

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**BAZI KIŞLIK SEBZE TÜRLERİNDE TUZLULUK STRESİ ETKİLERİNİN
TERMAL GÖRÜNTÜLER YARDIMI İLE BELİRLENMESİ**

Mahamat Abdoulaye ALIFA

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

TEMMUZ 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI KIŞLIK SEBZE TÜRLERİNDE TUZLULUK STRESİ ETKİLERİNİN
TERMAL GÖRÜNTÜLER YARDIMI İLE BELİRLENMESİ

Mahamat Abdoulaye ALIFA

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 01/07/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN (Danışman)

Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ

Prof. Dr. Harun KAMAN

ÖZET

BAZI KIŞLIK SEBZE TÜRLERİNDE TUZLULUK STRESİ ETKİLERİNİN TERMAL GÖRÜNTÜLER YARDIMI İLE BELİRLENMESİ

MahamatAbdoulaye ALIFA

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi G. Ece Aslan

Temmuz 2022; 41 sayfa

Bu çalışmada farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin brokoli ve karnabahar bitkilerine etkilerinin termal kamera ölçümleri ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Kontrollü sera ortamında saksı denemesi olarak yürütülen bu çalışma faktöriyel düzende tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak planlanmıştır. Çalışmada CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl ve Na_2SO_4 olmak üzere dört farklı tuz kaynağı, 3.0, 6.0 ve 9.0 dS/m olmak üzere üç farklı tuz konsantrasyonu ve kontrol konusu olarak (0.6 dS/m) şebeke suyu kullanılmıştır. Araştırmada bitkisel materyal olarak yöreye uygun dayanıklı çeşitler olan 'Parthenon F1' brokoli çeşidi ve 'Casper F1' karnabahar çeşidi kullanılmıştır. Araştırma süresince bitki boyları, bitkinin stoma iletkenliği, klorofil içeriği indeksi (CCI) ve kanopi sıcaklıkları ölçülmüştür. Her iki bitkide de artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak mevsimlik bitki su tüketimi, bitki boyu, CCI, stoma iletkenliği ve toplam biyomas değerleri kontrol uygulamasına göre azalmıştır. Bu verilere paralel olarak artan tuz konsantrasyonu her iki bitkinin de kanopi sıcaklıklarında (kontrol konusuna göre) önemli farklılıklara neden olmuştur. Bu farklılık karnabahar bitkisinde daha erken ortaya çıkmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre termal kamera ile kanopi sıcaklık ölçümleri yapılarak bitkilerin tuzluluk stresi hakkında güvenilir bilgi edinilebileceği sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: İnfrared termografi, brokoli, karnabahar

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN

Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ

Prof. Dr. Harun KAMAN

ABSTRACT

DETERMINATION OF SALINITY STRESS EFFECTS IN SOME WINTER VEGETABLE CROPS BY THERMAL IMAGES

Mahamat Abdoulaye ALIFA

MSc Thesis in Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Asist. Prof. Dr. G. Ece ASLAN

July 2022; 41 pages

In this study, it was aimed to determine the effects of different salt sources and salinity levels on broccoli and cauliflower plants by thermal camera measurements. This study which was carried out as a pot experiment in a controlled greenhouse, was planned in a factorial experiment in a completely randomized design with three replications. In the research, 'Parthenon F1' broccoli variety and 'Casper F1' cauliflower variety, which are resistant varieties suitable for the region, were used as plant material. Four different salt sources, CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl , and Na_2SO_4 , three different salt concentrations of 3.0, 6.0, and 9.0 dS/m, and tap water as the control subject (0.6 dS/m) were used. During the research, plant heights, stomatal conductivity of the plant, chlorophyll content index (CCI), and canopy temperatures were determined. In both plants, seasonal plant water consumption, plant height, CCI, stomatal conductivity, and total biomass values decreased compared to the control treatment due to increasing salt concentrations. In parallel with these data, increasing salt concentration caused significant differences (according to the control treatment) in the canopy temperatures of both plants. This difference emerged earlier in the cauliflower plant. According to the findings obtained from the study, it was concluded that reliable information can be obtained about the salinity stress of plants by making canopy temperature measurements with a thermal camera.

KEYWORDS: Infrared thermography, broccoli, cauliflower

COMMITTEE: Asist. Prof. Dr. Gülçin Ece ASLAN

Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ

Prof. Dr. Harun KAMAN

ÖNSÖZ

Tuz ve su stresi gibi abiyotik stres faktörleri, bitkilerde morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler seviyede olan etkileri nedeniyle bitki gelişimini ve verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bitki yaprak ve taç sıcaklığında meydana gelen değişimler, bitkide meydana gelen stresin önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Gelişen teknoloji, uzaktan algılama yöntemleri ile bitki organlarındaki bu sıcaklık değişimlerini bitkiye zarar vermeden belirlenebilmesine olanak sağlamaktadır. Bitki yaprak ve diğer organlarının sıcaklıkları termokupl sensörleri ile doğrudan bitki yüzeyine temas ile ölçülebilirken, infrared ya da termal kamera ile uzaktan da ölçülebilmektedir. Termal kamera bitki sıcaklığını ölçmenin yanında bitki yüzeyinde meydana gelen değişimleri görselleştirmesi nedeniyle infrared termometreden daha çok kullanım alanı sağlamaktadır.

Bu çalışmada farklı tuz çeşitleri ve konsantrasyonlarına bağlı olarak karnabahar ve brokoli bitkisinde meydana gelen değişimlerin termal kamera ile belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmanın başından sonuna kadar her aşamasında bilgi ve deneyimi ile bu araştırmanın yapılmasını mümkün kılan değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN'a gönülden teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmam süresince yardımlarını ve katlılarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Dr. Cihan KARACA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazım sürecinde hiçbir desteği benden esirgemeyen değerli hocalarım, Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ ve Prof. Dr. Harun KAMAN'a yaptıkları katkılardan dolayı şükranlarımı sunarım.

Araştırmamın yürütülmesi sırasında hem sera hem de laboratuvar çalışmalarında benden yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Ahmed MUBARAK, Osman ALASAD, Mehmet KIYAR ve Süleyman ŞEHİR'e de teşekkürü bir borç bilirim

Yüksek Lisans eğitimimi Akdeniz Üniversitesi'nde gerçekleştirmeme imkân veren Türkiye Cumhuriyeti Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığına (YTB) teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak tezimi eğitimimde maddi ve manevi katkıları olan değerli annem KHADIDJA ve rahmetli babam MAHAMAT ABDOULAYE'ye ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
3. MATERYAL VE METOT.....	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Araştırma yeri, iklim ve toprak özellikleri	12
3.1.2. Bitkisel materyal	13
3.1.3. Deneme de kullanılan cihazlar	13
3.2. Metot	15
3.2.1. Arazi işlemleri ve denemenin kurulması.....	15
3.2.2. Sulama uygulamaları.....	16
3.2.3. Bitkilerde yapılan ölçümler	18
3.2.4. İstatiksel analiz.....	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	21
4.1. Bitki Su Tüketimi	21
4.2. Uygulamaların Gelişim Parametrelerine Etkisi.....	23
4.3. Verim Parametreleri	24
5. SONUÇLAR	33
6. KAYNAKLAR.....	35
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bazı kışlık sebze türlerinde tuzluluk stresi etkilerinin termal görüntüler yardımı ile belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

01/07/2022

MahamatAbdoulaye ALIFA



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Al	: Alüminyum
B	: Bor
CaCl ₂	: Kalsiyum Klorür
CO ₃ ⁻²	: Karbonat
Ca ²	: Kalsiyum iyonu
Cl ⁻	: Klorür iyonu
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
HCO ₃ ⁻²	: Bikarbonat iyonu
K ⁺	: Potasyum iyonu
kg	: Kilogram
g	: Gram
L	: Litre
MgCl ₂	: Magnezyum Klorür
mm	: Milimetre
N	: Azot
NaCl	: Sodyum klorür
Na ₂ SO ₄	: Sodyum Sülfat
Mg ⁺⁺	: Magnezyum
Na ⁺	: Sodyum
P	: Fosfor
SO ₄ ²⁻	: Sülfat iyonu
W _a	: Sulama öncesi ağırlıkları
W _{fc}	: Saksının tarla kapasitesi
Zn	: Çinko
ρ _w	: Suyun Yoğunluğunu (1 kg/L)

Kısaltmalar

AW _s	: Sulama suyu miktarı
CWSI	: Bitki Su Stres İndeksi
CCI	: Bitki Klorofil Konsantrasyon İndeksi
EC _e	: Elektriksel iletkenlik
ET	: Bitki Su Tüketimi
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
LF	: Yıkama Oranı (%)
HA	: Hacim Ağırlığı
HPLC	: Yüksek Performanslı sıvı Kromatografisi
Mak.	: Maksimum
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Min.	: Minimum
Ort.	: Ortalama
SN	: Solma Noktası
TK	: Tarla Kapasitesi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TTSM	: Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Tuzluğun iki hafta sonunda buğday fidesinin bitki organlarındaki sıcaklığına olan etkisinin termal kamera ile belirlenmesi (James vd., 2012).....	11
Şekil 3.1. Deneme alanı	12
Şekil 3.2. Denemede bitkisel materyal olarak kullanılan brokoli (a) ve karnabahar (b) bitkilerinden bir görünüm.....	13
Şekil 3.3. Denemede kullanılan porometre (a) ve klorofilmetre (b) cihazları	14
Şekil 3.4. Denemede kullanılan termal kamera	14
Şekil 4.1. Brokoli bitkisinde 12:00-13:00 saatleri arası tuz uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farklılıkları.....	26
Şekil 4.2. Brokoli bitkisinde 13:00-14:00 saatleri arası tuz uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farklılıkları.....	28
Şekil 4.3. Karnabahar bitkisinde 12:00-13:00 saatleri arası tuz uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farklılıkları	30
Şekil 4.4. Karnabahar bitkisinde 13:00-14:00 saatleri arası tuz uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farklılıkları	31

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	12
Çizelge 3.2. Deneme deseni.....	15
Çizelge 4.1. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin brokoli bitkisinin bazı özellikleri üzerine etkileri	21
Çizelge 4.2. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar bitkisinin bazı özellikleri üzerine etkileri	22
Çizelge 4.3. Brokoli bitkisinde farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin kontrol konusuna göre sıcaklık farkları (12:00-13:00).....	26
Çizelge 4.4. Brokoli bitkisinde farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin kontrol konusuna göre sıcaklık farkları (13:00-14:00).....	28
Çizelge 4.5. Karnabahar bitkisinde farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin kontrol konusuna göre sıcaklık farkları (12:00-13:00)	30
Çizelge 4.6. Karnabahar bitkisinde farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin kontrol konusuna göre sıcaklık farkları (13:00-14:00)	32

1. GİRİŞ

Yapılan son nüfus projeksiyonlarında 2050 yılına kadar dünya nüfusunun %28.6'lık bir artışla 9.9 milyara ulaşacağı öngörülmüyor (PRB 2020). Tarımsal üretimde sürdürülebilir artış, hızla artan dünya nüfusuna dayalı gıda talebinin karşılanması açısından önem arz etmektedir. Bu projeksiyona göre artacak gıda talebinin karşılanması için tarımsal üretimin %70 (Karaca, 2020) ve tarım amaçlı kullanılan suyun ise %19 artırılması (FAO, 2009) gerekmektedir.

Sulama, dünya çapında gıda üretimi ve gıda güvenliğinde kilit rol oynamaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde, kuraklık nedeniyle yağış ile karşılanamayan tarımsal amaçlı su ihtiyacı sulama ile karşılanmaktadır. Bununla birlikte, Arap coğrafyası gibi kurak alanlarda yapılan uzun süreli sulamanın toprak tuzluluğunu artırma eğiliminde olduğu görülmüştür (Tang vd., 2015).

Tarımsal amaçlı su kullanımının dünya ortalaması %70 olmakla birlikte bu oran diğer sektörlerle kıyasla önemli düzeyde fazladır (Büyüктаş vd., 2020). Bu nedenle artan nüfusun farklı sektörlerdeki su talebini karşılamak için tarımsal amaçlı kullanılan tatlı suyun azaltılması önem arz etmektedir. Bu amaçla düşük kaliteli tuzlu suların kontrollü olarak tarımsal amaçlı kullanılması gelecek açısından hayati bir konu olarak kabul edilmektedir. Söz konusu suların kullanılması son 30 yıldır artan düzeyde güncelliğini korumaktadır.

Tuzluluk, bitkilerin gelişimini dolayısıyla verim ve kalitesini etkileyen önemli bir abiyotik stres faktörü olarak kabul edilmektedir (Sytar vd., 2017). Tuzluluk sorunu tüm dünyada 100'den fazla ülkede 1 milyar hektardan fazla tarımsal alanı etkilemektedir (Abbas vd., 2013; FAO ve ITPS, 2015; Ivushkin vd., 2019). Tarımsal üretim için ciddi ve küresel bir tehdit olan tuzluluk bitki gelişimini sınırlayarak verim kaybına neden olmaktadır. Bitki kök bölgesindeki tuzluluk seviyesinin artmasına bağlı olarak toprak çözültisindeki tuzların osmotik etkisinden dolayı bitki mevcut suyu kullanamaz. Bu nedenle meydana gelen su açığı nedeniyle bitki su stresinden etkilenmektedir. (James ve Sirault, 2012). Bunun yanında bazı iyonlar bitki organlarında birikerek bitkide toksik zarara neden olduğu bilinmektedir.

Bitkilerde meydana gelen stres, yaprak su potansiyeli, stoma iletkenliği, klorofil içeriği ve fotosentez oranı gibi bitki gelişim parametrelerini etkilemektedir (Penuelas vd., 1993). Ancak, söz konusu parametrelerin genellikle bireysel yapraklar üzerinde ölçülmesiyle elde edilen veriler noktasal olmakta ve tüm alan hakkında bilgi vermeyebilmektedir. Bu ölçümlerin çok sayıda yaprak üzerinde yapılması oldukça fazla işgücü gerektirdiği gibi bitkilerde zararlara da yol açmaktadır (Meyer vd., 1985). Bu teknikler yerine uzaktan algılama yöntemleriyle stres faktörlerinin bitkiye zarar vermeden hızlı ve az işgücüyle belirlenmesi, günümüzde araştırmalara konu olmaktadır (Çamoğlu ve Genç, 2013).

Bitki taç sıcaklığı uzun zamandır bitki stresinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bitkilerde su stresi veya tuz stresini belirlemek için bu parametrenin kullanılması, strese maruz kalan bitkilerde stoma kapanması nedeniyle terlemenin

azalması dolayısıyla bitkinin yaprağının sıcaklığının artması esasına dayanır. Bitki yaprağının bu sıcaklığı termal kamera ile belirlenebilir (Ghazouani vd., 2017).

Yetiştiriciliği sonbahar ve kış aylarında yapılan karnabahar ve brokoli, tüketilen kısımlarına göre sınıflandırmada çiçek ve çiçek tablası yenen sebzeler sınıfında yer almakta olup, ülkemizde 2020 yılı itibari 13922 ha alanda üretimi yapılmaktadır (FAOSTAT, 2019).

Yaygın gıda ürünleri arasında olan sebzeler insan beslenmesinde de iyi bir besin kaynağıdır. Akdeniz Bölgesi'nde tarımı yaygın biçimde yapılmakta olan ve son yıllarda zengin besin içerikleri ve anti kanserojen özellikleri nedeniyle Türkiye'de brokoli ve karnabaharın üretimi her yıl artmaktadır. Öyle ki, 2009'da toplam 177592 ton olan brokoli ve karnabahar üretimi %75.34'lük artışla 2020 yılında 311391 ton olmuştur. Bu üretim miktarı ile ülkemiz brokoli ve karnabahar üretiminde dünyada yedinci sırada olmakla birlikte Çin Halk Cumhuriyeti 9558156 ton ile dünya birinci sırada bulunmaktadır (FAOSTAT, 2019).

Sebze bitkilerinin çoğunun tuz stresine karşı tepkisi tam olarak aydınlatılamamıştır. Karnabahar ve brokolinin tuz stresine verdiği yanıtlar konusunda yapılan çalışmaların henüz yeterli seviyeye gelmediğini belirtmiştir (Shahbaz vd., 2012).

Bu çalışmada brokoli ve karnabahar bitkilerinde dört farklı tuz kaynağı (CaCl_2 (T_1), MgCl_2 (T_2), NaCl (T_3) ve Na_2SO_4 (T_4)) ve üç farklı sulama suyu tuzluluk düzeyleri (3 dS/m (C_1), 6 dS/m (C_2) ve 9 dS/m (C_3)) altında bitkilerde strese bağlı meydana gelen sıcaklık farklılıklarının termal görüntüler yardımıyla belirlenme olanaklarının araştırılması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Bitki gelişimini ve üretimini olumsuz olarak etkileyen ve en önemli abiyotik stres etmenleri arasında olan tuzluluk dünya çapında bir milyar hektardan fazla alanı etkilemektedir (Abbas vd., 2013; FAO ve ITPS, 2015; Ivushkin vd., 2019). Tuzluluk, toprakta veya yeraltı suyunda uzun bir süre boyunca tuz birikmesine bağlı olarak doğal nedenlerle olabileceği gibi, bilinçsizce yapılan sulama uygulamaları nedeniyle de doğal hidrolojik dengenin insan faaliyetlerinin değiştirilmesi sonucunda da meydana gelebilmektedir. Tuzluluk problemi en çok kurak ve yarı kurak bölgelerde görülmektedir. Çünkü, kısıtlı drenaj koşulları nedeniyle çözünür tuzlar toprak altında birikerek kapılar yükselme ile bitki kok bölgesi ve toprak yüzeyine kadar ulaşmaktadır. Bu bölgelerdeki yüksek sıcaklıklar nedeniyle toprak yüzeyindeki su buharlaşmakta ve buna bağlı olarak topraktaki tuz seviyesi artmaktadır. Yağışın az olması ve sulama suyundaki tuzluluk seviyesi de bu problemi arttıran faktörler arasında olduğu kabul edilmektedir.

Brokoli ve karnabaharın anti kanserojen özelliklerinden ve insan sağlığı için gerekli besin maddelerini içeriğinde bulundurmalarından kaynaklı olarak üretim miktarı her yıl artmaktadır. FAO (2013) verilerine göre karnabahar ve brokoli yaklaşık 22.3 milyon ton üretim miktarı ile dünya toplam sebze üretiminde %2'lik bir paya sahiptir. Türkiye'de 2015 yılı verilerine göre 76.082 da alanda, 182.266 ton karnabahar üretimi gerçekleştirilmiştir. Karnabahar üretiminin bölgelere dağılımı incelendiğinde ilk iki sırayı %31.5'lik oranla Ege ve Marmara Bölge'si paylaşırken 3. sırayı %28.5 üretim payı ile Akdeniz Bölgesi almaktadır. Buna karşılık il bazında ilk sırada 31.145 tonluk üretim miktarı ile Antalya yer alırken bunu İzmir (30.307 ton), Bursa (26.325 ton) ve Mersin illeri (16.409 ton) takip etmektedir (TÜİK, 2015) Türkiye'de karnabahar yetiştiriciliği, üretim bölgelerine göre değişmekle birlikte, yaygın olarak sonbahar ve kış aylarında yapılmaktadır. Üretilmekte olan karnabaharın büyük bir bölümü iç pazarda tüketilmektedir. Ancak son yıllarda karnabahar ihracatı da yapılmaya başlanmıştır. 2014 yılı verilerine göre 2256 ton karnabahar ihraç edilmiş ve bunun karşılığında 932137 dolar gelir elde edilmiştir (TÜİK, 2014). Öte yandan, 2013 yılında az miktarda da olsa (44 ton) karnabahar ithalatı yapılmıştır. Standart Tohumluk Kaydı Listesi'nde yer alan karnabahar çeşitleri incelendiğinde 120 çeşidin kayıtlı olduğu görülmektedir (TTSM, 2015). Karnabahar yetiştiriciliğinde kullanılan çeşitlerin tohumları yurt dışından satın alınmaktadır. Türkiye'de karnabahar tohumu ithalat değeri 2 120 248 dolara ulaşmıştır.

