleri materyal olarak kullanılmış ve NaCl dozları 0 (kontrol), 4, 8, 12 dS m⁻¹ olacak şekilde ayarlanmıştır. Kontrol parseline tuz yerine saf su kullanılmıştır. 10 günlük bir çimlenme periyodunun sonunda bitkilerin; kök uzunluğu, sap uzunluğu, fide boyu, fide yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı ve çimlenme hızı değerleri incelenmiştir. Deneme sonucunda elde edilen verilere göre kök uzunluğu, sap uzunluğu, fide boyu, fide yaş ağırlığı ve çimlenme hızı özelliklerinde çeşit, doz ve çeşit ve doz etkileşimi arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunurken fide kuru ağırlığında çeşit ve dozlar arasındaki farklılıklar önemli çıkmıştır. Çalışmada artan tuz konsantrasyonlarında incelenen bütün özelliklerin olumsuz etkilendiği ve tuz stresine karşı olumlu yönde öne çıkan pamuk çeşidinin PG-2018 olduğu ve 4 dS m⁻¹ dozuna tolerans gösterdiği dikkati çekmiştir.

1 Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır.

2 Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır.

3 Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş.

4 Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş.

Gönderilme Tarihi : 10 Temmuz 2023

Kabul Tarihi : 21 Kasım 2023

Anahtar Kelimeler: Pamuk, NaCl, tuzluluk, çimlenme hızı

ABSTRACT

Salt stress is one of the most important abiotic stress factors that negatively affect the growth and development of plants and cause yield losses. Plants are more sensitive to stress factors during germination and early seedling development. It is more appropriate to determine the negative effects of salinity on plants during these periods. This study was carried out to examine the effects of different salt doses on germination and early development of some cotton seeds. The study was carried out in randomized plots in a factorial experimental design with 3 replications under controlled conditions. PG-2018, Edessa, Flash, BA-308 cotton varieties were used as materials in the experiment and the salinity doses (NaCl applications) were adjusted as 0 (control), 4, 8, 12 dS m⁻¹. At the end of a 10-day germination period, the plants; Root length, petiole length, seedling height seedling fresh weight, seedling dry weight and germination rate values were investigated. According to the data obtained as a result of the experiment, there are statistically significant differences between variety, dose and variety and dose interaction in root length, petiole length, seedling height seedling fresh weight, germination rate. Differences between varieties and doses were significant in seedling dry weight. All properties were negatively affected by increasing salt concentrations in the study. It is among the results that the most resistant variety to salt stress was PG-2018 and tolerates a dose of 4 dS m⁻¹.

Key Words: Cotton, NaCl, salinity, germination rate

Giriş

Pamuk başta tekstil olmak üzere birçok sanayi dalına hammadde sağlayan önemli bir lif bitkisidir. Çeşitli kullanım alanları olan pamuk bitkisinin dünya genelinde en önemli özelliği doğal lif kaynağı olmasıdır. Birçok ülkenin değerli tarım ürünleri arasında yerini alan pamuğun eşsiz lifleri, tekstil sektörünün lokomotifidir. Günümüzde tekstil ve hazır giyim ürünlerinde sentetik liflerin kullanılmasındaki artış pamuğun küresel lif pazarındaki payını %35'e kadar düşürse de tekstilde ve tıbbi kullanımda

girdi olarak kullanılan başlıca doğal lif pamuktur. Yenilenebilir bir kaynak olan pamuk bu özelliği ve asla yeri doldurulamayışı ile doğal kaynaklar, sermaye ve işgücü gibi ekonomik faktörlerin istihdamını sağlayabilmekte ve ekonomiye büyük bir katkıda bulunmaktadır (Tokel, 2021). Pamuğun çığit adı verilen tohumundan elde edilen yağ, insan beslenmesinden kozmetik sanayiye kadar birçok farklı işlevde değerlendirilirken yağı çıkarıldıktan sonra açığa çıkan küspesi ise hayvan beslenmesinde önemli bir yem kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Pamuk, üretim ve tüketim açılarından, dünya genelinde 68 ülkenin doğrudan ilgi alanında olan bir endüstri bitkisidir; bu ülkelerin 45'inde hem üretilmekte hem de tüketilmekte (Sanayide ham madde olarak kullanılmakta), geri kalan 23 ülkede ise sadece tüketilmektedir. Bu yaygınlığına karşılık dünya pamuk üretiminin neredeyse tamamı (%99.5) ülkemizin 6. sırada yer aldığı 10 büyük pamuk üreticisi ülke tarafından gerçekleştirilmektedir; bunlar Çin, Hindistan, ABD, Brezilya, Avustralya, Türkiye, Pakistan, Özbekistan Arjantin ve Yunanistan olarak sıralanmaktadır. Ülkemizde pamuk bilançosundaki olumsuzluklar nedeniyle gerileme eğilimine giren pamuk ekim alanları 2020/21 sezonundaki son kırk yılın en düşük değeri olan 359 bin ha seviyesindeyken bilançodaki iyileşmeyle 2021/22 sezonunda 432 bin ha'a yükselmiş, aynı sezonda bilançonun iyileşmesi sonucunda ekim alanları artarak 2022/23 sezonunda 550 bin ha'a yükselmiştir (Ulusal Pamuk Konseyi, 2022). Dünyada 47° kuzey ve 35° güney enlemleri arasında pamuk tarımının en iyi şekilde yapılabileceği bildirilmiştir (Dochia vd., 2012). Birçok farklı türü olan pamuğun dünya genelinde, vejetasyon süresi orta-uzun, verim ve randıman değerleri yüksek olan *Gossypium hirsutum* türünün tarımı yapılan pamukların %95'ini oluşturduğu bildirilmiştir (Köken ve İlker, 2020). Dünyada ve ülkemizde tekstil sektörünün ana hammaddesi olarak değerlendirilen pamuğun sosyal, kültürel ve ekonomik bağlamda yetiştiriciliği yapılan ülkeler açısından vazgeçilmez bir endüstri bitkisi olduğu belirtilmiştir (Bayram ve Yalınkılıç, 2022).

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk, dünya genelinde pamuk tarımını olumsuz etkileyerek verim ve kalite kayıplarına neden olan önemli stres etmenlerinden biridir (Sharif vd., 2019). Orta derecede tuza dayanıklı

olan pamuğun 7.7 dS m^{-1} seviyelerine kadar olan tuzlu topraklarda yetişebileceği bildirilmiştir (Zhang vd., 2013). Dünya genelinde sulanan tarım alanlarının yaklaşık 45 milyon hektarı tuzdan etkilenmekte ve tuzluluk yılda 27.3 milyar dolar zarara neden olmaktadır (Anschütz vd., 2014). Jamil vd., (2011) Dünyada tarımı yapılan alanların %20'sinin, sulanan arazilerin ise %33'ünün tuzdan etkilendiğini ve bu oranın giderek artacağını, 2050 yılına gelindiğinde tarım alanlarının %50'sinden fazlasının tuzdan olumsuz etkileneceğini bildirmiştir. Kibria vd., (2019), dünyadaki toplam tarım arazisinin %7'sinin, ekili tarım arazilerinin %20'sinin ve sulanan arazilerin yaklaşık yarısının toprak tuzluluğundan etkilendiğini bildirmiştir.

Toprakta yüksek konsantrasyonlarda bulunan tuz, bitkilerin çimlenme gücünü zayıflatır ve bu durum fidelerin yaşam kalitesini azaltır (Carvalho vd., 2011). Dünya genelinde tarımsal üretimin yapıldığı kurak ve yarı kurak alanlarda giderek artan tuzluluk problemi, toprakta özellikle bitkilerin kök bölgesinde çözülebilir tuzların birikmesiyle ozmotik basıncın artması sonucu bitkinin büyümesini olumsuz bir şekilde etkileyerek su alabilme ve kullanabilme potansiyelini azaltır (Moreno vd., 2018). Bitkide çeşitli metabolik değişikliklere neden olan tuz stresinin bitkideki ilk belirtileri olan sürgün büyümesinde azalmanın yanında bitkide genel bir büyüme bozukluğuna yol açarak bitkinin fotosentez aktivitesini azaltır ve bitkinin erken yaşlanmasında rol oynar (Munns, 2002).

Khorsandi ve Anaghali, (2009) tuz stresine maruz kalan pamuk tohumlarında çimlenme ve çıkış evrelerinde kontrol gruplarına göre gecikmeler meydana geldiğini ve 10 dS m^{-1} tuz konsantrasyonunda çimlenmede azalmanın meydana geldiğini belirtmişlerdir. Guo-Wei vd. (2011) ise $15-20 \text{ dS m}^{-1}$ tuzluluk stresine maruz kalan bitkilerin normal bitkilere kıyasla çıkışlarının 4-5 gün geciktiğini savunmuşlardır. Pamuğun çimlenme döneminde meydana gelen olumsuz faktörler bitkinin diğer gelişim dönemlerini de etkileyerek verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır. Tuzluluğa orta dayanıklı bitkiler sınıfında yer alan pamuk, yüksek tuz konsantrasyonunda çimlenme, çiçeklenme, tarak ve koza oluşumu gibi büyüme evrelerinde tuz stresinden olumsuz etkilenir ancak tuzluluğa en hassas olduğu evre bitkinin erken fide oluşum dönemidir (Khan vd., 1998). Birçok

araştırmacı tuzluluğun pamukta verim ve kalite kayıplarına neden olduğunu yüksek tuz konsantrasyonlarının verimi %50 oranında azaltırken lif inceliği, lif esnekliği ve lif olgunluğu gibi lif kalite kriterlerini de olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir (Longenecker 1974, Maas ve Hoffman 1977, Sharif vd., 2019). Gereğinden fazla sulama yapılması, toprağın yanlış ve düzensiz kullanılması gibi etmenlerin pamuk gibi yoğun bir biçimde sulanarak yetiştirilen tarlalarda toprak tuzluluğuna yol açtığı bildirilmektedir (Avcı vd., 2020). Pamuk kritik bir tuz tolerans değerine sahiptir ve bunun üzerindeki tuzluluk verimi önemli ölçüde azaltmaktadır (Chen ve vd., 2020a).

Bitkilerin tuz stresinden en az düzeyde etkilenmesini sağlamak ve bu durumdan kaynaklanan verim kayıplarını önleyebilmek için tuzlu topraklara dayanıklı genotiplerin geliştirilip üretim desenine alınması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma *Gossypium hirsutum* türüne ait bazı ticari pamuk çeşitlerinde farklı tuz konsantrasyonlarının, çimlenme ve erken fide gelişim dönemlerine etkisini araştırmak amacıyla kontrollü koşullarda yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Deneme Muş Alparslan Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi'nde laboratuvar şartlarında kontrollü bir şekilde yürütülmüştür. Bu çalışmada *Gossypium hirsutum* türüne ait Flash, BA-308, PG-2018, Edessa pamuk çeşitleri materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Denemede kullanılan tohumların sterilizasyonu için %2'lik sodyum hipoklorit çözeltisi hazırlanmış ve beherlerde bulunan tohumların üzerine eklenmiştir. Beherler 5 dakika boyunca çalkalanmış ve tohumların sterilizasyonu sağlanmıştır (Ertekin vd., 2022; Şahin ve Akçalı, 2016). Daha sonra tohumlar 5 defa saf su ile yıkanarak içerisine çift katlı filtre kağıdı (whatman No:1) yerleştirilen petri kaplarına her bir petri kabına 25 adet tohum gelecek şekilde dizilmiştir. 11 cm çap ve 10 mm yüksekliğindeki petri kaplarına yerleştirilen tohumların kuruması için petri kapları bir süre açık bırakılmış ve tohumlar kuruduktan sonra üzerlerine hazırlanan tuz konsantrasyonları eklenmiştir.

Petri kaplarının içine yerleştirilen tohumların üzerine filtre kağıdının tamamını ıslatacak şekilde kontrol grubuna 12 ml saf su, tuzluluk konsantrasyonları ise önceki çalışmalara dayanarak belirlenen 4, 8 ve 12 dS m⁻¹ olacak şekilde (Ahmad vd., 2002) 12 ml olarak uygulanmıştır (Shokouhian ve Omid, 2021). Petri kaplarının etrafı buharlaşmadan dolayı meydana gelecek nem kayıplarının önlenmesi için parafilm ile sarılmıştır. Tuz konsantrasyonları hazırlanırken safiyeti %99 olan sodyum klorür (NaCl) ve steril saf su kullanılmıştır (Coons vd., 1990). Hazırlanan tüm petri kapları iklim dolabında 25 °C'de %70 nispi nemde çimlendirmeye bırakılmış ve 10 gün boyunca çimlenen tohumlar her gün aynı saatte (24 saatte bir) sayılmıştır (Ertekin vd., 2022; Şahin ve Akçalı, 2016.). Denemede 10 günlük çimlenme periyodunun sonucunda 2 mm kökçük uzunluğundaki tohumlar çimlenmiş olarak sayılmış (Mostafavi, 2012) ve çimlenen tohumlarda çimlenme hızı, ortalama çimlenme süresi, rastgele seçilen 10 bitkinin ise kök uzunluğu, sap uzunluğu, fide boyu, fide yaş ağırlığı

ve fide kuru ağırlığı değerleri incelenmiştir. Çimlenme Hızı (%): Her gün çimlenen tohum oranının(Gi), sayım günlerine(Tt) bölünmesiyle $(GI=\Sigma(Gi/Tt))$ formülü ile bulunmuştur (Wang vd., 2004). Ortalama Çimlenme Süresi (MGT): Ellis ve Roberts, (1980)'ın belirttiği şekilde çimlenen tohum sayısı (f) ile çimlenme gün sayısı (x) çarpımları toplamının toplam çimlenen tohum sayısına bölünmesi $(MGT=\Sigma(fx)/\Sigma f)$ formülü ile elde edilen değer ortalama çimlenme süresi olarak hesaplanmıştır (Ellis ve Roberts, 1980).Çalışmadan elde edilen veriler; JMP istatistik paket programından faydalanılarak varyans analizleri yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar ve çoklu karşılaştırmalar LSD testine göre hesaplanmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Pamuk çeşitlerinin farklı tuz dozlarına karşı kök uzunluğu, sap uzunluğu ve fide uzunluğu değerleri tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Farklı tuz dozlarında pamuk çeşitlerinin kök uzunluğu, sap uzunluğu ve fide boyu değerleri

Kök uzunluğu (mm)					
Doz / Çeşit	PG-2018	BA-308	Edessa	Flash	Ortalama
Kontrol	13.37 a	13.27 a	11.70 abc	12.47 a	12.70 a
4 dS m ⁻¹	12.97 a	10.67 bc	8.50 d	12.33 ab	11.12 b
8 dS m ⁻¹	8.53 d	5.20 ef	4.97 ef	10.53 c	7.31 c
12 dS m ⁻¹	3.47 f	1.43 g	0.00 g	6.47 e	2.84 d
Ortalama	9.58 ^b	7.64 ^c	6.29 ^d	10.45 ^a	
CV (%)	18.77				
LSD _(0.05)	Ç: 0.73**	D:0.87**	ÇxD: 1.74**		
Sap uzunluğu (mm)					
Doz / Çeşit	PG-2018	BA-308	Edessa	Flash	Ortalama
Kontrol	28.67 a	27.60 ab	26.33 abc	25.50 bc	27.03 a
4 dS m ⁻¹	27.53 ab	22.33 d	17.17 e	24.33 cd	22.84 b
8 dS m ⁻¹	14.87 ef	8.30 g	4.77 h	12.20 f	10.03 c
12 dS m ⁻¹	3.27 hı	1.20 ij	0.00 j	3.63 hı	2.02 d
Ortalama	18.58 a	14.86 c	12.07 d	16.42 b	
CV (%)	16.22				
LSD _(0.05)	Ç: 1.40 **	D: 1.41 **	ÇxD: 2.82**		
Fide boyu (mm)					
Doz / Çeşit	PG-2018	BA-308	Edessa	Flash	Ortalama

Kontrol	41.00 a	40.69 a	34.77 b	37.47 ab	38.48 a
4 dS m ⁻¹	40.50 a	33.00 b	25.67 c	36.67 ab	33.96 b
8 dS m ⁻¹	26.73 c	13.50 d	9.73 de	22.73 c	18.18 c
12 dS m ⁻¹	6.73 ef	2.63 fg	0.00 g	10.10 de	4.87 d
Ortalama	28.74 a	22.46 b	17.54 c	26.74 a	
CV (%)	12.96				
LSD _(0,05)	Ç: 2.19**	D: 2.34**	ÇxD:5.20 **		

**₁: p ≤ 0,01 seviyesinde önemli, öd₁: önemli değil, CV: Düzeltme Katsayısı, LSD: Asgari önemli farklılık, Ç: Çeşit, D: Doz, ÇxD: Çeşit ve Doz etkileşimi

Tablo 1 incelendiğinde kök uzunluğu bakımından uygulanan tuz dozları arasında farklılıkların olduğu ve en uzun kökçüklere sahip olan grubun kontrol olduğu, tuzluluk şiddeti arttıkça kök uzunluğunda azalma meydana gelmiştir. Çeşitler uygulanan tuz dozları açısından karşılaştırıldığında Flash çeşidi 10.45 mm ile en yüksek kök uzunluğuna sahip olurken anılan özellik açısından en düşük değeri ise Edessa çeşidi (6.29 mm) almıştır. Silberbush ve Ben-Asher (1987) tuz stresinin pamukta özellikle çimlenme dönemlerine olumsuz etki ettiğini tuzluluk seviyesinin yüksek olduğu ortamlarda bitkilerde kök uzunluğu ve saçak kök sayısında azalmaların meydana geldiğini bildirmişlerdir. Leidi (1994), yaptığı çalışmada yüksek tuz konsantrasyonlarında birincil köklere oranla saçak köklerin daha fazla olumsuz etkilendiğini hatta düşük tuz konsantrasyonlarında bile saçak kök sayısında azalmalar meydana geldiğini, Shaheen vd., (2012) ise pamuğun farklı büyüme evrelerinden özellikle çimlenme dönemindeki kök uzunluğu ve saçak kök sayısının tuzluluktan olumsuz etkilendiğini savunmuşlardır. Konu ile ilgili araştırmacıların farklı bitkilerde yaptıkları çalışmalarda tuz konsantrasyonu arttıkça kök uzunluğunun azaldığı ve anılan özelliğin tuz stresi açısından önemli bir parametre olduğu sonucuna varılmıştır (Kara vd., 2011, Sürmen vd., 2018, Avcı, 2019).

Sap uzunluğu bakımından tuz konsantrasyonları arasında önemli farklılıklar bulunmuş ve en yüksek sap uzunluğu değeri kontrol grubundan alınmıştır (Tablo 1). Tuzluluğun şiddeti arttıkça sap uzunluğu ortalamaları azalmış ve anılan özellik açısından en düşük değer 12 dS m⁻¹ tuz konsantrasyonunda görülmüştür. Denemeye alınan çeşitlerin sap uzunluğu bakımından tuz konsantrasyonlarına karşı tepkileri incelendiğinde PG-2018 çeşidinin en iyi değeri aldığı ve bu çeşidin tuz stresinden nispeten daha az

etkilendiği görülmüştür. Edessa çeşidi ise 12,07 mm ile en düşük değeri alarak anılan özellik bakımından tuzluluğa en hassas çeşit olarak kaydedilmiştir. Tuz stresi pamukta sürgün/kök oranını önemli ölçüde olumsuz etkilemektedir (Khan vd., 1995, Ahmad vd., 2002; Chen vd., 2020b). Sharif vd., (2019) pamuğun tuza orta derecede toleranslı bir bitki olduğunu fakat yüksek tuz yoğunluklarının pamukta vejetatif büyümeyi olumsuz etkilediğini bildirmiştir. Manikandan vd., (2019) tuz stresinin pamuğun gelişiminde önemli etkisinin olduğunu özellikle fide döneminde yüksek tuzluluğun bitkinin kök ve gövde gelişimini yavaşlattığını belirtmişlerdir.

Fide boyu yönünden denemeye alınan çeşitler farklı tuz konsantrasyonlarında birbirlerinden farklı gruplara ayrılmışlardır (Tablo 1). Tuzluluğun şiddeti arttıkça fide boyunda azalmalar meydana gelmiş ve en düşük fide boyu en yüksek tuz konsantrasyonu olan 12 dS m⁻¹ dozunda görülmüştür. Denemeye alınan çeşitlerin tuz stresine karşı verdikleri tepki karşılaştırıldığında ortalama 28,74 mm ile en yüksek fide boyuna sahip olan PG-2018 çeşidinin diğer çeşitlere oranla tuzluluğa daha dayanıklı olduğu Edessa çeşidinin ise daha hassas olduğu görülmektedir (Tablo 1). Adams vd., (2011) orta derece tuzlu olan topraklarda pamuğun kök uzunluğu ve yaprak kalınlığının arttığını bildirirken Leidi vd., (1991) tuzluluğun pamukta sürgün gelişimini azaltarak kök/gövde oranını düşürdüğünü bildirmiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar, abiyotik stres koşullarında pamukta kök uzunluğu, gövde uzunluğu, kök-gövde oranları gibi özelliklerin olumsuz etkilendiği ve üretim desenine alınacak çeşitlerde bu özelliklerin dikkate alınması gereken önemli parametreler olduğunu göstermiştir (Ashraf ve Ahmad, 2000, Basal vd., 2006, Dewi, 2011).

Tablo 2. Farklı Tuz Dozlarına Karşı Pamuk Çeşitlerinin fide yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı ve çimlenme hızı değerleri

Fide yaş ağırlığı (mg)					
Doz / Çeşit	PG-2018	BA-308	Edessa	Flash	Ortalama
Kontrol	23.37 a	23.10 ab	22.50 abc	20.73 bc	22.43 a
4 dS m ⁻¹	23.20 ab	19.90 c	15.80 de	20.70 bc	19.90 b
8 dS m ⁻¹	16.87 d	13.57 ef	12.67 f	11.87 fg	13.74 c
12 dS m ⁻¹	9.20 h	7.37 h	0.00 ı	9.37 gh	6.48 d
Ortalama	18.16 a	15.98 ab	12.74 c	15.67 b	
CV (%)	19.87				
LSD _(0.05)	Ç: 2.28**	D: 1.30**	ÇxD: 2.61**		
Fide kuru ağırlığı (mg)					
Doz / Çeşit	PG-2018	BA-308	Edessa	Flash	Ortalama
Kontrol	12.53	12.17	11.37	12.40	12.12 a
4 dS m ⁻¹	11.10	10.13	7.43	11.60	10.07 b
8 dS m ⁻¹	9.00	5.37	5.63	8.47	7.12 c
12 dS m ⁻¹	3.73	1.97	0.00	2.47	2.04 d
Ortalama	9.09 a	7.41 b	6.11 c	8.73 a	
CV (%)	15.18				
LSD _(0.05)	Ç: 0.982**	D: 1.010**	ÇxD: ö.d		
Çimlenme hızı (%)					
Doz / Çeşit	PG-2018	BA-308	Edessa	Flash	Ortalama
Kontrol	93.33 a	89.33 ab	98.67 a	94.67 a	94.00 a
4 dS m ⁻¹	80.00 b	88.00 ab	78.67 bc	93.33 a	85.00 b
8 dS m ⁻¹	68.00 cd	61.33 de	50.67 e	60.00 de	60.00 c
12 dS m ⁻¹	24.00 f	4.00 gh	0.00 h	14.67 fg	10.67 d
Ortalama	66.33	60.67	57.00	65.67	
CV (%)	9.62				
LSD _(0.05)	Ç: ö.d	D: 5.284**	ÇxD: 10.56		

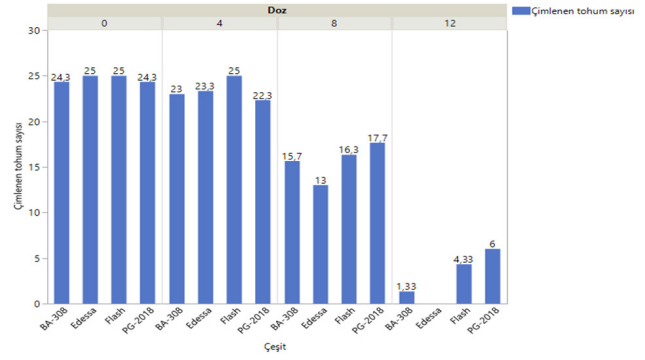
** : p ≤ 0.01 seviyesinde önemli, ö.d.: önemli değil, CV: Düzeltme Katsayısı, LSD: Asgari önemli farklılık, Ç: Çeşit, D: Doz, ÇxD: Çeşit ve Doz etkileşimi

Tablo 2’de fide yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı, çimlenme hızı değerleri verilmiştir. Fide yaş ağırlığı bakımından en iyi değer kontrol grubundan alınırken tuzluluk dozları arttıkça bu değer azalmış ve anılan özellik açısından en düşük değer en yüksek tuz konsantrasyonu olan 12 dS m⁻¹ dozunda görülmüştür. Fide yaş ağırlığı açısından çeşitler arasında önemli farklılıklar bulunmuş ve en yüksek değeri PG-2018 (18.16 mg) çeşidi alırken en düşük değeri ise 12,74 mg ile Edessa çeşidi almıştır. Çalışmada tuzluluğun şiddeti arttıkça bitkilerin kök ve sap boylarında azalma görülmesi fide yaş ağırlığına da etkisinin olduğu düşünülmektedir. Loka vd., (2011) tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerinin pamuğun

morfolojik ve fizyolojik yapısında birçok değişikliğe neden olduğunu ve tuz stresinin pamukta büyümeyi yavaşlatarak hem yaş hem de kuru ağırlığında azalmalara neden olduğunu bildirmiştir. Ahmad vd., (2002) ve Guo-Wei vd., (2011) tuz stresinin pamuğun çimlenme ve fide gelişim dönemlerinde büyümeye olumsuz etki ettiğini ve bu durumun bitkide ağırlık kaybına neden olduğunu savunmuşlardır. Konu ile ilgili farklı bitkilerde benzer çalışmalar yapan araştırmacılar tuzluluğun bitkinin fide yaş ağırlığını olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir (Demirkol vd., 2019, Özkorkmaz ve Öner, 2022, Türk ve Alagöz, 2020).

Yine aynı tabloda fide kuru ağırlığı özelliği incelendiğinde, en yüksek fide kuru ağırlık değeri kontrol grubundan elde edilmiştir. Tuzluluk dozları arttıkça fide kuru ağırlığında azalmalar görülmüş ve anılan özellik açısından en düşük değer en yüksek doz olan 12 dS m⁻¹ grubundan alınmıştır. Tuz stresinin çeşitler üzerindeki etkisi incelendiğinde ortalamalar dikkate alınmış ve en yüksek kuru ağırlık değeri 9.09 mg ile PG-2018 çeşidinden, en düşük değer ise 6.11 mg ile Edessa çeşidinden elde edilmiştir. Ahmad vd., (2002) ve Guo-Wei vd., (2011) çimlenme döneminde yüksek tuzluluğun, pamuk fidelerinin kök ve sap kuru ağırlıklarında önemli derecede azalmalara neden olduğunu bildirmişlerdir. Soliman vd., (1980), toprakta tuzluluğun artmasının bitki kök gelişimini önemli ölçüde azalttığını ve bu durumun da fide yaş ve fide kuru ağırlığını olumsuz etkilediğini bildirmiştir.

Denemeye alınan tohumların farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme hızı açısından ortalama değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Anılan özellik açısından çeşit farklılığı önemli bulunmamış, doz ve çeşit x doz interaksyonu önemli çıkmıştır. En yüksek çimlenme hızı değeri %94.00 ile kontrol (saf su) grubundan elde edilirken tuzluluk dozları arttıkça bu oran azalmış ve en düşük değer 12 dS m⁻¹ dozunda görülmüştür. Edessa çeşidi kontrol uygulamada en yüksek çimlenme hızı gösterirken, yine Edessa çeşidi 12 dS m⁻¹ dozunda en düşük çimlenme hızı değeri göstermiştir. Çeşit x doz interaksyonunun önemli olması çeşitlerin tuz dozlarına karşı tepkilerinin farklı olabileceğini göstermektedir. Munawar vd., (2021), farklı pamuk genotiplerinin tuz stresine karşı tepkilerini araştırdığı çalışmasında en yüksek tuz dozu olan 20 dS m⁻¹ de çimlenme özelliklerinin olumsuz etkilendiğini bildirmiştir. Başal vd., (2006), yüksek tuz konsantrasyonlarının, pamuğun biyokütle ağırlığı ve çimlenme hızında azalmaya neden olduğunu, Chen vd., (2021) tuz stresinin pamuk tohumlarının çimlenmesi üzerine önemli etkisinin olduğunu, yüksek tuz konsantrasyonlarında (150 mM) tohumların çimlenme hızında azalma meydana geldiğini belirtmiştir.



Şekil 1. Farklı pamuk çeşitlerinin 10 günlük deneme periyodu boyunca çimlenen tohum sayıları

Şekil 1'de deneme periyodu boyunca tuzluluk dozlarına karşı çeşitlerin çimlenme sayıları verilmiştir. Kontrol grubunda denemeye alınan petri kaplarındaki tohumların hemen hemen hepsi çimlenirken 4 dS m⁻¹ tuz konsantrasyonunda çimlenen tohum sayısı kontrol grubuna göre nispeten azalmıştır. 8 dS m⁻¹ dozunda denemeye alınan tohumların çimlenme sayısında büyük bir azalma gözlemlenmiş ve en düşük çimlenen tohum sayısı Edessa çeşidinde gözlemlenmiştir. En yüksek tuzluluk dozu olan 12 dS m⁻¹'de Edessa çeşidinde çimlenme gözlemlenmezken PG-2018 çeşidinde 25 adet tohumdan 6 tanesi çimlenmiştir.

Sonuç

Pamuk, tuzluluğa orta derece dayanıklı bir bitki olarak bilirse de yapılan çalışmalar çimlenme ve erken fide gelişimi gibi kritik büyüme dönemlerinde yüksek tuz konsantrasyonlardan olumsuz etkilenebileceğini göstermiştir. Dünyada özellikle sulu tarımın yapıldığı bölgelerin çoğunda büyük bir sorun teşkil eden toprak tuzluluğu pamuk ekim alanlarını da etkilemektedir. Pamukta tuz stresine karşı etkin mücadele yöntemlerinden biri de tuzluluğa dayanıklı çeşitlerin geliştirilerek üretim desenine alınmasıdır. Tuz stresi pamukta çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerin işleyişini bozarak bitkide bodur büyümeye neden olmaktadır. Farklı pamuk çeşitlerinin çimlenme döneminde tuz stresine olan tepkilerinin incelendiği çalışmada ele alınan bütün özellikler yüksek tuz konsantrasyonlarından olumsuz etkilenmiştir. Denemenin

materyalini oluşturan çeşitlerden Edessa tuzluluğa en hassas çeşit olarak belirlenirken, PG-2018 çeşidi incelenen özellikler yönünden strese karşı olumlu yönde öne çıkmıştır. Sonuç olarak, yapılan çimlendirme çalışmaları pamuk genotiplerinin tuza toleranslarının değerlendirilmesi açısından önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Adams, N., Flynn, R. Bajaj, S. Percy, R. G. Jones, D. C. Hughs, S. E. & Zhang, J. F. 2011. Identification of cotton germplasm and molecular markers for drought tolerance. In Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences, January, Atlanta, GA, USA (p. 708).
- Ahmad, S. Iqbal, M. Z. Hussain, A. & Hassan, M. 2002. Salt tolerance of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*.
- Anschütz, U. Becker, D. Shabala, S. 2014. Going beyond nutrition: regulation of potassium homeostasis as a common denominator of plant adaptive responses to environment. *Journal Plant Physiology* 171:670–687.
- Ashraf, M. & Ahmad, S. 2000. Influence of sodium chloride on ion accumulation, yield components and fibre characteristics in salt-tolerant and salt-sensitive lines of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crops Research*, 66(2): 115-127.
- Avcı, S. 2019. Macar Fiğ Çeşitlerinde Tuzluluğun Çimlenme ve Fide Büyümesi Üzerine Etkileri. 4th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress, Afyonkarahisar, Türkiye, 20 - 22 Nisan 2019, ss.555-564.
- Avcı, U.Y., Ahmed, H.A.A., Uranbey, S., Akdoğan, G., 2020. Farklı pamuk çeşitlerinin in vitro koşullarda tuz stresine toleransının belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 9 (1); 3–26.
- Basal, H. Demiral, M. A. & Canavar, O. 2006. Shoot biomass production of converted race stocks of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) exposed to salt stress. *Asian Journal of Plant Sciences*.
- Bayram, A., Aybar Yalınkılıç, N., 2022. Pamuk tarımında başlıca zararlılar ve uygun mücadele yöntemlerinin değerlendirilmesi. Çavuşoğlu, Ş. ve Uzun Y. (Ed.). Pratik Tarım ve Sürdürülebilirliğin Yansımaları. Bölüm 9, s201-221. ISBN: 978-625-8405-42-2. Ankara/ Türkiye.
- Carvalho, R. F. Piotto, F. A. Schmidt, D. Peters, L. P. Monteiro, C. C. & Azevedo, R. A. 2011. Seed priming with hormones does not alleviate induced oxidative stress in maize seedlings subjected to salt stress. *Scientia Agricola*, 68: 598-602.
- Chen, J., Wang, Z., Zhang, J., Cao, W., 2020a. Effects of different salt stress on physiological growth and yield of drip irrigation cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Intelligent Automation and Soft Computing*, 26 (5):949-959.
- Chen, L. Liu, L. Lu, B. Ma, T. Jiang, D. Li, J., Li, C. 2020b. Exogenous melatonin promotes seed germination and osmotic regulation under salt stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *PLoS One*, 15(1), e0228241.
- Chen, L. Lu, B. Liu, L. Duan, W. Jiang, D. Li, J & Bai, Z. 2021. Melatonin promotes seed germination under salt stress by regulating ABA and GA3 in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 162:506-516.
- Coons, J. M. Kuehl, R. O. & Simons, N. R. 1990. Tolerance of ten lettuce cultivars to high temperature combined with NaCl during germination. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(6):1004-1007.
- Demirkol, G. Yılmaz, N. & Önal, Ö. 2019. Tuz stresinin yem bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) seçilmiş genotipinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(3): 354-359.
- Dewi, E. S. 2011. Root morphology of drought resistance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Doctoral dissertation, Texas A & M University.
- Dochia, M. Sirghie, C. Kozłowski, R. M. & Roskwitalski, Z. 2012. Cotton fibres. In Handbook of natural fibres Woodhead Publishing. s11-23.
- Ellis RH, Roberts EH 1980. Towards a rational basis for seed testing seed quality. (P. Hebblethwaite Editör). In: Seed Production. Butterworths, London, pp.605-635.

- Ertekin, İ., Yılmaz, Ş., Ersin, C. A. N. (2022). Bazı yumak (*Festuca spp.*) türlerinin çimlenme ve fide aşamasında tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 27(2), 266-271.
- Guo-Wei, Z. Hai-Ling, L. Lei, Z. Bing-Lin, C. Zhi-Guo, Z. 2011. Salt tolerance evaluation of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) at its germinating and seedling stages and selection of related indices. *Yingyong Shengtai Xuebao* 22:2045–2053.
- Jamil, A.Riaz, S. Ashraf, M. Foolad, M. 2011. Gene expression profiling of plants under salt stress. *Crit Rev Plant Sci* 30:435–458.
- Kara, B., Akgün, İ., & Altındal, D. 2011. Tritikale genotiplerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuzluluğun (NaCl) etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 25(1):1-9.
- Khan, A. Qureshi, R. Ahmad, N. 1995. Performance of cotton cultivars in saline growth media at germination stage. *Sarhad J Agriculture* 11:643–646.
- Khan, A. Qureshi, R. Ahmad, N. 1998. Performance of cotton cultivars as affected by types of salinity I, Growth and yield. *Sarhad J Agric* 14:73–77.
- Khan, N. U. Basal, H. & Hassan, G. 2010. Cottonseed oil and yield assessment via economic heterosis and heritability in intraspecific cotton populations. *African Journal of Biotechnology*, 9(44):7418-7428.
- Khorsandi, F. & Anagholi, A. 2009. Reproductive compensation of cotton after salt stress relief at different growth stages. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195(4): 278-283.
- Kibria, M. G., & Hoque, M. A. (2019). A review on plant responses to soil salinity and amelioration strategies. *Open Journal of Soil Science*, 9(11), 219.
- Köken, İ. & İlker, E. 2020. Ege Bölgesine Uygun Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Çeşitlerinde Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1): 15-20.
- Leidi, E. O. Nogales, R. & Lips, S. H. 1991. Effect Of Salinity On Cotton Plants Grown Under Nitrate Or Ammonium Nutrition At Different Calcium Levels. *Field Crops Research*, 26(1): 35-44.
- Leidi, E. O. 1994. Genotypic variation of cotton in response to stress by NaCl or Peg. Reur Technical Series (FAO).
- Loka, D. A. Oosterhuis, D. M. Fernandez, C. J. & Roberts, B. A. 2011. The effect of water-deficit stress on the biochemistry of the cotton flower. *Summaries of Arkansas Cotton Research*, 51-56.
- Longenecker, D. 1974. The influence of high sodium in soils upon fruiting and shedding, boll characteristics, fiber properties, and yields of two cotton species. *Soil Sci* 118:387–396.
- Maas, E.V. Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance—current assessment. *J Irrig Drain Div* 103:115–134
- Manikandan, A. Sahu, D. K. Blaise, D. & Shukla, P. K. 2019. Cotton response to differential salt stress. *Int J Agri Sci.*, ISSN, 0975-3710.
- Moreno, C. Seal, C. E. & Papenbrock, J. 2018. Seed priming improves germination in saline conditions for *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus caudatus*. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 204(1), 40-48.
- Mostafavi, K. (2012). Effect of salt stress on germination and early seedling growth stage of sugar beet cultivars. *Am.-Eurasian J. Sustain. Agric*, 6(2), 120-125.
- Munawar, W. Hameed, A. & Khan, M. K. R. 2021. Differential morphophysiological and biochemical responses of cotton genotypes under various salinity stress levels during early growth stage. *Frontiers in Plant Science*, 12: 622309.
- Munns, R. 2002. Salinity, growth and phytohormones. *In Salinity: environment-plants-molecules* Springer, Dordrecht. 271-290.
- Ulusal Pamuk Konseyi, Pamuk Sektör Raporu, 2022.
- Özkorkmaz, F. & Öner, F. 2022. Potasyum nitratın (KNO₃) tuz stresi altındaki mısır (*Zea mays indentata* L.) bitkisinde çimlenme özellikleri Üzerine Etkileri. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*. s.806-815.
- Silberbush, M. & Ben-Asher, J. 1987. The effect of salinity on parameters of potassium and nitrate uptake of cotton. *Communications in soil science and plant analysis*, 18(1): 65-81.

