

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**MULTİSPEKTRAL KAMERALAR KULLANARAK BROKOLİ BİTKİSİNDE
TUZLULUK STRESİNİN BELİRLENME OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI**

Ahmed Mubarak AHMED

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

**HAZİRAN 2022
ANTALYA**

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**MULTİSPEKTRAL KAMERALAR KULLANARAK BROKOLİ BİTKİSİNDE
TUZLULUK STRESİNİN BELİRLENME OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI**

Ahmed Mubarak AHMED

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

HAZİRAN 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MULTİSPEKTRAL KAMERALAR KULLANARAK BROKOLİ (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) BİTKİSİNDE TUZLULUK STRESİNİN BELİRLENME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Ahmed Mubarak AHMED

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez 10/06/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN (Danışman)

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Sema KALE ÇELİK

ÖZET

MULTİSPEKTRAL KAMERALAR KULLANARAK BROKOLİ (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) BİTKİSİNDE TUZLULUK STRESİNİN BELİRLENME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Ahmed Mubarak AHMED

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN

Haziran 2022; 42 sayfa

Bu çalışmada farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyeleri altında brokoli bitkisinin bazı fizyolojik özellikleri (klorofil içeriği indeksi, stoma iletkenliği), verim bileşenleri ve multispektral kameraların tuzluluk stresinin belirlenmesinde kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma 2021 yılı güz yetiştirme döneminde Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında bulunan plastik serada lizimetre tipi saksılarda yürütülmüştür. Araştırmada, kontrol konusu, 4 tuz kaynağı (CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl ve Na_2SO_4) x 3 tuzluluk düzeyi (3.0, 6.0 ve 9.0 dS/m) x 3 tekerrür olmak üzere toplam 39 adet saksı bulunmaktadır. Bitki gelişim periyodu boyunca bitki boyları, bitkinin stoma iletkenliği, yaprak klorofil içeriği indeksi ve multispektral kamera ölçümleri yapılmıştır. En yüksek verim kontrol (C_0) konusunda belirlenirken tuz konsantrasyonlarının artışları ile brokoli bitkisinin klorofil içeriği indeksi, stoma iletkenliği, bitki boyu ve bazı verim parametrelerinde azalmalar meydana gelmiştir. Çalışmada farklı tuz kaynaklarının meyve yaş ve kuru ağırlıkları ve meyve çaplarında etkili olduğu belirlenmiştir. Söz konusu parametreler için en yüksek değerler SO_4^{2-} içeren Na_2SO_4 (TK4) tuz kaynağında belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada multispektral kameralar kullanılarak elde edilen NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) değerlerinin artan tuzluluk stresi ile birlikte azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiş olup, NDVI değerleri kullanılarak verim parametrelerinin kabul edilebilir doğrulukta tahmin edilebileceği sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELE: Tuzluluk stresi, vejetasyon indeksleri, multispektral kamera

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Sema KALE ÇELİK

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY TO DETERMINE SALT STRESS IN BROCOLI (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) USING MULTISPECTRAL CAMERAS

Ahmed Mubarak AHMED

Master Thesis in Farm Structures and Irrigation

Supervisor: Asist. Prof. Dr. Gülçin Ece ASLAN

June 2022; 42 pages

In this study, it was aimed to determine evapotranspiration, plant growth and yield parameters, and usability of multispectral cameras under different salinity concentrations and salt sources of broccoli plants. The study was carried out in lysimeter-type pots in a plastic greenhouse located in the experimental area of the Faculty of Agriculture at the Akdeniz University in the fall growing season of 2021. In the study, there were 39 pots, including 4 different salt sources (CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl and Na_2SO_4), 3 different salinity levels (3.0, 6.0 and 9.0 dS/m) and 3 replications, together with the control treatments. During the growing period, plant height, stomatal conductivity, leaf chlorophyll content index, and multispectral camera measurements were performed. While the highest yield was determined for control treatment (C_0), increasing salt concentrations caused a decrease in the chlorophyll content index, stomatal conductivity, plant height, and some yield parameters. Research results showed that different salt sources affect fruit fresh and dry weights, and fruit diameters differently. The highest values for these plant parameters occurred in the Na_2SO_4 (TK_4) treatment containing SO_4^{2-} . In addition, this research showed that increased salinity stress caused a decrease in the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) values obtained using multispectral cameras that the NDVI values yield parameters could be estimated with acceptable accuracy.

KEYWORDS: Salinity stress, vegetation index, multispectral cameras

COMMITTEE: Asist. Prof. Dr. Gülçin Ece ASLAN

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Sema KALE ÇELİK

ÖNSÖZ

Genel olarak tuz stresinin bitkilerde bazı morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler özellikleri baskıladığı ve su potansiyelindeki dengeyi bozduğu bilinmektedir. Söz konusu bu değişiklikler doğrudan bitkinin enerji kullanımı ile ilgilidir ve elektromanyetik spektrumun farklı dalga boyu bölgelerinde farklı yansımalar olarak kendini gösterir. Bitki büyümesini ve gelişimini tahribatsız bir şekilde izlemek için, bitki örtüsünden yansıyan kırmızı ve yakın kızılötesi enerji miktarını karşılaştırmak yaygın bir yaklaşımdır.

Araştırmanın başlangıcından sonuna kadar her aşamasında bilgi ve deneyimi ile bu araştırmanın yapılmasını mümkün kılan değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN'a ve istatistik analizleri her türlü bana yardım eden değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Cihan KARACA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Araştırmanın yürütülmesi sırasında hem sera hem de laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Yüksek Lisans arkadaşlarım Alifa MAHAMAT, Osman ALASAD, Mehmet KIYAR, Yasın Mohamed IBRAHİM, Fathi Ali MOHAMED ve Süleyman ŞEHİR'e şükranlarımı sunarım.

Son olarak Somali'den Türkiye/Antalya'ya gelmemi teşvik eden, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme ve Türkiye'de Yüksek Lisans yapmam için burs imkânı sağlayan Yurt Dışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığına (YTB) teşekkürlerimi borç bilirim. Ayrıca hayatım boyunca manevi ve maddi desteklerini bir an bile esirgemeyen canım annem Halimo Abdi FARAH'a, babam Mubarak Ahmed OMAR'a ve kardeşlerime teşekkürlerimi borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Tuzluluk ile İlgili Genel Bilgiler	3
2.2. Brokoli Bitkisi ile İlgili Genel Bilgiler	4
2.3. Uzaktan Algılama ile İlgili Genel Bilgiler	7
2.4. Tuzluluk Stresi Etkilerinin Uzaktan Algılama Teknikleri ile Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar	8
3. MATERYAL VE METOT	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Deneme alanı ve toprak özellikleri	12
3.1.2. İklim özellikleri.....	12
3.1.3. Bitkisel Materyal.....	13
3.2. Metot	14
3.2.1. Arazi işlemleri ve denemenin kurulması.....	14
3.2.2. Sulama uygulamaları.....	15
3.2.3. Bitkide yapılan gözlem ve ölçümler	16
3.2.4. İstatistiksel analizler.....	18
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	19

4.1. Farklı Tuz Kaynakları ve Tuzluluk Seviyelerinin Bitki Su Tüketimi, Yıkama Oranı ve Toprak Elektriksel İletkenliğine Etkileri	19
4.2. Farklı Tuz Kaynakları ve Tuzluluk Seviyelerinin Brokolinin Bitki Gelişim Parametreleri Üzerine Etkisi	21
4.2.1. Bitki boyu.....	21
4.2.2. Klorofil içeriği indeksi	22
4.2.3. Stoma iletkenliği	24
4.3. Farklı Tuz Kaynakları ve Tuzluluk Seviyelerinin Brokolinin Verim Parametreleri Üzerine Etkisi	25
4.3.1. Meyve çapı	25
4.3.2. Meyve yaş ağırlık.....	27
4.3.3. Meyve kuru ağırlık.....	28
4.3.4. Meyve kuru madde miktarı	29
4.3.5. Toprak üstü biomas	31
4.4. Farklı Tuz Kaynakları ve Tuzluluk Seviyelerinin NDVI'a Etkisi	32
5. SONUÇLAR	36
6. KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Multispektral Kameralar Kullanarak Brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) Bitkisinde Tuzluluk Stresinin Belirlenme Olanaklarının Araştırılması” adlı bu çalışmanın akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, Bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

