

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**MULTİSPEKTRAL KAMERALAR KULLANILARAK KARNABAHAAR  
BİTKİSİNDE TUZLULUK STRESİNİN BELİRLENME OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI**

**Osman Fath Alrahman Osman ALASAD**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA  
ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2022**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MULTİSPEKTRAL KAMERALAR KULLANILARAK KARNABAHAAR  
BİTKİSİNDE TUZLULUK STRESİNİN BELİRLENME OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI**

**Osman Fath Alrahman Osman ALASAD**

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA**

**ANABİLİM DALI**

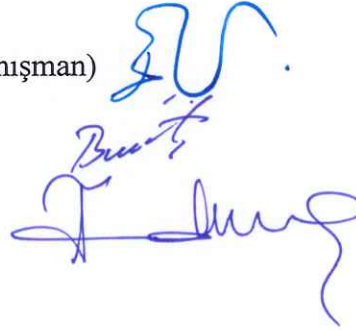
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez 23/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN (Danışman)

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ



## ÖZET

# MULTİSPEKTRAL KAMERALAR KULLANILARAK KARNABAHAH BİTKİSİNDE TUZLULUK STRESİNİN BELİRLENME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

**Osman Fath Alrahman Osman ALASAD**

**Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN**

**Haziran 2022; 32 sayfa**

Bu çalışma ile farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar bitkisinin bazı gelişim ve verim parametrelerine etkilerinin multispektral kameralar ile belirlenme olanaklarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi uygulama arazisinde, sera koşullarında yürütülmüştür. Çalışmada, kontrol konusu ( $T_0C_0$ ), 4 tuz kaynağı ( $CaCl_2$  ( $T_1$ ),  $MgCl_2$  ( $T_2$ ),  $NaCl$  ( $T_3$ ) ve  $Na_2SO_4$  ( $T_4$ )), 3 tuzluluk düzeyi (3.0 ( $C_1$ ), 6.0 ( $C_2$ ) ve 9.0 dS/m ( $C_3$ )) 3 tekerrürlü olarak uygulanmıştır. Bitki boyu, klorofil içeriği indeksi, stoma iletkenliği ölçümleri haftalık olarak, multispektral kamera ölçümleri ise her sulama öncesi olmak üzere yaklaşık iki haftada bir yapılmıştır. Multispektral kamera ile elde edilen görüntüler ArcGIS 10.7 programı yardımıyla işlenerek iki bantlı görüntüler oluşturulmuş ve Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) hesaplamaları yapılmıştır. Hasat sonrasında karnabahar bitkisinin toprak üstü biyomas (gr/bitki), meyve yaş ve kuru ağırlıkları (gr/bitki), meyve çapı (cm) ve meyve kuru madde içeriği (%) belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre tuz konsantrasyonları tüm parametrelerde farklılığa yol açmıştır. Bununla birlikte farklı tuz kaynaklarının tuz konsantrasyonları ile karşılıklı etkileşimi meyve çapı, meyve yaş ve kuru ağırlıkları üzerinde etkili olmuştur. Söz konusu parametreler için  $T_2C_2$ ,  $T_2C_3$  ve  $T_3C_3$  uygulamalarında en düşük değerler elde edilmiştir. Diğer parametrelerde olduğu gibi NDVI değerlerinde de tuz konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak azalmalar belirlenmiştir. Ayrıca karnabahar bitkisi için hesaplanan NDVI değerleri ile CCI, stoma iletkenliği ve biyomas arasında kuvvetli bir ilişki ( $R^2= 0.71$ ,  $p<0.05$ ) belirlenirken, meyve yaş ağırlığı ile orta düzeyde bir ilişki ( $R^2=0.63$ ,  $p<0.05$ ) belirlenmiştir. Karnabahar bitkisi için multispektral kamera görüntülerinden yararlanılarak hesaplanan NDVI değerleri ile söz konusu gelişim ve verim parametrelerine yönelik tahminlerin yapılabileceği ve tuzluluk stresinin etkilerinin tespit edilebileceği sonucuna varılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELEER:** NDVI, multispektral uzaktan algılama, tuzluluk stresi

**JÜRİ:** Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY TO DETERMINE SALT STRESS IN CAULIFLOWER USING MULTISPECTRAL CAMERAS

Osman Fath Alrahman Osman ALASAD

MSc Thesis in Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Gülçin Ece ASLAN

June 2022; 32 pages

In this study, it was aimed to evaluate the possibilities of determining the effects of different salt sources and salinity levels on the cauliflower plant's growth and yield parameters by multispectral cameras. The study was carried out in the experimental area of the Faculty of Agriculture at Akdeniz University, under greenhouse conditions. In the study, control treatment, four salt sources ( $\text{CaCl}_2$  (T<sub>1</sub>),  $\text{MgCl}_2$  (T<sub>2</sub>),  $\text{NaCl}$  (T<sub>3</sub>) ve  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (T<sub>4</sub>)), and three salinity levels (3.0 (C<sub>1</sub>), 6.0 (C<sub>2</sub>) ve 9.0 dS/m (C<sub>3</sub>)) were applied with three replications. Plant height, chlorophyll content index, and stomatal conductivity measurements were made weekly, and multispectral camera measurements were made approximately once every two weeks, before each irrigation. The images obtained with the multispectral camera were processed by ArcGIS 10.7 program, and two band images were created, and the Normalized Difference Vegetation Index was calculated. After harvest, the aboveground biomass (gr/plant), fresh and dry weight of the heads (gr/plant), head diameter (cm), heads dry matter content (%) of the cauliflower plant were determined. According to the results of the research, salt concentrations caused differences in all parameters. However, the interaction of different salt sources with salt concentrations affected fruit diameter, fruit fresh, and dry weights. The lowest values were obtained for the mentioned parameters in T<sub>2</sub>C<sub>2</sub>, T<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, and T<sub>3</sub>C<sub>3</sub> treatments. As in other parameters, decreases were determined in NDVI values depending on the increase in salt concentrations. In addition, a strong correlation ( $R^2 = 0.71$ ,  $p < 0.05$ ) between NDVI values calculated for the cauliflower plant and CCI, stomatal conductivity, and biomass was determined, while a moderate correlation ( $R^2 = 0.63$ ,  $p < 0.05$ ) was determined with head fresh weight. It was concluded that with the NDVI values calculated by using multispectral camera images for the cauliflower plant, estimations can be made for mentioned parameters, and the effects of salinity stress can be determined.

**KEYWORDS:** NDVI, multispectral remote sensing, salinity stress

**COMMITTEE:** Asist. Prof. Dr. Gülçin Ece ASLAN

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ

## ÖNSÖZ

Araştırmanın başlangıcından sonuna kadar her aşamasında bilgi ve deneyimi ile bu araştırmanın yapılmasını mümkün kılan değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN'a ve istatistik analizler konusunda benden yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Cihan KARACA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Araştırmanın yürütülmesi sırasında hem sera hem de laboratuvar çalışmalarında her daim yardımcı olan arkadaşlarım Alifa MAHAMAT, Ahmet MUBARAK, Mehmet KIYAR ve Süleyman ŞEHİR'e şükranlarımı sunarım.

Son olarak Sudan'dan Türkiye/Antalya'ya gelmemi teşvik eden, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme ve Türkiye'de Yüksek Lisans yapmam için burs imkânı sağlayan Yurt Dışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığına (YTB) teşekkürlerimi borç bilirim. Ayrıca hayatım boyunca manevi ve maddi desteklerini bir an bile esirgemeyen canım annem Badria Abdel FATTAH'a, merhametli babam mekâmı cennet olsun FATH ALRAHMAN'a ve kardeşlerime teşekkürlerimi borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

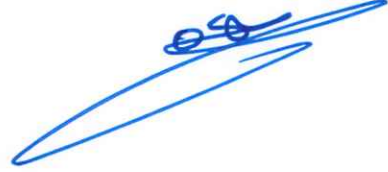
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ .....	iii
AKADEMİK BEYAN .....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi.....	3
2.2. Uzaktan Algılama Tekniklerinin Tarımda Kullanımı .....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	8
3.1. Materyal .....	8
3.1.1. Araştırma yeri, iklim ve toprak özellikleri .....	8
3.1.2. Bitkisel materyal .....	9
3.2. Yöntem .....	9
3.2.1. Arazi işlemleri ve denemenin kurulması.....	9
3.2.2. Sulama uygulamaları.....	11
3.2.3. Bitkide yapılan ölçümler .....	11
3.2.4. Verilerin istatistiksel analizleri.....	13
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	14
4.1. Bitki Su Tüketimine İlişkin Bulgular .....	14
4.2. Bitki Gelişim Parametrelerine İlişkin Bulgular.....	15
4.3. Bitki Verim Parametrelerine İlişkin Bulgular .....	19
5. SONUÇLAR .....	26
6. KAYNAKLAR.....	28
ÖZGEÇMİŞ	

## AKADİMİK BAYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Multispektral Kameralar Kullanarak Karnabahar Bitkisinde Tuzluluk Stresinin Belirlenme Olanaklarının Araştırılması” adlı bu çalışmanın akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

23/06/2022

Osman F. O. Alasad



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

CaCl <sub>2</sub>	: Kalsiyum klorür
MgCl <sub>2</sub>	: Magnezyum klorür
MgSO <sub>4</sub>	: Magnezyum sülfat
NaCl	: Sodyum klorür
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: Sodyum sülfat
L	: Litre
m <sup>3</sup>	: Metre küp
mm	: Millimetre
P	: İslatılan alan yüzdesi
R	: Determinasyon katsayısı
dS	: Decisiemens
Kg	: Kilogram

### Kısaltmalar

CCI	: Klorofil İçeriği İndeksi
CWSI	: Bitki Su Stresi İndeksi
EC <sub>e</sub>	: Elektriksel iletkenlik
ET	: Evapotranspirasyon
Ha	: Hacim ağırlığı
IWUE	: Sulama suyu kullanım randımanı
NDVI	: Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi
NIR	: Yakın kızılötesi
R	: Kırmızı
SI	: Tuzluluk İndeksi
SN	: Solma noktası
SR	: Basit Oran
TK	: Tarla kapasitesi
WI	: Su indeksi
WUE	: Su Kullanım Randımanı
YSP	: Yaprak Su Potansiyeli



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme alanı .....	8
Şekil 3.2. Denemede kullanılan bitkisel materyal .....	9
Şekil 3.3. Tarla kapasitesinin belirlenmesi (a) ve fide dikimi (b).....	10
Şekil 3.4. Bitkilerde yapılan ölçümler .....	12
Şekil 3.5. Denemede kullanılan MAPIR Survey 2 kamera ve kalibrasyon paneli .....	12
Şekil 3.6. Bitkilerde gerçekleştirilen multispektral kamera çekimleri.....	13
Şekil 4.1. Farklı tuz kaynaklarına göre ( $\text{CaCl}_2$ (a), $\text{MgCl}_2$ (b), $\text{NaCl}$ (c) ve $\text{Na}_2\text{SO}_4$ (d)) klorofil içeriği indeksindeki (CCI) zamansal değişimler .....	17
Şekil 4.2. Farklı tuz kaynaklarına göre ( $\text{CaCl}_2$ (a), $\text{MgCl}_2$ (b), $\text{NaCl}$ (3) ve $\text{Na}_2\text{SO}_4$ (4)) stoma iletkenliğindeki zamansal değişimler .....	18
Şekil 4.3. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin NDVI'a etkisi.....	24
Şekil 4.4. NDVI'ın bazı verim parametreleri ile ilişkilendirilmesi .....	25

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 4.1.</b> Bitki büyüme periyodu boyunca deneme konularına göre verilen toplam sulama suyu, drene olan su ve hesaplanan bitki su tüketimi değerleri.....	14
<b>Çizelge 4.2.</b> Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin karnabahar bitkisinin mevsimlik bitki su tüketimlerine (mm/mevsim) etkisi .....	15
<b>Çizelge 4.3.</b> Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar bitki boyuna etkileri .....	16
<b>Çizelge 4.4.</b> Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar CCI'ne etkileri .....	17
<b>Çizelge 4.5.</b> Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar stoma iletkenliğine etkileri .....	19
<b>Çizelge 4.6.</b> Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri karşılıklı etkileşimlerinin karnabahar meyve yaş ağırlığına (gr/bitki) etkileri .....	19
<b>Çizelge 4.7.</b> Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri karşılıklı etkileşimlerinin karnabahar meyve kuru ağırlığına (gr/bitki) etkileri .....	20
<b>Çizelge 4.8.</b> Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar meyve kuru madde miktarına (%) etkileri .....	21
<b>Çizelge 4.9.</b> Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri karşılıklı etkileşimlerinin karnabahar meyve çapına (cm) etkileri .....	22
<b>Çizelge 4.10.</b> Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar toprak üstü biyomasına etkileri .....	22
<b>Çizelge 4.11.</b> Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin NDVI'a etkisi.....	24

## 1. GİRİŞ

Tuzluluk eski çağlardan beri dünyanın birçok yerinde karşılaşılan en önemli sorunlardan biri olmuştur. Bu sorun daha çok kurak ve yarı-kurak bölgeleri etkilemiştir. Dünyanın farklı yerlerinde tarımsal olarak çok iyi sayılan araziler tuzluluk etkisinden dolayı verimli topraklar listesinden çıkarılmıştır. Kaliteli su kıtlığı nedeniyle tuzlu su kullanımı bir zorunluluk haline gelmesi problemin ciddiyetini yansıtmaktadır. Tarımsal kullanıma uygun su kaynaklarının kıtlığının bir sonucu olarak, atık su arıtımı ve deniz suyunun tuzluluğunun azaltılması dahil olmak üzere alternatif su kaynaklarının araştırılmasına ihtiyaç duyulmuştur (Siham, 2010).

Toprak tuzluluğundaki artış, tarımsal üretim için ciddi ve küresel bir tehdit olarak kabul edilmektedir (Ivushkin et al., 2019). Dünya Toprak Haritası verilerine göre dünya genelinde 954 milyon ha tuzdan etkilenmiş ve üretkenliği kısıtlanmış araziler bulunduğu bildirilmektedir. Ayrıca dünyada her yıl 10 milyon ha arazi tuzluluk problemi sebebiyle elden çıkmakta ve kullanılamaz hale gelmektedir (Karaoğlu ve Yalçın, 2018). Bu nedenle sürdürülebilir bir yaşam için bu sorunların kontrolü ve sodyumlu, tuzlu topraklar ile su kaynaklarının en azından tarımsal amaçlı kullanımının yeni yollarını bulmak oldukça önemlidir (Kurunç vd. 2011). Düşük kalitedeki sulama sularının kullanılmasıyla oluşan toprak tuzluluğunun bitkiler üzerinde iki farklı önemli etkisi vardır. Birincisi tuzun genel etkisi veya su alımını engelleyen ozmotik etki, diğeri ise bitkideki fizyolojik olayları etkileyen toksik iyonların etkisidir (Bresler ve Charter 1982; James vd. 1982). Toprakta yeterli su olmasına rağmen bitkinin suyu alamaması ve solması ozmotik etkinin en önemli göstergesidir. Buna fizyolojik kuraklık da denir (Ayyıldız 1990). Tuzlu suların sulamada kullanım yollarını bulabilmek için bitki tepkilerini hızlı ve doğru belirlemek önemlidir. Tuz stresine maruz kalan bitkilerde, tuzluluğun şiddetine ve bitkinin tolerans seviyesine göre, hormonal dengede yıkım meydana gelmekte, fotosentez azalmakta, nitrat alımının düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekte ve bitki boyu kısalmaktadır. Bu durum bitkinin yaş ve kuru ağırlığını etkilediğinden çiçek sayısı azalmakta ve verim kayıpları olmaktadır (Sharma 1980; Robinson vd. 1983; Çakırlar vd. 1985). Bitkilerde meydana gelen tüm bu biyokimyasal olaylar sonucu bitkilerin enerji kullanımında değişimler meydana gelmektedir. Bitki büyümesini ve gelişimini tahribatsız bir şekilde izlemek için, bitki örtüsünden yansıyan kırmızı ve yakın kızılötesi enerji miktarını karşılaştırmak yaygın bir yaklaşım olmuştur (Henik vd. 2014). Elektromanyetik spektrumun kırmızı ve yakın kızılötesi dalga boylarının matematiksel kombinasyonları ile oluşturulan vejetasyon indeksleri, uzaktan algılama gözlemleri ve bitki karakteristikleri arasındaki fonksiyonel ilişkiyi bulmak için geliştirilmiştir (Tuğaç vd. 2019). Bu indeksler ile bitki gelişimine büyük etkisi olan stres koşullarının bitkiler üzerindeki etkileri izlenebilmektedir.