- Shaheen, H. L. Shahbaz, M. Ullah, I. & Iqbal, M. Z. 2012. Morpho-physiological responses of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to salt stress. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14: 980–984.
- Sharif, I. Aleem, S. Farooq, J. Rizwan, M. Younas, A. Sarwar, G. & Chohan, S. M. 2019. Salinity stress in cotton: effects, mechanism of tolerance and its management strategies. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(4):807-820.
- Soliman, M. F. Farah, M.A. & Anter, I.M. 1980. Seed germination and root growth of corn and cotton seedlings as affected by soil texture and salinity of irrigation water. *Agrochimica* 24(2/3): 113-120.
- Sürmen, M. Erdoğan, H. Özeroğlu, A. & Kara, E. 2018. Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Çim Bitkilerinde Çimlenme ve Erken Fide Dönemi Özellikleri Üzerine Etkileri. Uluslararası Katılımlı AGRIFOR Kongresi, 8-10 Nisan Marmaris, 636-642 s.
- Şahin, C. B., Akçalı, C. T. (2016). Farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı pamuk çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 2(2), 75-79.
- Tokel, D. 2021. Dünya pamuk tarımı ve ekonomiye katkısı. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(2), 1022-1037.
- Türk, M. Alagöz, M. 2020. Kamışsı yumak (*Festuca arundinaceae* L.) tohumlarının çimlenmesi üzerine tuz stresinin etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2): 317-324.
- Wang YR, Yu L, Nan ZB, Liu YL 2004. vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. *Crop Science*, 44 (2) : 535-541.
- Zhang, L. Zhang, G. Wang, Y. Zhou, Z. Meng, Y. Chen, B. 2013. Effect of soil salinity on physiological characteristics of functional leaves of cotton plants. *Journal Plant Res* 126:293–304.

Bazı Çilek Çeşitlerinde Bor ve Bal Arısı Uygulamalarının Tozlanma Başarısı Üzerine Etkileri

Effects of Boron and Honey Bee Treatments on Pollination Success in Some Strawberry Cultivars

Özet

Bu çalışmada, bal arılarının olduğu ve olmadığı yetiştirme ortamları ile B gübresinin farklı şekillerde uygulanmasının Fortuna ve Rubygem çilek çeşitlerinde tozlanma başarısı üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma İspanyol tipi yüksek tüneller altında yürütülmüştür. Tünellerin birinde tozlayıcı olarak arı faaliyetine izin verilmesine karşın, diğer tünel monofilament beyaz renkli dokuma tülü ile tünel plastiği üzerinden tamamen kapatılarak arı faaliyetine izin verilmemiştir. Toprakтан, yaprakтан ve toprak+yaprakтан yapılan bor uygulamaları kontrol bitkileri ile yetiştirme sezonu boyunca tozlanma başarısı bakımından karşılaştırılmıştır.

Çalışma sonucunda tozlanma başarısının arı faaliyetiyle ilişkili olduğu, fakat çeşide göre farklı B uygulamaları ile arttırılabileceği, incelenen dönem içerisindeki iklimsel faktörlerin ise tozlanma başarısı üzerine etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Fragaria x ananassa*, tohum, çiçek tozu, arı, dölleme biyolojisi


Abstract

In this study, the effects of growing environments with and without honeybees and application in different ways of B fertilizer, which is known to be effective on pollination success of Fortuna and Rubygem strawberry cultivars, were investigated.

Sorumlu Yazar

Sevgi PAYDAŞ KARGI¹


SEVPAY@cu.edu.tr

 0000-0001-5781-8591

Yazar

Şenay KARABIYIK


@cu.edu.tr

 0000-0001-8579-6228

Yazar

Mehmet Ali SARIDAŞ

@cu.edu.tr

 0000-0002-5180-1874

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 01330 Adana/Türkiye

Gönderilme Tarihi :

15 Ağustos 2023

Kabul Tarihi :

11 Ekim 2023

This study was carried out under Spanish type high tunnels. Although bee activity is allowed as pollinator in one of the tunnels, the other tunnel was completely closed over the tunnel plastic with monofilament white woven tulle and bee activity was not allowed. Boron applications applied from soil, leaves and soil + leaves were compared with control plants in terms of pollination success during the cultivation season.

It was determined that pollination success is related with bee activity, however it can be increased with different B applications according to variety and the effect of climatic factors (in the period we analyzed) on pollination success is nonsignificant.

Keywords: *Fragaria x ananassa*, seed, pollen, bee, fertilization biology

1. Giriş

Çilek (*Fragaria x ananassa*) üzüksü meyveler grubunda yer alan kokusu ve aromasıyla oldukça rağbet gören bir meyvedir. Birçok üzüksü meyvede olduğu gibi çilek çiçeğinde de tek karpelli yüzlerce dişi organ (pistil) bulunmaktadır. Herbir dişi organ çiçek tablasına gömülü olup, başarılı bir tozlanma ve döllenme sonrasında irileşerek aken adı verilen tohumları oluşturmaktadır. Çilekte meyve; çiçek tablasının sulanması, tohumların çiçek tablasının üzerinde kalmasıyla gerçekleşmekte ve birleşik meyve adını almaktadır (Ariza vd., 2015). Çilekteki bu meyve oluşumu için tozlanma sonucunda gelişen akenlerin etkisi çok önemlidir. Nitekim daha önce yapılan çalışmalarda dişi organların yetersiz tozlandığı ve akenlerin oluşmadığı meyve kısımlarında meyve şeklinin bozuk olduğu bildirilmiştir (Nitsch, 1950).

Çilek çiçekleri genel olarak kendine uyuşur bir yapıya sahiptirler (Dung vd., 2021). Herbir pistilin tozlanıp döllenmesi sonucunda oluşan çilek meyvelerinde, meyve tutumunun ve şeklinin tozlanma miktarına göre değiştiği, bu nedenle çilekte tozlanma başarısının önemli bir parametre olduğu belirlenmiştir (Andersson vd., 2012). Yapılan başka bir çalışmada çilekte döllenmiş tohum taslağı sayısının; meyvenin kütleini, uzunluğunu, çapını ve et sertliğini; çiçek tozu kaynağının ise meyvenin rengini

ve suda çözünebilir kuru madde oranını belirlediği tespit edilmiştir (Dung vd., 2021).

Bilindiği gibi tohum, erkek üreme hücrelerinin dişi üreme hücresi ile birleşmesi ve bunun sonucunda döllenmenin gerçekleşmesi ile oluşan bir yapıdır. Bitkilerde döllenme için ön koşul, çiçek tozlarının dişi organın stigmatı ile buluşması yani tozlanmanın sağlanmasıdır (Karabıyık, 2022). Çilekte; çiçek tozlarının ve dişi organların sağlıklı olması, etkin bir tozlanma, çim borusunun gelişmesi ve döllenme, meyve tutumunu ve şeklini olumlu yönde etkileyeceğinden dolayı olarak bozuk şekilli meyve oluşumunu azaltacaktır (Nitsch, 1950; Ariza vd., 2011).

Çilek çiçeklerinde tozlanma arılar yardımıyla gerçekleşmektedir (Paydaş vd., 1998). Çileklerde çiçeklenme dönemi boyunca arı kovanlarının bahçede bulundurulması veya bahçe içerisinde yabancı arıların ilgisini çekecek bitkilere yer vererek arı popülasyonunun artırılması ile tozlanmış stigma sayısının artması beklenmektedir (Kämper vd., 2022). Yapılan pekçok çalışmada, bu şekilde düzenlenen bahçelerden daha yüksek miktarda ve kalitede ürün alındığı rapor edilmiştir (Singh vd., 2007; Kuvancı vd., 2010; Klatt vd., 2014; Sarıdaş vd., 2021). Organik ve konvansiyonel tarımın çileklerde tozlanma üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, organik tarım yapılan alandaki çileklerin tozlanmış aken miktarının konvansiyonel tarımla yetiştirilen çilek akenlerine göre daha fazla miktarda oldukları tespit edilmiştir. Konvansiyonel tarımın ardından 2-4 yıl gibi bir zaman geçtikten sonra organik tarıma geçilmesi halinde bu etkinin daha belirgin olduğu savunulmuştur. Böylece organik tarımın tozlanma başarısını arttırılabileceği, bitkilerin tozlanmasına hizmet eden çevre koşullarına olumlu etki yapabileceği, hem verimin hem de kalitenin arttırılabileceği vurgulanmıştır (Andersson vd., 2012).

Öte yandan, bitkilerdeki bor (B) içeriği ile döllenme, tohum oluşumu ve çimlenme gibi olaylar arasında yakın ilişkiler olduğu bilinmektedir. Çiçeklerde B'un düşük miktarda olması, çiçek tozu çim borusu gelişmesini ve mikrospor oluşmasını azaltarak ilk etkilerini döllenmede göstermektedir. Döllenme sonrasında ise tohum tutmama veya embriyoda boşluk olması, kusurlu meyve oluşması ile sonuçlanan zayıf embriyo gelişmesi gibi belirtilen

izlenmiştir (Dell ve Huang, 1977). Ayrıca, B eksikliğinde dişi organların zarar gördüğü, bunun sonucunda meyvelerde şekil bozukluğu ve verim kayıplarının gerçekleştiği bilinmektedir (Lieten, 2000). Nielson ve Eaten (1983) ise, B eksikliğinde düşük aken gelişmesi nedeniyle dokularda yeteri kadar gelişmenin sağlanamaması nedeniyle bozuk şekilli meyvelerin oluşabildiğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak yapılan çalışmalarda meyve verim ve kalitesini yüksek düzeyde etkileyen arı kullanımının ve bitkide yeterli B içeriğinin; dişi organ, çiçek tozu ve çiçek tozu çim borusu gelişmesini olumlu yönde etkilediği gösterilmiştir. Bu çalışmada ise, B ve bal arılarının ayrı ayrı ve birlikte kullanımının Fortuna ve Rubygem çilek çeşitlerinde tozlanma başarısı üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölüm Arazisinde yürütülmüştür. Denemede ülkemiz koşullarında yaygın olarak kullanılan Fortuna ve Rubygem çilek çeşitleri kullanılmıştır. Bitkiler, 6.5 m eninde 2.75 m yüksekliğinde, 40 m uzunluğunda, 36 ay dayanıklı UV, IR, AB, EVA, LD katkılı plastikle kaplanmış iki ucu açık İspanyol tipi yüksek tünellere dikilmişlerdir. Denemede tozlayıcı olarak arı faaliyetine izin verilen ve izin verilmeyen iki tünel kullanılmıştır. Arı girişine izin verilmeyen tünel, monofilament (UV stabilize, % 8-12 gölge sağlayan) beyaz renkli dokuma tülünün plastik tünelin üzerinden kaplanması ile sağlanmıştır.

Çilek fideleri; 65-70 cm eninde, 35 cm yüksekliğinde olan seddeler üzerine 30 cm aralıklarla üçgen şeklinde ve çift sıra olacak şekilde dikilmişlerdir. Bitkilere B uygulamalarına ilk çiçeklenme tarihinden yaklaşık 1 hafta öncesinden başlanarak 2018 yılının 29 Ocak, 26 Şubat, 19 Mart, 9 ve 30 Nisan tarihlerinde olmak üzere 5 kez yapılmıştır. Uygulamalar, yapraktan atomizer pülverizatör yardımıyla 10 g 100 L⁻¹; topraktan ise, 100 g da⁻¹ dozunda olacak şekilde damla sulama yoluyla gerçekleştirilmiştir. Toprak + Yaprak uygulamaları ise, yaprak ve toprak dozlarının yarıya indirilmesi ile birlikte verilerek oluşturulmuştur. Bor kaynağı olarak % 20 B içerikli Eri-Dot 67 (Na₂B₈O₁₃.4H₂O) kullanılmıştır. Yaprak uygulamalarının etkinliğini arttırmak

için yayıcı yapıştırıcı özelliği olan Tween 20 kullanılmıştır. Kontrol bitkilerine ise aynı dönemlerde yapraktan ve topraktan aynı miktarlarda su verilmiştir.

Arılı Tünel: İspanyol tipi tünelin 2 metre yakınına çiçeklerin tozlanmasına izin verecek şekilde bir arı kovanı (*Apis mellifica*) yerleştirilerek oluşturulmuştur.

Arısız Tünel: Çiçeklerin arısız olarak tozlanmasını sağlayacak şekilde tünel plastik örtüsünün üzerinin tamamen monofilament beyaz renkli dokuma tülü ile kapatılarak ve arılı tünellerden uzakta olacak şekilde oluşturulmuştur.

Denemede; iki farklı tozlanma ortamı (arı faaliyetine açık ve arı faaliyetine kapalı), 4 farklı uygulama (Kontrol, Topraktan B uygulaması, Yapraktan B uygulaması ve Toprak+Yaprak B uygulaması), iki çeşit, her uygulama için 3 yinleme ve her yinlemede 10 bitki olmak üzere toplam 480 bitki kullanılmıştır. Bu bitkilerden tozlanma başarısını belirlemek için meyve örnekleri alınmıştır.

Tozlanma Başarısı: Her gruptan 5 meyve 100 ml saf su içerisinde 2 dakika boyunca parçalanmıştır. Tozlanmış akenler sudan ağır olduğundan kabın tabanına çökmüş, tozlanmamış akenler ise suyun yüzeyinde birikmiştir. Ayrılan akenler sayılarak tozlanma başarısı yüzde (%) olarak belirlenmiştir (Klatt vd., 2014).

İstatistiksel Analizler: Çalışma sonucunda, elde edilen veriler, yer tekrarlı faktöriyel düzen deneme desenine göre analiz edilmiştir. Elde edilen bütün verilerin değerlendirilmesinde, SAS temeli üzerine kurulu JMP 8.1 istatistik paket programı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar % 5 önem düzeyinde LSD testi ile karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular

İklim Verileri

Çalışmada eylül ayında dikimi yapılan frigo fidelerin gelişimleri için genel kültürel uygulamalar eşit bir şekilde yapılmıştır. 1 Şubat - 11 Haziran tarihleri arasında alınan iklim kayıtlarına göre arısız tünelde ortalama en düşük sıcaklık değeri 11.9°C iken, arılı tünelde bu değer 11.3°C olarak kaydedilmiştir. En yüksek sıcaklık ortalaması yine arısız tünelde 31.8°C iken, diğerinde 32.7°C olarak belirlenmiştir. Ortalama sıcaklıklar bakımından; arısız tünelde 20.1°C iken, arılı tünel altında 19.8°C olarak kaydedilmiştir.

Böylece sera plastiği üzerine çekilen tülün arı faaliyetini engellediği, yüksek sıcaklıklara karşı gölge etkisi yaptığı, sera içerisindeki ısının korunmasını sağlayarak da ortalama en düşük sıcaklık değerini 0.6°C artırdığı tespit edilmiştir. Tül ile kapatılan tünelde ortalama en düşük nem değeri % 32.2 iken, arılı tünelde % 29.3 olarak tespit edilmiştir. En yüksek nem değeri; arısız tünelde % 94.2, normal yüksek tünelde % 93.9 olarak, ortalama nem değerleri ise arısız tünelde % 67.8, arılı tünelde % 66.9 olarak kaydedilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde ise tülünden dolayı tünel içerisindeki nem değerinin biraz daha yüksek olduğu dikkati çekmiştir.

Tozlanma Başarısı

Arılı ve arısız yetiştirme ortamı ile farklı şekillerde B uygulamalarının Fortuna ve Rubygem çilek çeşitlerinde tozlanma başarısı üzerine etkileri sırasıyla Tablo 1a ve 1b ile Tablo 2a ve 2b'de verilmiştir.

Fortuna çeşidine ait tozlanma başarısı değerleri Tablo 1a, 1b'de gösterilmiştir. Söz konusu çeşidin tozlanma başarısı bakımından yetiştirme ortamları ile yetiştirme ortamı x ay etkileşimi arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu kapsamda beklenildiği gibi arılı koşulda

böcek faaliyetine müsaade edilmesiyle bu çeşitte tozlanma başarısının önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Arısız ortamda % 40.9 olan tozlanma başarısı 1.57 kat artarak % 64.4'e ulaşmıştır. İklim faktörleri tek başına tozlanma başarı oranını önemli ölçüde etkilemezken, yetiştirme koşulları ile ay etkileşiminin tozlanma başarısını önemli düzeyde etkilediği, tozlanma başarısının arılı yetiştirme koşulunda ve Nisan ayında % 72.4'e ulaştığı bu değeri % 67.2 ile yine aynı yetiştirme ortamının Mart ayındaki meyvelerinin izlediği tespit edilmiştir. En düşük tozlanma başarısı % 38.8 olarak arısız ve Mart ayındaki meyvelerde saptanmıştır. Arılı koşuldaki Mayıs ayı meyvelerindeki tozlanma başarısı % 53.6 değeriyle arısız koşuldaki Nisan ve Mayıs ayı tozlanma başarıları ile aynı istatistiksel grup içerisinde yer almakla birlikte aralarında %10'dan fazla bir başarı olduğu dikkati çekmiştir. Uygulamaların tozlanma başarısı üzerine etkisiz oldukları, değerlerin % 47.6 ile % 56.1 arasında dağılım gösterdikleri, bor uygulamalarının kontrolden daha düşük değerler ortaya koydukları belirlenmiştir. Denemedeki üç faktörün birlikte etkileşiminde tozlanma başarısının % 29.1 (arısız x yaprak x mayıs) ile % 82.4 (arılı x yaprak x Nisan) arasında dağılım gösterdiği saptanmıştır.

Tablo 1a. Fortuna çilek çeşidinde yetiştirme koşulları ile uygulamalara göre aylık ortalama tozlanma başarısı (%)

	Uygulamalar	Aylar			Yet. Koş X Uyg. Ort.	Ortalama	
		Mart	Nisan	Mayıs			
Yetiştirme Koşulları	Arılı	Kontrol	78.8 (64.4) ¹	70.2 (57.0)	50.7 (45.4)	66.6 (55.6)	64.4 A (53.9)
		Yaprak	79.9 (64.7)	82.4 (65.2)	54.9 (47.8)	72.4 (59.2)	
		Toprak	55.3 (48.9)	68.1 (55.7)	52.7 (46.6)	58.7 (50.4)	
		Yap + Top	54.6 (47.7)	68.9 (56.2)	55.9 (48.4)	59.8 (50.8)	
	Ay X Yet. Koş. Ort.	67.2 a ² (56.4)	72.4 a (58.5)	53.6 b (47.1)			
Arısız	Kontrol	33.9 (35.6)	52.2 (46.3)	50.9 (45.8)	45.6 (42.5)	40.9 B (39.8)	
	Yaprak	36.2 (36.9)	43.7 (41.4)	29.1 (32.5)	36.3 (36.9)		
	Toprak	49.5 (44.7)	34.5 (35.9)	55.5 (49.6)	46.5 (43.4)		
	Yap + Top	35.7 (36.6)	40.9 (39.6)	29.3 (32.7)	35.3 (36.3)		
Ay X Yet. Koş. Ortalaması		38.8 c (48.5)	42.8 bc (40.8)	41.2 bc (40.2)			
Ay Ortalaması		52.9 (47.4)	57.6 (49.7)	47.4 (43.6)			
		LSD _{ay} = Ö.D. LSD _{ay x yet.koş.} = 7.08			LSD _{yet.koş. x uyg.} = Ö.D.		
		LSD _{yet.koş.} = 4.09			LSD _{ay x yet.koş. x uyg.} = Ö.D.		

- 1: Yüzde değerlere aç transformasyonu uygulanmıştır. Parantez içindeki rakamlar aç değeri
- 2: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur
- 3: Ö.D. Önemli değil, * P<0.05, ***p ≤ 0.001'i ifade etmektedir

Tablo 1b. Fortuna çilek çeşidinde uygulamalara göre aylık tozlanma başarısı (%)

Uygulamalar	Aylar			Uygulama Ortalaması
	Mart	Nisan	Mayıs	
Kontrol	56.3 (49.9) ¹	61.2 (51.6)	50.8 (45.6)	56.1 (49.1)
Yaprak	58.1 (50.8)	63.1 (53.3)	42.0 (40.1)	54.4 (48.1)
Toprak	52.4 (46.8)	51.3 (45.8)	54.1 (48.1)	52.6 (46.9)
Yap + Top	45.1 (42.1)	54.9 (47.9)	42.6 (40.6)	47.6 (43.5)
Ay Ortalaması	52.9 (47.4)	57.6 (49.7)	47.4 (43.6)	
² LSD _{ay} = Ö.D.		LSD _{uyg} = Ö.D.	LSD _{ay x uyg} = Ö.D.	

1: Yüzde değerlere aç transformasyonu uygulanmıştır. Parantez içindeki rakamlar aç değerleridir

2: Ö.D. Önemli değil

Rubygem çilek çeşidinde deneme kapsamında incelenen faktörlerin tozlanma başarısı üzerine etkileri Tablo 2a ve 2b'de verilmiştir. Yetiştirme koşulları, uygulamalar, ay x yetiştirme koşulu ile yetiştirme koşulu x ay x uygulama etkileşimleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Söz konusu çeşitte, yetiştirme koşullarından arılı tünelde % 64.0 tozlanma başarısı elde edilirken, bu değer arısız tünelde yaklaşık yarısı düzeyde kalarak % 32.5 olarak tespit edilmiştir. B uygulanan bitkilerin meyvelerinde tozlanma başarısının önemli ölçüde arttığı,

bu bağlamda toprak uygulamasının (% 53.3) ön plana çıktığı dikkati çekmiştir. Uygulama x ay etkileşim değerleri % 29.9 ile % 71.7 arasında dağılım göstermiştir. Çalışmada incelenen faktörlerin üçlü etkileşimlerinin tozlanma başarısı bakımından etkileri incelendiğinde; farkların önemli olduğu, en yüksek tozlanma başarısının % 79.8 değeriyle topraktan B uygulanmış arı faaliyetli yetiştirme ortamının, Mart ayında hasat edilen meyvelerinde ölçüldüğü dikkati çekmiştir. Bu açıdan en düşük değer % 20.4 olarak (arısız x toprak+yaprak x Nisan) elde edilmiştir.

Tablo 2 a. Rubygem çilek çeşidinde yetiştirme koşulları ile uygulamalara göre aylık ortalama tozlanma başarısı (%)

	Uygulamalar	Aylar			Yet. Koş X Uyg. Ort.	Ortalama
		Mart	Nisan	Mayıs		
Yetiştirme Koşulları	Arılı	Kontrol	43.3 e-h ² (41.1) ¹	75.2 ab (60.1)	59.9 b-e (50.7)	64.0 A (53.4)
		Yaprak	61.5 bcd (51.9)	71.5 ab (57.8)	65.0 a-d (53.9)	
		Toprak	79.8 a (63.6)	69.8 abc (56.7)	51.6 d-g (45.9)	
		Yap + Top	66.1 a-d (54.8)	70.3 abc (57.0)	54.2 c-f (47.4)	
	Ay X Yet. Koş. Ort.	62.7 b (52.9)	71.7 a (57.9)	57.7 b (49.5)		
Arısız	Kontrol	32.4 h-k (34.6)	34.4 h-k (35.9)	23.5 jk (28.9)	32.5 B (34.5)	
	Yaprak	38.9 f-1 (38.6)	33.5 h-k (34.8)	29.0 h-k (32.5)		
	Toprak	35.5 g-j (36.5)	31.5 h-k (34.1)	51.6 d-g (45.9)		
	Yap + Top	34.5 h-k (35.7)	20.4 k (26.4)	25.2 ijk (29.7)		
Ay X Yet. Koş. Ortalaması		35.3 c (36.4)	29.9 c (32.8)	32.3 c (34.2)		
Ay Ortalaması		48.9 (44.6)	50.8 (45.4)	45.0 (41.9)		
³ LSD _{vet.koş.} ***=2.81		LSD _{ay} =Ö.D.	LSD _{ay x vet.koş.} **=4.86	LSD _{vet.koş. x uyg} =Ö.D.		
		LSD _{ay x vet.koş. x uyg} **= 9.72				

1: Yüzde değerlere aç transformasyonu uygulanmıştır. Parantez içindeki rakamlar aç değerleridir

2: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur

3: Ö.D. Önemli değil, **p ≤ 0.01, ***p ≤ 0.001'i ifade etmektedir

Tablo 2b. Rubygem çilek çeşidinde uygulamalara göre aylık tozlanma başarısı (%)

Uygulamalar	Aylar			Uygulama Ortalaması
	Mart	Nisan	Mayıs	
Kontrol	37.8 (37.9)	54.8 (48.0)	41.7 (39.8)	44.8 B (41.9)
Yaprak	50.2 (45.3)	52.5 (46.3)	47.0 (43.2)	49.9 AB (44.9)
Toprak	57.6 (50.3)	50.7 (45.4)	51.6 (45.9)	53.3 A (47.1)
Yap + Top	50.3 (45.3)	45.3 (41.7)	39.7 (38.6)	45.1 B (41.9)
Ay Ortalaması	48.9 (44.6)	50.8 (45.4)	45.0 (41.9)	
³ LSD _{ay} =Ö.D.		LSD _{uyg} * =3.97	LSD _{ay x uyg} =Ö.D.	

1: Yüzde değerlere açılı transformasyonu uygulanmıştır. Parantez içindeki rakamlar açılı değerleridir

2: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur

3: Ö.D. Önemli değil, * P<0.05'i ifade etmektedir

4. Tartışma

Bileşik yapıda olmayan meyveler çok sayıda tohumu olmasına rağmen tek bir dişi organın tozlanmasına bağlı olsa da çilek gibi bileşik meyvelerde bir çiçekte birden fazla dişi organ bulunmakta ve meyveler ancak bu dişi organların büyük bir çoğunluğunun tozlanıp döllenmesi ile oluşabilmektedir. Bu nedenle, bu tip meyvelerde tozlanma başarısı oldukça önemli bir parametredir (Andersson vd., 2012).

Arıların çilek çiçeklerinde tozlanma ve döllenme miktarını artırarak meyve boyutlarını etkiledikleri ve sonuç olarak toplam verim miktarının da arttığı bildirilmiştir (Paydaş vd., 1998; Sarıdaş vd., 2021; Kämper vd., 2022). Ticari değeri fazla olan turfanda üretimde şekilsiz meyve oluşması tozlayıcı olarak arı kullanılarak önemli ölçüde engellenebilmektedir (Sarıdaş ve Paydaş Kargı, 2017). Klatt vd. (2014)'nin farklı tozlanma sistemlerinin tozlanma başarısına katkısını araştırdığı çalışmada arı ile tozlanmanın döllenmiş aken sayısını rüzgarla tozlanmaya göre yaklaşık % 26.8 artırırken, kendi haline bırakılmış çiçeklere göre oranın % 61.7 olduğu bildirmiştir. Yapılan bir başka çalışmada organik olarak yetiştirilen çileklerde arıların etkinliği söz konusu olması nedeniyle % 45 oranında döllenme belirlenirken, bu oranın konvansiyonel tarımda % 17 olduğu bildirilmiştir (Andersson vd., 2012). Daha önce yapılmış çalışmalar arı etkinliğini ortaya koymakla birlikte yapılan bu çalışmada da arı etkinliğinin oldukça önemli olduğu vurgulanmıştır.

Bor uygulaması ile çileklerde meyve tutumunun artırıldığı ayrıca bozuk şekilli meyve oluşumunun da azaltıldığı yapılan birçok çalışma ile ortaya koyulmuştur (Singh vd., 2007; Sarıdaş vd., 2021). Ancak, çilekte tohum verim ve kalitesinin Bor uygulaması ile ne şekilde değiştiği konusu ile ilgili daha önce yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bor uygulamasının bazı mercimek çeşitlerinde (Khattab vd., 2016), ketende (Jankowski vd., 2016), kanolada (Khan vd., 2016), fasulyede (Parry vd., 2016) ve turpta (Namlı vd., 2022) tohum verim ve kalitesinde de artış sağladığı rapor edilmiştir. Çileklerde bozuk şekilli meyve oluşumunun aken oluşumundaki eksikliklerden kaynaklandığı düşünüldüğünde ise Bor uygulaması sonucunda bozuk şekilli meyve oluşumunun azalması söz konusu türde de tozlanma etkinliğini artırdığını açıkça ortaya koymaktadır.

Sıcaklığın da aken oluşumunda etkisinin olduğu daha önce Pipattanawong vd. (2009) tarafından bildirilmiş olup, soğuk koşullarda embriyo gelişiminin daha yavaş gerçekleşerek çoğu zaman normal iriliğine ulaşamadığı belirtilmiştir. Bu durum, özellikle daha soğuk hava koşullarında tozlanma başarısının daha düşük olacağını düşündürmektedir. Nitekim, Hedhly vd., (2005) sert çekirdekli meyve türlerinde soğuk koşullarda çiçek tozu çim borusunun daha yavaş ilerlediğini ve dolayısıyla döllenme ve embriyo gelişiminin de daha yavaş olduğunu bildirmişlerdir. Yapılmış olan bu çalışmada da özellikle Kontrol uygulamalarında daha soğuk sezonda tozlanma başarısının düşük olduğu belirlenmiştir.

Buna karşın yapılan Bor uygulamaları ile tozlanma başarısının da soğuk koşullarda dahi arttığı da gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Bor uygulamasının çiçek tozu kalitesini artırması (Sarıdaş vd., 2021), çiçek tozu çim borusu gelişimini hızlandırdığı (Dell ve Huang, 1997) ve dişi organların kalitesini artırmasından (Nielson ve Eaton, 1983; Lieten, 2002) kaynaklandığını ayrıca, bitkide Borun birçok fizyolojik aktiviteyi düzenleyerek bitkinin daha iyi gelişmesinden kaynaklandığını düşündürmektedir (Demirtaş, 2005).

Yapılan çalışma sonucunda tozlanma başarısının temel olarak arı faaliyetiyle arttığı, ancak bu artışın çeşide bağlı olarak değişik düzeylerde gerçekleştiği belirlenmiştir. Bununla birlikte B uygulamaları Rubgem çeşidinde tozlanma başarısı üzerine etkili olurken, Fortuna çeşidinde etkisiz kalmıştır. Deneme kapsamında incelenen ayların tozlanma başarısı üzerine etkilerinin olmadığı bulunmuştur. Rubygem çeşidinde topraktan B uygulanan arı faaliyetinin olduğu tünelden Mart ayında hasat edilen meyvelerde tozlanma başarısı en üst seviyeye ulaşırken (%79.8), Fortuna çeşidinde yine arılı tüneldeki bitkilere yapraktan yapılan B uygulamasının Nisan ayındaki meyvelerinde %82.4'lük bir tozlanma başarısına ulaşılmıştır. Genel olarak çeşitlerin tozlanma başarılarındaki ortak noktaların; arı faaliyeti, bor uygulaması ile Mart veya Nisan aylarındaki meyvelerin olması dikkati çekmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi (Proje numarası: FBA-2018-9973) tarafından desteklenen projeden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Andersson, G.K.S., Rundlöf, M. & Smith, H.G. 2012. Organic farming improves pollination success in strawberries. *Plos one*. 7(2).e31599.
- Ariza, M. T., Soria, C., Medina, J. J., & Martínez-Ferri, E. (2011). Fruit misshapen in strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa*) is related to achenes functionality. *Annals of Applied Biology*, 158(1), 130-138.
- Ariza, M. T., Soria, C., & Martínez-Ferri, E. (2015).

- Developmental stages of cultivated strawberry flowers in relation to chilling sensitivity. *AoB Plants*, 7, plv012.
- Dell, B., & Huang, L. (1997). Physiological response of plants to low Boron. *Plant and soil*, 193, 103-120.
- Demirtaş, A. (2005). Bitkide Bor ve etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 217-225.
- Dung, C. D., Wallace, H. M., Bai, S. H., Ogbourne, S. M., & Trueman, S. J. (2021). Cross-pollination affects fruit colour, acidity, firmness and shelf life of self-compatible strawberry. *Plos one*, 16(9).
- Hedhly, A., Hormaza, J. I., & Herrero, M. (2005). The effect of temperature on pollen germination, pollen tube growth, and stigmatic receptivity in peach. *Plant Biology*, 7(05), 476-483.
- Jankowski, K. J., Sokólski, M., Dubis, B., Krzbiec, S., Żarczyński, P., Hulanicki, P., & Hulanicki, P. S. (2016). Yield and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) seeds in response to foliar application of boron. *Agricultural and Food Science*, 25(3), 164-176.
- Kämper, W., Dung, C. D., Ogbourne, S. M., Wallace, H. M., & Trueman, S. J. (2022). High self-paternity levels and effects of fertilised-seed number on size of strawberry fruit. *Plos one*, 17(9), e0273457.
- Karabıyık, Ş. (2022). Effects of temperature on pollen viability and *in vivo* pollen tube growth in *Citrus sinensis*. *Journal of Applied Botany & Food Quality*, 95, 100-104.
- Khan, S., Rehman, H. U., Wahid, M. A., Saleem, M. F., Akhtar Cheema, M., Basra, S. M. A., & Nadeem, M. (2016). Boron fertilization improves seed yield and harvest index of *Camelina sativa* L. by affecting source-sink. *Journal of Plant Nutrition*, 39(12), 1681-1687.
- Khatab, E. A., Afifi, M. H., Badr, E. A., & Selim, T. A. (2016). Crop Productivity and Quality of Some Varieties of Lentils under the Influence of Spraying Boron in The Newly Cultivated Land. *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences*, 7(5), 1972-1977.
- Klatt, B. K., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E., & Tscharrntke, T. (2014). Bee pollination improves crop quality, shelf life and

- commercial value. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1775).
- Kuvancı, A., Günbey, B., Konak, F., & Karaoğlan, Y. (2010). Bal arısı (*Apis mellifera* L.) ve diğer böceklerin çilek (*Fragaria* sp.) bitkisinin polinasyonuna olan etkileri”. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 10(1), 29-35.
- Lieten, P. (2000). Boron deficiency of strawberries grown in substrate culture. *IV International Strawberry Symposium 567*, 451-454.
- Namlı, M., Adıgüzel, P., & Solmaz, İ. (2022). Turp (*Raphanus sativus* L.) Farklı Yumru Ağırlığı ve Bor Gübrelemesinin Bitki Gelişimi, Bakla Özellikleri, Tohum Verimi, Çimlenme ve Çıkış Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(7), 1286-1292.
- Neilson, B. V., & Eaton, G. W. (1983). Effects of boron nutrition upon strawberry yield components. *HortScience*, 18(6), 932-934.
- Nitsch, J. P. (1950). Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. *American Journal of Botany*, 211-215.
- Parry, F. A., Chattoo, M. A., Ganie, S. A., & Razvi, S. M. (2016). Economics of seed production in garden pea (*Pisum sativum* L.) as influenced by different levels of sulphur and boron. *Legume Research-An International Journal*, 39(5), 802-805.
- Paydas, S., Eti, S., Sevinç, S., Yasa, E., Derin, K., Kaska, N., & Kaftanoğlu, O. (1998, August). Effects of different pollinators to the yield and quality of strawberries. In *XXV International Horticultural Congress, Part 12: Application of Biotechnology and Molecular Biology and Breeding-General 522*, 209-218.
- Pipattanawong, R., Yamane, K., Fujishige, N., Bang, S. W., & Yamaki, Y. (2009). Effects of high temperature on pollen quality, ovule fertilization and development of embryo and achene in ‘Tochiotome’strawberry. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 78(3), 300-306.
- Sarıdaş, M. A., Karabıyık, Ş., Eti, S., & Paydaş Kargı, S. (2021). Boron applications and bee pollinators increase strawberry yields. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 481-491.
- Sarıdaş, M. A., & Paydaş Kargı, S. (2018). Çileklerde Bor Elementinin Önemi, Taşınma Mekanizması, ve Çilek Tarımında Bor Kullanımı. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 8(3), 45-51.
- Singh, R., Sharma, R. R., & Tyagi, S. K. (2007). Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 112(2), 215-220.