10/06/2022

Ahmed Mubarak AHMED



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

CaCl ₂	: Kalsiyum klorür
dS/m	: Desisimens/metre
gr	: Gram
Ha	: Hektar
kg	: Kilogram
L	: Litre
m ³	: Metre küp
MgCl ₂	: Magnezyum klorür
mm	: Millimetre
Na ₂ SO ₄	: Sodyum sülfat
NaCl	: Sodyum klorür
MgCl ₂	: Magnezyum klorür
mlg	: Miligram
mM	: Milimol
R ²	: Determinasyon katsayısı
ρ _w	: Suyun yoğunluğunu

Kısaltmalar

CCI	: Bitki Klorofil Konsantrasyon İndeksi
CWSI	: Bitki Su Stres İndeksi
EC	: Elektriksel İletkenlik
ET	: Evapotranspirasyon
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
HA	: Hacim ağırlığı
IWUE	: Sulama suyu kullanım randımanı
NDVI	: Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi
NIR	: Yakın kızılötesi
R	: Kırmızı
RE	: Kırmızı Eşik
SI	: Tuzluluk İndeksi

SN	: Solma noktası
SR	: Basit Oran
WDI	: Su Eksikliği İndeksi
WI	: Su indeksi
WUE	: Su kullanım randımanı
YSP	: Yaprak Su Potansiyeli
TK	: Tarla kapasitesi
TD	: Tuzluluk düzeyi
AW _s	: Sulamada saksılara verilen sulama suyu miktarını
ABA	: Absisik asit
GSL	: Toplam glukozinat
LF	: Yıkama oranı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme alanı	12
Şekil 3.2. Denemede kullanılan bitkisel materyal	13
Şekil 3.3. Lizimetre topraklarının tarla kapasitelerinin belirlenmesi (a) ve fide dikimi (b)	14
Şekil 3.4. Bitkilerde yapılan ölçümler	16
Şekil 3.5. Bitkilerde gerçekleştirilen multispektral kamera çekimleri.....	17
Şekil 4.1. Tuz kaynaklarına (TK ₁ (CaCl ₂) (a), TK ₂ (MgCl) (b), TK ₃ (NaCl) (c) ve TK ₄ (Na ₂ SO ₄) (d)) göre brokoli bitki boyundaki (cm) zamansal değişimler.....	21
Şekil 4.2. Tuz kaynaklarına (TK ₁ (CaCl ₂) (a), TK ₂ (MgCl) (b), TK ₃ (NaCl) (c) ve TK ₄ (Na ₂ SO ₄) (d)) göre klorofil içeriği indeksiindeki (CCI) zamansal değişimler	23
Şekil 4.3. Tuz kaynaklarına (TK ₁ (CaCl ₂) (a), TK ₂ (MgCl) (b), TK ₃ (NaCl) (c) ve TK ₄ (Na ₂ SO ₄) (d)) göre stoma iletkenliğindeki (mmol/m ²) zamansal değişimler.....	24
Şekil 4.4. Farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarının meyve çaplarına etkisi.....	26
Şekil 4.5. Farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarının meyve yaş ağırlıklarına etkisi	27
Şekil 4.6. Farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarının meyve kuru ağırlıklarına etkisi	29
Şekil 4.7. Farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarının bitki kuru madde miktarına etkisi.....	30
Şekil 4.8. Farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarının bitki biomasına etkisi	31
Şekil 4.9. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin NDVI'a etkisi.....	33
Şekil 4.10. NDVI'ın bazı verim parametreleri ile ilişkilendirilmesi	34

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	12
Çizelge 3.2. Antalya Bölge İstasyonuna ait çalışma dönemine ait ortalama iklim verileri	13
Çizelge 3.3. Denemede kullanılan tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri.....	15
Çizelge 4.1. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin mevsimlik bitki su tüketimlerine (mm/mevsim) etkisi	19
Çizelge 4.2. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin yıkama oranına etkisi	20
Çizelge 4.3. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin toprak tuzluluğuna etkisi	20
Çizelge 4.4. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitki boyuna etkisi	22
Çizelge 4.5. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin klorofil içeriği indeksine (CCI) değerlerine etkisi	23
Çizelge 4.6. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin stoma iletkenliğine etkisi	25
Çizelge 4.7. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin meyve çaplarına etkisi	26
Çizelge 4.8. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin meyve yaş ağırlıklarına etkisi	27
Çizelge 4.9. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin meyve kuru ağırlıklarına etkisi	29
Çizelge 4.10. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin meyve kuru madde miktarına (%) etkisi	30
Çizelge 4.11. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitki biomasına etkisi	32
Çizelge 4.12. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin NDVI'a etkisi.....	33

1. GİRİŞ

Tuzluluk üzerine yapılan çalışmalarda bilimsel yaklaşım, tuzluluğun tüm canlılar üzerindeki etkisinin anlaşılmasını sağlamak ve canlılığın tuzluluktan ne kadar etkilenmediğini ortaya koymaktır. Tarihte, yaşamları tarıma bağlı olan sayısız medeniyetin, toprağın tuzluluğunun artması nedeniyle yok edildiği hatırlatılır. Dünyanın tüm ülkelerinde olduğu gibi Türkiye de su kaynaklarının azalması, kuraklık, çölleşme ve buna bağlı ekolojik bozulma ile karşı karşıyadır. Kurak ve yarı kurak alanların genişlemesinin yanı sıra küresel iklim değişikliği, kuraklığın süre ve şiddetinde artışa neden olmakta, çölleşme, tuzlanma ve erozyonu tetikleme riskini taşımaktadır (Türkeş 2012).

Uygulanan son teknoloji sürdürülebilir çiftlik yönetim tekniklerine rağmen, tuzluluk nedeniyle tarım dışı alanlar oldukça fazladır. Türkiye'de yaklaşık 1.5 milyon hektarlık arazide tuzluluk ve alkalilik sorunları bulunmaktadır. Söz konusu sorunlu alanlar, sulamaya uygun arazilerin yaklaşık %32.5'ine denk gelmektedir (Ekmekçi vd. 2005). Bu nedenle sürdürülebilir bir yaşam için bu sorunların kontrol altına alınması, sodyumlu ve tuzlu toprakların ve su kaynaklarının en azından tarımsal amaçlarla kullanılmasının yeni yollarının bulunması hayati ve acildir (Kurunç vd. 2011).

Genel olarak tuz stresinin bitkilerde bazı morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler özellikleri baskıladığı (Mansour vd. 2000; Munns, 2002; Tester, 2003) ve su potansiyelindeki dengeyi bozduğu bilinmektedir (Greenway ve Munns 1980; Lopez-Berenguer vd. 2009). Söz konusu bu değişiklikler doğrudan bitkinin enerji kullanımı ile ilgilidir ve elektromanyetik spektrumun farklı dalga boyu bölgelerinde farklı yansımalar olarak kendini gösterir. Bitki büyümesini ve gelişimini tahribatsız bir şekilde izlemek için bitki örtüsünden yansıyan kırmızı ve yakın kızılötesi enerji miktarını karşılaştırmak yaygın bir yaklaşımdır (Feder ve Tanner 1966).

