

Bazı Kışlık Kolza eřitlerinin Erken Gelişim Dönemlerinde Tuz Stresine Morfolojik ve  
Fizyolojik Tepkileri

Esra Dilara Takı

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Aralık 2020

Morphological and Physiological Responses of Some Winter Rapeseed Varieties to Salt  
Stress in Early Development Stages

Esra Dilara Takıl

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Field Crops

December 2020

Bazı Kışlık Kolza Çeşitlerinin Erken Gelişim Dönemlerinde Tuz Stresine Morfolojik ve  
Fizyolojik Tepkileri

Esra Dilara Takıl

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı  
Endüstri Bitkileri Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Demir Kaya

Aralık 2020

## ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Mehmet Demir Kaya danışmanlığında hazırlamış olduğum “Bazı Kışlık Kolza Çeşitlerinin Erken Gelişim Dönemlerinde Tuz Stresine Morfolojik ve Fizyolojik Tepkileri” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim.  
01/12/2020

Esra Dilara Takıl

## ÖZET

Bu araştırma farklı tuz konsantrasyonlarında (Kontrol, 5, 10, 15 ve 20 dS/m) bazı kışlık kolza çeşitlerinin (DK Exstorm, DK Excalibur, ES Mercure, NK Caravel, Elvis ve Orkan) çimlenme ve fide gelişim dönemlerindeki morfolojik ve fizyolojik parametrelerindeki değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma çimlenme ve saksı denemeleri olarak yürütülmüştür. Çimlenme denemesinde çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlığı ve kuru madde oranı, saksı denemelerinde ise bitki ağırlığı, yaprak sayısı, yaprak oransal su içeriği, klorofil içeriği, yaprak sıcaklığı, membran stabilitesi ve nispi zararlanma oranı özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, artan tuz stresleri kışlık kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi ve fide gelişim özelliklerinin azalmasına neden olurken, ortalama çimlenme süresi ve kuru madde oranını arttırmıştır. Artan tuz stresinde DK Exstorm çeşidi daha yüksek çimlenme yüzdesi ve indeksini verirken, en düşük ortalama çimlenme süresine sahip olmuştur. Ayrıca, DK Exstorm çeşidinin fide gelişim özellikleri de diğer çeşitlerden daha yüksek bulunmuştur. Tuz stresinde bitki ağırlığı, yaprak sayısı ve yaprak nispi su içeriği önemli ölçüde azalmıştır. Bununla birlikte, membran stabilitesi, klorofil içeriği, yaprak sıcaklığı ve nispi zararlanma oranı artan tuzluluk seviyeleri ile önemli ölçüde artmıştır. Tüm tuzluluk seviyelerinde, en yüksek nispi zararlanma oranı ES Mercure çeşidinden elde edilirken, DK Exstorm çeşidi en düşük hücre membran stabilitesine sahip olmuştur. Sonuç olarak, kışlık kolza çeşitlerinin tuz stresine farklı tepkiler verdiği ve diğer çeşitlerle karşılaştırıldığında DK Exstorm çeşidinin tuz stresinde üstünlük gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, kolzada tuza toleranslı çeşitleri belirlemek amacıyla hücre nispi zararlanma oranı ve hücre membran stabilitesi gibi fizyolojik karakterlerin kullanımını da önerilebilir.

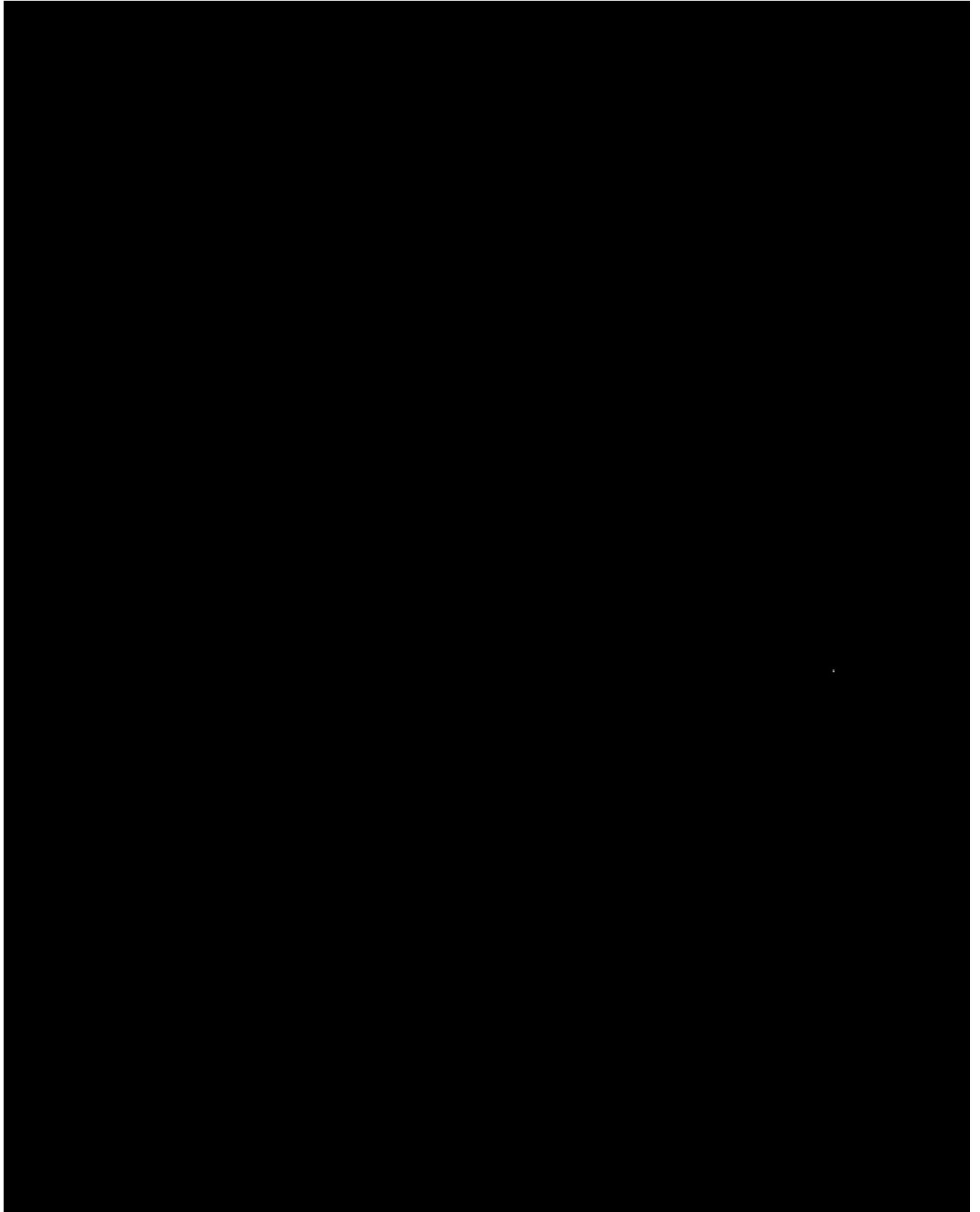
**Anahtar kelimeler:** *Brassica napus* L., NaCl, çeşit, çimlenme, membran stabilitesi

## SUMMARY

This research aimed to determine the changes in morphological and physiological parameters of some winter canola cultivars (DK Exstorm, DK Excalibur, ES Mercure, NK Caravel, Elvis, and Orkan) subjected to different salt concentrations (Control, 5, 10, 15, and 20 dS/m) during germination and seedling development stages. The study was carried out as germination and pot experiments. In this study, germination percentage, mean germination time, germination index, root length, shoot length, seedling fresh and dry weight, dry matter in germination experiment, plant weight, leaf number per plant, leaf relative water content, chlorophyll content, leaf temperature, membrane stability and relative injury in pod experiment were investigated. According to the results of the research, increasing salt stresses caused a significant reduction in germination percentage, germination index, and seedling growth characteristics of the winter canola cultivars, but mean germination time and dry matter ratio were increased. DK Exstorm gave the highest germination percentage and index, while it had the minimum time to germination, as salinity increased. In addition, seedling growth characteristics of DK Exstorm were found higher than other cultivars. Plant weight, leaf number per plant, and relative water content were significantly reduced under salinity. However, membrane stability, chlorophyll content, leaf temperature and relative injury were considerably enhanced by increasing salinity levels. Under all levels of salinity, the highest relative injury was obtained from ES Mercure, while DK Exstorm achieved the lowest cell membrane stability. It was concluded that winter canola cultivars exhibited different responses to salinity stresses and DK Exstorm showed superiority in salt stresses compared to other cultivars. It may also be suggested to use physiological characters such as cell relative injury and cell membrane stability in order to identify salt tolerant cultivars in canola.

**Keywords:** *Brassica napus* L., NaCl, cultivar, germination, membrane stability

## TEŞEKKÜR



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>vi</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>vii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>viii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>ix</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ VE AMAÇ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>5</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>11</b>
3.1. Materyal.....	11
3.2. Yöntem.....	12
3.3. Verilerin Elde Edilmesi.....	14
3.3.1. Çimlenme yüzdesi (%).....	14
3.3.2. Ortalama çimlenme süresi (gün).....	14
3.3.3. Çimlenme indeksi.....	14
3.3.4. Kök uzunluğu (cm).....	15
3.3.5. Sürgün uzunluğu (cm).....	15
3.3.6. Fide yaş ağırlığı (mg/bitki).....	15
3.3.7. Fide kuru ağırlığı (mg/bitki).....	15
3.3.8. Kuru madde oranı (%).....	15
3.3.9. Bitki ağırlığı (mg/bitki).....	15
3.3.10. Yaprak sayısı (adet/bitki).....	16
3.3.11. Yaprak oransal su içeriği (%).....	16
3.3.12. Hücre membran stabilitesi (%).....	16
3.3.13. Klorofil içeriği (SPAD).....	17
3.3.14. Yaprak yüzey sıcaklığı (°C).....	17



**İÇİNDEKİLER (devam)****Sayfa**

3.3.15. Nispi zararlanma oranı (%).....	17
3.3.16. Toprak tuzluluk değerleri .....	17
3.4. Verilerin Analizi ve Değerlendirilmesi.....	18
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>19</b>
4.1. Çimlenme Yüzdesi, Ortalama Çimlenme Süresi ve Çimlenme İndeksi.....	19
4.2. Kök Uzunluğu, Sürgün Uzunluğu, Fide Yaş Ağırlığı ve Fide Kuru Ağırlığı.....	22
4.3. Kuru Madde Oranı.....	25
4.4. Bitki Ağırlığı.....	27
4.5. Yaprak Sayısı.....	28
4.6. Yaprak Oransal Su İçeriği.....	29
4.7. Hücre Membran Stabilitesi.....	31
4.8. Klorofil İçeriği.....	33
4.9. Yaprak Yüzey Sıcaklığı.....	34
4.10. Nispi Zararlanma Oranı.....	35
4.11. Toprak Tuzluluğu.....	37
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>38</b>
<b>KAYNAKLAR DİZİNİ.....</b>	<b>41</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Farklı tuz konsantrasyonlarındaki DK Exstorm, ES Mercure ve NK Caravel çeşitlerinin çıkış denemesinden görüntü. ....	13
4.1. Kolza çeşitlerinin artan tuz konsantrasyonundaki kuru madde oranları (%). ....	26
4.2. Kolza çeşitlerinin artan tuz dozlarında nispi zararlanma oranları (%), grafik üzerindeki çizgiler standart hata değerlerini göstermektedir. ....	36
4.3. Deneme sonunda kolza çeşitlerinin artan tuz dozlarında toprak tuzluluk değerleri (dS/m). ....	37

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdeleri, ortalama çimlenme süreleri ve çimlenme indekslerine ait varyans analiz sonuçları ....	19
4.2. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdeleri (%), ortalama çimlenme süreleri (gün) ve çimlenme indeksleri .....	20
4.3. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları .....	22
4.4. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin kök uzunluğu (cm), sürgün uzunluğu (cm), fide yaş ağırlığı (mg/bitki) ve fide kuru ağırlığı (mg/bitki) ortalamaları .....	23
4.5. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin kuru madde oranına ait varyans analiz sonuçları .....	26
4.6. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin bitki ağırlığına ait varyans analiz sonuçları .....	27
4.7. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin bitki ağırlığı (mg/bitki) ortalamaları .....	27
4.8. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin yaprak sayısı ortalamalarına ait varyans analiz sonuçları .....	28
4.9. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin yaprak sayısı (adet/bitki) ortalamaları .....	29
4.10. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin yaprak oransal su içeriğine ait varyans analiz sonuçları .....	30
4.11. Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin yaprak oransal su içeriği (%) ortalamaları .....	30
4.12. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdelerinin hücre membran stabilitesine ait varyans analiz sonuçları .....	31
4.13. Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin hücre membran stabilitesi (%) ortalamaları .....	32

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Çizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
4.14. Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin klorofil içeriğine ait varyans analiz sonuçları.....	33
4.15. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin klorofil içeriği (SPAD) ortalamaları.....	33
4.16. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin yaprak yüzey sıcaklığına ait varyans analiz sonuçları.....	34
4.17. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin yaprak yüzey sıcaklığı (°C) ortalamaları.....	35
4.18. Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin nispi zararlanma oranına ait varyans analiz sonuçları .....	36

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

%  
\*\*  
mL  
L  
mg  
g  
mm  
cm  
°C

### Açıklama

Yüzde  
% 1  
Mililitre  
Litre  
Miligram  
Gram  
Milimetre  
Santimetre  
Santigrat derece

### Kısaltmalar

V.K.  
S.D.  
K.T.  
K.O.  
K.A.  
T.A.  
Y.A.  
EC  
dS/m  
H.M.S.  
SPAD  
Y.O.S.İ.  
NaCl  
spp  
vd.

### Açıklama

Varyasyon kaynakları  
Serbestlik derecesi  
Kareler toplamı  
Kareler ortalaması  
Kuru ağırlık  
Turgor ağırlığı  
Yaş ağırlık  
Elektriksel iletkenlik  
Tuzluluk birimi (decisiemens/metre)  
Hücre membran stabilitesi  
Klorofil yoğunluğu  
Yaprak oransal su içeriği  
Sodyum klorür  
Taksonomide bir cinse ait tüm türleri ifade eder  
Ve diğerleri

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kolza (*Brassica napus* L.) tohumlarında yüksek oranda (%40-45) yağ ve yağında doymamış yağ asitlerine sahip olan önemli bir yağ bitkisidir (Kolsarıcı vd., 1995). Kolzanın yazlık ve kışlık çeşitleri bulunmaktadır. Kışlık çeşitlerin verimleri ve yağ oranları yazlıklara oranla daha yüksek olduğundan özellikle ülkemizde kışlık kolza tarımı önem kazanmaktadır (İlisulu 1973; Algan 1987; Demirtola 1987; Tan 2009; Öz 2013; Dülger 2019). Yüksek yağ oranı ve yüksek verimi nedeniyle diğer yağ bitkilerine göre birim alandan daha fazla yağ elde edilebilmektedir (Önder vd., 1994; Öztürk vd., 2008). Kışlık ekildiğinde haziran ayında hasat edilmesi hem atıl durumda olan yağ fabrikalarının çalışmasına hem de çiftçilerin ikinci bir ürün yetiştirmesine imkan vermesi nedeniyle önemli avantajlar sağlamaktadır (Başalma ve Uranbey, 1998; Tunçtürk vd., 2005). Ayrıca, ekiminden hasadına kadar tüm tarımsal işlemlerde mekanizasyona uygundur. Kolza yağı biyodizel üretimine en uygun bitkilerden biri olması nedeniyle dünyada üretilen biyodizelin %80'i kolza bitkisinden elde edilmektedir. Ayrıca, küspesi protein bakımından zengin olduğu için özellikle kanatlı hayvanların rasyonlarında kullanılmaktadır.

Karasal iklime sahip ülkelerde olduğu gibi, ülkemizde de benzer ekolojilerde ve yıllık toplam yağış miktarı az olmasına rağmen ilkbahar yağışlarının yeterli olduğu yöreler ile su tutma yeteneği yüksek topraklarda başarılı bir şekilde kışlık olarak geniş alanlarda yetiştirme olanağına sahip potansiyel bir yağ bitkisidir. Ancak, Orta Anadolu ve Trakya'da ekim zamanı olan Eylül ve Ekim ayları başında yağışların yetersiz olmasından dolayı toprakta tav bulunmamaktadır. Bu durum, kolza üretimi açısından önemli bir problem oluşturmaktadır. Çünkü kolza kışa rozet döneminde girmediği takdirde, kıştan büyük ölçüde zarar görmekte, hatta tamamen ölmektedir. Bu nedenle, sulama imkânı olan alanlarda, ekimden sonra bir kez çıkış suyu yapılması zorunlu hale gelmektedir (Kolsarıcı, 1986; Başalma ve Uranbey, 1998; Bayramin ve Kaya, 2009).