Bu çalışmada bitkisel materyal olarak Brassicaceae familyasına ait karnabahar (*Brassica oleraceae* var. *Botrytis*) bitkisi kullanılmıştır. Karnabaharın yenilen kısmına baş, taç, çiçek, çiçek salkımı gibi isimler verilir (Sadık, 1962). Yüksek miktarda besin içeriği ve doğal antioksidan konsantrasyonu nedeniyle karnabahar insan sağlığına oldukça faydalıdır. Karnabaharın yüksek besin değeri, temel olarak biyoaktif moleküllerin, özellikle sağlığı iyileştirebilen ve kanser riskini azaltmaya yardımcı olan glukozinolatları içeriğinden kaynaklanmaktadır (Giuffrida vd. 2016). Karnabahar yetiştiriciliği Akdeniz ülkelerinde, özellikle güney İtalya'da yaygındır. Dünyada karnabahar üretimi yaklaşık 1100000 hektar alanda 18.1 milyon ton civarında iken,

Avrupa'da bu rakam 135.5 bin hektar alanda yaklaşık 2.36 milyon tondur. Dünyanın önemli üretici ülkeleri arasında 7.5 milyon tonla Çin, 5.98 milyon tonla Hindistan ilk sırada yer almaktadır (Anonim, 2010). Türkiye'de karnabahar kış ve sonbahar mevsimlerinde üretilmektedir. Aşırı soğuk koşullarda karnabahardan yenilebilir kısım bozulduğu için çok soğuk bölgeler karnabaharın yetiştirilmesi için uygun değildir. Türkiye'de karnabahar üretiminin yaklaşık %75'i Ege bölgesinde yer alır ve yaklaşık 5000 hektar (yaklaşık 80-85 bin ton) olduğunu tahmin edilmektedir ve üretim hacmi yıldan yıla değişiklik göstermektedir (Özkan, 2019). Artan tuzluluk sorunları nedeniyle, karnabaharın farklı tuzluluk düzeylerine toleransının derecesini bilmek ve bitkinin verim ve kalitesi üzerindeki etkisini araştırmak gerekmektedir. Brassicaceae familyasından karnabahar, brokoli gibi bitkilerin tuzluluğa tepkisi ile ilgili çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır (Özkan, 2019). Ayrıca tuzluluğa orta derecede dayanıklı olarak sınıflandırılan karnabahar bitkisinin tuzluluk etkisini belirleme konusunda uzaktan algılama tekniklerini konu alan çalışmaların azlığı önemli bir eksikliklerdir.

Bu araştırmada yüksek besin değeri ve antikanserojen özellikleriyle önemli bir kış sebzesi olan karnabahar bitkisinin farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyeleri altında bazı fizyolojik özellikleri (klorofil içeriği indeksi, stoma iletkenliği) ve verim bileşenleri belirlenmiştir. Ayrıca kırmızı ve yakın kızılötesi dalga boylarında ölçüm yapan kameralar ile elde edilen görüntülerden hesaplanan NDVI verileri ile bitkinin fizyolojik özellikleri, verim bileşenleri ilişkilendirilerek tuzluluk stresinin etkisinin belirlenme olanaklarının değerlendirilmesi, konu ile ilgili literatürdeki eksikliklerin tamamlanması amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK TARAMASI

### 2.1. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi

Tuzluluk üzerine yapılan çalışmanın amacı, tuzluluğun tüm canlı organizmalar üzerindeki etkisini anlamak ve tuzluluğun yaşamı ne ölçüde etkilediğini ortaya çıkarmaktır. Tarihte El-Ahsa medeniyetlerinin hayatın devam etmesi ve zamanın gelişmesiyle birlikte gelişmesi tamamen tarıma bağlı olduğunu ancak tarımın bazı engellerle karşılaştığını ve bunların en önemlisi tuzluluk olduğunu hatırlıyoruz. Günümüzde tarım teknikleri, sulama suyu yönetimi ve tüm tarımsal işlemlerde sürekli modernleşmeye rağmen, tuzluluk sorunu tarımsal ürünlerin üretiminin önündeki en büyük ve temel engel haline gelmiştir. Türkiye'de yaklaşık 1.5 milyon hektarlık arazide tuzluluk ve toprak alkaliliği ile ilgili sorunlar bulunmaktadır. Bu, tarımsal üretim için uygun arazinin yaklaşık %32.5'ine eşdeğerdir. Sulama, drenaj, toprak özellikleri ve iklimsel faktörler gibi faktörler toprak tuzluluğunu ve alkalinitesini büyük ölçüde etkiler. Gıda ve Tarım Örgütü'nün raporlarına göre, sulanan alanların yaklaşık yarısı, bitkisel üretimin azalmasındaki ana faktör olan tuzluluk tehdidi altındadır (Ekmekçi vd. 2005).

Bitki gelişimini ve verimliliğini sınırlayan önemli çevresel faktörlerden biri olan tuzluluk (Allahverdiev vd. 2000) sorunları doğada çeşitli şekillerde bulunmaktadır. Toprakta bulunan doğal tuzluluk, tuzlu drenaj suyu, yeraltı suyu ve düşük sulama suyu kalitesi veya doğal tuz birikintileri tuzlanmanın en yaygın örnekleridir. Ancak sorun, sulama gibi tarımsal uygulamalarla daha da kötüleşmiştir. Dünyadaki ekili arazinin yaklaşık %20'si ve sulanan arazinin yaklaşık yarısı tuzluluktan etkilenmiştir. Yüksek tuz konsantrasyonları bitkide iyon dengesizliğine neden olmaktadır. Bu birincil etkilerin bir sonucu olarak, oksidatif hasar gibi ikincil stresler sıklıkla meydana gelmektedir (Zhu 2001).

Tuzlar sulama suyu ile toprakta bulunan doğal tuzlarla birleştirilerek bitkilere farklı şekillerde etki edebilir. Tuzlar toprakta biriktiğinde hem toprağın fiziksel özelliklerini etkiler hem de bitkiler üzerinde toksik etkileri vardır. Topraktaki yüksek tuz konsantrasyonu neticesinde bitki veriminde azalma meydana gelir, ancak bu azalma tuza toleranslı bitkiler için etkisiz bir şekilde meydana gelebilir. Bu nedenle, bitki verimindeki düşüşler toprak tuz konsantrasyonu ve bitkilerin tuzlara karşı gösterdiği direnç ile ilişkilidir. Örneğin pamuk ve arpa, tuzlu koşullara dayanımı yüksek bitkiler oldukları için yüksek tuzluluk seviyelerine sahip topraklarda yetiştirildiğinde verimde önemli bir düşüş olmazken, fasulye ve turunçgiller gibi tuzluluğa karşı hassas bitkiler, düşük tuzluluk koşullarında bile verimde önemli bir düşüş göstermekte ve böylelikle verim ve kalite büyük ölçüde etkilenmektedir (Öztürk 2002).

Yüksek tuzluluğun bitkiler üzerindeki zararlı etkileri, bitkilerin ölmesi ve/veya verimin düşmesi gibi tüm bitki düzeyinde gözlemlenebilir. Birçok bitki, tuzu hücrelerinden uzaklaştırmak veya hücrelerdeki varlığını tolere etmek için mekanizmalar geliştirmiştir. Bir bitkide tuz stresinin başlaması ve gelişmesi sırasında fotosentez, protein sentezi, enerji ve lipid metabolizması gibi tüm ana süreçler etkilenmektedir. En erken tepki, yaprak yüzeyi genişleme hızında bir azalma ve ardından stres yoğunlaştıkça genişlemenin durmasıdır. Stres giderildiğinde büyüme devam eder. Hücre büyümesi için diğer substratlar arasında gerekli olan karbonhidratlar, esas olarak fotosentez süreci ile

sağlanır ve tuzluluğa ve özellikle NaCl'ye maruz kalan bitkilerde fotosentez oranları genellikle daha düşüktür (Doğru vd, 2020).

Maas ve Hoffman (1977) bitkilerin toprakta ve sulama suyunda bulunan tuz miktarına tepkilerindeki farklılıkların sadece bitki türlerine değil, aynı zamanda bitkinin gelişme aşamalarına da bağlı olduğu bildirilmişlerdir. Bitki gelişiminin en önemli aşaması olan çimlenme tuzluluktan etkilenmektedir. Toprakta belli bir miktar tuzun bulunması tohumların suyu emmesini engeller ve topraktaki yüksek ozmotik basınç nedeniyle embriyonik kök ve kök kıllarının mevcut sudan yararlanamaz, bu da çimlenmede gecikmeye yol açar (Bernstein 1964). Rodger vd.(1957) toprak çözeltisindeki ozmotik gerilimi arttırmanın yonca tohumlarının çimlenme yüzdesinde azalmaya yol açtığını ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Parida ve Das. (2005) tuz stresinin, çimlenme hızı, kök veya gövdenin kuru ağırlığı ve kök veya gövdede sodyum veya potasyum yüzdesi gibi bazı önemli süreçleri etkilediğini belirtmişlerdir. Jamil vd. (2005), bazı Brassica türlerinin (lahana, karnabahar ve kanola) çimlenme ve erken fide gelişimi dönemlerinde tuzluluğa tepkilerini araştırdığı çalışmasında 4.7, 9.4, 14.1 dS/m konsantrasyonda NaCl içeren sulama sularını kullanmıştır. Jamil vd. (2005) araştırma sonuçlarına göre artan tuzluluk seviyesine bağlı olarak, her üç bitkide de çimlenme yüzdesinin önemli oranlarda azalmalar gösterdiğini ve bu düşüşün en fazla karnabahar bitkisinde olduğunu ifade etmiştir. Bununla birlikte araştırmacılar üç bitkinin fide gelişimlerinin tuzluluk stresiyle önemli ölçüde engellendiğini, özellikle 14.1 dS/m NaCl konsantrasyonunda tüm bitkilerin kök ve sürgün uzunluğunun azaldığını, sürgün gelişiminin kök gelişimine kıyasla tuzluluktan daha fazla etkilendiğini belirtmiştir.

Tarımsal ürünler tuzluluğu tolere etme yeteneklerine göre farklılık göstermektedir. Tuz stresine karşı bitkiler gösterdikleri dirençlere göre duyarlı, yarı duyarlı, yarı dayanıklı ve dayanıklı olarak sınıflandırılmaktadır (Maas vd. 1977). Yurtseven vd. (2000), tuzluluğun bitkilerin verimleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda genel olarak tuzluluğun belli bir oranın üzerinde artması ile verimde sürekli bir azalmanın olduğunu vurgulayarak özellikle sebzelerin kültür bitkilerine oranla daha duyarlı olduğunu, 1.0 dS/m-3.8 dS/m'lik toprak tuzluluklarında verimde azalmaların görülmeye başlandığını belirtmişlerdir.

Tuzluluğun çimlenme, vejetatif büyüme ve tohum üretimi üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan bir çalışmada, iki sorgum çeşidinde altı farklı konsantrasyonda (1.5, 2.7, 5.0, 7.4, 9.8 ve 12.1 dS/m) sodyum klorür ve kalsiyum klorürlü (1:1 oranda) sulama suları kullanılmıştır. Araştırmada her iki sorgum çeşidinin de 6.8dS/m tuzluluk seviyesinin her bir birim artışında verimler %16'lık bir azalmaya neden olduğu, bu bilgiler ışında sorgumun tuzluluğa yarı dayanıklı bir bitki olduğu sonucuna varılmıştır (Francois vd. 1984).

Pascal vd. (2005) karnabahar ve brokoli bitkilerine farklı konsantrasyonlarda NaCl içeren sulama sularının bitki gelişimine etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar brokoli de 1.28 dS/m, karnabahar da 1.52 dS/m tuzluluğun üzerindeki her bir birim artışa karşılık bitkilerin verimlerinde sırasıyla %15.8 ve %14.4 azalma olduğunu ifade etmişlerdir.

Giuffrida vd., (2013) kum kültüründe brokoli ve karnabahar bitkilerinin 20 mM/L ve 40 mM/L NaCl konsantrasyonda besin çözeltisi ile yetiştirmişler ve söz konusu bitkilerin verim ve kalite parametrelerinin tuzluluk stresi altında değişimini

incelemişlerdir. Araştırmacılar karnabahar ve brokolinin tuz stresine karşı hassasiyetlerinin farklı olduğunu, her iki bitkide de 20 mM/L NaCl'de verimlerin yaklaşık %20 azaldığını ancak 40 mM/L'de brokoli ve karnabahar da verim düşüşünün sırasıyla %37 ve %29'a ulaştığını ifade etmişlerdir. Her iki bitkinin taç kısımlarında su miktarında, birim taze ağırlık ve çapta azalmalar belirlenmiştir.

Aydınşakir vd. (2015) farklı tuzluluk seviyelerine (0.5, 1, 2, 4, 8 ve 16 dS/m) sahip sulama suları ile sulanan yer fıstığı bitkisinin gelişimini inceledikleri çalışmalarında, 4 dS/m'ye kadar olan sulama suları ile sulanan bitkilerin bitki büyüme ve gelişme parametreleri üzerinde olumlu etkileri olduğunu, elektriksel iletkenliği 4 dS/m'nin üzerindeki sulama suları ile sulanan bitkiler de ise bitki boyu, gövde ağırlığı, kök uzunluğu gibi parametrelerin olumsuz etkilendiğini ifade etmişlerdir.