Farklı dalga boylarında gelen ve yansıyan ışık miktarları, vejetatif indeksler olarak bilinen farklı çevresel ve fizyolojik parametrelere duyarlı çeşitli oranlar geliştirmek amacıyla kullanılmıştır. Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI), basit oran (SR) gibi indeksler bu çalışmalarda yaygın olarak kullanılan indekslerden bazılarıdır. NDVI, yakın kızılötesi (NIR) ve görünür bölgede kırmızı dalga boylarının farkları ve toplamalarının oranlanmasıyla bitki örtüsü yoğunluğunu incelemek için oluşturulmuş bir indekstir. Bitki indekslerinin en basit şekli olarak bilinen basit oran indeksi NIR ve kırmızı dalga boyları arasında var olan ters ilişkiden yola çıkarak bitki örtüsüne ilişkin bazı bilgilerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Söz konusu indekslerden yararlanarak genel bitki sağlığı, bitki örtüsü yoğunluğu, toplam biyokütle, klorofil içeriği gibi bazı bitki örtüsü özelliklerini değerlendirilebilmektedir (Sönmez vd. 2015). Bu indeksler bitki gelişimlerinin izlenmesinde kullanıldığı gibi stres durumlarının tespitinde de başarılı sonuçlar vermektedir.

Bu çalışmada materyal olarak kullanılan brokoli, ülkemizde ticari olarak 1990 yılından itibaren yetiştirilmeye başlayan brokolinin kökeni Eski Roma tarihine kadar gitmektedir. Ana vatanı Akdeniz Bölgesi olarak kabul edilen brokolinin yeşil çiçek taslakları olgunlaşmamış haline Calabrese adı verilmektedir. İtalya'da bir bölgenin adı olan Calabrese tanımından dolayı birçok araştırmacı brokoli anavatanının İtalya olduğunu ileri sürmektedir (Doğru Murat vd. 2016). Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2004

yılı öncesi brokoli üretimine ilişkin istatistiki veri bulunmamakla birlikte son yıllarda brokoli üretiminde önemli artışlar yaşanmaktadır. Türkiye’de 2004 yılında 3600 da’ da 6500 ton olan brokoli üretimi her yıl katlanarak artış göstermiş 2021 yılında yaklaşık 50 bin da’da 104 614 ton seviyelerine çıkmıştır (TÜİK 2022). Besin değeri oldukça yüksek olan brokoli bitkisinin, antibiyotik (antifungal, antibakteriyel, anti-helicobacter pylori) özelliğinin olduğu, kolesterol düşürme ve diyabet hastalıklarından meydana gelen komplikasyonları önleyici etkileri olduğu ortaya konulmuştur (Anonim 1). Brokoli bitkisinin tüm bu özellikleri doğrultusunda tüketiminin artması üretim miktarını da etkilemiş ve yıldan yıla gerek ekilen alan gerekse üretim miktarında ciddi bir artış gözlenmiştir. Bu nedenle brokoli bitkilerin üzerine yapılan çalışmaların artması kaçınılmazdır.

Bu çalışma ile yüksek besin değeri ve antikanserojen özellikleriyle ülkemizde üretim ve tüketimi hızla artan brokoli bitkisinin farklı tuz kaynakları (CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl , Na_2SO_4) ve tuzluluk seviyeleri (0.6, 3.0, 6.0, 9.0 dS/m) altında bitki su tüketimleri, bitki boyu, klorofil içeriği indeksi (CCI) ve stoma iletkenlikleri ve meyve çapı, % kuru madde miktarları, meyve yaş ve kuru ağırlıkları, toprak üstü biyomas gibi bazı verim bileşenlerinin değerlendirilmesi, ayrıca multispektral kameralar yardımı ile hesaplanan NDVI değerleri ile brokoli bitkisinde tuzluluk stresi etkisinin belirlenme olanaklarının değerlendirilmesi ve konu ile ilgili literatürdeki eksiklikler giderilmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Tuzluluk ile İlgili Genel Bilgiler

Tarımsal üretimde en büyük sorunlardan birisi tarım topraklarının farklı nedenlerle tuzlanmasıdır. Bazı iklimsel faktörler (yağış, buharlaşma vb.), uygun olmayan kültürel uygulamalar, yanlış sulama yönetimi bu durumun sebeplerinden bazılarıdır. Günümüzde bile, en yeni ve en modern arazi ve çiftlik yönetimi tekniğine rağmen, tuzluluk nedeniyle tarım dışı bırakılan alanlar oldukça yaygındır. Bitkisel üretimin tuzluluğa bağlı olarak azalması, bitkilerin tuz seviyesi sürekli artan ortama uyum sağlayamamasından kaynaklanmaktadır (Kanber vd. 1992). Bununla birlikte sektörlere göre su kullanımı incelendiğinde tarım %70'lik bir oranla suyun en büyük kullanıcısı olarak karşımıza çıkmaktadır (FAO, 2011). Bu nedenle su kullanımına yönelik kısıtlamalar dikkate alındığında ilk adımın tarımsal su kullanımının sınırlandırılmasına yönelik olması beklenen bir durumdur. Temiz su kaynaklarının büyük bölümünü sulamada kullanan ülkelerde, düşük kalitedeki sular gibi alternatif kaynakların değerlendirilme düşüncesi her geçen gün önem kazanmaktadır (Ödemiş vd. 2020).

Dünyada, son 30-40 yıl içerisinde geleneksel olmayan su kaynaklarının sulama amacıyla kullanılmasına ilişkin ölçütler oluşturulmuştur. Ayers ve Westcot (1989) geleneksel olmayan suların kullanımını düzenleyen standartları incelemişler ve bu kapsamda söz konusu kullanım standartlarının ülkelere göre değişiklik gösterdiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar aynı zamanda her ülkenin kullanım koşulları dahilinde uygun düzenlemeler yaptığını ve geleneksel olmayan suların kullanımına yönelik bazı sınırlamalar getirdiğini belirtmişlerdir. Bu sınırlamaların, söz konusu suların kullanımı ile bitkiye, toprağa, insan yaşamına yapacağı olumsuz etkilerden kaynaklandığını vurgulamışlardır.

Tarımsal üretiminin sürdürülebilirliğinin en temel bileşeni olan suyu kalitesi, sulu tarımın kullanıldığı yarı kurak ve kurak bölgelerde üzerinde önemle durulması gereken konulardan birisidir. Sulama sularının içerisinde bulunan anyon ve katyonların miktarı toprak ve bitkiler için oldukça büyük öneme sahiptir (Akçaman 2017). Kaynak olarak kullanılan suyun niteliğine bağlı olarak sulanan alanlarda zamanla alkalinite ve tuzluluk sorunları ortaya çıkmakta ve önlem alınmazsa tarımsal üretimi sınırlayacak hatta tamamen engelleyecek seviyeye gelebilmektedir (Taş vd. 2018). Düşük kalitedeki sulama sularının kullanımının, tarımsal üretim alanları ve bitkiler üzerinde çeşitli olumsuz etkilere sahip olmakla beraber sınırlı bir kaynak olan suya talebin günden güne artması tarımda düşük kalitedeki suların kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bitkilerde tuzluluğun neden olduğu etkiler bitkilerin genetik farklılıklarından kaynaklanan tuzluluk toleranslarına göre farklılık göstermektedir (Coşkun vd. 2016). (Ünlükara vd. 2010), tuzluluğun patlıcanın bazı gelişim, verim, kalite parametrelerine ve bitki su tüketimine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında 1.5, 2.5, 3.5, 5.0, 7.0 dS/m olmak üzere beş farklı tuzluluk seviyesi kullanmışlardır. Araştırmacılar eşik tuzluluk ve eğim değerleri sırasıyla meyve verimi için <1.5 dS/m, 4.4 ve vejetatif kuru ağırlık için ise 6.7 dS/m ve 3.7 olarak belirlemişlerdir. Meyve verimi ile ilgili sonuçlar dahilinde patlıcanın tuzluluğa orta derecede duyarlı olduğunu ortaya koyan araştırmacılar, tuzluluk stresindeki patlıcan bitkilerinin su tüketimleri ve su kullanım etkinliklerinin artan tuzlulukla azaldığını ifade etmişlerdir.

Özellikle sodyum klorürün neden olduğu yüksek tuzluluk seviyelerinde, Na ve Cl iyonlarının toksik seviyelerinin zararlı etkilerinden dolayı bitki büyüme ve gelişimi etkilenmektedir. Sodyum ve klor bitkiler için toksik olabildiğinden fitotoksisite açısından en önemli iyonlar olarak kabul edilmektedirler ve özellikle sodyum, toprağın fiziksel yapısının bozulmasına neden olur; dolayısıyla fotosentez hızı klorofil pigmentindeki azalmadan etkilenir (Bayram vd. 2014).