Keçi Genetik Kusuru: Mukopolisakkaridoz Tip III D (MPS III D)

Goat's Genetic Disorder: Mucopolysaccharidosis III D (MPS III D)

Sorumlu Yazar

Yasemin GEDİK¹

ygedik@ogu.edu.tr

 0000-0002-3607-1527

Yazar

Orhan KAVUNCU²

orhankavuncu@kastamonu.edu.tr

 0000-0003-4391-9087

Özet

Lizozomlar, makromoleküllerin parçalanmasından sorumlu yaklaşık 50 farklı hidrolitik enzim içeren önemli hücre içi organellerdir. Bu enzimleri kodlayan genlerdeki mutasyonlar, lizozomal depo hastalıkları adı verilen genetik bozukluklara neden olur. Mukopolisakkaridoz tip III D (MPS III D) otozomal resesif kalıtım gösteren lizozomal depo hastalıklarından birisidir. MPS III D, heparan sülfatın yıkılma sürecinde yer alan N-asetilglukozamin-6-sulfataz (G6S/GNS) enziminin eksikliğinde ortaya çıkar. Keçilerde MPS III D tanımlanmış ve karakterize edilmiştir. Keçilerde MPS III D, G6S enzim eksikliği nonsense bir mutasyon sonucudur. Keçilerde G6S enzim eksikliği, birincil olarak katabolize olmamış heparan sülfatın lizozomlarda birikmesine ve merkezi sinir sistemi ve somatik hücrelerde sitoplazmik vakuolasyona neden olur. Bu hastalığa sahip keçilerde görülen semptomlar ve şiddetleri oldukça değişken olmakla birlikte ana semptomlar motor gelişiminde ve büyümede gerilik ve erken ölümdür. Bu derleme keçi MPS III D genetik kusuruna genel bir bakış sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: genetik kusur, lizozomal depo hastalıkları, keçi

Abstract

Lysosomes are important intracellular organelles that contain about 50 different hydrolytic enzymes responsible for

1 Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Biyometri ve Genetik ABD 26160 Eskişehir

2 Kastamonu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Genetik ve Biyomühendislik ABD 37150 Kastamonu

Gönderilme Tarihi : 09 Ağustos 2023

Kabul Tarihi : 18 Aralık 2023

degradation of macromolecules. Mutations in the genes that encode these enzymes are caused genetic disorders called lysosomal storage diseases. Mucopolysaccharidosis III D (MPS III D) is one of the autosomal recessive lysosomal storage diseases. MPS III D is due to the deficiency of the enzyme N-acetylglucosamine-6-sulfatase (G6S/GNS), which is involved in step-wise the degradation of heparan sulfate. MPS III D has been identified and characterized in goats. In goat MPS IIID, the G6S enzyme deficiency is result of a nonsense mutation. Deficiency of G6S enzyme activity in goat leads to primary accumulation of uncatabolized heparan sülfat in lysosomes and marked cytoplasmic vacuolation in the central nervous system and somatic tissues. Although the symptoms and severity of symptoms in goats with this disorder are highly variable, the main symptoms are delayed motor development, growth retardation and early death. This review gives on overview on goats MPS IIID genetic disorder.

Keywords: genetic disorder, lysosomal storage diseases, goat

GİRİŞ

Keçiler, yetiştiriciliği yapılan çiftlik hayvanları arasında evcilleştirilen ilk türlerden biri olması sebebiyle en fazla sosyal gelişmişlik gösteren türdür. Çağlar boyunca insanlarla karşılıklı etkileşim göstererek sadece çeşitli verimlerinden yararlanılan bir hayvan olmanın ötesinde kültürel ve dini anlamları olan özel canlılar olmuşlardır. Keçinin evcilleştirilmesinin, yerleşik hayata geçen insanların gerek medenileşmesinde, gerekse koyun ve ineği başarıyla evcilleştirmesinde katkısı büyüktür (Gedik 2017). İnsanlar ve keçiler arasında evcilleştirme sürecinden sonra artan etkileşim ve benimseme keçilerin; sanatsal faaliyetlerden, duygu ve düşüncelerin simgesine dönüşmesine hatta dinsel ve tanrısal anlamlar yüklenmesine kadar hayatın her alanında hâkimiyet kurmasına neden olmuştur (Nomura vd. 2013, Ün 2014, Batten 2014, Dong vd. 2015, Zheng vd. 2020).

Evcilleştirilen ilk hayvan türlerinden birisi olması, çok farklı çevre koşullarına kolaylıkla adapte olabilmesi gibi nedenlerle keçi, çiftlik hayvanları arasında yaygın

olarak yetiştiriciliği yapılan bir türdür. Her geçen gün Batı ülkelerinde de önemi artan keçiler özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde insanların başlıca geçim kaynağıdır (Nomura vd. 2013, Zheng vd. 2020).

“Fakir adamın sığırı” olarak tanımlanan keçiler, diğer çiftlik hayvanlarına göre daha düşük yetiştirme masrafı ile olumsuz bakım ve besleme şartlarına dayanıklı olması, doğal kaynakların ve diğer türlerin değerlendiremediği alanları değerlendirebilmesi bakımından hayvancılık sektörü açısından oldukça önemlilerdir. Et, süt, kıl, tiftik, deri, gübre gibi çok çeşitli verim özelliklerine sahip olan keçilerden elde edilen verimler sadece kırsal alanlarda yaşayanların yeme, içme, barınma ve koruma ihtiyaçlarının karşılanmasında değil aynı zamanda zenginler içinde lüks tüketim maddelerine dönüştürülebilmektedir (Gedik 2017, Luo vd. 2019).

Keçi, özellikle insanlar ve diğer hayvanlar tarafından değerlendirilemeyen düşük kaliteli mera alanlarını, çalılık ve fundalık alanları değerlendirerek et, süt ve diğer ürünlere dönüştürülmesine imkân tanıyan kanaatkâr bir hayvandır. Bu özelliği itibariyle keçi dünya üzerinde pek çok yerde yetiştirilmekle birlikte en çok Akdeniz ülkeleri ile Hindistan’a kadar olan ılıman iklim kuşağındaki Orta Doğu ülkelerinde yetiştirilmektedir (Nomura vd. 2013, Amills vd. 2017).

MPS III D veya G6S (GNS) enzim eksikliği hastalığı ilk kez 1992 yılında Nubi (Nubian, Nubya) keçilerinde tespit edilmiştir (Thompson vd 1992). Bu hastalığa sahip keçilerde gözlenen semptom ve şiddetler oldukça farklı olmasına rağmen genellikle motor gelişiminde ve büyümede görülen gerilikler başlıca semptomlardır. Ayrıca erken ölümler görülmekte bu da ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Hayvancılıkta verim artışlarının ve kalitenin artırılması esas amaçlar olmakla birlikte ekonomik kayıplara sebep olan hastalıkların belirlenmesi ve özellikle kalıtsal olan hastalıklardan arı sürülerin oluşturulması sürdürülebilir ve ekonomik hayvancılığın olmazsa olmazlarından. Bu derlemenin amacı keçi yetiştiriciliğinde ekonomik kayıplara neden olan bu genetik kusur hakkında genetik temel ve belirtiler bağlamında bilgi vermektir.

Lizozomal Depo Hastalıkları (LDH) ve Mukopolisakkaridoz

Lizozomlar (Yunanca lysis “eriyik” ve soma “vücut, tanecik”) çapları 0,2-0,8 mikron aralığında değişen, tek kat zarla çevrelenmiş, makromoleküllerin hücre içi sindiriminden sorumlu hidrolitik enzimlerin bulunduğu intraselular organellerdir (Alberts vd. 2008). Özellikle fagositik aktivitesi yüksek olan, makrofaj, nötrofil ve lökosit gibi hücrelerde bol miktarda bulunan lizozomların esas işlevleri sitoplazma içi sindirimdir. Tamamı asit hidrolaz olan, nükleaz, glikozidaz, lipaz, fosfolipaz, fosfataz ve sülfataz gibi 50’den fazla hidrolitik enzim içerir. Yaşam için önemli süreçlerden birisi de hücredeki endositik ve ekzositik makromoleküllerin lizozomlar tarafından parçalanarak sindirilmesidir. Lizozomal enzimlerin kalıtsal olarak eksik olması durumunda parçalanamayan makromoleküller hücre içinde birikerek lizozomal depo hastalıklarına sebep olurlar (Kingma vd. 2015, Rastall ve Amalfitano 2015, Simonaro 2016, Bonam vd. 2019, Ballabio ve Bonifacino 2020, Stepien vd. 2020). Önemli bir metabolik hastalık grubu olan lizozomal depo hastalıkları genel olarak LDH olarak adlandırılmaktadır. Bu hastalıklar, lizozomal enzim aktivitelerinde ya da taşınmasında bozukluk veya lizozomal membranların reseptör proteinlerindeki kusurlara bağlı olarak substratların lizozomlarda depolanması ile karakterizedir (Nair vd. 2019, Parenti vd. 2021). Yaklaşık 50 farklı genetik hastalık içeren LDH’lerin çoğu tek bir enzimdeki eksikliğe bağlıdır ancak birden fazla lizozomal enzim eksikliğinden kaynaklanan hastalıklar da saptanmış olup, çoğu hastalık spesifik benzerlikler göstermektedir (Gedik 2017, Gedik ve Kavuncu 2020, Platt vd. 2018, Kido vd. 2023).

Glikozaminoglikanlar (GAG) bağ dokusunun önemli yapısal bileşikleri olup, lizozomda parçalanmalarından sorumlu enzimlerin eksikliğinde ortaya çıkan LDH grubu mukopolisakkaridoz (MPS) olarak adlandırılmaktadır (Khan vd.2020, Vasilev vd. 2020).

Heparan sülfat, keratan sülfat, dermatan sülfat, kondrotin-4-sülfat, kondrotin-6-sülfat ve hyalüronan gibi başlıca GAG’ların parçalanmaması sonucu hücre içinde meydana gelen birikim hücreler, dokular ve organlarda

fonksiyon bozukluğuna neden olmaktadır (Cimaz ve La Torre 2014, Stapleton vd. 2020, Vasilev vd. 2020). Mukopolisakkaritlerin depolanması 11 farklı enzimden birinin eksikliği ile ortaya çıkarak 7 farklı MPS tipine sebep olmaktadır (Kobayashi 2019). Heparan sülfatın parçalanması sürecinde yer alan enzimlerin eksikliğinden kaynaklanıp, MPS III ya da diğer adıyla Sanfilippo Sendromudur. A, B, C ve D olmak üzere 4 alttürü olan otozomal resesif bir hastalıktır (Muenzer 2014, Fenzl vd. 2015, Andrade vd. 2015, Lavery vd. 2017, Escolar vd. 2020).

Keçilerde Mukopolisakkaridoz Tip III D (MPS III D)

MPS III ilk defa 1963 yılında insanlarda tanımlandıktan sonra D alttürü Thompson vd. tarafından 1992 yılında Nubi keçilerinde belirlenmiştir. Böylelikle keçiler, insan MPS III D genetik kusurunun araştırılmasında model olarak kullanılmaya başlamıştır (Haskins 2007, Smith ve Sherman 2009). MPS III D, heparan sülfatın yıkılma sürecinde yer alan N-asetilglukozamin-6-sulfataz (G6S / GNS) enzimi eksikliğinde ortaya çıkan kalıtsal LDH’lerden biridir. (Cavanagh vd. 1995, Leipprandt vd. 1995, Litjens vd. 1997). Klinik, morfolojik, biyokimyasal ve immunohistokimyasal karakterizasyon çalışmaları hem insanlarda hem de keçilerde yapılmıştır (Hoard vd. 1998). G6S enziminin eksikliğinde heparan sülfat glukozaminoglikanın lizozomal birikiminden birçok doku etkilenmekle birlikte hem insanlarda hem de keçilerde gözlenen klinik bulguların çoğu merkezi sinir sisteminde biriken glukozaminoglikanlar nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Downs-Kelly vd. 2000, Jones vd. 2004).

N-asetilglukozamin-6-sulfataz enzimini kodlayan G6S geni keçilerde 5. kromozom üzerinde yer almaktadır. Keçi MPS III D genetik kusuru 559 amino asidin kodlandığı G6S gen dizisindeki C322T nonsense bir mutasyon sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu mutasyon sonucunda daha kısa sentezlenen enzim fonksiyonunu kaybeder. Keçilerde MPS III D’nin genetik temelinde yatan tek nokta mutasyonunun stop kodonunun oluşmasına neden olmasının yanı sıra *AluI* restriksiyon endonükleaz enzimi içinde bir kesim bölgesi oluşturduğu 1995 yılında yapılan

mutasyon analizi çalışmasıyla ortaya çıkmıştır (Cavanagh vd. 1995). Bu çalışma ile birlikte genetik kusura sahip veya taşıyıcı hayvanların Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) ve Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) moleküler genetik yöntemleriyle belirlenebilmesi mümkün olabileceği gösterilmiştir (Şekil 1). Ardından yine aynı G6S geninin DNA dizi analizi Friderici vd. 1995 tarafından gerçekleştirilmiş ve genetik kusura sahip hayvanların genotiplerinin belirlenmesi için ilk PCR-RFLP çalışması Leipparandt vd. 1995 tarafından gerçekleştirilmiştir.

Normal aa	98	C	C	P	S	R	A	S	I	L	T
Normal nt	310	TGC	TGC	CCG	AGC	CGA	GCC	AGC	ATC	CTG	ACA
Affected nt	310	TGC	TGC	CCG	AGC	TGA	GCC	AGC	ATC	CTG	ACA
Affected aa	98	C	C	P	S	*					
						Alu I SITE					

Şekil 1. GNS geninde meydana gelen mutasyon (Cavanagh vd. 1995)

1998 yılında Michigan'da yeni doğan ve 10 yaş aralığında 20 sürüden alınan 552 saf Nubi keçisi (52 erkek, 500 dişi) MPS III D genetik kusuru bakımından incelenmiş, genotip frekansları yaklaşık olarak normal hayvanlar için %74.2, taşıyıcı hayvanlar için %23.9 ve hastalar için ise %1.9 olarak bildirilmiştir (Hoard vd. 1998). Güney Tayland'da 121 Anglo-Nubi keçisinde gerçekleştirilen bir çalışmada ise hasta hayvan belirlenemezken, 354. nükleotidde (T C) silent bir mutasyon dizi analizi sonucunda olduğu belirlenmiştir (Wasiksiri vd. 2013). Türkiye'de farklı keçi ırklarında bu hastalığın belirlenmesi çalışmalarında ise yine hasta hayvan belirlemezken, Anglo-Nubi keçilerinde belirlenen silent mutasyon olduğu bildirilmiştir (Gedik ve Kavuncu 2017, Gedik ve Kavuncu 2021).

Tek nokta mutasyonu sonucu ortaya çıkan MPS III D genetik kusuru, otozomal resesif bir kalıtım göstermektedir. Heterozigot genotipli hayvanlar normal fenotipli ancak taşıyıcı iken resesif homozigot genotipli hayvanlar ise hastalık belirtilerini göstermektedir (Cimaz ve La Torre 2014, Andrade vd. 2015, Gedik 2017).

Heparan sülfat'ın lizozomal birikimden birçok doku ve organ etkilenmekle birlikte esas etki merkezi sinir sisteminde görülmektedir. Bu nedenle görülen nörolojik

bulgular, somatik bulgulardan daha ağır olmaktadır. Bu hastalığa sahip keçilerde motor gelişiminde gerilik ana semptomlardandır. Belirli nörolojik eksikliklerle doğabilen hayvanlarda en sık saptanan semptomlar; yeni doğanların ayağa kalkmada zorlanması, bacakların geniş bir biçimde ayrı durması, hiperektansiyon ve ataksik, yürümede anormallikler, boyunda hafif kafada sürekli titreme, gözlerde hızlı hareket ve saldırgan davranışlardır (Smith ve Sherman 2009, Gedik 2017).

Hasta hayvanlarda görülen belirtiler ve şiddetleri oldukça değişken olmakla beraber ana belirti büyüme geriliğidir. Düşük doğum ağırlığına sahip hasta hayvanların yavaş gelişim gösterdiği, normal doğum ağırlığında doğanların ise ilk 3 aydan sonra büyümelerinin durduğu gözlenmiştir. Yine normal gelişim gösterdiği düşünülen hayvanların bile kendi ırkları dikkate alındığında daha küçük oldukları gözlenmiştir. Bazı hayvanlarda görülen tıknaz kafa yapısı ve kas kütlelerinde görülen azalma diğer belirtilerdir.

Bu genetik kusura sahip hayvanların immün sistemleri zayıftır, kolayca hastalanırlar, görme ya da duyma engelli hayvanlara rastlanmaktadır. Erken ölümler oldukça sık rastlanan bir durumdur. Bazı hayvanlar cinsi olgunluk yaşına ulaşırlar bile ani ölümler görülmekte bu da ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Bu hastalıkta ölümler genelde kalp yetmezliğine bağlı olarak gelişmektedir. Bu hastalığa sahip en uzun yaşayan hayvanın 4 yıl yaşadığı bildirilmiştir. Hasta hayvanların normal doğum ağırlığına sahip olup, normal bir gelişim gösterebilseler bile üreme problemlerine sahip oldukları gözlenmiştir (Gedik 2017).

SONUÇ

Günümüzde hızla gelişen moleküler genetik yöntem ve araçlar sayesinde hem insan hem de hayvan hastalıkları altında yatan genetik temellerin belirlenmesi ve tedavi yöntemlerinin geliştirilmesindeki artış baş döndürücüdür. Yakın gelecekte de bu artışın devam edeceği ve hastalıkların yok olduğu veya tedavisi olmayan hastalığın kalmayacağı ifadelerini kullanmaya başlayacağımız günlerin geleceği umudu giderek artmaktadır. Hayvancılıkta verim artışlarının sağlanması için besleme, yetiştirme ve ıslah alanlarında yapılan çalışmalar neticesinde geliştirilen

stratejiler son derece önemli gelişmeler sağlamıştır. Ancak hayvan yetiştiriciliğinin yapıldığı çevresel şartlar ve coğrafi farklılıklar ile hayvan genetik kapasite farklılıkları mevcut ve geliştirilen stratejilerin en önemli kısıtlayıcılarıdır. İslah çalışmaları ve moleküler genetik yöntemlerin birlikte kullanılması hayvancılığın gelişmesinde oldukça önemli olmuştur. Sadece verim özellikleri altında yatan değil aynı zamanda hastalıklara yatkınlık/direnç ile kalıtsal hastalıklara neden olan varyasyonların tespiti moleküler genetik yöntemlerle mümkündür. Böylelikle ıslah/seleksiyon programlarında kullanılarak hayvancılıkta verim artışları sağlanmakta, ekonomik kayıplara neden olabilecek hastalıklar elemine edilebilmektedir. Yetiştiriciliği yapılan çiftlik hayvanları arasında yapılan genetik çalışmalar incelendiğinde en az çalışmanın yapıldığı ruminant tür keçilerdir. Çağlar boyunca insanı bu kadar derinden etkilemiş bir tür olmasına rağmen çalışmaların keçilerde bu kadar az olması ve geç başlaması, bir an önce telafi edilmesi gereken bir eksikliktir. Keçinin ekonomik verimliliğini artırmada bu tip hastalıklara yol açan genleri ayıklayacak seleksiyon ve benzeri ıslah stratejileri için bu tip genetik kusurları belirleyecek çalışmalara gerek olduğu açıktır.

Katkı oranı, çıkar çatışması ve etik beyanları

Bütün yazarlar çalışmaya eşit oranda katkıda bulunmuştur. Bu makalede araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

KAYNAKÇA

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2008). *Molecular Biology of the Cell* (5th ed.). Garland Science.
- Amills, M., Capote, J. and Tosser-Klopp, G. (2017). Goat domestication and breeding: a jigsaw of historical, biological and molecular data with missing pieces. *Animal Genetics*, 48: 631-644. <https://doi.org/10.1111/age.12598>
- Andrade, F., Aldámiz-Echevarría, L., Llarena, M., & Couce, M. L. (2015). Sanfilippo syndrome: Overall review. *Pediatrics International*, 57, 331–338.
- Ballabio, A., Bonifacino, J.S. (2020). Lysosomes as dynamic regulators of cell and organismal homeostasis. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 21, 101–118 <https://doi.org/10.1038/s41580-019-0185-4>
- Batten G.J. (2014). A new breeding pathway to improve meat goats. *Livestock Research for Rural Development*, 26, Article #155.
- Bonam, S.R., Wang, F. & Muller, S. (2019). Lysosomes as a therapeutic target. *Nature Review Drug Discovery* 18, 923–948. <https://doi.org/10.1038/s41573-019-0036-1>
- Cavanagh, K.T., Leipprandt, J.R., Jones, M.Z., & Friderici, K. (1995). Molecular defect of caprine N-acetylglucosamine-6-sulphatase deficiency. A single base substitution creates a stop codon in the 5'-region of the coding sequence. *Journal of Inherited Metabolic Disease*, 18; 96.
- Cimaz, R., La Torre, F. (2014). Mucopolysaccharidoses. *Current Rheumatology Reports*, 16, 389 <https://doi.org/10.1007/s11926-013-0389-0>
- Dong Y., Zhang X., Xie M., Arefnezhad B., Wang Z., Wang W., Feng S., Huang G., Guan R., Shen W., Bunch R., McCulloch R., Li Q., Li B., Zhang G., Xu X., Kijas J.W., Salekdeh G. H., Wang W. & Jiang Y. (2015). Reference genome of wild goat (*capra aegagrus*) and sequencing of goat breeds provide insight into genic basis of goat domestication. *BMC Genomics* 16, 431 <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1606-1>
- Downs-Kelly, E., Jones, M.Z., Alroy, J., Cavanagh, K.T., King, B., Lucas, R.E., Baker, J.C., Kraemer, S.A., & Hopwood, J.J. (2000). Caprine Mucopolysaccharidosis IIID: A Preliminary Trial of Enzyme Replacement Therapy. *Journal of Molecular Neuroscience*, 15(3), 251–262.
- Escolar, M., Bradshaw, J., Byers, V. T., Giugliani, R., Golightly, L., Lourenço, C. M., McDonald, K., Muschol, N., Newsom-Davis, I., O'Neill, C., Peay, H. L., Siedman, J., Solano, M. L., Wirt, T., Wood, T., & Zwaigenbaum, L.. (2020). Development of a Clinical Algorithm for the Early Diagnosis of Mucopolysaccharidosis III. *Journal of Inborn Errors of Metabolism and Screening*, 8, e20200002. <https://doi.org/10.1007/s11926-013-0389-0>

- org/10.1590/2326-4594-JIEMS-2020-0002
- Fenzl, C. R., Teramoto, K., & Moshirfar, M. (2015). Ocular manifestations and management recommendations of lysosomal storage disorders I: mucopolysaccharidoses. *Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.)*, 9, 1633–1644. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S78368>
- Gedik, Y. (2017). *Keçi popülasyonlarının mukopolisakkaridoz tip III D genetik kusuru bakımından tanımlanması*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Gedik, Y., & Kavuncu, O. (2017). Detection of N-Acetylglucosamine-6-Sulfatase (GNS) Gene Mutation Causing MPS IIID Genetic Disorder in Turkey Native Goats. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31(2), 82-85.
- Gedik, Y., & Kavuncu, O. (2020, August 12 - 14). Caprine Mucopolysaccharidosis IIID (MPS IIID) [Conference presentation]. ICABGEH – 20, İzmir, Turkey.
- Gedik, Y., & Kavuncu, O. (2021). Determination of mucopolysaccharidosis IIID in some goat breeds. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 45(5), 964-968.
- Haskins M. E. (2007). Animal models for mucopolysaccharidosis disorders and their clinical relevance. *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)*, 96(455), 56–62. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2007.00211.x>
- Hoard, H. M., Leipprandt, J. R., Cavanagh, K. T., Truscott, N. K., Levene, B. A., Friderici, K. H., & Jones, M. Z. (1998). Determination of genotypic frequency of caprine mucopolysaccharidosis IIID. *Journal of veterinary diagnostic investigation : official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc*, 10(2), 181–183. <https://doi.org/10.1177/104063879801000212>
- Jones, M. Z., Alroy, J., Downs-Kelly, E., Lucas, R. E., Kraemer, S. A., Cavanagh, K. T., King, B., & Hopwood, J. J. (2004). Caprine mucopolysaccharidosis IIID: fetal and neonatal brain and liver glycosaminoglycan and morphological perturbations. *Journal of molecular neuroscience : MN*, 24(2), 277–291. <https://doi.org/10.1385/JMN:24:2:277>
- Khan S.A., Mason R.W., Kobayashi H., Yamaguchi S., Tomatsu S., (2020). Advances in glycosaminoglycan detection, *Molecular Genetics and Metabolism*, 130 (2), 101-109. <https://doi.org/10.1016/j.ymgme.2020.03.004>.
- Kido, J., Sugawara, K., & Nakamura, K. (2023). Gene therapy for lysosomal storage diseases: Current clinical trial prospects. *Frontiers in genetics*, 14, 1064924. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1064924>
- Kingma, S.D.K., Bodamer, O.A., Wijburg, F.A. (2015). Epidemiology and diagnosis of lysosomal storage disorders; challenges of screening. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 29 (2), 145-157. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2014.08.004>.
- Kobayashi, H. (2019). Recent trends in mucopolysaccharidosis research. *Journal of Human Genetics*, 64, 127–137 <https://doi.org/10.1038/s10038-018-0534-8>
- Lavery, C., Hendriksz, C.J. & Jones, S.A. (2017). Mortality in patients with Sanfilippo syndrome. *Orphanet Journal of Rare Diseases* 12, 168. <https://doi.org/10.1186/s13023-017-0717-y>
- Leipprandt, J. R., Friderici, K., Sprecher, D. J., & Jones, M. Z. (1995). Prenatal testing for caprine N-acetylglucosamine-6-sulphatase deficiency and sex identification. *Journal of inherited metabolic disease*, 18(5), 647–648. <https://doi.org/10.1007/BF02436016>
- Litjens, T., Bielicki, J., Anson, D. S., Friderici, K., Jones, M. Z., & Hopwood, J. J. (1997). Expression, purification and characterization of recombinant caprine N-acetylglucosamine-6-sulphatase. *The Biochemical journal*, 327 (Pt 1)(Pt 1), 89–94. <https://doi.org/10.1042/bj3270089>
- Luo, J., Wang, W., & Sun, S. (2019). Research advances in reproduction for dairy goats. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 32(8), 1284–1295. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0486>
- Muenzer, J. (2014). Early initiation of enzyme replacement therapy for the mucopolysaccharidoses. *Molecular*

- Genetics and Metabolism*, 111 (2), 63-72. <https://doi.org/10.1016/j.ymgme.2013.11.015>
- Nair, V., Belanger, E.C., Veinot, J.P. (2019). Lysosomal storage disorders affecting the heart: a review. *Cardiovascular Pathology*, 39, 12-24. <https://doi.org/10.1016/j.carpath.2018.11.002>.
- Nomura, K., Yonezawa, T., Mano, S., Kawakami, S., Shedlock, A. M., Hasegawa, M., & Amano, T. (2013). Domestication process of the goat revealed by an analysis of the nearly complete mitochondrial protein-encoding genes. *PLoS one*, 8(8), e67775. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067775>.
- Parenti, G., Medina, D. L., & Ballabio, A. (2021). The rapidly evolving view of lysosomal storage diseases. *EMBO molecular medicine*, 13(2), e12836. <https://doi.org/10.15252/emmm.202012836>
- Platt, F. M., d'Azzo, A., Davidson, B. L., Neufeld, E. F., & Tiff, C. J. (2018). Lysosomal storage diseases. *Nature reviews. Disease primers*, 4(1), 27. <https://doi.org/10.1038/s41572-018-0025-4>
- Rastall D. PW & Amalfitano A. (2015). Recent advances in gene therapy for lysosomal storage disorders, *The Application of Clinical Genetics*, 8, 157-169, DOI: 10.2147/TACG.S57682
- Stapleton, M., Kubaski, F., Mason, R.W., Shintaku, H., Kobayashi, H., Yamaguchi, S., Taketani, T., Suzuki, Y., Orii, K., Orii, T., Fukao, T., Tomatsu, S. (2020). Newborn screening for mucopolysaccharidoses: Measurement of glycosaminoglycans by LC-MS/MS. *Molecular Genetics and Metabolism Reports*, 22, 100563. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214426919302009>
- Simonaro, C. M. (2016). Lysosomes, Lysosomal Storage Diseases, and Inflammation. *Journal of Inborn Errors of Metabolism and Screening*, 4, <https://doi.org/10.1177/2326409816650465>
- Smith, M.C. and Sherman, D.M. (2009). *Goat Medicine*, (2nd ed.) Wiley-Blackwell
- Stepien, K. M., Roncaroli, F., Turton, N., Hendriksz, C. J., Roberts, M., Heaton, R. A., & Hargreaves, I. (2020). Mechanisms of Mitochondrial Dysfunction in Lysosomal Storage Disorders: A Review. *Journal of Clinical Medicine*, 9(8), 2596. <https://doi.org/10.3390/jcm9082596>
- Thompson, J. N., Jones, M. Z., Dawson, G., & Huffman, P. S. (1992). N-acetylglucosamine 6-sulphatase deficiency in a Nubian goat: a model of Sanfilippo syndrome type D (mucopolysaccharidosis IIID). *Journal of inherited metabolic disease*, 15(5), 760-768. <https://doi.org/10.1007/BF01800018>
- Ün C. (2014). Keçi Medeniyeti. Ayrıntı yayınları.
- Vasilev, E., Sukhomyasova, A., & Otomo, T. (2020). Mucopolysaccharidosis-Plus Syndrome. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(2), 421. <https://doi.org/10.3390/ijms21020421>
- Wasiksiri, S., Sripongpun, S., Ratanaphan, A., Sookras, P. (2013). A Survey to Determine the Presence of the N-acetylglucosamine-6-sulfatase (G6S) Gene Mutation in Anglo-Nubian Goats in Southern Thailand. *Thai Journal of Veterinary Medicine*, 43 (1): 99-103.
- Zheng, Z., Wang, X., Li, M., Li, Y., Yang, Z., Wang, X., Pan, X., Gong, M., Zhang, Y., Guo, Y., Wang, Y., Liu, J., Cai, Y., Chen, Q., Okpeku, M., Colli, L., Cai, D., Wang, K., Huang, S., Sonstegard, T.S., Esmailzadeh, A., Zhang, W., Zhang, T., Xu, Y., Xu, N., Yang, Y., Han, J., Chen, L., Lesur, J., Daly, K.G., Bradley, D.G., Heller, R., Zhang, G., Wang, W., Chen, Y., Jiang, Y. (2020). The origin of domestication genes in goats. *Science Advances*, 6, 21.

Thermal Analysis of Al and Cu Metals Heat Sinks with Different Geometries at Raspberry Pi Control Cards Used for Image Analysis-Based Drone Control in Smart Agriculture Drones

Akıllı Tarım Drone'larında Görüntü Analizi Tabanlı Drone Kontrolünde Kullanılan Raspberry Pi Kontrol Kartları İçin Farklı Geometrilere Sahip Al ve Cu Metal Isı Alıcılarının Termal Analizi

Abstract

A heat sink is a tool for dissipating the heat generated by electronic parts. The equipment's specific operating conditions necessitate the equipment's extra heat dissipation. This research compared and optimized the temperature and heat flux parameters based on the results of the design of a heat sink for CPU, RAM, and PCIe to a USB 3.0 bridge. It is aimed at an examination of the advantages and disadvantages of using square, rectangular, and circular shapes in the design of a heat sink. Copper and aluminum (Al) are the most common heat sink materials (Cu). Autodesk Inventor Pro software with Nastran module is used for design and thermal analysis.

According to Inventor Nastran's thermal analysis results it is found that there is no significant difference between Al and Cu materials based on cooling capacity at designed models. Also, it is found that the geometry of the heat sinks directly affects the cooling capacity of a heat sink.

The application results show that the cooling achievement is directly related to the correct heatsink design and enough surface area.

Keywords: Heat sink, Heat transfer, Thermal design, Al and Cu metals, Raspberry Pi.

Akıllı Tarım Drone'larında Görüntü Analizi Tabanlı Drone Kontrolünde Kullanılan Raspberry Pi Kontrol Kartları İçin

Sorumlu Yazar

Abdullah BEYAZ¹

abeyaz@ankara.edu.tr

 0000-0002-7329-1318

¹ Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Ankara, Türkiye

Gönderilme Tarihi : 16 Ağustos 2023
Kabul Tarihi : 09 Ekim 2023

Farklı Geometrilere Sahip Al ve Cu Metal Isı Alıcılarının Termal Analizi

Özet

Bir ısı alıcı, elektronik parçalar tarafından üretilen ısıyı dağıtmak için bir araçtır. Ekipmanların belirtilen çalışma koşulları sahip oldukları fazla ısının dağılımını gerektirir. Bu çalışmada, CPU, RAM ve PCIe den USB 3.0 köprüsü için ısı alıcı tasarımındaki sıcaklık ve ısı akışı parametrelerinin sonuçları karşılaştırılıp optimize edilmiştir. Bir ısı alıcı tasarımında kare, dikdörtgen ve dairesel tasarım şekilleri kullanmanın avantaj ve dezavantajlarının incelenmesi yapılmıştır. Bakır (Cu) ve alüminyum (Al) en yaygın ısı emici malzemelerdir.

Tasarım ve termal analiz aşamaları için Nastran modülüne sahip Autodesk Inventor Pro yazılımından yararlanılmıştır. Autodesk Inventor Pro Nastran termal analiz sonuçlarına göre, tasarlanan modellerde soğutma kapasitesi bazında Al ve Cu malzemeleri arasında önemli bir fark olmadığı bulunmuştur. Ayrıca sonuç olarak ısı alıcıların geometrisinin bir ısı alıcının soğutma kapasitesini doğrudan etkilediği belirlenmiştir.

Araştırma sonuçları, soğutma başarısının doğru ısı alıcı tasarımı ve yeterli yüzey alanı ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı alıcı, ısı transferi, termal tasarım, Al ve Cu metaller, Raspberry Pi.

Introduction

Agriculture drones with their adaptability and the ability to be outfitted with a wide variety of sensors and novel computing power, drones have a wide range of potential uses in agriculture, including crop management, mapping, irrigation, diagnosis, disaster relief, early warning systems, wildlife preservation, and forestry preservation, also drones have the potential to be used in a variety of ways in agriculture, such as crop and growth monitoring, yield estimation, water stress assessment, and the detection of weeds, pests, and diseases (Huang et al., 2021; Negash et al., 2019; Inoue, 2020; Panday et al., 2020). However, drones have their own set of restrictions. Some of these

include pilot involvement; average image quality; average implementation costs; stability; maneuverability; reliability; standardization; engine power; limited power sources; limited flight duration; collision and cyberattacks; limited payload weight; large datasets and limited data processing capabilities; absence of regulation; lack of expertise; and high entry barriers to access to agricultural applications (Zhang & Kovacs, 2012). Given drones' potential applications across the agricultural sector, attracted the attention of numerous academic fields.

Agriculture drones and other electronic and electrical systems face an increasing challenge in keeping their electronic components cool during operation and design. The vast quantity of electronic components in a typical electronic circuit causes it to overheat and function less efficiently. If an electronic component is to function reliably, it requires rapid cooling. In addition, as production methods advance, minicomputers are becoming much more compact. As a result, the rate at which the CPU, RAM, and PCIe to USB 3.0 bridge are being heated and alarming. The market has also driven a reduction in the physical size of electronic cards. This means that there is nowhere near enough room for a conventional cooling system, and traditional convectional cooling methods are insufficient to meet the ever-increasing demands.

Several fields of study, include cooling and the temporal evolution of temperature distributions. Increasing the flow rate of the external fluid, altering the geometry of the conducting material to increase the convection surface area, and altering the conducting material to increase the surface temperature and achieve a higher convection coefficient are the three major techniques for improving the efficiency of heat dissipation from computer components using air cooling systems (Kumar & Rao, 2018).

Heat transfer in electronic systems has been the focus of numerous studies. Webb (2005) modeled an entire desktop PC setup with an 80 W central processing unit. Total system heat dissipation is 313 W once other components are included. They modeled the CPU heat sink as a volume resistance with the same impedance as the detailed geometry to keep the model simple. The PCI side vents and baffle are

designed to enhance the cooling of PCI cards.

When an electric current flows through an electronic device, some of the power is lost as heat, as pointed out by Färcaş et al. (2012). Overheating an electronic device has a detrimental effect on its functionality and longevity. As a corollary, the electronic device's lifespan may be shortened. Normal operation generates a great deal of heat for all power electronic devices. To prevent electronic equipment failure, this heat must be dissipated. It's been found that the surface area for heat transfer in electronic devices directly correlates to the total amount of heat dissipated by those devices.

The thermal analysis of heat sinks of varying geometries and constructions was the subject of research by Reddy et al. (2018). The findings indicate that copper provides better temperature distribution than aluminum, and that rectangular slots provide better temperature distribution than other geometries.

However, as Pal (2014) points out, dealing with the resulting heat is often a major challenge for LED light fixtures. LED efficiency, life, performance, and reliability all suffer at lower junction temperatures. This study examines the relationship between the junction temperature of LEDs cooled by natural convection and the thermal performance of a selection of popular design approaches on heat sink fins. Basic rectangular fins, pin fins, and trapezoidal scaled tapered fins have all been subjected to thermal simulation using Solidworks Thermal Simulation, and the results are compared and contrasted.