İtalya'nın Calabria bölgesinden yayıldığına inanılan brokolinin ana vatanının, Akdeniz Bölgesi olduğu kabul edilmektedir (Şalk vd., 2008). Türkiye'de ticari olarak brokoli yetiştiriciliği bilimsel kaynaklara göre 1990'lı yılların başlangıcından itibaren amatör olarak yapılmaya başlamıştır. Türkiye'de 2004 yılından önce, brokoli üretimine ait istatistiksel bir veri bulunmamaktadır. Son yıllarda brokoli üretiminde önemli düzeylerde artışlar meydana gelmeye başlamıştır. Türkiye'de 2005 yılında 5.710 da alanda 8.500 ton olarak gerçekleşen brokoli üretimi, 2015 yılında 25.481 da alanda 46.353 ton değerine ulaşmıştır. Bu verilere göre Türkiye'de brokoli üretim alanları yaklaşık 10 kat ve üretim miktarı ise 6 kat artmıştır.

Tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinin en temel bileşeni olan sulama suyu tuzluluğu hem toprak hem de bitki için önem arz etmektedir. Sınırlı bir kaynak olan suya olan talep sürekli artmaktadır. Bu nedenle tarımsal üretimde kalitesiz denilen suların

kullanımı zorunlu hale gelmektedir. Ancak bu sözde kalitesiz suyun hem toprağın özelliği hem de bitkiler üzerinde farklı sonuçları vardır.

Çeşitli fiziko-kimyasal modifikasyonlar nedeniyle toprakta değişebilir sodyum oranındaki artış, killerin deflokülasyonuna ve suyun dolaşımını engelleyen gözeneklerin tıkanmasına neden olur. Bu nedenle toprak geçirimsiz ve dolayısıyla verimsiz hale gelir. Buna karşılık, sodik toprak, toprak yapısı sodyum içeriği tarafından koşullandırılan topraktır. Sodik toprakların başlıca türleri solonetz, solotchak ve soloth'tur (François, 2008).

Sodyum katyonları, mineral kolloidlerin dağılımını teşvik ederek yapının tahrip olmasına neden olma eğilimindedir. Genel olarak dispersiyon, adsorbe edilen Na^+ katyonlarının (ESP) miktarına bağlıdır; bunların artması dispersiyonu destekler ve katı faz ile temas halindeki tuzlu su çözeltisinin konsantrasyonu, artışı dispersiyonu sınırlar (Calvet, 2003).

Hidrolik iletkenlik, sulu tarımda temel fiziksel özelliklerden biridir ve bu özellik toprak çözeltisinin kimyasal koşullarına bağlıdır. Tuzlu topraklarda suyun sirkülasyonu esas olarak toprak dokusuna ve yapısına bağlı olup özellikle kurak mevsimlerde toprak doymun hale gelir gelmez zorlaşmakta, difüzyonla çok yavaş gerçekleşmektedir. Tuzlu toprakların geçirgenliğindeki azalma, kolloidlerin değiştirilebilir sodyum ile dağılmasının doğrudan bir sonucudur. Geçirgenlikteki azalma beraberindeki sodyum iyonunun bir fonksiyonudur ve şu yönde azalır: $\text{CO}_3^{-2} > \text{HCO}_3^{-2} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$ (Servant, 1971). Bu durum sodyumun sızmayı azalttığını, K^+ 'nın ise arttırdığını göstermektedir. Öte yandan, Ca^{2+} ile doymun topraklar, Na^+ ve K^+ ile doymun olanlardan daha iyi geçirgenliğe sahiptir. Richards'a (1954)'e göre, kil parçacıklarının şişmesi sistemdeki büyük gözeneklerin boyutunun küçülmesine ve killerin dağılmasına neden olarak, gözeneklerin ve topraktaki kanalların tıkanmasına neden olur veya azalmayı yönetir.

Tuzlar, bazlar (katyonlar) ve asitlerin (anyonlar) birleşiminden oluşur. Bu tuzlar arasında özellikle NaCl , Na_2SO_4 , NaHCO_3 , CaSO_4 , CaCl_2 , MgSO_4 , MgCl_2 bulunmaktadır. Aslında tüm bu iyonlar; sodyum (Na^+), kalsiyum (Ca^{2+}), magnezyum (Mg^{2+}), klor (Cl^-), sülfat (SO_4^-), karbonat (CO_3^-) ve bikarbonatlardır (HCO_3^-) ve tuzlanmaya etki ederler ve pratikte, bazıları birikebilmekle birlikte aşırı toprak tuzluluğuna da neden olabilirler.

Durand (1958)'e göre, tuzların hareketliliği çözünürlükleriyle bağlantılıdır. En hareketli olanlar en çözünür olanlardır ve hareketleri toprağı emen suya ve onun maruz kaldığı hareketlere bağlıdır.

Tuzluluk dünya tarımı için önemli bir sınırlayıcı faktördür (Hillel, 2000). Tuzluluğun etkisi genellikle mahsul bitkilerinin çoğunda büyüme ve gelişmede bir azalma ile kendini gösterir (Munns vd., 1983). Bu olumsuz etki, bitki büyümesini ve üretkenliğini olumsuz etkileyen morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişikliklerle sonuçlanır (Ashraf ve Harris, 2004).

Tuzlanmanın ilk sonucu, tuz içeriği arttığında toprak çözeltisinin osmotik potansiyelinin değişmesinden kaynaklanmaktadır. Song vd. (2005)'e göre, toprak çözeltisi ne kadar tuzlu olursa, osmotik basınç o kadar yüksek olur. Bitki köklerinin

toprak rezervinden su çekmesi zorlaşır. Bu durum bitki gelişiminde yavaşlamaya neden olmaktadır.

Fazla tuzdan kaynaklanan osmotik basınçtaki artış, bitkinin toprağa sağladığı enerjide artışa neden olarak solunumun artmasına ve bitki büyümesinin azalmasına neden olmaktadır (Sankaky, 1986). Osmotik konsantrasyonun değişimi, soğuk iklimin aksine sıcak iklimden olumsuz etkilenir.

Yüksek konsantrasyonlarda NaCl'nin absorpsiyonu, diğer iyonların, özellikle de K^+ 'nin absorpsiyonu ile rekabet yaratır ve bu da K^+ eksikliğine yol açar. NaCl'nin artan konsantrasyonu, birçok bitkide Na^+ ve Cl^- oranında bir artışa ve Ca^{2+} , K^+ ve Mg^{2+} oranında bir azalmaya neden olur (Khan, 2001; Haoula vd., 2007). Tuzluluk Na^+ , Ca^{2+} ve Cl^- 'in (*Vicia faba*) içeriğini artırır ve K^+/Na^+ oranını azaltır (Gadallah, 1999; Haouala vd., 2007).

Tuzluluğun besinsel etkileri, tuzun bitkiler üzerindeki iki temel etkisini içerir: Dokularda aşırı iyon birikimi birinci etki olarak kabul edilirken belirli iyonların fazlalığından kaynaklanan beslenme dengesizliği nedeniyle doğrudan toksisite ise ikinci etki olarak kabul edilmektedir. Bitkide Na^+ iyonlarının birikmesi, K^+ ve Ca^{2+} gibi temel katyonların emilimini sınırlar. Aynı apoplazmik bağlanma bölgeleri için Na^+ ve Ca^{2+} arasında bir rekabet olacaktır. Na^+ iyonlarının birikmesi K^+ 'nin emilimini etkiler ve bu ilk elementin konsantrasyonuna göre değişir, ancak düşük konsantrasyonda Na^+ 'nın varlığı K^+ 'nin emilimini artırabilir. Nitekim yüksek Na^+ konsantrasyonu pirinçte (Levitt, 1980, Haouala vd., 2007) ve şeker kamışında (Nimbalkar ve Joshi, 1975; Haouala vd., 2007) K^+ emilimini azalttığı bildirilmiştir. Bu emilim nedeniyle, sodyum klorür ((NaCl) 12 g/l) varlığında yetiştirilen fasulyede (Hamza, 1977; Haouala vd., 2007) ve zakkumda (Hajji, 1980; Haouala vd., 2007) bitki gelişiminin tamamen durduğu rapor edilmiştir.

Farklı olarak, toprak elementlerinin birbirleri ile olan ilişkisi ve bileşimlerine bağlı olarak belirli iyonlardaki eksiklikler (N, P, Mo, Cu, Zn, Fe, B) veya toksisite bitkilerin gelişimi üzerinde önemli sonuçlar doğurabilir.

Bazı minerallerin (Al, Na, Cl) fazla olması bitkilerde toksik etkilere neden olabilir (Teulat vd., 1997). Toprak çözeltilisindeki (Cl^-) iyonlarının aşırı konsantrasyonları, yaprak ucunun kavrulmasına ve erken yaprak sararmasına neden olabilir. Bununla birlikte, normalde en uç yapraklarda görülen klorozların neden olduğu semptomların aksine tipik sodyum Na^{2+} iyonu toksisitelerinin semptomları yaprakların dış kenarlarında yaprak yanması, kuruma ve doku ölümü olarak görülmektedir (Maillard, 2001).

Chinnusamy vd. (2004)'e göre, toksik Na^+ ve Cl^- iyonlarının birikmesi bitkinin lipid ve protein yapılarına zarar vererek metabolizmasını bozar, dolayısıyla da büyümesini etkiler. Bu iyonların varlığı esas olarak fotosentetik dokularda hücrel enzimatik aktiviteyi bozar (Hasegawa vd., 2000). Chinnusamy vd. (2004) iyonik toksisitelerin proteinlerin aktif bölgelerinde K^+ 'nin Na^+ ile yer değiştirmesinin sonucu olabileceğini ve ayrıca protein ve enzim yapılarında bir değişikliği indüklediğini söylemektedirler. Snoussi ve Halitim (1998)'e göre, bazı tuzlar aşırı konsantrasyonda veya anormal oranda bulunurlarsa bitkilerdeki besin dengesini etkileyebilirler. Sodyum, klor ve bor iyonlarının aşırı mevcudiyetinde bitki büyümesi için gerekli olan demir, fosfat, çinko ve manganez iyonlarının emilimini üzerinde dolaylı bir etkiye sahip olan

toprak pH'ında artış olabilir (Maillard, 2001). Ortamdaki çok yüksek tuz konsantrasyonları, bitkilerin mineral beslenmesinde bir değişikliğe neden olur (Levigneron vd., 1995; Haouala vd., 2007).

Haouala vd. (2007)'ye göre bitkide Na^+ iyonlarının birikmesi, K^+ ve Ca^{2+} gibi temel katyonların emilimini sınırlar. Aynı apoplazmik bağlanma bölgeleri için Na^+ ve Ca^{2+} arasında bir rekabet neden olmaktadır. Bu durum bitkideki Na^+ konsantrasyonundaki artışa sebep olurken buna Mg, K, N, P ve Ca konsantrasyonunda bir azalma eşlik eder. Bu beslenme dengesizliğinde K^+ , Ca^{2+} veya NO_3^- gibi temel iyonlar sınırlayıcı hale geldiğinden bu tuzların varlığı büyümedeki azalmaların olası bir nedeni olarak kabul edilmektedir.

Hayward (1958)'e göre Na^+ Cl^- iyonları, belirli konsantrasyonlarında hücre ölümüne neden olan ve toksisiteden sorumlu olan iyonlardır. Bu durum tuzlara karşı direnç gösteren spesifik türlerde bitkinin yaprakları yıkıma uğramadan önce yüksek klorit konsantrasyonlarına dayanma yeteneği, regülasyon ve bu iyonların absorpsiyon kabiliyeti ile bağlantılıdır.

Çimlenme, genotipik özellikler yanında çevresel koşullar ve özellikle topraktaki suyun mevcudiyeti tarafından düzenlenir (Sharma, 1973; Gutterman, 1994). Maillard (2001) ve Abdelly (2006)'ya göre çoğu bitki çimlenme ve ortaya çıkma dönemlerinde sorunun kaynağı olan ozmotik veya toksiklerin zararlı etkisinden dolayı tuzluluğa daha duyarlıdırlar.

Tuzluluk fasulye, pamuk ve *Atriplex* sp. yapraklarında epidermal kalınlık, mezofilik kalınlık, palizat hücrelerinin uzunluğu ve palizat hücre çaplarında artışa neden olurken ayrıca yapraklardaki hücreler arası boşluğu da azalmaya neden olmuştur (Parida ve Das, 2005).

Alem vd. (2002)'ye göre tuzluluk, yaprağın fizyolojik aktivitesini ve daha özel olarak da fotosentezi etkileyerek bitki verimliliğindeki azalmanın ana nedenini oluşturur.

Munns (2008)'e göre, fotosentezdeki azalma potansiyel yaprak suyunun azalması ile ilişkili olup bu da stoma kapanmasının kökenidir (Price ve Hendry, 1991; Allen, 1995).

Hu vd. (2005)'e göre tuzluluk bitkinin üreme organlarının büyüme hızını azaltır.

Munns vd. (1999), tuzluluk etkisi altında tüm verim parametrelerinin bir azalmaya uğradığını ve tuzluluk ne kadar yüksekse verimin o kadar düşük olduğunu göstermiştir. Arpa, başak oluşması veya başak farklılaşması sırasında tuz stresine maruz kaldığında dane sayısı kadar başakçık sayısı da azalmaktadır. Bu nedenle tuzluluğun bitkilerin dane doldurma aşamalarında zararlı bir etkisi olduğu da görülmektedir

Tuzluluk toleransı, bitkilerin yüksek konsantrasyonda çözünür tuz içeren bir substrat üzerinde büyüme ve yaşam döngülerini tamamlama yeteneğidir. Rizosferde yüksek tuz konsantrasyonlarında hayatta kalabilen ve normal şekilde büyüeyebilen bitkilere halofit denilir. Bitkilerin tuzluluğa toleransının fizyolojik karakterizasyonu, bitkinin düşük su potansiyeline sahip substratlardan su ve mineral tuzları emmesine ve aynı zamanda yapraklarında önemli miktarda sodyum varlığını kabul ederek bitkinin

yaşamaları veya ömrünü sürdürmesini sağlayan işlemlerden kaynaklanır. Halofitlerde en fazla sodyum birikimi görülmektedir (Guerrier vd., 1984) ve bunlar da organik bileşiklerin oluşumu için yüksek bir kapasite göstermeleri ile ayırt edilir (Mercado vd., 1984).

Brokolinin anavatanının Akdeniz Bölgesi olduğu kabul edilmektedir. Yeşil renkli olgunlaşmamış çiçek taslakları oluşturan çeşitlerine Calabrese adı verilmektedir. Calabrese sözcüğü İtalya'da bir bölgenin adı olup (Calabria) birçok araştırmacı buna istinaden, brokolinin anavatanının İtalya olduğunu belirtmektedir. Brokoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), Brassicaceae (Cruciferae) familyasının bir üyesidir (Vural, 2000). Karnabahar, Brassicaceae familyasına ait ve Akdeniz ülkelerinde yaygın olarak bulunan önemli bir sebzedir. Karnabahar bitkisinin anavatanına Güney Avrupa olduğu söylenmektedir. Türkiye'de karnabaharın varlığından MÖ 600 yıllarından itibaren bahsedilmektedir (Güvenç, 2016). Karnabahar (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), izotiyosiyanat oranına sahiptir. Flavonoidleri, glukozinolatları ve ilgili bileşenleri nedeniyle önemli bir turpgiller bitkisidir (Koike vd., 2007; Shahbaz vd., 2012). Brokoli, yüksek protein içeriği, A ve C vitaminleri açısından önemli bir besin değerine sahiptir. Özellikle yenilebilir yeşil filizlerin taze 100 gr ağırlığında 118 mg C vitamini bulunmaktadır (Anonim, 2011).

Karnabahar bitkisi için ortalama kuru madde içeriği %7–%10'dur. Karnabaharın 100 gramının %90–93'si su, %2.2'ü protein, %0.3'ü yağ ve %4'ü karbonhidrattan oluşmaktadır. İçeriğinde 60 IU vitamin A, 0.11 mg 100g⁻¹ B1, 0.10 mg 100g⁻¹ B2, 0.7 mg 100g⁻¹ Niacin ve 78 mg 100g⁻¹ vitamin C bulunmaktadır. Aynı zamanda mineral madde olarak 25 mg 100g⁻¹ Ca, 0.9–1.1 mg g⁻¹ Fe, 18 mg 100g⁻¹ Mg, 56 mg 100g⁻¹ P, 295 mg 100g⁻¹ K ve 13 mg 100g⁻¹ Na bulunmaktadır (Civelek, 2017).

Brokoli bitkisi için ortalama kuru madde içeriği %10.3'tür. Brokolinin 100 gramının %89.7'si su, % 3.3'ü protein, % 0.2'si yağ ve % 4.4–5.2 arasında değişen miktarı karbonhidrattır. İçeriğinde 1542–2500 IU vitamin A, 0.07–0.1 mg 100g⁻¹ B1, 0.12– 0.23 mg 100g⁻¹ B2, 0.64–0.9 mg 100g⁻¹ Niacin ve 93.4–114 mg 100g⁻¹ vitamin C bulunmaktadır. Aynı zamanda mineral madde olarak 48–105 mg 100g⁻¹ Ca, 0.9–1.3 mg g⁻¹ Fe, 24 mg 100g⁻¹ Mg, 66–82 mg 100g⁻¹ P, 325–464 mg 100g⁻¹ K ve 27 mg 100g⁻¹ Na bulunmaktadır (Vural vd., 2000).

Özkan (2019), farklı tuzluluklardaki sulama suyunun karnabahar (*Brassica oleracea*) bitkisinin büyüme ve verim parametreleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak sera koşullarında altı farklı sulama suyu tuzluluğunda (T₀= 0.38, T₁= 1.5, T₂= 4.5, T₃= 7.0, T₄= 10.0, T₅= 15.0 dS/m) dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme sonucunda sulama suyu tuzluluğundaki artış; toprak pH değeri, bitki boyu, taze gövde ağırlığı, taze taç ağırlığı, gövde çapı ve yüksekliği, taç çapı ve yüksekliği, klorofil içeriği ve bitki su tüketiminde azalmaya neden olmuştur. Ancak toprak tuzluluğunda, drenaj suyu tuzluluğunda ve toprak sodyum içeriğinde artış gözlenmiştir. Araştırmada en yüksek verim T₀'dan (0.38 ds/m) elde edilmiştir. En düşük verim, 15.0 dS/ m lik bir sulama suyu tuzluluğu ile T₅ muamelesinden elde edilmiştir. Karnabaharda tuzluluk stresi için verim tepki faktörü değeri (K_v) 1.54 olarak bulunmuş, tuzluluk eşik değeri ise 1.62 dS/m olarak hesaplanmıştır. Birim toprak tuzluluğundaki artışa göre verimde %8.4'e varan azalma olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre karnabahar bitkisinin tuzluluğa orta

derecede duyarlı olduğu belirlenmiştir. Araştırmacı karnabahar bitkisine tuzlu koşullarda sulama yapılması durumunda, daha iyi verim elde etmek için ilave yıkama suyu verilmesi ve uygun drenaj koşullarının sağlanmasını önermiştir.