Aşırı tuzluluk seviyeleri bitki kök ve sürgün ağırlıklarını olumsuz etkileyebilir. Bu kayıpların miktarı da aynı bitkinin genotipleri arasında değişmektedir. Kouam vd. (2017) kuru fasulye yaş ve kuru ağırlıklarının en düşük tuzluluk seviyesinde (50 mM NaCl) azaldığını ve artan toprak tuzluluğu ile önemli ölçüde azalmaya devam ettiğini göstermiştir. Benzer şekilde kuru fasulye bitkisinde; kontrol konusu ile karşılaştırıldığında, 4000 ve 8000 ppm sulama suyu tuzluluğu yaş ağırlığı ve bitki yaprak alanını (Metwali vd., 2015), yüksek NaCl konsantrasyonlarının kuru madde verimini (Ndakidemi ve Makoi, 2009) ve tuzluluk stresinin bitki tohum kuru ağırlığını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Keshavarz ve Sanavy 2015).

Kale Çelik ve Demirbaş (2021), deniz suyunun ıspanak yetiştiriciliğinde kullanımını belirleyebilmek için farklı oranlarda seyreltilmiş deniz sularının bitki gelişim ve verim parametrelerine etkilerini araştırmışlardır. Bu kapsamda normal şebeke suyunun (kontrol) yanı sıra %10, %20, %30 ve %40 konsantrasyonlar deniz suyu içeren suları sulama amaçlı kullanılmıştır. Araştırmacılar %10 ve %20'lik konsantrasyonlardaki deniz suyu ile suladıkları ıspanak bitkilerinde verimin kontrol konusuna göre sırasıyla yaklaşık %27 ve %8.5 oranında arttığını, bununla birlikte %30 ve %40 konsantrasyonlarda deniz suyu içeren sulama sularının kullanımının bitki verimini %28 ve %72 oranlarında azalttığını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar çalışma sonuçlarına göre %10'luk deniz suyu içeren sulama suyunun ıspanak bitkisinin gelişimini ve verimini olumsuz yönde etkilemeden kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Yapılan çalışmalar neticesinde özellikle kültür bitkileri yetiştirildiğinde ortamdaki tuz konsantrasyonunun artması ile elde edilen verim ve bitkinin tuzluluğa karşı gösterdiği direnç üzerinde büyük etkisi vardır (Taş vd. 2018). Bu nedenle, bitkilerin tuzluluğa nasıl tepki verdiğini ve buna nasıl uyum sağladığını anlamak önemlidir. Bitkilerde tuz toleransı, morfolojik, biyokimyasal ve fizyolojik süreçlere dayalı bir dizi birbiriyle ilişkili faktöre bağlı olan karmaşık bir olaydır (Ashraf 2002). Bu konuyu daha iyi anlayabilmek adına geçmişten günümüze tuzluluğun bitkiler üzerindeki morfolojik ve fizyolojik etkilerini inceleyen birçok çalışma yapılmakla birlikte gerek bölgesel iklim koşullarındaki farklılıklar gerekse bitkilerin bazı fizyolojik ve biyokimyasal faktörler neticesinde tuzluluk stresine verdiği farklı tepkiler nedeniyle bu çalışma konusunun günümüzde de güncelliğini koruması şaşırtıcı değildir.

2.2. Brokoli Bitkisi ile İlgili Genel Bilgiler

Lahanagiller (Brassicaceae) familyasına ait olan brokolinin ana vatanının Akdeniz Bölgesi olduğu kabul edilmektedir. Yeşil renkli olgunlaşmamış çiçek taslakları oluşturan brokoli çeşitlerine Calabrese adı verilmektedir. Calabrese sözcüğü İtalya'da bir bölgenin adı olup birçok araştırmacı, brokolinin anavatanının İtalya olduğunu bildirmektedir. Brokoli, içerdiği yüksek protein, A ve C vitaminleri bakımından oldukça yüksek besin değerine sahip bir sebzedir. Özellikle yenilen yeşil sürgünlerinde 100 gr taze ağırlıkta 118

mg kadar C vitamini bulunmaktadır (Anonim 2). Bununla birlikte içerdiği besinler göz önüne alındığında faydalı olduğu kadar iyi de bir diyet sebzesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kış sebzeleri arasında yer alan brokoli, morfolojik olarak karnabahara benzemektedir. Sebze olarak değerlendirilen kısımlar yeşil olup, olgunlaşmamış çiçek sapları ile kalın ve etli çiçek saplarından oluşmaktadır. Olgunlaşmamış çiçek hatlarını oluşturan bu kısımlar, ana baş olarak adlandırılan büyüme ucunda oluşan küçük başlardan ve ardından yaprak koltuklarından oluşur (Macgillivray 1952; Eşiyok ve Yoldaş 2001).

Brokoli yetiştiriciliğinde verim miktarını belirleyen faktörler arasında çeşit seçimi ayrıcalıklı bir yere sahiptir. Brokoli çeşitleri dikimden hasada kadar geçen gün sayısına göre sınıflandırılmaktadır (Nieuwhof 1969; Bessels 1980; Titley 1987). Yapılan literatür taramasında çeşit seçiminin yanı sıra uygun gübre kullanımı, sulama rejimi, sulama suyu kalitesi gibi konular da bitki gelişimini destekleyerek veya sınırlayarak verim miktarını etkilediği görülmüştür. Bu araştırmalardan bazıları kronolojik olarak aşağıda sunulmuştur.

Yurtseven ve Baran (2000) farklı konsantrasyonlardaki tuzluluğa sahip sulama sularının, farklı miktarlarda uygulanması halinde, brokolinin bazı verim ve kalite parametrelerinde oluşan değişimlerini inceledikleri çalışmalarında, 5 tuzluluk ($EC_e = 0.25$ -kontrol, 1, 3, 6 ve 9 dS/m) ve ihtiyaç duyulan suyun %80, %100 ve %120'sinin uygulandığı 3 farklı su düzeyinin etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlar doğrultusunda bitki verimi üzerine sulama suyu tuzlulukları ile sulama suyu miktarının her ikisinin de etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar özellikle 6 dS/m düzeyinden itibaren verimde önemli azalmalar olduğunu, sulama suyu miktarındaki artışın ise verimi arttırdığını bildirmişlerdir.

Würr vd. (2002) sera koşullarında yetiştirilen brokolide baş ölümü sonrası su stresinin etkilerini araştırmışlardır. Tüm su ihtiyacının karşılandığı ve stres aralığının oluşturulduğu bir konu şeklinde oluşturulan farklı su stres seviyeleri; meyve oluşum aşamasında hasat süresini geciktirdiğini ve meyve kalitesini olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir.

Lopez-Berenguer vd. (2009) tuz stresi altında yetişen brokoli bitkisinin besin bileşenlerindeki değişimi araştırmışlardır. Çalışmada 40 mM ve 80 mM olmak üzere iki farklı konsantrasyonda NaCl içeren sulama sularını kullanmışlardır. Araştırmacılar bitki organlarına ve tuz stresinin yoğunluğuna bağlı olarak glukozinolat, fenolik bileşikler gibi bazı biyoaktif bileşikler için kalitatif farklılıkların gözlemlendiğini ifade etmişlerdir. Tuzlu su uygulamalarının sonucu olarak çiçeklerde glukozinolat içeriği ve fenolik bileşiklerin arttığını ancak C vitaminin de herhangi bir değişiklik olmadığını belirten araştırmacılar orta düzeyde tuzluluk stresinde yenilebilir brokoli çiçeklerinin besin kalitesinin arttığını belirtmişlerdir.