For a 30 W chip on board (COB) LED down-light, Seo et al. (2012) designed and characterized an optimal heat sink. Using a heatsink designer, they determined that 181 m² is the optimal total surface area of a heat sink for the 30 W COB LED downlight. In this work, they compared four distinct heat sink designs and determined the type that provides the best overall performance. Due to the COB LED package structure, the heat sink's center gets very hot, so a copper spreader is used to distribute that heat to the heat sink's periphery.

According to Özdilli & Şevik (2020), advancements in technology have allowed manufacturers to create electronic parts that are both more versatile and more powerful.

However, as performance improves, the amount of heat produced by the components also rises. When electronic components are subjected to extreme heat, they often malfunction or perform inadequately; to prevent this, active or passive heat sinks are used to efficiently and quickly remove the excess heat generated by the electronic components. Five distinct heat sink designs are developed in their investigation, including the primary design (Cylindrical heat sink) and four geometries derived from the primary design (Cylindrical concave, cylindrical-convex, cylindrical-wave, and cylindrical-wave). Aluminum 6063 was opted to be used as the material for the heat sinks. Each heat sink had 10W of thermal power applied to it from a heat source, and their respective designs' heat dissipation performances were analyzed in the computational fluid dynamics program Solidworks Flow Simulation. Temperature profiles, fin heights, material weights, and surface areas are just some of the metrics used to evaluate the designed heat sinks.

The thermal issues of electronic components are typically solved by using heat sinks, which are widely regarded as the most cost-effective, hassle-free option. In this simulation analysis, we present different pin designs for a pin fin of a heat sink, in which the pins are changed to create more different shapes between them. Then, a numerical thermal analysis is performed for natural convection for circular shape in an inline arrangement under steady-state conditions on both the traditional pin fin heat sink and the modified pin fin heat sink. Improved efficiency is one of the many benefits of the modified pin fin heat sink compared to the standard design. The finite element method is utilized in conjunction with Solidworks to perform this numerical thermal analysis (Arefin, 2016).

Aluminum and copper, in their various forms, both have high heat conduction coefficients and are thus used in the fabrication of heat sinks. Particularly popular are aluminum alloys due to their high strength and low weight. Sixty-five percent of the market is dominated by the 6XXX series of aluminum alloys due to their superior specific strength, toughness, corrosion resistance, and weldability as well as the presence of silicon and magnesium (Mengjun et al., 2005; Panigrahi et al., 2009; Panigrahi et al., 2009).

The most significant issue is the overheating that is produced by electronic equipment, which leads to an increase in temperature and, ultimately, permanent damage to the electronic components. Because of this, having an effective electronic cooling system is crucial. Temperature and other thermal quantities can be measured and analyzed over time through a process called transient thermal analysis. The current investigation is aimed at developing a heat sink for an electronic printed circuit board CPU, RAM, and PCIe to USB 3.0 bridge. Autodesk Inventor Pro with Nastran module was used to conduct the analyses of the different fin configurations and aluminum and copper material combinations used in this work.

Material and Method

Material

Raspberry Pi is a well-known development card. It is used for different image processing and analysis, deep learning, control, and prototyping applications of smart farming drones. A Raspberry Pi card operating temperature changes between 0°C and 85°C (Anonymous, 2023). The main usage points for heat sinks at a Raspberry Pi development card are CPU, RAM, and PCIe to USB 3.0 bridge (Figure 1).

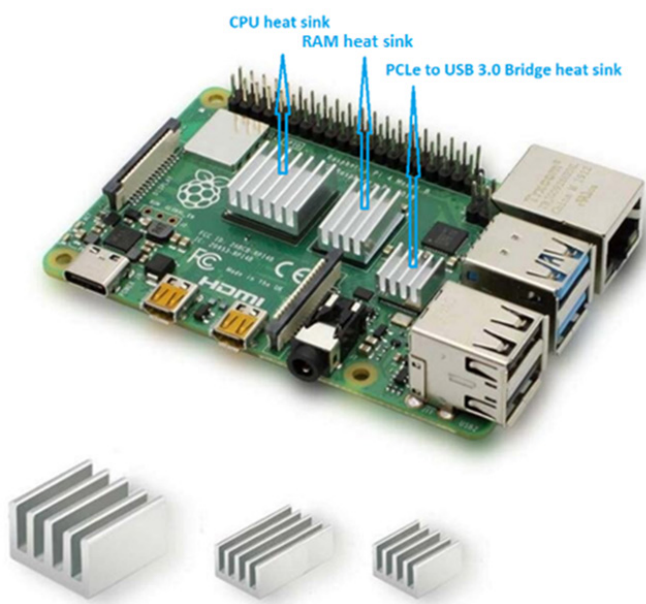


Figure 1. Raspberry Pi with heat sink usage points

The design of heat sinks has been created and analyzed in Autodesk Inventor Pro with Nastran In-CAD (under education license) and has the dimensions 14 x 14 x 6 mm, 14 x 9 x 5 mm, and 9 x 9 x 5 mm for CPU, RAM, and PCIe to USB 3.0 bridge, respectively (Fig. 2). The slot in a rectangular heat fin is typically a maximum of 140 mm by 50 mm, while a circular heat fin's slotted hole is typically 1 mm in diameter.

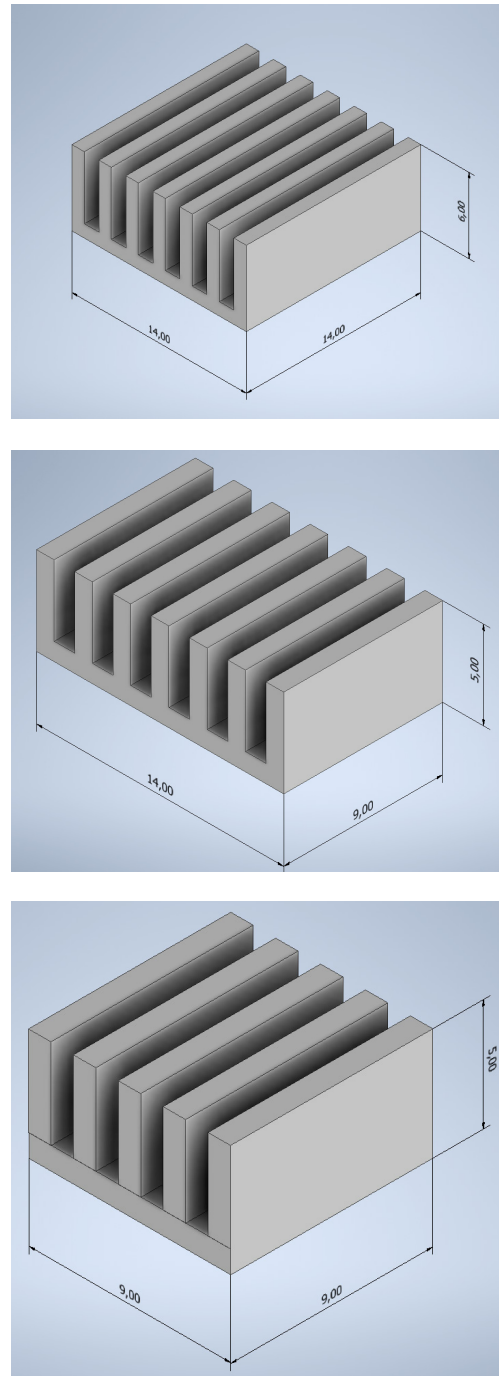


Figure 2. Dimensions of the designed heat sink models

Autodesk Inventor Pro's Nastran analysis module is utilized for post-design evaluation for Al and Cu materials (Table 1).

Table 1. Material properties of designed models for thermal analysis

Properties	Aluminum	Copper
ρ	2.7e-9	8.94e-9
E	68900	1.175e+5
ν	0.33	0.345
α	2.4e-5	1.7e-5
C	8.97e+8	4.5e+8
K	230	401

Method and Modeling

The simulation-driven design has largely replaced traditional prototyping and testing in the last decade to cut down on time and money spent developing products. Rather than spending time and money creating physical prototypes, engineers can instead use flexible simulation models to foresee how a product will perform. Not all time and money savings come from cutting down on individual design tasks, but rather from combining design teams, using concurrent engineering principles, and speeding up the entire design-through-manufacturing-through-maintenance process. To save significant time during the later stages of design, prototyping, and testing, a manufacturer may invest more time performing thermal analysis at the beginning of the design process.

Strict thermal analysis has the potential to lessen the number of malfunctions in the field as well. When compared to these time savings, the time spent on analysis or 3D design and assembly is negligible. Connecting the various MCAD, ECAD, and CAE (analysis) software programs used by engineers and designers presents a challenge (Man et al., 2010).

Technique for simulating heat transfer

The maximum temperature of 85 °C is used to model heat sinks in this analysis (Figure 3). Aluminum alloy and copper are being considered as heat sink materials. The research is simulated at the temperature of 0-85 °C with linear steady-state thermal analysis. The following are the parameters for the boundaries: properties of aluminum and

copper are assigned as 85 °C heat source temperature. The heat source is transferring energy to the heat sink, which causes a heat flux to be exerted on the heat sink. Once the aforementioned boundary conditions have been applied, the simulation is run in both steady-state and transient modes.

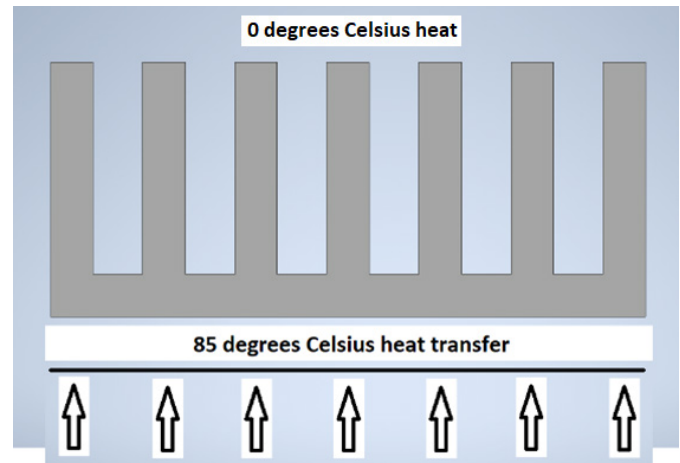


Figure 3. Heat transfer of a sample model

Construction of a heat sink Autodesk Inventor Pro is used to create five distinct fin designs, and then the Nastran analysis module is used to compare and contrast each design. Autodesk Inventor Pro's Nastran module offers thermal analysis to help predict how a design will react to different temperatures. Linear steady-state, nonlinear steady-state, and transient thermal analyses are all included in the simulation. Autodesk Inventor Pro's Nastran module offers thermal analysis to help predict how a design will react to different temperatures. Linear steady-state, nonlinear steady-state, and transient thermal analyses are all included in the simulation. Dimensions for all five heat sinks are presented in Figure 2. Both the bottom and the fin have the same thickness of 1 mm. Also, both aluminum and copper are used to construct the heat sink.

Results and Discussion

After comparing Copper and Aluminum in the package, it was discovered that the latter offered much better heat dissipation, reducing the likelihood that the board's CPU, RAM, and PCIe to USB 3.0 bridge would overheat (Figure 4 - 9). When we look at all models for Al and Cu materials, it is seen that model 'a' has the best cooling performance while model 'e' is the worst.

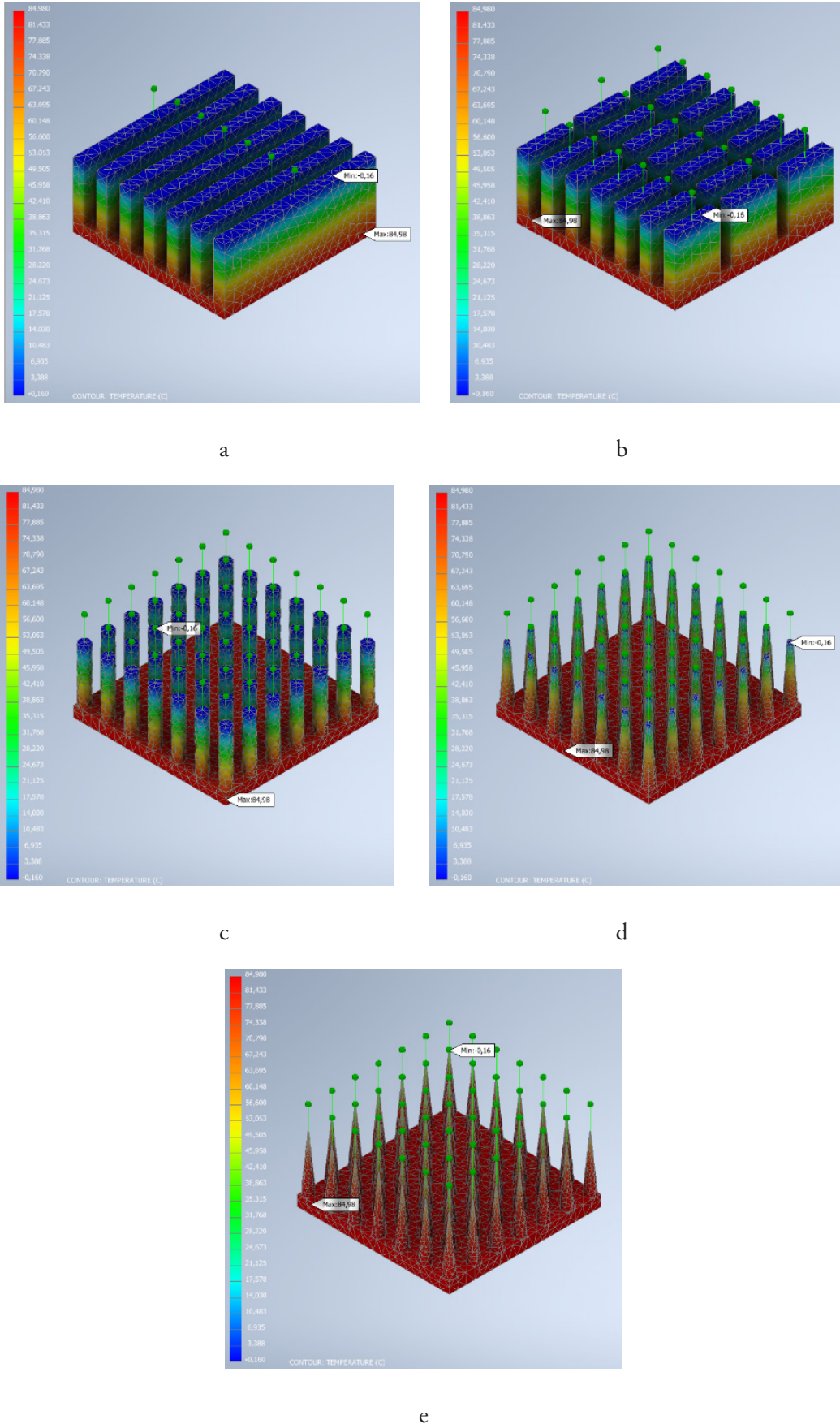


Figure 4. Thermal analysis results of five different CPU heat sink models with aluminum material

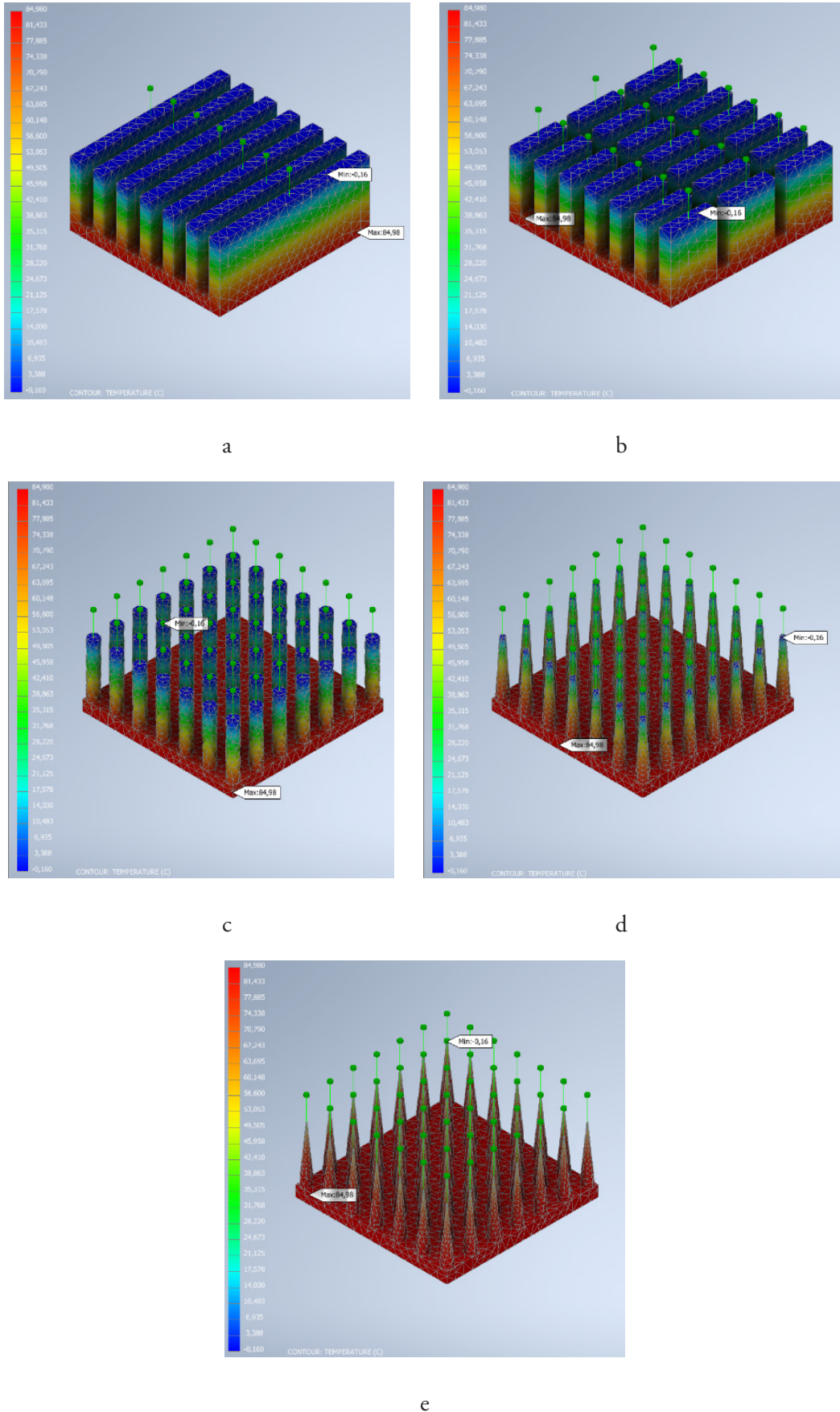


Figure 5. Thermal analysis results of five different CPU heat sink models with copper material

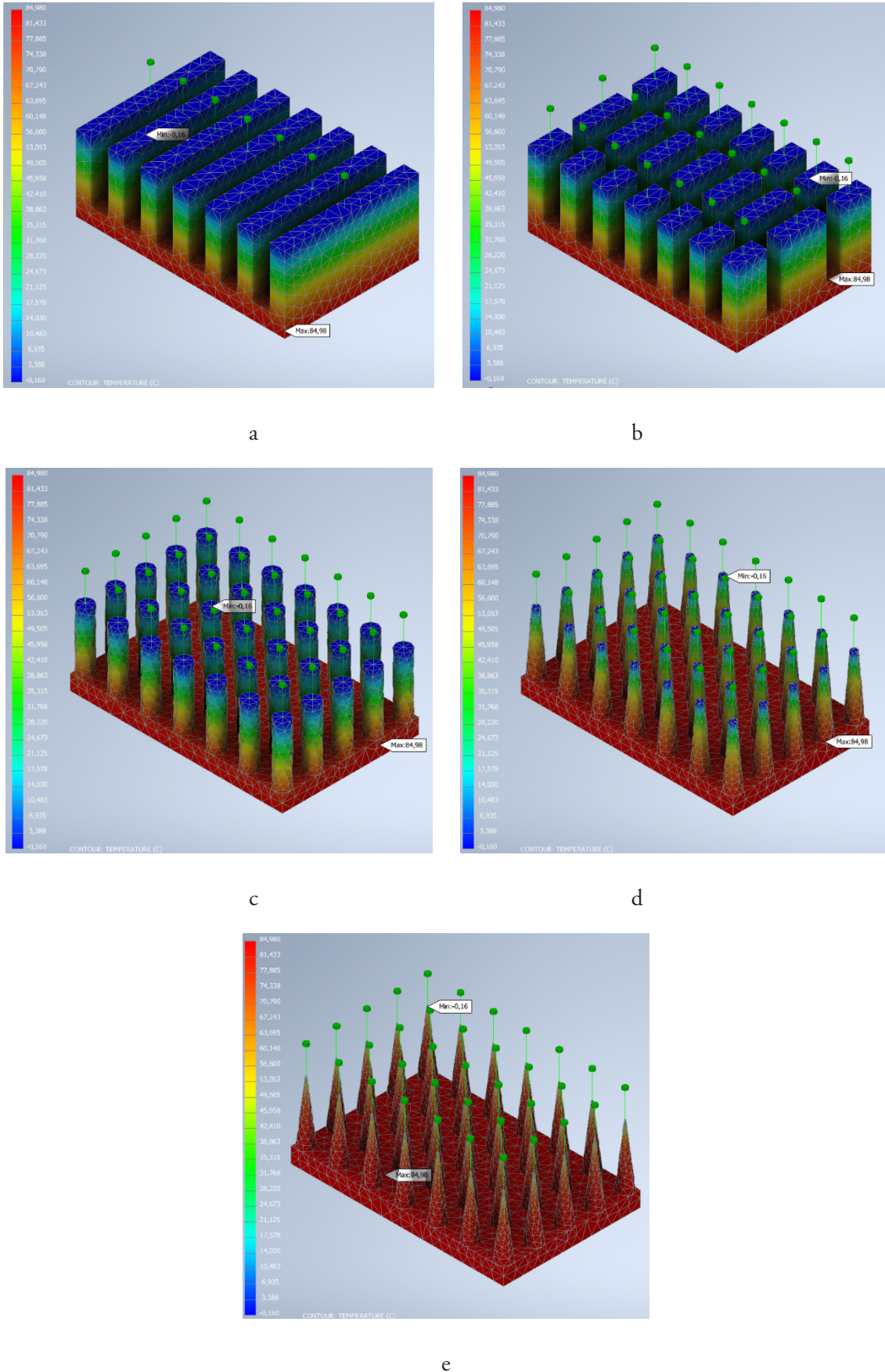


Figure 6. Thermal analysis results of five different RAM heat sink models with aluminum material

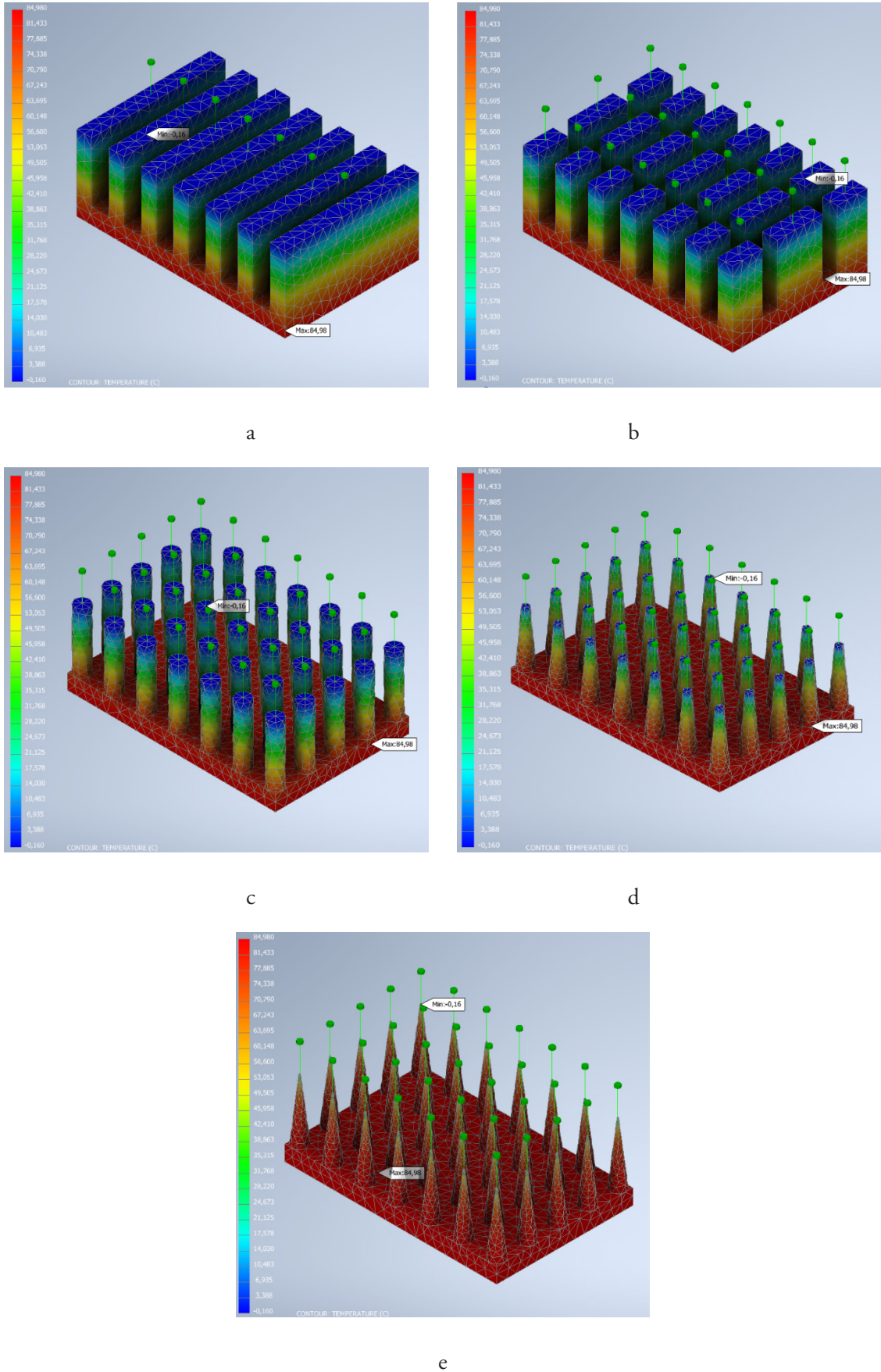


Figure 7. Thermal analysis results of five different RAM heat sink models with copper material

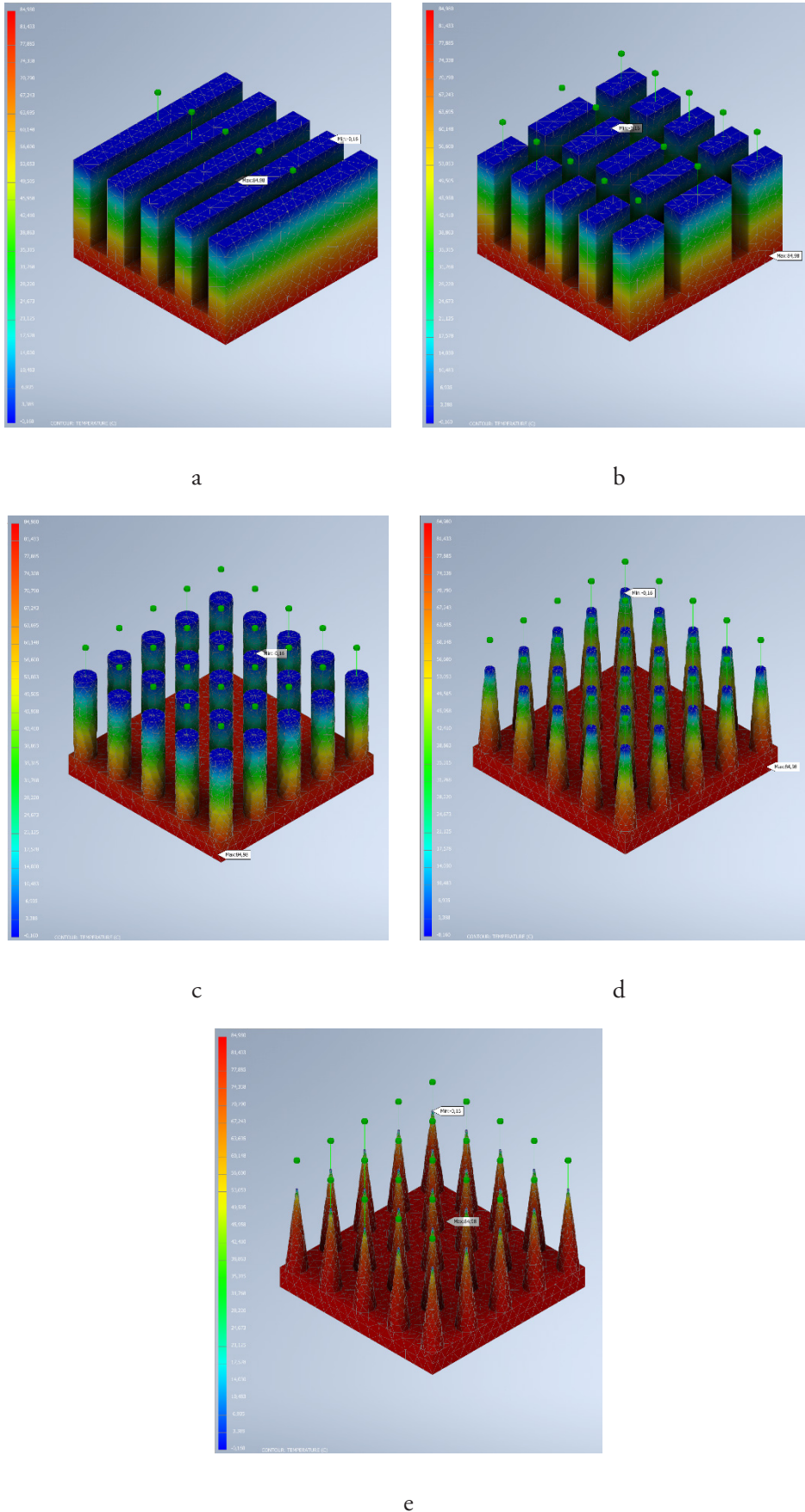


Figure 8. Thermal analysis results of five different PCLs to USB 3.0 Bridge heat sink models with aluminum material

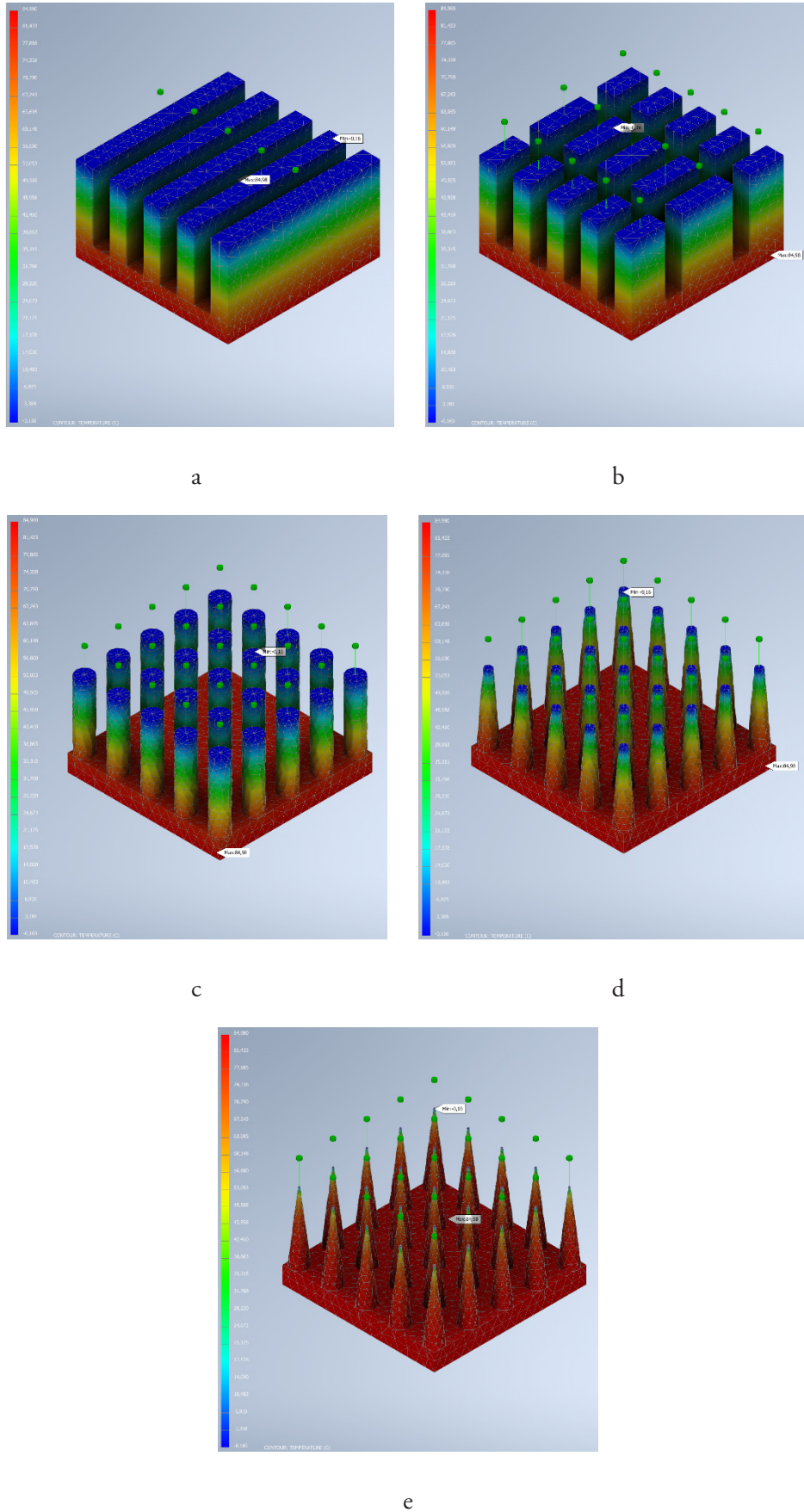


Figure 9. Thermal analysis results of five different PCLe to USB 3.0 Bridge heat sink models with copper material

In figures 4-9, it is seen that the thermal gradient changes between 0 to 85 °C, in models 'a', 'b', 'c', and 'd' the thermal value decrease to 0 °C, with the surface area increasing the efficiency of the heatsink increasing in the models, respectively. Between these models in Figure 4-9, it is also seen that the critical point starts in the model 'e' at every figure. Because in model 'e' the heatsink thermal value increases at 85 °C, it is seen that there is no efficient cooling application at each of 'e' models in the figures. The simulation results show that there is no significant thermal efficiency difference between materials based on the small models.

There is evidence from Seo et al. (2012) that using a copper spreader reduces heat sink temperature by about 3 degrees celsius compared to not using one. Within an error of 2 degrees celsius, both the simulated and measured temperatures agree very closely with one another. The simulations' efficacy is plain to see.

Özdilli and Şevik (2020), suggest that the cylindrical-concave type provided the best performance, while the cylindrical-convex type provided the worst performance. When compared to other cooler shapes, the cylindrical-concave cooler was superior because of its large surface area, high fin ratio, and low filling volume.

It has been noted by Pal (2014) that the performance of fins and heat sink is heavily dependent on thermal mass, exposed surface area, and geometric placement of fins. The optimal performance of a heat sink for an LED depends on its material, fin structure, ambient fluid temperature, orientation concerning gravity, and the color, texture, and conductivity of the interface layer used.

According to the simulation analysis results and designed small model dimensions and the maximum 85 °C heat level, it can be implied that between Al and Cu heat sink models, there is no significant difference between Al and Cu heat sink models related to the ability of better heat transfer. As the main result, it can be said that the simulation analysis results show that the cooling achievement is directly related to the correct heatsink design and enough surface area. Additionally, low price levels and material properties of heat sinks that give resistance to environmental conditions

are the other significant factors for heat sink production and selection.

Conclusion

The design, manufacturing, and maintenance processes can all be streamlined with computer-aided design (CAD) and simulation software. However, prototyping and testing are essential to the design process. This is a reliable method for obtaining precise outcomes. The final design was created and refined using data obtained from the Nastran module of the Autodesk Inventor Pro software. Model refinement in the future should lead to more precise estimates of thermal coefficients. Generally, in the markets when they are selling small Al and Cu heatsink models, they claim that Cu heat sink models can better heat transfer from Al heat sinks. But the simulation analysis results show that this is not directly true. It could be true looking at the material properties, but focused on the small dimensions and desing shapes, also high price levels, and resistance to environmental conditions the results are changing. The cooling achievement is directly related to the correct heatsink design and enough surface area in this heat level. In the research, it is implied that the agriculture drones have their own set of restrictions. Some of these include pilot involvement; average image quality; average implementation costs; stability; maneuverability; reliability; standardization; engine power; limited power sources; limited flight duration; etc. to access to agriculture. In this way, based on the results one more restriction is explained and analyzed in addition to the literature, and in the future better designs can be done and sold in the market and heatsinks to give us a chance to use electronic circuits and board more efficiently to improve the agricultural application success.

Authors' Contributions

All authors contributed equally to the article.

Conflicts of Interest Statement

The authors declare that they have no conflicts of interest.