Batool vd. (2013), fide dönemindeki karnabahar bitkisinde büyüme, temel fizikokimyasal ve biyokimyasal parametreler, enzim aktiviteleri ve enzimatik olmayan antioksidanların seviyelerindeki tuz kaynaklı değişiklerini inceledikleri bir çalışmada, iki farklı çeşitte (FD1 ve FD2) ve 4 farklı tuz seviyesi (Kontrol grubunda 0 mM, 50, 100 ve 150 mM NaCl) uygulamışlardır. Söz konusu araştırmada artan NaCl seviyesinde sürgün ve kök kuru ağırlıkları, bağıl su içerikleri, yaprak ve kökteki potasyum (K⁺) iyon içeriği, toplam çözüner proteinler, toplam fenolik bileşikler, malondialdehit (MDA) seviyeleri ve kökteki sodyum, potasyum ve kalsiyum seviyelerinin önemli ölçüde düştüğu belirlenmiştir. Tuzluluk düzeyinin artması iki fide çeşitinin de klorofil içeriğini ise önemli ölçüde etkilememiştir. Tuzluluk oranın yükselmesiyle FD1 bitkisine kıyasla FD2'nin nispeten daha iyi büyüme performansı göstermiştir. Araştırmacılar bu durumun artan RWC'nin yanı sıra yüksek prolin, kökteki kalsiyum iyonları, toplam fenolik bileşikler ve düşük MDA seviyesi ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Jamil vd. (2005), Barissica türlerinin farklı sulama suyu ve tuzluluk seviyelerinde çimlenme ve fide büyümesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada dört farklı tuz seviyesi (0, 4.7, 9.4 ve 14.1 dS/m) kullanılırken Barissica'nın üç farklı türü (karnabahar, lahana ve kanola) incelenmiştir. Tuzluluğun 14.1 dS/m'ye çıkarılması, her üç türde de çimlenme yüzdesinde önemli bir düşüşe neden olurken karnabaharda bu düşüşün daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Her üç bitki için de çimlenme için gereken süre uzamıştır. En yüksek tuzlulukta tüm türlerde kök ve sürgün uzunluğu, sürgün büyümesi, sürgün ve taze kök ağırlığı, yaprak alanı ve yaprak sayısı önemli ölçüde azalmıştır.

Lopez-Berenguevd (2009), brokoli bitkisinde iki farklı NaCl konsantrasyonunun (40 ve 80 mM) glukozinolatlar, fenolikler, askorbik asit ve dehidroaskorbik asit (C vitamini) içeriğine ve bitki mineral kompozisyonuna olan etkisini incelemişlerdir. Araştırmada ayrıca bitki organına ve tuz stresi yoğunluğuna bağlı olarak çeşitli biyoaktif bileşikler için kalitatif farklılıkları gözlemlenmiştir. Tuzlu su muamelelerini takiben çiçeklerde en önemli artış Glukozinolat içeriğinde görülürken fenolik bileşikler de artmış, C vitamini içeriğinde ise herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Çiçek salkımlarının yenilebilir kısımlarının mineral bileşimi, insan tüketimi için önerilen değerler aralığında kalmıştır. Genel olarak, yenilebilir brokoli çiçeklerinin besin kalitesinin, orta düzeyde tuz stresi altında iyileştiği tespit edilmiştir.

Giuffrida vd. (2013), NaCl'nin brokoli ve karnabaharın büyümesi ve fizyolojik tepkisi üzerinde etkilerini incelemiştir. Bir kontrol besin çözültisi ve farklı konsantrasyonlarda NaCl (20 veya 40 mM/L) içeren iki tuzlu su seviyesinin sera koşulları altında test edildiği bu çalışmada besin çözültisindeki NaCl konsantrasyonunun arttırılması, brokoli ve karnabahar bitkilerinin kuru kütlelerinde azalmaya neden olmuştur (sırasıyla 238.7'den 214.9 g/bitki ve 229.0'dan 204.4 g/bitki). Brokolide artan NaCl konsantrasyonu ile toplam yaprak su potansiyeli önemli ölçüde azalmıştır. Brokoli bitkilerinin tuz stresi altındayken turgor basıncını korumak için osmotik potansiyeli düşürdüğu görülmüş, NaCl tuzluluğuna maruz kalmanın bitki dokularında Na⁺ ve Cl⁻ konsantrasyonlarında bir artış meydana getirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca yaşlı

yaprakların, genç yaprakları ve üreme organlarının bütünlüğünü korumak için en yüksek Na^+ ve Cl^- konsantrasyonlarına sahip olduğu görülmüştür. Araştırmacılar tuz stresi altındayken brokolinin köklerinde meydana gelen Cl^- birikimi, şiddetli tuzluluk koşullarında karnabahara kıyasla tuzluluk toleransını iyileştirebileceğini belirtirken bunun brokolinin tuzluluğa karşı bir savunma mekanizması olduğunu bildirmişlerdir. Dolayısıyla karnabaharın brokoli ile karşılaştırıldığında tuzluluğa daha duyarlı olduğu sonucuna varılmaktadır.

Zhu vd. (2011), Çin'de NaCl tuzunun dört farklı karnabahar türüne etkilerini inceledikleri bir çalışmada yedi (0, 34, 68, 102, 136, 170 ve 204 mM) farklı sulama suyu tuzluluk seviyesi denemişlerdir. Çalışma sonucunda farklı tuzluluğa maruz kalan bitkilerin çimlenme yüzdesi, canlılık indeksi, kök uzunluğu, fide yüksekliği, kök aktiviteleri önemli düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir. Dört türde de çimlenme yüzdesi ve canlılık indeksi, 34 mM NaCl hariç tutulursa 204 mM NaCl'ye kadar artan tuzluluk düzeylerinde önemli derecede azalmıştır. Fide büyümesi bütün tuzluluk derecelerinde önemli düzeyde etkilenmiştir. Özellikle 136 mM ve 170 mM NaCl'de tüm türlerin fide yüksekliği ve kök uzunluğu önemli ölçüde azalmıştır. Bu türlerin klorofil içeriği 102 mM NaCl tuzluluk düzeyine kadar artmış, 136 ve 170 Mm NaCl'de düştüğü görülmüştür.

Uzaktan algılama tekniği bitkiye dayalı izleme tekniklerinden biridir. Bu teknik, objelerle herhangi bir fiziksel temas kurmadan onlar hakkında bilgi edinme tekniğidir (Çamoğlu vd., 2013). Günümüzde bu teknik ile bitkilerin su tüketimlerinin ve bitkilerde farklı nedenlerle meydana gelen stresin izlenmesi konularına öncelik gösterilmektedir.

Bitki sıcaklığı; havanın sıcaklığı, bağıl nemi, rüzgâr hızı, radyasyon gibi çevresel değişkenlere duyarlıdır. Bu değişkenlerin etkilerini en aza indirmek için farklı çalışmalar yapılmıştır. Fizyolojik özelliklerin doğru bir şekilde tahmin edilmesi bitki stres durumlarının izlenmesine olanak sağlar (Jackson, 1982; Jones vd., 2002).

Bitki taç örtüsü sıcaklığı uzun zamandır bitki stresinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu parametrenin bitkilerdeki kuraklık veya tuz stresini belirlemek için kullanılması, strese maruz kalan bitkilerde stomal kapanmanın bir sonucu olarak terlemenin azalması ve bu nedenle bitki sıcaklığının artması gerçeğine dayanmaktadır. Yaprak sıcaklığı ticari olarak temin edilebilen termometreler ile gerçek zamanlı ölçülebilir. Ancak bu ölçümler oldukça yüksek bir uzaysal değişkenliğe sahip olup genellikle bitkinin gerçek su durumunu temsil etmez. Bitkinin tamamı ya da bir alan söz konusu olduğunda kızılötesi termal görüntüleme, belirli bir zamanda sıcaklığın bitki örtüsü veya tarla düzeyindeki dağılımını haritalamak için hızlı ve tahribatsız bir algılama tekniğini temsil etmektedir (Ghazouani vd., 2017). Termal kamera, elektromanyetik spektrumun kızılötesi dalga boyunda, obje ile doğrudan temas gerçekleştirilmeksizin sıcaklık modellerini algılayan bir cihazdır. Görüntüleme yöntemi olarak gözle görülmeyen infrared (IR) enerjiyi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını IR enerjiye göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlendiği görüntüleme sistemidir (Çalışan vd., 2011).

Bitkilerdeki stres, yaprak su potansiyeli, yaprak su içeriği, stoma iletkenliği, klorofil içeriği ve fotosentez oranı gibi birçok özellik ile belirlenebilmektedir (Penuelas vd., 1993). Ancak, söz konusu parametrelerin genellikle bireysel yapraklar üzerinde ölçülmesi nedeniyle elde edilen veriler noktasal olmakta ve tüm alan hakkında bilgi

vermemektedir. Bu ölçümlerin çok sayıda yaprak üzerinde yapılması oldukça fazla işgücü gerektirdiği gibi bitkilerde zararlara da yol açmaktadır (Meyer vd., 1985). Bu teknikler yerine uzaktan algılama yöntemleriyle stres faktörlerinin bitkiye zarar vermeden hızlı ve az işgücüyle belirlenmesi, günümüzde araştırmalara konu olmaktadır (Çamoğlu vd., 2013). Bitki yapraklarında kızılötesi absorpsiyonun birincil kaynağı su olduğundan, yaprak sıcaklığı ile su içerikleri arasında korelasyon bulunmaktadır. Bitki sıcaklıklarının ölçülmesinde, günümüze kadar ölçüm tekniğinin basit ve ekonomik olması nedeniyle kızılötesi termometreler daha yaygın olarak kullanılmıştır. Günümüzde başta su ve tuzluluk gibi yaygın olarak görülen abiyotik stres faktörlerinin belirlenmesinde yüksek çözünürlüklü termal kameraların kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Görüntü alanı içerisine giren tüm objelerin sıcaklıklarının piksel düzeyinde ayrıntılı bir şekilde belirleniyor olması nedeniyle termal görüntülerin kullanımı infrared termometreye göre daha avantajlıdır (Çamoğlu vd., 2013). Bu tarz teknolojiler kullanılarak elde edilen bulguların günümüzde hala geleneksel yöntemlerle desteklenme zorunluluğu, konu ile ilgili yapılan çalışmaların artırılması sonucunu ortaya çıkartmaktadır.

Esmaceli vd. (2017), buğday bitkisinde (*Triticum aestivum* L.) tuz toleransını belirlemek amacıyla termografi yönteminin etkinliğini araştırmışlardır. Araştırmada elektriksel iletkenliği 1.0 dS m^{-1} (kontrol konusu) ve $16. \text{ dS m}^{-1}$ olmak üzere iki farklı sulama suyu tuzluluk seviyesi denenmiştir. Araştırma sonuçları termografi yönteminin tuz stresi altındaki buğday bitkilerinin fizyolojik durumunu doğru bir şekilde yansıtıldığını göstermiştir. Araştırmacılar tuz stresine bağlı yaprak sıcaklıkları arasındaki farkın 1.34°C 'ye kadar ulaştığını bildirmişlerdir.

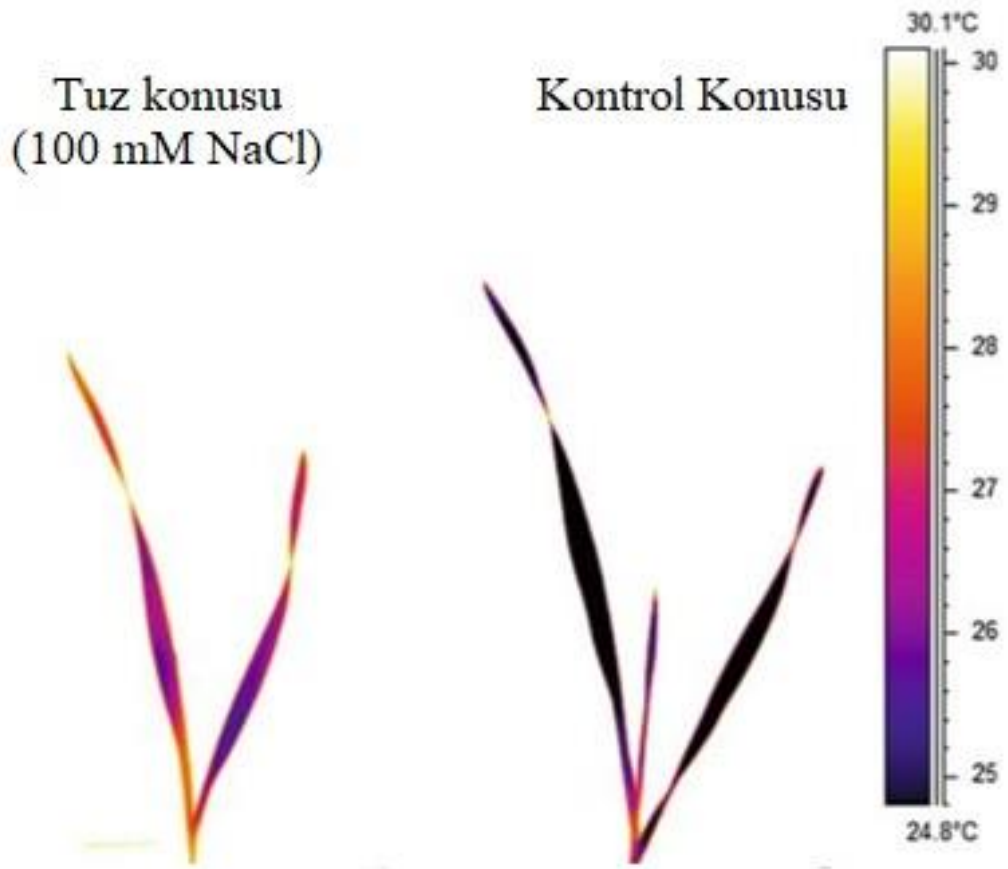
Sirault vd. (2009), buğday ve arpada tuzluluğun neden olduğu osmotik stresi belirlemek amacıyla termal kamera kullanmışlardır. Araştırmacılar tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak arpanın yaprak sıcaklığı ile stoma iletkenliği değerleri arasında doğrusal güçlü bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca 200 mM NaCl ve 0 mM NaCl 'de yetiştirilen arpa arasındaki yaprak sıcaklık farklarının 1.6 C° 'ye kadar ulaştığını ifade etmişlerdir. Bu, termal kameraların arpa fidelerinin tuz stresli fizyolojik durumunu doğru bir şekilde yansıttığını göstermektedir.

Hackl vd. (2012), farklı stres koşullarında (kontrol, kuraklık, tuz ve tuz ve kuraklığın birleşimi) yüksek çözünürlüklü termografi ve kızılötesi (IR) termometrenin kullanım potansiyelini araştırmışlardır. Farklı muameleler ve çeşitler arasındaki IR termografisi için sırasıyla $1-9$ ve $0-2 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında değişen farklılıklar meydana gelmiştir. Bitki su stresinin bir göstergesi olan kanopi sıcaklığı kolaylıkla termografi ve IR termometre ile ölçülmüştür. Araştırmacılar termografi ve IR termometri kullanılarak belirledikleri taç sıcaklığı ve yaprak su potansiyeli arasında anlamlı ve kuvvetli ilişkiler saptamışlardır. Ayrıca termal görüntüleri analiz etmek için doğru ve otomatik yöntemlerin geliştirilmesiyle yüksek verimli sıcaklık ölçümleri, bitki su stresinin tanınmasını hızlandıracak ve yetiştiricilerin kuraklık veya tuz stresine daha toleranslı genotipleri tanımlamasına yardımcı olacağı ifade etmişlerdir.

Ghazouani vd. (2017) Tunus'ta patates yetiştiriciliğinde su ve tuz stresini değerlendirmek için termal görüntü ve simülasyon modelleri üzerine araştırma yürütmüşlerdir. Termal görüntü analizinin incelenmesi üzerine, bitki su stres indeksinin (CWSI) toprağın matris potansiyeli ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle araştırmacılar kızılötesi termografinin, patates mahsullerinin sulama planlaması

için güçlü bir araç olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ek olarak, model simülasyonları tarafından tahmin edilen maksimum evapotranspirasyonun azalma oranı, termal görüntülerle elde edilen CWSI ile oldukça iyi bir şekilde ilişkilendirilmiştir. Böylece modelin, su ve tuz stresinin evapotranspirasyon üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve su kullanım verimliliğini optimize etmek için sulama programlamasında kullanımına imkân vermiştir.

James vd. (2012) tuzluluğun buğday bitkisine olan etkisini araştırmak amacıyla stoma iletkenliği ile termografi yöntemini kullanmışlardır. Araştırmada tuzluluk kaynaklı osmotik stresin, bitki gelişimin olumsuz olarak etkilemesinin yanında bitki yüzey sıcaklığının da etkilediği saptanmıştır. Şekil 2.1’de tuzlu sulama suyu uygulamasının ikinci hafta sonundaki buğday fidelerinin bitki organlarındaki sıcaklık değişimine olan etkisi gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Tuzluğun iki hafta sonunda buğday fidesinin bitki organlarındaki sıcaklığına olan etkisinin termal kamera ile belirlenmesi (James vd., 2012)

Şekil 2.1’den buğday fidesinin NaCl uygulamasından etkilendiği ve kontrol konusuna kıyasla gelişiminin olumsuz etkilendiği anlaşılmaktadır. Ayrıca osmotik stres nedeniyle NaCl uygulanan fidenin bitki organlarının yüzey sıcaklığının kontrol konusuna kıyasla bazı bölgelerde yaklaşık 5 C°’ye kadar çıktığı görülmektedir. Araştırmacılar osmotik stres koşullarında bitki büyümesini kontrol eden faktörlerin aynı zamanda stoma iletkenliğini de düzenlemesi muhtemel olduğunu ve yaprak sıcaklık farklılıkları ve stoma iletkenliği arasında ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri, iklim ve toprak özellikleri

Bu çalışma, farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin brokoli ve karnabahar bitkileri üzerindeki etkilerini termal kamera ile belirlemek amacıyla Eylül 2021- Aralık 2021 tarihleri arasında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisi'nde kısmen kontrollü şartlarda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Deneme alanı

Araştırma alanında Akdeniz iklimi hüküm sürmekte olup yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 18.6 °C olup, en soğuk ay Ocak (9.9 °C) ve en sıcak ay ise Temmuz (28.4 °C) ayıdır. Uzun yıllık ortalama bağıl nem, toplam yağış ve buharlaşma miktarları sırasıyla %63.2, 1066.9 mm ve 1826.3 mm'dir (MGM, 2021). Deneme başlangıcında saksılardan toprak örnekleri alınmış olup Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Laboratuvarında toprak analizleri yapılmıştır. Bünyesi kumlu tın olan deneme toprağının tarla kapasitesi (TK) değeri %23.89, solma noktası (SN) %9.37, hacim ağırlığı (HA) 1.40 gr/cm³, elektriksel iletkenlik değeri (EC_e) 0.69 dS/m ve pH_e 8.01'dir (Çizelge 3.1).