Giuffrida vd., (2016), Tuzluluk, karnabaharın büyümesini esas olarak ilk büyüme aşamasında uygulandığında etkilemiştir.  $Na^+$  ve  $Cl^-$  antagonizmalarının bir sonucu olarak hafif besin dengesizlikleri olmasına rağmen, büyüme azalması esas olarak iyona özgü etkilere bağlıydı. Birinci veya ikinci yetiştirme döneminde tuzlu olmayan su kullanımı tuzluluğun ozmotik ve toksik etkilerini azaltmıştır. Çiçeklenme döneminde tuzluluk uygulandığında, baştaki su birikiminin kısıtlanması nedeniyle verim düşmüştür

Öztürk (2019) farklı sulama suyu tuzluluğunun (0.38, 1.5, 4.5, 7.0, 10.0 ve 15.0 dS/m) karnabahar bitkisinin büyüme, verim parametreleri ve evapotranspirasyona etkilerini belirlemiştir. Araştırmacı artan tuz konsantrasyonu ile bitki boyu, taç yaş ağırlıkları, taç çapı, taç boyu, klorofil içeriği, toplam verim ve bitki su tüketimlerinin azaldığını ifade etmiştir. Karnabahar bitkisi için eşik tuzluluk eşik değerini 1.62 dS/m olarak hesaplayan Öztürk (2019), birim toprak tuzluluğundaki azalmaya karşılık verimde %8.4'e varan azalma olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte araştırmacı karnabahar için düşük kaliteli sulama suyunun kullanılması durumunda verim azalmasını minimuma indirmek için uygun drenaj koşullarının sağlanıp mutlaka yıkama suyunun verilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

## 2.2. Uzaktan Algılama Tekniklerinin Tarımda Kullanımı

Yeryüzündeki ve özellikle doğal ortamlardaki ilişkilerin dinamikliği, bu ilişkileri gözleyebilme ve değişimleri kısa sürelerde izleyebilme zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Böylesi çalışmaları yapmak için de yeryüzüne ilişkin sürekli yeni bilgi ve verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Günümüzde yeryüzü kaynaklarına yönelik sürekli bilgi akışını sağlamak ve söz konusu bilgilere kısa sürelerde ve doğru bir şekilde ulaşabilmek amacıyla pek çok yeni teknoloji geliştirilmiştir. Bu teknolojilerden biriside Uzaktan Algımla Bilim ve Teknolojisidir (Sönmez 1996). Pek çok bilim adamının da ifade ettiği gibi uzaktan algılama en genel biçimde; algılanan objelerle herhangi bir fiziksel temas yapılmaksızın herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle objeler hakkında bilgi edinme bilimi olarak tanımlanabilir (Richards vd. 1991; Jensen 2000; Campbell 2006). Ölçmeler; objelerin elektromanyetik alandaki tayfı, konumsal ve yıl içerisinde özelliklerindeki değişimlere dayanmaktadır (Dinç vd 1986). Uzaktan algılamanın temeli, yeryüzündeki objelerden yansıyan farklı dalga boylarındaki ışığın algılanarak değerlendirilmesine dayanmaktadır (Koroğlu 2002). Bir cisim hakkında toplanan bilgilere, elektromanyetik spektrum aralığında gerek doğadaki cisimlerden olan yansımalar gerekse cisimler

tarafından emilen enerji miktarına bağılı olarak optik kurallar çerçevesinde kaydedilen veriler de denebilir. Elde edilen sayısal veriler işlendikten sonra özellikleri olan sayısal görüntüler haline getirilir ve uygulama birimlerinin hizmetine sunulur (Genç vd 2005).

Uzaktan algılama teknolojisi 1960'larda gelişmeye başlamıştır. Başlangıcından bu yana tarım, uzaktan algılama verilerinin ana kullanıcılarından biri olmuştur (Jakson, 1984). Son kırk yılda yapılan araştırmalara göre, tarımsal sistemlerin yönetiminde gerekli bilgilerin çoğu çeşitli uzaktan algılayıcılar aracılığıyla elde edilmektedir. Uzaktan algılama teknolojileri, GPS alıcıları, bilgisayarlar, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve fabrika simülasyon modelleri ile birlikte kullanıldığında tarımsal üretimde büyük potansiyele sahiptir (Pinter vd. 2003).

Yapraklar, stres koşullarında göstermiş oldukları tepkiler açısından kilit rol oynamaktadır. Yaprak pigment içeriği yaprağın fizyolojik işlevi ile ilişkili olup bitkinin genel durumu hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır. Bu nedenle de tuz toleransının en önemli göstergelerinden biri olarak öne sürülmektedir. Geleneksel pigment analizi (Spektrofotometrik yöntem), yaprakların organik çözücüler yardımıyla ekstraksiyon işlemine tabi tutulması nedeniyle bitkide tahribata neden olmaktadır. Bu nedenle yaprak pigmentlerinin belirlenmesi amacıyla alternatif optik yöntemler geliştirilmiştir (Hernández, vd., 2014). Uzaktan algılamanın bir kolu olan spektral yansıma analizi ile bitkinin değişen çevre koşullarına zaman içerisinde verdiği tepkileri hızlı, tahribatsız ve güvenli bir şekilde belirlemeye olanak sağlamaktadır. Spektral yansıma verilerinden türetilen çeşitli indeksler, agronomik ve biyofiziksel bitki parametrelerini tahmin etmek için uzun yıllardır kullanılmaktadır.

Oscar'a (1998) göre; bitkiler, benzer bileşenlerden oluştuğu için, yansıma spektralleri de genellikle benzerdir. Araştırmacıya göre, bitkinin elektromanyetik spektrumun mavi ve kırmızı bölgesindeki enerji soğurumu bitki klorofil içeriğinden kaynaklanmakta olup, orta kızılötesi dalga boyu bölgesindeki yansıma spektrası ise yaprak su içeriği tarafından yönlendirilmektedir. Araştırmacıya göre, bitki yaprakları görünür bölgede özellikle mavi ve kırmızı dalga boyu aralığında düşük yansıma gösterirken, görünür bölgenin son sınırı olan kırmızı dalga boyu aralığından yakın kızılötesi dalga boyu aralığına geçildiğinde yansımada hızlı bir artış şeklinde kendini göstermektedirler. Görünür bölgenin kırmızı dalga boyu ve yakın kızılötesi bölge arasındaki bu güçlü yansıma farklılığı, yeşil bitki türlerinin uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak ayırt edilmesinde ve sıkıntı durumlarının belirlenmesinde önemli bir kriterdir ve bu farklılık 'red edge'(RE) veya kırmızı eşik olarak adlandırılmaktadır. Araştırmacı, kırmızı ışık yansıması ve yakın kızılötesi yansımaları arasındaki yansıma farklılığını ortaya koyan ve 'red edge' adı verilen bölgenin yansıma eğiminin değerlendirilmesi ile bitkinin sıkıntıda olup olmadığını belirlebildiğini ifade etmiştir. Araştırmacıya göre, kırmızı ışık ve yakın kızılötesi yansımaları arasındaki eğim değerinin yüksekliği bitkinin sağlıklı olduğunu, düşüklüğü ise bitki yapraklarının hastalanmış, yaralanmış veya zarar görmüş olduğunu göstermektedir. Ayrıca araştırmacı, elektromanyetik spektrumun kırmızı ve yakın kızılötesi dalga boyu aralığındaki klorofil soğurması ve selüloz yansımaları arasındaki ilişki sayesinde de bitki örtü tiplerinin ayırt edilmesinin ve tanımlanmasının mümkün olduğunu ifade etmiştir. Yaprak yansıma spektrası kullanılarak bir dizi bitki örtüsü indeksi geliştirilmiştir. Bu indekslerden bazıları, yansıma basit oran



(SR), normalleştirilmiş bitki örtüsü fark indeksi (NDVI), stres indeksi (SI) ve su indeksidir (WI) (Gao and Li, 2012).

Leone vd. (2000), toprak tuzluluğunun biber bitkisinin gelişim ve verimine etkilerini ve bu etkilerin bazı spektral indekslerle belirlenme olanaklarını araştırmışlardır. Çalışmada NaCl içermeyen (kontrol konusu), %0.5 NaCl ve %1 NaCl içeren sulama suları kullanılmıştır. Biber bitkisinin gelişme dönemi boyunca klorofil içeriği, yaprak su potansiyeli ve hasat sonrası kuru biomas verileri belirlenmiş ve NDVI, kırmızı eşik (REP), WI indeksleri ile ilişkilendirilmiştir. Araştırmacılar klorofil içeriği ile REP ( $r = 0.92$ ), bitkinin kuru bioması ile NDVI ( $r = 0.91$ ), yaprak su potansiyeli ile WI ( $r = 0.87$ ) arasında istatistiksel olarak önemli ilişkiler belirlediklerini ifade etmişlerdir.

Turhan vd. (2008), farklı konsantrasyonlarda NaCl içeren sulama suları ile yetiştirdikleri ayçiçeğinde spektral ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar spektral ölçümlerle hesapladıkları NDVI değeri ile bitkisinin klorofil içeriği arasında istatistiksel olarak önemli ilişkiler belirlediklerini, bu nedenle NDVI verileri ile ayçiçeği bitkisinde tuzluluğun etkisini dolaylı olarak belirlenebileceğini ifade etmişlerdir.

Aslan (2011) biber bitkisinde tuzluluk stresi etkilerinin spektrometrik ölçümlerle değerlendirilme koşullarını araştırdığı çalışmada biber bitkisinin enerji kullanımını negatif yönde etkilediğini belirtmiştir. Araştırmacı bitkinin görünür ve NIR bölgedeki yansıma değerlerine bağlı olarak NDVI, RE, normalize edilmiş tuzluluk indeksi ve tuzluluk indekslerini hesaplamış ve söz konusu indekslerin biber bitkisinde tuzluluk stresinin etkilerinin saptanmasında daha belirleyici olduğunu ifade etmiştir.

Hernández vd. (2014) görünür (visible) ve yakın kızıl ötesi (NIR) VNIR spektrometri ölçümlerinin kavunda tuzluluk stresi etkilerini belirleme yeteneklerini değerlendirmek adına bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda kavun başlangıçta elektriksel iletkenlik değerleri ( $EC_{1:5}$ ) 0.5 dS/m, 1.0 dS/m ve 2.5 dS/m olan topraklarda yetiştirilmiştir. Bitkilerden belirli periyotlarla spektral ölçümler gerçekleştirilmiş ve  $NDVI_{750-705}$ ,  $NDVI_{800-680}$ , WI, WI/NDVI, CRI (karotenoid yansıma indeksi) hesaplamaları yapılmıştır. Spektrometrik ölçümlere paralel olarak yaprakların klorofil a ve b içerikleri, toplam klorofil, azot, potasyum, sodyum içerikleri, yaprak su içerikleri geleneksel yöntemlerle belirlenerek vejetasyon indeksleriyle ilişkileri değerlendirilmiştir. Araştırmacılar söz konusu indekslerin bitkilerin stres durumlarının erken tespitinde başarıyla kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Ji vd. (2017), farklı dozlarda azot gübrelemesi yaptıkları lahanada bitkisinin yıl sonu verimini NDVI ile tahminini araştırdıkları çalışmalarında; verim ve NDVI arasındaki ilişkiyi pearson korelasyon analizi ve regresyon analizi ile birlikte değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre, bitki yetiştirme periyodu boyunca elde ettikleri NDVI değerleri ile yıl sonu verimi %87-89 doğrulukta tahmin edebildiklerini ifade etmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma yeri, iklim ve toprak özellikleri

Multispektral kameralar kullanılarak karnabahar bitkisinde tuzluluk stresinin olası etkilerini belirleme olanaklarının araştırıldığı bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde bulunan polietilen plastik örtülü, üstü kapalı yanları açılıp kapanabilen, uzunluğu 40 m, eni 9 m, yüksekliği 3.5 m olan bir serada yapılmıştır (Şekil 3.1).



**Şekil 3.1.** Deneme alanı

Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü araştırma alanında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Antalya uzun yıllık iklim ortalamalarına göre ortalama sıcaklık  $19.8^{\circ}\text{C}$ 'dir. En soğuk ay  $9.4^{\circ}\text{C}$  ile Ocak ayı olurken en sıcak ay  $31.9^{\circ}\text{C}$  ile Ağustos ayıdır. Yıllık ortalama bağıl nem, toplam yağış ve buharlaşma ise sırasıyla %63, 1063.5 mm ve 1886.3 mm'dir (Anonim, 2020a). Deneme alanına ait uzun yıllık ortalama iklimsel değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Deneme alanına ait uzun yıllık ortalama iklim verileri

İklim Parametreleri								
Aylar	Ort. Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )	Min. Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )	Mak. Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )	Rüzgar Hızı ( $\text{m s}^{-1}$ )	Oransal Nem (%)	Toplam Yağış (mm)	Güneşlenme Süresi (sa gün $^{-1}$ )	Güneşlenme Şiddeti ( $\text{cal cm}^{-2} \text{gün}^{-1}$ )
Eylül	26.1	19.9	31.9	2.7	56.7	8.10	10.0	450.7
Ekim	21.7	15.3	27.7	2.2	52.6	0.50	8.1	326.9
Kasım	18.5	12.5	23.8	2.1	66.8	29.30	6.3	224.9
Aralık	13.2	9.4	16.5	2.4	74.4	55.60	5.0	170.6

Çalışmada kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Deneme toprağının fiziksel ve kimyasal analizleri Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Deneme toprağının bünye sınıfı Bouyoucus hidrometre yöntemine göre % kum, silt kil miktarları hesaplanmış ve sonrasında tekstür üçgeninden belirlenmiştir (Gee ve Boudier 1986). Tarla kapasitesi ve solma noktası analizleri basınç tablasında toprağın sırasıyla 1/3 atm ve 15 atm basınç altında tutabildiği su miktarı olarak belirlenmiştir (Klute 1986). Hacim ağırlığı, saksılardan alınan bozulmamış toprak örneklerinden Blake ve Hartge’nin (1986) belirttiği esaslara göre belirlenmiştir. Toprağın elektriksel iletkenlik ( $EC_e$ ) ve pH değerleri saturasyon ekstraktından (Richards 1954) elde edilen süzükten Hach HQ40D model EC, pH metre ölçüm cihazı ile belirlenmiştir.

**Çizelge 3.2.** Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	TK (%)	SN (%)	HA ( $g/cm^3$ )	$EC_e$	pH <sub>e</sub>	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye
0-30	23.99	9.78	1.35	0.73	8.04	56.72	26.53	16.75	Kumlu tın
30-60	23.79	8.96	1.44	0.64	7.98	57.84	25.28	16.88	Kumlu tın

### 3.1.2. Bitkisel materyal

Araştırmada bitkisel materyal olarak Antalya yöresinde yetiştiriciliği yapılan ve hibrit bir çeşit olan “Casper F1” karnabahar çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.2). Olgunlaşma süresi 90-110 gündür. Bu çeşidin meyvesi sıkı ve kar beyaz görünümlüdür. Meyve, yapraklar tarafından tamamen kapatılmış şekilde büyümektedir. Raf ömrü çok uzun olan bu karnabahar çeşidi hem taze tüketimde hem de sanayi tüketimi için uygundur (Anonim, 2020b).



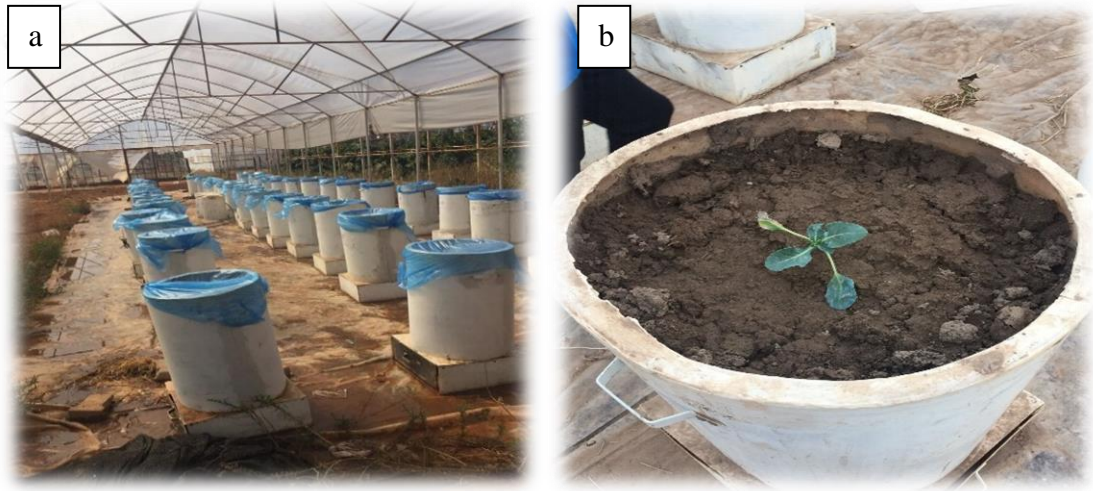
**Şekil 3.2.** Denemede kullanılan bitkisel materyal

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Arazi işlemleri ve denemenin kurulması

Çalışmada saksı tipi lizimetre olarak da tanımlanabilen yaklaşık 125 litre hacimli ve 180 kg hava-kuru toprak kapasiteli, yüksekliği 70 cm ve çapı 48 cm olan saksılar kullanılmıştır (Şekil 3.3a). Söz konusu saksıların tabanları su çıkışını engellemek için

delikli olup, drenaj suyunun miktarını kontrol edebilmek için yaklaşık 20 cm yüksekliğinde bir atık su toplama kabının üzerine yerleştirilmiştir. Denemede kullanılan toprak 4 mm'lik elekten geçirilmiş ve hava kuru hale getirildikten sonra 15 cm'lik tabakalar halinde sıkıştırılmış ve üstten 5 cm boşluk kalacak şekilde saksılara doldurulmuştur. Her bir saksının tarla kapasitesi ağırlık esasına göre belirlenmiştir. Bu kapsamda her saksı tamamen su ile doyurulmuştur. Toprak yüzeyinden olan su kaybını engellemek adına saksıların üzerleri kapatıldı (Şekil 3.3a). Saksılardan meydana gelen drenaj tamamen bittikten sonra her bir saksı tartılarak belirlenen ağırlık o saksının tarla kapasitesi olarak kabul edilmiştir (Kurunç vd. 2020). Saksı toprağı tava geldiğinde (9 Eylül) homojen büyüklükteki karnabahar fidanlarının dikimi gerçekleştirilmiş olup her saksıya can suyu verilmiştir (Şekil 3.3b).