Erdem vd. (2010) bahar ve güz dönemlerinde yetiştiriciliği yapılan brokoli bitkisinde pazarlanabilir en yüksek verim değerlerini sırasıyla 8.08 ve 3.17 t/ha ve toprak üstü biyokütle ağırlığını sırasıyla 2.76 ve 2.83 t/ha olduğunu ifade etmişlerdir. Önerilen sulama programına göre bahar döneminde yetiştirilen brokoli bitkisi için uygulanan sulama suyu miktarı 68.8-237.5 mm, bitki su tüketim miktarının ise güz döneminde

yetiştirilen brokoli bitkisi için sırasıyla 67-267.5 mm olarak belirlemiştir. Deneme sonucunda brokoli bitkisi için en uygun sulama programlamasının buharlaştırma kabından $0.5 E_{pan}$ buharlaştırma uygulamasının en yüksek su kullanım randımanı (WUE), sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve verim değerlerini sağladığını bildirmişlerdir.

Çavuşoğlu (2012) domates, biber, karpuz ve brokoli bitkilerinin tohum ekiminden fide evresini tamamlayarak tarlaya aktarılacağı zamana kadarki gelişme dönemlerinde bitkilere uygulanan farklı konsantrasyonlardaki tuzlu suyun tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada kontrol bitkileri ile kıyaslandığında tuzluluk oranındaki artış ile fidelerin fizyolojik gelişmelerinde gerileme görülmüştür. Fide kuru madde miktarları değerlendirildiğinde domates (%2.26), biber (%1.19) ve karpuzda (%1.22) düşerken brokolide artış göstererek tür ana etkisinde %3.27 seviyesine çıktığı belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca prolin miktarının da tuz seviyesi ile birlikte artış gösterdiği, bu artışında en fazla brokoli bitkisinde meydana geldiği ifade edilmiştir.

Zaghdoud vd. (2012) iki farklı çeşit brokoli fidesini (Parthenon ve Naxos) 15 gün süreyle farklı konsantrasyonlarda NaCl (30, 60, 90 mM) uygulamışlardır. Araştırmacılar deneme sonunda elde ettikleri verilere göre tuzluluğun her iki çeşitte de gövde ve köklerdeki Na^+ ve Cl^- iyonları seviyelerinin arttığını bununla birlikte söz konusu kısımlarda NaCl yoğunluğu ve çeşide göre farklılık göstermekle beraber bitkinin söz konusu bölgelerinde içsel olarak mineral seviyelerinin bozulduğunu, kök hidrolik iletkenliğinde ve stoma iletkenliğinde azalma olduğunu ifade etmişlerdir. Orta derecede NaCl konsantrasyonuna (60 mM) maruz bırakılan Parthenon çeşidine göre Naxos çeşidinin biyokütlesinde daha fazla azalma olduğu, tuzluluğa daha fazla hassasiyet gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca toplam glukozinalat (GSL) içeriği Parthenon'da tuzluluktan etkilenmezken, Naxos çeşidinde önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte çalışmada Naxos çeşidinin tuz stresi altında alifatik GSLs biriktirdiğini, bu da çeşidin tuz stresi altında yetiştirildiğinde daha fazla besin değerine sahip olduğunu ifade edilmiştir.

Açık sistemli topraksız kültür ortamında, farklı konsantrasyonda NaCl içeren sulama suları ile yetiştirilen brokoli ve karnabahar bitkilerinin gelişimi ve fizyolojik tepkilerini inceleyen Giuffrida vd. 2013 bitkilere 20 mM/L ve 40 mM/L olmak üzere iki farklı konsantrasyonda NaCl uygulanmışlardır. Araştırmacılar NaCl konsantrasyonun artması ile her iki bitkinin kuru madde miktarlarında düşüş olduğunu (brokoli de 238.7'den 214.9 g/bitki karnabaharda 229.0'dan 204.4 g/bitki), brokoli de yaprak su potansiyelinin önemli ölçüde azaldığını ifade etmişlerdir. Ayrıca tuzluluğa maruz kalan bitki dokularında Na^+ ve Cl^- konsantrasyonlarının artış gösterdiğini, bu birikimin de genç yapraklar ve generatif organların bütünlüğünü korumak için bir tür savunma mekanizması olarak yaşlı yapraklarda daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Kadmiyum (Cd) ve NaCl uygulamalarının brokoli de kuru madde miktarları ve besin elementi içeriğine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada Özkutlu (2021); Cd 0.1 mg/kg olduğu dozda kuru madde verimi tuz uygulamasının kontrolünde 3.59 g/bitki iken artan tuz uygulamalarına bağlı olarak sırasıyla azalmalar (3.43, 2.83 ve 2.36 g/bitki) olduğunu ifade etmiştir. Araştırmacı, tuzsuz ve Cd 2.5 uygulamasında kuru madde verimi 3.0 g/bitki iken tuzun en yüksek dozunda yaklaşık 2 kat azaldığını (1.64 g/bitki), düşük miktarda Cd ile kontamine olmuş toprak tuzluluk ile bir arada olduğunda Cd alımının arttırdığı saptamıştır. Bitkilerin yeşil aksamındaki K konsantrasyonları bütün tuz

uygulamaları altında azalma eğilimi göstermiştir. Özkutlu, tuzlu topraklarda brokolide Cd alımının yüksek miktarda birikebileceği, brokolide daha az Cd biriktiren çeşitlerin belirlenmesine ihtiyaç olduğunu ifade etmiştir.

2.3. Uzaktan Algılama ile İlgili Genel Bilgiler

Uzaktan algılamanın temeli, dünya üzerindeki nesnelerden yansıyan elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarındaki enerjinin algılanması ve değerlendirilmesine dayanmaktadır (Koroğlu 2002). Bir cisim hakkında toplanan bilgiler, doğadaki cisimlerden yansımalar ve cisimler tarafından absorbe edilen enerji miktarına bağlı olarak elektromanyetik spektrum aralığında optik kurallar dahilinde kaydedilen veriler olarak da adlandırılabilir. Elde edilen sayısal veriler işlendikten sonra öznelikli sayısal görüntülere dönüştürülerek uygulama birimlerine sunulur (Genç vd. 2005).

Yapılan çalışmalarda elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinden mavi ve kırmızı dalga boyu bölgesi ile bitki yapraklarının klorofil içeriği arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir (Filella ve Penuelas 1994). Klorofil, 500-700 nm dalga boylarında enerji absorbe ederken, su ve hücre duvarı 1500-2500 nm dalga boylarında daha fazla enerji absorbe eder. Bitkilerde en büyük yansıma değeri yakın kızılötesi olarak ifade edilen 700-1300 nm dalga boylarında elde edilir ve bu dalga boylarındaki farklılıklar ile birçok bitki özelliği ortaya konulabilir (Başayığı vd. 2008). Kırmızı dalga boyu bölgesinden NIR bölgeye geçişteki bu güçlü yansıma farklılığı nedeniyle bitki örtüsünün uzaktan algılama teknikleri kullanılarak ayırt edilebilmesine ve stres durumlarının belirlenmesine olanak sağlamaktadır (Oscar 1998).

Köksal (2006) yedi farklı sulama düzeyinin şeker pancarı bitkisine etkilerini değerlendirdiği araştırmasında uzaktan algılama tekniklerini kullanarak şeker pancarının sulama yönetiminde spektrometre ve infrared termometrenin kullanılabilirliğini değerlendirmiştir. Söz konusu çalışmada Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI) ve yapraktaki su içeriğinin bir göstergesi olan Yaprak Su Potansiyelinin şeker pancarı bitkisinde su stresine karşı oldukça etkili olduğu, benzer şekilde NDVI ve Düzeltilmiş Toprak İndekslerinin (SAVI) de şeker pancarında su stresini belirlemede iyi sonuçlar verdiği ifade edilmiştir.

El-Shikha vd. (2007) brokolinin su ve azot içeriğinin farklı vejetasyon indeksleri ile belirlenebilirliğini araştırdıkları çalışmalarında bitkinin azot içeriğinin Bitki Klorofil Konsantrasyon İçeriği İndeksi ile belirlenebileceği, bitki su içeriğinin ise Su Eksikliği İndeksi (WDI) ile yüksek doğrulukta belirlenebileceğini ifade etmişlerdir.