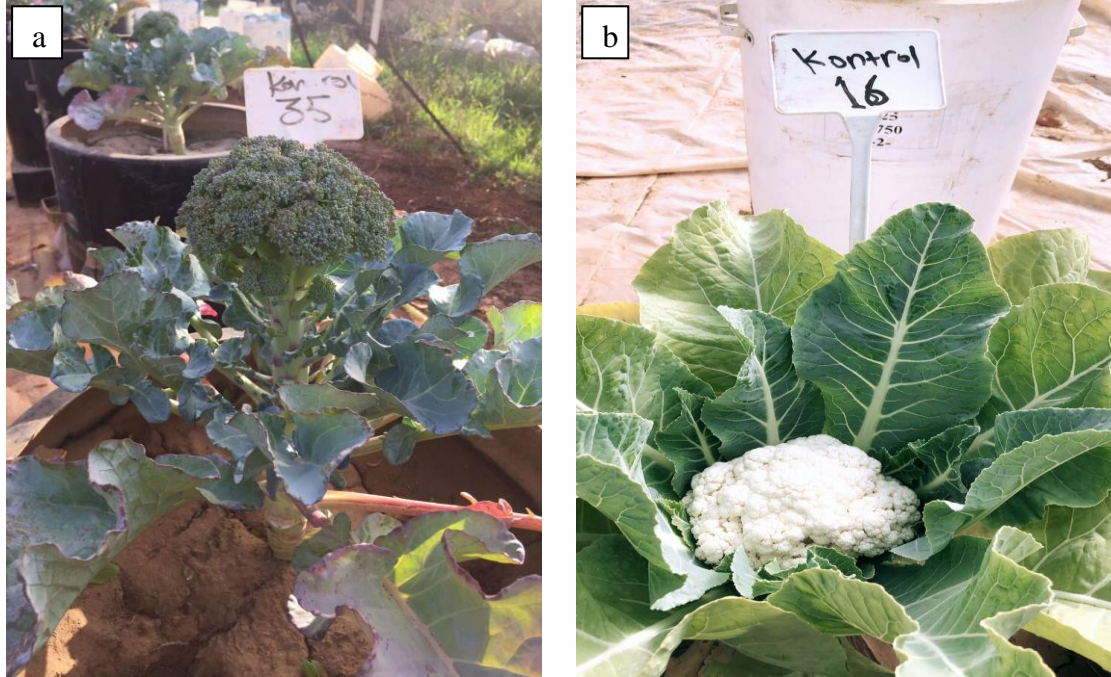
Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak tanecik dağılımı	
Kum (%)	57.28
Silt (%)	25.91
Kil (%)	16.82
TK (%)	23.89
SN (%)	9.37
HA (g/cm ³)	1.40
EC _e (dS/m)	0.69
pH _e	8.01

3.1.2. Bitkisel materyal

Serin iklim sebzeler sınıfının Brassicaceae familyasına ait olan karnabahar ve brokolinin üretimi son yıllarda önemli bir artış göstermektedir. Karnabahar ve brokolinin anavatanının Akdeniz Bölgesi olduğu kabul edilmektedir. Brokoli morfolojik olarak karnabahara benzemektedir. Brokoliyi sebze olarak değerlendirilen kısımları, renkli ve olgunlaşmış çiçek taslakları ile kalın ve etli çiçek sapları oluşturmaktadır. Ayrıca karnabahardan farklı olarak, brokoli de kalın etli çiçek sapları da yenme değerine sahiptir. Olgunlaşmamış çiçek taslaklarını oluşturan kısımlar, büyüme ucunda oluşan ana baş dediğimiz taç ve daha sonra yaprak koltuklarından çıkan yan sürgünlerden oluşan küçük başlardan meydana gelmektedir.

Araştırma da bitkisel materyal olarak kullanılan karnabahar ve brokoli için Antalya’da yaygın üretimi yapılan, sonbahar, ilkbahar yetiştiriciliğe uygun Casper F1, Parthenon F1 çeşitleri tercih edilmiştir. Casper F1 (karnabahar) ve Parthenon F1 (brokoli) ortalama 90-110 günde hasat olgunluğuna gelen ve yüksek adaptasyon kabiliyeti gösteren çeşitlerdir (Şekil 3.2). Bu fidelerin toprak yüzeyine yakın bölgelerde bol miktarda saçak kök bulunmaktadır.



Şekil 3.2. Denemede bitkisel materyal olarak kullanılan brokoli (a) ve karnabahar (b) bitkilerinden bir görünüm

3.1.3. Deneme de kullanılan cihazlar

Denemede bitki boyları ölçümü cep metresi ile yapılmıştır. Klorofil içeriği indeksi (CCI) ölçümleri için CCM-2000 plus klorofilmetre cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.3). Söz konusu cihaz 1 cm²'lik bir alandan bitkilerin 635 nm (kırmızı) ve 931 nm (yakın kızılötesi) dalga boylarındaki enerjiyi ne kadar absorbe ettiğini ölçmek suretiyle klorofil içeriğini belirlemektedir. Yakın kızılötesi banttaki soğurma yaprak kalınlığını ölçmek ve hesaba katmak için kullanılmaktadır. Bu da CCI indeksi değerinin hassasiyetini arttırmaktadır (Anonim, 1). Stoma iletkenliği ölçümleri DECAGON-SC01 model yaprak

porometresi ile yapılmıştır (Şekil 3.3). Porometre, yaprağın stoma iletkenliğini sensörün başlığında bulunan bilinen iki iletkenlik elemanı ile seri halde ölçmektedir. Sensör başlığındaki iletkenlik elemanları arasındaki nem farkı ölçülerek su buharı akışı belirlenir. Yaprığın iletkenliği bu değişkenler yardımıyla $\text{mmol/m}^2\text{s}$ olarak hesaplanmaktadır (Anonim, 2).



Şekil 3.3. Denemede kullanılan porometre (a) ve klorofilmetre (b) cihazları

Çalışmada uygulamaların bitki üzerindeki termal değişimini belirlemek için TESTO Marka 882 Model termal kamera kullanılmıştır (Şekil 3.4). Kamera 8000-14000 nm spektral aralıkta ölçüm yapma kapasitesindedir. Görüş alanı $32^\circ\text{C} \times 23^\circ\text{C}$, minimum odaklanma mesafesi 0.2 m'dir. Cihazın ölçüm yaptığı sıcaklık aralığı $-20\dots+100^\circ\text{C}$ / $0\dots+350^\circ\text{C}$ arasında değişim göstermekle birlikte, maksimum sıcaklık $+550^\circ\text{C}$ 'ye kadar çıkartılabilir. Termal duyarlılık $< 50 \text{ mK}$ olup 0.05°C 'lik sıcaklık çözünürlüğü sayesinde çok küçük sıcaklık farklılıkları bile tespit edebilecek hassasiyettedir (Anonim, 3).



Şekil 3.4. Denemede kullanılan termal kamera

3.2. Metot

3.2.1. Arazi işlemleri ve denemenin kurulması

Deneme karnabahar ve brokoli bitkilerinde faktöriyel düzende tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Araştırma da CaCl_2 (T_1), MgCl_2 (T_2), NaCl (T_3), ve Na_2SO_4 (T_4) olmak üzere 4 farklı tuz kaynağı, 3.0 (C_1), 6.0 (C_2), 9.0 dS/m'lik (C_3) 3 farklı tuzluluk düzeyi ve hiçbir tuzun karıştırılmadığı 0.6 dS/m'lik kontrol konusu (C_0) kullanılmıştır. Araştırmada; sulama suyunda istenilen elektriksel iletkenliğe (EC_i) karşılık gelen her bir tuz türü için ihtiyaç duyulan miktar belirlenmiştir. Tuz miktarı hesapla bulunduktan sonra, hazırlanan tuzlu suların elektriksel iletkenlik değerleri laboratuarda kontrol edilmiştir. Her iki bitki için de ((4 farklı tuzluluk kaynağı \times 3 farklı tuzluluk düzeyi \times 3 tekerrür) + 3 adet kontrol) 39'ar adet olmak üzere toplam 78 adet saksı kullanılmıştır (Çizelge 3.2). Saksılar, 70 cm yüksekliğinde, 40 cm çapındadır. Literatürde brokoli ve karnabahar bitkilerinin etkili kök derinlikleri sırasıyla yaklaşık 30 cm (Altun, 2017) ve 40 cm (Öztekın ve Cömert, 2013) olduğu ifade edilmiştir. Bu doğrultuda denemede kullanılan saksılar bitkilerin kök gelişimlerini sınırlamayacak boyutlara sahiptir. Saksı altlarında su çıkışına imkân sağlayacak şekilde delikler bulunmaktadır.

Çizelge 3.2. Deneme deseni

Brokoli		
T_1C_1	T_1C_2	T_2C_3
T_2C_3	T_2C_1	T_2C_2
T_1C_3	$T_0C_0^*$	T_3C_2
T_2C_1	T_1C_1	T_3C_3
T_3C_1	T_4C_3	T_4C_1
T_1C_2	T_1C_3	T_1C_2
T_4C_1	T_4C_2	T_4C_3
T_3C_2	T_4C_1	$T_0C_0^*$
T_2C_2	T_3C_3	T_2C_1
T_4C_2	T_3C_1	T_4C_2
T_4C_3	T_3C_2	T_1C_1
T_3C_3	T_2C_3	T_3C_1
$T_0C_0^*$	T_2C_2	T_1C_3
Karnabahar		
T_1C_1	T_1C_2	T_2C_3
T_2C_3	T_2C_1	T_2C_2
T_1C_3	$T_0C_0^*$	T_3C_2
T_2C_1	T_1C_1	T_3C_3
T_3C_1	T_4C_3	T_4C_1
T_1C_2	T_1C_3	T_1C_2
T_4C_1	T_4C_2	T_4C_3
T_3C_2	T_4C_1	$T_0C_0^*$
T_2C_2	T_3C_3	T_2C_1
T_4C_2	T_3C_1	T_4C_2
T_4C_3	T_3C_2	T_1C_1
T_3C_3	T_2C_3	T_3C_1
$T_0C_0^*$	T_2C_2	T_1C_3

* T_0C_0 konusu hiçbir tuzun karıştırılmadığı, şebeke suyudur.

Farklı tuzlar (T), T_1 , T_2 , T_3 , T_4 sırasıyla CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl ve Na_2SO_4 ; konsantrasyonlar (C), C_1 , C_2 , C_3 sırasıyla 3.0 dS/m, 6.0 dS/m, 9.0 dS/m

Saksıdan drene olan sular saksı altlarında yeterli büyüklükteki altlıklarda toplanmıştır. Deneme başında her bir saksının ağırlıkça tarla kapasiteleri belirlenmiştir. Saksıların tarla kapasitelerini belirlemek için öncelikle tüm saksılar altından su çıkışı olana kadar tamamen su ile doyurulmuş, sonra toprak yüzeyinden evaporasyonu engellemek için saksıların üst kısmı kapatılmıştır. Yaklaşık 24 saat beklendikten sonra (saksı altlarından drene olan sular bitene kadar) saksılar tartılarak her bir saksının tarla kapasitesi (TK) değerleri belirlenmiştir (Kurunç vd, 2020) (Şekil 3.5). Solma noktası ise toprağın laboratuvar koşullarında basınç tablasında 15 atmosfer basınç altında tutabildiği su miktarı olarak belirlenmiştir (Klute, 1986).



Şekil 3.5. Lizimetre topraklarının tarla kapasitelerinin belirlenmesi (a) ve fide dikimi (b)

Fideler her saksıya 1 adet olacak şekilde 9 Eylül 2021 tarihinde dikilmiş ve 2'şer litre can suyu verilmiştir (Şekil 3.5). Deneme başlangıcında alınan toprak örneklerinde; toprak bünyesi, Bouyoucos (1955) tarafından belirlenen esaslara göre hidrometre yöntemiyle ve toprak bünyesi sınıflandırma üçgeninden yararlanarak yapılmıştır. Elektriksel iletkenlik ve pH değerleri Rhoades vd. (1982) tarafından belirtilen esaslara göre saturasyon ekstraktında belirlenmiştir. Hacim ağırlığı Bloken ve Hartge'nin (1986) belirttiği esaslara göre 100 cm³'lük silindirlerle alınan bozulmamış toprak örneğinden belirlenmiştir.

3.2.2. Sulama uygulamaları

Denemede sulama zamanı kontrol konuları esas alınarak yapılmıştır. Bu amaçla deneme süresince kontrol konusunda saksılar haftalık olarak tartılmış ve hesaplanan solma noktası, tarla kapasitesi verilerine göre bu saksılardaki kullanılabilir suyun %40-45'i tüketildiğinde (FAO, 1998) tüm konularda sulama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Denemede her sulamada saksılara verilecek sulama suyu miktarları (AW_s , L) Eşitlik 3.1'e göre hesaplanmıştır.

$$AW_s = \frac{W_{fc} - W_a}{\rho_w (1 - LF)} \quad (3.1)$$

Eşitlikte; AW_s her sulamada uygulanacak su miktarını (L), W_{fc} saksı tarla kapasitesi ağırlıklarını (kg), W_a sulama öncesi saksı ağırlığını (kg), ρ_w suyun yoğunluğunu (1 kg/L) ve LF yıkama oranını ifade etmektedir.

Araştırmada sulama suyunda istenilen elektriksel iletkenliğe (EC_i) karşılık gelen her bir tuz kaynağı için ihtiyaç duyulan miktar belirlenmiştir. Tuz miktarı belirlendikten sonra, hazırlanan tuzlu suların elektriksel iletkenlik değerleri laboratuvarında kontrol edilmiştir. Denemede her bir tuz kaynağına ait ve farklı tuzluluk düzeylerine sahip 100 litrelik plastik su depolarından toplamda 13 adet kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Deneme de kullanılan su bidonları ve tartım düzeneği

Saksı topraklarında aşırı tuz birikimini önlemek ve her bir tuzluluk konusu için belirli bir toprak tuzluluk seviyesini oluşturabilmek amacıyla yıkama oranı %20 civarında tutulmaya çalışılmıştır (Maas ve Hoffman, 1977; Ayers ve Westcott, 1985).

Sulamadan yaklaşık 24 saat sonra saksı altına sızan ve saksı altlıklarında biriken su miktarları ölçülmüştür. Böylece toprak oturması ve 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 belirlenebilmiştir. Söz konusu TK düzeltmeleri drenaj suyu miktarı baz alınarak yapılmıştır.

Ardışık iki sulama arasındaki bitki su tüketimi (ET) Eşitlik 3.2’de verilen su bütçesi eşitliği yardımıyla belirlenmiştir.

$$ET = (W_n - W_{n+1}) + (AW_s - R) \quad (3.2)$$

Eşitlikte: n ve n+1, sırasıyla sulamadan önceki ve sonraki günü; W_n ve W_{n+1} , sırasıyla n. ve n+1. gündeki saksı ağırlıklarını (kg); R, n+1. gündeki saksı altlığında ölçülen drenaj suyu miktarını (L) ve AW_s saksılara verilen sulama suyu miktarını (L) ifade etmektedir.

3.2.3. Bitkilerde yapılan ölçümler

Bitki gelişimini gözlemlemek amacıyla haftada bir gün olmak üzere saksıların tamamında bitki boyu (Şekil 3.7), CCI ölçümleri, sulama öncesi ve sonrası stoma iletkenliği ve termal kamera ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.7. Bitki boyu ve taç (kanopi) genişliği ölçümü

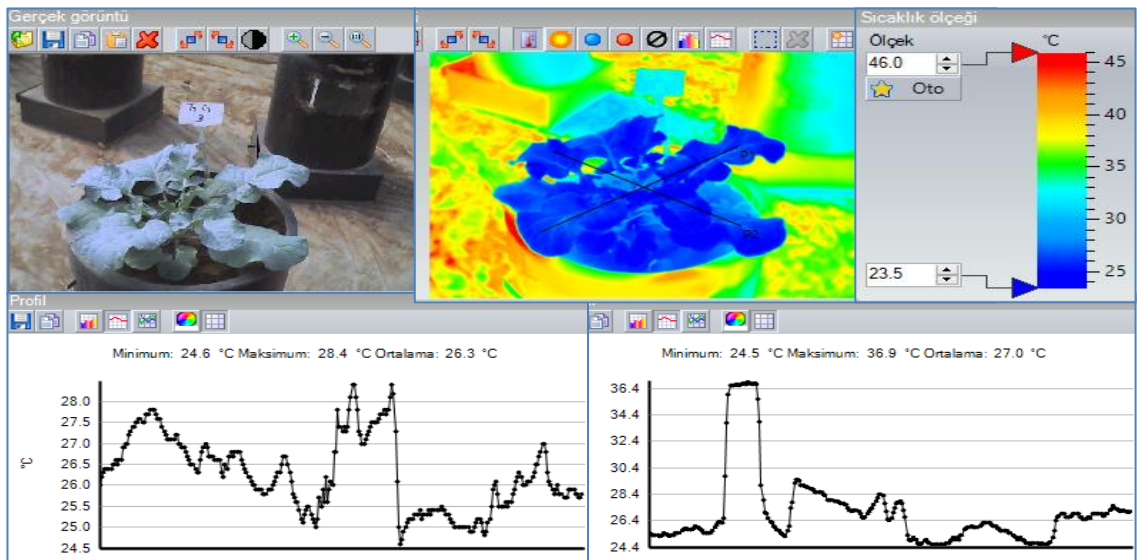
Stoma iletkenliği ve CCI ölçümleri, bitkiyi en iyi temsil eden yapraklardan, cihaz okuma sensörlerinin yaprak damarına denk getirilmeyecek şekilde yerleştirilmesiyle, saat 12.00-14:00 arasında yapılmıştır.

Bitki kanopi sıcaklığını belirlemek için yapılan termal kamera ölçümleri gökyüzünün açık olduğu, bulutsuz günlerde stresin en fazla olduğu 10:00-15:00 arası gerçekleştirilmiştir (Çamoğlu ve Genç, 2013) (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Termal kamera çekimleri

Arka plan sıcaklığını belirlemek için termal kamerada emissivite 1'e ayarlanarak alüminyum folyo ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bitki ölçümlerinde emissivite 0.98 (Lopez vd., 2009) olarak ayarlanmıştır. Her bir termal görüntüdeki bitki tacının dikey ve düşey profili boyunca maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıkları IIRSoft yazılımıyla sayısallaştırılarak bitki kanopi sıcaklıkları elde edilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. IIRSoft yazılımı ile termal görüntülerin işlenmesi

Her bir ölçüm gününde her bir tuz konusundaki bitkilerin taç sıcaklıkları kontrol konusuna ait bitkilerin ortalama taç sıcaklığından çıkartılarak bitki termal kamera sıcaklık indeks değeri hesaplanmıştır (Eşitlik 3.3).

$$SI = T_{kontrol} - T_{uygulama} \quad (3.3)$$

Eşitlikte: SI, kanopi sıcaklık farklarından hesaplanan sıcaklık indeksi; $T_{kontrol}$ tuz stresinin olmadığı kontrol konusundaki bitki kanopi sıcaklığı ($^{\circ}C$) ve $T_{uygulama}$, tuz uygulamasının yapıldığı bitki kanopi sıcaklığını ($^{\circ}C$) ifade etmektedir.