Dünyada yağ bitkileri ekim alanları incelendiğinde, ilk sırada soya yer almakta ve bunu sırasıyla, kolza, pamuk, ayçiçeği ve yer fıstığı izlemektedir (Anonim, 2020a) Ülkemizde ise 2018 yılı verilerine göre, ayçiçeği en fazla ekimi ve üretimi (1 milyon 800 bin ton) yapılan yağ bitkisidir. Ayrıca, çığit (1 milyon 542 bin ton), yer fıstığı (174 bin

ton), soya (140 bin ton) ve kolza (125 bin ton) ülkemizde önemli yağ bitkileri arasındadır (Anonim, 2020b). Ülkemizin toplam yağlı tohumlu bitki üretimi 2018 yılında 3 milyon 833 bin ton olarak gerçekleşmiş ve bu tohumların işlenmesi sonunda da 1,021 bin ton bitkisel ham yağ üretimi yapılmıştır. Yerli hammaddeden elde edilen ham yağ miktarı toplam yağ arzımızın ancak %36,8'lik kısmını karşılamaktadır. Yağlı tohum üretiminin yeterli olmaması nedeniyle yine aynı yıl içerisinde, 2,660,349 ton soya, 712,121 ton ayçiçeği ve diğerleri (keten, kolza, çığit, ketencik ve aspir) olmak üzere toplamda 3,599,129 ton yağlı tohum ve 1,250 ton ham yağ (ithal tohumdan elde edilen ve doğrudan ham yağ olarak ithal edilen miktar) ithalatı gerçekleştirilmiştir (Arioğlu vd., 2020).

Ülke hayvancılığının gelişmesine bağlı olarak yem talebinin artması nedeniyle, yağlı tohum küspesine ihtiyaç da artmış ve 2018 yılında 1,621 ton yağlı tohum küspesi ithal edilmiştir. Türkiye ithal ettiği yağlı tohum, ham ve rafine yağ ile yağlı tohum küspesi için toplam 3,6 milyar dolar ödemiştir (Arioğlu vd., 2020). T.C. Merkez Bankası ve TÜİK verileri kullanılarak yapılan hesaplamalara göre; 2018 yılında meydana gelen dış ticaret açığının %6,6'sı ve cari açığın ise %13,2'si yağlı tohum ve türevleri ithalatından kaynaklandığı bildirilmektedir (Anonim, 2018).

Ülkemizde yağ bitkileri üretimi, talebi karşılayamadığı için yağlı tohumlu bitkilerin tarım alanları içerisindeki payı artırılarak ekim alanı genişletilmeli, verimleri ve yağ oranları artırılmalıdır. Ayrıca, ayçiçeği yanında diğer yağ bitkilerinin ekim nöbetine dahil edilmesi de büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda ülkemizde de ekim alanı ve üretimi artış gösteren kolza, 37,6 milyon hektar ekim alanı, 75,0 milyon ton üretimi ve yaklaşık 200 kg/da verimi ile dünya yağlı tohum üretiminde soyadan sonra ikinci sırayı almaktadır. Ülkemizde ise 2018 yılında kolza ekim alanı 37,846 bin ha, üretim 125 bin ton ve verim ise 330 kg/da olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2020b). Ülkemiz kolza verimi, dünya ortalama verimi olan 200 kg/da'ın oldukça üzerindedir (Anonim, 2020a).

Dünya genelinde tarımsal ürünlerin verimliliğinde abiyotik stresler %50'yi aşan kayıplara neden olmaktadır (Kumar ve Verma, 2018). Başlıca abiyotik stresler arasında ise yüksek ve düşük sıcaklık, kuraklık, tuzluluk ve ağır metal stresleri gelmektedir (He vd., 2018). Bunlar içerisinde toprak tuzluluğu, dünya çapında 800 milyon ha araziye etkilemekte (Munns ve Tester, 2008) ve tuzluluktan etkilenen alanlar giderek artış

göstermektedir. Ayrıca tarım arazilerinin önemli bir kısmı, yoğun sulama ve yetersiz drenaj nedeniyle çözünebilir tuzlar bakımından zengin yer altı suyu seviyesinin yükselmesi sonucu, topraklar hızla tuzlulaşmaktadır (Munns ve Tester, 2008; Munns ve Gilliam, 2015; Zörb vd., 2019; Phour ve Sindhu, 2020). Ülkemizde ise yaklaşık 1,5 milyon hektarlık alanda tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır (Ekmekçi vd., 2005).

Toprak tuzluluğu, ilk aşamada osmotik strese (fizyolojik kuraklık) ve ardından iyonik strese (iyon toksisitesi) neden olarak tohumlarda çimlenme, bitkilerde ise büyüme ve gelişmeyi engellemektedir (Munns ve Tester, 2008). Topraktaki tuzlar suyun osmotik potansiyelini azaltarak tohumun su almasına engel olmaktadır. Çimlenmekte olan tohumlarda sınırlı su alımı sonucunda embriyo gelişmesi ve fidenin büyümesinde gerileme meydana gelmektedir (Han ve Kim, 2006; Pandey ve Penna, 2017). Ayrıca, topraktaki tuzlar ortamdaki  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonunu arttırmakta ve bitkiler için gerekli besin elementleri ile rekabete girerek bitkilerde besin eksikliği veya besin dengesizliğine neden olmaktadır (Hu ve Schmidhalter, 2005; Çulha ve Çakırlar, 2011). Tuzluluk, bitkilerin erken büyüme dönemlerinde su alımını, hücre uzamasını, kök gelişimini ve yeni yaprakların oluşumunu engellemektedir. Daha uzun süre tuza maruz kalan bitkilerde, hücrelerde tuz iyonlarının birikmesi sonucunda erken yaşlanma, enzim işlevselliğinde bozulmaya ve fotosentezin inhibisyonuna neden olmaktadır (Munns, 2005; Roy vd., 2014; Shelke vd., 2017). Sonuçta bitki büyümesi tuzluluk stresi ile azalmaktadır. Ancak, bitki tür ve çeşitleri tuz stresine karşı duyarlılıkları veya toleransları bakımından farklılık göstermektedir (Munns ve Termaat, 1986).

Bitkilerin büyüme ve gelişme dönemleri arasında, çimlenme ve erken fide gelişim dönemleri, tuz stresine en duyarlı olduğu dönemlerdir. Bu nedenle yetiştirilecek çeşitlerin tuza tolerans veya duyarlılıkları açısından incelenmesinde bu dönemler oldukça kritik dönemler olarak değerlendirilmektedir (Shahid vd., 2012; Pandey ve Penna, 2017; Shelke vd., 2017). Ayrıca hızlı, daha kolay ve düşük maliyetli bir yöntem olarak çimlenme ve fide aşamalarında tuzluluk tolerans araştırmaları, daha ileri gelişim dönemlerinde yapılacak çalışmalara oranla daha çok tercih edilmektedir (Bafeel, 2014; Shelke vd., 2017). Toprak tuzluluğu, tuzların çoğunlukla yüzey katmanında birikmesinden dolayı tohumların çimlenmesi üzerinde daha zararlı etkilere neden olmaktadır (Kayani ve Rahman, 1987; Rahman vd., 2000; Sharma vd., 2004; Saboora vd., 2006; Bybordi ve Tabatabaei, 2009).



Çimlenmeyi takiben gelişen fideler, başlangıçta tohumun yedek besin maddelerinin mobilizasyonu ile desteklenmektedir (Bewley, 1997; Pandey ve Penna, 2017). Hızlı çimlenme ve kuvvetli fide gelişimi bitkinin tuzluluk direncini artırmakta ve böylece bitki büyümesini ve verim potansiyelini korumada önemli bir rol oynamaktadır (Carpici vd., 2009).

Kolza orta derecede tuz toleranslı olarak sınıflandırılırsa da erken gelişme döneminde tuz stresine duyarlı olduğu için çimlenme, fide büyüme ve gelişimi tuzlulukla belirgin şekilde engellenmektedir (Francois, 1994; Steppuhn vd., 2001; Ashraf ve McNeilly, 2004; Bandehagh vd., 2011). Bu nedenle çeşitlerin erken gelişim dönemlerindeki tuza toleranslarının belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada ülkemizde yetiştirilen bazı kolza çeşitlerinin çimlenme ve erken fide gelişim dönemlerinde tuz stresine tepkilerinin morfolojik ve fizyolojik özellikler yardımıyla değerlendirerek tuzluluk stres düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Dünyada ve ülkemizde kolzanın farklı abiyotik stres şartlarına tepkilerinin incelendiği araştırmalar değerlendirilmiş ve çalışma konumuz olan tuzluluk, kuraklık ve düşük sıcaklık streslerinde kolzanın çimlenme ve fide gelişimi üzerine yapılmış güncel araştırmalara ait özetler tarih sırasına göre aşağıda verilmiştir.

Ashraf vd. (2001) üç amfidiploid *Brassica* türünün, *B. napus* (AC genomu), *B. carinata* (BC genomu) ve *B. juncea* (AB genomu) ile diploid akrabaları *B. campestris* (A genom), *B. oleracea* (C genom) ve *B. nigra* (B genom) sera koşullarında tuz stresine tepkilerini inceledikleri araştırmada, 23 günlük bitkileri Hoagland besin çözeltisinde 28 gün boyunca kontrol, 100 ve 200 mol/m<sup>3</sup> NaCl ile muamele etmişlerdir. Tuzlu koşullarda, üç amfidiploid türün büyümesi, sürgün ve kök ağırlıklarında anlamlı olarak daha yüksek bulunmuş ve tohum verimi, diploidlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Amphidiploidler sürgünlerde ve köklerinde daha düşük Na<sup>+</sup> fakat daha yüksek K<sup>+</sup> biriktirmişlerdir, bu nedenle K<sup>+</sup>/ Na<sup>+</sup> oranı diploid türlerden önemli ölçüde yüksek olmuştur. Ca<sup>+2</sup> diploidlerde ve amfidiploidlerde birikim benzer bulunmuştur. Amfidiploidlerin yüksek tuz toleransı ve diploid akrabalarına göre arttırılmış K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> farklılığının ortaya çıkmış olması, tuz toleransının A ve C genomlarından elde edilmiş olduğunu ve ikinci özelliğin de her üç genomdan (A, B ve C) alındığını gösterdiği belirlenmiştir.

Kaya vd. (2005) kolza (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.), yağ şalgamı (*Brassica campestris* L.) ve lahana (*Brassica oleracea* L.)'nin çimlenme ve çıkışı üzerine NaCl konsantrasyonlarının etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırmada, materyal olarak Capitol, Bristol ve Orkan kolza çeşitleri, Agat, Mammut ve Harmoni yağ şalgamı, Mohrenkopf, Bayraklı ve Yalova-1 lahana çeşitleri ile farklı tuz konsantrasyonları (0, 5, 10 ve 20 dS/m) uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, tür ve çeşitlerin NaCl konsantrasyonlarına farklı tepkiler gösterdiği belirlenmiştir. Türler içerisinde yağşalgamı NaCl konsantrasyonlarından en az etkilenen tür olmuştur. 10 dS/m seviyesine kadar hem çimlenmede hem de fide gelişiminde önemli azalmalar olmadığı saptanmıştır. Ayrıca,

NaCl seviyeleri çimlenmeden çok fide gelişimini olumsuz yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Akram ve Jamil (2007) su kültürü koşullarında altı hafta süreyle yetiştirilen kanola çeşitlerine ait bitkiler, beş hafta boyunca 0 ve 150 mM NaCl'ye tabi tutulmuştur. Net CO<sub>2</sub> asimilasyon hızı, stoma iletkenliği, transpirasyon hızı, su kullanım etkinliği, yaprak prolin, yaprak glisin betain, yaprak Na<sup>+</sup>, yaprak K<sup>+</sup> ve yaprak K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> oranı, yaprak osmotik potansiyeli ve yaprak bağıl su içeriği gibi çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal özellikler ölçülmüştür. Tüm kanola çeşitlerinin çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri kullanarak göreceli tuz toleransı temelinde sıralanmış ve daha sonra uygun seçim kriterlerini belirlemek için bitki tuzu toleransı (bitki büyümesi) ile ilişkilendirilmiştir. Con-II ve Rainbow'un takip ettiği Dunkeld yüksek oranda tuz toleransına sahipken Westar, Bolero, Oscar, RGS 003, Option-500 ve Cyclone tuza duyarlı olmuştur. Bununla birlikte, BLN877, Haanza, Goliath ve Olga cvs, tuz toleranslı çeşitler olarak potansiyel adaylar olarak kabul edilmiştir. Yaprak potasyum içeriği, yaprak osmotik potansiyeli ve nispi su içeriği gibi tüm fizyolojik ve biyokimyasal özellikler tuza tolerans ile pozitif ilişkili olarak belirlenmiştir. Yaprak Na<sup>+</sup>, yaprak K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> oranı, prolin ve GB birikimi, tuz toleransı ile pozitif ilişkili olmuştur.

Janagard vd. (2008) farklı tuz (NaCl) seviyelerinde (0, 4,5, 8,8, 12,7 ve 16,3 dS/m) 3 kanola çeşidinin (SLM046, Rigent × Cobra ve Okapi) çimlenme ve erken fide gelişim dönemlerine olan etkilerini inceledikleri araştırmada, çeşit ve tuz faktörleri bakımında sürgün uzunluğu ve kuru ağırlık değerleri arasında önemli bir farkın olmadığını, yüksek tuz çözeltilerinde Okapi çeşidinin kök uzunluğu ve çimlenme yüzdesinin diğer çeşitlere nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek çimlenme oranı (%85) ve kök uzunluğu (45,5 mm) Okapi çeşidinde, kuru sürgün (4,84 mg), kök (0,63 mg) ve fide ağırlığı (5,40 mg) ise Reigent × Cobra çeşidinde olduğunu tespit etmişlerdir. Artış gösteren tuz seviyelerinde çimlenme oranı %90'dan %66'ya, kök uzunluğu 46,6 mm'den 12,7 mm'ye, sürgün uzunluğu 24,8 mm'den 14,2 mm'ye ve fide kuru ağırlığı 4,62 mg'dan 3,73 mg'a azaldığını belirlemişlerdir.

Day vd. (2009) yazlık (Gladiator, Licolly ve Licosmos) ve kışlık (Orkan, Licord ve Bristol) kolza (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) çeşitlerinin farklı tuz konsantrasyonlarında

(0, 5, 10 ve 20 dS/m) çimlenme ve çıkış üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, çeşitlerin NaCl dozlarına farklı tepkiler verdiği belirlenmiştir. En uzun sürgün (11,6 cm) ve kök (10,9 cm) ile en yüksek fide yaş ağırlığı (1095 mg/bitki) Orkan çeşidinde 5 dS/m tuz dozunda ve 10 dS/m tuz seviyesine kadar çimlenme, çıkış ve fide gelişimi önemli derecede etkilenmediğini saptamışlardır. İncelenen çeşitler arasında Orkan kışlık kolza çeşidi tuza toleranslı, Gladiator ve Licolly çeşitleri orta derecede tuza toleranslı ve Licosmos, Licord ve Bristol ise tuza hassas çeşit olarak öne çıktığını bildirmişlerdir.

Bybordi ve Tabatabaei (2009) beş kolza çeşidinin (Elit, Fornax, Licord, Okapi ve SLM046) farklı tuz seviyelerinde (Kontrol, 5, 10, 15 ve 20 dS/m) çimlenme ve fide gelişimi üzerine olan etkilerini inceledikleri çalışmada, artan tuz konsantrasyonunun çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu ve yaş ağırlığını önemli ölçüde azalttığını, çeşitler arasında tolerans sıralamasını SLM046> Okapi> Fornax> Licord> Elite olarak bildirmişlerdir.