References

- Anonymous. (2023). The Operating Temperature For A Raspberry Pi. <https://copperhilltech.com/content/The%20Operating%20Temperature%20For%20A%20Raspberry%20Pi%20%E2%80%93%20Technologist%20Tips.pdf>, accessed 17 March 2023.
- Arefin, A. M. E. (2016). Thermal analysis of modified pin fin heat sink for natural convection. In 2016 5th International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV), 1-5, IEEE.
- Fărcaș, C., Ciocan, I., Petreuş, D. & Palaghită, N. (2012). Thermal modeling and analysis of a power device heat sinks. In 2012 IEEE 18th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), 217-222, IEEE.
- Huang, H., Yang, A., Tang, Y., Zhuang, J., Hou, C., Tan, Z., Dananjayan, S., He, Y., Guo, Q., Luo, S. (2021). Deep color calibration for UAV imagery in crop monitoring using semantic style transfer with local to global attention. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 104, 102590, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102590>.
- Inoue, Y. (2020). Satellite and drone-based remote sensing of crops and soils for smart farming—a review. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66 (6): 798–810, <https://doi.org/10.1080/00380768.2020.1738899>.
- Kumar, M. P. & Rao, A. U. M. (2018). CFD Analysis on Electronic Heat Sink of Al and Cu Metals. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 1(10): 2581-5792.
- Man, L., Fărcaș, C. & Fizeşan, R. (2010). Packaging and thermal analysis of power electronics modules. In 33rd International Spring Seminar on Electronics Technology, ISSE 2010, 220-225, IEEE.
- Mengjun, J., Chunlei, W., Xinyu Li, G. (2005). Deformation behavior of 6063 aluminum alloy during highspeed compression. *The Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 20(2005): 40–43.
- Negash, L., Kim, H.Y., Choi, H.L. (2019). Emerging UAV applications in agriculture. In: 2019 7th International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications (RiTA), 254–257, <https://doi.org/10.1109/RITAPP.2019.8932853>.
- Özdilli, Ö. & Şevik, S. (2020). Numerical analysis of the cooling performance of heat sinks with different geometries. In MAS 13th International European Conference On Mathematics Engineering Natural and Medical Sciences. Afghanistan, 2020.
- Pal, V. (2014). Modeling and thermal analysis of heat sink with scales on fins cooled by natural convection. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, eISSN: 2319-1163.
- Panday, U.S., Pratihast, A.K., Aryal, J., Kayastha, R.B. (2020). A review on drone-based data solutions for cereal crops. *Drones*, 4 (3): 1–29. <https://doi.org/10.3390/drones4030041>.
- Panigrahi, S. K., Jayaganthan, R. (2008). Effect of rolling temperature on microstructure and mechanical properties of 6063 Al alloy. *Materials Science and Engineering A*, 492(2008): 300–305.
- Panigrahi, S. K., Jayaganthan, R., Pancholi, V. (2009). Effect of plastic deformation conditions on microstructural characteristics and mechanical properties of 6063 Al alloy. *Materials and Design*, 30(2009): 1894–1901.
- Reddy, S. L. N., Prasad P. H. C. & Hussain, M. (2018). Comparative Thermal Analysis on Heat Sink with Different Geometries. *Int. International Journal of Research and Analytical Reviews*, 5(2), 2127, e ISSN: 2348 –1269, Print ISSN: 2349-5138.
- Seo, B. S., Lee, K. J., Yang, J. K., Cho, Y. S. & Park, D. H. (2012). Development and characterization of optimum heat sink for 30 w chip on board led down-light. *Transactions on Electrical and Electronic Materials*, 13(6): 292-296.
- Webb, R. L. (2005). Next generation devices for electronic cooling with heat rejection to air. *ASME Journal of Heat and Mass Transfer*, 127(2005): 2–10.
- Zhang, C., Kovacs, J.M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 13 (6): 693–712, <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>.

Plot Size and Shape in Field Crops Cultivation in Türkiye

Türkiye’de Tarla Bitkileri Yetiştiriciliğinde Parsel Büyüklüğü ve Şekli

Sorumlu Yazar

Yücel KEŞLİ¹

yucelkesli@hotmail.com

 0000-0002-2159-6490

Yazar

Havva Eylem POLAT²

epolat@ankara.edu.tr

 0000-0002-2159-0666

Yazar

Çiğdem ŞEN³

ecemsen42@hotmail.com

 0009-0008-2963-5399

Yazar

Ahmet Cengiz YILDIRIM⁴

acyildirim@ankara.edu.tr

 0000-0002-1049-437X

Abstract

The size and shape of the agricultural parcel are important factors in improving the agricultural structure. These factors positively affect farmers, especially in matters such as the use of agricultural tools and machines in field crop cultivation, time saving and good soil cultivation. In this context, the size and aspect ratio of the existing parcels are directly linked to the income to be obtained from the unit area. Land consolidation projects are ongoing in approximately 30% of the total agricultural area in Türkiye. In addition, the state’s efforts to give agricultural land to landless farmers continue in Türkiye. Considering our current agricultural production capacity, planning the new parcels to be created during these studies will significantly contribute to our field crop production. For this purpose, the average parcel size was determined by analysing the land distribution norm values of 4321 settlement units within the scope of the Agricultural Reform Law No. 3083 on Land Arrangement in Irrigation Areas, published in 1984, and the size of 1868 sufficient income lands within the scope of the Soil Conservation and Land Use Law No. 5403, published in 2014. As a result of this study, it was concluded that, on average, an agricultural parcel of 64 decars in irrigated lands and 157 decars in dry agricultural lands is the most suitable size for growing field crops. Likewise, it was concluded that the parcels were rectangular in shape and the aspect ratio was close to 1:2.

Key words: parcel size, field crops, parcel aspect ratio, yield

- 1 Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Tarım Arazileri Yönetimi Daire Başkanlığı
- 2 Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü
- 3 Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Tarım Arazileri Yönetimi Daire Başkanlığı
- 4 Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Gönderilme Tarihi :

28 Eylül 2023

Kabul Tarihi :

03 Aralık 2023

Özet

Tarımsal yapının iyileştirilmesinde, tarım parselinin büyüklüğü ve şekli önemli faktörlerdendir. Bu faktörlerin optimum durumda olması, özellikle tarla bitkileri yetiştiriciliğinde tarım alet ve makinelerinin kullanımı, zaman tasarrufu ve iyi toprak işleme vb. konularda çiftçileri olumlu yönde etkilemektedir. Bu bağlamda, mevcut parsellerin büyüklüğü ve en boy oranı ile birim alandan elde edilecek gelirle doğrudan bağlantılıdır. Türkiye’de toplam tarım alanının yaklaşık %30’un da arazi toplulaştırma projeleri devam etmektedir. Ayrıca Türkiye’de topraksız çiftçilere devlet tarafından tarım arazisi verilmesi çalışmaları devam etmektedir. Bu çalışmalar esnasında oluşturulacak yeni parsellerin mevcut tarımsal üretim kapasitemizin düşünülerek planlanması, tarla bitkileri üretimine önemli katkısı olacaktır. Bu amaçla; 1984 yılında yayınlanan 3083 sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlemesine Dair Tarım Reformu Kanunu kapsamındaki 4321 yerleşim birimine ait arazi dağıtım normu değerleri ve 2014 tarihinde yayınlanan 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu kapsamındaki 1868 adet yeter gelirli arazi büyüklüğü analiz edilerek ortalama parsel büyüklüğü belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda da ortalama olarak tarla bitkileri yetiştiriciliğinde sulu arazilerde 64 dekar, kuru tarım arazilerinde 157 dekar tarım parselinin en uygun büyüklük olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı şekilde parsellerin dikdörtgen şekilli ve en boy oranının da 1’e 2 yakın değerlerde olması kanaatine varılmıştır.

Anahtar kelimeler: parsel büyüklüğü, tarla bitkileri, parsel en boy oranı, verim

1- Introduction

With the rapid increase in the world population and especially the effect of global climate change, adequate and balanced nutrition of people has become much more important. Under the negative impact of the global climate change on agricultural production, the importance of obtaining higher efficiency and net income per unit area has increased even more. The world population is increasing every year. In addition, the importance of food supply is increasing day by day, especially due to irregular migration in Türkiye and the population growth rate being higher

than expected. In this regard, it has been revealed that the shape and size of agricultural land is an element that should be taken into consideration, as well as efforts to increase efficiency in agricultural production (TUİK 2023).

In many countries of the world and Türkiye, there are legal regulations regarding the normal size of agricultural lands or the size of agricultural land with sufficient income. Particularly in field crops grown on large lands, parcel size and parcel shape increase their importance. In Türkiye, grains, especially wheat, are grown mostly on large lands where dry farming is done. In irrigated lands, they are also grown, but their weight is increasing in corn and other field crops.

Agricultural reform practices have been carried out in many countries around the world, and in these practices, agricultural parcels of different sizes have been distributed to farmers, taking into account the climate, soil and other conditions of the countries. It is known that within the scope of land reform, 20 decares of dry land and 8 decares of irrigated land were distributed to farmers in Egypt, and 20 decares of dry land or 8 decares of irrigated land were distributed to farmers in India. Similarly, it is known that 250 decares of agricultural land were distributed to farmers in Pakistan, 62 to 96 decares in Italy, and 28 decares in Bulgaria (Türker, 2010).

It has been reported that in Türkiye, within the scope of Law No. 3083, the distribution of more than 1 million decares of land has been carried out to approximately 17,000 landless farmers in 180 villages or towns in 15 provinces since 1984 (Keşli, 2010).

Especially when consolidation is carried out in irrigation projects, blocks are formed by taking into account criteria such as irrigation planning, soil structure and topography of the land, irrigation length, and aspect ratios of the parcels. Thus, the usage areas of the parcels increase and production increases are achieved with the application of technical agricultural methods such as irrigation, mechanization, alternation and production planning, soil cultivation and harvesting tasks become easier. Time and labour losses, as well as increased input costs, are caused by some parcels in the consolidation area not being able to

benefit from existing service roads, irrigation and drainage channels. With land consolidation, fragmented lands are combined into well-shaped parcels, access to the parcels becomes easier and business income increases. It has been determined that there will be a 25% net increase in the income of agricultural enterprises with land consolidation (Küsek et al., 2015)

Since tillage carried out on square-sided plots with a certain aspect ratio is more successful in terms of mechanization efficiency, divided and misshapen plots should be rearranged and brought into agriculture in a short time. There is a close relationship between the shapes of parcels and agricultural income. The shapes of the parcels directly affect agricultural mechanization and intra-parcel irrigation. More labour and materials will be required to irrigate an improperly constructed parcel, regardless of the method used. This situation will also increase production costs (Bursalı, 2007).

Important studies were carried out, especially in the Netherlands and Germany, on the effect of parcel shapes on agricultural mechanization practices. Cordes (1970) and Dinçer (1971) compared different parcel shapes in terms of agricultural mechanization and when the time-rectangular unit was taken to cultivate equal-sized parcels, they gave the losses in other shapes as follows: Rectangular: 1.00, trapezoidal: 1.10, square: 1.20, triangle: 1.30. In those studies, they stated that rectangular parcels with smooth edges resulted in higher income per unit area, as less expense was incurred.

In a study aimed at determining the relationship between the parcel size of agricultural lands and the income to be obtained from the unit area, results were obtained on the aspect ratio of the parcels. In that study conducted on small-scale agricultural parcels, it was stated that in a rectangular parcel, the aspect ratio of the parcel also affects the agricultural mechanization within the parcel. It was explained that the most appropriate parcel width/height ratio was 1/5-1/4 (Çevik and Tekinel, 1989).

In the study conducted by Ayrancı (2004), which aimed to determine the most suitable parcel aspect ratio; the monetary values of edge and border effect losses, which

are two main factors effective in the activities carried out on the parcel, were taken into account. Therefore, the point where the total costs were lowest was accepted as the most suitable parcel aspect ratio. As a result of the study, it was determined that the most suitable parcel length/width ratio should be between 2-2.5.

In the study conducted by Polat and Manavbaşı (2012), it was calculated that 48.8 L/ha was saved in fuel consumption during a production period after consolidation in on-field crop production activities. The research concluded that land consolidation not only increases agricultural production and productivity in rural areas but also contributes greatly to the protection of air quality. Reducing fuel consumption and carbon emissions, especially in rural areas, will prevent the negative effects of air pollution and climate change to some extent.

It is stated in the sub-legislation that the parcel shape to be created in the land distribution studies carried out within the scope of Law No. 3083 should be as rectangular as possible and the aspect ratio should be close to 1:2 (TT 2021).

In a study conducted in Konya province, they determined that the number of tractors per 1000 ha area was 65.72; and the processed area per tractor is 152 decares (Oğuz et al., 2017). In that study, it was seen that dry and irrigated lands were evaluated together and an average parcel size was given. In this sense, it was determined that the farmers who have a sufficient income land size or land equal to the land norm own a tractor.

In a study conducted with the proportional sampling method in Çumra district of Konya province, it was concluded that the examined enterprises had an average of 212 decares of land and processed an average of 176 decares of land per tractor (Berk and Keskin, 2020).

Akıncı et al. (2002) conducted research to determine combine harvester operating values during wheat and corn harvest. According to the findings, it is stated that an average combine harvester can harvest an area of 128 decares after 8 hours of work.

The land size distributed in the last period of the

Ottoman Empire and the beginning of the Republic of Türkiye was generally evaluated as the size of the land that a pair of oxen could plough. The definition of farmer derives from here. People who own a pair of oxen and carry out agricultural activities by ploughing the field in this way are called farmers. The agricultural lands that a family with a pair of oxen could cultivate annually with this pair of oxen formed the basis of land reform. It would be more appropriate to think of what is meant by cultivation here as the size of the land that a family can use by ploughing the land and then doing maintenance, harvesting and threshing. However, after the transition to mechanized agriculture, land sizes again evolved to the land that a family with a tractor could cultivate annually.

In Article 8 under the title of land distribution of the Agricultural Reform Law No. 3083 on Land Arrangement in Irrigation Areas, which became law in 1984; “This is the amount to be found, taking into account the land size and soil properties to be given to those who will benefit from the distribution, and the types of agricultural enterprises envisaged for the region, provided that the annual agricultural enterprise income is not less than one million liras, according to the 1984 wholesale price index.” There is a provision. In line with this provision, the land distribution norm was expressed and the work continued within this scope.

The basic logic of calculating both land norm and sufficient income land size is the land size that a farmer family (4 people, including father, mother and 2 children) can cultivate using only their labour and earn their annual living from the land they cultivate. This is how basic logic has developed in the world. It is still going on.

2- Material and Method

The sufficient income land sizes determined separately for each district and central districts included in the annex of the Soil Conservation and Land Use Law No. 5403, published in the Official Gazette on 15/05/2014, were transferred to the computer environment and calculations were made. A total of 934 values, including 922 districts and 12 central districts of 81 provinces, were transferred to the computer environment. Irrigated, dry, planted and

greenhouse values are given separately for each district and central districts. Since the sufficient income land size for planted agricultural lands in each district was determined as 10 decares, and the sufficient income land size for greenhouses was determined as 3 decares (since it did not show any variation), it was not included in the calculations. Only irrigated and dry land sizes with sufficient income were taken into account (since they vary). 1868 values determined for dry and irrigated lands ($934 \times 2 = 1868$) were included in the calculation.

Within the scope of the agricultural reform law No. 3083 on Land Arrangement in Irrigation Areas, land distribution norms determined in 58 provinces, 264 districts of these provinces and a total of 4351 settlement units (villages, towns, neighbourhoods) connected to these districts have been determined in 1983 and published in the Official Gazette. Calculations were made by transferring them to the environment. Although norm values have been determined in some settlements within the scope of Law No. 3083 for special products grown in that region, such as paddy, olives, fruit trees, citrus fruits, pomegranates, vineyards, pistachios, almonds, walnuts, figs, apricots, sour cherries, cherries and apples, these values have not been included in the calculations.

In the calculations made within the scope of Law No. 3083, the provincial arithmetic averages of the dry and irrigated land distribution norms determined in that province were taken. The general average was reached based on these values. Similarly, the sufficient income land sizes determined within the scope of Law No. 5403 were first taken as provincial averages and the arithmetic average values of each province were used in the calculations. After taking the arithmetic averages of each province, weighted averages were calculated by taking into account the shares of the provinces in Türkiye’s agricultural areas. The general average values were reached after first taking the arithmetic and then the weighted averages of the values within the scope of Laws No. 5403 and 3083.

The results were obtained by analysing the land distribution norm and sufficient income agricultural enterprise size figures declared within the scope of laws no.

3083 and 5403 in Türkiye in a computer environment. By taking the weighted average values, the average parcel size for Türkiye was concluded.

Paragraph (i) of the 3rd article under the definitions heading of the Soil Conservation and Land Use Law No. 5403 states, “Agricultural land size with sufficient income: Considering the regional differences, the agricultural land sizes with sufficient income determined in the attached list number (1) of the provinces and districts.” expressed. As a basic approach, these determined sizes express the land size that will provide a living for a farmer family mentioned in Law No. 3083. The definitions of “land norm” or “sufficient income agricultural land size” mentioned in both laws are the results of the same approach. It is just expressed differently in accordance with the purposes and periods of the two laws.

Law No. 3083 was accepted by the Turkish Grand National Assembly on 22/11/1984 and came into force by being published in the Official Gazette on 1/12/1984. Accordingly, in the calculations made, the equivalent of 1 million Turkish lira on that date (22/11/1984) was 158 226 TL (5823 Dollars) in 2023 (September). Dividing this value by 12 months gives 13 185 TL (485 USD). Considering that the minimum wage in Türkiye for 2023 (September) is 11 402 TL (419 dollars), agricultural lands with an agricultural net income slightly above the minimum wage are determined as the land distribution norm (land norm) or the size of agricultural land with sufficient income (PDH 2023).

3- Results and Discussion

There have been significant changes in the use of agricultural lands in Turkey between 2001 and 2022. While total agricultural areas were around 40 million hectares in 2001, they decreased to 38 million hectares by the end of 2022. Meadow and pasture lands have not changed significantly in these years. The area under cultivation of cereals and other plant crops continued to decline, despite a decrease in fallow area. Fallow areas have been in a

continuous decreasing trend since 2001 and have decreased from approximately 5 million hectares to 3 million hectares by 2022. While it was expected that grains and other plant products would increase as a result of the decrease in fallow areas, on the contrary, it was determined that there was a decrease in the planting areas of grains and other plant products in the period from 2001 to 2022. From 2001 to 2022, there has been an increase of approximately 1 million hectares in the production area of fruits, beverages and spice plants (TUİK 2023).

Field crops are produced in approximately 16 million hectares of land in Turkey. Since Turkey has semi-arid climate conditions, the production amount is quite high, especially in dry conditions. Therefore, under these conditions, parcel size and shape in field crops are very important for the sustainability of agricultural production.

Cereals constitute the most important share in Turkey’s agricultural production. It is known that in 2022, approximately 1/3 of our country’s agricultural areas (6.6 million hectares) will be wheat cultivated areas. Although wheat cultivation area has decreased in the total agricultural area compared to 2001, it is still the most cultivated product today. In addition, the total cultivation areas of basic field crops such as barley, corn, sunflower, cotton and sugar beet are quite high. This situation is enough to emphasize the importance of parcel size and shape in field crops (TUİK 2023).

It is possible to say that the areas where wheat and barley are produced, especially the more productive ones, are shifting towards corn and sunflower. It is possible to see from field observations that wheat and barley production areas are squeezed into lands with lower productivity capacity. Therefore, it is possible to infer that the sensitivity regarding the parcel size and shape of wheat and barley production areas has increased. It is thought that this disadvantageous situation will benefit by improving the size and shape of the partially less productive agricultural lands, especially where wheat and barley are produced.

Table 1. Smallest and largest dry land norm table within the scope of Law No. 3083 (20 provinces)

Nu.	City	District	Decision of the Council of Ministers	Official Gazette Date	Official Gazette Issue	Dry land (da)	Irrigated land(da)
1	Osmaniye	Merkez	2012/3857	7.11.2012	28460	40	20
2	Hatay	Hassa	2012/3857	7.11.2012	28460	50	20
3	Adana	Sarıçam	2012/3538	8.09.2012	28405	70	35
4	Bitlis	Ahlat	2014/5791	6.02.2014	28905	80	40
5	Aydın	Merkez	2006/9965	17.02.2006	26083	94	34
6	Edirne	Keşan	95/6596	30/03/1995	22243	100	35
7	Ankara	Evren	2012/3857	7.11.2012	28460	110	40
8	Isparta	Keçiborlu	2006/10454	21.07.2007	26589	120	48
9	Antalya	Aksu	2014/6412	19.06.2014	29035	130	60
10	Burdur	Tefenni	2006/11177	21.07.2009	26589	140	55
11	Afyon	Evciler	2010/99	27.02.2010	27506	150	60
12	Kilis	Merkez	2010/353	3.06.2010	27600	160	60
13	Bayburt	Merkez	2011/1385	13.02.2011	27845	172	57
14	Malatya	Yazıhan	2009/15251	28.07.2009	27302	180	80
15	Konya	Çeltik	95/6596	30/03/1995	22243	197	49
16	Yozgat	Çekerek	2011/2281	28.10.2011	28098	200	75
17	Iğdır	Karakoyunlu	95/6596	30/03/1995	22243	220	56
18	Kırıkkale	Delice	2008/14143	11.10.2008	27021	260	90
19	Nevşehir	Hacıbekaş	2008/14143	11.10.2008	27021	270	95
20	Muş	Merkez	2009/14773	15.03.2009	27170	295	80

Source: General Directorate of Agricultural Reform data (Anonymous 2023)

In Table 1, the smallest dry agricultural land norm determined within the scope of Law No. 3083 was determined as 40 decars in the central settlement of Osmaniye Province, while this value was 295 decars in the Central District of Muş Province, which was the province with the highest value in Türkiye. Since the values of all

provinces cannot fit into the table, 20 province values representing the lowest and highest values are given. While the land norm is determined low in provinces with high agricultural production potential, the agricultural production potential is determined much higher, especially in places where climatic conditions are harsh.

Table 2. Smallest and largest irrigated land norm table within the scope of Law No. 3083 (20 provinces)

Nu.	City	District	Decision of the Council of Ministers	Official Gazette Date	Official Gazette Issue	Dry land (da)	Irrigated land(da)
1	Osmaniye	Merkez	2012/3857	7.11.2012	28460	40	20
2	Samsun	Bafra	2001/3201	23.11.2001	24592	50	28
3	Mersin	Tarsus	2001/2708	22.07.2001	24470	114	29
4	Elazığ	Karakoçan	2012/3857	7.11.2012	28460	70	30
5	Balıkesir	Susurluk	2012/3857	7.11.2012	28460	52	32
6	Amasya	Göynücek	2005/8675	24.04.2005	25795	80	40
7	Şanlıurfa	Birecik	2002/4285	28.06.2002	24799	143	43
8	Gaziantep	Karkamış	2010/99	27.02.2010	27506	105	45
9	Konya	Ereğli	2010/99	27.02.2010	27506	228	52
10	Bayburt	Merkez	2011/1385	13.02.2011	27845	172	57
11	Eskişehir	Beylikova	2009/15354	03.09.2009	27338	174	65
12	Bilecik	Bozüyük	2010/196	11.03.2010	27518	214	69
13	Niğde	Bor	2007/12959	25.12.2007	26737	120	70
14	Kars	Arpaçay	2006/10454	21.07.2007	26589	204	72
15	Karaman	Kazımkarabekir	2012/2682	17.01.2012	28176	200	75
16	Malatya	Yazıhan	2009/15251	28.07.2009	27302	180	80
17	Sivas	Zara	2010/99	27.02.2010	27506	212	86
18	Bitlis	Mutki	2014/6412	20.06.2014	29035	185	90
19	Kırşehir	Çiçekdağı	2010/223	9.04.2010	27547	226	95
20	Van	Merkez	2014/6412	19.06.2014	29035	200	100

Source: General Directorate of Agricultural Reform data (Anonymous 2023)

In Table 2, the smallest irrigated agricultural land norm determined within the scope of Law No. 3083 is determined as 20 decars in the central settlement of Osmaniye Province, while this value is determined as 100 decars in the Central District of Van Province. Since all

values cannot fit in the table, 20 provinces are given with the lowest and highest values. In addition to these minimum and maximum values, sample figures between these values reveal how the land distribution norm varies by province.

Table 3. Law No. 5403, smallest and largest dry and sufficient income agricultural land sizes (22 provinces)

Nu.	City	District	Irrigated land (da)	Dry land (da)
1	Adana	Saimbeyli	90	120
2	Edirne	Uzunköprü	50	125

3	Antalya	Aksu	60	130
4	Sivas	Ulaş	80	135
5	Şanlıurfa	Halfeti	65	135
6	Yozgat	Yerköy	75	140
7	Tunceli	Çemişgezek	70	145
8	Uşak	Ulubey	80	145
9	Batman	Beşiri	60	155
10	Yozgat	Sarıkaya	90	155
11	Zonguldak	Merkez	75	160
12	Ankara	Bala	70	165
13	Adıyaman	Gerger	70	170
14	Amasya	Merkez	75	170
15	Yozgat	Kadışehri	90	175
16	Zonguldak	Çaycuma	100	180
17	Aksaray	Merkez	75	185
18	Çankırı	Korgun	80	185
19	Elazığ	Karakoçan	85	185
20	Sivas	Doğanşar	90	190
21	Tunceli	Nazımiye	85	195
22	Van	Saray	100	200

In Table 3. the smallest dry and sufficient income agricultural land size determined within the scope of Law No. 5403 was determined as 120 decares in Seyhan District of Adana Province, while this value was determined as the highest size with 200 decares in Saray District of Van Province. Since not all values can fit in the table, the lowest and highest values are given. In addition to these

minimum and maximum values, sample figures between these values reveal how the size of agricultural land with sufficient income varies by province. In provinces with high agricultural production potential, dry and sufficient income agricultural land sizes are determined to be low, while agricultural production potential is determined to be higher.

Table 4. Law No. 5403, smallest and largest irrigated and sufficient income agricultural land sizes (22 provinces)

Nu.	City	District	Irrigated land (decares)	Dry land (decares)
1	Adana	Ceyhan	50	160
2	Adıyaman	Çelikhan	55	140
3	Afyonkarahisar	Dinar	60	200

4	Tokat	Erbaa	65	150
5	Yalova	Termal	70	155
6	Zonguldak	Devrek	70	150
7	Yozgat	Yerköy	75	140
8	Elazığ	Ağın	75	175
9	Tunceli	Pülümür	80	160
10	Amasya	Hamamözü	85	190
11	Ardahan	Çıldır	85	175
12	Bartın	Ulus	85	135
13	Bursa	Büyükorhan	85	165
14	Denizli	Bekilli	85	165
15	Düzce	Gümüşova	85	155
16	Elazığ	Karakoçan	85	185
17	Isparta	Gelendost	85	170
18	İzmir	Çeşme	85	170
19	Zonguldak	Gökçebey	90	160
20	Bartın	Merkez	95	135
21	Yozgat	Çayıralan	95	170
22	Van	Saray	100	200

As seen in Table 4. while the smallest irrigated and sufficient income agricultural land size determined within the scope of Law No. 5403 was determined as 50 decares in Ceyhan District of Adana Province, the highest value was determined as 100 decares in Saray District of Van

Province. The lowest and highest values are given since not all values can fit in the table. In addition to these minimum and maximum values, sample figures between these values reveal how the size of agricultural land with sufficient income varies by province.

Table 5. Data for 58 provinces whose land norms are determined within the scope of Law No. 3083.

City	Total area (da)	Ratio of 58 provinces to total area (%)	Dry Land Norm Avg. (decare)	Irrigated Land Norm Avg. (decare)	Dry Land Norm Weighted average coefficient	Irrigated Land Norm Weighted average coefficient
TR521 Konya	18896147	9.01	175	56	15.8	5.0
TR510 Ankara	11624268	5.54	148	41	8.2	2.3
TRC21 Şanlıurfa	11041577	5.26	143	43	7.5	2.3
TR722 Sivas	8055893	3.84	169	67	6.5	2.6
TR723 Yozgat	6095201	2.91	231	87	6.7	2.5

TRC22 Diyarbakır	5758477	2.75	145	42	4.0	1.2
TR332 Afyonkarahisar	5520519	2.63	186	69	4.9	1.8
TR412 Eskişehir	5478028	2.61	176	52	4.6	1.4
TR833 Çorum	5374037	2.56	216	67	5.5	1.7
TR721 Kayseri	5366411	2.56	190	65	4.9	1.7
TR621 Adana	5046224	2.41	103	45	2.5	1.1
TRA11 Erzurum	4194829	2.00	163	75	3.3	1.5
TR211 Tekirdağ	4153674	1.98	95	41	1.9	0.8
TR712 Aksaray	4104083	1.96	150	73	2.9	1.4
TR221 Balıkesir	3908805	1.86	52	32	1.0	0.6
TRB21 Van	3813413	1.82	180	90	3.3	1.6
TR831 Samsun	3785032	1.80	90	31	1.6	0.6
TR321 Aydın	3693447	1.76	92	32	1.6	0.6
TR322 Denizli	3690191	1.76	129	49	2.3	0.9
TR632 Kahramanmaraş	3559292	1.70	160	68	2.7	1.2
TRA21 Ağrı	3518720	1.68	187	90	3.1	1.5
TR611 Antalya	3478565	1.66	133	61	2.2	1.0
TRC11 Gaziantep	3467162	1.65	108	46	1.8	0.8
TR212 Edirne	3411076	1.63	99	33	1.6	0.5
TR522 Karaman	3370455	1.61	196	67	3.1	1.1
TR715 Kırşehir	3316724	1.58	186	64	2.9	1.0
TR714 Nevşehir	3305052	1.58	180	61	2.8	1.0
TR622 Mersin	3293121	1.57	126	27	2.0	0.4
TRC31 Mardin	3261656	1.55	150	50	2.3	0.8
TR832 Tokat	3137226	1.50	167	64	2.5	1.0
TR333 Kütahya	3101750	1.48	70	20	1.0	0.3
TR711 Kırıkkale	3076512	1.47	195	65	2.9	1.0
TR222 Çanakkale	3005234	1.43	80	40	1.1	0.6
TR411 Bursa	2996454	1.43	166	57	2.4	0.8
TRB22 Muş	2811568	1.34	288	78	3.9	1.0
TR713 Niğde	2760728	1.32	120	70	1.6	0.9
TRB11 Malatya	2723394	1.30	146	57	1.9	0.7
TR213 Kırklareli	2484407	1.18	92	39	1.1	0.5
TR834 Amasya	2442795	1.16	126	46	1.5	0.5
TR631 Hatay	2379337	1.13	50	20	0.6	0.2
TRA22 Kars	2307152	1.10	204	75	2.2	0.8
TRC12 Adıyaman	2263390	1.08	200	90	2.2	1.0
TR334 Uşak	2238657	1.07	165	75	1.8	0.8
TR822 Çankırı	2206328	1.05	167	43	1.8	0.5
TR612 Isparta	1920487	0.92	122	47	1.1	0.4
TRB12 Elazığ	1824912	0.87	72	31	0.6	0.3

TR613 Burdur	1576784	0.75	117	49	0.9	0.4
TRB23 Bitlis	1410398	0.67	117	56	0.8	0.4
TR633 Osmaniye	1261406	0.60	46	23	0.3	0.1
TRA23 Iğdır	1142427	0.54	214	59	1.2	0.3
TRA13 Bayburt	1139612	0.54	172	57	0.9	0.3
TRC13 Kilis	1024756	0.49	173	71	0.8	0.3
TR906 Gümüşhane	950689	0.45	172	57	0.8	0.3
TRC32 Batman	914896	0.44	270	90	1.2	0.4
TR413 Bilecik	869914	0.41	214	69	0.9	0.3
TR421 Kocaeli	793596	0.38	152	70	0.6	0.3
TR823 Sinop	742418	0.35	134	41	0.5	0.1
TRB13 Bingöl	686756	0.32	150	60	0.5	0.2
TR Türkiye (Total of 58 provinces)	209776062	100	150	56	153	55

TUİK 2023 data (. is used as decimal separator)

As seen in Table 5. the total amount of agricultural land in 58 provinces (81/58) where the land distribution norm is determined within the scope of Law No. 3083 is 209776062 decare. The arithmetic average of the dry land norms of 58 provinces has been determined as 150 decare. The arithmetic average of the irrigated land norms

of 58 provinces was found to be 56 decare. In the analysis made by taking the weighted averages of 58 provinces, it was concluded that the dry lands were 153 decare. The weighted average and arithmetic average of the norm values in irrigated lands of 58 provinces were found to be the same at 55 decare.

Table 6. Agricultural land sizes with sufficient income for 81 provinces within the scope of Law No. 5403

City	Total area (da)	Ratio of 81 provinces to total area (%)	Dry Land Norm Avg. (decare)	Irrigated Land Norm Avg. (decare)	Dry Land Norm Weighted average coefficient	Irrigated Land Norm Weighted average coefficient
TR521 Konya	18896147	7.92	171	63	13.54	4.99
TR510 Ankara	11624268	4.87	188	80	9.16	3.90
TRC21 Şanlıurfa	11041577	4.63	147	61	6.80	2.82
TR722 Sivas	8055 893	3.38	146	78	4.93	2.63
TR723 Yozgat	6095201	2.55	155	80	3.96	2.04
TRC22 Diyarbakır	5758477	2.41	151	63	3.64	1.52
TR332 Afyonkarahisar	5520519	2.31	186	70	4.30	1.62
TR412 Eskişehir	5478028	2.30	144	68	3.31	1.56
TR833 Çorum	5374037	2.25	156	86	3.51	1.94
TR721 Kayseri	5366411	2.25	173	74	3.89	1.66

TR331 Manisa	5073527	2.13	162	68	3.44	1.45
TR621 Adana	5046224	2.11	147	67	3.11	1.42
TRA11 Erzurum	4194829	1.76	154	96	2.71	1.69
TR211 Tekirdağ	4153674	1.74	124	52	2.16	0.91
TR712 Aksaray	4104083	1.72	184	72	3.16	1.24
TR221 Balıkesir	3908805	1.64	171	76	2.80	1.24
TRB21 Van	3813413	1.60	191	92	3.05	1.47
TR831 Samsun	3785032	1.59	165	76	2.62	1.21
TR321 Aydın	3693447	1.55	140	57	2.17	0.88
TR322 Denizli	3690191	1.55	170	65	2.63	1.01
TR632 Kahramanmaraş	3559292	1.49	157	66	2.34	0.98
TRA21 Ağrı	3518720	1.47	191	95	2.82	1.40
TR611 Antalya	3478565	1.46	155	72	2.26	1.05
TRC11 Gaziantep	3467162	1.45	159	67	2.31	0.97
TR310 İzmir	3418312	1.43	143	59	2.05	0.85
TR212 Edirne	3411076	1.43	130	52	1.86	0.74
TR522 Karaman	3370455	1.41	155	67	2.19	0.95
TR715 Kırşehir	3316724	1.39	154	79	2.14	1.10
TR714 Nevşehir	3305052	1.38	154	76	2.13	1.05
TR622 Mersin	3293121	1.38	160	77	2.21	1.06
TRC31 Mardin	3261656	1.37	140	65	1.91	0.89
TR832 Tokat	3137226	1.31	161	81	2.12	1.06
TR333 Kütahya	3101750	1.30	161	67	2.09	0.87
TR711 Kırıkkale	3076512	1.29	157	81	2.02	1.04
TR222 Çanakkale	3005234	1.26	122	55	1.54	0.69
TR411 Bursa	2996454	1.26	150	71	1.88	0.89
TRB22 Muş	2811568	1.18	185	97	2.18	1.14
TR713 Niğde	2760728	1.16	169	77	1.96	0.89
TRB11 Malatya	2723394	1.14	184	88	2.10	1.00
TR902 Ordu	2587722	1.08	168	73	1.82	0.79
TR213 Kırklareli	2484407	1.04	136	59	1.42	0.61
TR834 Amasya	2442795	1.02	174	76	1.78	0.78
TR631 Hatay	2379337	1.00	146	61	1.46	0.61
TRA22 Kars	2307152	0.97	163	90	1.58	0.87
TRC12 Adıyaman	2263390	0.95	156	64	1.48	0.61
TR334 Uşak	2238657	0.94	155	83	1.45	0.78
TR822 Çankırı	2206328	0.92	172	78	1.59	0.72

TR323 Muğla	2049976	0.86	174	85	1.49	0.73
TR612 Isparta	1920487	0.80	160	89	1.29	0.72
TRB12 Elazığ	1824912	0.76	170	83	1.30	0.63
TR422 Sakarya	1747242	0.73	143	66	1.05	0.48
TR613 Burdur	1576784	0.66	180	85	1.19	0.56
TR903 Giresun	1533565	0.64	120	50	0.77	0.32
TR821 Kastamonu	1452285	0.61	175	79	1.06	0.48
TRB23 Bitlis	1410398	0.59	187	93	1.11	0.55
TRA12 Erzincan	1405189	0.59	177	88	1.04	0.52
TR633 Osmaniye	1261406	0.53	121	61	0.64	0.32
TRA23 Iğdır	1142427	0.48	150	50	0.72	0.24
TRA13 Bayburt	1139612	0.48	180	70	0.86	0.33
TR424 Bolu	1107323	0.46	165	91	0.77	0.42
TRC33 Şırnak	1068607	0.45	162	76	0.73	0.34
TR901 Trabzon	1063286	0.45	120	50	0.53	0.22
TRC13 Kilis	1024756	0.43	153	64	0.66	0.27
TR906 Gümüşhane	950689	0.40	175	83	0.70	0.33
TRC34 Siirt	934877	0.39	146	73	0.57	0.29
TRC32 Batman	914896	0.38	157	63	0.60	0.24
TR413 Bilecik	869914	0.36	157	73	0.57	0.27
TR421 Kocaeli	793596	0.33	154	71	0.51	0.24
TRA24 Ardahan	770190	0.32	189	93	0.61	0.30
TR100 İstanbul	768433	0.32	148	63	0.48	0.20
TR423 Düzce	751128	0.31	153	73	0.48	0.23
TR823 Sinop	742418	0.31	168	76	0.52	0.24
TRB13 Bingöl	686756	0.29	196	98	0.56	0.28
TR904 Rize	556992	0.23	165	70	0.39	0.16
TRB14 Tunceli	468235	0.20	165	81	0.32	0.16
TR812 Karabük	428424	0.18	152	70	0.27	0.13
TRB24 Hakkari	427582	0.18	180	90	0.32	0.16
TR813 Bartın	406174	0.17	134	80	0.23	0.14
TR811 Zonguldak	402764	0.17	165	81	0.28	0.14
TR905 Artvin	322722	0.15	198	76	0.27	0.10
TR425 Yalova	118864	0.05	157	80	0.08	0.04
TR Türkiye Total (da)	238639481	100	160	74	161	72

TUİK 2023 data (. is used as decimal separator)

As seen in Table 6, the total agricultural land size in 81 provinces of Türkiye is 238639481 decares. The province with the largest agricultural land is Konya with 18896147 decares. It is seen that Yalova is the province with the least amount of agricultural land, with 118864 decares of agricultural land. Within the scope of Law No. 5403, agricultural land sizes with sufficient income were determined and published on a district basis. Provincial averages were found by taking the average of the sufficient

income land sizes determined in the districts of each province. The weighted average value was found based on the averages of the central district and other districts of the province. While the arithmetic average of the provinces was 160 decares for dry lands, the arithmetic average for irrigated lands was found to be 74 decares. In the analysis made by taking the weighted averages of 81 provinces, the weighted average of dry lands was found to be 161 decares and the weighted average of irrigated lands was 72 decares.