**Şekil 3.3.** Tarla kapasitesinin belirlenmesi (a) ve fide dikimi (b)

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Deneme de farklı sulama suyu tuzluluk düzeylerinde farklı tuz kaynaklarının etkisini belirleyebilmek için elektriksel iletkenlikleri (EC) 3.0 (C<sub>1</sub>), 6.0 (C<sub>2</sub>) ve 9.0 dS/m (C<sub>3</sub>) olacak şekilde 3 farklı konsantrasyonda hazırlanan 4 farklı tuz kaynağı (CaCl<sub>2</sub> (T<sub>1</sub>), MgCl<sub>2</sub> (T<sub>2</sub>), NaCl (T<sub>3</sub>) ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (T<sub>4</sub>)) kullanılmıştır. Kontrol (C<sub>0</sub>) konusu için EC değeri 0.7 dS/m olan şebeke suyu kullanılmıştır. Her bir konudan 3 tekrür oluşturulduğundan toplam (13 konu ×3 tekrür) 39 adet saksı kullanılmıştır.

**Çizelge 3.3.** Denemede kullanılan konular ve sembolleri

Tuz Çeşidi		Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)	
CaCl <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	0.7	C <sub>0</sub> (Kontrol)
MgCl <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	3.0	C <sub>1</sub>
NaCl	T <sub>3</sub>	6.0	C <sub>2</sub>
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	T <sub>4</sub>	9.0	C <sub>3</sub>

### 3.2.2. Sulama uygulamaları

Denemede her bir tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları için toplamda 13 adet 100 litrelik plastik su deposu kullanılmıştır.

Denemede sulama zamanına karar vermede kontrol konuları dikkate alınmıştır. Bu amaçla deneme süresince kontrol konusunda saksılar belirli aralıklarla tartılmış ve hesaplanan solma noktası, tarla kapasitesi (TK) verilerine göre bu saksılardaki kullanılabilir suyun yaklaşık olarak %40'ı tüketildiğinde tüm konularda sulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Sulamadan yaklaşık 24 saat sonra saksı altına sızan ve saksı altlıklarında biriken su miktarları ölçülmüştür. Böylece bitki gelişmesi nedeniyle zamanla TK ağırlığında oluşabilecek değişimlerin izlenmesi ve saksının TK ile ilgili bu düzeltmelerin yapılmasının yanında her bir tuzluluk konusu için net bitki su tüketimi belirlenmiştir. Ardışık iki sulama arasındaki bitki su tüketimi (evapotranspirasyon, ET) Eşitlik 3.1'de verilirken, sezonluk bitki su tüketimi Eşitlik 3.2'de verilmiştir.

$$ET = (W_n - W_{n+1}) (AW_s - R) \quad (3.1)$$

$$ET = I - D \pm \Delta_s \quad (3.2)$$

Eşitliklerde,  $W_n$  ve  $W_{n+1}$  sırasıyla n. ve n+1. sulama öncesindeki saksı ağırlığını (kg); R, n. sulama sonrası saksı altlığında ölçülen drenaj suyu miktarını (L),  $AW_s$  her sulamada saksılara verilecek sulama suyu miktarları (L), I bitki gelişim periyodu boyunca verilen toplam sulama suyu miktarını (mm), D bitki gelişim periyodu boyunca drene olan toplam su miktarını (mm) ve  $\Delta_s$  deneme başında ve sonunda toprak su içeriğindeki değişimi ifade etmektedir.  $AW_s$ , Eşitlik 3.3 yardımıyla hesaplanmıştır (Kurunç vd. 2020).

$$AW_s = \frac{W_{fc} - W_a}{\rho_w (1 - LF)} \quad (3.3)$$

Eşitlikte;  $AW_s$  her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarını (L),  $W_{fc}$  saksı tarla kapasitesi ağırlıklarını (kg),  $W_a$  sulama öncesi saksı ağırlığını (kg),  $\rho_w$  suyun yoğunluğunu (1 kg/L) ve LF yıkama oranını (%) ifade etmektedir (Kurunç vd. 2020). Saksı topraklarında aşırı tuz birikimini önlemek ve her bir tuzluluk konusu için belirli bir toprak tuzluluk seviyesini oluşturabilmek amacıyla yıkama oranı ortalama %20 (LF=0.20) (Maas ve Hoffman 1977; Ayers ve Westcott 1989) civarında tutulmaya çalışılmıştır.

### 3.2.3. Bitkide yapılan ölçümler

Deneme boyunca her hafta sulamadan sonra bitkinin stoma iletkenliği DECAGON-SC01 model taşınabilir porometre aleti yardımıyla ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), yaprak klorofil içeriği indeksi ise taşınabilir CCM-2000 plus klorofilmetre cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 3.4). Bu ölçümlere paralel olarak MAPIR Survey 2 (Şekil 3.5) kırmızı ve yakın kızıl ötesi dalga boylarında ölçüm yapan kameralarla haftalık fotoğraflar çekilmiştir ve ArcGIS 10.7 programında işlenerek 2 bantlı görüntü oluşturulmuştur. Kameralar 16 MP



çözünürlük ve 3 saniyede bir görüntü alabilen zamanlayıcıya sahiptir. Her çekim öncesi kameralara özel kalibrasyon paneli ile kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.4. Bitkilerde yapılan ölçümler



Şekil 3.5. Denemede kullanılan MAPIR Survey 2 kamera ve kalibrasyon paneli

Elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarındaki enerjilerin matematiksel kombinasyonlarıyla elde edilen vejetasyon indekslerinin birçok bitki özelliği ile yüksek korelasyon göstermesi (Heute, 1988) nedeniyle bitki özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilirdiği (Jackson vd., 1984) belirtilmiştir. Bu amaçla bitki örtüsü özelliklerinin tanımlanmasında kullanılacak çok sayıda spektral vejetasyon indeksleri geliştirilmiştir. Bu araştırmada kullanılan vejetasyon indeksi Eşitlik 3.3’de verilmiştir

$$\text{Normalize edilmiş fark bitki indeksi (NDVI): } NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (3.3)$$

(Penuelas vd., 1997)

Eşitliklerde; NIR ve R, sırasıyla yakın kızılötesi ve kırmızı bandın yansımaya değerlerini ifade etmektedir.



**Şekil 3.6.** Bitkilerde gerçekleştirilen multispektral kamera çekimleri

Deneme sonunda bitki başına verim (g/bitki): Bitkiler hasat edildikten sonra primer ve sekonder sürgünler hassas tartı ile tartılarak her bir bitkinin verimi tespit edilmiştir.

Yaprak, gövde ve toplam kuru madde miktarları: Hasat sonrasında bitkilerin yaprak ve gövde yaş ağırlıkları alınmıştır. Alınan örnekler kurutma fırınında, 65°C’de kuru ağırlıklarının sabitlendiği zamana kadar kurutulmuş ve elde edilen yaş ve kuru ağırlık değerleri kullanılmıştır, % kuru madde miktarları tespit edilmiştir.

#### **3.2.4. Verilerin istatistiksel analizleri**

Araştırmadan elde edilmiş tüm veriler 3 yinelemeli tesadüf parselleri deneme desenine göre SPSS istatistiksel analiz yazılımı yardımıyla (IBM SPSS Inc., 2012) varyans analizi yapılmış ve konular arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla LSD çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Ayrıca parametreler arasındaki ilişkilerin derecesi Devore ve Peck (1993) tarafından önerildiği şekilde  $R^2$  değeri dikkate alınarak; kuvvetli ( $R \geq 0.8$ ), orta ( $0.5 < R < 0.8$ ) ve zayıf ( $R \leq 0.5$ ) olarak değerlendirilmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Bitki Su Tüketimine İlişkin Bulgular

Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar bitkisine etkilerinin değerlendirildiği bu çalışmada 23 Eylül, 5 Ekim, 15 Ekim, 27 Ekim, 10 Kasım ve 8 Aralık olmak üzere toplam 6 kez tuzlu su uygulaması yapılmıştır. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri konularına ilişkin su bütçesi değerlerine ilişkin veriler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere deneme süresince en fazla sulama suyu T<sub>0</sub>C<sub>0</sub> uygulamasına (521 mm) verilmiş olup benzer şekilde en fazla drene olan su da (91 mm) bu uygulamada meydana gelmiştir. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyi konularına kontrol konusuna göre daha az sulama suyu uygulanmıştır. Bu azalma CaCl<sub>2</sub> (T<sub>1</sub>) tuzunun C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> konsantrasyonlarında sırasıyla yaklaşık %12, %23 ve %25; MgCl<sub>2</sub> (T<sub>2</sub>) tuzunun C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> konsantrasyonlarında yaklaşık %20, %23, %37; NaCl (T<sub>3</sub>) tuzunun C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> konsantrasyonlarında yaklaşık %15, %30, %35; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (T<sub>4</sub>) tuzunun C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> konsantrasyonlarında ise yaklaşık %20, %28 ve %27 olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.1.** Bitki büyüme periyodu boyunca deneme konularına göre verilen toplam sulama suyu, drene olan su ve hesaplanan bitki su tüketimi değerleri

Uygulamalar	Sulama suyu miktarı (mm)	Drenaj (mm)	ET (mm)	Δs
T <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	520.6	90.8	431.8	-1.9
T <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	455.7	84.3	373.4	-2.0
T <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	399.5	74.8	326.3	-1.7
T <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	390.7	77.5	314.6	-1.4
T <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	416.5	73.6	344.8	-1.9
T <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	403.2	79.0	326.4	-2.2
T <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	326.9	63.8	265.1	-2.0
T <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	443.7	79.9	365.7	-1.9
T <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	362.2	67.0	297.0	-1.8
T <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	336.8	72.4	266.3	-1.9
T <sub>4</sub> C <sub>1</sub>	418.8	86.7	334.0	-1.9
T <sub>4</sub> C <sub>2</sub>	376.9	71.7	307.4	-2.3
T <sub>4</sub> C <sub>3</sub>	378.7	71.7	309.2	-2.1

Tuzlu su uygulamalarının etkilerini değerlendirmek açısından her ne kadar sulama sayısı sınırlı olsa da tuzlu su uygulamalarının mevsimlik bitki su tüketimine etkileri tuzluluk konsantrasyonlarına göre önemli farklılıklar göstermiştir. Tuzluluk düzeyleri ortalamaları dikkate alındığında karnabahar bitkisinin bitki su tüketimi miktarlarındaki farklılıklar %0.1 olasılık seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2). Karnabahar bitki su tüketimleri 431.8- 288.8 mm arasında değişim göstermiştir. Kontrol (C<sub>0</sub>) konusunda 431.8 mm olan bitki su tüketimi tuz konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> konularında sırasıyla yaklaşık %18, %27.2 ve %33.1 azalma göstermiştir. Toprak su içeriğindeki tuz konsantrasyonunun artması ile bitki kök bölgesindeki artan ozmotik basınç, toprak suyunun kullanılabilirliğini oldukça kısıtlamakta, dolayısı ile tuz stresine maruz kalan bitkilerin mevcut suyu absorbe edememeleri ve buna bağlı olarak transpirasyondaki azalma nedeni ile bitki su tüketimlerinde azalma görülmektedir.



(Kurunç vd. 2020; Minhas vd. 2020; Ünlükara vd. 2010; Ekmekçi vd. 2005). Bu durum artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak ET’de meydana gelen azalmayı açıklamaktadır.

Bununla birlikte ana faktör olarak her bir tuz kaynağı ayrı ayrı ele alındığında bitki su tüketimindeki farklılıklar T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> ve T<sub>4</sub> tuz kaynakları için sırasıyla %1, %0.1, %0.1 ve %0.1 olasılık seviyesinde önemli bulunmuştur. Öte yandan gerek tuz kaynakları gerekse tuz kaynağı&tuzluluk düzeyinin karşılıklı etkileşimleri değerlendirildiğinde ET miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık belirlenmemiştir.

**Çizelge 4.2.** Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin karnabahar bitkisinin mevsimlik bitki su tüketimlerine (mm/mevsim) etkisi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	C0 (0.7)	C1 (3)	C2 (6)	C3 (9)		
T1 (CaCl <sub>2</sub> )	431.8 A	373.4 AB	326.3 B	314.6 B	**	361.5
T2 (MgCl <sub>2</sub> )	431.8 A	344.8 B	326.4 B	265.1 C	***	342.0
T3 (NaCl)	431.8 A	365.7 B	297.0 C	266.3 C	***	340.2
T4 (NaSO <sub>4</sub> )	431.8 A	334.0 B	307.4 B	309.2 B	***	345.6
<b>P &gt; F</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>		
<b>Tuzluluk Düzeyi Ort.</b>	<b>431.8 A</b>	<b>354.5 B</b>	<b>314.3 C</b>	<b>288.8 D</b>		
<b>Önemlilik</b>						
Tuz Kaynağı (T)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (C)	: ***					
T x C	: ns					
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.						
‡: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (sıra boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
**, ***: Sırasıyla %1 ve %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

## 4.2. Bitki Gelişim Parametrelerine İlişkin Bulgular

Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar bitkisinin bazı fizyolojik özellikleri ve verim parametrelerine etkilerinin değerlendirildiği bu çalışmada bitki gelişimini takip edebilmek adına haftalık olarak bitki boyu ölçümleri yapılmıştır.

Bitki gelişim periyodu boyunca yapılan bu ölçümlerin istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Elde edilen istatistik analiz sonuçlarına göre ana faktör olarak gerek tuz kaynakları gerekse tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyleri etkileşimi düzeyinde konular arasında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık belirlenmemiştir. Bununla birlikte tuzluluk düzeyleri arasında %0.1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. Tuzluluk düzeyleri arasında genel ortalamaları incelendiğinde bitki boylarının 29.63-25.65 cm arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek bitki boyu (29.63 cm) kontrol konusunda belirlenmiştir. Her ne kadar en düşük bitki boyu (25.65 cm) ise C<sub>2</sub> konusunda belirlenmiş olsa da C<sub>3</sub> konusu (25.98 cm) C<sub>2</sub> konusu ile istatistiksel olarak bir farklılık göstermeyip aynı grupta yer almaktadır.