Farklı düzeylerde su stresi (%100-I1, %75-I2, %50-I3, %25-I4 ve %0-I5) uygulanan Bermuda çimindeki yansıma farklılıkları ile su stresinin etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (Sönmez vd. 2008); 325-1075 nm dalga boyu aralığında ölçüm yapan el tipi bir spektrometre kullanarak bitkiden meydana gelen yansıma değerlerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar su stresi altındaki Bermuda çiminin özellikle yüksek su stresi uygulamalarının olduğu I4 ve I5 konularında diğer konulara oran yakın kızıl ötesinde daha düşük, kırmızı dalga boyunda ise daha yüksek bir yansıma olduğunu ifade etmişlerdir. Bu durumun bitki stres altındayken stresin şiddetine bağlı olarak NIR bölgede olması gereken yüksek yansımanın azaldığı yani söz konusu dalga boyundaki enerjinin kullanımında artış olduğu, bunun tersi olan enerji kullanımının yüksek olduğu kırmızı

dalga boyunda ise yansımanın arttığı yani enerji kullanımının azaldığını ifade etmişlerdir. Ayrıca çalışmada hesaplanan NDVI ve ölçülen NIR verileri kullanılarak Bermuda çimindeki su stresinin yüksek doğrulukta belirlenebileceği sonucuna varmışlardır.

Er-Raki vd. (2013) çalışmalarında yarı kurak iklim koşullarında sofralık üzümün bitki su tüketim (ET) değerlerinin vejetasyon indeksleri ile belirlenebilirliğini araştırmışlardır. Söz konusu çalışmada NDVI hesaplanmış ve bu veriler ile kc katsayıları arasındaki ilişkiden yola çıkarak sofralık üzümün evapotranspirasyon değerlerini hesaplamışlardır. Hesaplanan ve ölçülen değerler karşılaştırılarak NDVI ve kc katsayıları arasında üstel bir ilişki elde etmişlerdir ($R^2=0.63$). Araştırmacılar NDVI yardımı ile hesaplanan ET ve gerçek ET değerleri arasındaki korelasyonun makul sınırlar içinde kaldığı ve sofralık üzümün bitki su tüketimlerinin tahmininde başarıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

2.4. Tuzluluk Stresi Etkilerinin Uzaktan Algılama Teknikleri ile Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar

Özellikle Akdeniz Bölgesi gibi dünyanın yarı kurak bölgelerinde sulama için yeterli kalitede su bulmak önemli bir sorundur (Fernandez-Garcia vd. 2004). Bu durum, çözünebilir tuzları aşırı oranlarda ve çoğunlukla klor bileşeni içeren yeraltı sularının kullanılmasına yol açmaktadır. Bu nedenle Tarım ve Orman Bakanlığı'nın strateji ve eylem planlarından biri olan 2019-2023 Ulusal Su Planı'nda (TOB 2019) tuzlu suyun tarımsal amaçlı kullanımı yer almıştır. Ayrıca tuzlu suların tarımsal amaçlı kullanımının bitki gelişimi, verim ve kalite parametreleri üzerindeki olumsuz etkileri de bilinmektedir. Özellikle yapraklar, stres koşullarına tepkilerinde kilit bir rol oynar. Yaprak pigment içeriği yaprağın fizyolojik fonksiyonu ile ilgilidir ve bitkinin genel durumu hakkında değerli bilgiler sağlar. Bu nedenle tuz toleransının en önemli göstergelerinden biri olarak önerilmektedir. Konvansiyonel pigment analizi (spektrofotometrik yöntem), yaprakların organik çözücüler yardımıyla ekstraksiyonu nedeniyle bitkiye zarar verir. Bu nedenle yaprak pigmentlerinin belirlenmesi için alternatif optik yöntemler geliştirilmiştir (Hernández vd. 2014).

Tuzlu suların sulamada kullanım yollarını bulabilmek için bitki tepkilerini hızlı ve doğru belirlemek önemlidir. Tuz stresine maruz kalan bitkilerde, tuzluluğun şiddetine ve bitkinin tolerans seviyesine göre, hormonal dengede bazı düzensizlikler görülmekte, bitkinin fotosentez miktarı azalmaktadır (Sharma 1980). Nitrat azotu alımının düşmesi ile de protein sentezinde düşüşler olmakta ve bitkinin vejetatif aksamalarının gelişmesi yavaşlayarak bitki boyları kısa kalmaktadır. Söz konusu durum bitkinin toplam biyokütlesi, yaş ve kuru ağırlığını etkilediğinden çiçek sayısı azalmakta ve sonuçta verim kayıpları olmaktadır (Robinson vd. 1983; Çakırlar ve Topçuoğlu 1985). Bitkilerde meydana gelen tüm bu biyokimyasal olaylar sonucu bitkilerin enerji kullanımında değişimler meydana gelmektedir. Bitki büyümesini ve gelişimini tahribatsız bir şekilde izlemek için, bitki örtüsünden yansıyan enerjilerin belirlenip değerlendirilmesine yönelik uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı oldukça yaygın bir yaklaşımdır (Henik vd. 2014).

Uzaktan algılamanın bir dalı olan spektral yansıma analizi ile bitkinin zaman içinde değişen çevresel koşullara verdiği tepkilerin hızlı, tahribatsız ve güvenli bir şekilde belirlenmesine olanak sağlar. Spektral yansıma verilerinden elde edilen çeşitli indeksler,

agronomik ve biyofiziksel bitki parametrelerini tahmin etmek için uzun yıllardır kullanılmaktadır.

Bitkiler elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarındaki enerjilere farklı tepkiler vermektedir. Elektromanyetik spektrumun 400-700 nm dalga boyu aralığına sahip görünür bölge mavi, yeşil ve kırmızı dalga boylarını içermektedir. Söz konusu bölgedeki enerjinin absorbe edilmesi ve yansımaları bitkilerdeki bazı pigmentler sayesinde olmaktadır. Örneğin mavi dalga boyları bitkideki klorofil ve karotenoid pigmentleri tarafından absorbe edilirken kırmızı dalga boyları klorofil pigmentleri tarafından absorbe edilmekte ve fotosentezde aktif rol oynamaktadırlar. Dolayısı ile bitki görünür bölgedeki mavi ve kırmızı ışığı absorbe eğilimi gösterirken yeşil dalga boyu bölgesindeki enerjiyi yansıtmaktadırlar. Bu nedenle bitkiler yeşil görülmektedir (Merzlyak vd. 2003). Kırmızı dalga boyundan NIR bölgeye geçişte bitkinin enerji kullanımında oldukça büyük değişiklik olmakta ve bitki yüksek yansıma eğilimi göstermektedir. Bu yüksek yansıma farklılığı bitkileri diğer objelerden net bir şekilde ayırmakta ve bitkilerdeki stres durumlarının tespiti için önemli bir kriter olmakta kısa zamanda yüksek doğrulukta sonuçlar elde edilebilmektedir (Oscar 1998). Yakın kızıl ötesiindeki yüksek yansımadan yola çıkılarak bitkilerde yapılan uzaktan algılama çalışmaları elektromanyetik spektrumun NIR bölgesinde yoğunlaşmıştır (Jacquemoud ve Ustin 2001)

Elektromanyetik spektrumun kırmızı ve yakın kızılötesi dalga boylarının matematiksel ilişkileri ile oluşturulan NDVI ve SR diğer pek çok vejetasyon indeksi gibi uzaktan algılama gözlemleri ve bitki örtüsü özellikleri arasındaki fonksiyonel ilişkiyi bulmak için geliştirilmiştir (Tuğaç vd. 2019). Bu indeksler ile bitki gelişimine büyük etkisi olan stres koşullarının bitkiler üzerindeki etkileri izlenebilmektedir.