Bitkiler hasat edildikten sonra toprak üstü biyomas (gr/saksı) belirlenmiştir. Daha sonra bitkilerin yaprak, gövde ve taç (meyve) kısımları ayrılarak yaş ağırlıkları alınmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Hasat sonrası laboratuvar işlemleri

3.2.4. İstatiksel analiz

Farklı tuz uygulamalarına bağlı olarak her bir bağımlı değişkene ait ortalamalar arasındaki farklılıkların önem seviyesinin belirlenmesi amacıyla SAS yazılımı ile varyans analiz testi yapılmıştır. Ortalamaların birbirinden olan farklılığının tespit edilmesi amacıyla LSD ($p < 0.05$) çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin brokoli ve karnabahar bitkilerine etkilerini değerlendirmek için bitkilerin mevsimlik su tüketimleri, gelişim periyodu boyunca yapılan CCI, stoma iletkenliği, bitki boyu parametreleri ile hasat sonu yapılan taç yaş ağırlık ve toprak üstü biyomas değerlerine etkileri değerlendirilmiştir.

4.1. Bitki Su Tüketimi

Araştırmada brokoli ve karnabahar bitkilerinin mevsimlik bitki su tüketim değerleri incelendiğinde en fazla bitki su tüketimi şebeke suyu ile sulanan T₀C₀ (436 mm) konusunda belirlenmiş olup tüm uygulamaların kontrol konusundan farklılık göstererek daha düşük bitki su tüketim değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1). En düşük bitki su tüketimi değeri 327.4 mm ile her ne kadar Na₂SO₄ tuzunun 9.0 dS/m tuz konsantrasyonunun da (T₄C₃) belirlenmiş olsa da T₁C₃ (348.3 mm), T₂C₃ (329.9 mm), T₃C₂ (348 mm) ve T₃C₃ (347.6 mm) uygulamaları da T₄C₃ uygulaması ile bir farklılık göstermeyip aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin brokoli bitkisinin bazı özellikleri üzerine etkileri

<i>Konu</i>	<i>CCI</i>	<i>Stoma İletkenliği mm/m²s</i>	<i>ET_c mm/mevsim</i>	<i>Taç Yaş Ağırlık (gr/saksı)</i>	<i>Bitki Boyu (cm)</i>	<i>Biyomas (gr/saksı)</i>
T ₀ C ₀	73.7 a	415.8 a	436.0 a	150.9 a	36.3 a	541.9 a
T ₁ C ₁	65.9 b	316.5 bc	366.8 bc	91.5 cd	34.0 bc	419.3 bd
T ₁ C ₂	66.0 b	279.7 de	355.8 bd	72.0 de	34.1 bc	418.0 bd
T ₁ C ₃	64.3 bc	292.4 ce	348.3 ce	49.1 e	34.0 bc	413.7 bd
T ₂ C ₁	63.7 bc	308.7 bd	362.3 bc	91.5 cd	33.3 bc	470.3 ac
T ₂ C ₂	63.5 bc	307.8 bd	366.5 bc	54.2 e	33.4 bc	423.3 bd
T ₂ C ₃	62.8 bc	289.8 ce	329.9 de	52.1 e	32.7 bc	392.7 cd
T ₃ C ₁	66.0 b	314.6 bc	369.2 bc	97.5 bd	34.4 ab	465.3 ab
T ₃ C ₂	64.0 bc	305.5 be	348.0 ce	76.9 ce	33.1 bc	402.0 bd
T ₃ C ₃	63.3 bc	275.8 e	347.6 ce	66.2 de	33.4 bc	380.3 d
T ₄ C ₁	64.9 bc	329.2 b	379.9 b	127.7 ab	34.5 ab	478.2 ab
T ₄ C ₂	61.9 c	308.5 bd	374.7 bc	95.1 bd	33.8 bc	469.2 ac
T ₄ C ₃	61.5 c	293.3 ce	327.4 e	110.1 bc	32.4 bc	412.0 bd
Önem düzeyi	**	**	**	**	**	*

*, ** : Sırasıyla %5 ve %1 olasılık seviyesinde önemli. Sütun boyunca verilen küçük harfler LSD çoklu karşılaştırma testine göre %5 önem seviyesinde ortalamaların karşılaştırmasını ifade etmektedir.

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi brokoli bitkisinin mevsimlik bitki su tüketimleri farklı tuz kaynaklarında tuz konsantrasyonlarının artışı ile azalma göstermektedir. Söz konusu bu azalmalar CaCl₂ içeren sulama suyunun C₁, C₂ ve C₃ tuzluluk düzeylerinde sırasıyla %15.87, %18.39 ve %20.11 oranında; MgCl₂ (T₂) içeren tuz kaynağının C₁, C₂, C₃ konsantrasyonlarında %16.90, %15.94 ve %24.33; NaCl (T₃) tuz kaynağının C₁, C₂, C₃ konsantrasyonlarında %15.32, %20.18 ve %20.28; Na₂SO₄ tuz kaynağının C₁, C₂, C₃

konsantrasyonlarında ise sırasıyla %12.87, %14.06 ve %24.91 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Karnabahar bitkisinin mevsimlik su tüketimleri incelendiğinde de brokoli de olduğu gibi tüm uygulamalar kontrol konusundan %1 önem seviyesinde farklılıklar göstermiştir (Çizelge 4.2). T₁ tuz kaynağı hariç diğer tuz kaynaklarının 9.0 dS/m'lik tuz konsantrasyonları ile sulanan bitkilerin mevsimlik su tüketimleri en fazla azalma gösteren uygulamalar olup hepsi aynı grupta yer almıştır. Mevsimlik bitki su tüketimindeki bu azalmalar CaCl₂ tuz kaynağının artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak sırasıyla %13.59, %24.44 ve %27.16; MgCl₂ tuz kaynağı için %24.43, %24.60 ve %38.79; NaCl tuz kaynağının C₁, C₂ ve C₃ tuz konsantrasyonlarında %15.36, %31.28 ve %38.79 düzeyinde olmuştur.

Araştırmada brokoli ve karnabahar bitkilerine ait mevsimlik su tüketimi değerlerindeki bu azalma bitkilerin fizyolojik olarak gösterdiği tepkilerin sonuçlarından birisidir. Toprak çözeltisinde artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak ozmotik basınç artmakta olup toprakta yeterli su olsa bile bitkiler bu sudan yararlanamamaktadırlar. Fizyolojik kuraklık olarak adlandırılan bu olay neticesinde bitkiler dolaylı olarak su stresine girmektedirler (Hasegawa vd., 2000). Su stresine giren bitkilerin ise ilk tepkisi ise su kaybını azaltmaya yönelik olup stomalarını kapatmasıdır. Stomaların kapanmasıyla birlikte transpirasyon oranlarında azalma olmakta ve bitki su tüketimi azalmaktadır (Örs ve Ekinci, 2015).

Çizelge 4.2. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin karnabahar bitkisinin bazı özellikleri üzerine etkileri

<i>Konu</i>	<i>CCI</i>	<i>Stoma İletkenliği mm/m²s</i>	<i>ET_c mm/mevsim</i>	<i>Taç Yaş Ağırlık (gr/saksı)</i>	<i>Bitki Boyu (cm)</i>	<i>Biyomas (gr/saksı)</i>
T₀C₀	45.5 a	299.8 a	429.7 a	267.0 a	29.6 a	626.6 a
T₁C₁	39.1 b	282.6 ac	371.3 b	192.0 bc	27.5 ac	491.6 bc
T₁C₂	37.8 bc	279.7 ac	324.7 be	143.7 ce	25.4 cd	390.1 de
T₁C₃	38.5 b	270.3 ac	313.0 de	169.8 bd	27.3 ac	431.4 ce
T₂C₁	38.3 b	267.4 bc	342.7 bd	177.2 bd	28.4 ab	544.0 ab
T₂C₂	36.5 bc	263.1 bd	324.0 ce	78.5 fg	25.3 cd	416.2 ce
T₂C₃	36.9 bc	254.2 cd	263.0 f	72.5 fg	24.6 d	348.6 e
T₃C₁	39.8 b	268.5 bc	363.7 bc	209.8 b	25.9 cd	495.6 bc
T₃C₂	39.3 b	264.3 bd	295.3 ef	115.6 ef	25.9 cd	405.1 ce
T₃C₃	33.4 c	237.5 d	264.3 f	48.3 g	25.1 cd	409.6 ce
T₄C₁	41.0 b	283.0 ac	331.7 be	161.7 be	26.1 bd	465.8 bd
T₄C₂	40.6 b	284.7 ab	305.3 df	137.8 de	26.0 cd	468.7 bd
T₄C₃	38.8 b	263.1 bd	307.0 df	167.3 bd	26.9 bd	441.8 cd
Önem düzeyi	**	*	**	**	**	**

*, ** : Sırasıyla %5 ve %1 olasılık seviyesinde önemliliği göstermektedir. Sütun boyunca verilen küçük harfler LSD çoklu karşılaştırma testine göre %5 önem seviyesinde ortalamaların karşılaştırmasını ifade etmektedir.

4.2. Uygulamaların Gelişim Parametrelerine Etkisi

Çalışmada farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli ve karnabahar bitkilerinde bazı fizyolojik parametrelere etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla her iki bitkiden haftalık olarak CCI ölçümleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir. Elde edilen verilere göre her iki bitkide de farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarının klorofil içeriği indeksi (CCI) değerlerine etkisi istatistiksel olarak %1 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Gerek brokoli gerekse karnabahar bitkilerinin CCI değerleri tüm uygulamalarda T₀C₀ konusuna göre azalmıştır. En düşük CCI değerleri brokoli bitkisinde T₄ tuz kaynağının C₂ (61.9) ve C₃ (61.5) konsantrasyonunda belirlenmiş olsa da T₁C₃ (64.3), T₂C₁ (63.7), T₂C₂ (63.5), T₂C₃ (62.8), T₃C₂ (64.0), T₃C₃ (63.3) ve T₄C₁ (64.9) uygulamaları da istatistiksel olarak farklılık göstermeyip aynı grupta yer almışlardır (Çizelge 4.1). Karnabahar bitkisinin CCI değerlerindeki düşüş ise ez fazla T₃C₃ (33.4) konusunda belirlenmiş olup T₁ tuz kaynağının C₂ (37.8) konsantrasyonu, T₂ tuz kaynağının C₂ (36.5) ve C₃ (36.9) konsantrasyonları da istatistiksel olarak farklılık göstermemiş aynı grupta yer almışlardır.

Tuz kaynakları fark etmeksizin tuzluluk seviyelerindeki artışla beraber CCI değerlerinin azalması yüksek tuzluluğun bitkilerin klorofil yapısını bozmasından (Ashraf, 2004) kaynaklanmaktadır. Yavaş ve İlker (2020) tuz stresinden kaynaklı klorofil yapısının bozulmasını, biyosentezde bozulma ve hızlandırılmış pigment bozulması olarak ifade etmişlerdir. Bu bozulmanın bitkilerin tuz toleransına bağlı olarak farklılık gösterdiğini ifade eden araştırmacılar tuzluluğa dayanıklı bitkilerin klorofil içeriklerinin artmasına karşın tuzluluğa duyarlı bitkilerin klorofil içeriklerinin azaldığını belirtmişlerdir. Bu durum orta düzeyde tuza duyarlı olan brokoli ve orta düzeyde tuza toleranslı karnabahar bitkilerinin CCI değerlerindeki azalmanın nedenini ortaya koymaktadır.

Bitkilerin tuzluluk ve su stresi koşullarında savunma mekanizmalarından biri olan stomalarını kapatma eğiliminde olması stoma iletkenliğini bitkilerde stres durumunu gözlemleyebilmek adına önemli bir belirteç olarak değerlendirilir. Bu çalışmada da karnabahar ve brokoli bitkilerinin stoma iletkenlikleri bitkilerin stres durumunun en fazla olduğu sulama öncesi zamanlarda ölçülmüş ve elde edilen bulgular Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde brokoli bitkisinin stoma iletkenlik değerleri tüm muamelelerde kontrol konusundan farklılık gösterdiği (p < 0.1) bununla birlikte karnabahar bitkisinde bu fark (p < 0.5) T₂ ve T₃’ün tüm konsantrasyonlarında ve T₄ tuz kaynağının C₃ konsantrasyonunda belirlenmiştir. Brokoli bitkisinin stoma iletkenlik değerleri göz önüne alındığında genel olarak tüm tuz kaynaklarında tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak stoma iletkenliğinin azaldığı görülmektedir. Bu durum tuzluluk stresinin bitkilerdeki hormonal dengeyi bozması sonucu artan absisik asidin bitkilerde gaz alışverişinde rol oynayan stomaları uyarak onların kapanmasına neden olmasıyla açıklanabilir.

Çalışmada brokoli ve karnabaharın bitki gelişim periyodu boyunca büyüme ve gelişimlerini izlemek için haftalık olarak bitki boy ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen bulgulara ilişkin istatistik analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. Brokoli ve karnabahar da bitki boyu değerleri sırasıyla 32.4-36.3 cm ile 24.6-29.6 cm arasında farklılık göstermektedir. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin brokoli bitki boyuna etkileri dikkate alındığında T₃C₁ ve T₄C₁ hariç tüm tuz kaynaklarına ilişkin

tuzluluk seviyeleri T₀C₀ konusundan farklılık göstererek daha düşük bitki boyu değerleri elde edilmiştir. Karnabahar bitkisinde en düşük bitki boyu MgCl₂ tuz kaynağının C₃ konsantrasyonunda belirlenmiş olsa da MgCl₂'un ve CaCl₂ tuzlarının C₂ konsantrasyonları, NaCl ve Na₂SO₄ tuzlarının tüm konsantrasyonları istatistiksel olarak T₂C₃ konusundan farklılık göstermeyip aynı grupta yer almışlardır. Çavuşoğlu (2012), farklı tuz konsantrasyonlarında yetiştirdiği domates, biber, karpuz ve brokoli fidelerinde tuz konsantrasyondaki artışla beraber bitki boylarının kısaldığını, ancak bu kısalmamanın en az brokoli bitkisinde olduğunu ifade etmiştir. Bu durumun brokolinin tuzluluğa karşı toleransının diğer bitkilere göre daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.3. Verim Parametreleri

Çalışmada brokoli ve karnabahar bitkilerinin pazar değerini belirleyen taç (meyve) büyüklükleri ve bitkilerin toprak üstü biyomasları değerlendirilmiş ve değerlendirmeye ait istatistik sonuçları Çizelge 4.1 ve 4.2'de verilmiştir. Brokoli bitkisinin taç ağırlıkları 52.9-150.9 g/saksı arasında, karnabahar bitkisinin taç yaş ağırlıkları ise 48.3-267 g/saksı arasında farklılık göstermiştir. Her iki bitki için de uygulamalar arasında meydana gelen farklılıklar %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir. Çizelge 4.1 incelendiğinde brokoli de en yüksek taç ağırlık T₀C₀ (150.9 g/saksı) konusunda belirlenmiş olup T₄C₁'de (127.7 g/saksı) istatistiksel olarak farklılık göstermeyerek aynı grupta yer almışlardır. Diğer taraftan en düşük bitki taç ağırlıkları T₁ tuz kaynağının C₃ konsantrasyonunda (49.1 g) belirlenirken T₂C₂ (54.2 g), T₂C₃ (52.1 g), T₃C₂ (76.9 g), T₃C₃ (66.2 g) arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermeyip T₁C₃ muamelesiyle aynı grupta yer almışlardır. Tuz konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak tüm tuz muameleleri kontrol konusuna göre önemli oranlarda azalma eğilimi göstermektedir. Bu azalmalar genel olarak CaCl₂ tuzunun C₁, C₂ ve C₃ konsantrasyonlarında sırasıyla %39.6, %52.29, %67.46; MgCl₂ tuzunun C₁, C₂ ve C₃ konsantrasyonlarında sırasıyla %39.36, %64.08, %65.47; NaCl tuzunun C₁, C₂ ve C₃ konsantrasyonlarında sırasıyla %35.39, %49.04 ve %56.13; Na₂SO₄ tuzunun C₁, C₂ ve C₃ konsantrasyonlarında %15.37, %36.98 ve %27.04 şeklinde belirlenmiştir. Karnabahar bitkisinin taç yaş ağırlıklarına ilişkin veriler incelendiğinde tuz kaynağı gözetmeksizin tüm uygulamaların T₀C₀ konusundan farklılık bulunmuştur (Çizelge 4.2). Brokoli bitkisi ile benzer şekilde tüm tuzluluk muamelelerinde T₀C₀ konusuna göre önemli azalmalar elde edilmiştir. Karnabahar bitkisinde en düşük taç yaş ağırlığı T₃C₃ uygulamasında (48.2 gr) belirlenmiş olup, T₂C₂ ve T₂C₃ uygulamaları da istatistiksel olarak söz konusu uygulamadan bir farklılık göstermemiş aynı grupta yer almışlardır. Kontrol konusuna göre tuz uygulamalarındaki bu önemli düşüş C₁, C₂ ve C₃ konsantrasyonlarında CaCl₂ tuzunda sırasıyla %28.9, %46.18, %36.40; MgCl₂ tuzunda sırasıyla %33.63, %70.60, %72.50; NaCl tuzunda sırasıyla %21.42, %56.70 ve %81.91, Na₂SO₄ tuzunda sırayla %39.44, %48.39 ve %37.34 olarak hesaplanmıştır.

Özellikle MgCl₂ tuzunun yüksek konsantrasyonlarındaki azalma oranı değerlendirilen diğer parametreler de de göze çarpmaktadır. Mg iyonunu klorofilin yapı taşı olması nedeniyle fotosentez işleminde, ATP sentezinde aktif rol oynamaktadır. Bununla birlikte Mg fazlalığı da iyon dengesizliklerine ve dolayısıyla verimde azalmaya neden olduğu bilinmektedir (Bolat ve Kara, 2017). Bu durum çalışmamızda MgCl₂ tuz kaynağının yüksek konsantrasyonlarında meydana gelen artışla taç yaş ağırlıklarındaki azalmayı açıklamaktadır. Her iki bitki de de genel olarak T₀C₀ konusuna göre Cl⁻ içerikli tuz kaynaklarındaki azalmaların SO₄²⁻ içerikli tuz kaynağına göre daha fazla olduğu

görülmektedir. Sulama sularında bulunan SO_4^{2-} anyonu Cl^- 'a göre daha az toksik olup özellikle yüksek konsantrasyonlarda kalsiyum çökmesine neden olmasından dolayı bitkilere daha fazla toksik etki yapabilir (Ayyıldız, 1990).