Farhoudi vd. (2012) tuzluluğun çimlenme, erken fide büyümesi, elektrolit sızıntısı ve farklı kanola (*Brassica napus* L.) çeşitlerinin antioksidan aktivitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Üç kanola çeşidi (Fornex, Alice ve Modena) dört NaCl seviyesinde (0, 40, 80 ve 120 mM) incelemiştir. Tüm kanola çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve fide kuru ağırlığında genel olarak tüm tuzluluk seviyelerinde önemli bir azalma gözlenmiştir, ancak en yüksek tuzluluk seviyesinde (120 mM) daha fazla etkilenmiştir. Modena çeşidi, tuzlu ortamda diğer çeşitlerden daha yüksek çimlenme yüzdesi, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve fide kuru ağırlığına sahip olmuştur. Ayrıca, kanola çeşitlerinde tüm tuzluluk seviyelerinde fide elektrolit sızıntısı, katalaz (CAT) ve peroksidaz (POX) aktiviteleri artmıştır. Bununla birlikte, kanola çeşidi Modena'da daha yüksek tuzluluk seviyelerinde minimum elektrolit sızıntısı ile birlikte daha yüksek CAT ve POX aktiviteleri gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, tuzluluk stresi kanola'nın çimlenmesini ve erken fide büyümesini ciddi şekilde etkilediği, Modena çeşidinin daha yüksek CAT ve POX aktiviteleri ve daha iyi membran stabilitesi ile tuzlu koşullar altında daha yüksek çimlenme ve fide büyümesinin sürdürülmesi nedeniyle tuza en toleranslı çeşit olduğu belirlenmiştir.

Sharma vd. (2013) 25 Hint hardalı (*Brassica juncea*) genotipinde tuz stresinin (12 dS/m) çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, tuz stresi altında ortalama çimlenme süresinin arttığını, kök/sürgün oranı ve fide kuru ağırlığının azaldığını bildirmişlerdir. Genotiplerin ortalama değerleri göz önüne alındığında, kontrolde çimlenme indeksinin tuz stresinden daha yüksek olduğunu, çeşitler arasında ise önemli farklılıkların olduğunu tespit etmişlerdir.

Uyanık vd. (2014) kışlık kolza çeşitlerinin (Egc 7571, Elvis, Es Hydromel ve Triangle) 8 farklı NaCl dozuna (0, 25, 50, 75, 100, 125, 150 ve 200 mM) çimlenme döneminde tepkilerini inceledikleri çalışmada, NaCl dozları incelenen özellikler üzerine önemli oranda olumsuz etkilediğini, çimlenme oranının %65-100, çimlenme süresinin 3,75–8,71 gün, kök uzunluğunun 0,50-12,81 cm ve sürgün uzunluğunun 0,59-8,79 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çeşitlerin, çimlenme oranı bakımından tuz stresine 125 mM NaCl dozuna kadar tolerans gösterebildiğini, bu düzeyden sonra çimlenme oranında önemli düşüşler görüldüğünü saptamışlardır. Diğer özelliklerde ise çeşitlerin genel olarak tuz stresine 100 mM NaCl dozuna kadar tolerans gösterebildiğini, bu noktadan sonra keskin düşüşler görüldüğünü ve incelenen tüm özelliklerde, artan tuz stresinden Egc 7571 çeşidi daha az etkilendiğini, en fazla etkilenen çeşidin Elvis olduğunu bildirmişlerdir.

Jan vd. (2016) farklı NaCl dozlarının (0, 50, 100 ve 150 mmol) sarı ve kahverengi *Brassica rapa* ile *B campestris* var. *toria* tipi alt türlerinin morfolojik ve biyokimyasal karakterler üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada, bitkiler test tüplerinde yetiştirilmiş ve ekimden 4 hafta sonra sürgün ve kök uzunluğu, sürgün / kök yaş ve kuru ağırlığı, bağıl su içeriği (RWC), prolin ve klorofil a, b, a + b içerikleri incelenmiştir. En yüksek sürgün uzunluğu 50, 100 ve 150 mmol tuz seviyelerinde 22861 genotipinde sırasıyla 9,5, 8,0 ve 6,85 cm olarak kaydedilmiştir. En yüksek kök uzunluğu TS-1 genotipinin 50 mmol (3,67 cm) ve 100 mmol (3,14 cm) seviyelerinde tespit edilmiştir. En yüksek yaş ve kuru sürgün ağırlığı ve yaş ve kuru kök ağırlığı TS-1 çeşidinde elde edilmiş ve artan NaCl konsantrasyonlarında sürgün yaş ağırlığı sırasıyla 7,20, 6,60, 4,93 ve 3,95 mg olarak ölçülmüştür. 22861 (kahverengi tip) genotipi, tüm stres seviyelerinde en iyi morfolojik ve biyokimyasal performans göstermiş, bunu sırasıyla Toria-Sathi ve Toria-A genotipleri izlemiştir. 26158 (sarı tip) genotipi, çok düşük performans göstermiş ve büyümesi yavaş gerçekleşmiştir. RWC değerleri ve klorofil a, b ve a + b içerikleri, tuz konsantrasyonunun

artmasıyla birkaç kat azalırken, prolin içeriği ise artmıştır. En yüksek RWC değerleri 22861 genotipinde artan tuz streslerinde sırasıyla, %81,1, %72,1, %65,5 ve %60,5 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, kahverengi ve toria tiplerinin, erken çimlenme aşamalarında sarı tiplere göre, tuz stresine daha toleranslı olduğunu bildirmişlerdir.

Saxena ve Purty (2017) amfidiploid *Brassica* türlerinin *B. napus* (AC genomu), *B. juncea* (AB genomu) ve *B. carinata* (BC genomu) diploid türler *B. campestris* (AA, n=10), *B. nigra* (BB, n=8) ve *B. oleracea* (CC, n=9)'den daha toleranslı olduğunu bildirmişlerdir. Yürüttükleri çalışmada fideleri 24 saat 200 mM NaCl ile muamele ettikten sonra fidelerdeki büyüme, iyon sızıntısı, Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> oranı, klorofil, protein, malondialdehit ve prolin içeriği belirlenmiştir. Tuz stresiyile birlikte tüm *Brassica* türlerinde fide gelişiminin kısıtlandığını, klorofil ve protein içeriğinin önemli bir oranda azaldığını bildirmişlerdir. İyon sızıntısının ise *B. juncea* fidelerinde membran zararlanmasının en az olduğunu ancak Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> oranının en yüksek olduğunu göstermektedir. İyon sızıntısı ile malondialdehit içeriği arasında önemli ve pozitif (r=0.9) ilişki belirlenmiştir. *Brassica* türleri arasında *B. juncea* çeşitlerinin daha toleranslı olduğunu tespit etmişlerdir.

Bandeh vd. (2018) 14 kanola genotipine uyguladıkları üç tuz stresiyile (0, 150 ve 350 mM) morfolojik ve fizyolojik özellikleri araştırdıkları çalışmada, artan tuz dozlarıyla birlikte biyokütle verimi, yaş ve kuru sürgün ağırlığı, kök ağırlığı, klorofil içeriği, yaprak nispi su içeriği, kök ve sürgündeki K<sup>+</sup> içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre 14 kanola genotipi arasında, biyokütle verimi ve fizyolojik olarak Safi-7'nin tuza en toleranslı genotip, yaş ve kuru ağırlık bakımından ise Zafar'ın tuza en duyarlı genotip olduğunu tespit etmişlerdir.

Hu vd. (2018) seksen sekiz kolza çeşidinin çimlenme döneminde tuz stresine toleransına etkili olabilecek özellikleri ve ilişkilerini inceledikleri çalışmalarında, %0,1, %0,3, %0,6, %1,0 ve %1,5'lük tuz konsantrasyonlarını incelemişler ve %1,2'lik NaCl konsantrasyonun çeşitleri ayırt etme bakımından optimum olduğunu belirlemişlerdir. Tuz stresinin en az çimlenme oranını en fazla ise kök uzunluğunu etkilediğini bildirmişlerdir. İncelenen genotipler arasında SW190 çeşidinin tuz stresine en toleranslı genotip olduğu, artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme oranı, kök uzunluğu, yaş ağırlık ve çimlenme potansiyeli değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Stafen vd. (2018) farklı abiyotik stres faktörlerinin hibrit kanola çeşitlerinin (Hyola 50, Hyola 61, Hyola 433, Hyola 571CL ve Hyola 575CL) çimlenme ve fide gelişimine etkilerini inceledikleri çalışmada, su basması (normal ve aşırı su), kuraklık (0 ve -0.5 MPa PEG) ve tuzluluk (0, 25, 50, 75 ve 100 mM NaCl) koşullarında tohum çimlenmesine ve fide büyümesine olan tepkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, su basması stresine çeşitlerin farklı tepkiler verdiği belirlenirken, kuraklık stresinden en az etkilenen çeşidin Hyola 575CL olduğunu, çimlenme ve fide gelişiminin etkilenmediği belirlenmiştir. Ancak Hyola 571CL çeşidinin 4. gün çimlenme yüzdesi kuraklıkla %86,0'dan %15,3'e, 7. gün çimlenmesini %96,0'dan %64,7'e azaldığı, kök uzunluğunda önemli bir değişim olmazken kök kuru ağırlığının 24 mg'dan 7.07 mg'a düştüğü tespit edilmiştir. Tuzluluk stresinde ise stresinde ise sadece çeşitler arasında önemli önemli farklılıklar belirlenmiş ve en yüksek çimlenme Hyola 575CL çeşidi ile Hyola 50 çeşitlerinden %96,9 ve %94,4 olarak elde edilmiştir.

Putnik-Delic vd. (2019) düşük NaCl (besin çözeltilisinde 0,2, 0,6 ve 1,2 g/L) konsantrasyonlarının kolza'da fizyolojik süreçlerine olan etkilerini inceledikleri çalışmada, artan tuz konsantrasyonunun yaprak üst yüzeyindeki stoma yoğunluğu üzerine bir etkisinin olmadığını ancak yaprak alt yüzeyindeki stoma yoğunluğu, yaprak alanı ve terleme yoğunluğunda azalma gösterdiğini bildirmişlerdir. En düşük NaCl tuz konsantrasyonunda yaprak alanı ve terleme yoğunluğunda önemli bir değişime neden olmadığını fakat yüksek NaCl konsantrasyonlarında ise (0,6 ve 1,2 g/L) yaprak alanı ve terleme yoğunluğunda önemli bir düşüşün meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Hooks vd. (2019) yedi hardal (*Brassica juncea*) ve dört kolza (*Brassica napus*) genotipinin fide gelişim döneminde tuza toleransını değerlendirdikleri çalışmada, genotiplerin çıkış indeksi hardalda %11-112 arasında ve kolzada çıkış indeksi %7-110 arasında değiştiğini, artan tuz stresinin artışına bağlı olarak çıkış indeksinin azaldığını, yaprak alanı, yaprak yaş ve kuru ağırlığında sırasıyla %63, %65 ve %65 oranında azalmalara neden olduğunu belirtmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Artan tuz konsantrasyonlarının bazı kışlık kolza çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkileri ile fide dönemindeki bitkilerin morfolojik ve fizyolojik özelliklerine olan etkilerinin incelendiği bu çalışmada kullanılan materyaller ve yöntem aşağıda özetlenmiştir.

#### 3.1. Materyal

Bu araştırma, 2019 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Tohum Bilimi ve Teknolojisi laboratuvarında yürütülmüştür. Araştırmada farklı tuz stresleri oluşturmak amacıyla sodyum klorür (NaCl) tuzu ile DK Exstorm, ES Mercure, NK Caravel, DK Excalibur, Elvis ve Orkan olmak üzere 6 adet kışlık kolza çeşidi kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan kışlık kolza çeşitlerine ait bazı özellikler aşağıda verilmiştir.

DK Exstorm çeşidi, Monsanto Gıda ve Tarım Tic. Ltd. Şti. tarafından 2017 yılında tescil ettirilmiş, orta erkenci, hastalıklara ve kış şartlarına toleransı yüksek olan hibrit çeşit olduğu bildirilmektedir (Anonim, 2020c).

DK Excalibur, hızlı yaprak gelişimi sayesinde geç ekimlerde de rahatlıkla ekilebilen, kök gelişiminin kuvvetli, kışa toleransı ve yağ oranı yüksek olan, Monsanto Gıda ve Tarım Tic. Ltd. Şti.'ne ait erkenci hibrit bir çeşit olduğu bildirilmektedir (Anonim,2020ç).

ES Mercure, orta erkenci ve yüksek yağ oranına (%45) sahip bir çeşit olup, kışa toleransı yüksek, güçlü kök ve gövde yapısına sahip olduğu, Euralis Tohumculuk A. Ş. tarafından bildirilmiştir (Anonim, 2020d).

NK Caravel, Syngenta Tarım San. ve Tic. A.Ş. 'ne ait orta erkenci, çimlenme ve çıkış gücü yüksek, rozet döneminde soğuğa toleranslı, verim potansiyeli yüksek ve *Phoma* hastalığına tolerans özelliklerine sahip bir çeşittir (Anonim, 2020e).



Elvis çeşidinin ise sağlam kök ve sap yapısına, soğuğa toleranslı, %40-45 yağ oranına sahip olduğu United Genetics Turkey Tohum Fide A.Ş. tarafından bildirilmektedir (Baran vd., 2010).

Orkan, Agromar Marmara Tar. Ür. San. Tic. A.Ş. tarafından 2007 yılında tescil ettirilmiş kışlık kolza çeşididir.

### 3.2. Yöntem

Araştırmada, 6 adet kışlık kolza çeşidine ait tohumların tuz stresindeki çimlenme performanslarının belirlenmesi amacıyla standart çimlenme testi ISTA (2003) kurallarına göre yürütülmüştür. İncelenen kolza çeşitlerine ait tohumlardan dört tekerrürlü ve her tekerrürde elli adet tohum ( $4 \times 50$ ) olacak şekilde kurulmuştur. Her bir filtre kâğıdı için 7 mL olacak şekilde, üç adet filtre kâğıdı (boyutları  $20 \times 20$  cm) arasında kontrol, 5, 10, 15 ve 20 dS/m tuz solüsyonu ile nemlendirilmiştir. İki kat çimlendirme kâğıdı üzerine konulan 50 adet tohumun üzerine tekrar bir kat kâğıt konularak rulo yapılmıştır. Buharlaşmayı önlemek için ağzı kilitli plastik torba içerisinde konulduktan sonra tamamen karanlık ortamda  $20 \pm 1$  °C sıcaklıkta inkübatörde çimlenmeye bırakılmıştır. Her iki günde bir, tuz birikimini engellemek amacıyla çimlendirme kâğıtları değiştirilerek tekrar uygun solüsyondan 7 mL eklenmiştir. Deneme süresince çimlenen tohumlar her gün sayılmış ve 2 mm kökçük uzunluğuna sahip olan tohumlar çimlenmiş kabul edilmiştir.

Saksı denemelerinde materyal olarak DK Exstorm, ES Mercure ve NK Caravel üç farklı kolza çeşidi kullanılmış ve çeşitlere kontrol (distile su), 5, 10, 15 ve 20 dS/m olmak üzere 5 farklı NaCl konsantrasyonu uygulanmıştır. Deneme  $17 \times 23 \times 7$  cm boyutundaki plastik kaplarda torf, perlit ve vermikülit (3:1:1 oranında) karışımı kullanılarak doldurulmuştur. Tohumlar 2 cm derinliğe ekilmiş ve ekimi yapılan plastik kaplar  $20/25$  °C sıcaklıkta, %70 nem koşullarına ayarlanarak bitki büyütme kabinine aktarılmış ve ekimi izleyen 5 gün boyunca üstleri kapalı olarak tutulmuştur. Deneme dört tekerrürlü ve her tekerrürde 25 adet tohum olacak şekilde kurulmuştur. Başlangıçta bütün kaplara de-iyonize su (dI-H<sub>2</sub>O) verilmiş, tuz uygulamalarına bitkilerin kotiledon yaprakları toprak yüzeyinde çıktıktan sonra başlanmıştır. Uygulamanın başlamasından 30 gün sonra denemeye son verilerek hasat edilen bitkilerde morfolojik ve fizyolojik özellikler incelenmiştir.



Şekil 3.1. Farklı tuz konsantrasyonlarındaki DK Exstorm, ES Mercure ve NK Caravel çeşitlerinin çıkış denemesinden görüntü.

### 3.3. Verilerin Elde Edilmesi

#### 3.3.1. Çimlenme yüzdesi (%)

İki milimetre kökçük uzunluğuna sahip tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilerek, çimlenen tohumlar yedinci gün sonunda sayılarak toplam tohum sayısına oranlanmış ve çimlenme yüzdesi (%) belirlenmiştir (ISTA, 2003).