Eldiery vd. (2005), Güneydoğu Colorado'daki mısır bitkisinde bir tuzluluk izleme programı olarak uzaktan algılama verilerini kullanarak toprak tuzluluğunu belirlemeye yönelik yaptıkları bir çalışmada (Gates vd. 2002), EM38 cihazının önerdiği yöntemle göre, toprak tuzluluğu ve yeraltı suyu tuzluluğuna ilişkin veriler, büyüme mevsimi boyunca üç kez alana bağlı olarak 60 ila 120 noktadan toplanmıştır. Çalışma alanındaki üç mısır ekili alanın toprak tuzluluk verileri, 2001 yılında İKONOS uydu görüntüsünün yeşil bant, yakın kızılötesi bant, NIR/R bant oranlarına karşılık gelen değerlerle eşleştirilmiştir ve NIR/R bant oranı toprak verileri ile karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar tuzluluğun yakın kızılötesi bantla pozitif, NIR/R oranı ile negatif bir ilişkisi olduğunu belirtmişlerdir.

Normalize edilmiş vejetatif değişim indeksinin üç varyasyonu (NDVI_{red}, NDVI_{protein} ve NDVI_{infra}), çim örtüsünde tuzluluk stresinin neden olduğu artan değişikliklerle azalırken; çeşitler arasında herhangi bir fark olmaksızın artan tuzluluğa bağlı olarak su indeksinin azaldığını belirtmişlerdir. Aslan (2011), farklı tuzluluk seviyelerindeki sulama suları ile yetiştirilen biber bitkilerinde tuz stresinin etkilerini belirlemek için NDVI ve SR gibi indekslerin yüksek doğrulukla kullanılabileceğini bildirmiştir. (Sönmez vd. 2015) farklı tuz stresleri altında domates bitkilerinin spektral yansıma ilişkilerini inceledikleri çalışmalarında SR ve NDVI'nin tuzluluğun neden olduğu stres durumlarının erken tespitinde başarılı sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Benzer şekilde (Hamzeh vd. 2013a), şeker kamışı, (Leone vd. 2007) patlıcan, Lee vd. (2004) çim bitkilerinde tuzluluk stresinin belirlenmesi için vejetasyon indekslerini

kullanmış ve bu indekslerin yüksek doğruluk oranları ile bitkileri stres durumlarını belirlemede kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Elmetwalli vd. (2011), buğday ve mısır bitkilerinde su ve tuzluluk kaynaklı stresi tespit edebilmek için bitkilerin farklı büyüme dönemlerinde doğal ve yapay aydınlatma altında spektoradyometrik ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar çalışma sonuçlarından elde ettikleri veriler doğrultusunda her iki bitkinin de su ve tuzluluk stresinden etkilendiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte gerçekleştirilen doğrusal ayırma analizinin buğday bitkisi için söz konusu stres faktörlerini ayırt edemediği, mısır bitkisi için ise su ve tuzluluk streslerini ayırt etmek amacıyla kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Sönmez vd. (2013) farklı konsantrasyonlardaki tuzlu sulama suları ile yetiştirilen bazı kültür bitkilerinde (domates, hıyar, biber ve patlıcan), tuzluluk stresi etkisinin bitkilerin enerji kullanımlarındaki değişimlerle belirlenebilirliğini araştırmışlardır. Bu kapsamda bitki yansımalarını ölçmek üzere 325-1075 nm dalga boylarında ölçüm yapabilen el tipi spektoradyometre kullanılmışlardır. Araştırmacılar yansıma verilerinden yararlanarak NDVI, Normalleştirilmiş Tuzluluk İndeksi, Tuzluluk İndeksi ve Kırmızı Eşik indekslerini hesaplamışlar ve bu indekslerin söz konusu bitkilerde tuzluluk stresini belirlemek için başarıyla kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Uzaktan algılamanın bir kolu olan multispektral uzaktan algılama, görünür, kızılötesi, yakın kızılötesi, termal, mikrodalga ve radyo dalga bantları dahil olmak üzere elektromanyetik spektrumun çoklu bantlarında bir nesneden veya ilgilenilen alandan yansıyan, yayılan veya geri saçılan ışınların toplanması olarak tanımlanır (Gowravaram vd. 2018).

Multispektral verilerden elde edilen bitki indekslerinin kullanılması, bitki büyümesinin izlenmesi (Nijland vd. 2014.), verim tahmini (Ji vd. 2017), bitki besin ilişkileri (El-Shikha vd. 2007; Serret vd. 2020) ve geçmişten günümüze birçok çalışmada bitki stres koşullarının hızlı ve yüksek doğrulukla belirlenebildiği görülmektedir (Gao ve Li 2012; Hamzeh vd. 2013b; Sönmez vd. 2015). Ancak bitkilerin spektral yansıma özellikleri birçok faktörden (yetiştirme koşulları, bitki çeşidi, iklim vb.) etkilenmektedir ve bu faktörlerin ayırt edilmesi için hala uzaktan algılama verilerinin geleneksel yöntemlerle doğrulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacı her geçen gün azaltmak için konu ile ilgili çalışmaların sayısının artırılması son derece önemlidir.

Bu çalışmada yapılmış olan; farklı tuz kaynakları (NaCl, CaCl₂, MgCl, Na₂SO₄) ve sulama suyu tuzluluk düzeyleri (3.0, 6.0 ve 9.0 dS/m) altında yetiştirilen brokoli bitkisinde (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) verim ve bazı kalite parametrelerinin kırmızı (R) ve yakın kızılötesi (NIR) bantlarda ölçüm yapan multispektral kameralar ile belirlenme olanaklarının araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak farklı tuz kaynakları ve düzeylerinde strese sokulmuş brokoli bitkisinde R ve NIR dalga boylarında ölçüm yapan multispektral kameralar ile çekimler yapılmıştır. Elde edilen görüntülerden NDVI belirlenmiştir. Bunun paralelinde bitki gelişim süresince alınacak klorofil içeriği indeksi ve stoma iletkenliği değerleri ve hasat sonrası bazı verim parametreleri belirlenmiştir. Elde edilen indeks değerleri ile bitki gelişim verim parametreleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Böylelikle, farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarının bitki gelişim ve verim parametrelerine etkisinin multispektral

ölçümlerle belirlenebilirliği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışma ile farklı tuz kaynaklarının brokoli bitkisinin gelişim, verim parametrelerine ve su kullanımına etkilerini ortaya koyarak literatürde önemli bir eksikliğin giderilmesi amaçlanmaktadır.

.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme alanı ve toprak özellikleri

Araştırma, Eylül 2021- Aralık 2021 tarihleri arasında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde bulunan yağış etkisinin kontrol altına alındığı üstü kapalı, yanları bir serada yürütülmüştür. Çalışmada farklı sulama suyu tuzluluk düzeyleri ve farklı tuz kaynakları uygulamalarının kombinasyonları konu olarak araştırıldığından, deneme tartılabilen lizimetre tipi saksılarda kontrollü koşullarda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Deneme başlangıcında toprak örnekleri alınmış ve gerekli fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır (Çizelge 3.1). Söz konusu analizlere ilişkin esaslar ‘Metot’ bölümünde ayrıca açıklanmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde deneme toprağının bünyesi kumlu tın, tarla kapasitesi (TK) ortalama %23.89, solma noktası (SN) %9.37, hacim ağırlığı (HA) 1.39 gr/cm³, saturasyon çamuru ekstraktı elektriksel iletkenliği (EC_e) 0.68 dS/m ve pH_e değeri 8.01 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Deneme alanı

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

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

3.1.2. İklim özellikleri

Araştırma alanında Akdeniz iklimi hüküm sürmekte olup yazlar sıcak ve kurak, kışlar 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 alanına ait ortalama iklimsel değerler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Antalya Bölge İstasyonuna ait çalışma dönemine ait ortalama iklim verileri

İklim Parametreleri									
Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)	Min. Sıcaklık (°C)	Mak. Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (m s ⁻¹)	Oransal Nem (%)	Toplam Yağış (mm)	Buharlaşma (mm)	Güneşlenme Süresi (sa gün ⁻¹)	Güneşlenme Şiddeti (cal cm ⁻² gün ⁻¹)
Eylül	24.8	19.3	31.0	2.8	59.1	14.5	203.4	10.0	450.7
Ekim	20.1	15.2	26.5	2.8	60.6	72.0	142.3	8.1	326.9
Kasım	15.1	10.7	21.2	2.9	64.6	131.4	85.3	6.3	224.9
Aralık	11.4	7.5	16.7	3.3	67.0	261.1	68.3	5.0	170.6