Bitki yetiştirme periyodu boyunca her bir tuz kaynağının farklı tuz konsantrasyonlardaki değişimi dikkate alındığında tüm tuzluluk düzeyleri kontrol konusundan farklılık göstererek daha düşük bitki boyu değerleri elde edilmiştir. Çizelge 4.3 incelendiğinde özellikle MgCl<sub>2</sub> tuzunu içeren T<sub>2</sub> tuz kaynağında konular arasındaki

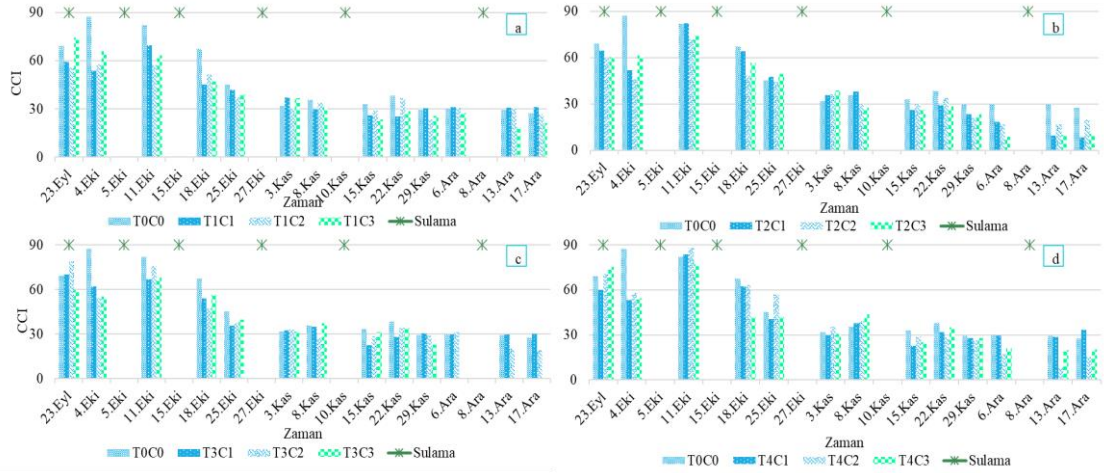
farklılıklar daha net ortaya konulmuştur. Tuzluluk konsantrasyonu arttıkça bitki boyundaki azalma net bir şekilde görülmektedir.

**Çizelge 4.3.** Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar bitki boyuna etkileri

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	C0 (0.7)	C1 (3)	C2 (6)	C3 (9)		
T1 (CaCl <sub>2</sub> )	29.63 <sup>†</sup> A <sup>‡</sup>	27.46 B	25.42 B	27.32 B	**	27.46
T2 (MgCl <sub>2</sub> )	29.63 A	28.42 AB	25.25 BC	24.58 C	*	26.97
T3 (NaCl)	29.63 A	25.88 B	25.92 B	25.12 B	***	26.64
T4 (NaSO <sub>4</sub> )	29.63 A	26.14 B	26.00 B	26.89 B	*	27.17
P > F	ns	ns	ns	ns		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	29.63 A	26.98 B	25.65 C	25.98 BC		
<b>Önemlilik</b>						
Tuz Kaynağı (T)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (C)	: ***					
T×C	: ns					
†: Üç tekerrür ortalamasıdır.						
‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
***, ** ve *: Sırasıyla %0.1, %1 ve %5 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz						

Bitkilerde büyüme hızının azalması, tuz stresinin görünen ilk etkisidir (Doğru ve Canavar 2020). Munns (2002) bu durumun, tuz uygulamasından sonra hücrelerin su kaybederek hacimlerinin azalması ve sonrasında hücreler normal boyutlarına ulaşırlar bile kök ve yaprakların büyüme hızının stres altında olmayan bitkilere göre daha düşük olması ile açıklamıştır. Özkan (2019) farklı konsantrasyonlarda tuzlu sulama suyu ile sulanan karnabahar bitkilerinde bitki boylarının 32.25 ile 22.6 cm arasında değiştiğini ve ortalama bitki boyunun 27.46 cm olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı sulama suyunun tuz konsantrasyonu arttıkça bitki boyunda önemli oranda ( $p \leq 0.01$ ) azalmanın olduğunu ifade etmiştir. Benzer şekilde Giuffrida vd (2016)'da yaptıkları çalışmalarında tuzluluk konsantrasyonunun artmasıyla karnabahar bitki boylarında azalmalar olduğunu ifade etmiştir. Çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlar literatürle paralellik göstermektedir.

Deneme boyunca farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin klorofil içeriği indeksine (CCI) etkisini değerlendirebilmek amacıyla haftalık olarak CCI ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.1). Grafikler CCI değerlerindeki farklılıkları daha kolay ayırt edebilmek adına her bir tuz kaynağı konusu için ayrı ayrı hazırlanmış, sulama zamanları da ayrıca belirtilmiştir. Genel olarak karnabahar bitkisinin CCI değerleri deneme sonuna doğru azalış göstermektedir. Bitki gelişim periyodu boyunca ölçülen CCI değerlerinin sezonluk ortalamaları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4'de verilmiştir. Bitki boyunda olduğu gibi CCI verilerinde de tuz kaynakları ve tuz kaynağı & tuzluluk düzeyi etkileşimindeki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte tuzluluk düzeyleri arasında %0.1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.4).



**Şekil 4.1.** Farklı tuz kaynaklarına göre ( $\text{CaCl}_2$  (a),  $\text{MgCl}_2$  (b),  $\text{NaCl}$  (c) ve  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (d)) klorofil içeriği indeksindeki (CCI) zamansal değişimler

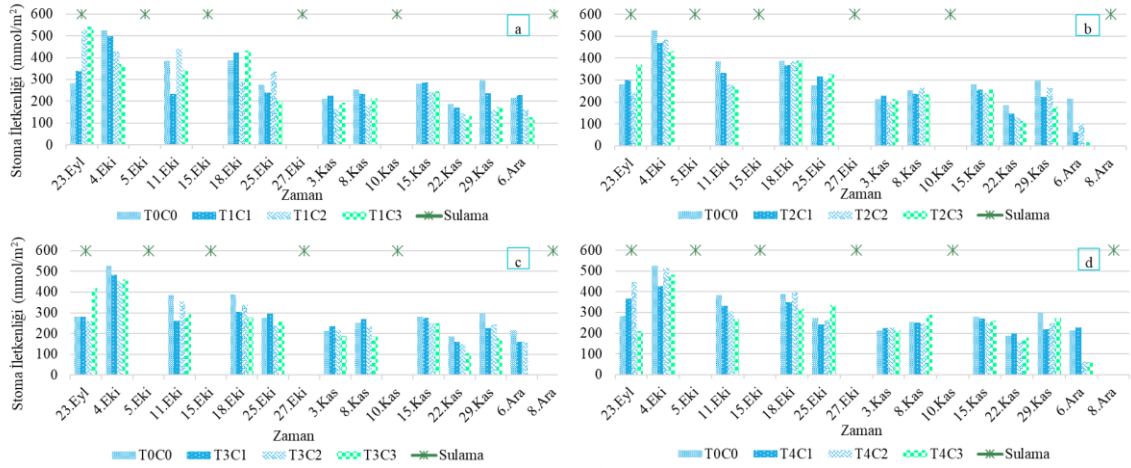
**Çizelge 4.4.** Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar CCI'ne etkileri

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	C0 (0.7)	C1 (3)	C2 (6)	C3 (9)		
T1 ( $\text{CaCl}_2$ )	45.54 <sup>†</sup> A <sup>‡</sup>	39.10 B	37.78 B	38.46 B	*	40.22
T2 ( $\text{MgCl}_2$ )	45.54 A	38.33 B	36.53 B	36.86 B	*	39.32
T3 ( $\text{NaCl}$ )	45.54 A	39.80 B	39.31 B	33.37 B	***	39.51
T4 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )	45.54	40.98	40.56	38.84	ns	41.48
<b>P &gt; F</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>		
<b>Tuzluluk Düzeyi Ort.</b>	<b>45.54 A</b>	<b>39.55 B</b>	<b>38.54 BC</b>	<b>36.89 C</b>		
<b>Önemlilik</b>						
Tuz Kaynağı (T)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (C)	: ***					
T×C	: ns					
†: Üç tekerrür ortalamasıdır.						
‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
***, ** ve *: Sırasıyla %0.1, %1 ve %5 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

Her bir tuz kaynağı için tuzluluk düzeyi ortalamaları incelendiğinde en yüksek (45.54) CCI'ne C<sub>0</sub> (kontrol) konusunda, en düşük (36.89) C<sub>3</sub> konusunda belirlenmiştir. Bununla birlikte C<sub>2</sub> tuzluluk düzeyi ile C<sub>3</sub> konusu arasında istatistiksel olarak bir farklılık belirlenmemiş olup aynı grupta yer almışlardır. Genel olarak tuzluluk düzeyleri ortalamaları değerlendirildiğinde artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak karnabahar bitkisinde CCI'nin azaldığı belirlenmiştir. Tuz stresinin genel olarak klorofil, karotenoid gibi fotosentetik pigment miktarını azalttığını ifade edilmektedir (Parida ve Das 2005; Doğru ve Canavar 2020). Nitekim Özkan (2019) karnabahar, Heidari (2011) fesleğen, Khavarinejad ve Mostofi (1998) domates bitkilerinde artan tuz konsantrasyonu ile klorofil içeriğinin azaldığını ifade etmişlerdir.

Tuz konsantrasyonu ortalamalarına göre her bir tuz kaynağı ayrı ayrı değerlendirilmiş ve T4 konusu hariç diğer tuz kaynaklarının tamamı kontrol konusundan farklılık göstererek daha düşük CCI değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Bitki boyu ve CCI ölçümlerinde olduğu gibi bu ölçümlerle eş zamanlı olarak stoma iletkenliği ölçümleri gerçekleştirilmiş ve stoma iletkenliğinin zamansal değişimi Şekil 4.2’de verilmiştir. Klorofil içeriği ve bitki boyunda 13-17 Aralık tarihlerinde havanın çok kapalı olması nedeniyle stoma iletkenliği ölçümü alınamamıştır. Bitkilerdeki stresi daha net belirleyebilmek amacıyla stoma iletkenliği ölçümlerinin her sulama öncesinde yapılmasına dikkat edilmiştir. Ancak genel olarak konular arasında anlamlı bir seyir belirlenmemiştir.



**Şekil 4.2.** Farklı tuz kaynaklarına göre ( $\text{CaCl}_2$  (a),  $\text{MgCl}_2$  (b),  $\text{NaCl}$  (3) ve  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (4)) stoma iletkenliğindeki zamansal değişimler

Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin stoma iletkenliğine etkisinin değerlendirildiği Çizelge 4.5’de bitki boyunda ve CCI’da olduğu gibi tuz kaynakları ve tuz kaynağı tuzluluk düzeyi etkileşimindeki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte tuzluluk düzeyleri arasında %0.1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. Her bir tuz kaynağı için tuzluluk düzeyi ortalamaları incelendiğinde en yüksek (299.82) stoma iletkenlik değeri  $C_0$  (kontrol) konusunda, en düşük (256.28)  $C_3$  konusunda belirlenmiştir. Genel olarak tuzluluk düzeyleri ortalamaları değerlendirildiğinde artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak karnabahar bitkisinde stoma iletkenliğinin diğer gelişim parametrelerinde olduğu gibi azaldığı belirlenmiştir.

Ayrıca, tuz konsantrasyonu ortalamalarına göre her bir tuz kaynağı ayrı ayrı değerlendirilmiş ve  $\text{NaCl}$  içeren  $T_3$  konusunda bitkinin stoma iletkenlik değerleri artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak azalış göstermiştir. Çizelge 4.5 incelendiğinde en yüksek stoma iletkenlik değeri  $C_0$  konusunda belirlenmiş olup diğer tuz konsantrasyonlarının tamamı kontrol konusundan farklılık göstererek daha düşük stoma iletkenlik değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Tuz konsantrasyonu arttıkça bitkinin stoma iletkenlik değerlerinde düşüş belirlenmiştir. Literatürde tuz stresi altında bitkilerde kontrolsüz terleme, stomalarda toksik seviyelerde iyon birikmesine neden olabileceği; bitkilerin stomalarını kapatmasının gövdeye iyon akışını azaltan ani bir tepki, uzun vadeli bir tolerans stratejisi (Hasegawa vd. 2000) olduğu ifade edilmiştir. Böylelikle transpirasyon engellenerek stoma iletkenliği azalmaktadır (Munns ve Tester 2008). Söz konusu bu değerlendirmeler araştırmadan elde ettiğimiz sonuçları destekler niteliktedir.

**Çizelge 4.5.** Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar stoma iletkenliğine etkileri

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	C0 (0.7)	C1 (3)	C2 (6)	C3 (9)		
T1 (CaCl <sub>2</sub> )	299.82 <sup>†</sup>	282.56	279.75	270.34	ns	283.12
T2 (MgCl <sub>2</sub> )	299.82	267.39	263.08	254.15	ns	271.11
T3 (NaCl)	299.82 A <sup>‡</sup>	268.46 B	264.31 B	237.51 C	***	267.53
T4 (NaSO <sub>4</sub> )	299.82	283.02	284.82	263.11	ns	282.66
<b>P &gt; F</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>		
<b>Tuzluluk Düzeyi Ort.</b>	<b>299.82 A</b>	<b>275.36 B</b>	<b>272.95 B</b>	<b>256.28 C</b>		
<b>Önemlilik</b>						
Tuz Kaynağı (T)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (C)	: ***					
T×C	: ns					
†: Üç tekerrür ortalamasıdır.						
‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
***: %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz						

### 4.3. Bitki Verim Parametrelerine İlişkin Bulgular

Çalışmada farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonunun karnabahar bitkisinin bazı verim parametrelerine ilişkisini değerlendirmek amacıyla karnabahar bitkisinin taç yaş ve kuru ağırlıkları, kuru madde miktarı, taç çapı ve toplam biyomas ağırlığı verileri ayrıca ele alınmış ve sonuçlar sırasıyla Çizelge 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 incelendiğinde ana faktör olarak gerek tuz kaynağı gerekse tuzluluk düzeyleri ve her iki konunun etkileşimleri dikkate alındığında meyve yaş ağırlıklarındaki farklılıklar istatistiksel olarak sırasıyla %1, %0.1 ve %0.1 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin karşılıklı etkileşimleri (T×C) istatistiksel olarak önemli bulunduğundan istatistiksel değerlendirmeler yalnızca T×C düzeyinde yapılmıştır.

**Çizelge 4.6.** Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri karşılıklı etkileşimlerinin karnabahar meyve yaş ağırlığına (gr/bitki) etkileri

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				Tuz Kaynağı Ort.
	C0 (0.7)	C1 (3)	C2 (6)	C3 (9)	
T1 (CaCl <sub>2</sub> )	266.97 <sup>†</sup> a	191.97 bc	143.70 de	169.80 bd	193.11
T2 (MgCl <sub>2</sub> )	266.97 a	177.20 bd	78.50 fg	72.53 fg	148.80
T3 (NaCl)	266.97 a	209.80 b	115.60 ef	48.33 g	160.18
T4 (NaSO <sub>4</sub> )	266.97 a	161.67 cd	137.83 de	167.30 bd	183.44
<b>Tuzluluk Düzeyi Ort.</b>	<b>266.97</b>	<b>185.16</b>	<b>118.91</b>	<b>114.49</b>	
<b>Önemlilik</b>					
Tuz Kaynağı (T)	: **				
Tuzluluk Düzeyi (C)	: ***				
T×C	: ***				
†: Üç tekerrür ortalamasıdır.					
*** ve **: Sırasıyla %0.1 ve %1 olasılık seviyesinde önemlidir.					