#### 3.3.2. Ortalama çimlenme süresi (gün)

Deneme süresince çimlenen tohumlar her gün sayılmış ve elde edilen sonuçlar Ellis ve Roberts (1981)'in geliştirmiş olduğu aşağıdaki formülden yararlanılarak gün olarak belirlenmiştir (3.1).

$$O\check{C}S = \frac{\sum(Dn)}{\sum n} \times 100 \quad (3.1)$$

D: Sayım günündeki çimlenen tohum sayısı

n: Sayım yapılan gün sayısı

#### 3.3.3. Çimlenme indeksi

Çimlenme indeksi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Mares ve Mrva, 2001) (3.2).

$$\check{C}I = \frac{(5 \times N_1 + 4 \times N_2 + \dots + 1 \times N_5)}{(\text{toplam çimlenme gün sayısı} \times \text{çimlenmede kullanılan tohum sayısı})} \times 100 \quad (3.2)$$

$N_1, N_2, \dots, N_5$ : 1. günde, 2. günde, ..., 5. günde çimlenen tohum sayısı

### 3.3.4. Kök uzunluğu (cm)

Her tekerrürden yedinci gün sonunda tesadüfen seçilen on adet fidenin kök uzunluğu cetvel ile ölçülerek santimetre olarak belirlenmiştir.

### 3.3.5. Sürgün uzunluğu (cm)

Her tekerrürden yedinci gün sonunda tesadüfen seçilen on adet fidenin sürgün uzunluğu cetvel ile ölçülerek santimetre olarak belirlenmiştir.

### 3.3.6. Fide yaş ağırlığı (mg/bitki)

Sürgün uzunluğu belirlenen on adet fidenin ağırlığı, hassas terazide tartılmış ve oranlanarak mg/bitki olarak hesaplanmıştır.

### 3.3.7. Fide kuru ağırlığı (mg/bitki)

Yaş ağırlıkları belirlenen on adet fidenin yaş ağırlığı belirlendikten sonra 70°C'de 24 saat etüvde kurutulmuş ve hassas terazide tartılarak mg/bitki olarak belirlenmiştir.

### 3.3.8. Kuru madde oranı (%)

Aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Kuru madde oranı (\%)} = \frac{\text{Fide kuru ağırlığı (mg/bitki)}}{\text{Fide yaş ağırlığı (mg/bitki)}} \times 100 \quad (3.3)$$

### 3.3.9. Bitki ağırlığı (mg/bitki)

Saksı denemelerinde hasat zamanında bitkiler toprak yüzeyinden kesilerek her tekerrürde 5 adet fidenin yaş ağırlığı hassas terazide tartılmış ve ortalama bitki ağırlığı mg/bitki olarak hesaplanmıştır.

### 3.3.10. Yaprak sayısı (adet/bitki)

Hasat döneminde her çeşit ve tuz konsantrasyonuna ait tekerrürlerden 5 adet fidede bitki üzerindeki tüm yaprakların sayılması ile yaprak sayısı adet/bitki olarak belirlenmiştir.

### 3.3.11. Yaprak oransal su içeriği (%)

Hasat döneminde bitkilerden alınan yaprak örneklerinin oransal su içeriklerinin belirlenmesi için her tekerrürde 5 adet yaprağın yaş ağırlıkları (YA) alınmış ve 4 saat saf su içerisinde bekletildikten sonra turgor ağırlığı (TA) belirlenmiştir. Daha sonra bu yaprak örnekleri 70°C sıcaklıkta 24 saat etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları (KA) tartılmıştır. Aşağıdaki formül yardımıyla yaprak oransal su içeriği yüzde (%) olarak hesaplanmıştır (Turner, 1986) (3.4).

$$YOSİ (\%) = \frac{YA - KA}{TA - KA} \times 100 \quad (3.4)$$

YA: Yaş ağırlık

KA: Kuru ağırlık

TA: Turgor ağırlığı

### 3.3.12. Hücre membran stabilitesi (%)

Hasat döneminde her tekerrürdeki 5 bitkinin üstten 3. yapraklarından 1 cm çapında toplam on adet disk alınarak, içerisinde 5 mL saf su bulunan 50 mL'lik cam deney tüpü içerisine konulmuştur. Üzerine 15 mL daha saf su ilave edilerek buharlaşmayı önlemek amacıyla tüplerin ucu streç film ile kapatılmıştır. Tamamen karanlık ortamda 20°C sıcaklıkta çalışan inkübatör içerisinde 24 saat bekletildikten sonra suyun elektriksel iletkenlik (EC) değerleri (T1) WTW 3.15 model EC metre yardımıyla ölçülmüştür. Daha sonra tüpler 121°C'de 20 dakika otoklavda bekletildikten sonra örnekler 25°C'ye soğutulularak EC değerleri ölçümü (T2) yapılmıştır. Elde edilen değerlerden aşağıdaki formül yardımıyla yaprak hücrelerinde membran stabilitesi belirlenmiştir (Lutts vd., 1996) (3.5).

$$\text{HMS (\%)} = \frac{T1}{T2} \times 100 \quad (3.5)$$

T1: Otoklavlanma öncesi EC değeri.

T2: Otoklavlanma sonrası EC değeri.

### 3.3.13. Klorofil içeriği (SPAD)

Çalışmada, hasat döneminde yaprakların klorofil içeriği “Konica Minolta SPAD-502” portatif klorofil metre kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler üstten ikinci yaprağın ana damara yakın iki bölgesinden ve her tekerrürde 5 adet bitkiden elde edilen verilerin ortalaması alınarak belirlenmiştir.

### 3.3.14. Yaprak yüzey sıcaklığı (°C)

Her kolza çeşidinde ve tuz dozlarında 5'er bitkide olmak üzere, infrared lazer termometre ile fidelerin yaprak sıcaklıkları ölçülmüş ve ortalamaları alınarak santigrat derece (°C) olarak verilmiştir.

### 3.3.15. Nispi zararlanma oranı (%)

Hücre membran zararlanmasında ölçülen iyon sızıntısından yararlanılarak, aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Arora vd., 1992) (3.6).

$$\text{Nispi zararlanma oranı (\%)} = \frac{[\%EC (1) - \%EC (2)]}{[100 - \%EC (2)]} \times 100 \quad (3.6)$$

EC (1): kontrole ait % EC değeri

EC (2): uygulamaya ait % EC değeri

### 3.3.16. Toprak tuzluluk değerleri

Deneme sonunda bitkiler hasat edildikten sonra torf örnekleri içerisindeki nemin kuruması için 1 hafta 25°C'de bekletildikten sonra kontrol ve tuz uygulamalarından 50 g

örnek tartılmış ve 70 °C’de 24 saat etüvde kurutulmuştur. Kuru örnekten 10 g alınarak üzerine 100 mL saf su ilave edilmiş ve spatül yardımıyla karıştırılmıştır. Bu şekilde 20 °C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra EC değerleri ölçülerek araştırma sonundaki toprak tuzluluğu belirlenmiştir.

### **3.4. Verilerin Analizi ve Değerlendirilmesi**

Araştırma sonunda elde edilen veriler, dört tekerrürlü olarak Tesadüf Parselleri Deneme Deseninde Faktöriyel Deneme Düzeninde varyans analizine tabi tutulmuştur (Steel ve Torrie, 1980). Tüm hesaplamalar bilgisayarda MSTAT-C paket programı kullanılarak yapılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıkların önem düzeylerini belirleyebilmek amacıyla Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır (Düzgüneş vd., 1987).

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Laboratuvar koşullarında 2019 yılında yürütülen çalışmada, incelenen kışlık kolza çeşitlerinin çimlenme ve erken fide gelişimi döneminde artan tuz stresine morfolojik ve fizyolojik tepkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada incelenen özelliklere ilişkin veriler ve bu verilerin değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

##### 4.1. Çimlenme Yüzdesi, Ortalama Çimlenme Süresi ve Çimlenme İndeksi

Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kışlık kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksi üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen verilerle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdeleri, ortalama çimlenme süreleri ve çimlenme indekslerine ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	K.O.		
		Çimlenme yüzdesi	Ortalama çimlenme süresi	Çimlenme indeksi
Genel	119	-	-	-
Çeşit (A)	5	1127,4**	0,72**	386,4**
Tuz (B)	4	331,5**	1,22**	431,0**
A×B	20	30,9	0,09**	21,3**
Hata	90	29,4	0,02	2,0

\*\* : %1 düzeyinde önemli

Çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksi verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları incelendiğinde, kolza çeşitleri ve tuz konsantrasyonları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak %1, çeşit × tuz konsantrasyonları interaksiyonunun ise çimlenme yüzdesinde önemsiz, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksinde %1 düzeyinde önemli olduğu Çizelge 4.1'de görülmektedir. Artan tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme indeksi ortalamaları ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.2'de özetlenmiştir.



Çizelge 4.2. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdeleri (%), ortalama çimlenme süreleri (gün) ve çimlenme indeksleri

Çeşitler	Tuz konsantrasyonları (dS/m)					Ortalama
	Kontrol	5	10	15	20	
<b>Çimlenme yüzdesi (%)</b>						
DK Exstorm	98,5	99,5	93,5	97,5	88,0	95,4 A*
ES Mercure	94,0	94,0	93,0	91,5	83,0	91,1 AB
NK Caravel	90,5	90,0	86,0	83,5	84,0	86,8 BC
DK Excalibur	81,5	93,0	86,5	81,5	79,5	86,4 C
Elvis	92,0	93,0	86,5	88,5	87,0	89,4 B
Orkan	73,5	80,0	77,5	68,5	68,0	73,5 D
Ortalama	88,3 AB	91,5 A	87,1 B	85,1 BC	81,5 C	-
<b>Ortalama çimlenme süresi (gün)</b>						
DK Exstorm	1,40 l	1,65 kl	1,78 jk	2,13 f-i	2,45 a-e	1,88 D
ES Mercure	1,90 ijk	2,10 f-i	2,10 f-i	2,18 e-i	2,18 e-i	2,09 C
NK Caravel	1,95 hij	2,05 g-j	2,43 b-e	2,25 c-h	2,53 abc	2,24 B
DK Excalibur	2,00 g-j	2,54 abc	2,48 a-d	2,26 c-g	2,62 ab	2,38 A
Elvis	2,12 f-i	2,26 c-g	2,25 c-h	2,38 b-f	2,73 a	2,35 AB
Orkan	2,09 f-i	2,26 c-g	2,22 d-h	2,19 d-i	2,73 a	2,30 AB
Ortalama	1,91 C	2,14 B	2,21 B	2,23 B	2,54 A	-
<b>Çimlenme indeksi</b>						
DK Exstorm	40,6 a	35,2 b	29,8 cd	23,5 ghi	20,4 jkl	29,9 A
ES Mercure	31,3 c	25,9 efg	26,6 ef	21,8 h-k	19,5 klm	25,1 B
NK Caravel	28,5 de	23,8 fgh	19,4 klm	19,4 klm	17,6 lmn	21,8 C
DK Excalibur	24,7 fgh	21,9 h-k	19,2 klm	19,0 klm	16,0 n	20,2 D
Elvis	23,4 ghi	22,7 hij	20,2 jkl	19,6 klm	16,6 mn	20,5 D
Orkan	20,7 i-l	19,1 klm	18,2 lmn	16,1 n	13,2 o	17,5 E
Ortalama	28,2 A	24,8 B	22,3 C	19,9 D	17,3 E	-

\*\* : Harfler % 1 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Tuz konsantrasyonlarına ilişkin ortalamalar incelendiğinde kontrol uygulaması ve 5 dS/m tuz konsantrasyonunun en yüksek çimlenme yüzdesine sahip olduğu Çizelge 4.2.'de görülmektedir. Tuz stresinin artmasıyla birlikte 10, 15 ve 20 dS/m tuz konsantrasyonlarında daha düşük çimlenme yüzdeleri elde edilmiştir. Bu durumun Na<sup>+</sup>ve Cl<sup>-</sup> iyonlarının toksik etkide bulunmayacak düşük seviyede olduğunda çimlenme oranını teşvik edici etkisinden kaynaklandığı Ashraf ve Mcneilly (1990), Shekari vd. (2000), Al-

Thabet vd. (2004), Kaya vd. (2005) ve Uyanık vd. (2014) bulgularına dayanarak söylenebilir. Bu araştırmacılar düşük NaCl konsantrasyonlarında çimlenme oranında artış olduğunu bildirmişlerdir. Çeşit ortalamaları içerisinde DK Exstorm çeşidi %95,4 oranla en yüksek çimlenme yüzdesine sahip olurken, bunu %91,1 oranla ES Mercure çeşidinin takip ettiği belirlenmiştir. Ayrıca tuz stresinin artmasına bağlı olarak çimlenme oranındaki azalma, iyon toksisitesinin yanı sıra, osmotik basıncın artması sonucu çimlenme için gerekli olan suyun tohum tarafından alınmasının engellenmesinden de kaynaklanabilmektedir (Ekmekçi vd., 2005). Ayaz vd. (2000) tuz stresi altındaki bitkilerde görülen incelenen metabolik bozuklukların çimlenme oranını düşürdüğünü bildirmektedirler.

Kolza çeşitlerinin ortalama çimlenme süresinin artan tuz konsantrasyonlarından önemli ölçüde etkilendiği Çizelge 4.2’de görülmektedir. Tuz stresinin artması kolza çeşitlerinde çimlenme süresinin uzamasına neden olmuştur. Tuz bulunmayan ortamda tohumlar ortalama 1,91 gün’de çimlenirken, 20 dS/m tuz seviyesinde çimlenme süresi ortalama 2,54 gün’de gerçekleşmiştir. Çeşitler içerisinde en kısa çimlenme süresi 1,88 gün ile DK Exstorm’dan elde edilirken, en uzun çimlenme süreleri DK Excalibur, Elvis ve Orkan çeşitlerinde (sırasıyla; 2,38 gün, 2,35 gün ve 2,30 gün) saptanmıştır. Artan NaCl konsantrasyonu ortamdaki osmotik basıncın artmasına neden olarak tohumların su alımının azalması sonucunda çimlenme süresinin uzaması sonucunu ortaya çıkarmıştır. Tohumların çimlenme süresi, çimlenme ortamındaki hava ve su miktarına, sıcaklığa ve tohumların su çekme kapasitesine bağlı olarak değişim göstermektedir (Uyanık vd., 2014). Mass ve Hoffman (1977) yüksek tuz konsantrasyonlarından dolayı osmotik ve iyon kaynaklı dengenin bozulması sonucu tohumlar tarafından su alımının azaldığını belirtmiştir. Sharma vd. (2013) hint hardalı bitkisinde yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde etmiştir.

NaCl konsantrasyonlarındaki artış kolza çeşitlerinin çimlenme indeksinin azalmasına neden olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2). Farklı tuz konsantrasyonu ortalamalarına göre, kolza çeşitlerinin çimlenme indeksinde en yüksek kontrol uygulamasında, en düşük 20 dS/m tuz seviyesinde elde edilmiştir. Çeşit × tuz interaksiyonları incelendiğinde, en yüksek çimlenme indeksinin kontrolde DK Exstorm çeşidinde, en düşük çimlenme indeksinin ise 20 dS/m tuz dozunda Orkan çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca DK Exstorm çeşidinin, tüm tuz seviyelerinde diğer çeşitlere göre

daha yüksek çimlenme indeksine sahip olduğu belirlenmiştir. Artan tuz konsantrasyonları ile çimlenme indeksinin azaldığını Tan vd. (2017) kolzada yaptıkları çalışmada belirlemişlerdir.