Brokolinin toprak üstü biyomas verileri 380.3-541.9 gr/saksı arasında farklılık göstermektedir. Her ne kadar en yüksek toprak üstü biyomas kontrol konusunda (541.9) elde edilmiş olsa da T_2 ve T_3 tuz kaynaklarının C_1 (470.3, 465.3 gr) konsantrasyonları ile T_4 tuz kaynağının C_1 (478.2 gr) ve C_2 (469.2 gr) konsantrasyonları da istatistiksel olarak kontrol konusundan farklılık göstermeyerek aynı sınıflandırma içerisinde bulunmaktadır. Tuzluluk uygulamalarının kontrol konusuna göre azalma yüzdeleri T_1C_1 , T_1C_2 ve T_1C_3 'de sırasıyla %33.08, %33.29 ve %33.98; T_2C_1 , T_2C_2 ve T_2C_3 'de %24.94, %32.44 ve %37.33; T_3C_1 , T_3C_2 ve T_3C_3 'de %25.74, %35.84 ve %39.31; T_4C_1 , T_4C_2 ve T_4C_3 'de sırasıyla %23.68, %25.12 ve %34.25 şeklinde gerçekleşmiştir. Her bir tuz kaynağına ait en yüksek tuzluluk (C_3) seviyelerinin tamamında kontrol konusundan daha düşük biyomas değerleri elde edilmiştir. Bu kapsamda tuz kaynağı gözetilmeksizin yüksek tuz konsantrasyonlarının verimde azalmalara neden olduğu söylenebilir.

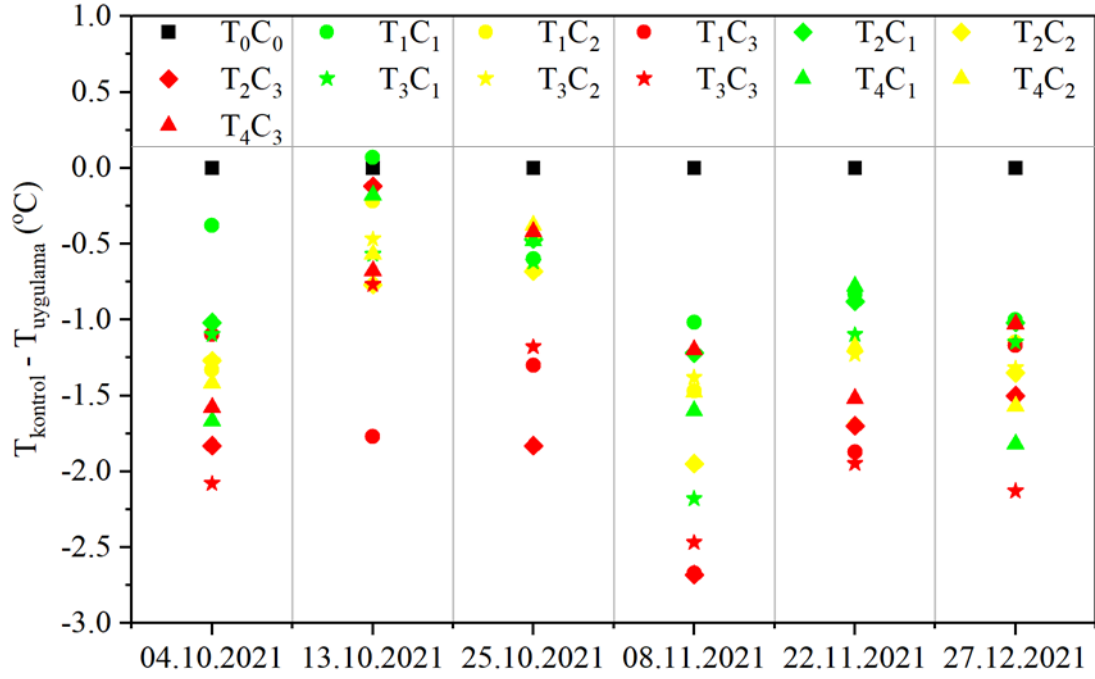
Karnabahar bitkisinin toprak üstü biyomas değeri 348.6-626.6 gr/saksı arasında farklılık göstermektedir. Brokoli de olduğu gibi karnabahar bitkisinde de en yüksek toprak üstü biyomas değeri kontrol konusunda (626.6 gr/saksı) belirlenmiş ancak T_2C_1 konusu da (544 gr/saksı) istatistiksel olarak kontrol konusundan farklılık göstermeyip aynı grupta yer almıştır. Her ne kadar en düşük toprak üstü biyomas değeri T_2C_3 (348.6 gr/saksı) belirlenmiş olsa da T_1C_2 (390.1 gr/saksı), T_1C_3 (431.4 gr), T_2C_2 (416.2 gr), T_3C_2 (405.1 gr), T_3C_3 (409.6 gr) uygulamaları T_2C_3 'den istatistiksel olarak farklılık göstermeyip aynı grupta değerlendirilmiştir. Tuzluluk uygulamalarının kontrol konusuna göre azalmaları T_1C_1 , T_1C_2 ve T_1C_3 'de sırasıyla %21.54, %37.75 ve %31.15; T_2C_1 , T_2C_2 ve T_2C_3 'de %13.18, %33.58 ve %44.37; T_3C_1 , T_3C_2 ve T_3C_3 'de %20.91, %35.35 ve %34.63; T_4C_1 , T_4C_2 ve T_4C_3 'de sırasıyla %25.66, %25.20 ve %29.49 şeklinde gerçekleşmiştir. Araştırmada brokoli bitkisinde olduğu gibi karnabahar bitkisinde de Na_2SO_4 içerikli tuz kaynağının özellikle 3.0 ve 6.0 dS/m'lik tuzluluk seviyelerinde bitkinin toprak üstü biyomas değerlerindeki azalmanın diğer konulardan daha az olduğu göze çarpmaktadır. Karnabahar ve brokoli bitkilerin taç yaş ağırlıklarında olduğu gibi SO_4^{2-} anyonunun benzer etkisi toprak üstü biyomas değerlerinde de görülmektedir. Genel olarak bitkilerin yüksek tuz konsantrasyonlarında verimlerinin azalması durumu, bitkilerin tuz düzeyi sürekli artış gösteren çevreyle uyum gösterememelerinden ileri gelmektedir (Kanber ve Ünlü, 2010).

4.4 Farklı Tuz Kaynakları ve Tuzluluk Düzeylerinin Brokoli ve Karnabahar Bitkilerinde Etkisinin Termal Kamera ile Belirlenmesine İlişkin Bulgular

Bu çalışmanın amaçlarından biri de farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin brokoli ve karnabahar bitkisinde meydana getirdiği stres durumunun termal kameralar yardımıyla belirlenebilirliğinin araştırılmasıdır. Bu kapsamda denemede karnabahar ve brokoli bitkilerinden, sulama öncesi ve stres etkilerinin en şiddetli yaşandığı 12:00-13:00 ve 13:00-14:00 arası termal kamera ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Brokoli bitkisinde 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan bitki taç sıcaklık ölçümlerinden yola çıkılarak tuzluluk uygulamaları arası bitki taç sıcaklık değişimlerinin

kontrol konusundan farklılıkları değerlendirilmiş (Şekil 4.1) ve elde edilen sonuçlara ilişkin istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Brokoli bitkisinde 12:00-13:00 saatleri arası tuz uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farklılıkları

Çizelge 4.3. Brokoli bitkisinde farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin kontrol konusuna göre sıcaklık farkları (12:00-13:00)

Konu	04.10.2021	13.10.2021	25.10.2021	08.11.2022	22.11.2022	27.12.2022
T ₀ C ₀	0.00	0.00	0.00	0.00 a	0.00 a	0.00 a
T ₁ C ₁	-0.38	0.07	-0.60	-1.02 b	-0.83 ab	-1.00 b
T ₁ C ₂	-1.33	-0.22	-0.68	-1.47 bd	-1.70 ab	-1.15 b
T ₁ C ₃	-1.10	-1.77	-1.30	-2.67 f	-1.87 ab	-1.17 b
T ₂ C ₁	-1.02	-0.12	-0.47	-1.22 bc	-0.88 b	-1.02 b
T ₂ C ₂	-1.27	-0.77	-0.68	-1.95 cf	-1.70 ab	-1.35 bc
T ₂ C ₃	-1.83	-0.12	-1.83	-2.68 f	-1.70 ab	-1.50 bc
T ₃ C ₁	-1.10	-0.57	-0.62	-2.18 df	-1.10 ab	-1.15 b
T ₃ C ₂	-1.27	-0.47	-0.47	-1.38 bd	-1.23 ab	-1.32 bc
T ₃ C ₃	-2.08	-0.77	-1.18	-2.47 ef	-1.95 b	-2.13 c
T ₄ C ₁	-1.67	-0.18	-0.48	-1.60 be	-0.78 ab	-1.82 bc
T ₄ C ₂	-1.42	-0.57	-0.38	-1.48 bd	-1.18 ab	-1.57 bc
T ₄ C ₃	-1.58	-0.68	-0.42	-1.20 bc	-1.52 ab	-1.03 b
Önem düzeyi	öd	öd	öd	**	**	*

*, ** : Sırasıyla %5 ve %1 olasılık seviyesinde önemliliği göstermektedir. öd: İstatistiksel olarak önemsiz. Sütun boyunca verilen küçük harfler LSD çoklu karşılaştırma testine göre %5 önem seviyesinde ortalamaların karşılaştırmasını ifade etmektedir.

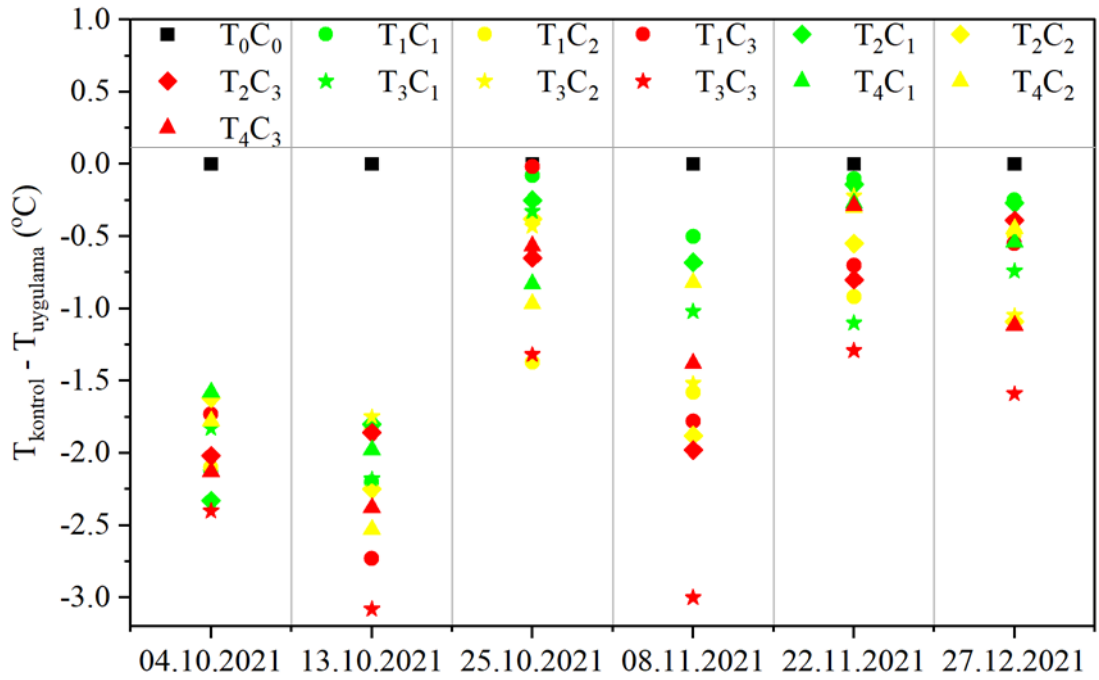
Çizelge 4.3 incelendiğinde 4, 13 ve 25 Ekim tarihlerinde yapılan bitki taç sıcaklığı ölçümlerinde olan farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Söz konusu tarihlerde T_0C_0 konusu ile tuzluluk muameleleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmasa da genel olarak tuz konsantrasyonlarının artışı ile (C_1 , C_2 ve C_3) birlikte sıcaklık farklarında artışın olduğu Şekil 4.1’de net bir şekilde görülmektedir. 4 Ekim’de T_1C_1 uygulaması hariç sıcaklık değişimleri 1°C ’ın üzerindeyken 13 Ekim 2021’de T_1C_3 hariç tüm tuzluluk konularındaki sıcaklık değişimi 1°C ’ın altında olmuştur. Fakat saat 13:00’da hava sıcaklığının artmasına bağlı olarak T_0C_0 konusu ile tuzluluk uygulamaları arasındaki sıcaklık farklarında artışlar belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Sıcaklık farklarındaki bu artışlar 4 Ekim’de -1.58°C ile -2.40°C arasında, 13 Ekim’de -1.75°C ile -3.08°C arasında, 25 Ekim’de ise tuzluluk uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farkı -0.02°C ile -1.37°C ’ye kadar düşmüştür. Tuzluluk uygulamaları ile kontrol konuları arasındaki sıcaklık farkının az olmasının nedeni söz konusu tarihteki meydana gelen kısmi bulut geçişlerinin açık günlere kıyasla gelen enerjiyi düşürmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

8 Kasım tarihinde 12:00-13:00 saatleri arası ve 13:00-14:00 saatleri arası taç sıcaklığı ölçümlerinde tuzluluk uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farkları istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). 08.11.2021 tarihi 12:00-13:00 saatleri arası uygulamaların kontrol konusuna göre sıcaklık farkları -2.68°C ile -1.02°C arasında farklılık göstermiştir. En büyük farklılıkların T_4 tuz kaynağı hariç diğer tüm tuz kaynaklarının en yüksek konsantrasyonlarında (C_3) belirlenmiştir.

Saat 13:00-14:00 ölçümleri incelendiğinde tuzluluk uygulamalarının kontrol konusuna göre farkları -3.0°C ile -0.50°C arasında farklılık göstermektedir (Çizelge 4.4). Söz konusu saatler arasında yapılan bitki taç sıcaklık ölçümleri dahilinde T_1C_1 (-0.50°C), T_2C_1 (-0.68°C), T_3C_1 (-1.02°C) ve T_4C_2 (-0.82°C) uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık değişimleri istatistiksel olarak farklılık göstermemiş ve aynı grupta yer almışlardır. Bununla birlikte her ne kadar en yüksek sıcaklık farkı NaCl tuz kaynağının 9.0 dS/m konsantrasyonunda (T_3C_3) (-3.0°C) belirlenmiş olsa da MgCl_2 tuz kaynağının 6.0 ve 9.0 dS/m’lik C_2 (-1.88°C) ve C_3 (-1.98°C) konsantrasyonlarındaki sıcaklık farkları da istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

22 Kasım 12:00-13:00 saatleri arasında elde edilen bitki taç sıcaklıkları verilerine göre uygulamalar arası sıcaklık farklarının istatistiksel olarak %1 önem seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Diğer günlerde yapılan ölçümlerle benzer olarak T_3C_3 uygulamasının T_0C_0 ’a göre sıcaklık farkı -1.95°C ile diğer uygulamalardan daha yüksek bulunmuştur. Her ne kadar T_3C_3 uygulaması hariç diğer uygulamaların kontrol konusu ile sıcaklık farkı istatistiksel olarak benzer olsa da artışın tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak sıcaklık farklılıklarının tuzluluk konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak belirgin bir seviyede arttığı görülmektedir (Şekil 4.1).

Benzer şekilde aynı günün 13:00-14:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerde de T_0C_0 konusu ile diğer konular arasındaki sıcaklık farklarının istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2). Diğer günlerdeki ölçümlere benzer olarak en yüksek sıcaklık farkının T_3C_3 uygulamasında (-1.29°C) olduğu görülse de T_1 tuz kaynağının C_2 (-0.92°C) ve C_3 (-0.70°C) konsantrasyonları, T_2 tuz kaynağının C_2 (-0.55°C), C_3 (-0.80°C) konsantrasyonları ve T_3 tuz kaynağının C_1 (-1.10°C) konsantrasyonu T_3C_3 muamelesinden farklılık göstermeyip aynı grupta yer almışlardır (Çizelge 4.4).



Şekil 4.2. Brokoli bitkisinde 13:00-14:00 saatleri arası tuz uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farklılıkları

Çizelge 4.4. Brokoli bitkisinde farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin kontrol konusuna göre sıcaklık farkları (13:00-14:00)

Konu	04.10.2022	13.10.2022	25.10.2022	08.11.2022	22.11.2022	27.12.2022
T ₀ C ₀	0.00	0.00	0.00	0.00 a	0.00 a	0.00 a
T ₁ C ₁	-2.12	-2.20	-0.08	-0.50 ab	-0.10 ab	-0.25 a
T ₁ C ₂	-2.10	-1.83	-1.37	-1.58 be	-0.92 cd	-0.49 ab
T ₁ C ₃	-1.73	-2.73	-0.02	-1.78 ce	-0.70 ad	-0.55 ab
T ₂ C ₁	-2.33	-1.80	-0.25	-0.68 ac	-0.14 ab	-0.27 a
T ₂ C ₂	-1.62	-2.25	-0.38	-1.88 df	-0.55 ad	-1.09 bc
T ₂ C ₃	-2.02	-1.86	-0.65	-1.98 ef	-0.80 bd	-0.39 ab
T ₃ C ₁	-1.83	-2.18	-0.33	-1.02 ae	-1.10 d	-0.74 ab
T ₃ C ₂	-2.40	-1.75	-0.43	-1.52 be	-0.22 ac	-1.05 bc
T ₃ C ₃	-2.40	-3.08	-1.32	-3.00 f	-1.29 d	-1.59 c
T ₄ C ₁	-1.58	-1.98	-0.83	-1.38 be	-0.27 ac	-0.54 ab
T ₄ C ₂	-1.78	-2.53	-0.97	-0.82 ad	-0.30 ac	-0.45 ab
T ₄ C ₃	-2.13	-2.38	-0.57	-1.38 be	-0.29 ac	-1.12 bc
Önem düzeyi	öd	öd	öd	**	*	**

*, **: Sırasıyla %5 ve %1 olasılık seviyesinde önemliliği göstermektedir. öd: İstatistiksel olarak önemsiz. Sütun boyunca verilen küçük harfler LSD çoklu karşılaştırma testine göre %5 önem seviyesinde ortalamaların karşılaştırmasını ifade etmektedir.