Karnabahar bitkisinin meyve yaş ağırlıkları 266.97 gr ile 48.33 gr arasında değişmekte olup tüm tuzluluk uygulamaları kontrol konusuna (T<sub>0</sub>C<sub>0</sub>) göre daha düşük

meyve yaş ağırlığına sahiptir. Söz konusu bu azalmalar  $\text{CaCl}_2$  tuz kaynağının  $C_1$ ,  $C_2$  ve  $C_3$  konsantrasyonlarında sırasıyla yaklaşık %28, %46 ve %36;  $\text{MgCl}_2$  tuz kaynağının  $C_1$ ,  $C_2$  ve  $C_3$  konsantrasyonlarında sırasıyla yaklaşık %34, %71 ve %73;  $\text{NaCl}$  tuz kaynağının  $C_1$ ,  $C_2$  ve  $C_3$  konsantrasyonlarında sırasıyla yaklaşık %21, %57 ve %82;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  tuz kaynağının  $C_1$ ,  $C_2$  ve  $C_3$  konsantrasyonlarında sırasıyla yaklaşık %39, %48 ve %37 olarak hesaplanmıştır. En düşük meyve yaş ağırlığı  $\text{NaCl}$  tuz kaynağının 9 dS/m'lik tuz konsantrasyonunda ( $T_3C_3$ ) (48.33 gr) belirlenmiş olsa da  $\text{MgCl}_2$  tuz kaynağının 6 ve 9 dS/m'lik konsantrasyonları da istatistiksel olarak  $T_3C_3$  uygulamasından farklılık göstermemektedir.

Farklı tuz kaynaklarının ve tuzluluk düzeylerinin meyve kuru ağırlıklarına etkilerine ilişkin istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi farklı tuz kaynaklarının meyve kuru ağırlıklarında meydana getirdiği farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte tuzluluk düzeyleri ve  $T \times C$  etkileşiminin meyve kuru ağırlığına etkileri sırasıyla %0.1 ve %1 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Meyve yaş ağırlığında olduğu gibi uygulamalara göre meyve kuru ağırlıkları da değerlendirilirken tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin etkileşimleri dikkate alınmıştır. Çizelge 4.7 incelendiğinde meyve kuru ağırlıklarının tuz kaynakları ve tuzluluk konsantrasyonuna göre  $T_0C_0$  uygulamasından farklılık gösterdiği görülmektedir. Ancak istatistiksel olarak bu farklılıklar meyve yaş ağırlığında olduğu gibi tüm tuzluluk konsantrasyonlarını kapsamamaktadır. Nitekim  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  hariç tüm tuz kaynaklarının  $C_1$  konsantrasyonlarını içeren uygulamalar ( $T_1C_1$  (24.83 gr),  $T_2C_1$  (23.20 gr),  $T_3C_1$  (25.20 gr)) ve  $T_1C_3$  (22.27 gr) uygulaması  $T_0C_0$  uygulamasından istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir. Bununla birlikte  $T_0C_0$  konusuna göre meyve kuru ağırlıklarındaki azalma  $T_1C_2$ 'de %38,  $T_1C_3$ 'de %21,  $T_2C_2$ 'de %56,  $T_2C_3$ 'de %61,  $T_3C_2$ 'de %28,  $T_3C_3$ 'de %71,  $T_4C_1$ 'de %37,  $T_4C_2$ 'de 34 ve  $T_4C_3$ 'de %28 olarak hesaplanmıştır. Meyve kuru ağırlığında en fazla düşüş  $\text{NaCl}$  içeren  $T_3C_3$  uygulamasında belirlenmiş olup  $\text{MgCl}_2$  tuz kaynağı içeren  $T_2C_2$  ve  $T_2C_3$  uygulamaları da istatistiksel olarak  $T_3C_3$  uygulamasından farklılık göstermemiş aynı grupta yer almışlardır.  $\text{CaCl}_2$  ve  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  tuz kaynaklarının 9 dS/m konsantrasyonlarını içeren konularda meyve kuru ağırlığında meydana gelen azalmalar nispeten daha düşüktür.

**Çizelge 4.7.** Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri karşılıklı etkileşimlerinin karnabahar meyve kuru ağırlığına (gr/bitki) etkileri

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				Tuz Kaynağı Ort.
	C0 (0.7)	C1 (3)	C2 (6)	C3 (9)	
T1 ( $\text{CaCl}_2$ )	28.15 <sup>†</sup> a	24.83 ac	17.50 de	22.27 ad	<b>23.19</b>
T2 ( $\text{MgCl}_2$ )	28.15 a	23.20 ad	12.40 ef	10.90 f	<b>18.66</b>
T3 ( $\text{NaCl}$ )	28.15 a	25.07 ab	20.17 bd	8.30 f	<b>20.42</b>
T4 ( $\text{NaSO}_4$ )	28.15 a	17.87 de	18.53 ce	20.35 bd	<b>21.23</b>
<b>Tuzluluk Düzeyi Ort.</b>	<b>28.15</b>	<b>22.74</b>	<b>17.15</b>	<b>15.45</b>	
<b>Önemlilik</b>					
Tuz Kaynağı (T)	: ns				
Tuzluluk Düzeyi (C)	: ***				
$T \times C$	: **				
†: Üç tekerrür ortalamasıdır.					
*** ve ** : Sırasıyla %0.1 ve %1					
ns: istatistiksel olarak önemsiz					

Her bir tuz kaynağı ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise T1 tuz kaynağında farklı konsantrasyonlara göre meyve kuru ağırlıklarında meydana gelen farklılıklar istatistiksel

olarak önemli bulunmazken T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> ve T<sub>4</sub> konusunda sırasıyla %1, %1 ve %0.1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. T<sub>2</sub> ve T<sub>4</sub> tuz kaynaklarında tuz konsantrasyonları kontrol konusundan tamamen farklılık gösterirken T<sub>3</sub> tuz kaynağında C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> tuz kaynakları farklılık göstererek daha düşük değerler belirlenmiştir. Özellikle T<sub>3</sub> tuz kaynağında farklı tuz konsantrasyonları arasındaki farklılık net bir şekilde belirlenebilmektedir.

Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin bitki kuru madde miktarına olan etkileri incelendiğinde tuz kaynağı ve tuzluluk düzeylerinin bitki kuru madde miktarları üzerinde meydana getirdikleri farklılıklar sırasıyla %1 ve %0.1 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.8). Tuzluluk düzeyi ortalamaları değerlendirildiğinde en yüksek kuru madde miktarı (%14.74) C<sub>2</sub> konsantrasyonunda belirlenmiş olup C<sub>3</sub> konsantrasyonu da (%14.63) söz konusu uygulamadan farklılık göstermeyip aynı grupta yer almıştır. Bununla birlikte en düşük kuru madde miktarı kontrol konusunda belirlenmiştir. Her bir tuz kaynağı ayrı ayrı değerlendirildiğinde T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> ve T<sub>4</sub> tuz kaynaklarında tuz konsantrasyonu artışına göre meydana gelen farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yine aynı şekilde tuz konsantrasyonlarında meydana gelen artış ile birlikte karnabahar bitkisinin kuru madde miktarlarında artış belirlenmiştir. T<sub>2</sub> ve T<sub>4</sub> tuz kaynaklarında en düşük kuru madde miktarları kontrol konusunda belirlenmiştir.

Ana faktör olarak tuz kaynakları değerlendirildiğinde en yüksek kuru madde miktarı T<sub>3</sub> konusunda (%14.35) belirlenmiş olup T<sub>2</sub> tuz konusu da (%13.74) istatistiksel olarak aynı grupta yer almaktadır. Her bir tuz konsantrasyonu ortalamalı tuz kaynakları için ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise tuz kaynakları arasında tek farklılık tuz konsantrasyonunun en fazla olduğu C<sub>3</sub> konusunda belirlenmiştir. C<sub>3</sub> tuz konsantrasyonunda genel ortalama ile benzer şekilde en düşük kuru madde miktarı %12.16 ile T<sub>4</sub> tuz kaynağında belirlenmiş olup T<sub>1</sub> tuz kaynağı da söz konusu konu ile benzerlik göstererek aynı grupta yer almıştır.

**Çizelge 4.8.** Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar meyve kuru madde miktarına (%) etkileri

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	C0 (0.7)	C1 (3)	C2 (6)	C3 (9)		
T1 (CaCl <sub>2</sub> )	10.56 <sup>†</sup>	12.98	12.20	13.60 bc <sup>‡</sup>	ns	12.34 bc
T2 (MgCl <sub>2</sub> )	10.56 C <sup>‡</sup>	13.15 B	15.79 A	15.44 Aab	**	13.74 ab
T3 (NaCl)	10.56 B	11.95 B	17.53 A	17.33 A a	*	14.35 a
T4 (NaSO <sub>4</sub> )	10.56 C	11.03 BC	13.44 A	12.16 AB c	**	11.80 c
<b>P &gt; F</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>**</b>		
<b>Tuzluluk Düzeyi Ort.</b>	<b>10.56 C</b>	<b>12.28 B</b>	<b>14.74 A</b>	<b>14.63 A</b>		
<b>Önemlilik</b>						
Tuz Kaynağı (T)	: **					
Tuzluluk Düzeyi (C)	: ***					
T×C	: ns					
†: Üç tekerrür ortalamasıdır.						
‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
‡: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
***, ** ve *: Sırasıyla %0.1, %1 ve %5 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz						

Karnabahar bitkisinde meyve çapı pazar değerini arttıran bir özelliktir. Bu nedenle ayrıca değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Denemede karnabahar bitkisinin meyve çapı

tuz kaynaklarına bağlı olarak istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.9). Ancak artan tuzluluk düzeyi ve tuz kaynağı (T) × tuzluluk düzeyi (C) etkileşimi düzeyinde meyve çaplarında istatistiksel olarak %0.1 ve %1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. Çizelge 4.9 incelendiğinde en büyük meyve çapı T<sub>0</sub>C<sub>0</sub> konusunda (19.33 cm) belirlenmiş olmakla birlikte T<sub>1</sub>C<sub>1</sub> (16.33 cm), T<sub>2</sub>C<sub>1</sub> (16 cm), T<sub>3</sub>C<sub>1</sub> (17 cm) ve T<sub>4</sub>C<sub>4</sub> (17.33 cm) konuları da istatistiksel olarak T<sub>0</sub>C<sub>0</sub> konusundan farklılık göstermeyip aynı grupta yer almışlardır. Bununla birlikte T<sub>0</sub>C<sub>0</sub> konusuna göre meyve çaplarındaki azalma T<sub>1</sub>C<sub>1</sub>, T<sub>1</sub>C<sub>3</sub>, T<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, T<sub>4</sub>C<sub>1</sub> ve T<sub>4</sub>C<sub>2</sub> %24, T<sub>2</sub>C<sub>2</sub> %43, T<sub>2</sub>C<sub>3</sub> %45 ve T<sub>3</sub>C<sub>3</sub> %59 olarak hesaplanmıştır. Tuzluluk uygulamalarına bağlı olarak meydana gelen farklılıklar meyve yaş ve kuru ağırlıklarında elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermiş olup T<sub>0</sub>C<sub>0</sub> konusuna göre meyve çaplarında meydana gelen en yüksek azalma T<sub>3</sub>C<sub>3</sub> uygulamasında belirlenmiş ancak T<sub>2</sub>C<sub>2</sub> ve T<sub>2</sub>C<sub>3</sub> uygulamaları da istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir. Diğer parametrelerle benzer şekilde meyve çapında da Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve CaCl<sub>2</sub> tuzlarında diğer tuz kaynaklarına göre daha yüksek değerler elde edilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri karşılıklı etkileşimlerinin karnabahar meyve çapına (cm) etkileri

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				Tuz Kaynağı Ort.
	C0 (0.7)	C1 (3)	C2 (6)	C3 (9)	
T1 (CaCl <sub>2</sub> )	19.33 <sup>†</sup> a	16.33 ab	14.67 bc	14.67 bc	16.25
T2 (MgCl <sub>2</sub> )	19.33 a	16.00 ab	11.00 cd	10.67 d	14.25
T3 (NaCl)	19.33 a	17.00 ab	14.67 bc	8.00 d	14.75
T4 (NaSO <sub>4</sub> )	19.33 a	14.67 bc	14.67 bc	17.33 ab	16.50
<b>Tuzluluk Düzeyi Ort.</b>	<b>19.33</b>	<b>16.00</b>	<b>13.75</b>	<b>12.67</b>	
<b>Önemlilik</b>					
Tuz Kaynağı (T)	: ns				
Tuzluluk Düzeyi (C)	: ***				
T×C	: **				
†: Üç tekerrür ortalamasıdır.					
***, ** ve *: Sırasıyla %0.1, %1 ve %5 olasılık seviyesinde önemlidir.					
ns: istatistiksel olarak önemsiz					

Karnabahar bitkisinde verim parametresi olarak toprak üstü biyoması belirlenmiş olup elde edilen verilere yönelik istatistiksel analizler Çizelge 4.10'da verilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar toprak üstü biyomasına etkileri

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	C0 (0.7)	C1 (3)	C2 (6)	C3 (9)		
T1 (CaCl <sub>2</sub> )	626.57 <sup>†</sup> A <sup>‡</sup>	491.57 B	390.13 B	431.37 B	**	484.91
T2 (MgCl <sub>2</sub> )	626.57 A	544.00 A	416.17 B	348.60 B	**	483.83
T3 (NaCl)	626.57 A	495.63 B	405.10 C	409.63 C	***	484.23
T4 (NaSO <sub>4</sub> )	626.57 A	465.83 B	468.70 B	441.83 B	**	500.73
<b>P &gt; F</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>		
<b>Tuzluluk Düzeyi Ort.</b>	<b>626.57 A</b>	<b>499.26 B</b>	<b>420.03 C</b>	<b>407.86 C</b>		
<b>Önemlilik</b>						
Tuz Kaynağı (T)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (C)	: ***					
T×C	: ns					
†: Üç tekerrür ortalamasıdır.						
‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
***, ** : Sırasıyla %0.1 ve %1 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz						



Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre karnabahar bitkisinin toprak üstü biyomasındaki farklılıklar yalnızca tuzluluk düzeyine göre %0.1 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Tuzluluk düzeyi ortalamaları dikkate alındığında en yüksek toprak üstü biyoması kontrol konusunda (626.57 gr) belirlenmiş olup tuz konsantrasyonu artışı ile toprak üstü biyomasında azalmalar meydana gelmiştir.

Çalışmada her bir tuz kaynağında tuzluluk konsantrasyonlarının etkileri değerlendirildiğinde T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> ve T<sub>4</sub> tuz kaynaklarında tüm tuzluluk düzeyleri kontrol konusundan farklılık göstermiştir. Bu durum T<sub>2</sub> tuz kaynağında sadece C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> tuzluluk düzeylerinde meydana gelmiştir.