#### 4.2. Kök Uzunluğu, Sürgün Uzunluğu, Fide Yaş Ağırlığı ve Fide Kuru Ağırlığı

Çimlenme döneminde artan tuz konsantrasyonlarının kolza çeşitlerinin kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığı değerleriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'te özetlenmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	K.O.			
		Kök uzunluğu	Sürgün uzunluğu	Fide yaş ağırlığı	Fide kuru ağırlığı
Genel	119	-	-	-	-
Çeşit (A)	5	5,1**	3,5**	1567,0**	4,7**
Tuz (B)	4	121,4**	82,2**	7600,0**	0,6**
A×B	20	3,3**	1,7**	80,1**	0,1
Hata	90	0,7	0,2	35,8	0,1

\*\* : %1 düzeyinde önemli

Kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlık verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'te incelendiğinde, kolza çeşitleri ve tuz konsantrasyonları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak %1, çeşit × tuz konsantrasyonları interaksiyonunun ise fide kuru ağırlığında önemsiz, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve fide yaş ağırlığında ise %1 düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Artan tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, fide yaş ve fide kuru ağırlık ortalamaları ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin kök uzunluğu (cm), sürgün uzunluğu (cm), fide yaş ağırlığı (mg/bitki) ve fide kuru ağırlığı (mg/bitki) ortalamaları

Çeşitler	Tuz konsantrasyonları (dS/m)					Ortalama
	Kontrol	5	10	15	20	
<b>Kök uzunluğu (cm)</b>						
DK Exstorm	9,30 a-d	10,84 ab	9,85 a-d	6,98 g-j	5,36 jkl*	8,47 A
ES Mercure	9,21 b-e	10,54 abc	8,94 c-f	6,44 h-k	5,57 ijk	8,14 AB
NK Caravel	9,10 b-e	10,16 abc	9,99 a-d	7,01 g-j	3,42 m	7,94 AB
DK Excalibur	10,97 a	10,16 abc	9,91 a-d	7,40 fgh	3,92 lm	8,47 A
Elvis	7,55 e-h	10,50 abc	7,58 e-h	6,46 h-k	3,62 m	7,14 C
Orkan	9,17 b-e	8,92 c-f	7,21 ghi	8,34 d-g	5,03 klm	7,73 BC
Ortalama	9,22 B	10,19 A	8,91 B	7,10 C	4,49 D	51,3
<b>Sürgün uzunluğu (cm)</b>						
DK Exstorm	6,48 b	7,88 a	7,88 a	6,21 bc	3,55 gh	6,40 A
ES Mercure	6,22 bc	6,83 b	6,45 b	4,90 def	3,60 gh	5,60 BC
NK Caravel	6,78 b	8,03 a	6,60 b	4,58 ef	2,22 j	5,64 B
DK Excalibur	8,35 a	8,15 a	6,22 bc	5,16 de	3,00 hi	6,17 A
Elvis	6,02 bc	7,80 a	5,61 cd	4,30 fg	2,66 ij	5,28 C
Orkan	8,12 a	7,77 a	6,00 bc	5,05 def	3,36 hi	6,06 A
Ortalama	6,70 B	7,74 A	6,46 C	5,03 D	3,06 E	-
<b>Fide yaş ağırlığı (mg/bitki)</b>						
DK Exstorm	82,0 c	105,0 a	82,7 c	78,9 cd	51,7 h-l	80,0 A
ES Mercure	55,9 f-j	88,7 bc	62,9 e-h	58,7 e-j	46,5 j-m	62,5 BC
NK Caravel	51,7 h-l	83,1 c	67,8 def	52,4 h-l	31,3 n	57,3 C
DK Excalibur	69,7 de	97,8 ab	66,3 efg	60,3 e-i	42,8 k-n	67,4 B
Elvis	59,7 e-i	84,1 c	53,8 g-k	53,9 g-k	35,3 mn	57,3 C
Orkan	59,8 e-i	87,3 bc	55,0 g-k	49,8 i-l	40,9 lmn	58,5 C
Ortalama	63,1 BC	91,0 A	64,7 B	59,0 C	41,4 D	-
<b>Fide kuru ağırlığı (mg/bitki)</b>						
DK Exstorm	4,43	4,77	4,44	5,01	5,02	4,74 A
ES Mercure	3,62	3,85	3,88	3,97	4,15	3,89 B
NK Caravel	3,20	3,54	3,84	3,59	3,59	3,55 C
DK Excalibur	3,32	3,61	3,65	3,93	3,69	3,64 C
Elvis	3,52	3,60	3,41	3,43	3,44	3,48 C
Orkan	3,05	3,48	3,63	3,61	3,60	3,47 C
Ortalama	3,53 B	3,81 A	3,81 A	3,92 A	3,91 A	-

\*: Harfler %1 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde, kolza çeşitlerinin kök uzunluğunun artan tuz konsantrasyonlarından olumsuz etkilendiği görülmektedir. Tuz konsantrasyonlarına ilişkin ortalamalar incelendiğinde, en yüksek kök uzunluğu 5 dS/m tuz dozunda elde edilmiştir. Çeşit ortalamaları içerisinde en fazla kök uzunluğu üreten çeşitlerin DK Exstorm ve DK Excalibur çeşitleri olduğu belirlenmiştir. Çeşit × tuz dozu interaksyonu incelendiğinde, DK Excalibur ve Orkan çeşitleri hariç, incelenen diğer çeşitlerin 5 dS/m tuz seviyesinde kök uzunluğunun arttığı görülmektedir. Bu artışın düşük tuz dozlarının bitki için besin elementi etkisi göstermesinden kaynaklandığı bildirilmektedir (Kaçar vd., 2009). 15 dS/m tuz seviyesinde 10 dS/m'e göre daha fazla çeşitte kök uzunluğunda azalış gözlenmiştir. 20 dS/m tuz seviyesinde, DK Exstorm ve ES Mercure çeşitlerinin daha uzun köke sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda, NaCl konsantrasyonlarının artması ile kök uzunluğunun önce arttığı, sonra önemli ölçüde azaldığı dikkati çekmiştir. Kök uzunluğundaki azalış göz önüne alındığında en yüksek azalışın %64,2 ile DK Excalibur çeşidinde olduğu belirlenmiş, bunu %62,4 ile NK Caravel çeşidinin takip etmiştir. En düşük azalma ise %39,5 ile ES Mercure çeşidinde tespit edilmiştir. Tuzluluğun besin emilimini ve kök büyüme hızını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Khan ve Gulzar, 2003). Day vd. (2009) kolzada ve Kiremit vd. (2017) ketende yaptıkları çalışmalarda kök uzunluğunun tuz stresine bağlı olarak azaldığını bildirmişlerdir.

Araştırmada en yüksek sürgün uzunluğu değeri (7,74 cm) 5 dS/m tuz konsantrasyonundan elde edilirken, bunu daha düşük sürgün uzunluğu değerleri ile kontrol, 10, 15 ve 20 dS/m tuz konsantrasyonları izlemiştir. Artan tuz konsantrasyonları sürgün uzunluğunu önemli düzeyde azaltmıştır (Çizelge 4.4). Kontrol uygulamasında DK Excalibur ve Orkan çeşitlerinden daha uzun sürgün elde edilmiş, 20 dS/m NaCl dozunda ise ES Mercure ve DK Exstorm çeşitlerinde belirlenmiştir. 5 dS/m tuz konsantrasyonunda en kısa sürgün uzunluğu 6,83 cm ile ES Mercure çeşidinden elde edilirken, diğer çeşitlerin sürgün uzunluğu 7,77-8,15 cm arasında değişim göstermiştir. Diğer taraftan, Elvis çeşidinde 10 dS/m NaCl konsantrasyonundan itibaren sürgün uzunluğunda önemli azalışlar tespit edilmiştir. Sürgün uzunluğunda en keskin düşüşler, tuz stresinin en fazla olduğu 20 dS/m tuz konsantrasyonunda görülürken, Elvis ve NK Caravel çeşitlerinde sürgün uzunluğunun 3 cm'nin altında değerler verdiği belirlenmiştir. Bu durum, tuz stresine bağlı olarak iyon toksisitesi ve osmotik basıncın etkisiyle su alımının engellenmesi ile açıklanabilir. Kontrol uygulamasına göre sürgün uzunluğunda en fazla azalma %67,3 ile

NK Caravel çeşidinde belirlenmiş ve bunu %64,1 ile DK Excalibur çeşidi takip etmiştir. En düşük azalma %42,1 ile ES Mercure çeşidinden saptanmıştır. Bybordi ve Tabatabaei (2009) ve Hu vd. (2018) kolzada elde ettiği sonuçlar araştırma bulgularımızı destekler niteliktedir.

Çeşitler arasında fide yaş ağırlığı bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Artan tuz seviyeleri kolza çeşitlerinin fide yaş ağırlığını azaltmıştır. Kontrol grubunda en yüksek fide yaş ağırlığı 80,0 mg/bitki ile DK Exstorm çeşidinden elde edilirken, diğer çeşitlerin fide yaş ağırlığı 57,3-67,4 mg/bitki arasında değişmiştir. Ancak, 5 dS/m tuz seviyesinde tüm çeşitlerin fide yaş ağırlığı artmıştır. 15 dS/m dozunda, DK Excalibur, NK Caravel ve Orkan çeşitlerinin fide yaş ağırlığında önemli azalmalar gözlenirken, DK Exstorm, ES Mercure ve Elvis çeşitlerinde önemli bir azalma belirlenmemiştir. En fazla yüzde azalma %40,8 ile Elvis çeşidinde, en düşük azalma ise %16,0 ile ES Mercure çeşidinde tespit edilmiştir. Tuz stresinde bitkilerin büyüme ve gelişmesinde önemli azalmalar belirlenirken, özellikle yaş ağırlıkların azaldığı ve dolayısıyla bitkideki su oranının azaldığı söylenebilir. Benzer şekilde tuz konsantrasyonlarının artmasına bağlı olarak fide yaş ağırlığının azaldığı Jan vd. (2016) ve Bandeh vd. (2018) tarafından da belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde, kolza çeşitlerinin fide kuru ağırlığı artan tuz seviyelerine farklı tepkiler verdiği görülmektedir. Çeşitler arasında tüm NaCl seviyelerinde en yüksek fide kuru ağırlığı 20 dS/m tuz dozunda 5,02 mg ile DK Exstorm çeşidinde elde edilmiş, diğer beş çeşidin fide kuru ağırlığı ise 4,15-3,44 mg/bitki arasında değişmiştir. DK Exstorm çeşidi 4,74 mg/bitki ile en yüksek kuru ağırlığa sahip olurken, bunu 3,89 mg/bitki ile ES Mercure çeşidi takip etmiş, diğer kolza çeşitleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir. Diğer taraftan, tuz seviyeleri incelendiğinde, her tuz seviyesinde kuru ağırlık kontrole göre artmış, tuz seviyeleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir. Kaya vd. (2005) kolzada yaptıkları çalışmada elde ettikleri sonuçlar bulgularımızla benzerlik göstermektedir.

### 4.3. Kuru Madde Oranı

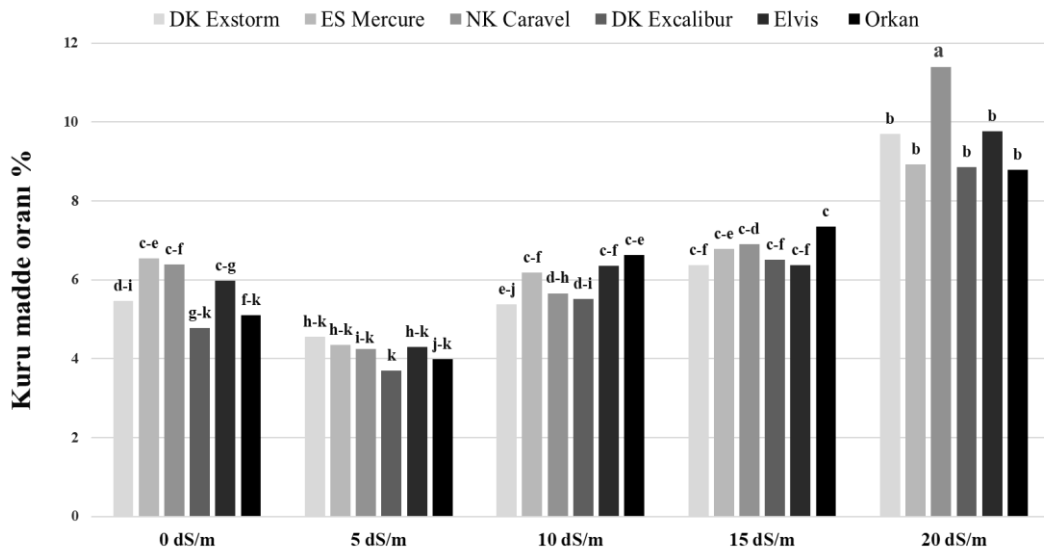
Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin kuru madde oranlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin kuru madde oranına ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F Değeri
Genel	119	457,0	-	-
Çeşit (A)	5	12,3	2,47	5,6**
Tuz (B)	4	378,0	94,50	216,3**
A×B	20	27,9	1,40	3,2**
Hata	90	39,3	0,44	-

\*\* : %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi, kuru madde oranı bakımından kolza çeşitleri ve tuz konsantrasyonları arasındaki farklılıklar ile çeşit × tuz konsantrasyonları interaksyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin kuru madde oranları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Kolza çeşitlerinin artan tuz konsantrasyonundaki kuru madde oranları (%)

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi, çeşitler arasında kuru madde oranı açısından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Araştırmada incelenen kolza çeşitlerinin kuru madde oranı %3,70-11,40 arasında değişim göstermiştir. Çeşit × tuz interaksyon incelendiğinde, 5 dS/m NaCl dozunda tüm çeşitlerin kuru madde oranında azalış meydana gelmiş olup, bu azalışın ES Mercure, NK Caravel ve Elvis çeşitlerinde istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Kolza çeşitlerinin, 20 dS/m tuz konsantrasyonunda kuru madde oranlarında göze çarpan bir artış tespit edilmiş ve en fazla kuru madde oranı 20 dS/m tuz seviyesinde NK Caravel

çeşidinde %11,40 olarak belirlenmiştir. Çeşit ortalamaları içerisinde NK Caravel %6,93 ile en fazla kuru madde oranına sahip çeşit olarak öne çıkmıştır.

#### 4.4. Bitki Ağırlığı

Saksı denemelerinde tuz stresinde yetiştirilen kolza çeşitlerinin bitki ağırlığına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin bitki ağırlığına ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F Değeri
Genel	59	20885955	-	-
Çeşit (A)	2	119623	59811	0,5
Tuz (B)	4	12322316	3080579	25,6**
A×B	8	3036635	379579	3,2**
Hata	45	5407380	120164	-

\*\* : %1 düzeyinde önemli

Bitki ağırlığına ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde, tuz konsantrasyonları ve çeşit × tuz konsantrasyonu interaksiyonunun istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu ve kolza çeşitleri arasındaki farklılıkların ise önemsiz olduğu görülmektedir (Çizelge 4.6). Tuz konsantrasyonlarına göre incelenen kolza çeşitlerinden elde edilen bitki ağırlığı değerleri ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.7'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin bitki ağırlığı (mg/bitki) ortalamaları

Çeşitler	Tuz konsantrasyonları (dS/m)					Ortalama
	Kontrol	5	10	15	20	
DK Exstorm	2351 b	1624 b-e	1749 bcd	1510 cde	1132 de*	1673
ES Mercure	3039 a	1382 cde	1728 b-e	1415 cde	1254 de	1694
NK Caravel	2074 bc	2072 bc	1810 bcd	1391 cde	979 e	1665
Ortalama	2488 A	1693 B	1763 BC	1439 B	1122 C	-

\*: Harfler %1 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Çizelge 4.7 incelendiğinde, kolza çeşitlerinin tuz dozunun artmasıyla bitki ağırlıklarında genel olarak azalış meydana geldiği görülmektedir. 5, 10 ve 15 dS/m



tuzluluk düzeyleri aynı grupta yer almış, bitki ağırlığı ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Çeşit × tuz interaksyonuna göre, en yüksek bitki ağırlığı kontrol uygulamasında ES Mercure (3039 mg/bitki) çeşidinden elde edilirken, bunu sırasıyla DK Exstorm (2351 mg/bitki) ve NK Caravel (2074 mg/bitki) çeşitleri izlemiştir. 5 dS/m tuz dozunda, NK Caravel çeşidi haricinde diğer tüm kolza çeşitlerinin bitki ağırlığında göze çarpan bir azalma olduğu belirlenmiştir.

#### 4.5. Yaprak Sayısı

Saksı denemelerinde farklı tuz konsantrasyonlarında yetiştirilen kolza çeşitlerinin yaprak sayısı ortalamalarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin yaprak sayısı ortalamalarına ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F Değeri
Genel	59	14,51	-	-
Çeşit (A)	2	0,04	0,02	0,2
Tuz (B)	4	8,26	2,06	17,5**
A×B	8	0,89	0,11	0,9
Hata	45	5,32	0,11	-

\*\* : %1 düzeyinde önemli

Kolza çeşitlerinin yaprak sayılarına ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde, tuz konsantrasyonları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu, kolza çeşitleri ve çeşit × tuz konsantrasyonları interaksyonu arasındaki farklılıkların ise önemsiz olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8). Artan tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin yaprak sayısı ortalamaları ve ortalamaların farklılık gruplandırılmaları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin yaprak sayısı (adet/bitki) ortalamaları

Çeşitler	Tuz konsantrasyonları (dS/m)					Ortalama
	Kontrol	5	10	15	20	
DK Exstorm	4,55	4,05	3,90	3,60	3,35	3,89
ES Mercure	4,35	3,90	3,90	3,90	3,45	3,90
NK Caravel	4,45	4,05	4,20	3,95	3,10	3,95
Ortalama	4,45 A	4,00 B	4,00 B	3,81 B	3,30 C*	-

\*: Harfler %1 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Artan tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin yaprak sayısının olumsuz yönde etkilendiği Çizelge 4.9’da görülmektedir. Kontrol uygulamasında en yüksek yaprak sayısı (4.45 adet) elde edilirken, tuz stresi yaprak sayısının azalmasına neden olmuş, en keskin düşüş 20 dS/m NaCl dozunda belirlenmiştir. 5, 10 ve 15 dS/m tuz uygulamalarından elde edilen yaprak sayısı ortalamaları aralarındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı ve aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Bitkilerde tuz stresine karşı oluşan ani tepki mekanizmaları, yapraklarda sıcaklık artışı ile beraber oluşan stoma kapanması ve sap uzamasının azalmasıdır. Bu iki mekanizmanın birlikte çalışmasına bağlı olarak ortaya çıkan ilk tepki ise bitkide yeni yaprak oluşumunun azalması ve bitki sap büyümesinin engellenmesi olduğu Sirault vd. (2009) ve Tiryaki (2018) tarafından da bildirilmiştir. Tuz stresi genel olarak yaprak sayısını azaltmasına rağmen, çalışmamızda çeşit ortalamaları ve çeşit × tuz interaksiyonunda meydana gelen azalışı istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Ancak, çalışmamızda tuz dozlarının artışı yaprak sayısını azaltmış ve benzer bulgular Santangel vd. (2019) tarafından da bildirilmiştir.