Brokoli bitkisinin hasat zamanı 27.12.2021 tarihli her iki saatte yapılan ölçümler değerlendirildiğinde tuzluluk uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farkları istatistiksel olarak %5 olasılık seviyesinde önemli bulunmuştur. Buna göre söz konusu tarihe ilişkin 12:00-13:00 saatleri arası verilerden elde edilen sonuçlara göre tuzluluk

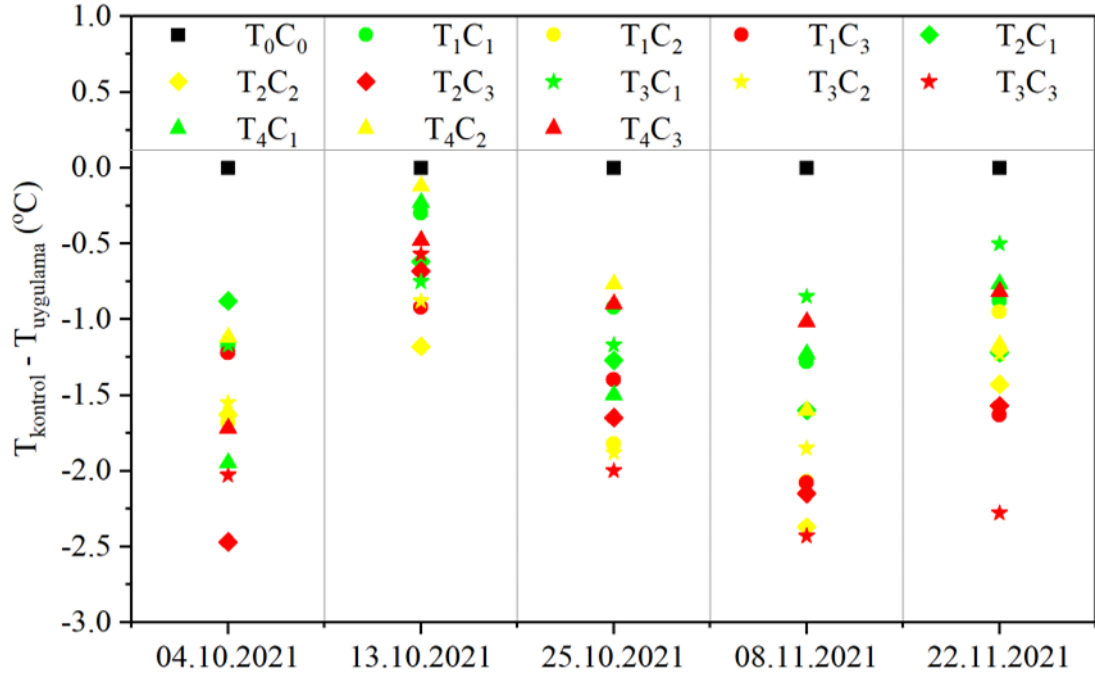
uygulamaları ile kontrol konusu arasında en yüksek sıcaklık farkı diğer günlerle benzer şekilde T₃C₃ uygulamasında (-2.13°C) belirlenmiş olup, T₂C₂ (-1.35°C), T₂C₃ (-1.50°C), T₄C₁ (-1.82°C) ve T₄C₂ (-1.57°C) uygulamaları da T₃C₃ uygulamasından farklılık göstermeyip aynı grupta yer almışlardır. Bu hafta özellikle Na₂SO₄ tuz kaynağının T₀C₀'a göre sıcaklık farklarının da daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.1). Brokoli bitkisinden 13:00-14:00 saatleri arasında elde edilen sıcaklık farkları incelendiğinde kontrol konusuna göre en yüksek sıcaklık farkı T₃C₃ uygulamasında (-1.59°C) belirlenmiş olup T₂C₂ (-1.09°C), T₃C₂ (-1.05°C) ve T₄C₃ (-1.12°C) uygulamaları da T₃C₃ ile istatistiksel açıdan farklılık göstermeyip aynı grupta yer almışlardır.

Brokoli bitkisinde yetiştirme periyodu boyunca yapılan termal kamera ölçümlerinden elde edilen verilere göre 8 Kasım'dan itibaren tuzluluk uygulamalarının bitki taç sıcaklıklarına etkisi istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur. Bu durumun en önemli nedeni tuzlu sulama suyu uygulamalarına bağlı olarak bitkilerdeki stres seviyelerinin artmasıdır. Ayrıca bu durum brokolinin özellikle baş oluşum (meyve tutum) döneminde tuzluluk stresine daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Deneme başında yüksek solar radyasyon ve yüksek sıcaklık nedeniyle tuz uygulamalarının T₀C₀ uygulaması ile olan yüksek sıcaklık farkları, deneme sonunda hava sıcaklıklarının düşmesi ve azalan solar radyasyon nedeniyle düşmüştür. Buna karşın dönem boyunca farklı saatlerde yapılan ölçümlerde T₀C₀ konusuna kıyasla en yüksek sıcaklık farkı NaCl tuzunun en yüksek konsantrasyonu (9.0 dS/m) olan T₃C₃ uygulamasında belirlenmiştir. Benzer durum brokoli bitkisinin stoma iletkenliği değerlerinde de belirlenmiştir. Stoma iletkenliğinin düşük olması stomaların kapandığını ifade etmektedir (Doğru ve Canavar, 2020). Söz konusu uygulama da elde edilen düşük stoma iletkenlik değeri ile bitkilerin stomalarını kapatarak gaz alışverişlerini minimuma indirdiği anlaşılmaktadır. Bu durum yaprakların daha fazla ısınmasına dolayısıyla kontrol konusuyla daha yüksek bir sıcaklık farkına neden olmuştur.

Karnabahar bitkisinde dönem boyunca sulama öncesi yapılan termal kamera ölçümleri sonucu tuzluluk uygulamalarının kontrol konusundan farklılıklarına ilişkin veriler Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de, bu verilere ilişkin istatistiksel sonuçlar Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da verilmiştir. Ölçümler brokoli bitkisinde yapılan ölçümlerle paralel olarak bitki stresinin en yüksek olduğu 12:00-14:00 saatleri arası yapılmıştır. Her iki saat ölçümlerine bakıldığında karnabahar bitkisi brokoliden farklı olarak tuz stresine daha erken tepki vermiş ve tuzluluk uygulamalarının kontrol konusuna göre farklılığı 25 Ekim'den itibaren belirlenebilmiştir (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6).

4 Ekim de 12:00-13:00 saatleri arasında her ne kadar uygulamaların kontrol konusuna göre sıcaklık farkı istatistiksel olarak bir önemli çıkmaya da T₂C₁ hariç diğer tüm tuzluluk konularında kontrol konusuna göre sıcaklık farklarının 1°C'dan fazla olduğu görülmektedir.

Tuzluluk uygulamalarının kontrol konusuna göre farklarının istatistiksel olarak önemli olduğu (p<0.1) 25 Ekim tarihinde 12:00-13:00 saatleri arasında en yüksek sıcaklık farkı T₃C₃ (-2°C) uygulamasında belirlenmiş olsa da T₁C₂ (-1.82°C), T₁C₃ (-1.40°C), T₂C₂ (-1.65°C), T₂C₃ (-1.65°C), T₃C₂ (-1.88°C) ve T₄C₁ (-1.50°C) uygulamalarının kontrolden farkları T₃C₃ konusundan farklılık göstermeyip aynı grupta yer almışlardır. Bu saatler arasında yapılan ölçümlere göre genel olarak tuz konsantrasyonlarının artışı ile tuzluluk uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farkları artış göstermiştir.



Şekil 4.3. Karnabahar bitkisinde 12:00-13:00 saatleri arası tuz uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farklılıkları

Çizelge 4.5. Karnabahar bitkisinde farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin kontrol konusuna göre sıcaklık farkları (12:00-13:00)

Konu	04.10.2022	13.10.2022	25.10.2022	08.11.2022	22.11.2022
T ₀ C ₀	0.00	0.00	0.00 a	0.00 a	0.00 a
T ₁ C ₁	-1.18	-0.30	-0.92 bc	-1.28 bd	-0.88 bd
T ₁ C ₂	-1.68	-0.92	-1.82 ef	-2.07 df	-0.95 bd
T ₁ C ₃	-1.22	-0.92	-1.40 bf	-2.08 ef	-1.63 de
T ₂ C ₁	-0.88	-0.62	-1.27 be	-1.60 be	-1.22 bd
T ₂ C ₂	-1.63	-1.18	-1.65 df	-2.37 ef	-1.43 cd
T ₂ C ₃	-2.47	-0.68	-1.65 df	-2.15 ef	-1.57 ce
T ₃ C ₁	-1.17	-0.75	-1.17 bd	-0.85 b	-0.50 ab
T ₃ C ₂	-1.55	-0.88	-1.88 ef	-1.85 cf	-1.23 bd
T ₃ C ₃	-2.03	-0.57	-2.00 f	-2.43 f	-2.28 e
T ₄ C ₁	-1.95	-0.23	-1.50 cf	-1.23 bc	-0.77 ac
T ₄ C ₂	-1.12	-0.12	-0.77 b	-1.60 be	-1.17 bd
T ₄ C ₃	-1.72	-0.48	-0.90 bc	-1.02 b	-0.82 ad
Önem düzeyi	öd	öd	**	**	**

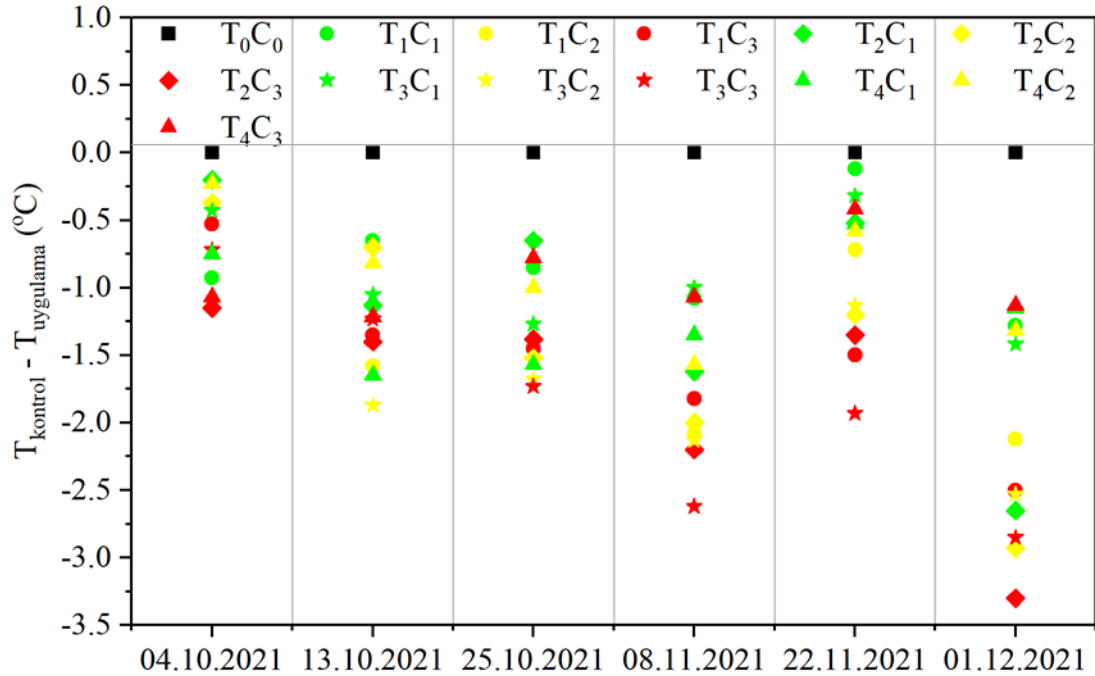
*, **: Sırasıyla %5 ve %1 olasılık seviyesinde önemliliği göstermektedir. öd: İstatistiksel olarak önemsiz. Sütun boyunca verilen küçük harfler LSD çoklu karşılaştırma testine göre %5 önem seviyesinde ortalamaların karşılaştırmasını ifade etmektedir.

25 Ekim'de 13:00- 14:00 saatleri arasında yapılan ölçümlere göre Na₂SO₄ hariç her tuz kaynağının yüksek konsantrasyonlarında kontrol konusuna göre sıcaklık farklı oldukça fazladır. Başka bir deyişle söz konusu konularda bitki taç sıcaklık değerleri

kontrol konusuna göre çok daha yüksek ölçülmüştür. 8 Kasım'da bitki taç sıcaklıklarından elde edilen veriler değerlendirildiğinde her iki saat ölçümlerinden belirlenen sıcaklık farkları da istatistiksel olarak %1 olasılık seviyesinde önemli bulunmuştur. Her iki saatte de Na_2SO_4 hariç tüm tuzluluk uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farklarında artışlar belirlenmiştir.

Diğer ölçümlerde olduğu gibi söz konusu tarihte yapılan ölçümlere göre de en yüksek sıcaklık farkı T_3C_3 uygulamasında belirlenmiş olup 12:00-13:00 saatlerinde T_4 tuz kaynağı hariç tüm tuz kaynaklarında C_2 ve C_3 konsantrasyonlarının kontrol konusuna göre sıcaklık farkı yüksek olmuştur. Bu durum 13:00-14:00 ölçümlerinde hava sıcaklığının da artması ile T_1 ve T_3 tuz kaynaklarının C_2 ve C_3 konsantrasyonlarında, T_2 tuz kaynağının tüm konsantrasyonlarında ve T_4 tuz kaynağının C_2 konsantrasyonlarında belirlenmiştir. 22 Kasım da 12:00-13:00 ve 13:00-14:00 ölçümlerinde T_3C_1 , T_4C_1 ve T_4C_3 uygulamalarının kontrole göre sıcaklık farklılıkları arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Bununla birlikte her iki saatte de en yüksek sıcaklık farkı T_3C_3 uygulamasında belirlenmiş olup 12:00-13:00 saat aralığında T_1 ve T_2 tuz kaynaklarının yüksek konsantrasyonları ve T_3 tuz kaynağının C_2 konsantrasyonu; 13:00-14:00 saatleri arasında ise T_1 tuz kaynağının C_3 konsantrasyonu, T_2 tuz kaynağının C_2 ve C_3 konsantrasyonları T_3C_3 konusunda istatistiksel olarak bir farklılık göstermeyip aynı grupta yer almışlardır.

Karnabahar bitkisi brokoliden daha erken hasat olgunluğuna erişmiştir. Bu nedenle en son ölçüm 01 Aralık 2021 tarihinde hava şartlarından dolayı da sadece 13:00-14:00 saatleri arasında alınabilmiştir.



Şekil 4.4. Karnabahar bitkisinde 13:00-14:00 saatleri arası tuz uygulamalarının kontrol konusuna göre sıcaklık farklılıkları

Çizelge 4.6. Karnabahar bitkisinde farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin kontrol konusuna göre sıcaklık farkları (13:00-14:00)

Konu	04.10.2022	13.10.2022	25.10.2022	08.11.2022	22.11.2022	01.12.2022
T₀C₀	0.00	0.00	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
T₁C₁	-0.93	-0.65	-0.85 bd	-1.08 bd	-0.12 a	-1.28 bc
T₁C₂	-0.53	-1.58	-1.38 cf	-2.08 cf	-0.72 ad	-2.12 bf
T₁C₃	-0.53	-1.35	-1.45 df	-1.82 bf	-1.50 ef	-2.50 cf
T₂C₁	-0.20	-1.13	-0.65 b	-1.62 bf	-0.52 ac	-2.65 ef
T₂C₂	-0.37	-0.70	-1.52 ef	-2.00 bf	-1.20 cf	-2.93 f
T₂C₃	-1.15	-1.40	-1.38 cf	-2.20 ef	-1.35 df	-3.30 f
T₃C₁	-0.43	-1.05	-1.27 cf	-1.00 ab	-0.32 a	-1.42 be
T₃C₂	-0.72	-1.87	-1.68 f	-2.13 df	-1.13 be	-2.53 df
T₃C₃	-0.72	-1.23	-1.73 f	-2.62 f	-1.93 f	-2.85 f
T₄C₁	-0.75	-1.65	-1.57 ef	-1.35 be	-0.53 ac	-1.15 ab
T₄C₂	-0.23	-0.82	-1.00 be	-1.57 bf	-0.58 ac	-1.32 bd
T₄C₃	-1.07	-1.22	-0.78 bc	-1.07 bc	-0.42 ab	-1.13 ab
Önem düzeyi	öd	öd	**	**	**	**

** : %1 olasılık seviyesinde önemliliği göstermektedir. öd: İstatistiksel olarak önemsiz. Sütun boyunca verilen küçük harfler LSD çoklu karşılaştırma testine göre %5 önem seviyesinde ortalamaların karşılaştırmasını ifade etmektedir

Hasat zamanı yapılan termal kamera ölçümlerinde yetiştirme döneminin sonundaki düşük sıcaklık ve düşük solar radyasyon seviyelerine rağmen tüm tuzluluk uygulamalarında kontrol konusuna kıyasla sıcaklık farklarının daha da yükseldiği belirlenmiştir.

Brokoli de olduğu gibi karnabahar bitkisinde de tuzluluk konularının kontrol konusuna kıyasla sıcaklık farklarının en fazla T₃C₃, T₁C₃ ve T₂C₃ uygulamalarında meydana geldiği görülmektedir. Buna karşın T₄ tuz kaynağında her ne kadar kontrol konusuna göre sıcaklık farkı olsa da tuzluluk stresinden daha az etkilendiği anlaşılmaktadır. Bitkilerin taç sıcaklıkları ile ilgili elde edilen veriler diğer gelişim ve verim parametreleri ile de paralellik göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Son yıllarda küresel çapta yaşanan kuraklık, uluslararası alanda birçok birimi alarma geçiren iklim krizi nedeniyle doğal kaynakların etkin ve akılcı kullanılması gerektiği konusunda farkındalığı arttırmak için birçok çalışma yapılmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde canlılar için kullanılabilir olan suyun %70'inden fazlasının tarımsal üretimde kullanıldığı düşünüldüğünde, zaten sınırlı olan su kaynaklarının daha akılcı kullanılması tartışılmaz bir gerçektir. Bu kapsam da insanların içme kullanma olarak tüketemeyecekleri kalitedeki suların tarımda kullanılabilirliğine yönelik geçmişten günümüze oldukça fazla çalışma vardır. Bu çalışmalar gerek düşük kalitedeki suların bitki fizyolojisine, verimine yönelik gerekse toprak ve yeraltı sularına etkilerine yöneliktir. Bitkilerde meydana gelen fizyolojik değişimleri gözlemleyip inceleyebilmek adına birçok parametre değerlendirilmektedir. Bitkilerde stres durumunu, stresin etkilerini belirlenmeye yönelik çalışmalardan biri de uzaktan algılama çalışmalarıdır. Bu çalışmalarda gerek uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları gerekse yersel ölçümler kullanılmaktadır. Uzaktan algılama çalışmaları elektromanyetik spektrumun farklı dalga boyu aralıklarında ölçüm yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu dalga boyu aralıklarından biri de termal dalga boyudur. Gerek portatif olması gerekse kullanım kolaylığı açısından söz konusu dalga boyu bandından ölçüm yapan termal kameraların kullanımı günümüzde oldukça yaygınlaşmıştır. Termal kameralar kullanılarak bitki taç sıcaklıkları belirlenmekte ve meydana gelen sıcaklık farklarından yola çıkılarak bitki stres durumları tespit edilebilmektedir.

Yapılan bu çalışmada zengin vitamin ve mineral içerikleri nedeniyle ülkemizde tüketimleri hızla artmakta olan brokoli ve karnabahar bitkilerinin farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri altında bitki su tüketimleri, fizyolojik açıdan ve verim parametreleri yönünden nasıl bir değişim gösterdiği belirlenmeye çalışılmış ve termal kameradan elden edilen bitki taç sıcaklıkları değerlerinden yola çıkılarak bitkilerin stres durumu belirlenmeye çalışılmıştır.