Table 7. Arithmetic and weighted averages of land norms and sufficient income land sizes in Türkiye

Arithmetic/Weighted Average	Dry Land (decares)	Irrigated land (decares)
Arithmetic average of "land norm" within the scope of Law No. 3083	150	56
Arithmetic average of "sufficient income land size" within the scope of Law No. 5403	160	74
Average	155	65
Weighted average of "soil norm" within the scope of Law No. 3083	153	55
Weighted average of "sufficient income land size" within the scope of Law No. 5403	161	72
Average	157	64

As seen in Table 7, the arithmetic average of the soil norm/sufficient income agricultural land size in dry lands determined within the scope of laws no. 3083 and 5403 in Türkiye was found to be 155 decares. In irrigated lands, this value was found to be 65 decares. The weighted average of the soil norm/sufficient income agricultural land size in dry lands determined within the scope of laws no. 3083 and 5403 was found to be 157 decares. In irrigated lands, this value was found to be 64 decares.

4- Conclusion

A general conclusion was reached by determining the size of the lands that are irrigated and cultivated in dry conditions, which will provide a living for a farmer's family, as determined within the scope of laws no. 3083

and 5403 in Türkiye. Studies on the size of agricultural lands as well as their shape should have been examined. In the studies examined, it was concluded that the shape of agricultural lands, especially large agricultural lands where field crops are grown, should be rectangular. Likewise, it was concluded that the parcels were rectangular in shape and the aspect ratio was close to 1:2. It is understood from the studies that it is very important that the edges of these rectangular parcels to be created are straight or nearly straight.

In Türkiye, ideal average parcel sizes have been determined for basic field crops such as wheat, barley and sunflower, which are grown on large lands in dry and irrigated conditions, and corn and cotton, which are grown by a farmer family in irrigated conditions.

Accordingly, the ideal parcel size in large lands where dry farming is done is 157 decares, and in large lands where irrigated farming is done, the ideal land size is 64 decares. These values are also supported by the work efficiency values of agricultural machines such as tractors, seeders and combine harvesters, which are used in very important tasks such as planting, tillage and harvesting in field crop cultivation. These values are valid for farming that a farmer family can do with their own means. It should not be overlooked that more productive results can be obtained on agricultural lands above these determined sizes.

Considering the land structure and climatic conditions in Türkiye, it will be of great benefit to pay utmost attention to these values, especially in areas where consolidation is being carried out, and to ensure that the parcel sizes to be created are close to these values. It is very important to create a parcel plan by paying attention to these values in the projects of parcelling out large treasury lands and distributing them to farmer families, in the efforts to land landless farmers, which are still ongoing, albeit to a small extent, in our country. It is considered important that these values are not overlooked in the sharing to be made due to heritage in order to ensure the sustainability of our agricultural lands.

Acknowledgments: In this study, data from the Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Agricultural Reform were used. We would like to thank all contributed to the creation of these analysed values.

Conflict of Interest Declaration: The authors of the article declare that they do not have any conflict of interest.

Summary of Declaration of Researchers' Contribution Rate:

In the research, the order of authors according to "Contribution Rate" was followed.

References

- Akıncı, İ., Çanakçı, M., & Topakçı M. (2002). Determination of Basic Machinery Management Data for a Combine Harvester. Proceedings of the 8th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture: 366-371, Kuşadası.
- Ayrancı, Y. (2004). Bir Parselde Optimum Boy/En Oranının Belirlenmesinde Bir Yaklaşım, S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 18(33): (2004) 1-7
- Berk A. & Keskin A.H. (2020). Tarım İşletmelerinde Traktör Kullanım Durumu ve Marka Tercihleri; Konya İli Çumra İlçesi Örneği Araştırma Makalesi, Ziraat Mühendisliği Dergisi Yıl: 2020 Sayı: 370 (370), 4-17 DOI: 10.33724/zm.710528
- Bursalı, O. (2007). Arazi Toplulaştırma Projesi Yapılan Bir Köyde Yeşil Alan Ve Rekreatif Alan Planlaması (Malatya İli Yeşilyurt İlçesi Görgü Köyü Örneği), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Adana
- Cordes, W. (1970). Flachengröße, Flackenform und Feld-Hofentfernung, Praktische Landtechnik, h.15, Wien.
- Çevik, B. & Tekinel, O. (1989). Arazi Toplulaştırması, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No. 45, Adana.
- Dinçer, H. (1971). Erzurum İlinde Çeki Hayvanları İle Yapılan Tarla Çalışmalarında Tarla Şeklinin Efektif İş Başarısına Etkisi Üzerinde Bir Araştırma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, Yıl:21, Fasikül 2'den Ayrı basım, Ankara.
- Keşli, Y. (2010). 3083 sayılı kanun kapsamında çiftçileri topraklandırma çalışmaları. Ziraat Mühendisliği Dergisi. Ocak-Temmuz 2010, Sayı 354, Sayfa 28-33
- Küsek, G., Türker, M., Gülsever Şaban, F.T.Z. & Şahin, G. (2015). Türkiye'de Arazi Toplulaştırmasında Gelişmeler Ve Arazi Bankacılığının Uygulanma İmkânları, 1. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi, 9-11 Haziran 2015, Bursa
- Oğuz C., Bayramoğlu Z., Ağızan S. & Ağızan K. (2017). Tarım işletmelerinde tarımsal mekanizasyon kullanım düzeyi, Konya ili örneği, Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, ISSN: 2458-8377, (2017) 31 (1), 63-72, DOI: 10.15316/ SJAFS.2017.8, Konya.
- Parasal Değer Hesaplama İnternet sitesi (PDH 2023). (<https://parasal-deger.hesaplama.net/>)
- Polat, H. E. & Manavbaşı, İ. D. (2012). Arazi toplulaştırmasının kırsal alanda yakıt tüketimi ve karbondioksit salınımına etkisinin belirlenmesi. Journal of Agricultural Sciences, 18, 157-165.
- General Directorate of Agricultural Reform data

(Anonymous 2023). Web sitesi: <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Link/22/3083-Sayili-Kanuna-Gore-Uygulama-Alanlari>

General Directorate of Agricultural Reform. Expropriation, Leasing and Distribution Technical Instruction (TT 2021).

Ministry of Agriculture and Forestry Data (2023). Web Sitesi; <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/5616/Toplulastirilan-Arazi-Buyuklugunun-2023te-85-Milyon-Hektara-Ulasmasi-Hedefleniyor>

Türker, M. (2010) Dünya'da ve Ülkemizde Toprak ve Tarım Reformu Uygulamaları. Üçüncü Sektör Kooperatifçilik, 2010, 45, (3): 38-5

Turkish Statistical Institute (TUİK). (2023) (<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>)

Karahan-99 × BW3 Ekmeklik Buğday Popülasyonu F₄ Bireylerinin Allelik Varyasyonununun DNA Markörleri ile Belirlenmesi

Molecular Characterization of Zenit×B27 Durum Wheat Population Using SSR Markers

Özet

Buğday insanoğlunun yerleşik hayata geçtiğinden beri en çok kullandığı temel besin maddesidir. Bitki ıslahçıları, artan dünya nüfusuna paralel olarak buğday bitkisinde de verimi artırmak için çok büyük gayretler ortaya koymaktadırlar. Bu çalışmada Karahan-99 ekmeklik buğday çeşidi ile BW3 buğday genotipinin melezlenmesi sonucu elde edilen 22 F₄ hattı bazı özellikler ile ilişkili olduğu bilinen 11 fonksiyonel DNA markörü ile karakterize edilmiştir.

Araştırmada kullanılan 11 markörden 7 tanesi (Xgwm18, Xwgp118, Xgwm131, Xgwm47, Sun479, Sun209 ve UHW89) Karahan-99 × BW3 ekmeklik buğday popülasyonunda polimorfik bant üretmiştir. En fazla allel sayısı Sun479 marköründen (18 adet) elde edilirken, en az bant sayısı da UHW89 ve Xgwm131 (1 adet) markörlerinden elde edilmiştir. Ortalama allel sayısı 6.71 olurken, ortalama polimorfizm bilgi içeriği 0.99 olarak tespit edilmiştir. Xgwm131 markörü Karahan-99_M₆-72-10/BW3_F₄_10 genotipinde Yr39 sarı pas geni ile ilişkili allele sahip olurken, Xgwm18 markörü Karahan-99_M₆-72-10/BW3_F₄_22 genotipinde Yr26 sarı pas dayanıklılık geni ile ilişkili beklenen uzunlukta bant vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekmeklik buğday, moleküler markör, sarı pas,

Determination of Allelic Variation of Karahan-99 × BW3 Bread Wheat Population F₄ Individuals Using DNA Markers

Sorumlu Yazar: Ziya DUMLUPINAR

zdumlupinar@ksu.edu.tr
0000-0003-3119-6926

Yazar: İlker YÜCE

ilkeryuce@sivas.edu.tr
0000-0002-9761-3561

Yazar: Münire TOPSAKAL

zmtopsakal17@gmail.com
0000-0002-9143-4028

Yazar: Ali TEKİN

a.tekin@tarimorman.gov.tr
0000-0002-4280-7369

Yazar: İmren ÇÖKEN TEKİN

imren.coken@tarimorman.gov.tr
0000-0003-2014-1137

Yazar: Ayşe Nur DEMİREZEN

aysenurdemirezen@outlook.com
0000-0002-7581-7571

Yazar: Ali ŞENAY

senayali@gmail.com
0009-0002-3938-557X

Yazar: Burakhan KORUCU

burakhankorucu46@gmail.com
0000-0003-0766-2915

Yazar: Ali KORKMAZ

akorkmaz@gmail.com
0009-0003-5626-0813

Yazar: Hüseyin GÜNGÖR

hgungor78@hotmail.com
0000-0001-6708-6337

Yazar: İlker AYDOĞDU

ilker.aydogdu@hotmail.com
0000-0002-0786-9767

Gönderilme Tarihi :

09 Ekim 2023

Kabul Tarihi :

02 Aralık 2023

Abstract

Wheat is the main nutrient that mankind has used since settled life. Plant breeders are making great efforts to increase the yield of wheat plant in parallel with the increasing world population. In this study, 22 F_4 lines obtained as a result of crossing Karahan-99 bread wheat variety with BW3 wheat genotypes were characterized with 11 functional DNA markers belong to some agronomic traits.

Of the 11 markers used in the study, seven worked (Xgwm18, Xwgp118, Xgwm131, Xgwm47, Sun479, Sun209 and UHW89) in Karahan-99 × BW3 Bread Wheat Population. While the highest number of alleles was obtained from the Sun479 marker (18 bands), the lowest band number was obtained from the markers UHW89 and Xgwmn131 (1 band). The mean number of alleles was 6.71, while the mean polymorphism information content (PIC) was 0.99. Xgwm131 marker encoding Yr39 yellow rust allele was interrogated at Karahan-99_M6_72-10/BW3_F4_3 genotype, while Xgwm18 marker amplified Yr26 stripe rust resistant gene at Karahan-99_M6_72-10/BW3_F4_22.

Keywords: Bread wheat, Molecular marker, Yellow rust,

1. Giriş

Ülkemiz buğday gen merkezi verimli hilalin içerisinde yer alan ekmeklik buğdayın önemli gen merkezlerinden bir tanesidir. Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) ülkemizde oldukça geniş alanlarda üretimi yapılan önemli bir tahıl bitkisidir. Ekmek ve diğer ürünler için oldukça büyük miktarlarda tüketilmesinin yanı sıra, ülkemiz dünyanın en önemli un ihracatçısı konumundadır.

Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nün 2050 yılı projeksiyonuna göre Dünya nüfusunun 12 milyar olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle de hızla artan nüfusun erişebileceği yeterli üretimin yapılması gerekmektedir. Dünya buğday üretimi 1965 yılında 216.9 milyon ha alanda yaklaşık 263 milyon ton, 2000 yılında ise 215 mil

ha alanda yaklaşık 587 milyon ton iken; 2021 yılında 220 mil ha alanda 770 milyon tona yükselmiştir (FAO, 2021). Türkiye buğday üretimi 2021 yılında 6.62 milyon ha alanda 17.65 milyon ton olmuş ve bu üretimin 14.5 milyon tonu ekmeklik buğdaydır (TÜİK, 2021).

Ekmeklik buğday ıslah çalışmaları özellikle artan talebi karşılamak için, verim ve kalite ile hastalıklara dayanıklılık konularında yoğunlaşmıştır. Ülkemizde de hem genetik tabanı genişletmek hem de yukarıda belirtilen özellikleri bir araya getirmek için çeşitli ıslah yöntemleri kullanılarak ekmeklik buğday çeşitleri geliştirilmektedir. Melezleme ıslahı da, bu ıslah yöntemlerinin en önemlilerinden bir tanesidir.

Bu çalışmada ülkemizde önemli bir alanda ekimi yapılan Karahan-99 ekmeklik buğday çeşidinin kalitesini ve hastalıklara dayanıklılığını artırmak için, bu özellikler bakımından iyi olduğu bilinen BW3 genotipi ile melezlenerek bir popülasyon oluşturulmuştur. F_4 kademesine getirilinceye kadar morfolojik olarak seçilen bireylerin F_4 kademesinde de bazı hastalık ve kalite ile ilgili markörlerle karakterize edilmesi için 11 DNA markörü kullanılmıştır.

Araştırmada, ülkemizin kışlık dilim ekmeklik buğday üretim alanlarında yaygın bir ekim alanına sahip, tane verimi yüksek, kışlık gelişme tabiatına sahip, kışa ve kurağa dayanıklı, beyaz kılçıklı, beyaz taneli, Karahan-99 ekmeklik buğday çeşidi ile hastalıklara dayanıklı olarak bilinen BW3 genotipinin melezlenmesi ile elde edilen 22 adet F_4 bireyinin bazı kalite ve hastalıkla ilgili fonksiyonel DNA markörleri ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırmada materyal olarak ülkemiz kışlık dilimde önemli bir alanda üretimi yapılan Karahan-99 ekmeklik buğday çeşidinin bazı hastalıklara dayanıklılığını artırmak için BW3 genotipi ile melezlenmesi ile elde edilen F_4 kademedeki 22 hat kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan Karahan-99 ve BW3 ekmeçlik buğday genotiplerine ait bilgiler

Adı	Temin Edildiğı Kuruluş	Orijini	Gelişme Tabiatı	Öne Çıkan Özelliğı	Tescil Durumu
Karahan-99	Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Konya	Türkiye	Kışlık	Soğuşa dayanıklılığı iyi, kurağa ve yatmaya dayanıklılığı iyi, kılçıklı, beyaz kavuzlu, beyaz, orta boylu	Tescilli (1999)
BW3	Küçük Taneliler Ulusal Gen Bankası, Aberdeen, Idaho	ABD	Kışlık	Hastalıklara dayanıklı, kalite özellikleri iyi	-

2.2. Yöntem

2.2.1. Moleküler Çalışmalar

DNA İzolasyonu: Buğday genotiplerine ait yaprak örnekleri, 2 ml'lik tüplere konularak -80 °C de saklanmıştır. DNA eldesi Setrimid (CTAB) yöntemine göre (Oliver vd. 2010) yapılmıştır. Kısaca; -80 °C'de bekletilen yaprak örnekleri sıvı azot eklenerek öğütölmüş 2 ml'lik ependorf tüpler içerisine konulmuştur. Örneklerin üzerine 65 °C'de su banyosunda bekletilen DNA izolasyon çözeltisinden (1 M Tris-HCl (pH:8), 0.5 M EDTA (pH:8), 5 M NaCl, % 2 w/v cTAB, %2 polivinyl-pyrolidone-40, % 5 sarcosyl) 1 ml bırakılmıştır. Tüpler 65 °C su banyosunda bir saat bekletilmiş, 20 dakikada bir yavaşça alt üst edilmiştir. Daha sonra örneklerin üzerine çeker ocakta 1 ml kloroform:isoamil alkol (24:1) ilave edilmiştir. Sonrasında, içerisinde örnekler bulunan tüpler 10000 (rpm) devirde 20 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra süpernatant

yeni tüplere alınmış ve aynı miktarda -20°C de bekletilmiş isopropanol ilave edilerek hafifçe 5-10 kez alt üst edilerek çevrilmiştir. DNA'ların pelete dönüşmesi için 10000 (rpm) devirde 30 dakika santrifüj yapılmıştır. Santrifüj işlemi sonrasında DNA peletleri 1 ml % 70'lik etanol ile iki defa durulanmış ve 13000 rpm devirde 2 dakika süre ile santrifüj edilerek etanol uzaklaştırılırken DNA peletleri temizlenmiştir. DNA peletleri 1 gece kurumaya bırakılmış ve ertesi gün 250 µl RNase A solüsyonu (10 mM Tris-HCl (pH7-7.5), toz RNase A) eklenerek DNA izolasyonu tamamlanmıştır. İzole edilen DNA'ların kalite ve miktarları Nanodrop cihazında ölçölmüştür.

DNA Primerleri: Çalışmada daha önce ekmeçlik buğdayda bazı fonksiyonel genlerin belirlenmesinde kullanılan ve aynı zamanda akrabalık derecelerini belirlemede de kullanılan 11 adet DNA markörü kullanılmıştır. Bu DNA primerleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Moleküler karakterizasyonda kullanılan DNA primerleri

No	Primer Adı	Primer Dizisi (5'-3')	Gen Bölgesi	Referans	Beklenen Bant Uzunluğı (bç) (baz çifti)	Marker
1	Xgwm18_F Xgwm18_R	TTGCTACCATGCATGACCAT TTCACCTCGATTGAGGTCCT	Sarı pas Yr26	Röder vd. 1995	186-190	Eş-baskın
2	Xwgp118_F Xwgp118_R	AAGTGGGAACAAGGTTACG ACACTGGTCCATGAGGTT	Sarı pas Yr45	Li vd. 2011	411	Baskın
3	Xgwm131_F Xgwm131_R	AATCCCCACCGATTCTTCTC AGTTTCGTGGGTCTCTGATGG	Sarı Pas Yr39, Yr26 (YrMY41) Sıcaklık Toleransı (Klorofil içeriğı ve yoğunluğı), Fertility restore geni, Soğuşa tolerans geni	Röder vd. 1995; Ren vd. 2015; Pandey vd. 2015; Zhou vd. 2005; Guo vd. 2012	153	Eş-baskın
4	Xgwm47_F Xgwm47_R	TTGCTACCATGCATGACCAT TTCACCTCGATTGAGGTCCT	Kara pas Sr9, Sr47 ve mor tane rengi	Röder vd. 1995	186-153	Eş-baskın

5	sun479_F sun479_R	CAAATGAAATGTGATCCTGTT TCATCTAACCAGCAATGGTAT	Kara pas Sr49	Bansal vd. 2015	200	Eş-baskın
6	sun209_F sun209_R	AG CTATGAGCTTCGCTATTG GTGATTGGTTCGGATTACTTA	Kara pas Sr49	Bansal vd. 2015	148	Eş-baskın
7	UHW89-F UHW89-R	TCTCCAAGAGGGGAGAGACA TTCTCTACCCATGAATCTAGCA	Yüksek Protein Gpc-B1	Distelfeld vd. 2006	122	Eş-baskın

2.2.2. Polimeraz Zincir Reaksiyonları (PZR)

PZR; 0.02 ml hacminde 96'lık PZR platerlerine; 1.2 µl dNTP karışımı (10 mM karışım (A+T+G+C)), 1.2 µl 10x buffer, 0.1 µl MgCl₂, SSR primer çifti (5 µl F ve 5 µl R), 5 µl (60 ng) genomik DNA, 2.4 µl dH₂O, ve 0.1 µl Taq DNA polimeraz (5U/µl, Fermantes) gelecek şekilde toplam 20 µl solüsyon hazırlanmıştır. Reaksiyonlar 95 °C'de 2 dakika çalıştıktan sonra 95 °C) 1 dakika, 55 °C 1 dakika ve 72 °C'de 2 dakika çalıştırılarak, 95 °C ile 72 °C arasında 40 döngü yapması sağlanmış ve son aşamada 72 °C'de 20 dakika çalıştırılarak tamamlanmıştır. Reaksiyon ürünleri kullanıma kadar -20 °C bekletilmiştir.

Fragment Analizleri: PZR işleminden sonra elde edilen ürünler, % 3'lük agaroz jelde, elektroforez tankında yürütülerek, genotiplere ait DNA bantları elde edilmiştir.

Bantların Değerlendirilmesi: Ekmeklik buğday hatlarının DNA markörlerine göre genetik benzerlikleri NTSYSpc 2.21q (Rohlf, 2005) yazılımında Dice indeks'e (Dice, 1945) göre belirlenmiştir. Her bir hatta ait alleller '0' veya '1' (bantların varlığı-yokluğu) olarak okunmuş, ikili (binary) veri matrisi elde edilmiş ve bu sayede de unweighted pair group method arithmetic average

(UPGMA) kullanılarak hesaplanmıştır.

2.2.3 Polimorfizm Bilgi İçeriklerinin Hesaplanması

Her bir DNA markörüne ait polimorfizm bilgi içerikleri (PIC) Weir (1996)'in kullandığı formülle hesaplanmıştır.

$PIC=1-\sum P_i^2$ Pi; araştırmada çalışılan 24 ekmeklik buğday genotipinde 22 hat + Ebeveynlerin i'nci allelinin frekansdır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Markör Başına Düşen Allel Sayısı

Araştırmada 7 baskın ve eş baskın DNA markörü ile 24 ekmeklik buğday genotipi karakterize edilmiştir ve toplam 47 allel elde edilirken, ortalama allel sayısı ise 6.71 olmuştur. Bu markörlere ait bant sayıları ve primer başına düşen allel sayısı Tablo 3'te verilmiştir. Çalışmada en çok allel sayısı 18 bant ile Sun479 marköründen elde edilmiş, bu markörü 9 allel ile Xgwp118 markörü takip etmiştir. Daha önceki çalışmalarda Yüce ve Dumlupınar (2023), markör başına ortalama 15.2 adet allel sayısı bildirirken, Tsonev vd. (2021), 8.14 allel ve Vanzetti vd. (2013), 3.26 adet allel bildirmişlerdir.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan markörlere ait allel sayıları

No	Primer Adı	Allel Sayısı
1	Xgwm18	7
2	Xwgp118	9
3	Xgwm131	1
4	Xgwm47	3
5	Sun479	18
6	Sun209	8
7	UHW89	1
Toplam		47
Ortalama		6.71

3.2. Polimorfizm Bilgi İçeriği

Polimorfizm bilgi içeriği (PIC), markörlerin polimorfizm değerlerini gösteren önemli bir kriterdir. Araştırmada elde edilen PIC değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Çalışmada ortalama PIC değeri 0.99 olarak hesaplanmıştır.

PIC değeri bakımından bütün markörler 0.99 değerine sahip olmuşlardır. Polimorfizm bilgi içeriği ile ilgili literatür bilgileri incelendiğinde, Kiraz vd. (2019), Aydemir vd. (2020), Koçyiğit vd. (2021) ve Yüce ve Dumlupınar (2023), ortalama PIC değerini sırasıyla 0.79, 0.98, 0.52 ve 0.94 olarak tespit etmişlerdir.

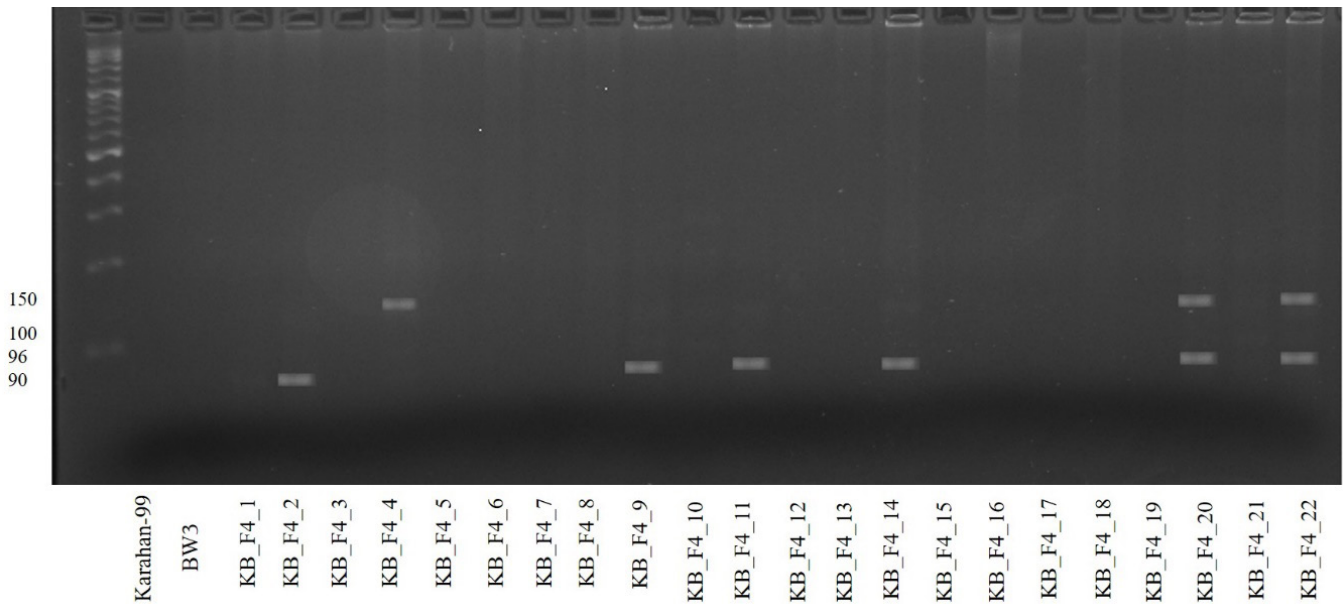
Tablo 4. Çalışmada kullanılan markörlere ait PIC değerleri

No	Primer Adı	PIC Değeri
1	Xgwm18	0.99
2	Xwgp118	0.99
3	Xgwm131	0.99
4	Xgwm47	0.99
5	Sun479	0.99
6	Sun209	0.99
7	UHW89	0.99
	Ortalama	0.99

3.3. Allel Spesifik Markörler

Buğday sarı pas dayanıklılık geni *Yr45* ile ilişkili olan Xwgp118 markörünün beklenen bant uzunluğu 411 bç dir (Li vd. 2000). Araştırmada kullanılan Xwgp118

marköründen beklenen 411 bç uzunluğundaki allel, 24 ekmeklik buğday genotipinde gözlenmemiştir. (Tablo 5). Ancak, 90, 96, 100 ve 150 bç uzunluğunda bantlar elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Xgwm118 markörüne ait jel görüntüsü

UHW89 markörü *Gpc-B1* geni ile ilişkili, yüksek protein içeriğini göstermektedir. UHW89 markörünün beklenen bant uzunluğu 122 bç'dir (Distelfeld vd. 2006). Araştırmada UHW89 primerinden hem yüksek protein içeriği geni ile ilişkili hem de diğer alleller bakımından hiçbir genotip için bant elde edilememiştir (Tablo 5). Daha önce, Güngör (2019), tarafından yapılan bir çalışmada *Gpc-B1* geni ile ilişkili genotipler tespit edilmiştir.

Röder vd. (1998), tarafından geliştirilen ve beklenen bant uzunluğu 186 ve 190 bç olan Xgwm18 markörünün buğday sarı pas hastalığı dayanıklılık genleri *Yr15* ve *Yr26* ile alakalı olduğu tespit edilmiştir (Yong vd. 2015). Araştırmada kullanılan Xgwm18 markörü 100, 190 ve 250 bç uzunluklarında bant vermiş ve Karahan-99_M6_72-10/BW3_F₄-22 genotipinde sarı pas dayanıklılık *Yr26* geni ile ilgili bant uzunluğu elde edilmiştir (Tablo 5). Önceki çalışmalarda, Güngör (2019), makarnalık buğday çeşidi Zenit'te Xgwm18 primerine ait allel bildirirken, Aydemir vd. (2020), 15 genotipten sadece 2 genotipte bu allelin varlığını bildirmişlerdir. Xgwm47 markörünün buğdayda kara pas hastalığına dayanıklılık geni *Sr9* ile ilişkili ve beklenen bant uzunluğunun 186 bç olduğu bildirilmiştir (Röder vd. 1998). Yine Li vd. (2010), bu markörün 153 bç bant uzunluğundaki allelinin 2A kromozomunun kısa kolunda bulunan mor tane rengi ile ilişkili gene 34.7 cM (sentimorgan) uzaklıkta olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmada, Xgwm47 markörü 3 allel oluştururken, allele özgü bantlar hiçbir genotipten elde edilememiştir (Tablo 5). Bansal vd. (2015), tarafından geliştirilen ve buğdayda kara pas hastalığına dayanıklılık geni *Sr49* ile ilişkilendirilen Sun209 ve Sun479 markörlerinden sırasıyla 8 ve 18 allel elde edilmiştir. Allele özgü beklenen bant uzunluğu Sun209'da 148 bç iken, Sun479'da bu bant uzunluğu 200 bç'dir. Karahan-99 x BW3 popülasyonunda bu allellere özgü bant elde edilememiştir (Tablo 5). Önceki çalışmalarda, Güngör (2019), Sun209 ve Sun479 markörlerini kullandığı çalışmada makarnalık buğday genotiplerinde *Sr49* geni ile ilişkili bantlar elde etmiştir. Yine Büyükakkaşlar vd. (2020) ve Aydemir vd. (2020) yaptıkları çalışmada makarnalık buğday genotiplerinde Sun209 ve Sun479 markörlerine ait allele özgü bantlar elde etmişlerdir. Xgwm131 markörü Röder vd. (1995) tarafından geliştirilmiş ve 153 bç ile sarı pas *Yr39* geni ile ilişkilendirilmiştir. Daha sonraki çalışmalarda, Yong vd. (2015) *Yr26* sarı pas geninde *YrMY41* allelini belirlediğini, yine Zhou vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada fertility restore geni ile ilişkili olduğunu ve Guo vd. (2012)'nin yaptığı çalışmada da soğuga tolerans geni ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Ayrıca, Pandey vd. (2015) Xgwm131 markörünün sıcaklık toleransı, klorofil içeriği ve yoğunluğu ile ilişkili olduğunu tespit etmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada Xgwm131 markörü, Karahan-99_M6_72-10/BW3_F₄-10 genotipinde *Yr39* sarı pas geni ile ilişkili, 153 bç uzunluğunda bant elde etmiştir.

Tablo 5. Allel spesifik markörlere ait bantlar

Genotip	Xgwm18	Xgwm118	Xgwm131	Xgwm47	Sun479	Sun209	Xgwm130	UHW89
Karahan-99								
BW3								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -1								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -2								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -3								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -4								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -5								

Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -6								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -7								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -8								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -9								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -10				+				
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -11								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -12								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -13								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -14								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -15								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -16								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -17								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -18								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -19								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -20								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -21								
Karahan-99_M6_72-10/BW3_F ₄ -22				+				

4. Sonuç ve Öneriler

Karahan-99 × BW3 ekmeklik buğday melez popülasyonunun 7 polimorfik DNA markörü ile karakterizasyonunun yapıldığı bu çalışmada, Karahan-99_M₆-72-10/BW3_F₄-10 ve Karahan-99_M₆-72-10/BW3_F₄-22 genotiplerinde Xgwm131 ve Xgwm18 markörlerinden sırasıyla *Yr39* ve *Yr26* sarı pas dayanıklılık genleri ile ilişkili, beklenen uzunluklarda alleller tespit edilmiştir. Araştırmada kullanılan markörlerin Karahan-99 × BW3 ekmeklik buğday melez popülasyonunda oldukça polimorfik olduğu ve Xgwm131 ve Xgwm18 markörlerinin bu popülasyon için allel spesifik bant ürettiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, bu markörlerin markör yardımıyla ıslah (MAS) çalışmalarında kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

5. Teşekkürler

Bu çalışma, KSÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiş olup proje

numarası 2020/4-6 M (YLS)'dir. Bu projeyi finansal olarak destekleyen KSÜ BAP Birimine teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Aydemir, G., Dumlupınar, Z., Yüce, İ., Baskonuş, T., Sunulu, S. & Gungor, H. (2020). Evaluation of Individuals Obtained from B28×Kundurdu-1149 Reciprocal Cross Population by Functional Markers. *KSÜ J. Agric Nat* 23(4),1005-1011.
- Bansal, U.K., Muhammad, S., Forrest, K.L., Hayden, M.J. & Bariana, H.S. (2015). Mapping of a new stem rust resistance gene Sr49 in chromosome 5B of wheat. *Theoretical and applied genetics*, 128(10), 2113-2119.
- Büyükaktaşlar, M., Yüce, İ., Başkonuş, T., Dokuyucu, T., Akkaya, A. & Dumlupınar, Z. (2020). Makarnalık Buğday (*Triticum durum* Desf.) B27 × Ege 88 Resiprokal Melez Popülasyonunda F₄ Kuşağının Allel Özgü Markörlerle Değerlendirilmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 23(6), 1647-1655.

- Dice, L.R. (1945). Measures of the Amount of Ecologic Association Between Species. *Ecology*, 26, 297-302.
- Distelfeld, A., Uauy, C., Fahima, T. & Dubcovsky, J. (2006). Physical map of the wheat high-grain protein content gene Gpc-B1 and development of a high-throughput molecular marker. *New Phytologist*, 169(4), 753-763.
- FAO, (2021). Food and Agricultural Organization of the United Nations. Web sitesi: <http://www.fao.org/faostat>, [Erişim tarihi 26.07.2023].
- Guo, HL., Xuan, JP., Liu, JX., Zhang, YM. & Zheng YQ. (2012). Association of molecular markers with cold tolerance and green period in zoysiagrass (*Zoysia Willd.*). *Breed Sci.*, 62(4),320-7.
- Güngör, H. (2019). Allelic Variations And Agronomic Comparisons of Durum Wheat Cultivars Under East-Mediterranean Conditions. *International Journal of Agriculture And Biology* 21(4), 891-898.
- Kiraz, H., Yüce, İ., Kekilli, Ö., Ocaktan, H., Topsakal, M., Gürocak, N.Y., Osanmaz, H., Kılınç, F.M., Başkonuş, T. & Dumlupınar, Z. (2019). Characterization of M₃ Mutants of Seri 82 Bread Wheat Cultivar Using Functional Markers. *Black Sea Journal of Agriculture*, 2(4), 194-202.
- Koçyiğit, B.K., Yüce, İ., Başkonuş, T., Dokuyucu, T., Akkaya, A. & Dumlupınar, Z. (2021). Evaluation of F₄ Individuals Belong to Seri 82 × B35 Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cross Population Using Functional DNA Markers. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 24(3), 586-93.
- Li, Y.C., Fahima, T., Peng, J.H., Roder, M.S., Kirzhner, V.M., Beiles, A., Korol, A.B. & Nevo, E. (2000). Edaphitic Microsatellite DNA Divergence in Wild Emmer Wheat, *Triticum dicoccoides*, at A Microsite Tabigha. *Israel. Theor Appl Genet*, 101, 1029–1038.
- Li, X.P., Lan, S.Q., Zhang, Y.L. & Liu, Y.P. (2010). Identification of Molecular Markers Linked To The Genes For Purple Grain Color in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 57(7), 1007-1012.
- Li, Q., Chen, X.M., Wang, M.N. & Jing, J.X. (2011). Yr45, a new wheat gene for stripe rust resistance on the long arm of chromosome 3D. *Theoretical and Applied Genetics*, 122(1), 189-197.
- Oliver, R.E., Obert, D.E., Hu, G., Bonman, J.M., O'Leary-Jepsen, E. & Jackson, E.W. (2010). Development of oat-based markers from barley and wheat microsatellites. *Genome*, 53(6), 458-471.
- Pandey, GC., Mamrutha, HM., Tiwari, R., Sareen, S., Bhatia, S., Siwach, P., Tiwari, & V. Sharma I (2015). Physiological traits associated with heat tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Physiol Mol Biol Plants*, 21(1), 93-9.
- Yong, R., LI, S. R., WEI, Y. M., Qiang, Z. H. O. U., DU, X. Y., HE, Y. J., & ZHENG, Y. L. (2015). Molecular mapping of a stripe rust resistance gene in Chinese wheat cultivar Mianmai 41. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 295-304.
- Rohlf, F.J. (2005). NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System Version 2.2. *Setauket, Exeter Publishing*, New York, USA.
- Röder, M. S., Plaschke, J., König, S. U., Börner, A., Sorrells, M. E., Tanksley, S. D., & Ganal, M. W. (1995). Abundance, variability and chromosomal location of microsatellites in wheat. *Molecular and General Genetics MGG*, 246, 327-333.
- Tsonev, S., Christov, N.K., Mihova, G., Dimitrova, A. & Georgieva T. E. (2021). Genetic Diversity and Population Structure of Bread Wheat Varieties Grown in Bulgaria Based on Microsatellite and Phenotypic Analyses. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35(1), 1520-1533.
- TÜİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> [Erişim tarihi 26.07.2023].
- Vanzetti, L.S., Yerkovich, N., Chialvo, E., Lombardo, L., Vaschetto, L. & Helguera, M. (2013). Genetic Structure of Argentinean Hexaploid Wheat Germplasm. *Genetics and Molecular Biology*, 36, 391-399.
- Yong, R., Li, S.R., Wei, Y.M., Zhou, Q., Du, X.Y., H, Y.J. & Zheng, Y.L. (2015). Molecular Mapping of A Stripe Rust Resistance Gene in Chinese Wheat Cultivar Mianmai 41. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 295-304.