#### 4.6. Yaprak Oransal Su İçeriği

Saksı denemelerinde farklı tuz konsantrasyonlarında yetiştirilen kolza çeşitlerinin yaprak oransal su içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin yaprak oransal su içeriğine ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F Değeri
Genel	59	7939	-	-
Çeşit (A)	2	12	6,0	1,6
Tuz (B)	4	7585	1896,0	498,1**
A×B	8	170	21,3	5,6**
Hata	45	171	3,8	-

\*\* : %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.10’da görüldüğü gibi, yaprak oransal su içeriği bakımından tuz konsantrasyonları ve çeşit × tuz konsantrasyonları interaksyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli, kolza çeşitleri arasındaki farklılıklar ise önemsiz bulunmuştur. Tuz konsantrasyonlarına göre incelenen kolza çeşitlerinden elde edilen yaprak oransal su içeriği değerleri Çizelge 4.11’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin yaprak oransal su içeriği (%) ortalamaları

Çeşitler	Tuz konsantrasyonları (dS/m)					Ortalama
	Kontrol	5	10	15	20	
DK Exstorm	87,0 a	66,4 c	58,7 de	55,4 ef	52,9 f*	64,1
ES Mercure	81,2 b	68,2 c	62,2 d	58,5 de	55,8 ef	65,2
NK Caravel	86,7 a	68,8 c	60,6 d	55,4 ef	51,9 f	64,7
Ortalama	85,0 A	67,8 B	60,5 C	56,4 D	53,5 E	-

\*: Harfler %1 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Kolza çeşitlerinin yaprak oransal su içerikleri arasında farklılık olmadığı tuz dozlarına göre %64,1-%65,2 arasında değiştiği Çizelge 4.11’de görülmektedir. Tuzluluk düzeylerindeki yaprak oransal su içerikleri her biri farklı grupta yer almış, yaprak oransal su içerikleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Artan tuz stresine bağlı olarak, yaprak oransal su içeriği kademeli olarak azalmıştır. Çeşit × tuz interaksyonu bakımından kolza çeşitlerinin yaprak oransal su içeriği, en yüksek değer olarak (%87,0) kontrolde DK Exstorm çeşidinden elde edilmiştir. Özellikle 10, 15 ve 20 dS/m tuz seviyelerinde en yüksek yaprak oransal su içeriği ES Mercure çeşidinde belirlenmiştir. Yaprak oransal su içeriğinin azalması bitkinin turgor kaybının göstergesi olup, hücre büyümesi için ihtiyaç duyulan suyu kısıtladığı bildirilmiştir (Srivastava vd.,

1988). Dhanda ve Sethi (2002) hücrenin hacmi ile yüksek bir ilişkisi olan yaprak oransal su içeriğinin, transpirasyon oranı ile yaprağa sağlanan su arasındaki dengenin sağlanabilmesini gösteren bir değer olarak kabul edildiğini, bu etki nedeniyle bitki ne kadar fazla miktarda su alabilirse kendisini stresten o derece kurtarabileceği bildirilmiştir (Hozman, 2016). Jamil vd. (2012) şeker pancarında, Saleh (2012) pamukta ve Jan (2016) kolza bitkisinde yaptıkları çalışmada benzer şekilde yaprak oransal su içeriğinin azaldığını tespit etmişlerdir.

#### 4.7. Hücre Membran Stabilitesi

Saksı denemelerinde farklı tuz konsantrasyonlarında yetiştirilen kolza çeşitlerinin hücre membran stabilitesine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin çimlenme yüzdelерinin hücre membran stabilitesine ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F Değeri
Genel	59	6809	-	-
Çeşit (A)	2	63	31,3	6,6**
Tuz (B)	4	6124	1531,0	324,3**
A×B	8	409	51,2	10,8**
Hata	45	212	4,7	-

\*\* : %1 düzeyinde önemli

Hücre membran stabilitesine ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde, kolza çeşitleri ve tuz konsantrasyonları arasındaki farklılıklar ile çeşit × tuz konsantrasyonları interaksyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 4.12). Tuz konsantrasyonlarına göre incelenen kolza çeşitlerinin hücre membran stabilitesi değerleri Çizelge 4.13’te özetlenmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin hücre membran stabilitesi (%) ortalamaları

Çeşitler	Tuz konsantrasyonları (dS/m)					Ortalama
	Kontrol	5	10	15	20	
DK Exstorm	16,3 f	35,0 c	33,1 cd	42,2 b	42,8 b*	33,9 B
ES Mercure	19,8 f	29,6 de	36,5 c	43,4 b	49,7 a	35,8 A
NK Caravel	17,4 f	25,7 e	36,8 c	36,8 c	50,4 a	33,4 B
Ortalama	17,8 E	30,1 D	35,5 C	40,8 B	47,6 A	-

\*: Harfler %1 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Çizelge 4.13 incelendiğinde, artan tuz konsantrasyonları kolza çeşitlerinde hücre membran bütünlüğünü bozarak iyon sızıntısında önemli düzeyde artışa yol açtığı görülmektedir. Çeşit × tuz interaksyonlarında en az elektrolit sızıntısı değerleri kontrol uygulamasında ölçülürken, en fazla elektrolit sızıntı değerleri 20 dS/m tuz seviyesinde elde edilmiştir. 5 dS/m tuz dozunda iyon sızıntı oranında önemli bir artış meydana geldiği ve en fazla hücresel hasarın %35,0 ile DK Exstorm çeşidinde olduğu tespit edilmiştir. NK Caravel çeşidinde elektrolit sızıntısı 10 dS/m tuz dozunda belirgin şekilde artarken, bu artış DK Exstorm ve ES Mercure çeşitlerinde 15 dS/m tuz seviyesinde gerçekleşmiştir. Çeşit ortalamaları karşılaştırıldığında en fazla oksidatif hasarın ES Mercure çeşidinde meydana geldiği belirlenmiştir. Hasannuzaman vd. (2013), tuz stresi nedeniyle yeterince su alamayan bitki, stomalarını kapatarak su kaybını en aza indirmeye çalışmakta, ancak bu esnada CO<sub>2</sub> fiksasyonu azalmakta ve ortamda lipit, protein ve nükleik asitlerin yapısını bozarak hücreye zarar veren reaktif oksijen türleri artmaktadır (Önal ve Üney, 2015). Arslan (2011), bitkilerde doku membran geçirgenliğinin, stres altında membran yapısını koruyabilme yetenekleri olduğunu belirtmiştir. Deveci ve Tuğrul (2017), strese maruz kalan bitkilerde membran bütünlüğünün bozulması sonucu hücre içindeki suda erimiş maddelerin hücreler arası boşluklara geçtiğini ve bunun da doku elektriksel iletkenlik değerini yükselttiğini, kısacası, doku elektriksel iletkenlik değerleri ile membran bütünlüğü arasında ters orantı olduğunu açıklamıştır. Sonuçlarımız, artan tuz konsantrasyonuyla birlikte hücresel membran hasarında artışın devam ettiğini göstermektedir.

#### 4.8. Klorofil İçeriği

Saksı denemelerinde farklı tuz konsantrasyonlarında yetiştirilen kolza çeşitlerinin klorofil içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin klorofil içeriğine ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F Değeri
Genel	59	1230	-	-
Çeşit (A)	2	87	43,2	10,7**
Tuz (B)	4	833	208,4	51,7**
A×B	8	129	16,1	4,0**
Hata	45	181	4,0	-

\*\* : %1 düzeyinde önemli

Klorofil içeriği bakımından kolza çeşitleri ve tuz konsantrasyonları arasındaki farklılıklar ile çeşit × tuz konsantrasyonları interaksyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.14). Artan tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin klorofil içeriği ortalamaları ve ortalamaların farklılık gruplandırılmaları Çizelge 4.15'te özetlenmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin klorofil içeriği (SPAD) ortalamaları

Çeşitler	Tuz konsantrasyonları (dS/m)					Ortalama
	Kontrol	5	10	15	20	
DK Exstorm	44,4 f	47,4 ef	52,6 bcd	52,0 cd	54,3 abc*	50,1 B
ES Mercure	45,9 ef	47,1 ef	49,5 de	53,2 bcd	52,4 bcd	49,6 B
NK Caravel	43,4 f	52,1 cd	51,6 cd	58,2 a	56,5 ab	52,4 A
Ortalama	44,5 D	48,9 C	51,2 B	54,5 A	54,4 A	-

\*: Harfler %1 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Tuz stresinin artmasına bağlı olarak kolza çeşitlerinin yapraklarında klorofil içeriğinin yükseldiği Çizelge 4.15'te görülmektedir. En düşük klorofil içeriği kontrol bitkilerinde ölçülmüş, en yüksek klorofil içeriği ise 15 dS/m NaCl dozunda elde edilmiştir. Çeşitlerin tuz dozlarına tepkileri farklı olsa da 15 ve 20 dS/m dozlarında klorofil içerikleri arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Tuz konsantrasyonlarının ortalamaları

incelendiğinde, kontrol uygulamasında 44,5 SPAD olan klorofil içeriği, en yüksek tuz dozunda 54,4 SPAD'a yükseldiği saptanmıştır. Dou vd. (2018) ve Lichtenthaler (1985) SPAD'daki bu artışın tipik olarak yaprak alanı başına daha fazla miktarda azot nedeniyle koyu yeşil yapraklarla ilişkili olduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte, tuz stresine tepki olarak, yaprak suyu, dokudaki  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonlarını seyreltmek için vakuolar genişleme yoluyla artabilmekte ve sonuç olarak bitkinin sürekli su alımı ve terlemesi için osmotik dengelemeye yardımcı olabilmektedir (Ottow vd., 2005; Flowers vd., 2015). Yapraktaki su, kloroplastları yaprağın yüzeyine yakınlaştırmakta ve bu da daha koyu yeşil yaprakların oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca, tuzluluk stresinde yaprak anatomisinde farklılaşmalar olduğu ve daha küçük ve daha kalın yaprakların oluştuğu, yaprak genişlemesinin azaldığı, böylece birim yaprak alanı başına daha yüksek kloroplast yoğunluğu elde edildiği bildirilmektedir (Munns ve Tester, 2008). Hooks vd. (2019) hardal ve kolzada yaptıkları çalışmada elde ettiği sonuçlar bulgularımızla benzerlik göstermektedir.

#### 4.9. Yaprak Yüzey Sıcaklığı

Saksı denemelerinde farklı tuz konsantrasyonlarında yetiştirilen kolza çeşitlerinin yaprak yüzey sıcaklığına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin yaprak yüzey sıcaklığına ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F Değeri
Genel	59	409,0	-	-
Çeşit (A)	2	0,6	0,3	1,1
Tuz (B)	4	377,0	94,3	323,1**
A×B	8	18,6	2,3	8,0**
Hata	45	13,1	0,3	-

\*\* : %1 düzeyinde önemli

Yaprak yüzey sıcaklığı verileriyle yapılan varyans analiz sonuçları incelendiğinde, tuz konsantrasyonları arasındaki farklılıklar ile çeşit × tuz konsantrasyonları interaksyonu istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu, çeşitler arasındaki farklılıkların ise önemsiz olduğu görülmektedir (Çizelge 4.16). Tuz konsantrasyonlarına göre kolza

çeşitlerinden elde edilen yaprak yüzey sıcaklığı ortalamaları ve ortalamaların farklılık gruplandırmaları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Farklı tuz konsantrasyonlarında incelenen kolza çeşitlerinin yaprak yüzey sıcaklığı (°C) ortalamaları

Çeşitler	Tuz konsantrasyonları (dS/m)					Ortalama
	Kontrol	5	10	15	20	
DK Exstorm	15,0 f	16,2 de	19,9 b	20,9 ab	21,2 a*	18,7
ES Mercure	15,4 ef	16,7 cd	17,5 c	21,4 a	21,1 a	18,4
NK Caravel	14,4 f	16,2 de	19,9 b	21,0 ab	21,1 a	18,5
Ortalama	14,9 D	16,4 C	19,1 B	21,1 A	21,2 A	-

\*: Harfler %1 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Çizelge 4.17’de tuz konsantrasyonları arttıkça, kolza çeşitlerinin yaprak yüzey sıcaklığının da arttığı görülmektedir. Yaprak yüzey sıcaklıkları 14,4-21,4°C arasında değişmiştir. En düşük yaprak sıcaklık değerleri kontrol uygulamasında saptanmış, en yüksek sıcaklık değerleri ise 15 ve 20 dS/m tuz seviyelerinde ölçülmüştür. 20 dS/m tuz dozunda kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, artan tuz stresi bitkilerin yaprak sıcaklık değerlerinde ortalama 6°C artışa yol açtığı tespit edilmiştir. Bitkinin strese girdiğinin en erken belirtilerinden birisi, yaprak sıcaklığındaki artış olup, bu durum transpirasyonun engellendiği ve radyasyon emiliminin olduğu anlamına gelmektedir (Chaerle ve Van DerStraeten, 2000; Bora, 2015). Stres altındaki bitkilerde yapraktan su kaybını engellemek amacıyla stomalarını kapatmakta ve bu durum sıcaklığın artmasına neden olmaktadır.

#### 4.10. Nispi Zararlanma Oranı

Saksı denemelerinde tuz konsantrasyonlarına göre kolza çeşitlerinin yapraklarında meydana gelen nispi zararlanma oranına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18’de gösterilmiştir.

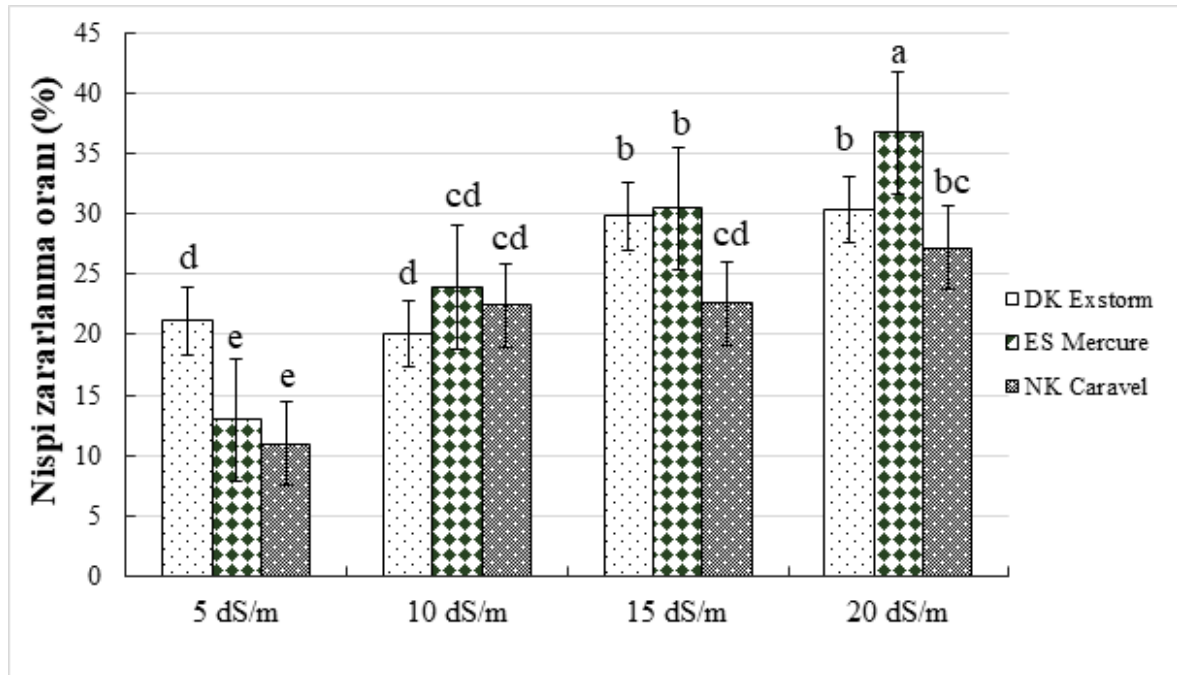


Çizelge 4.18. Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin nispi zararlanma oranına ait varyans analiz sonuçları

V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F Değeri
Genel	47	2692	-	-
Çeşit (A)	2	256	128,1	17,5**
Tuz (B)	3	1821	606,9	81,3**
A×B	6	346	57,7	7,7**
Hata	36	269	7,5	-

\*\* : %1 düzeyinde önemli

Çizelge 4.18’de görüldüğü gibi, nispi zararlanma oranı bakımından çeşit, tuz dozu ve çeşit × tuz dozu interaksyonu arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Tuz konsantrasyonlarına göre incelenen kolza çeşitlerinden elde edilen nispi zararlanma oranına ait değerler Şekil 4.3’te gösterilmiştir.