Genel olarak brokoli bitkisinde Na_2SO_4 tuzunun Cl içerikli tuzlara göre daha yüksek verim değerleri elde edilmiştir. Ayrıca elde edilen termal kamera görüntülerinden yola çıkılarak brokoli bitkisinde yapılan kanopi sıcaklığı ölçümlerine göre her ne kadar tuzluluk düzeylerindeki artışa bağlı olarak kanopi sıcaklarındaki artış gözlemlense de bu sıcaklık farklılıkları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte, sonraki haftalarda tuzluluk uygulamaları ile kontrol konusu arasındaki sıcaklık farklılıkları istatistiksel olarak da önemli çıkarak brokoli bitkisinin stres etkileri net bir şekilde belirlenebilmiştir. Bu kapsamda denemede brokoli bitkisinin tuzluluk stresine etkisi ilk sulama uygulaması ile ortaya çıkmamakla birlikte bu etki baş (meyve) tutum döneminden sonra daha net bir şekilde belirlenebilmiştir. Karnabahar bitkisinde ise taç sıcaklıklarındaki değişim daha erken dönemde belirlenebilmiştir. Bu durum karnabaharın tuzluluk stresine brokoliden daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Her iki bitki de de NaCl içerikli tuz kaynağının 9.0 dS/m'lik tuz konsantrasyonunda kanopi sıcaklıkları kontrol konusuna göre belirgin bir artış göstererek yüksek sıcaklık farkı elde edilmiştir. Her iki bitki de de artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak kanopi sıcaklıklarında belirlenen artış bitkilerin tuzluluk stresinin bir etkisi olarak su stresi çekmesinden kaynaklanmaktadır.

Çalışmada elde edilen bulgular neticesinde termal kameraların tuzluluk stresinin etkilerini belirlemede gerek kullanım kolaylığı açısından gerekse noktasal değil alansal bazda veri sağlaması nedeniyle çok daha hassas analizler yapılacağından güvenle kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Abbas, A. Khan, S. Hussain, N. Hanjra, M. A. & Akbar, S. (2013). Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach. *Physics and Chemistry of the Earth*, 55–57, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2010.12.004>
- Abdelly, C., Barhoumi, Z., Ghnaya, T., Debez, A., Ben Hamed, K., Ksouri, R., ... & Grignon, C. (2006). Potential utilisation of halophytes for the rehabilitation and valorisation of salt-affected areas in Tunisia. In *Biosaline agriculture and salinity tolerance in plants* (pp. 163-172). Birkhäuser Basel.
- Alem, C., Labhilili, M., Brahmi, K., Jlibene, M., Nasrallah, N., & Filali-Maltouf, A. 2002. Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. *Comptes Rendus Biologies*, 325(11), 1097-1109.
- Altun, M. 2017. Fertigasyon Tekniği ile Organik ve Kimyasal Gübre Uygulamalarının Brokolinin (*Brassica oleracea* L. var *italica*) Verim ve Kalitesi Üzerine Etkinliğinin Belirlenmesi. Namık Kemal Üniv. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi.
- Allen, R. D. (1995). Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. *Plant physiology*, 107(4), 1049.
- Anonim 1. <https://www.adc.co.uk/wp-content/uploads/2019/08/CCM200plus.pdf> Erisim tarihi: 18 Mart 2022.
- Anonim 2. <https://ictinternational.com/content/uploads/2014/03/sc1.pdf> Erişim tarihi: 22 Nisan 2022
- Anonim 3. <https://static-int.testo.com/media/8d/23/55364e9a2ba1/testo-882-Instruction-manual.pdf> TESTO 882 Kullanma Kılavuzu. Erişim tarihi: 22 Nisan 2022
- Anonim, 2011. MEGEP. Brokkoli yetiştiriciliği. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Brokkoli%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf Erişim tarihi:15.08.2021
- Ashraf, M. (2004). Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199(5), 361-376.
- Ashraf, M. P. J. C., & Harris, P. J. C. (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant science*, 166(1), 3-16.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1985. Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage paper N°29. <https://doi.org/ISBN 92-5-102263-1>
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1198, Ders Kitabı No: 344, Ankara.
- Batool, A., Ashraf, M., Akram, N.A. and Quarainy, F.A. (2013). Salt induced changes in the growth, key physicochemical and biochemical parameters, enzyme activities, and levels of non enzymatic anti-oxidants in cauliflower (*Brassicaoleracea* L.), *Journal of Horticultural Science&Biotechnology* 88 (2) 231–241.
- Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Particle density. *Methods of soil analysis: Part 1 physical and mineralogical methods*, 5, 377-382.

- Bolat İ. ve Kara Ö. (2017). Bitki Besin Elementleri: *Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları*. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 2017, 19 (1): 218-228
- Bouyoucos, J. V. (1955). Self-excited hydrodynamic oscillators. HARVARD UNIV CAMBRIDGE MA ACOUSTICS RESEARCH LAB.
- Briens, M., & Larher, F. (1982). Osmoregulation in halophytic higher plants: a comparative study of soluble carbohydrates, polyols, betaines and free proline. *Plant, Cell & Environment*, 5(4), 287-292.
- Büyüктаş, D. Karaca, C. Aydınşakir, K. Baştuğ, R., & Ödemiş, B. (2020). Su kaynakları ve sulama teknolojilerinin mevcut durumu ve gelişme potansiyeli. *Yeni Türkiye Tarım Politikaları Özel Sayısı-II*, 114, 39–57.
- Calvet, R. (2003). *Le sol: propriétés et fonctions. Phénomènes physiques et chimiques, applications agronomiques et environnementales* (Vol. 2). France Agricole Editions.
- Chinnusamy, V., Schumaker, K., & Zhu, J. K. (2004). Molecular genetic perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. *Journal of experimental botany*, 55(395), 225-236.
- Civelek, C. (2017). Bakteri ve farklı gübre kombinasyonlarının karnabahar (*Brassica oleracea* L. var. botrytis)da bitki gelişimi, verim ve kalite özelliklerine etkileri.
- Çalışan, M., Türkoğlu, İ., (2011). Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, in: *Termal Kameralar ve Uygulamaları*. *Elazığ*, pp. 46–50
- Çamoğlu, G., & Genç, L. (2013). Taze Fasulyede Su Stresinin Belirlenmesinde Termal Görüntülerin ve Spektral Verilerin Kullanımı. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1), 15–27.
- Çavuşoğlu, M. C. (2012). Farklı dozda tuz içeren sulama sularının bazı sebze fidelerinin gelişimi üzerine etkisi (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Doğru, A. ve Canavar, S., 2020. Bitkilerde tuz toleransının fizyolojik ve biyokimyasal bileşenleri. *Academic Platform Journal of Engineering and Science* 8:(1), 155-174
- Durand, J. H. (1958). *Les sols irrigables; etude pédologique* (No. 631.47 D8).
- Esmaili, A., Poustini, K., Ahmadi, H., & Abbasi, A. (2017). Use of IR thermography in screening wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for salt tolerance. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(2), 161-170.
- FAO, (1998). Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements, in: FAO Irrigation and Drainage Paper 56.
- FAO, (2013). Agriculture Statistics (<http://www.fao.org/faostat/en/#home>).
- FAO, ITPS, (2015). Status of the World's Soil Resources Main report. Rome.
- FAO. (2009). How to Feed the World in 2050. Insights from an Expert Meeting at FAO, 2050(1), 1–35. <http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-forum/en/>
- FAOSTAT, (2019). Food and Agriculture Organization Coporate Statistical Database <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL>

- François, A. (2008). Semantic maps and the typology of colexification. *From polysemy to semantic change: Towards a typology of lexical semantic associations*, (106), 163.
- Gadallah, M. A. A. (1999). Effects of proline and glycinebetaine on *Vicia faba* responses to salt stress. *Biologia plantarum*, 42(2), 249-257.
- Ghazouani, H., Capodici, F., Ciraolo, G., Maltese, A., Rallo, G., Provenzano, G., 2017. Potential of thermal images and simulation models to assess water and salt stress: Application to potato crop in central Tunisia. *Chem. Eng. Trans.* <https://doi.org/10.3303/CET1758119>
- Giuffrida, F., Scuderi, D., Giurato, R., & Leonardi, C., 2013. Physiological response of broccoli and cauliflower as affected by NaCl salinity. In *VI International Symposium on Brassicas and XVIII Crucifer Genetics Workshop 1005* (pp. 435-441).
- Guerrier, G. (1984). Relations entre la tolérance ou la sensibilité à la salinité lors de la germination des semences et les composantes de la nutrition en sodium. *Biologia plantarum*, 26(1), 22-28.
- Gutterman, Y. (1994). Strategies of seed dispersal and germination in plants inhabiting deserts. *The botanical review*, 60(4), 373-425.
- Güvenç, İ. (2016). *Sebzecilik: Temel Bilgiler Muhafa ve Yetiştiricilik Kitabı*, S:438 ISBN 978-605-83781-3-1.
- Hackl, H., Baresel, J. P., Mistele, B., Hu, Y., & Schmidhalter, U. (2012). A comparison of plant temperatures as measured by thermal imaging and infrared thermometry. *Journal of agronomy and crop science*, 198(6), 415-429. 429.
- Hajji, M. (1980). La responsabilité de la racine dans la sensibilité du Laurier-rose au chlorure de sodium.
- Hamza, M. (1980). Réponse des végétaux a la salinité physiologie végétal
- Haouala, F., Ferjani, H., & El Hadj, S. B. (2007). Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *BASE*.
- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., & Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual review of plant biology*, 51(1), 463-499.
- Hayward, H. E., & Bernstein, L. (1958). Plant-growth relationships on salt-affected soils. *The Botanical Review*, 24(8), 584-635.
- Hillel, D. (2000). *Salinity management for sustainable irrigation: integrating science, environment, and economics*. World Bank Publications.
- Hu, Y., Fricke, W., & Schmidhalter, U. (2005). Salinity and the growth of non-halophytic grass leaves: the role of mineral nutrient distribution. *Functional Plant Biology*, 32(11), 973-985.
- 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*, 231(111260), 1–23.

- Jackson, R.D., 1982. Canopy Temperature and Crop Water Stress. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-024301-3.50009-5>
- James, R. A., & Sirault, X. R. R. (2012). Infrared thermography in plant phenotyping for salinity tolerance. *Methods in Molecular Biology*, 913(May 2014), 173–189.
- Jamil, M., Lee, C.C., Rahman, S.U., Lee, D.B., Ashraf, M. And Rha, E.S. (2005). Salinity (NaCl) Tolerance of Brassica Species at Germination and Early Seed ling Growth. *Electronic Journal Of Environmental Agricultural And Food Chemistry*. ISSN: 1579-4377.
- Jones, H.G., Stoll, M., Santos, T., Sousa, C.D., Chaves, M.M., Grant, O.M., 2002. Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: Application to grapevine. *J. Exp. Bot.* <https://doi.org/10.1093/jxb/erf083>
- Kanber, R., Ünlü, M. 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 281. Adana.
- Karaca, C. (2020). No Title. Örtü altında Yaygın Olarak Yetiştirilen Bitkilerin Su Tüketimlerinin Enerji Dengesi Yöntemi İle Belirlenmesi. 228 S.
- Khan, M. A., Gul, B., & Weber, D. J. (2001). Seed germination characteristics of Halogeton glomeratus. *Canadian Journal of Botany*, 79(10), 1189-1194.
- Klute, A., (1986). Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, ASA and SSSA, in: *Water Retention: Laboratory Methods*. pp. 635–662.
- Koike, M. Sugimoto, M. Aiuchi, D. Nagao, H. Shinya, R. Tani, M. And Kuramochi, K. (2007). Reclassification of Japanese isolate of Verticillium lecaniitoLecanicillium spp. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool*, 51: 234–237.
- 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. Hortic.* 270, 1–10.
- Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G., Berthomieu, P., Fourcroy, P., & Casse-Delbart, F. (1995). Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*, 4(4), 263-273.
- Levitt, J. (1980). *Responses of Plants to Environmental Stress, Volume 1: Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses*. Academic Press.
- Lopez-Berenguer, C., Martínez-Ballesta, M. D. C., Moreno, D. A., Carvajal, M., & Garcia-Viguera, C. (2009). Growing hardier crops for better health: salinity tolerance and the nutritional value of broccoli. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(2), 572-578.
- Maas, E. V. Hoffman, G.J. (1977). Crop salt tolerance - current assessment. *J. Irrig. Drain.* 103, 115–134.
- Maillard, J. (2001). Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. *Risques et recommandations. Handicap International*, 34.
- Mercado, A. , & Gisser, M.(1973). Economic aspects of ground water resources and replacement flows in semiarid agricultural areas. *American Journal of Agricultural Economics*, 55(3), 461-466.

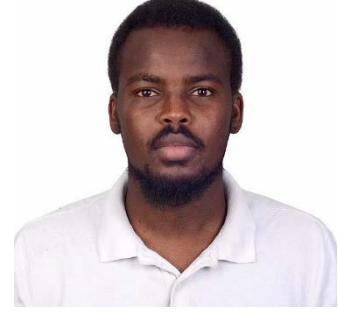
- Meyer, W. S. Reicosky, D. C., & Schaefer, N. L. (1985). Errors in field measurement of leaf diffusive conductance associated with leaf temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*, 36(1), 55–64. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(85\)90065-6](https://doi.org/10.1016/0168-1923(85)90065-6)
- Munns, R., & Rawson, H. M. (1999). Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Functional Plant Biology*, 26(5), 459-464.
- Munns, R., Greenway, H., & Kirst, G. O. (1983). Halotolerant eukaryotes. In 'Physiological Plant Ecology. III. Responses to the Chemical and Biological Environment'. (Eds OL Lange, CB Osmond, PS Nobel and H. Zeigler.) Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Vol. 12C.
- Munns, R., James, R. A., Islam, A. K. M. R., Malik, A. I., & Colmer, T. D. (2008). Sodium excluding genes from durum wheat and sea barleygrass improve sodium exclusion of bread wheat.
- Nimbalkar, J. D., & Joshi, G. V. (1975). Photosynthesis and mineral metabolism in senescent leaves of sugarcane var. Co. 740 (India). *Indian Agriculturist*.
- Örs, S. ve Ekinçi, M. 2015. Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. *Derim*, 32 (2):237:250
- Özkan, B. (2019). Farklı sulama suyu tuzluluğunun karnabahar (*Brassica oleracea* L.) bitkisinin büyüme ve verim parametreleri üzerine etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Öztekin, T. ve Cömert M. M., 2013. İşlenmiş ve İşlenmemiş Arazi Koşullarında İkinci Ürün Karnabaharın (*Brassica oleraceae* var. Botrytis) Bitki Su Tüketimi. Gaziosamanpaşa Üniv. BAP Sonuç Raporu, Proje No: 2011/72, Tokat.
- Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and environmental safety*, 60(3), 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.
- PRB (2020). The world population Data Sheet. PRB Informing a Smarter World. Washington. 22 p.
- Price, A. H., & Hendry, G. A. F. (1991). Iron-catalysed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. *Plant, Cell & Environment*, 14(5), 477-484.
- Rhoades, J. D. & Corwin, D. L. (1982). An improved technique for determining soil electrical conductivity-depth relations from above ground electromagnetic measurements. *Soil Science Society of America Journal*, 46(3), 517-520.
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of. *Saline and Alkali Soils. Handbook*, 60.
- Sankaky, (1986). Loi sur les agences de travail intérimaire (Assouplissement des interdictions concernant cette formed'emploi).
- Servant, J. (1973). Le profil salin des sols. Méthodes d'étude et signification: application aux sols halomorphes du Midi de la France. *Ann. Agro.* 24.3, 392 p.

- Shahbaz, M. Ashraf, M. Al-Quarainy, F. and Harris, P. J. . (2012). No Title Salt Tolerance in Selected Vegetable Crops. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 31:4, 303–320.
- Sharma, M. L. (1973). Simulation of Drought and Its Effect on Germination of Five Pasture Species 1. *Agronomy Journal*, 65(6), 982-987.
- Sirault, X. R., James, R. A., & Furbank, R. T. (2009). A new screening method for osmotic component of salinity tolerance in cereals using infrared thermography. *Functional Plant Biology*, 36(11), 970-977.
- Snoussi, Halitim (1998). Valorisation des eaux salines pour la nutrition minerale des plantes cultivées. Etude et gestion des sols, pp289- 298.
- Song, J. I. E., Feng, G. U., Tian, C., & Zhang, F. (2005). Strategies for adaptation of Suaeda physophora, Haloxylon ammodendron and Haloxylon persicum to a saline environment during seed-germination stage. *Annals of Botany*, 96(3), 399-405.
- Sytar, O. Brestic, M., Zivcak, M., Olsovska, K., Kovar, M., Shao, H., & He, X. (2017). Applying hyperspectral imaging to explore natural plant diversity towards improving salt stress tolerance. *Science of the Total Environment*, 578(August 2016), 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.014>
- Şalk, A. Arın, L. Deveci, M. Polat, S. (2008). Özel Sebzeçilik. Namık Kemal Üniversitesi, ZiraatFakültesi, Tekirdağ.
- Tang, X. Mu, X. Shao, H. Wang, H. Brestic, M. (2015). No Title. Global Plant Responding Mechanisms to Salt Stress: Physiological and Molecular Levels and Implications in Biotechnology. *Crit. Rev. Biotechnol.* 35, 4.
- Teulat, B. Monneveux, P. Wery, J. Borries, C. Souyris, I. Charrier, A. &This, D. (1997). Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley: a QTL study. *New Phytologist*, 137(1), 99-107.
- TTSM, (2015). Standart Tohumluk Kayıt Listesi (Sebze Çeşitleri) (<http://www.tarim.gov.tr>).
- TÜİK, (2014). Dış Ticaret İstatistikleri ([https://biruni.TÜİK.gov.tr/ dis ticare-tapp/menu.zul](https://biruni.TÜİK.gov.tr/dis_ticare-tapp/menu.zul)).
- TÜİK, (2015). Bitkisel Üretim İstatistikleri (http://www.TÜİK.gov.tr/bitki_selapp/bitkisel.zul).
- Vural H, Eşiyok D, Duman Ğ (2000). Kültür Sebzeleri; (142). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Bornova-İzmir.
- YAVAŞ, İ., & İLKER, E. (2020). Çevresel Stres Koşullarına Maruz Kalan Bitkilerde Fotosentez ve Fitohormon Seviyelerindeki Değişiklikler. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 9(2), 295-311.
- Zhu, S., Zhang., X., Luo, T., Liu, Q., Tang, Z. And Jing, Z. (2011). Effects of NaCl stress on seed germination, early seedling growth and physiological characteristics of cauliflower (Brassicaoleracea L. var. botrytis L.) Key Laboratory of CropB reeding in South Zhejiang, Wenzhou Academy of Agricultural Science, WenzhouVocatio-nal College of Science and Technology, Wenzhou 325006,

Zhejiang P. R. China. *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(78), pp. 17940-17947.

ÖZGEÇMİŞ

MAHAMAT ABDOULAYE ALIFA
mahamatabdoulayealifa@yahoo.fr



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019-2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Antalya, TÜRKİYE
Lisans 2014-2018	ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES TRAVAUX PUBLICS AGRICULTURAL ENGINEERING NDJAMENA , CHAD