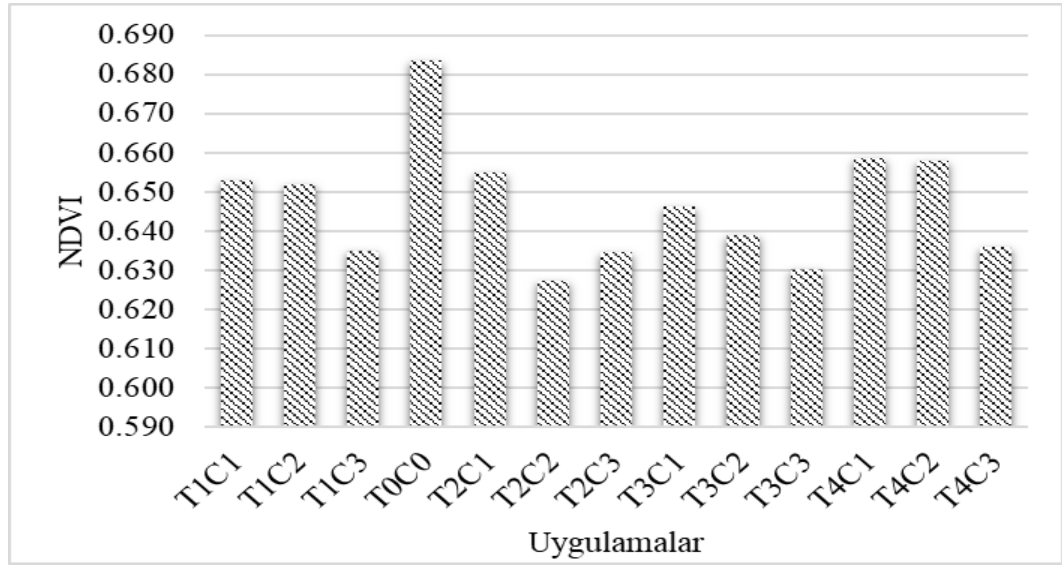
Giuffrida vd. (2016) tuzluluğun karnabahar verimi üzerindeki ana etkisinin, meyve gelişimi sırasında tuzlu sulama suyu uygulanan bitkilerin meyvelerindeki su birikiminin önemli ölçüde azalması ile ilgili olduğunu ifade etmiştir. Araştırmacı buna bağlı olarak verim parametrelerinden meyve çaplarının, bitki ağırlıklarının artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak azaldığını ifade etmişlerdir. Turan (2019), farklı konsantrasyonlar da (0.3-kontrol-, 2, 4, 6, 8 dS/m NaCl) NaCl içeren sulama suları ile sulanan karnabahar bitkisinde özellikle 2 dS/m'nin üzerindeki NaCl konsantrasyonlarında bitki boyu, bitki meyve büyüme özellikleri (çap, yaş/kuru ağırlıkları) ve toplam verim üzerinde olumsuz etkilerinin olduğunu bununla birlikte meyve kalite parametrelerinden % kuru madde içeriğinde artış olduğunu ifade etmiştir. Benzer şekilde Özkan (2019), karnabahar bitkisinde tuzluluk konsantrasyonunun artışına bağlı olarak bitki büyüme ve verim parametrelerinde önemli azalmaların olduğunu ifade etmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular literatürle benzerlik göstermektedir. Her ne kadar NaCl tuzunun bitkilerdeki olumsuz etkileri genel olarak bilinse de yapmış olduğumuz bu çalışmada MgCl<sub>2</sub> tuzu da benzer etkiyi göstererek bitki gelişim ve verim parametrelerinde diğer tuz kaynaklarına göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Bu durumun Mg<sup>2+</sup> iyonunun fotosentetik aktivitelere etkin rolünden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim Khare vd. (2012), dengeli Mg<sup>2+</sup> iyonu konsantrasyonu bitkilerin fizyolojik aktivitelere özellikle önemli rol oynamasından dolayı, yüksek konsantrasyonlardaki MgCl<sub>2</sub> varlığının da bitki gelişimini ciddi oranlarda etkileyebileceğini ifade etmişlerdir.

#### **4.4. Farklı Tuz Kaynakları ve Tuzluluk Seviyelerinin Normalize Edilmiş Bitki Farklılık İndeksine Etkisi**

Denemede iki haftada bir multispektral kamera ölçümleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen görüntülerden NDVI hesaplaması yapılmıştır. NDVI'nin dönem sonu ortalamaları dikkate alınarak konular arasındaki farklılıklar Şekil 4.1' de verilmiştir.

Denemede farklı gerek tuz kaynakları düzeyinde gerekse tuz kaynakları (T) × tuzluluk düzeyleri (C) karşılıklı etkileşimi düzeyinde NDVI değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.11). Bununla birlikte ana faktör tuzluluk düzeyleri incelendiğinde NDVI değerleri arasında %0.1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. En yüksek NDVI değeri (0.675) C<sub>0</sub> uygulamasında belirlenmiş olup tuz konsantrasyonu arttıkça NDVI değerlerinde azalma belirlenmiştir. En düşük NDVI değeri C<sub>3</sub> uygulamasında (0.631) belirlenmiştir. Bununla birlikte C<sub>2</sub> uygulaması da söz konusu konu ile farklılık göstermeyip aynı grupta yer almıştır. Genel

olarak tüm tuz konsantrasyonları düşük NDVI değerleri ile kontrol konusundan farklılık göstermiştir.



Şekil 4.3. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin NDVI'ya etkisi

Çizelge 4.11. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin NDVI'ya etkisi

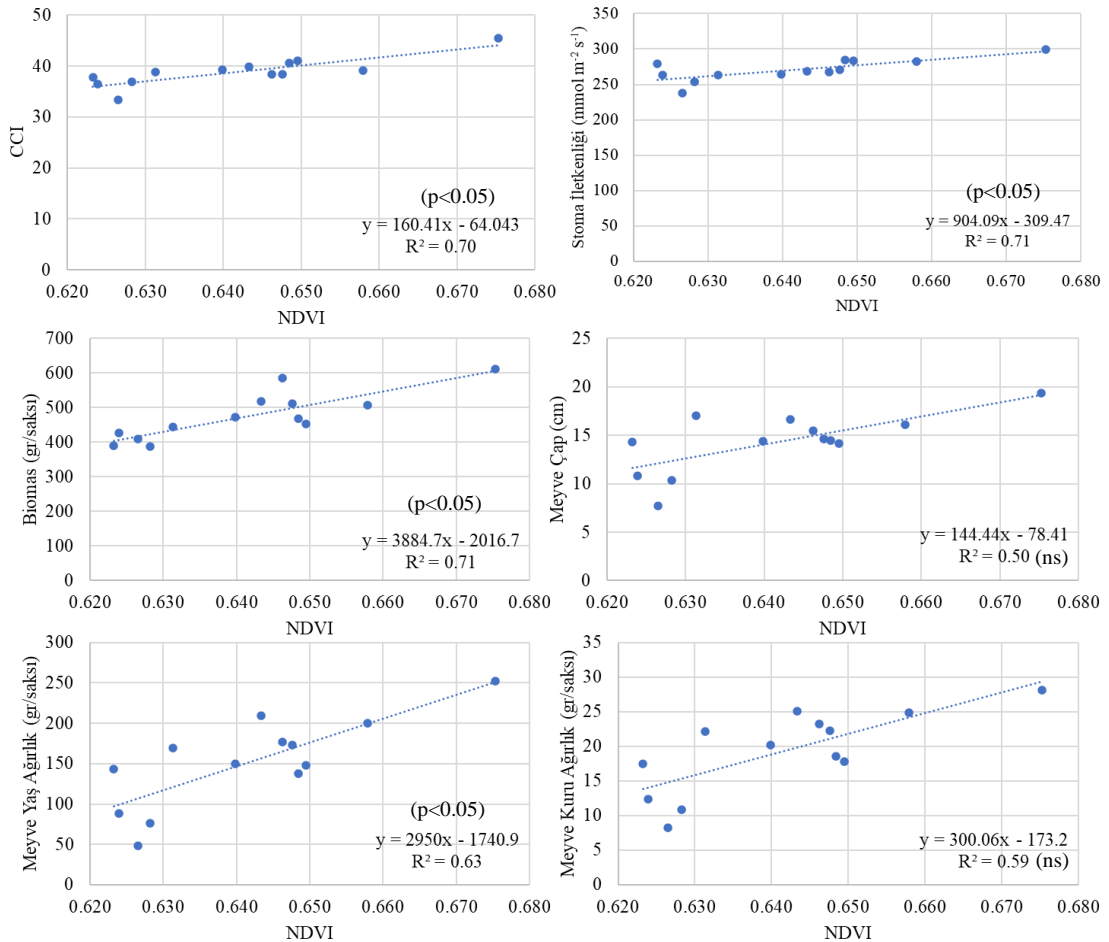
Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	C0 (0.7)	C1 (3)	C2 (6)	C3 (9)		
T1 (CaCl <sub>2</sub> )	0.675 A	0.657 A	0.651 AB	0.630 B	*	0.653
T2 (MgCl <sub>2</sub> )	0.675 A	0.646 B	0.624 C	0.628 C	***	0.643
T3 (NaCl)	0.675 A	0.641 B	0.636 B	0.627 B	**	0.645
T4 (NaSO <sub>4</sub> )	0.675	0.649	0.648	0.631	ns	0.651
P > F	ns	ns	ns	ns		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	0.675 A	0.648 B	0.640 BC	0.629 C		
<b>Önemlilik</b>						
Tuz Kaynağı (T)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (C)	: ***					
T×C	: ns					
†: Üç tekerrür ortalamasıdır.						
‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
***, **: Sırasıyla %0.1 ve %1 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz						

Çizelge 4.11'de her bir tuz kaynağı ayrı ayrı değerlendirildiğinde T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> ve T<sub>3</sub> tuz kaynaklarında artan tuz konsantrasyonu ile NDVI değerlerinde düşüşler görülmektedir. Özellikle T<sub>2</sub> tuz kaynağında tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak NDVI değerlerindeki azalmalar net olarak birbirinden ayrılmaktadır. Bitkiler elektromanyetik spektrumun görünür dalga boyu bölgesinde mavi ve kırmızı enerjiyi fotosentezde kullanmaktadırlar. Tuzluluk stresi durumunda fotosentezde önemli rol oynayan klorofil pigmentlerinin sentezi azalır, fotosentez hızı yavaşlar. Elektromanyetik spektrumun söz konusu bantlarındaki enerji kullanımı da azalmakta ve kırmızı ve mavi dalga boylarındaki enerji daha fazla yansıma gösterecektir. Dolayısıyla NIR ve Red bantlarının farkı ve toplamının

oranlanmasıyla hesaplanan NDVI değerlerinde farklılıklar ortaya çıkmaktadır. NDVI bitki yoğunluğunun tespitinde, su stresi, tuzluluk stresi gibi abiyotik stres faktörlerinin belirlenmesinde oldukça yaygın kullanılan bir indekstir. Tuz stresinin şiddetine ve süresine bağlı olarak stres durumunun belirlenebilirliğine yönelik biber (Aslan 2011), domates (Sönmez vd. 2015), ayçiçeği (Turhan vd. 2008), kavun (Hernandez vd. 2014) gibi bazı bitkilerde geçmişten günümüze birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu bilgiler ışığında elde ettiğimiz veriler karnabahar bitkisinde de tuzluluk stresini belirlemenin mümkün olduğunu göstermektedir.

Denemede NDVI verileri ile tuzluluk konuları arasında istatistiksel olarak ortaya konulan farklılıkları daha iyi anlatabilmek amacıyla karnabahar bitkisinin CCI, stoma iletkenliği, toprak üstü biyomas, meyve yaş ve kuru ağırlıkları, meyve çapı ile NDVI verilerinin sezon ortalamaları karşılıklı grafiklenmiş ve aralarındaki ilişkiler hesaplanmıştır (Şekil 4.3).

Özellikle NDVI ile bitkilerin klorofil içeriği, bitki biyoması arasında bitki türüne, çeşidine bağlı olarak değişmekle birlikte kuvvetli bir ilişki olduğu bilinmektedir (Prabu ve Anuncia, 2016). Denemde de genel olarak karnabahar bitkisi için NDVI ile CCI ( $R^2=0.70$ ,  $p<0.05$ ), stoma iletkenliği ( $R^2=0.71$ ,  $p<0.05$ ), biyomas ( $R^2=0.71$ ,  $p<0.05$ ), meyve yaş ağırlığı ( $R^2=0.63$ ,  $p<0.05$ ), meyve kuru ağırlığı ( $R^2=0.59$ , ns) ile orta düzeyde meyve çapı ( $R^2=0.50$ , ns) ile ise zayıf bir ilişki belirlenmiştir.



Şekil 4.4. NDVI'nin bazı verim parametreleri ile ilişkilendirilmesi

## 5. SONUÇLAR

Su kaynaklarının günden güne azalması, özellikle kullanılabilir suyun yaklaşık %70'ini kullanan tarım sektöründe alternatif su kaynaklarının kullanım yollarının araştırılmasını gerekli kılmıştır. Düşük kalitedeki suların tarımsal üretimde kullanılması, söz konusu sularla yapılan üretimde bitkilerin ne derece etkilendikleri ve tolerans mekanizmalarının daha iyi anlaşılabilmesi için geçmişten günümüze pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Düşük kalitedeki sulama sularının yetiştiricilikte kullanılmasına yönelik çalışmalar genellikle farklı konsantrasyonlarda hazırlanan NaCl ya da NaCl, CaCl<sub>2</sub> ve MgSO<sub>4</sub> tuzlarının belirli oranlarda karışımı şeklinde hazırlanan sulama suları ile yetiştirilen bitkilerin bazı gelişim, verim ve kalite parametrelerinin araştırması şeklinde olmuştur. Bununla birlikte sulama sularında yaygın olarak bulunan klorlu ve sülfatlı bileşiklerin etkilerinin ayrı ayrı değerlendirildiği çalışmaların sayısı ise nispeten daha azdır. Yapılan bu çalışma ile farklı konsantrasyonlarda hazırlanan CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, NaCl ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tuzlarının karnabahar bitkisinde bazı gelişim ve verim parametrelerine etkileri değerlendirilmiştir. Bununla birlikte farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar bitkisinde oluşturduğu stres düzeyine bağlı olarak söz konusu bitkinin enerji kullanım düzeylerinde oluşabilecek farklılıklardan yararlanarak tuzluluk stresi etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda yapılan multispektral kamera ölçümlerinden yararlanarak NDVI değerleri hesaplanmış ve karnabahar bitkisinin bazı gelişim ve verim parametreleri ile ilişkilendirilerek konu ile ilgili eksikliklerin giderilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada karnabahar bitkisinin gelişim periyodu boyunca hafta da bir bitki boyu, CCI, iki haftada bir de stoma iletkenliği ve multispektral kamera ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Hasat sonrası karnabahar bitkisinin toplam biyoması, meyve yaş ve kuru ağırlıkları, meyve çapları ve % kuru madde miktarları belirlenmiştir. Ayrıca kırmızı ve NIR dalga boylarında görüntü alabilen iki farklı multispektral kamera ile elde edilen görüntüler ArcGIS 10.8 programında işlenmiş ve NDVI değerleri hesaplanmıştır. Günümüzde insansız hava araçları, dronlar ile yaygın kullanımı olan multispektral kameraların sera içerisinde manuel kullanımı da değerlendirilmiştir.

Çalışma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri arasında karnabahar bitki boyu, stoma iletkenliği ve klorofil içeriklerinin sezon ortalaması, % kuru madde miktarları, toprak üstü biyomas değerlerinde istatistiksel anlamda herhangi bir etkileşimin olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte verim parametrelerinden meyve yaş, kuru ağırlıkları ve meyve çapında farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin etkileşimleri önemli bulunmuştur. Söz konusu parametreler açısından genel olarak CaCl<sub>2</sub> ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tuz kaynakları ile sulanan bitkilerde daha yüksek değerler elde edilirken MgCl<sub>2</sub> ve NaCl tuzlarının özellikle 9.0 dS/m'lik yüksek konsantrasyonlarında söz konusu parametreler açısından daha düşük değerler elde edilmiştir.

Ana faktör olarak tuz kaynakları incelendiğinde (her bir parametrenin T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> ve T<sub>4</sub> konuları için tuz konsantrasyonlarına ait genel ortalaması) ele alındığında meyve yaş ağırlıkları, % kuru madde miktarı istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Bununla

birlikte stoma iletkenliği, CCI, bitki boyu, meyve çapı, meyve kuru ağırlığı, toprak üstü biomas değerleri arasında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık belirlenmemiştir. Bu durumun göz dönemi yetiştirilen karnabahar bitkisinde tuzluluğun etkisinin görüleceği kadar sulama yapılamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ana faktör olarak tuz konsantrasyonları (her bir parametrenin her bir tuz konsantrasyonu için tuz kaynakları konularının genel ortalaması) değerlendirildiğinde ise, tüm parametreler de farklı önem düzeylerine göre anlamlı değişimler belirlenmiştir. Tüm tuz konuları kontrol konusundan farklılık göstermiştir. Özellikle 6.0 dS/m ve 9.0 dS/m konsantrasyondaki sularla sulanan bitkilerin gelişim ve verim parametrelerinde kontrol konusuna göre önemli azalmalar belirlenmiştir.