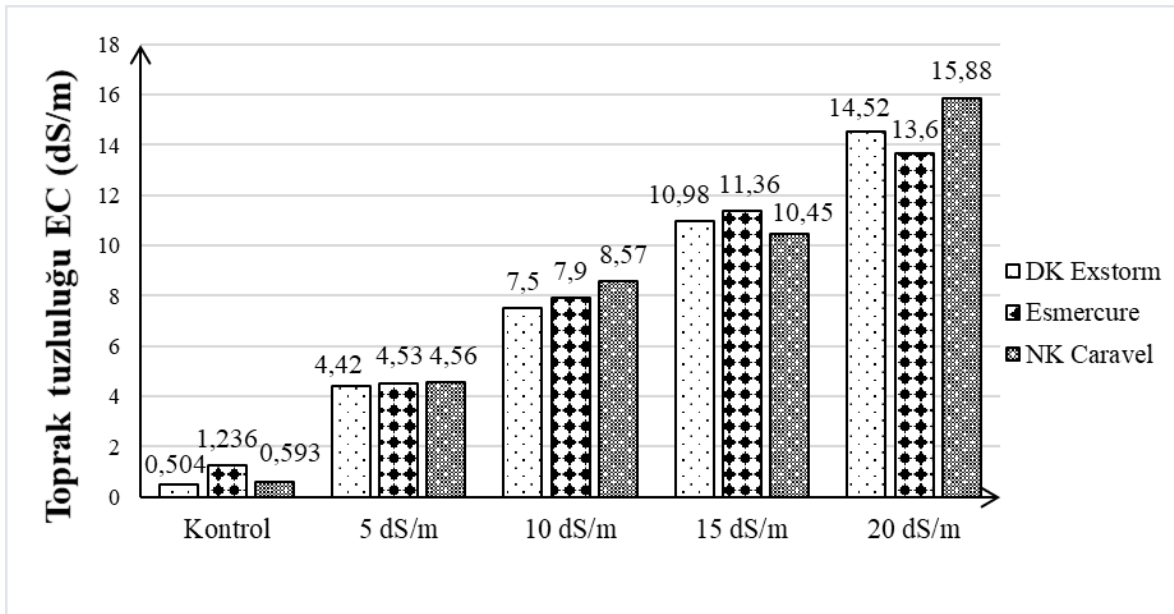
Şekil 4.2. Kolza çeşitlerinin artan tuz dozlarında nispi zararlanma oranları (%), grafik üzerindeki çizgiler standart hata değerlerini göstermektedir

Kolza çeşitlerinin yapraklarından alınan örneklerde tuz stresinin neden olduğu nispi zararlanma oranları Şekil 4.2’de görülmektedir. Tuz seviyelerinin artışıyla birlikte, çeşitlere göre farklı olarak nispi zararlanma oranının arttığı belirlenmiştir. 10, 15 ve 20 dS/m tuz seviyelerinde en düşük nispi zararlanma oranı NK Caravel çeşidinden elde edilirken, en yüksek ES Mercure çeşidinde tespit edilmiştir. Artan tuz dozlarının yaprak

nispi zararlanma oranının da arttığı buğdayda Farooq ve Azam (2006), kolzada Santangeli vd. (2019) ve ayçiçeğinde Rauf vd. (2011) tarafından da belirlenmiştir. Ayrıca, bulgularımız kolza çeşitlerinin nispi zararlanma oranının tuz konsantrasyonlarına göre değiştiğini ve tuz stresi altında nispi zararlanma oranının arttığını bildiren Santangeli vd. (2019)'un sonuçlarını destekler niteliktedir.

#### 4.11. Toprak Tuzluluğu

Araştırma sonunda uygulanan tuz dozlarına ve yetiştirilen kolza çeşitlerine göre toprak tuzluluğu belirlenmiş ve sonuçları Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Deneme sonunda kolza çeşitlerinin artan tuz dozlarında toprak tuzluluk değerleri (dS/m)

Bitkilerin hasadından sonra topraktaki tuzluluk değerleri incelendiğinde, 5, 10 ve 15 dS/m uygulamalarında toprak tuzluluğunun çeşitlere göre farklılık oluşturmadığı görülmektedir. 20 dS/m tuz seviyesinde ise ES Mercure çeşidinde tuzluluk 13,6 dS/m, NK Caravel çeşidinde ise 15,88 dS/m olarak ölçülmüştür.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde bitkisel yağ açığı 60 yıldan beri devam etmekte ve günümüzde de bitkisel yağ ihtiyacı ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Çok farklı iklim koşullarına sahip olan ülkemizde, hindistan cevizi ve palm gibi tropik bitkiler dışında, yağlı tohumlu bitkilerin neredeyse tamamı yetiştirilebilmektedir. Ayrıca, yağ üretimi amacıyla yetiştirilmemesine rağmen pamuk ve mısır bitkilerinden de önemli miktarlarda yağ elde edilmektedir. Buna rağmen, ülkemizin bitkisel yağ ithal etmesi, ülke ekonomisi açısından büyük kayıplara neden olmaktadır. 2019 yılında toplam işlenen tarım alanlarımız 23,1 milyon hektar'dır. Bu alan içerisinde yağ bitkileri yaklaşık 900 bin hektar ekim alanı ile sadece %3,9'luk bir pay almıştır. Haşhaş, yerfıstığı, susam, çerezlik ayçiçeği gibi farklı kullanım alanlarında değerlendirildiği için yağ elde edilmeyen bitkiler çıkarıldığında, yağ bitkilerinin payı %3'e kadar azalmaktadır. Bu nedenle ülkemizin ihtiyacı olan bitkisel yağ üretiminin gerçekleştirebilmesi için yağ bitkilerinin verimi ve yağ oranının artırılması yanında, öncelikle yağ bitkileri ekim alanlarının en az 2 kat artırılması gerekmektedir.

Dünya yağlı tohumlar üretiminde soyadan sonra ikinci sırada yer alan kolza, yemeklik sıvı yağ, küspe ve biyodizel üretiminde kullanılan en önemli yağ bitkisidir (Kolsarıcı vd., 2015). Son yıllarda ülkemizde de ekim alanı ve üretimi artan kolzanın ekimi en fazla Tekirdağ, Konya, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Balıkesir, Çanakkale ve Ankara illerinde yapılmaktadır. Dolayısıyla ülkemizde kolza tarımının Marmara ve İç Anadolu Bölgelerinde yoğunlaştığı söylenebilir. Kolzanın diğer yağ bitkilerine göre önemli avantajları bulunmaktadır. Özellikle kışlık çeşitlerinin bulunması ve kışlık ekildiğinde haziran ayında hasat edilmesi nedeniyle diğer yağ bitkilerine göre erken dönemde ürünün piyasaya arz edilmektedir. Mekanizasyona uygun bir bitki olan kolzanın tohumlarında bulunan %40-45 oranındaki kaliteli yağı nedeniyle birim alandan yüksek yağ elde edilebilmektedir. Ancak, kışlık kolza bitkisinin kış soğuklarına dayanabilmesi için kışa rozet devresinde (4-6 yaprak) girmesi gerekmektedir. Aksi takdirde kolza kıştan zarar görmektedir. Bu nedenle yetiştirilen bölgelerde kışa rozet devresinde girmesi için ekim zamanında (Eylül ayından Ekim ayı başına kadar) yeterli yağışın alınması ekilen tohumun çimlenmesi ve bitki çıkışınının sağlanması bakımından son derece önemlidir. Bu aylarda

yağış ihtimalinin düşük olması nedeniyle kolza tohumlarının çimlenip bitkinin kıştan önce rozet dönemine gelmesi amacıyla bir kez çıkış suyu verilmesi gerekmektedir.

Tuzluluk, tohumun çimlenmesi ve fide gelişimini olumsuz etkilediği için önemli bir stres faktörü olarak değerlendirilmektedir. Artan tuz konsantrasyonları nedeniyle tohumların çimlenme oranı azalmakta ve çimlenme süresi uzamaktadır. Çalışmamızda, kışlık kolza çeşidinin ekimden sonraki çimlenme, çıkış ve rozet oluşum dönemlerine kadar geçen süre içerisinde tuz streslerine tepkileri incelenmiştir. Yürütülen çimlenme ve saksı denemelerinde, ülkemizde yetiştirilen altı adet kışlık kolza çeşidinin gerek çimlenme ve fide gelişim özellikleri gerekse fizyolojik özellikler bakımından tuz stresine farklı tepkiler verdiği belirlenmiştir. Araştırmanın çimlenme denemelerinde, kolza çeşitlerinin tohumlarının standart çimlenme test sonuçlarına göre, çimlenme yüzdelerinin %73,5-%98,5 arasında olduğu belirlenmiştir. Tüm tuz seviyelerinde en yüksek çimlenme yüzdesi DK Exstorm çeşidinden elde edilirken, en düşük değer Orkan çeşidinden tespit edilmiştir. Orkan çeşidinin aynı zamanda başlangıç tohum canlılığının da en düşük olduğu belirlenmiştir. Kolza çeşitlerinin ortalama çimlenme süresi ise artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak gecikmiştir. En kısa sürede çimlenen çeşit de DK Exstorm olmuştur. Tuz konsantrasyonlarındaki artış çeşitlerin çimlenme indeksinde önemli azalmalara neden olmuş ve tüm tuz seviyelerinde en yüksek çimlenme indeksi DK Exstorm çeşidinden elde edilmiştir.

Çeşitlerin fide gelişimleri de tuz konsantrasyonlarından olumsuz yönde etkilenmiştir. Ancak, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve fide yaş ağırlığının 5 dS/m tuz dozunda artış göstermiştir. Düşük dozlardaki tuz konsantrasyonlarının çimlenme ve fide gelişimini artırdığı bilinmektedir. Kışlık kolza çeşitlerinin tuz stresine tepkilerindeki farklılık 15 dS/m dozunda elde edilmiştir. DK Exstorm ve DK Excalibur çeşitlerinin fide gelişimi diğer çeşitlere oranla tuz dozlarından daha az etkilenmiştir. Fide kuru ağırlığı ve kuru madde oranı tuz dozları arttıkça artış göstermiş, NK Karavel çeşidinin ise 20 dS/m NaCl dozunda en yüksek kuru madde ürettiği dikkat çekmiştir.

Saksı denemeleri DK Exstorm, ES Mercure ve NK Caravel çeşitleri kullanılarak yürütülmüştür. Artan NaCl dozları, kolza fidelerinin gelişimini olumsuz yönde etkilemiş, bitki ağırlığı ve yaprak sayısının azaldığı saptanmıştır. Otuz günlük fidelerde yapılan

ölçümlerde, DK Exstorm çeşidinin bitki ağırlığında %48,1, NK Caravel çeşidinde %47,2 ve ES Mercure çeşidinde %41,4 azalış belirlenmiştir. Çeşitlerin yaprak oransal su içerikleri de artan tuz dozlarıyla azalmıştır. En yüksek tuz dozları olan 15 ve 20 dS/m seviyelerinde ES Mercure çeşidinde daha yüksek oransal su içeriği tespit edilmiştir. Ancak, artan NaCl seviyeleri membran stabilitesinin ve klorofil içeriğinin artmasına neden olmuş ve ES Mercure kolza çeşidinden daha yüksek membran stabilitesi elde edilirken, klorofil içeriği NK Caravel çeşidinde belirlenmiştir. Strese giren bitkilerde bitkinin yaprak ve sap gibi morfolojik özelliklerinde küçülmeler olduğu ve klorofil içeriğinin arttığı çeşitli araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir. Aynı zamanda stres altındaki bitkiler stomalarını kapatarak su kaybını azaltmaktadır. Bu nedenle terleme daha az olduğundan yaprak sıcaklığı da artmaktadır. Çalışmamızda da tuz dozları arttıkça yaprak sıcaklığının arttığı belirlenmiştir. Çeşitler arasında yaprak sıcaklığı bakımından istatistiki olarak farklılık belirlenmesine rağmen, çeşitler arasındaki farklılığın belirgin olmadığı saptanmıştır. Bununla birlikte, nispi zararlanma oranı çeşitler arasında belirgin farklılıklar olduğunu ortaya çıkarmıştır. Tuz dozlarından 5, 15 ve 20 dS/m'de en düşük nispi zararlanma oranı NK Caravel çeşidinden elde edilmiştir. Çalışma sonucunda toprak tuzluluk değerleri incelendiğinde NK Caravel çeşidinin yetiştirildiği topraklardan 15 dS/m hariç, tuz seviyelerinde en yüksek EC değerleri elde edilmiştir. Bu durum NK Caravel çeşidinin diğer çeşitlere oranla topraktan daha az Na<sup>+</sup> iyonu aldığı ve bu nedenle toprak EC değerlerinin daha yüksek olabileceğini düşündürmektedir.

Araştırma sonuçlarımıza göre, kışlık kolza çeşitlerinin artan tuzluluk streslerine tepkileri birbirinden farklı olmuştur. Ancak, çimlenme döneminde üstün performans gösteren DK Exstorm çeşidinin fide döneminde aynı üstünlüğe sahip olmadığı belirlenmiştir. Çeşitlerin çimlenme döneminde tuzluluğa daha hassas olduğu ve fide büyüme döneminde ise çeşitler arasındaki tuza tolerans bakımından farkın azaldığı söylenebilir. Ayrıca kolzanın 10 dS/m tuza seviyesine kadar tolerans gösterdiği, 15 dS/m tuz seviyesinde ise çimlenme ve fide büyümesinin önemli derecede azaldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, kolzanın 10 dS/m tuz seviyesine kadar tuzluluğa tolerans gösterebildiği ve çeşitler arasında da DK Exstorm ve ES Mercure çeşitlerinin tuz stresine incelenen diğer çeşitlerden daha toleranslı olduğu söylenebilir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akram, N. A., Jamil, A., 2007, Appraisal of physiological and biochemical selection criteria for evaluation of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.), Pakistan Journal Botany, 39(5): 1593-1608.
- Al- Thabet, S. S., Leilah, A. A., Al-Hawass, I., 2004, Effect of NaCl and incubation temperature on seed germination of three canola (*Brassica napus* L.). Scientific Journal of King Faisal University, 5(1): 81- 91
- Algan, N., 1987, Kolza tarımı ve Türkiye’de gelişme olanakları, TYUAP ABAV-Ekim 1987 tebliği, T.C. Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Menemen, İzmir.
- Anonim, 2018, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>, erişim tarihi:27.03.2020
- Anonim, 2020a, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>, erişim tarihi:27.03.2020
- Anonim, 2020b, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>, erişim tarihi:27.03.2020
- Anonim 2020c <https://www.dekalb.com.tr/urun-katalogu/kanola-tohumlari>, erişim tarihi:27.03.2020
- Anonim 2020ç <https://www.dekalb.com.tr/urun-katalogu/kanola/dkexcalibur>, erişim tarihi: 27.03.2020
- Anonim, 2020d, <https://www.euralis.hu/repce-ajanlat/item/47-es-mercure> , erişim tarihi:27.03.2020
- Anonim, 2020e, <https://www.syngenta.com.tr/product/seed/nk-caravel>, erişim tarihi:27.03.2020
- Arora, R., Wisniewski, M. E., Scorza, R., 1992, Cold acclimation in genetically related (sibling) deciduous and evergreen peach (*Prunus persica* L. Batsch): I. Seasonal changes in cold hardiness and polypeptides of bark and xylem tissues, Plant Physiology, 99(4): 1562-1568.
- Arslan, A., 2011, Biberde 24-Epibrassinolid uygulamaları ile kuraklık stresine karşı toleransın artırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Arioğlu, H., Kolsarıcı, Ö., Kurt, O., Çalışkan, S., Aslan, M., vd., 2020, Yağlı tohumlar üretiminde mevcut durum ve gelecek, Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, s.419-438.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ashraf, M., McNeilly, T., 1990, Responses of four *Brassica* species to sodium chloride, *Environmental and Environmental Botany*, 30(4): 475-487.
- Ashraf, M., McNeilly, T., 2004, Salinity tolerance in Brassica oilseeds, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23(2): 157-174.
- Ashraf, M., Nazir, N., McNeilly, T., 2001, Comparative salt tolerance of amphidiploid and diploid *Brassica* species, *Plant Science*, 160(4): 683-689.
- Ayaz, F. A., Kadioglu, A., Turgut, R., 2000, Water stress effects on the content of low molecular weight carbohydrates and phenolic acids in *Ctenanthe setosa* (Rosc.) Eichler. *Canadian Journal of Plant Science*, 80(2): 373-378.
- Bafeel, S. O., 2014, Physiological parameters of salt tolerance during germination and seedling growth of sorghum bicolor cultivars of the same subtropical origin, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 21(4): 300-304.
- Bandeh, A., Toorchi, M., Kholghi, M.A.R.Y.A.M., Shakiba, M. R., 2018, An evaluation of canola genotypes under salinity stress at vegetative stage via morphological and physiological traits, *Pakistan Journal of Botany*, 50(2): 447-455.
- Bandehagh, A., Salekdeh, G. H., Toorchi, M., Mohammadi, A., Komatsu, S., 2011, Comparative proteomic analysis of canola leaves under salinity stress, *Proteomics*, 11(10): 1965-1975.
- Baran, M. F., Ülger, P., Kayışoğlu, B., 2012, Kanola hasadında kullanılan tablanın hasat kayıpları üzerine etkisi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(3): 35-44.
- Başalma, D., Uranbey, S., 1998, Ankara koşullarında farklı yazlık kolza (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) çeşitlerinin verim ve verim öğelerinin karşılaştırılması, *Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, (8): 61-65.
- Bayramin, S., Kaya, M., 2009, Son yıllarda ülkemizde aspir ve kolza üretimindeki gelişmeler, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 18(1-2): 43-47.
- Bewley, J. D., 1997, Seed germination and dormancy, *The Plant Cell*, 9(7): 1055-1066.
- Bybordi, A., Tabatabaei, J., 2009, Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola cultivars (*Brassica napus* L.), *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2): 71-76.
- Bora, M., 2015, Değişik vejetasyon dönemlerine kadar uygulanan farklı tuz konsantrasyonlarının biberde meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.*