- Yüce, İ. & Dumlupınar, Z. (2023). Evaluation of Agronomic Traits and Allele Specific DNA Markers Related to Some Disease and Quality Traits in Mutant Karakılçık M4 Individuals. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 26 (4), 861-869.
- Weir, B.S. (1996). Genetik Veri Analizi II, 2. baskı. *Sinauer Associates Inc, Sunderland, MA*.
- Zhou, W., Kolb, F.L. & Domier, L.L. (2005). SSR markers associated with fertility restoration genes against *Triticum timopheevii* cytoplasm in *Triticum aestivum*. *Euphytica* 141, 33–400.

Material Analysis of a Sample Airless Wheel That Can Be Used in The Landing Gear of Small UAVs for Smart Agriculture Using the Finite Element Method

Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Akıllı Tarıma Yönelik Küçük İHA'ların İniş Takımlarında Kullanılabilecek Örnek Bir Havasız Tekerleğin Materyal Analizinin Yapılması

Abstract

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in categories 1 and 2 are small in size and have a maximum gross take-off weight between 5 - 40 N and 40 - 250 N, with a normal operating altitude of 120 m above ground level. One of the major concerns for UAVs is the weight of aerial vehicles, which is aided primarily by material changes. Tires for UAVs are primarily made of ABS, rubber silicone, and nylon to reduce flight problems. These tires add to the dead weight and drag during flight.

In response to these issues, a rigorous analysis was performed to select the best possible configuration using various materials such as Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), rubber silicone, and nylon materials. UAV wheel manufacturing is commonly known as the production of high-strength light-weighting parts. It also provides a broader range of design options and favors an iterative design approach, so it is important the method of production. To achieve the best results, the iterative design approach was used in the analysis application. The study incorporated a design for airless tires with 40 spokes, leveraging Autodesk Inventor Pro for modeling. Subsequently, the designs underwent Finite Element Analysis to assess static radial strength. Bending and torsion stresses during landing were deemed negligible owing to the lightweight nature of categories 1 and 2 UAVs and were thus excluded from the analysis.

Sorumlu Yazar

Abdullah BEYAZ¹

abeyaz@ankara.edu.tr

 0000-0002-7329-1318

¹ Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering, Ankara, Türkiye

Gönderilme Tarihi :

02 Ekim 2023

Kabul Tarihi :

04 Aralık 2023

The modeled wheel design in Autodesk Inventor Pro analysis based on Finite Element Analysis of the airless wheels revealed that wheels made of rubber silicone exhibited superior shock absorption, with a deformation of only 2.314 mm at 625 N upon impact during UAV landing maneuvers.

Keywords: Smart farming, UAV wheels, Airless wheel manufacturing, Material analysis, Finite element method

Özet

1. ve 2. kategorideki İnsansız Hava Araçları, küçük boyutlu olup, maksimum brüt kalkış ağırlığı 5 - 40 N ve 40 - 250 N arasındadır, normal çalışma irtifası yerden 120 m yüksekliktedir. İnsansız hava araçların için en önemli endişelerden biri, öncelikle malzeme değişiklikleriyle desteklenen hava araçlarının ağırlığıdır. İHA'lara yönelik lastikler uçuş problemlerini azalmak için öncelikle ABS, kauçuk silikon ve naylondan malzemelerden yapılmaktadır. Bu lastikler ölü ağırlığa eklenir ve uçuş sırasında sürüklenir.

Bu sebeple, ABS, kauçuk silikon ve naylon malzemeler gibi çeşitli malzemeler kullanılarak mümkün olan en iyi konfigürasyonu seçmek için titiz bir analiz gerçekleştirilmiştir. İHA tekerleği imalatı, genellikle yüksek mukavemetli hafif ağırlıklı parçaların üretimi olarak bilinir. Ayrıca, daha geniş bir tasarım seçeneği yelpazesi sunar ve yinelemeli bir tasarım yaklaşımını destekler, bu nedenle üretim yöntemi önemlidir. En iyi sonuçları elde etmek için analiz uygulamasında yinelemeli tasarım yaklaşımı kullanılmıştır. Bu çalışma, 40 bölmeli havasız tekerlekler üzerinde yapılmıştır. Tekerlek tasarımları Autodesk Inventor Pro'da modellenmiş ve kategori 1 ve 2 İHA'ların hafif olması nedeniyle iniş sırasında tekerleklerin bükülmesi ve burulması göz ardı edilerek tekerleğin radyal yöndeki statik dayanımı sonlu eleman analizi kullanılarak incelenmiştir.

Sonlu eleman analizine dayanarak Autodesk Inventor Pro ile modellenen havasız tekerlek tasarımı, İHA'nın iniş sırasında 625 N yükte 2.314 mm'lik bir esneme sergilediğini ve şok emiliminde kauçuk silikon malzemenin üstün performans gösterdiğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Tarım, İHA Tekerlekleri, Havasız tekerlek imalatı, Materyal analizi, Sonlu Elemanlar Yöntemi

Introduction

UAVs in agriculture use data in smart agriculture remote sensing and plant monitoring to form the structure detection of diseases and pests in plants based on techniques, water stress detection, yield and maturity estimation, weed flora detection, water resources control, and workers' as passive applications made for surveillance purposes. In recent years, smart agriculture has been adopted in agriculture. It represents the start of a new agricultural production management method (Türkseven et al., 2016).

Multiple typical fields of use, including 'smart agriculture', are rapidly expanding UAV's utility. Today's market features a diverse array of UAVs, each designed with a specific function, wheel geometry, and main gear setup, all reflecting the expanding UAV industry. In smart farming applications, fixed-wing UAV models use landing gears with wheels.

According to the Republic of Türkiye Directorate General of Civil Aviation, categories 1 and 2 Unmanned Aerial Vehicles are medium-sized UAVs, with a Maximum Gross Take-off Weight of 5 (included) – 40 N and 40 (included) – 250 N respectively, and a typical operating altitude of 120 m above ground level (Fidan & Ulvi, 2021). This analysis is specifically focused on the wheel components of these UAVs.

While the plane is on the ground, its landing gear prevents it from tipping over. The gear is designed to withstand the aircraft's momentum and weight upon touchdown, serving as a critical buffer between the airplane and potential disaster. It is essentially a one-dimensional structure that experiences thermal shocks, high friction, skidding, and non-linear elongation from the beginning to the end of the landing (Krüger et al, 1997). Landing gear and wheels represent structural components that are frequently modified to meet project-specific requirements, as examined by de Souza et al. (2013). Utilizing software that incorporates the Finite Element Method (FEM) for these studies is crucial for optimizing design. Such tools ensure that components are engineered to tolerate minor displacements and strains while maintaining their essential properties.

Airless tires, as emphasized by Suhag et al. (2013), eliminate the need for a separate wheel and tire assembly. They are engineered as an integral unit, replacing the multiple components traditionally required. It consists of a rigid hub connected by flexible, deformable polyurethane spokes to a shear band and a tread band. In 2015, Shafabakhsh et al. examined the impact of wheel load and configuration on runway damage. They concluded that wheels bearing substantial weight contribute significantly to this damage, which is intricately linked to the way an aircraft disperses its total weight through its landing gear system. UGVs can use the airless wheels studied by Lizuka et al. (2020) to move over hard and sloppy terrain. They imply that vehicles in disaster zones are vulnerable to punctures when driving over debris and can be stacked easily when driving over loose soil. For their 2021 study, Kinoshita et al. focused on the design and analysis of lightweight permanent magnetic wheels tailored for inspection drones. Their goal was to enhance the versatility of UAVs, making them more suitable for a variety of applications. A comprehensive analysis of the design, production methods, and structural dimensions of airless tires is presented by Askarjon et al. (2022) in the literature, along with a discussion of the potential applications in the field of mechanical engineering. The airless tire model presented by Sanjeev Kumar (2021) swapped out the Polyethylene as engineered elastic for common elastic materials. Quattrocchi et al. (2022) investigated the stress and strain performance of an airless wheel prototype by employing a synergistic approach of 2D digital image correlation and thermoelastic stress analysis. Samples of the novel airless wheels were 3D printed using fused deposition modeling and stereolithography with polylactic acid and photopolymer resin, respectively. These non-contact methods are used to analyze the static mechanical behavior

of various wheel-ground contact configurations.

The design industry uses a straightforward strategy by standardizing the design process for the parts on every side of the usage environment. The procedure utilizes elementary geometry and previous data to derive the crucial dimensions of the landing gear. There is a growing need to shift focus from traditional rubber tires to more lightweight wheels, as the thickness of rubber tires not only contributes to increased drag but also becomes superfluous weight during flight.

One of the main concerns is the need to reduce the weight of aerial vehicles by using airless tires, and this is something that has been helped along by the introduction of new materials. There is cause for alarm because the rubber used in UAV tires is relatively hefty. These rubber tires not only increase the UAV's overall weight but also its resistance to forward motion. Using the finalized airless wheel layout, a finite element analysis of the aforementioned substances was carried out. ABS, rubber silicone, and nylon materials were tested for their relative strengths in airless wheel designs with 40 spokes that were produced for UAV airless wheel manufacturing for lightweight UAV wheels.

Material and Method

Material

The primary objective of this research was to achieve a reduction in the weight of UAV wheels. To identify the most effective material for this purpose, comprehensive calculations were undertaken to evaluate various potential materials. The candidates included Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), rubber silicone, and nylon, all of which were assessed for their suitability based on their general properties.

Table 1. General properties of ABS Material

Information	
Name	Acrylonitrile Butadiene Styrene
Description	Acrylonitrile Butadiene Styrene, Molded
Keywords	ABS, structural, Plastic

Type	Plastic
Subclass	Thermoplastic
Source	Autodesk
Basic Thermal	
Thermal Conductivity	1.600E-01 W/(m-K)
Specific Heat	1.500 J/(g-°C)
Thermal Expansion Coefficient	85.700 μ m/(m-°C)
Mechanical	
Behavior	Isotropic
Young's Modulus	2.240 GPa
Poisson's Ratio	0.38
Shear Modulus	805.000 MPa
Density	1.060 g/cm ³
Strength	
Yield Strength	20.000 MPa
Tensile Strength	29.600 MPa

Table 2. General Properties of Rubber Silicone Material

Information	
Name	Silicone
Description	Silicone Rubber
Keywords	SI, structural, Plastic
Type	Plastic
Subclass	Elastomer
Source	Autodesk
Basic Thermal	
Thermal Conductivity	2.275E-01 W/(m-K)
Specific Heat	1.880 J/(g-°C)
Thermal Exp. Coefficient	8.100 μ m/(m-°C)
Mechanical	
Behavior	Isotropic
Young's Modulus	0.003 GPa
Poisson's Ratio	0.49
Shear Modulus	1.007 MPa

Density	1.250 g/cm ³
Strength	
Yield Strength	10.340 MPa
Tensile Strength	6.500 MPa

Table 3. General properties of Nylon Material

Information	
Name	Nylon 6/6 Composite
Description	Molybdenum disulfide filled nylon
Keywords	PA, Polyamide, lubricated, structural, Plastic
Type	Plastic
Subclass	Thermoplastic
Source	Autodesk
Basic Thermal	
Thermal Conductivity	2.400E-01 W/(m-K)
Specific Heat	1.340 J/(g-°C)
Thermal Expansion Coefficient	55.800 µm/(m-°C)
Mechanical	
Behavior	Isotropic
Young's Modulus	2.930 GPa
Poisson's Ratio	0.35
Shear Modulus	1000.000 MPa
Density	1.130 g/cm ³
Strength	
Yield Strength	82.750 MPa
Tensile Strength	82.680 MPa

The analysis application took into account wheel dimensions with 60 mm diameter for the center circle, 90 mm diameter for the total wheel, and 8 mm thickness, also 40 spokes for light weight UAV wheel design with the best shock absorbance material. A tread height of 1 mm was selected for the airless wheel to maintain the

material properties and achieve optimal displacement outcomes. The wheel designs were modeled and analyzed in Autodesk Inventor Pro (under an educational license). The static strength of the wheel in the radial direction was then evaluated using FEA for Category 1 and 2 UAVs, as illustrated in Figure 1.

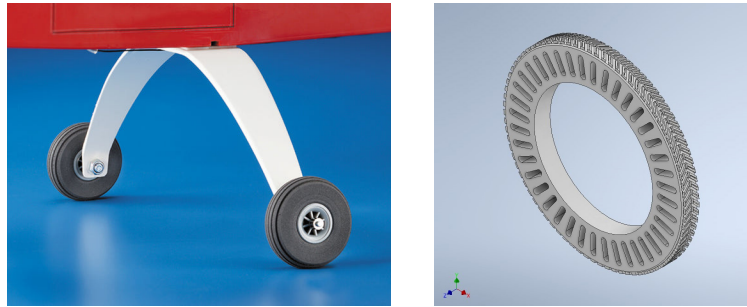


Figure 1. A sample of a basic drone landing gear with wheels (on the left) (Anonymous, 2023a) and an airless wheel modeled in Autodesk Inventor Pro

Method

Design and finite element modeling

The use of the FEM proves to be a useful calculational tool for analyzing the behavior of the materials used in structural projects, such as the one assessing the mechanical performance of the structures. Interpolating displacements, efforts, tensions, and deformations along the element's domain are possible thanks to the FEM, which can be considered a method for generating approach functions. Direct application of the form functions to the FEM's differential equation or too energetic principles like the Virtual Works Principle allows for approximative resolution of structural problems.

The deformation of the wheel was investigated through design and finite element modeling. Figure 1 depicts the Autodesk Inventor Professional model of the wheel, conveniently assembled on a base for the simulation. The design was analyzed using the Autodesk Inventor Pro stress analysis solver, where it was subjected to radial

forces distributed across the entire wheel. Material-based manufacturing is best known for its ability to create lightweight, high-strength components. It was chosen as the method of production because it provides more options in terms of design and encourages an iterative design process. The best outcomes were achieved by using an iterative design process. The modeled wheel design in Autodesk Inventor Pro analysis is based on the FEM of the airless wheels and the 375 N, 500 N, and 625 N loads as 1.5, 2, 2.5 times safety factor loads of 250 N in the whole radial direction of the UAV airless wheel (Figure 2). Because category 2 UAVs' weight limit is 250 N. Also, normally three wheels are used in a UAV fuselage but this application is focused on safe and resistant wheels, for this aim maximum loads are applied with 1.5, 2, and 2.5 times safety to the wheel, additionally since every point of the wheels has the possibility of contact when landing, the load was applied spread around it. Additionally, the models were fixed from their insides because of this reason a tire rim was not added to the model for the analysis.

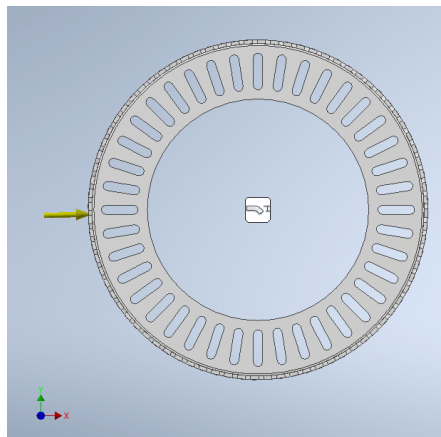


Figure 2. The radial load of UAV airless wheel

Results and Discussion

Despite the potential for bending and torsion experienced by wheels during landing, the analysis was confined to radial forces, as demonstrated in the wheel design modeled in Autodesk Inventor Professional, employing FEA. This focus enabled a comprehensive and fundamental evaluation

of the airless wheels, with results detailed in Figures 3 to 11. In the results, the Von Mises Stress, displacement, and safety factors were presented because Von Mises Stress is a good predictor of failure, particularly for ductile materials, displacement shows the deformation of the wheel, and the safety factor shows the ratio yield strength / Von Mises Stress (Anonymous, 2023b).

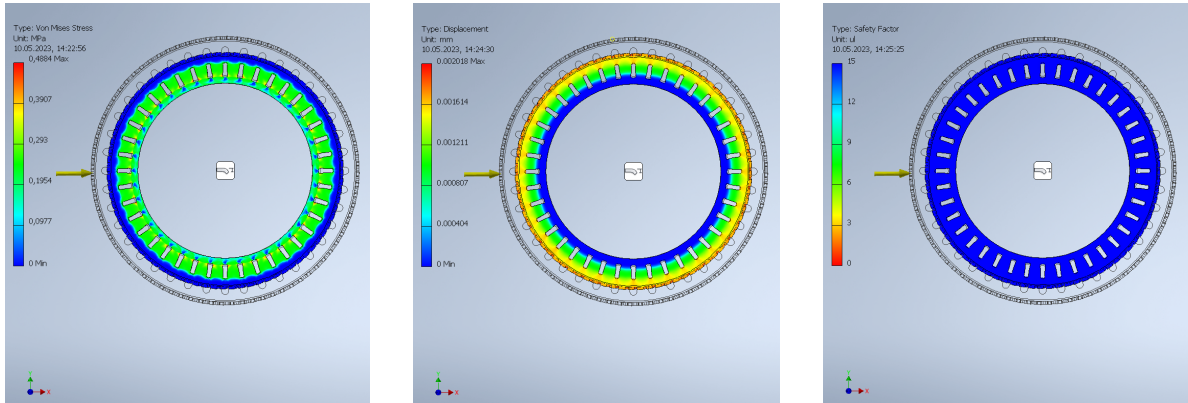


Figure 3. Von Mises Stress (Mpa), Displacement (mm), and Safety Factor (ul) results of ABS material airless UAV wheel under 375 N

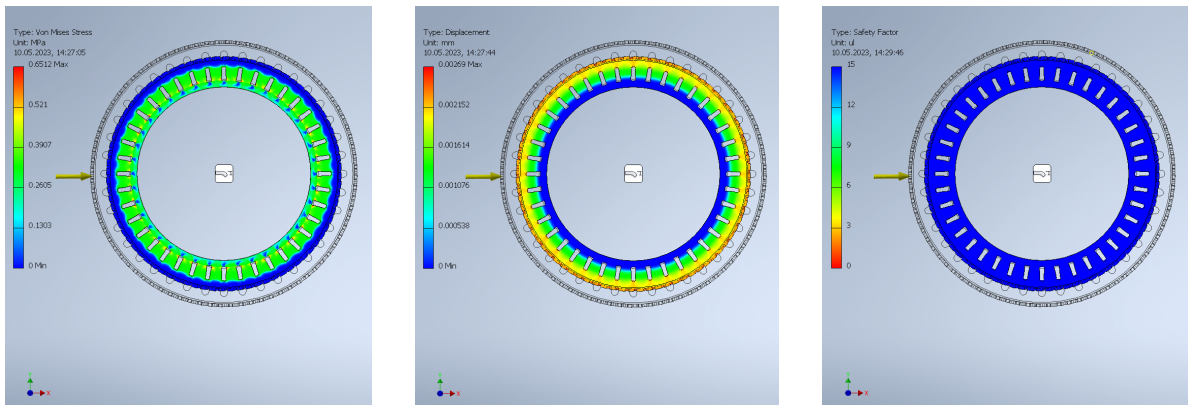


Figure 4. Von Mises Stress (Mpa), Displacement (mm), and Safety Factor (ul) results of ABS material airless UAV wheel under 500 N.

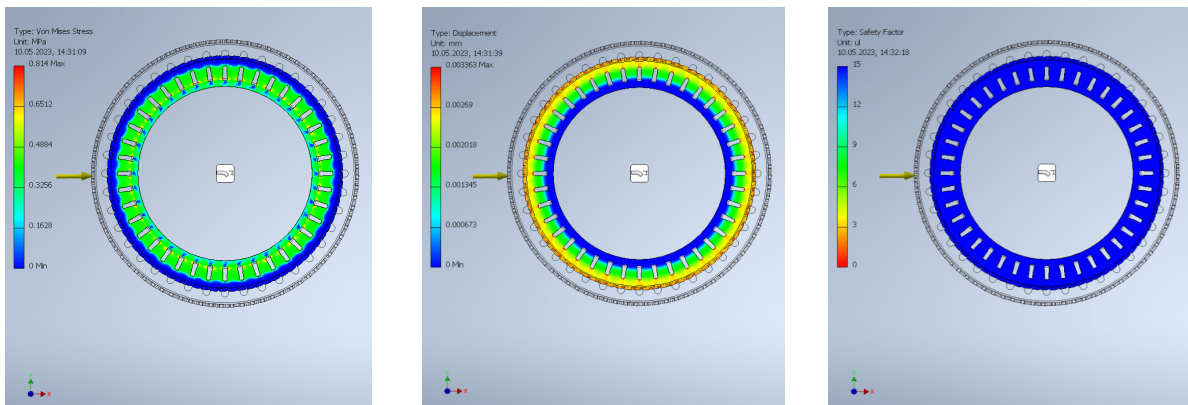


Figure 5. Von Mises Stress (Mpa), Displacement (mm), and Safety Factor (ul) results of ABS material airless UAV wheel under 625 N.

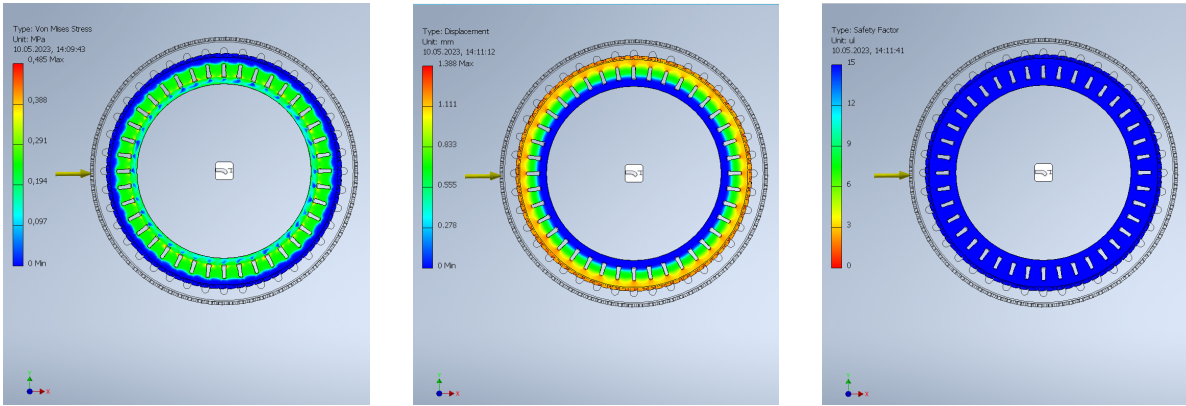


Figure 6. Von Misses Stress (Mpa), Displacement (mm), and Safety Factor (ul) results of Rubber Silicone material airless UAV wheel under 375 N.

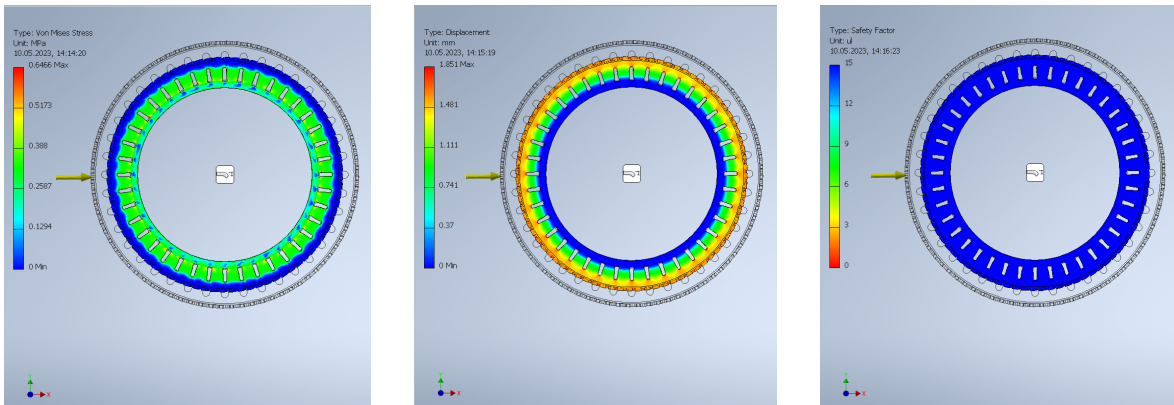


Figure 7. Von Misses Stress (Mpa), Displacement (mm), and Safety Factor (ul) results of Rubber Silicone material airless UAV wheel under 500 N.

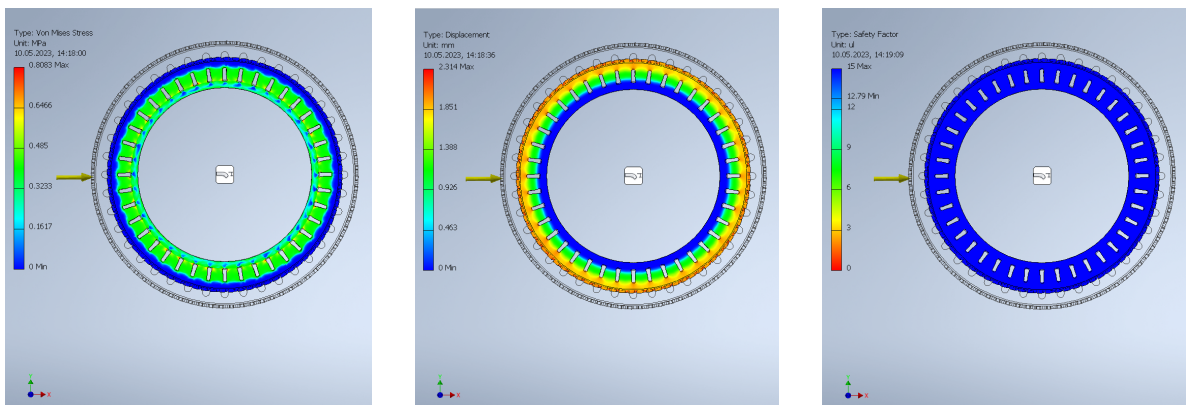


Figure 8. Von Misses Stress (Mpa), Displacement (mm), and Safety Factor (ul) results of Rubber Silicone material airless UAV wheel under 625 N.

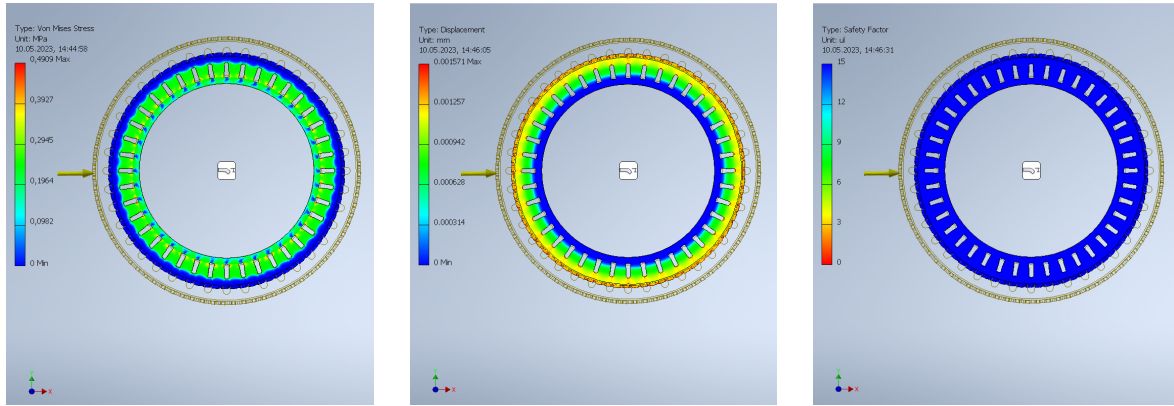


Figure 9. Von Misses Stress (Mpa), Displacement (mm), and Safety Factor (ul) results of Nylon material airless UAV wheel under 375 N.

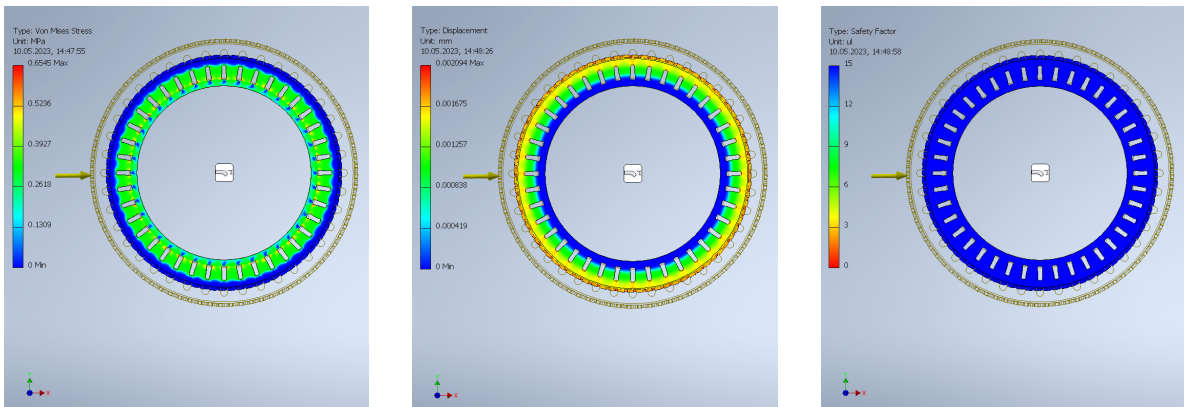


Figure 10. Von Misses Stress (Mpa), Displacement (mm), and Safety Factor (ul) results of Nylon material airless UAV wheel under 500 N.

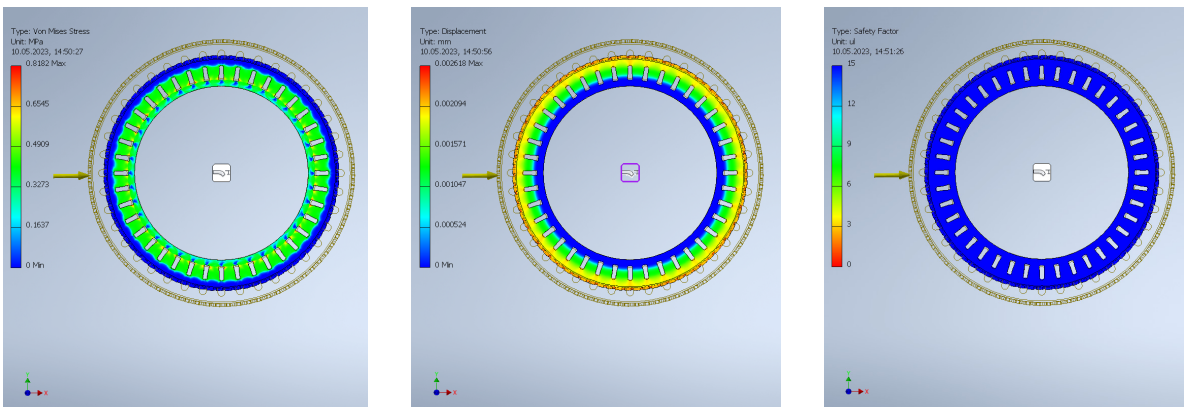


Figure 11. Von Misses Stress (Mpa), Displacement (mm), and Safety Factor (ul) results of Nylon material airless UAV wheel under 625 N.

Table 4 provides a summary of the Von Mises Stress (MPa), Displacement (mm), and Safety Factor (ul) for airless UAV wheels constructed from ABS, rubber silicone, and nylon materials. The table compiles the results under static loads of 375 N, 500 N, and 625 N.

Table 4. Summary of the Von Misses Stress (Mpa), Displacement (mm), and Safety Factor (ul) results of ABS, Rubber Silicone, and Nylon materials under various static loads.

Load (N)	Material	Von Misses Stress (Mpa)	Displacement (mm)	Safety Factor (ul)
375	ABS	0.4884	0.002018	15
500	ABS	0.6250	0.002690	15
625	ABS	0.8140	0.003363	15
375	Rubber Silicon	0.4850	1.388000	15
500	Rubber Silicon	0.6466	1.851000	15
625	Rubber Silicon	0.8083	2.314000	12.79
375	Nylon	0.4909	0.001571	15
500	Nylon	0.6545	0.002094	15
625	Nylon	0.8182	0.002618	15

The analysis showed that the 40-spoke Rubber Silicone material wheel was the strongest and the best option for shock absorbance with 2.314 mm displacement at 625 N. Prabhuram, et al. (2020) worked on static analysis of different spoke structures of airless and conventional tires with different materials. They found that the total deformation on ABS +PC material combination at Honeycomb, Diamond, Triangular spokes structure 0.286 mm, 0.053686 mm, 0.053703 mm; on PET material 0.24998 mm, 0.046625 mm, 0.046627 mm; on HIPS 0.41301 mm, 0.078062 mm, 0.78137 mm; on conventional tire 10.049 mm, -, -, respectively. Kumar et al. (2021) studied on design optimization of the airless tire-numerical approach. According to the design parameter, they found that the total deformation on spokes was 0.010543 mm, on triangular 0.019843 mm, on circular, 0.0067021 mm, on hexagon 0.0082758 mm, respectively. de Souza et. al (2013) worked on topological optimization and genetic algorithms used in a wheel project for a drone. The simulated values of the wheel to the deformation vary between 0,4561 mm and 0,8038 mm.

Conclusion

The wheel characteristics are important to know when operating all standard and older unmanned

aerial vehicles. Airless tires offer a simplified solution, mitigating the complexities of terrain interaction, albeit at a higher initial cost. Despite the availability and cost-effectiveness of traditional rubber tires, the operational efficiency and durability of airless tires provide a compelling case for their adoption in UAV applications. Ultimately, airless tires emerge as the superior option, offering consistent performance advantages across diverse operating conditions. Tires that have been filled with air can be driven on asphalt and decent dirt roads. Also, a different type of rubber silicone must be used to get through the clay. Third, driving difficulties arise on sandy or sandy-like surfaces due to the instability of the soil. Considering that the study can be a basis for future studies, examining different ground and shape design computer-aided parameters has the potential to create alternative solutions.

Authors' Contributions

All authors contributed equally to the article.

Conflicts of Interest Statement

The authors declare that they have no conflicts of interest.