NDVI değerleri incelendiğinde gerek T×C etkileşimi gerekse tuz kaynakları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Öte yandan artan tuz konsantrasyonları NDVI değerlerinde önemli farklılıklara neden olmuştur. Genel ortalamaya bakıldığında tüm tuz konsantrasyonlarında kontrol konusuna göre daha düşük NDVI değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Bununla birlikte özellikle MgCl<sub>2</sub> tuzunda NDVI değerleri arasındaki farklılıklar sadece kontrol konusuna göre olmamiş tüm tuz konsantrasyonlarında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar belirlenmiştir. Ayrıca NDVI değerleri ile karnabahar bitkisinin CCI, stoma iletkenliği, meyve yaş ve kuru ağırlıkları, toprak üstü biyomas gibi parametrelerle doğrusal bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Karnabahar bitkisi için hesaplanan NDVI değerleri kullanılarak söz konusu gelişim ve verim parametrelerine yönelik tahminlerin yapılabilceği sonucuna varılmıştır. Çalışmada elde ettiğimiz veriler dahilinde, günümüzde tarla koşullarında yaygın olarak kullanılmaya başlayan insansız hava araçlarına yerleştirilen multispektral kameraların, sera içerisinde manuel kullanımında da tatmin edici değerlendirmeler yapılabilceği sonucuna varılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

- Allakhverdiev, S.I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Inaba, M., Murata, N., 2000. Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiol.* 123, 1047–1056.
- Anonim, 2010. Cauliflower and Broccoli Production. <http://faostat.fao.org>
- Anonim, 2020a. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ANTALYA> (Erişim tarihi:15 Ağustos 2020).
- Anonim, 2020b. Casper RZ F1 karnabahar çeşidinin özellikleri. <https://www.rijkzwaan.com.tr/%C3%A7e%C5%9Fidinizi%20bulun/karnabahar/casper-rz>. (Erişim tarihi: 27.09.2020).
- Aparicio, N., Villegas, D., Royo, C., Casadesus J., Araus, J.L. 2004. Effect of sensor view angle on the assessment of agronomic traits by ground level hyper-spectral reflectance measurements in durum wheat under contrasting Mediterranean conditions, *International Journal of Remote Sensing.* 25(6), 1131-1152.
- Aslan, G. E., 2011. Farklı Tuzluluk Düzeyine Sahip Sulama Sularının Biber Bitkisinin Gelişimine Etkisinin Spektrometrik Ölçümlerle Belirlenme Olanaklarının Araştırılması. Akdeniz Üniv. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, Antalya
- Aydınşakir, K., Büyüктаş D., Dinç, N ve Karaca, C., 2015. Impact of salinity stress on growing, seedling development and water consumption of peanut (*Arachis hypogaea* cv. NC-7), *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2):77-84.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1989. *Water Quality for Agriculture - FAO Irrigation and Drainage Paper 29.* FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Ayyıldız M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 1196, Ders Kitabı: 344, Ankara.
- Bernstein, L. (1964). *Salt Tolerance of Plants.*
- Blake, G.R. and Hartge, K.H. 1986. Bulk Density. In A. Klute, ed., *Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods: Agronomy Monograph no. 9* (2nd ed.), pp. 363-375
- Bresler E & Charter D L (1982). *Saline and Sodic Soils. Principles Dynamics-Modelling.* Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York., pp: 227.
- Campbell, J. B. 2006. *Introduction to Remote Sensing. Fourth Edition The Guilford Publications, New York.* p: 6
- Çakırlar H & Topçuoğlu S F (1985). Stres terminolojisi. *Çölleşen dünya ve Türkiye örneği. Sempozyum-7*, 13- 17 Mayıs, Erzurum, s. 108-129.
- De Pascale, S., Maggio, A., & Barbieri, G. (2005). Soil salinization affects growth, yield and mineral composition of cauliflower and broccoli. *European Journal of Agronomy*, 23(3), 254-264.

- Devore, J.L. and Peck, R.P. 1993. Statistics: The exploration and analysis of data. 2<sup>nd</sup> ed. California, Duxbury Press. 881 p.
- Dinç, U., Yeğingil, İ. ve Peştemalci, V. 1986 Uzaktan Algılamanın Temel Esasları
- Doğru A. ve Canavar S. 2020. Bitkilerde tuz toleransının fizyolojik ve biyokimyasal bileşenleri. *Academic Platform Journal of Engineering and Science* 8-1, 155-174.
- Ekmekçi, E., Apan M, ve Tekin K., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3), 118-125.
- Francois, L. E., Donovan, T., and Maas, E. V., 1984. Salinity Effects on Seed Yield, Growth, and Germination of Grain Sorghum 1. *Agronomy Journal*, 76(5), 741-744.
- Gao, Y.; Li, D. 2012. Detecting salinity stress in tall fescue based on single leaf spectrum. *Scientia Horticulturae* 138: 159-164.
- Gee, G.W. and Boudier, J.W. 1986. Particle Size Analysis, Methods of Soil Analysis. Part1. 2<sup>nd</sup> Ed, Agronomy 9, Am. Soc. Agron., pp. 825-844, Madison
- Genç, L., Kavdır, Ğ., Turhan, H., Genç, H. ve Kavdır, Y. 2005. Bitkisel üretim ve uzaktan algılama. *J. Agric. Fc. HR.U.*,9 (4): 1-9
- Giuffrida, F., Cassaniti, C., Malvuccio, A., and Leonardi, C., 2016. Effects of salt stress imposed during two growth phases on cauliflower production and quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(5), 1552-1560.
- Giuffrida, F., Gangi, D., Giurato, R., & Leonardi, C. 2013. Effects of NaCl salinity on yield, quality and mineral composition of broccoli and cauliflower. In *VI International Symposium on Brassicas and XVIII Crucifer Genetics Workshop 1005* (pp. 531-538).
- Hasegawa P. M., Bressan R. A., Zhu J. K. and Bohnert H. J. 2000. Plant Cellular and Molecular Responses to High Salinity. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51:463–99
- Heidari, M., & Jamshidi, P. 2011. Effects of salinity and potassium application on antioxidant enzyme activities and physiological parameters in pearl millet. *Agricultural Sciences in China*, 10(2), 228-237.
- Henik Joshua J., Knapp Allen D., Moore Kenneth J, and Burras C. Lee, 2014. Normalized Difference Vegetative Index Used to Identify Spatial Variability in Vegetative Growth and Grain Yield of Corn. *Crop Management*, doi:10.1094/CM-2012- 0824-01-RS.
- Hernández, E. I., Melendez-Pastor, I., Navarro-Pedreño, J., & Gómez, I., 2014. Spectral indices for the detection of salinity effects in melon plants. *Scientia Agricola*, 71(4), 324-330.
- Hoffman, G.J., V.Eug one. And L. Robevt. 1983. Salt tolerance of coron California Agr. Vol. 37 N0. 12.

[https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=uc5FAQAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA357&dq=related:px9InclOcDIJ:scholar.google.com/&ots=HFr7YiJoHL&sig=v1FZITaLaP-aI-CazcmhSjBbdf4&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=uc5FAQAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA357&dq=related:px9InclOcDIJ:scholar.google.com/&ots=HFr7YiJoHL&sig=v1FZITaLaP-aI-CazcmhSjBbdf4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

- Ivushkin, K., Bartholomeus, H., Bregt, A. K., Pulatov, A., Kempen, B., & de Sousa, L. 2019. Global mapping of soil salinity change. *Remote Sensing of Environment*, 213(111260).
- Jackson, R.D. 1984. Remote sensing of vegetation characteristics for farm management. Reprinted from SPIE Vol.475-Sixth in the SPIE Critical Reviews of Technology Series: Remote Sensing, 475:81-96.
- James D W, Hanks R J & Jurinak J. J., 1982. *Modern Irrigated Soils*. John Wiley and Sons Print., USA.
- Jamil, M., Lee, C. C., Rehman, S., Lee, D. B., Ashraf, M. And Rha E. S. R., 2005. Salinity (NaCl) Tolerance of Brassica Species at Germination and Early Seedling Growth, *Electron. J. Environ. Agric. Food Chem.* ISSN: 1579-4377
- Jensen, R. J. 2000. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*, Prentice Hall,
- Ji, R., Ju M., Wang, Y., Cheng, H., Zhang, H. and Shi, W. 2017. In-Season Yield Prediction of Cabbage with a Hand-Held Active Canopy. *Sensors* 17, 2287; doi:10.3390/s17102287
- Karaoğlu, M., & YALÇIN, A. M., 2018. Toprak Tuzluluğu ve Iğdir Ovası Örneği. *Journal of Agriculture*, 1(1), 27-41.
- Khare, T., Desai, D. and Kumar, V., 2012. Effect of MgCl<sub>2</sub> stress on germination, plant growth, chlorophyll content, proline content and lipid peroxidation in sorghum cultivars, *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, Vol. 8:4, pp. 169-178
- Khavarinejad R. A. and Mostofi, Y. 1998 “Effects of NaCl on photosynthetic pigments, saccharides, and chloroplast ultrastructure in leaves of tomato cultivars”, *Photosynthetica*, 35, 151-154.
- Klute, A. 1986. *Water Retention: Laboratory Methods Methods of Soil Analysis*. Part1. 2<sup>nd</sup> Ed. Agronomy 9.Am. Soc. Agron, pp. 635-660, Madison.
- Köroğlu, B. 2002. Elaiussa Sebaste ve çevresinin uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları ile tarihsel ve güncel arazi kullanımları yönünden incelenmesi. Ç.Ü. Master Tezi, Adana, 135s.
- Krezhova, D. D., Kirova, E. B., Yanev, T. K., & Iliev, I. T. (2010, January). Effects of salinity on leaf spectral reflectance and biochemical parameters of nitrogen fixing soybean plants (*Glycine max* L.). In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1203, No. 1, pp. 694-696). American Institute of Physics.
- Kurunç, A., Aslan, G.E., Karaca, C., Tezcan, A., Turgut, K., Karhan, M., Kaplan, B., 2020. Effects of salt source and irrigation water salinity on growth, yield and quality parameters of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Sci. Hort.* (Amsterdam). 270, 1– 10.



- Kurunç, A., Ünlükara A. and Cemek, B., 2011. Salinity and drought affect yield response of bell pepper similarly. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant Science*, 61: 514-522.
- Leone, A. P., Menenti, M., & Sorrentino, G., 2000. Reflectance spectrometry to study crop response to soil salinity. *Italian Journal of Agronomy*, 4(2), 75-85.
- Maas, E. V., Hoffman, G.J., 1977. Crop salt tolerance - current assessment. *J. Irrig. Drain. Div.* 103, 115–134. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(00\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(00)00016-0).
- Minhas, P. S., Ramos, T. B., Ben-Gal, A., & Pereira, L. S., 2020. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. *Agricultural Water Management*, 227, 105832.
- Munns, R. ve Tester, M., 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance, *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651- 681.
- Munns, R., 2002. Comparative Physiology of Salt and Water Stress, *Plant Cell and Environment*, 25, 239- 250.
- OSCAR, V. 1998. Vegetation. [http://137.224.135.82/cgi/projects/bcrs/multisensor/report1/4.htm#f\\_4\\_1\\_1](http://137.224.135.82/cgi/projects/bcrs/multisensor/report1/4.htm#f_4_1_1).
- Özkan, B., 2019. Farklı sulama suyu tuzluluğunun karnabahar (*Brassica oleracea* L.) bitkisinin büyüme ve verim parametreleri üzerine etkisi (Master's thesis, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Öztürk, A. 2002. Farklı Gelişme Dönemlerinde Uygulanan Tuzlu ve Normal Suların Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Bitkisinin Bazı Özelliklerine ve Toprak Tuzluluğuna Etkisi. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 16 (30). Konya.
- Parida A. K. and Das A. B., 2005 Salt tolerance and salinity effects on plant: a review. *Ecotoxicol Environ Safety* 60:324–349.
- Penuelas, J., Filella, I., Biel, C., Serrano, L., Save, R., 1993. The reflectance at the 950–970 nm region as an indicator of plant water status. *Int. J. of Remote Sensing*, 14: 1887–1905.
- Penuelas, J., Pinol, J., Ogaya, R., Filella, I. 1997. Estimation of plant water concentration by the reflectance Water Index WI (R900/R970)’, *International Journal of Remote Sensing*, 18, 2869-2875.
- Pinter, P.J. JR., Hatfield, J.L., Schepers, J.S., Barnes, E.M., Moran, S.M., Daughtry, C.S.T., Upchurch, D.R. 2003. Remote sensing for crop management. *Photogrammetric Engineering&Remote Sensing*, 69(6):647-664.
- Prabu M. and Anouncia S.M., 2016. NDVI Generation of Chlorophyll from OCM Data for The Indian Ocean Region Using Multispectral Images. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(5), 2855.
- Richards, J.A., Jia, X. 1991 *Remote Sensing Digital Analysis: An Introduction*. 3rd ed., Springer-Verlag Inc.: New York, 39-74

- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agricultural Handbook No.60, p. 160, USSL.
- Robinson, S. P., Downton, W, J, S. and Millhouse, J. A., 1983. Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplasts in relation to ionic compartmentation in leaves. *Agric. Biochem. Biology*. 228:197-206.
- Rodger, J. B. A., Williams, G. G., & Davis, R. L., 1957. A Rapid Method for Determining Winterhardiness in Alfalfa 1. *Agronomy Journal*, 49(2), 88-92.
- Sadık, S., 1962. Morphology of the Curd of Cauliflower. *American Journal of Botany*. 49, 290 – 297.
- Sharma D. A., 1980. Effect of using saline water to supplement canal water irrigation on the crop growth of rice. *Current Agriculture* 4: 79-82.
- Siham, M., 2010. Studying the effect of different levels of salinity on the germination stage and the subsequent stages of some field crops. [http://www.aasd.byethost13.com/Volumes/aasdj6\(3\)2010/61-72.pdf](http://www.aasd.byethost13.com/Volumes/aasdj6(3)2010/61-72.pdf)
- Sönmez, N. K. 1996. Landsat-5 TM Uydusunun sayısal verileri ile Antalya bölgesindeki buğday bitkisinin spektral özelliklerinin ve alansal dağılımının belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lis. Tezi. Antalya
- Sönmez, N., Aslan, G. E. ve Kurunç, A., 2015. Farklı tuz stresi altındaki domates bitkisinin spektral yansıma ilişkileri. *Journal of Agricultural Sciences*, 21(4), 585-595.
- Turhan, H., Genc, L., Smith, S. E., Bostancı, Y. B., & Turkmen, O. S., 2008. Assessment of the effect of salinity on the early growth stage of the common sunflower (Sanay cultivar) using spectral discrimination techniques. *African Journal of Biotechnology*, 7(6).
- Tuğaç M. G., Torunlar H., Karakurt E. ve Aydoğan S., 2019. Buğday verimi ve biyokütlesi ile uzaktan algılama vejetasyon indisleri arasındaki ilişkilerin tarımsal iklim bölgeleri bazında değerlendirilmesi. *Toprak Su Dergisi*, 2019, Özel Sayı: 177-186
- Ünlükara, A., Yürekli, K., ANLI, A. S., & İnci, Ö. R. S., 2010. Kayseri İlinin RDI (Reconnaissance) İndeksine Göre Kuraklığının Değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1), 13-17.
- Yurtseven, E. ve Baran H.Y. 2000. Sulama suyu tuzluluğu ve su miktarlarının Brokkolide (*Brassica oleracea* botrytis) verim ve mineral madde içeriğine etkisi. *Turk J Agric For*24 (2000) 185–190© TÜBİTAK
- Zhu, J. K., 2001. Plant salt tolerance. *Trends in plant science*, 6(2), 66-71.

## ÖZGEÇMİŞ

OSMAN FATH ALRAHMAN O. ALASAD

E-posta: osman.alasad123@gmail.com



### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019-2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2012-2017	Nile valley Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Nile River -Sudan