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Carpici, E. B., Celik, N., Bayram, G., 2009, Effects of salt stress on germination of some maize (*Zea mays* L.) cultivars, *African Journal of Biotechnology*, 8(19): 4918-4922.
- Chaerle L, Van Der Straeten, D., 2000, Imaging techniques and the early detection of plant stress, *Trends in Plant Science*, 5(11): 495-501.
- Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2011, Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2): 11-34.
- Day, S., Kaya, M. D., Kolsarıcı, Ö., 2009, Bazı yazlık ve kışlık kolza (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) çeşitlerinin çimlenme ve çıkışı üzerine NaCl konsantrasyonlarının etkisi, Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, Bildiriler (I): 19-22 Ekim, Hatay, s. 225-228.
- Demirtola, A., 1987, İkinci ürün tarımında yeni ufuklar, *Hasad, Haziran*, s.25.
- Deveci, M., Tuğrul, B., 2017, Ispanakta tuz stresinin yaprak fizyolojik özelliklerine etkisi, *Akademik Ziraat Dergisi*, 6: 89-98.
- Dhanda, S. S., Sethi, G. S., 2002, Tolerance to drought stress among selected Indian wheat cultivars, *The Journal of Agricultural Science*, 139(3): 319.
- Dou, H., Niu, G., Mengmeng, G., Masabni, J.G., 2018, Responses of sweet basil to different daily light integrals in photosynthesis, morphology, yield, and nutritional quality, *HortScience*, 53(4): 496–503.
- Dülger, S., 2019, İleri generasyon kolza hatlarının bazı verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987, Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları-II), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1021(295): 10-13.
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005, Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3): 118-125.
- Ellis, R. H., Roberts, E. H., 1981, The quantification of ageing and survival in orthodox seeds, *Seed Science and Technology*.
- Farhoudi, R., Hussain, M., Dong-Jin, L., 2012, Modulation of enzymatic antioxidants improves the salinity resistance in canola (*Brassica napus*), *International Journal of Agriculture and Biology*, 14(3): 465-468.



### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Farooq, S., Azam, F., 2006, The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties, *Journal of Plant Physiology*, 163(6): 629-637.
- Flowers, T.J., Munns, R., Colmer, T.D., 2015, Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes, *Annals of Botany*, 115(3): 419-431.
- Francois, L. E., 1994, Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions, *Agronomy Journal*, 86(2): 233-237.
- Han, S., Kim, D., 2006, AtRTPrimer: database for Arabidopsis genome-wide homogeneous and specific RT-PCR primer-pairs, *BMC Bioinformatics*, 7(1): 179.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Fujita, M., 2013, Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages, In *Ecophysiology and Responses of Plants Under Salt Stress*, pp. 25-87.
- He, M., He, C. Q., Ding, N. Z., 2018, Abiotic stresses: general defenses of land plants and chances for engineering multi stress tolerance, *Frontiers in Plant Science*, 9: 1771.
- Hooks, T., Niu, G., Ganjegunte, G., 2019, Seedling emergence and seedling growth of mustard and rapeseed genotypes under salt stress, *Agrosystems, Geosciences and Environment*, 2(1): 1-8.
- Hozman, S., 2016, Su stresi ve osmoprotektan uygulamalarının kestane fidanlarında fizyolojik ve morfolojik özellikler üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Aydın.
- Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005, Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(4): 541-549.
- Hu, D. X., Wu, D. M., You, J. C., He, Y. J., Qian, W., 2018, Principal component analysis and comprehensive evaluation on salt tolerance related traits in *Brassica napus* L., *Botanical Research*, 7: 101-112.
- ISTA, 2013, International Rules for Seed Testing, International Seed Testing Association, Basserdorf, Switzerland.
- İlisulu, K., 1973. Yağ Bitkileri ve Islahı, Çağlayan Kitapevi, İstanbul, s.366.
- Jamil, M., Ashraf, M., Rehman, S., Ahmad, M., Rha, E. S., 2012, Salinity induced changes in cell membrane stability, protein and RNA contents, *African Journal of Biotechnology*, 11(24): 6476-6483.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jan, S. A., Shinwari, Z. K., Rabbani, M. A., 2016, Morpho-biochemical evaluation of *Brassica rapa* sub-species for salt tolerance, *Genetika*, 48(1): 323-338.
- Janagard, M. S., Tobeh, A., Esmailpour, B., 2008, Evaluation of salinity tolerance of three canola cultivars at germination and early seedling growth stage, *Journal of Food Agriculture and Environment*, 6(2): 272.
- Kacar, B., 2009, Toprak analizleri, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, s.467.
- Kaya, M. D., Kaya, G., Kolsarıcı, Ö., 2005, Bazı Brassica türlerinin çimlenme ve çıkışı üzerine NaCl konsantrasyonlarının etkisi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(4): 448-452.
- Kayani, S. A., Rahman, M., 1987, Salt tolerance in corn (*Zea mays* L.) at the germination stage, *Pakistan Journal of Botany*, 19(1): 9-15.
- Kiremit, M. S., Hacıkamiloğlu, M. S., Arslan, H., Kurt, O., 2017, Farklı sulama suyu tuzluluk seviyelerinin keten (*Linum usitatissimum* L.)'in çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(3): 350-357.
- Khan, M. A., Gulzar, S., 2003, Germination responses of *Sporobolus ioclados*: a saline desert grass, *Journal of Arid Environments*, 53(3): 387-394.
- Kolsarıcı, Ö., 1986, Türkiye'de bitkisel yemelik yağ açığı ve çözüm yolları, *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, 179: 41-44.
- Kolsarıcı, Ö., Bayraktar, N., İşler, N., Mert, M., Arslan, B., 1995, Yağlı tohumlu bitkiler tüketim projeksiyonları ve üretim hedefleri, IV. Türkiye Ziraat Mühendisleri Odası, Teknik Kongresi (I) s.467-483.
- Kolsarıcı, Ö., Kaya, M. D., Göksoy, A. T., Arıoğlu, H., Kulan, E. G., Day, S., 2015, Yağlı tohum üretiminde yeni arayışlar, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, 413-414.
- Kumar, A., Verma, J. P., 2018, Does plant microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review?, *Microbiological Research*, 207: 41-52.
- Lichtenthaler, H.K. 1985. Differences in morphology and chemical composition of leaves grown at different light intensities and qualities, *Control of Leaf Growth*, 201-221.
- Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmont, J., 1996, NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance, *Annals of Botany*, 78: 389-398.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mares, D. J., Mrva, K., 2001, Mapping quantitative trait loci associated with variation in grain dormancy in Australian wheat, *Australian Journal of Agricultural Research*, 52(12): 1257-1265.
- Mass, E. V., Hoffman, G. J., 1977, Crop salt tolerance: current assessment, *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 3(2): 115–134.
- Munns, R., 2005, Genes and salt tolerance: bringing them together, *New Phytologist*, 167(3): 645-663.
- Munns, R., Gilliham, M., 2015, Salinity tolerance of crops what is the cost?, *New phytologist*, 208(3): 668-673.
- Munns, R., Termaat, A., 1986, Whole-plant responses to salinity, *Functional Plant Biology*, 13(1): 143-160.
- Munns, R., Tester, M., 2008, Mechanisms of salinity tolerance, *Annual Reviews Plant Biology*, 59: 651-681.
- Ottow, E.A., Brinker, M., Teichmann, T., Fritz, E., Kaiser, W., Kangasja, J., 2005, *Populus euphratica* displays apoplastic sodium accumulation, osmotic adjustment by decreases in calcium and soluble carbohydrates, and develops leaf succulence under salt stress, *Plant Physiology*, 139:1762–1772.
- Önder, M., Çetin, A., Gemalmaz, F., Sadıç, Ş., Demireli, A., 1994, Farklı azot dozlarının yazlık kolza çeşitlerinin tane verimi, ham yağ oranı ve bazı verim unsurlarına etkisi, *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(7): 63-71.
- Öz, E.S., 2013, Bazı yazlık kolza (kanola) çeşit ve hatlarının Bornova koşullarında kışlık ve yazlık olarak performanslarının belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Önal, Ö., Üney, H., 2016, Farklı tuz yoğunluklarının macar fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz) çimlenme ve bitki gelişimine etkisi, *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(1): 29-34.
- Öztürk, Ö., Ada, R., Akınerdem, F., 2008, Konya koşullarında yazlık kolza çeşitlerinde uygun ekim zamanının belirlenmesi, *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(46): 6-17.
- Pandey, M., Penna, S., 2017, Time course of physiological, biochemical, and gene expression changes under short-term salt stress in *Brassica juncea* L., *The Crop Journal*, 5(3): 219-230.
- Phour, M., Sindhu, S. S., 2020, Amelioration of salinity stress and growth stimulation of mustard (*Brassica juncea* L.) by salt-tolerant *Pseudomonas* species, *Applied Soil Ecology*, 149:103518.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Putnik-Delić, M. I., Daničić, M. M., Vujanov, T. M., Kastori, R. R., 2019, Effect of low NaCl concentrations on the water relations of rapeseed, *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, 137: 67-75.
- Rahman, M., Kayani, S. A, Gul, S., 2000, Combined effects of temperature and salinity stress on corn sunahry, *Pakistan Journal Biological Science*, 3(9): 1459-1463.
- Rauf, S., Shahzad, M., Teixeira da Silva, J. A., Noorka, I. R., 2011, Biomass partitioning in sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred lines and hybrids under contrasting saline regimes, *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 15(3): 53-57.
- Roy, S. J., Negrão, S., Tester, M., 2014, Salt resistant crop plants, *Current Opinion in Biotechnology*, 26: 115-124.
- Saboora, A., Kiarostami, K., Behroozbayati, F., Hajihashemi, S., 2006, Salinity (NaCl) tolerance of wheat genotypes at germination and early seedling growth, *Pakistan Journal Botany Science*, 9(11): 2009-2021.
- Saleh, B., 2012, Salt stress alters physiological indicators in cotton (*Gossypium hirsutum* L.), *Soil and Environment*, 31(2): 113-118.
- Santangeli, M., Capo, C., Beninati, S., Pietrini, F., Forni, C., 2019, Gradual exposure to salinity improves tolerance to salt stress in rapeseed (*Brassica napus* L.), *Water*, 11(8): 1667.
- Saxena, A., Purty, R. S., 2017, Evaluating morphological, physiological and biochemical responses of three amphiploid brassica species to salinity stress, *Indian Journal of Biology*, 4(1).
- Shahid, M. A., Balal, R. M., Pervez, M. A., Abbas, T., Ashfaq, M., vd., 2012, Differential response of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes to salt stress in relation to the growth, physiological attributes antioxidant activity and organic solutes, *Australian Journal of Crop Science*, 6(5): 828.
- Sharma, A. D., Thakur, M., Rana, M., Singh, K., 2004, Effect of plant growth hormones and abiotic stresses on germination, growth and phosphatase activities in sorghum bicolor (L.) moench seeds, *African Journal of Biotechnology*, 3: 308-312.
- Sharma, P., Sardana, V., Banga, S. S., 2013, Salt tolerance of indian mustard (*Brassica juncea*) at germination and early seedling growth, *Environmental Experimental Botany*, 11: 39-46.
- Shekari, F., Khoii, F. R., Javanshir, A., Alyari, H., Shkiba, M. R., 2000, Effect of sodium chloride salinity on germination of rapeseed cultivars, *Turkish Journal of Field Crops*, 5(1): 21-28.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Shelke, D. B., Pandey, M., Nikalje, G. C., Zaware, B. N., Suprasanna, P., vd., 2017, Salt responsive physiological, photosynthetic and biochemical attributes at early seedling stage for screening soybean genotypes, *Plant Physiology and Biochemistry*, 118: 519-528.
- Sirault, X. R. R., James, R. A., Furbank, R. T., 2009, A new screening method for osmotic component of salinity tolerance in cereals using infrared thermography, *Functional Plant Biology*, 36: 970-977.
- Srivastava, J. P., Gupta, S. C., Lal, P., Muralia, R. N., Kumar, A., 1988, Effect of salt stress on physiological and biochemical parameters of wheat, *Annals of Arid Zone*, 27: 197-204.
- Stafen, C., Pedrolo, A. M., Dallegrove Schroeder, L., Viana, V. E., Busanello, C., vd., 2018, Seed germination and seedling growth of canola treated with abiotic factors that can affect growth and development, *International Journal of Vegetable Science*, 24(6): 574-582.
- Steel, R. G., Torrie, J. H., 1980, *Principles and Procedures of Statistics* McGraw-Hill Book Co.Inc., New York, 481.
- Steppuhn, H., Volkmar, K. M., Miller, P. R., 2001, Comparing canola, field pea, dry bean, and durum wheat crops grown in saline media, *Crop Science*, 41(6): 1827-1833.
- Tan, A.Ş., 2009, Bazı kolza (kanola) çeşitlerinin Menemen koşullarında verim potansiyelleri, *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, Anadolu, 19 (2): 1-32.
- Tan, M., Liao, F., Hou, L., Wang, J., Wei, L., vd., 2017, Genome-wide association analysis of seed germination percentage and germination index in *Brassica napus* L. under salt and drought stress, *Euphytica*, 213: 40.
- Tiryaki, İ., 2018, Bazı Tarla Bitkilerinin Tuz Stresine Gösterdikleri Adaptasyon Mekanizmaları, *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(5): 800.
- Tunçtürk, M., Yılmaz, İ., Erman, M., Tunçtürk, R., 2005, Yazlık kolza (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) çeşitlerinin Van ekolojik koşullarında verim ve verim özellikleri yönünden karşılaştırılması, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(1): 78-85.
- Turner, N. C., 1986, Crop water deficits: a decade of progress, *Advances in Agronomy*, 39: 1-51.
- Uyanık, M., Kara, Ş. M., Korkmaz, K., 2014, Bazı kışlık kolza (*Brassica napus* L.) çeşitlerinin çimlenme döneminde tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20: 368-375.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

Zörb, C., Geilfus, C. M., Dietz, K. J., 2019, Salinity and crop yield, *Plant Biology*, 21: 31-38.