References

- Anonymous (2023a). Super strength landing gear. Webpage: <https://www.dubro.com/products/super-strength-landing-gear>, Access date 03.12.2023.
- Anonymous (2023b). Safety factor calculation. Webpage: <https://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU/?guid=SIM-SAFETY-FACTOR-CALC-CONCEPT>, Access date 03.12.2023.
- Askarjon, A. S., Qizi, A. M. K. and Makhmujon, M. (2022). Analysis of the Structure and Classification of Airless Tires. *Eurasian Journal of Learning and Academic Teaching*, 8: 78-81.
- de Souza, D. A. C., Ribeiro Filho, S. L. M., de Carvalho, A. L. C., Silva, N. S., Barcelos, S. M. and Christoforo, A. L. (2013). Topological Optimization and Genetic Algorithms Used in a Wheel Project for a Drone.
- Fidan, Ş., & Ulvi, A. (2021). Current Status of Civil Unmanned Aerial Vehicles Law in Turkish Legal Legislation. *Turkish Journal of Unmanned Aerial Vehicles*, 3(1), 28-35.
- Iizuka, K., Nakamura, T. and Ishii, Y. (2020). Study on Airless Variable Rigid Wheel to Travel Rigid and Loose Surface for UGV. In RITA 2018: Proceedings of the 6th International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications, pp. 185-198, Springer Singapore.
- Kinoshita, S., Lee, J. H. and Okamoto, S. (2021). Design and Analysis of Lightweight Permanent Magnetic Wheels for Inspection Drone. In 2021 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), pp. 1-6, IEEE.
- Krüger, W., Besselink, I., Cowling, D., Doan, D. B., Kortüm, W. and Krabacher, W. (1997). Aircraft Landing Gear Dynamics: Simulation and Control. *Vehicle System Dynamics*, 28(2-3): 119-158.
- Kumar, R. S., Kumar, K. V., Ramakrishnan, T. (2021). Design Optimization of Airless Tyre-Numerical Approach. In IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering*, 1057 (1): 012032, IOP Publishing.
- Prabhuram, T., Sundaram, S. M., Jegadeeswer, S. and Kannan, V. S. (2020). Static Analysis of Different Spoke Structure of Airless and Conventional Tyre. In IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering*, 923(1): 012017, IOP Publishing.
- Quattrocchi, A., Alizzio, D., Capponi, L., Tocci, T., Marsili, R., Rossi, G., ... and Montanini, R. (2022). Measurement of The Structural Behaviour of A 3D Airless Wheel Prototype By Means of Optical Non-Contact Techniques. *Acta IMEKO*, 11(3): 1-8.
- Shafabakhsh, G. A. and Kashi, E. (2015). Effect of Aircraft Wheel Load and Configuration on Runway Damages. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 59(1): 85-94.
- Suhag, A. and Dayal, R. (2013). Static Analysis on Custom Polyurethane Spokes of Airless Tire. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(11): 2250-315.
- Türkseven, S., Kizmaz, M. Z., Tekin, A. B., Urkan, E., & Serim, A. T. (2016). Digital Conversion in Agriculture; Unmanned Air Vehicle Use. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 12(4), 267-271.


Zenit×B27 Makarnalık Buğday Popülasyonunun SSR Markörleriyle Moleküler Karakterizasyonu

Molecular Characterization of Zenit×B27 Durum Wheat Population Using SSR Markers

Sorumlu Yazar

İlker YÜCE¹


ilkeryuce001@gmail.com

 0000-0002-9761-3561

Yazar

Hatice OSANMAZ²


haticeosanmaz91@gmail.com

 0000-0002-5516-741X

Yazar

Ziya DUMLUPINAR³

zdumlupinar@ksu.edu.tr

 0000-0003-3119-6926

ÖZET

Araştırmada, Zenit ile B27 yerel makarnalık buğday çeşidi ve bu çeşitlerin melezlenmesi sonucunda elde edilen 11 adet makarnalık buğday genotipi, 8 adet allel spesifik DNA markörü kullanılarak bazı hastalık ve kalite ile ilgili allellerin tespiti yapılmıştır. Moleküler tarama sonucunda kullanılan 8 DNA markörü 25 adet allel üretirken, çalışmada kullanılan DNA markörlerinin ortalama polimorfizm bilgi içeriği (PIC) değeri 0.9775 olarak tespit edilmiştir. En yüksek polimorfizm bilgi içeriği değeri 0.99 olarak hesaplanırken, en düşük polimorfizm bilgi içeriği değeri 0.95 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada DNA markörleri tarafından üretilen 25 allel kullanılarak oluşturulan dendrogramda, ebeveynlere göre iki ana grup meydana gelmiştir. Zenit×B27-7, Zenit×B27-9 ve Zenit×B27-11 ile Zenit×B27-5, Zenit×B27-6, Zenit×B27-8, Zenit×B27-10 melez kombinasyonları % 100 benzer bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre Zenit×B27-1, Zenit×B27-2 ve Zenit×B27-3 genotiplerinde Waxy (*Wx-A1*) özelliğine ait genler belirlenirken, Zenit×B27-3 ve Zenit×B27-5 genotiplerinde yüksek proteine (*Gpc-B1*) ait gen bölgesinin yer aldığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Makarnalık buğday, SSR, DNA markörü

ABSTRACT

In this study, 11 durum wheat genotypes obtained from Zenit and B27 parents used to determine some disease and

- 1 Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, SBTÜ Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Sivas, Türkiye
- 2 Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, KSÜ Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye
- 3 Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, KSÜ Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

Gönderilme Tarihi :

17 Ekim 2023

Kabul Tarihi :

30 Kasım 2023

quality related alleles using eight DNA markers durum wheat genotypes. As a result of molecular screening, 8 DNA markers produced 25 alleles and the average polymorphism information content (PIC) value of the DNA markers used in the study was 0.9775. The highest polymorphism information content value was 0.99, while the lowest polymorphism information content value was 0.95. In the dendrogram created by using 25 alleles produced by DNA markers in the study, two main groups were formed according to the parents. Zenit×B27-7, Zenit×B27-9 and Zenit×B27-11 and Zenit×B27-5, Zenit×B27-6, Zenit×B27-8 and Zenit×B27-10 cross combinations were found 100% similar. According to the results of the research, genes belonging to Waxy (Wx-A1) trait were determined in Zenit×B27_1, Zenit×B27_2 and Zenit×B27_3 genotypes, while the gene region belonging to high protein (Gpc-B1) was found in Zenit×B27_3 and Zenit×B27_5 genotypes.

Key Words: Durum wheat, SSR, DNA marker

GİRİŞ

Makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.), küresel buğday üretiminin %5'inden azını oluşturan bir tahıl türüdür. Dünyada 9 milyon hektar alanda üretimi yapılan makarnalık buğday, öncelikle yarı kurak bölgelerde yetiştirilir. Akdeniz iklim kuşağına sahip bölgelerin geleneksel bitkisi olan makarnalık buğday, yaklaşık on bin yıl önce Güneydoğu Anadolu'nun da içerisinde yer aldığı verimli hilal olarak tanımlanan alanda kültüre alınmış ve daha sonra Kuzey Akdeniz ve Kuzey Afrika ülkelerine yayılım göstermiştir (Heun vd., 1997). Toplam buğday üretimindeki küçük payına rağmen, makarnalık buğday gıda zincirinde çok önemli bir işlev görmektedir. Özellikle makarna ve diğer unlu mamullerin üretiminde dünya genelinde ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Dünyanın artan insan nüfusunun sürekli artan gıda taleplerini karşılamak ve gelecekteki iklim değişikliği problemlerini ele almak için buğday üretimini artırmayı hedefleyen ıslah projelerinde çeşitli buğday genetik kaynaklarının kullanılmasının önemi vurgulanmaktadır. Yerel makarnalık buğday çeşitleri, mevcut çeşitlerin genetik varyasyonunun belirlenmesi ve daha iyi üretim için bölgeye özgü koşulların taranması için çok önemlidir (Robbana vd., 2019). Bu yerel çeşitler genetik

çeşitlilik üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Alghamdi vd., 2017).

Geliştirilen yeni çeşitler sınırlı bir genetik temeli paylaşmakta ve benzer özellikler sergilemektedir. Islah çalışmalarında bünyesinde daha fazla özellik barındıran ebeveynlerin belirlenmesi, yüksek verimli çeşit ile bir melez kombinasyonu oluşturabilir (Sajjad vd., 2018). Verimli hibritlerin ve yeni çeşitlerin geliştirilmesi için, genetik çeşitlilik analizi sadece buğdayda değil, tüm ürünlerde giderek daha kritik hale gelmektedir. Bununla birlikte, soyağacı ve ortak akrabalık çalışmaları genetik çeşitliliğin belirlenmesinde ilk adımdır (Kim ve Ward, 2000). Bu bağlamda, morfo-fenolojik özelliklerin buğday genotipleri arasındaki genetik çeşitliliğin değerlendirilmesinde etkili olduğu kanıtlanmıştır. Bu nedenle, fenotipik karakterizasyon bitki ıslahçıları için özellikle buğday olmak üzere bitki germplazmını geliştirmek için gerekli ve faydalıdır (Najaphy vd., 2012). Agro-morfolojik incelemelere ek olarak, moleküler markör sistemleri genetik varyasyonu değerlendirmek için sağlam bir temel sağlar ve erişilebilen çok sayıda çeşidin kapsamlı bir görüntüsünü sunar (Afzal vd., 2018).

Moleküler markörlerden; genetik ve linkage haritalamalarında, kantitatif ve kalitatif özelliklerin ıslah çalışmalarında, genotipler arasındaki genetik uzaklığın tespitinde, seleksiyonda, çeşit tescili korunmasında ve tanımında moleküler markörlerden faydalanılmaktadır (Bilgin ve Korkut, 2005). Yönlendirilmiş minisatellitli DNA çoğaltımı (Directed Amplification of Minisatellites DNA (DAMD)), Rastlantısal Çoğaltılmış DNA Polimorfizmi (Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD)), basit diziler arası tekrarlar (Inter Simple Sequence Repeat (ISSR)) , basit dizi tekrarları (Simple Sequence Repeat (SSR)), primerler arası bağlanma bölgesi (Inter-Primer Binding Site (IPBS)) gibi moleküler markörler genetik çeşitliliğin değerlendirilmesi için yararlıdır (Gürcan vd., 2017; Demirel, 2020; Yıldız vd., 2021; Karakaya vd., 2023). Moleküler markörler daha fazla bilgi elde etme, çevreden bağımsızlık ve kararlılık gibi çeşitli avantajlar sağlar (Bulunuz Palaz vd., 2023).

Markör teknolojileri arasında en çok tercih edilenlerden bir tanesi de mikrosatellit olarak adlandırılan basit dizi tekrarlarıdır. Basit dizi tekrarlarının tercih edilme sebepleri arasında eşbaskın markör vermesi, PCR (Polymerase Chain Reaction) kolaylığının bulunması ve polimorfizm içeriklerinin yüksek olmasından dolayı bitkilerde çok fazla bilgi sunması sayılabilir (Röder vd., 1995). Birçok bitki türünde, dünya genelinde birçok laboratuvarında basit dizi tekrarları başarıyla kullanılmaktadır. Basit dizi tekrarları (SSR'ler), buğday genomunda yüksek polimorfizm seviyeleri, homojen dağılım ve kodominant kalıtım nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Salem vd., 2015; Uzun vd., 2022).

Araştırmada, Zenit ile B27 yerel makarnalık buğday çeşidi ve bu çeşitlerin melezlenmesi sonucunda elde edilen 11 adet makarnalık buğday genotipinin SSR markörleri kullanılarak bazı hastalık ve kalite ile ilgili allellerin tespiti amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bitki Materyali

Araştırmada, materyal bitki boyu bakımından kısa ve protein oranı yüksek olan Zenit ile B27 yerel makarnalık buğday çeşitleri ve bu çeşitlerin melezlenmesi sonucunda

elde edilen 11 adet melez kombinasyonu (Zenit×B27_1, Zenit×B27_2, Zenit×B27_3, Zenit×B27_4, Zenit×B27_5, Zenit×B27_6, Zenit×B27_7, Zenit×B27_8, Zenit×B27_9, Zenit×B27_10 ve Zenit×B27_11) kullanılmıştır.

DNA İzolasyonu ve PCR

DNA izolasyonunun gerçekleştirilmesinde cetyl trimethyl ammonium bromide (CTAB) metodu kullanılmış (Oliver vd., 2010) ve tüm genotipler sekiz allel spesifik DNA markörü kullanılarak taranmıştır (Tablo 1). PCR çalışması Yüce ve Dumlupınar (2023)'a göre; 200 µl hacminde 96 kuyucuktan oluşan PCR platelerine; 1 µl dNTP karışımı (10 mM mix (A+T+G+C)), 3 µl 10x buffer, 1.2 µl MgCl₂, DNA primer çifti (1 µl F ve 1 µl R), 3 µl (50 ng) genomik DNA, 9,5 µl ddH₂O ve 0,3 µl Taq DNA polimeraz (5 U µl⁻¹, Fermantes) ile toplam 20 µl PCR çözeltisi hazırlanmıştır. PCR reaksiyonları "eppendorf" marka thermal cycler cihazında; 95 °C'de 5 dakika, 95 °C'de 1 dakika, 55 °C'de 1 dakika ve 72 °C'de 1 dakika ve son aşamada 72 °C ile 95 °C arasında 35 döngü olacak şekilde çalıştırıldıktan sonra 72 °C'de 10 dakika çalıştırılarak tamamlanmıştır. PCR işlemi sonrası elde edilen ürünlerin görüntülenmesi, Qiagen firmasının "QIAxcel Advanced System" fragment analiz cihazında gerçekleştirilmiş ve genotiplere ait DNA bantları elde edilmiştir.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan DNA primerleri

No	Primer Adı	Primer Dizisi (5'-3')	Gen Bölgesi	Beklenen Bant Uzunluğu (bp)	Marker
1	Sun1_F Sun1_R	CGCTCCCTGAAGAGAGAAAGAA ATAGGCACAACCCCTAAC	Waxy Wx-A1	Xsun-7A, 219, 233, 260, 271, 275, 285 ve 289	Eş-baskın
2	Sun209_F Sun209_R	AG CTATGAGCTTCGCTATTG GTGATTGGTTCGGATTACTTA	Kara pas <i>Sr49</i>	148	Eş-baskın
3	Sun479_F Sun479_R	CAAATGAAATGTGATCCTGTT TCATCTAACCAAGCAATGGTAT	Kara pas <i>Sr49</i>	200	Eş-baskın
4	Bx7 ^{OE} _F Bx7 ^{OE} _R	CCTCAGCATGCAAACATGCAGC CTGAAACCTTTGGCCAGTCATGTC	Gluten Mukavemeti	563	Eş-baskın
5	UHW89_F UHW89_R	TCTCCAAGAGGGGAGAGACA TTCCTCTACCCATGAATCTAGCA	Yüksek Protein Gpc-B1	122	Eş-baskın
6	Xgwm18_F Xgwm18_R	TTGCTACCATGCATGACCAT TTCACCTCGATTGAGGTCCT	Sarı pas <i>Yr26</i>	411	Eş-baskın

7	Xgwm129_F Xgwm129_R	TCAGTGGGCAAGCTACACAG AAAACCTTAGTAGCCGCGT	Fusaryum Başak Yanıklığı	217-220 ve 223	Eş-Baskın
8	Xgwm131_F Xgwm131_R	AATCCCCACCGATTCTTCTC AGTTCGTGGGTCTCTGATGG	Sarı Pas Yr39, Sıcaklık Toleransı (Klorofil içeriği ve yoğunluğu)	157	Eş-baskın

İstatistiksel Analizler

Çalışmada materyal olarak kullanılan genotiplerin genetik benzerlik ilişkileri NTSYSpc 2.21q (Rohlf, 2005) programında, Dice indeksi (Dice, 1945) kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir genotipen elde edilen DNA bantları “0” veya “1” olarak kodlanmış ve ikili bir veri matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu matris aracılığıyla UPGMA (Unweighted Pair Group Method Arithmetic Average) yöntemi kullanılarak genotiplerin benzerliklerini gösteren bir dendrogram oluşturulmuştur. Polimorfizm bilgi içeriği (PIC), Weir (1996) tarafından açıklanan formül kullanılarak belirlenmiştir; $PIC = 1 - \sum P_i^2$, burada P_i , çalışılan 13 makarnalık buğday genotipindeki i . alelin frekansıdır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

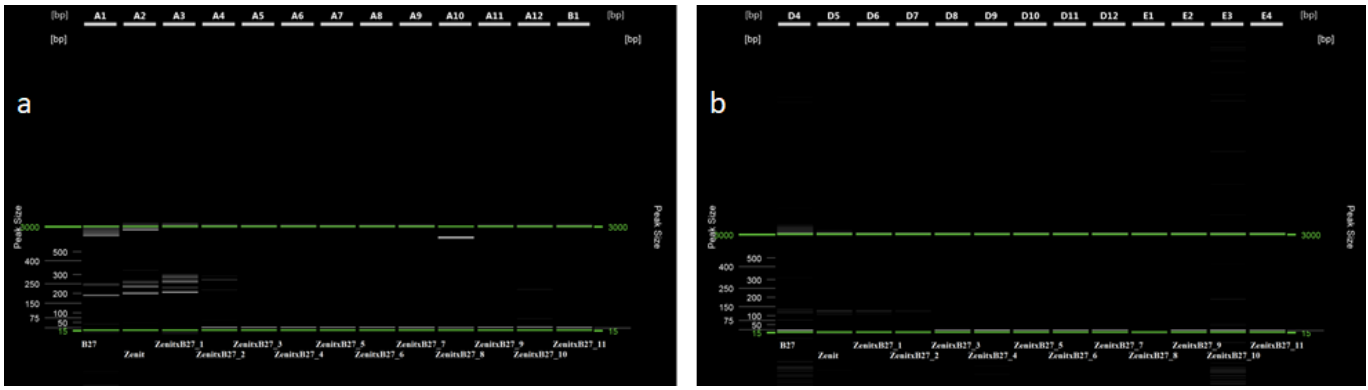
Araştırmada materyal olarak kullanılan 13 adet makarnalık buğday genotipinin benzerlik ilişkisi sekiz DNA markörü kullanılarak taranmıştır. Moleküler taramada kullanılan DNA markörlerinden elde edilen allel sayıları ve polimorfizm bilgi içeriği değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Çalışma sonucuna göre, sekiz DNA markörü 25 adet polimorfik bant çoğaltırken, ortalama allel sayısı 3,125 olarak bulunmuştur. Ortalama PIC değeri 0,9775 olarak hesaplanırken, en yüksek PIC değeri 0,99 ile Sun1, Sun479, Bx7^{OE} ve Xgwm129 markörlerinden, en düşük PIC değeri ise 0,95 ile Xgwm18 marköründen elde edilmiştir. Tsonev vd. (2021) markör başına 8,14 alel sayısı bildirirken, Yüce ve Dumlupınar (2023) markör başına 15,2 alel sayısı belirtmiştir. Aydemir vd. (2020), Büyükakkaşlar vd. (2020) ve Koçyiğit vd. (2021) çalışmalarında PIC değerlerini sırasıyla %79, %87 ve %52 olarak bildirmişlerdir.

Tablo 2. DNA markörlerine ait PIC değerleri ve allel sayıları

No	Primer Adı	Allel Sayısı	PIC Değeri
1	Sun1	11	0.99
2	Sun209	1	0.98
3	Sun479	1	0.99
4	Bx7 ^{OE}	3	0.99
5	UHW89	1	0.98
6	Xgwm18	1	0.95
7	Xgwm129	1	0.99
8	Xgwm131	6	0.95

Sun1 primeri, Waxy (*Wx-A1*) genini tanımlamak için kullanılan bir primerdir. ZenitxB27_1, ZenitxB27_2 ve ZenitxB27_3 genotiplerinde Waxy özelliğine ait gen bölgeleri belirlenmiştir (Şekil 1). Sun1 primeri kullanarak çalışmalar yürüten Maryami vd. (2014) 230 ve 265 bp, Shariflou ve Sharp (1999) 219,233,260,271,275,285 ve 289 bp uzunluğunda alleller elde ettiklerini bildirmişlerdir. Sun209 ve Sun 479 primerleri buğdayda kara pas (*Sr49*) hastalığına dayanıklılık gen bölgesini tespit etmek için kullanılan işaretleyicilerdir. Araştırmada kara pasa dayanıklılık gen bölgesini barındıran bir genotipin yer almadığı saptanmıştır (Şekil 2). Bansal vd. (2015)

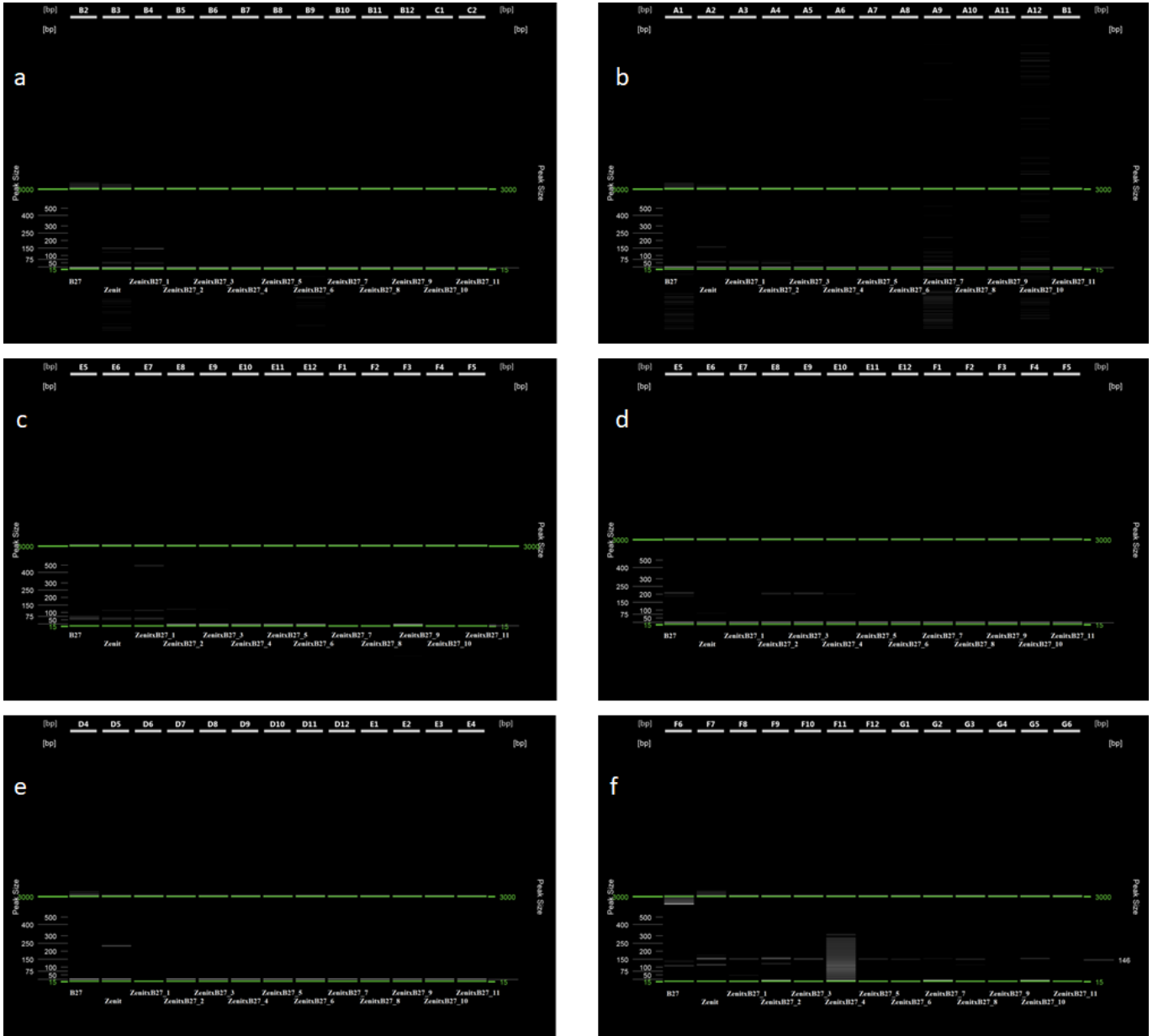
yürütmüş oldukları çalışmada, Sun209 primerinde 148 baz çifti uzunluğundaki DNA bandının ve Sun479 primerinde ise 200 baz çifti uzunluğundaki DNA bandının *Sr49* dayanıklılık geni ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Bx7^{OE} primeri, gluten mukavemeti genlerini tanımlamak için kullanılan bir belirteçtir. Araştırmada gluten mukavemetine ait gen bölgesine rastlanmamıştır (Şekil 2). Butow vd. (2003) Bx7^{OE} primerinin tanımladığı bölgenin 750 baz çiftlik bölümüne denk gelen co-dominant bir primer olduğunu, *Glu-B1a1* (520 bp) bulundurmayan hatların gen dizilimine 43 bazlık bir ekleme ile 563 baz çifti uzunluğunda alleller elde ettiklerini bildirmişlerdir.



Şekil 1. DNA markörlerine ait jel görüntüleri a- Sun1, b- UHW89

UHW89 primeri, yüksek proteine (*Gpc-B1*) ait gen bölgesini belirlemede kullanılan bir belirteçtir. Çalışmada yer alan ZenitxB27_3 ve ZenitxB27_5 genotiplerinde yüksek proteine (*Gpc-B1*) ait gen bölgesinin yer aldığı saptanmıştır (Şekil 1). Distelfeld vd. (2006) UHW89 primerini kullanarak elde ettikleri 122 ve 126 bp uzunluğundaki DNA bantlarının yüksek protein (*Gpc-B1*) geni ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Xgwm18 primeri sarı pasa (*Yr15*) dayanıklılık gen bölgelerini belirlemede kullanılan bir işaretleyicidir. Çalışmada yer alan genotipler arasında sarı pasa dayanıklılık gen bölgesi bulunamamıştır (Şekil 2). Roder vd. (1998) Xgwm18 primerinin 182 baz çifti uzunluğunda çoğaltmış olduğu gen bölgesinin sarı pas hastalığına dayanıklılık geniyle ilişkili olduğunu tespit

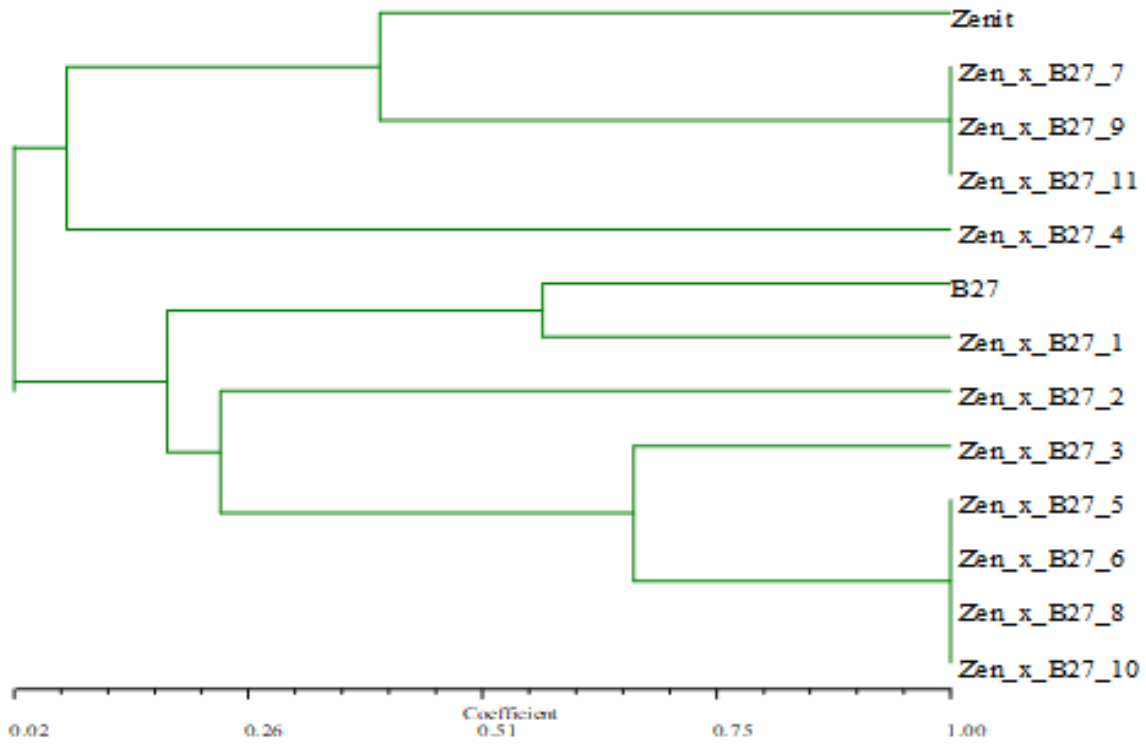
etmişlerdir. Xgwm129 primeri, fusarium başak yanıklığı (fusarium head blight) hastalığına ait gen bölgelerini tespit etmede kullanılan bir belirteçtir. Araştırmada yer alan genotipler arasında fusarium başak yanıklığına ait genler saptanamamıştır (Şekil 2). Xgwm131 primeri sıcaklık toleransı ve sarı pas (*Yr39*) hastalığına ait gen bölgelerini belirlemede kullanılan bir belirteçtir. Araştırmada yer alan genotipler arasında sıcaklık toleransı ve sarı pas (*Yr39*) hastalığına ait genler saptanamamıştır (Şekil 2). Roder vd. (1998) Xgwm131 primerini kullanarak yürütmüş oldukları çalışmada 157 baz çifti uzunluğunda elde ettikleri DNA bandının sıcaklık toleransı ve sarı pas (*Yr39*) hastalığını belirleyen genler ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 2. DNA markörlerine ait jel görüntüleri a- Sun209, b- Sun479, c- Bx7^{OE}, d- Xgwm18, e-Xgwm129, f- Xgwm131

Sekiz adet allel spesifik DNA markörü kullanılarak tarama yapılan Zenit ve B27 çeşitleri ile bu çeşitlerin melezlenmesi sonucunda elde edilen 11 adet makarnalık buğday genotipinden elde edilen verilerden UPGMA metodu ile Weir (1996)'nın genetik mesafe matrisi baz alınarak dendrogram oluşturulmuştur (Şekil 3). Dendrogramın oluşturulmasında Waxy (*Wx-A1*), Sıcaklık toleransı, yüksek protein (*Gpc-B1*) ve gluten mukavemeti gibi kalite özellikleri ile sarı pas (*Yr15*, *Yr39*), kara pas

(*Sr49*) ve fusarium head blight gibi hastalık türlerinden elde edilen veriler kullanılmıştır. Dendrograma göre genetik olarak Zenit, ZenitxB27_7, ZenitxB27_9, ZenitxB27_11 ve ZenitxB27_4 genotipleri diğerlerinden ayrılırken, ZenitxB27_7, ZenitxB27_9, ZenitxB27_11 ve ZenitxB27_5, ZenitxB27_6, ZenitxB27_8 ve ZenitxB27_10 genotipleri ise %100 benzer oldukları tespit edilmiştir.



Şekil 3. Genotiplere göre oluşturulmuş dendrogram

SONUÇ

Zenit ve B27 yerel makarnalık buğday çeşidinin melezlenmesi sonucunda elde edilen 11 adet makarnalık buğday genotipi ile Zenit ve B27 ebeveynlerinin 8 adet allel spesifik DNA markörü kullanarak bazı hastalık ve kalite ile ilgili allellerin karakterizasyonu yapılmıştır. Araştırma sonucunda, materyal olarak kullanılan Zenit×B27_3 ve Zenit×B27_5 genotiplerinde yüksek proteine (*Gpc-B1*) ait allellerin bulunduğu tespit edilmiştir. Protein, makarnalık buğdayda önemli kalite parametrelerinden birisidir. Yüksek protein (*Gpc-B1*) allellerini taşıyan genotiplerin makarnalık buğday ıslah çalışmalarında ebeveyn olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarların katkısı eşittir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

KAYNAKLAR

- Afzal, M., Alghamdi, S. S., Migdadi, H. M., Khan, M. A., & Farooq, M. (2018). Morphological and Molecular genetic diversity analysis of chickpea genotypes. *Int. J. Agric. Biol*, 20, 1062-1070.
- Alghamdi, S. S., Alffi, S. A., Migdadi, H. M., Al-Rowaily, S. L., El-Harty, E. H., & Farooq, M. (2017). Morphological and genetic diversity of cereal genotypes in kingdom of Saudi Arabia. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19(4), 601-609.
- Aydemir, G., Dumlupınar, Z., Yüce, İ., Narlı, T., Sunulu, S., & Güngör, H. (2020). Evaluation of F5 Individuals Obtained from B28× Kunduru-1149 Reciprocal Cross Population by Functional Markers. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(4), 1005-1011.
- Bansal, U. K., Muhammad, S., Forrest, K. L., Hayden, M. J., & Bariana, H. S. (2015). Mapping of a new stem rust resistance gene Sr49 in chromosome 5B of

- wheat. *Theoretical and applied genetics*, 128, 2113-2119.
- Bulunuz Palaz, E., Demirel, F., Adali, S., Demirel, S., & Yilmaz, A. (2023). Genetic relationships of salep orchid species and gene flow among *Serapias vomeracea* × *Anacamptis morio* hybrids. *Plant Biotechnology Reports*, 17(2), 315-327.
- Butow, B. J., Ma, W., Gale, K. R., Cornish, G. B., Rampling, L., Larroque, O., ... & Békés, F. (2003). Molecular discrimination of Bx7 alleles demonstrates that a highly expressed high-molecular-weight glutenin allele has a major impact on wheat flour dough strength. *Theoretical and Applied Genetics*, 107, 1524-1532.
- Büyükakkaşlar, M., Yüce, İ., Başkonuş, T., Dokuyucu, T., Akkaya, A., & Dumlupınar, Z. (2020). B27× Ege 88 resiprokal melez popülasyonunda F₄ bireylerin allel spesifik markörlerle değerlendirilmesi. *Kabramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1647-1655.
- Demirel, F. (2020). Genetic diversity of Emmer wheats using iPBS markers. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 640-646.
- Dice, L.R. (1945). Measures of the amount of ecologic association between species. *Ecology*, 26: 297-302.
- Distelfeld, A., Uauy, C., Fahima, T., & Dubcovsky, J. (2006). Physical map of the wheat high-grain protein content gene Gpc-B1 and development of a high-throughput molecular marker. *New Phytologist*, 169(4), 753-763.
- Gürcan, K., Demirel, F., Tekin, M., Demirel, S., & Akar, T. (2017). Molecular and agro-morphological characterization of ancient wheat landraces of Turkey. *BMC plant biology*, 17, 1-10.
- Heun, M., Schafer-Pregl, R., Klawan, D., Castagna, R., Accerbi, M., Borghi, B., & Salamini, F. (1997). Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science*, 278(5341), 1312-1314.
- Karakaya, O., Yaman, M., Balta, F., Yilmaz, M., & Balta, M. F. (2023). Assessment of genetic diversity revealed by morphological traits and ISSR markers in hazelnut germplasm (*Corylus avellana* L.) from Eastern Black Sea Region, Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 70(2), 525-537.
- Kim, H. S., & Ward, R. W. (2000). Patterns of RFLP-based genetic diversity in germplasm pools of common wheat with different geographical or breeding program origins. *Euphytica*, 115, 197-208.
- Koçyiğit, B.K., Yüce, İ., Başkonuş, T., Dokuyucu, T., Akkaya, A., & Dumlupınar, Z. (2021). Evaluation of F₄ individuals belong to Seri 82 × B35 bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cross population using functional DNA markers. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 24(3), 586-593.
- Maryami, Z., Fazeli, A., & Mehrabi, A. A. (2014). Investigation of diversity of Waxy-A1 gene using amplification in different species in A genome wheat's. *Advances in Environmental Biology*, 8(7), 2004-2007.
- Najaphy, A., Parchin, R. A., Farshadfar, E., & Farshadfar, E. (2012). Comparison of phenotypic and molecular characterizations of some important wheat cultivars and advanced breeding lines. *Australian Journal of Crop Science*, 6(2), 326-332.
- Oliver, R. E., Obert, D. E., Hu, G., Bonman, J. M., O'Leary-Jepsen, E., & Jackson, E. W. (2010). Development of oat-based markers from barley and wheat microsatellites. *Genome*, 53(6), 458-471.
- Robbana, C., Kehel, Z., Ben Naceur, M. B., Sansaloni, C., Bassi, F., & Amri, A. (2019). Genome-wide genetic diversity and population structure of Tunisian durum wheat landraces based on DArTseq technology. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(6), 1352.
- Röder, M. S., Plaschke, J., König, S. U., Börner, A., Sorrells, M. E., Tanksley, S. D., & Ganal, M. W. (1995). Abundance, variability and chromosomal location of microsatellites in wheat. *Molecular and General Genetics MGG*, 246, 327-333.
- Rohlf, F. J. (2005). NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system version 2.2. Setauket.
- Sajjad, M., Khan, S. H., & Shahzad, M. (2018). Patterns

- of allelic diversity in spring wheat populations by SSR-markers. *Cytology and Genetics*, 52, 155-160.
- Salem, K. F., Röder, M. S., & Börner, A. (2015). Assessing genetic diversity of Egyptian hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) using microsatellite markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 62, 377-385.
- Shariflou, M. R., & Sharp, P. J. (1999). A polymorphic microsatellite in the 3'end of 'waxy' genes of wheat, *Triticum aestivum*. *Plant Breeding*, 118(3), 275-277.
- Tsonev, S., Christov, N. K., Mihova, G., Dimitrova, A., & Todorovska, E. G. (2021). Genetic diversity and population structure of bread wheat varieties grown in Bulgaria based on microsatellite and phenotypic analyses. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35(1), 1520-1533.
- Uzun, A., Pinar, H., Yaman, M., Yigit, M. A., Cakiroglu, Y., Karakaya, A., Uysal, M., Ozturk, G., Yilmaz, K. U., Gurcan, K., & Ercisli, S. (2022). Identification of genetic diversity in wild pear (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) Genotypes collected from different regions of turkey with SSR marker system. *Genetika*, 54(1), 109-118.
- Weir, B. S. (1996). Genetik Veri Analizi II, 2. baskı. *Sinauer Associates Inc*, Sunderland, MA.
- Yıldız, E., Pinar, H., Uzun, A., Yaman, M., Sumbul, A., & Ercisli, S. (2021). Identification of genetic diversity among *Juglans regia* L. genotypes using molecular, morphological, and fatty acid data. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68, 1425-1437.
- Yüce, İ., & Dumlupınar, Z. (2023). Evaluation of agronomic traits and allele specific DNA markers related to some disease and quality traits in mutant Karakılçık M₄ individuals. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(4), 861-869.