3.1.3. Bitkisel Materyal

Son yıllarda üretimi ve tüketimi hızla artan lahanagiller (Brassicaceae) familyasına ait brokoli ülkemizde kışlık sebzeler arasında yer almaktadır. Brokoli içerdiği yüksek protein oranı, A ve C vitaminlerinden dolayı oldukça yüksek besin değerine sahip bir sebzedir. Özellikle yenilen yeşil sürgünlerinin yaklaşık 100 gr'ında 118 mg civarında C vitamini bulunduğu bilinmektedir (Anonim 1). Araştırmada bitkisel materyal olarak Antalya yöresinde yetiştiriciliği yapılan ve hibrit bir çeşit olan "Parthenon F1" brokoli çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.2). Güçlü kök sistemine sahip olan Parthenon F1 çeşidi hastalık ve zararlılara oldukça dayanıklıdır. Parthenon F1 brokoli çeşidi, kubbemsi, mavi-koyu yeşil, ortalama 90 günde hasat olgunluğuna gelen verimli bir çeşittir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Denemede kullanılan bitkisel materyal

3.2. Metot

3.2.1. Arazi işlemleri ve denemenin kurulması

Yaklaşık 125 litre hacim ve 180 kg hava kurusu toprak alabilecek kapasiteye, 3 mm et kalınlığına, 70 cm yüksekliğine, 48 cm çapa sahip ağırlık tipi lizimetre olarak da tanımlanabilecek saksılar kullanılmıştır. Olası drenaja engel olmamak amacıyla tabanında delikler bulunan lizimetrelere yaklaşık 20 cm yüksekliğindeki drenaj suyu toplama kabının üzerine yerleştirilmiştir. Denemede kullanılan topraklar 4 mm'lik elekten geçirilmiş ve hava kurusu haline getirildikten sonra 15 cm katmanlar halinde sıkıştırılarak üstten 5 cm boşluk kalıncaya kadar lizimetrelere doldurulmuştur. Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından arazi denemesinden farklı olmaması için ayrıca torf veya perlit malzemesi kullanılmamıştır. Her bir lizimetrenin toprak tarla kapasitesi ağırlığını belirlemek amacıyla lizimetre toprakları suyla doygun hale getirilerek üzerleri kapatılmış ve drenajın sonlanması için 24 saat beklenmiştir (Şekil 3.3a). Drenaj tamamen bittikten sonra her bir lizimetre tartılarak tarla kapasitesinde lizimetre ağırlıkları belirlenmiştir (Kurunç vd. 2020). Solma noktası ise laboratuvar koşullarında basınç tablasında toprağın 15 atmosfer basınç altında tutabildiği su miktarı olarak belirlenmiştir (Klute 1986).

Denemede homojen büyüklükte fideler seçilerek her bir saksıya 1 adet olacak şekilde 09 eylül tarihinde şaşırtılmış ve 2'şer litre cansuyu verilmiştir (Şekil 3.3b). Deneme başlangıcında alınan toprak örneklerinde; toprak bünyesi, Bouyoucos (1955) tarafından belirlenen esaslara göre hidrometre yöntemiyle ve toprak bünyesi sınıflandırma üçgeninden yararlanarak yapılmıştır. Toprağın elektriksel iletkenlik ve pH değerleri Rhoades (1982) tarafından belirtilen esaslara göre saturasyon ekstraktında belirlenmiştir.



Şekil 3.3. Lizimetre topraklarının tarla kapasitelerinin belirlenmesi (a) ve fide dikimi (b)

Tuz kaynağı olarak sulama sularında sık rastlanılan CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl ve Na_2SO_4 kullanılmıştır. Ayers& Westcot (1989) brokolinin tuzluluk eşik değerini 2.8 dS/m olarak vermiştir. Bu kapsamda çalışmada sulama suları tuzluluk seviyeleri 3.0, 6.0 ve 9.0 dS/m olacak şekilde ayarlanmıştır. Kontrol sulaması olarak hiçbir tuzun ilave edilmediği 0.7 dS/m'lik şebeke suyu kullanılmıştır (Çizelge 3.3). Araştırma faktöriyel düzende tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak gerçekleştirilmiştir. Bu durumda çalışmada, 3 kontrol konusu, 4 tuz kaynağı x 3 tuzluluk düzeyi x 3 tekrür olmak üzere toplam 39 adet saksı bulunmaktadır.

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri

Tuz Kaynağı		Sulama suyu tuzluluk düzeyi (dS/m)	
CaCl_2	TK ₁	0.6	TD ₀ (Kontrol)
MgCl_2	TK ₂	3.0	TD ₁
NaCl	TK ₃	6.0	TD ₂
Na_2SO_4	TK ₄	9.0	TD ₃

3.2.2. Sulama uygulamaları

Araştırmada her bir tuz çeşidi için sulama sularında istenilen elektriksel iletkenlik (EC_i) değerlerini (3.0 dS/m, 6.0 dS/m ve 9.0 dS/m) elde etmek için her bir tuz çeşidinden gerek duyulan tuz miktarı hesapla bulunduktan sonra, hazırlanan tuzlu suların elektriksel iletkenlik değerleri elektriksel iletkenlik aleti ile kontrol edilmiştir. Gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra her bir tuz çeşidinin istenen sulama suyu tuzluluk düzeyi için belirlenen tuz miktarları dikkate alınarak deneme alanındaki biri kontrol konusu olmak üzere toplam 13 adet 200 litrelik plastik su depolarında hazırlanan sulama suları deneme için kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Denemede bitkilerin sulama zamanına kontrol konuları dikkate alınarak karar verilmiştir. Bu amaçla deneme süresince kontrol konusunda saksılar belirli aralıklarla tartılmış ve hesaplanan solma noktası, tarla kapasitesi verilerine göre bu saksılardaki kullanılabilir suyun %40'ı tüketildiğinde tüm konularda sulama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Denemede her sulamada saksılara verilecek sulama suyu miktarları (AW_s , L);

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

eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır. 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. 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, 1989).

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, W_n ve W_{n+1} sırasıyla n. ve n+1. Sulama öncesindeki saksı ağırlığını (kg); R, n. Sulama sonrası saksı altlığında ölçülen drenaj suyu miktarını (L), AW_s her sulamada saksılara verilen sulama suyu miktarını (L) ifade etmektedir.

3.2.3. Bitkide yapılan gözlem ve ölçümler

Brokoli bitkisinin gelişim periyodu süresince bitki boyları haftalık olarak şeritmetre ile ölçülmüştür. Bitkide meydana gelen fizyolojik değişiklikler kaydedilmiştir. Bitkinin stoma iletkenliği DECAGON-SC01 model taşınabilir porometre aleti yardımıyla ($\text{mmol/m}^2\text{s}$), yaprak klorofil içeriği indeksi ise taşınabilir CCM-2000 plus klorofilmetre cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Bitkilerde yapılan ölçümler



Şekil 3.5. Bitkilerde gerçekleştirilen multispektral kamera çekimleri

Elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarındaki enerjilerin matematiksel kombinasyonlarıyla elde edilen vejetasyon indekslerinin birçok bitki özelliği ile yüksek korelasyon göstermesi (Heute, 1988) nedeniyle bitki özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabildiği (Jackson vd., 1984) belirtilmiştir. Bu amaçla bitki örtüsü özelliklerinin tanımlanmasında kullanılabilecek çok sayıda spektral vejetasyon indeksleri geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanlardan biri de NDVI'dir. Fotosentetik aktiviteye bağlı olarak bitki örtüsünün yoğunluğu, canlılığı hakkında bilgi veren NDVI 'greenness index' olarak da tanımlanmaktadır (Pettorelli 2013). Yakın kızıl ötesi ve kırmızı dalga boylarının yansıması, her bir spektral bantta gelen radyasyona göre yansıma oranlarını ifade ettiğinden yalnızca 0 ile 1 arasında değerler alır. Bu nedenle NDVI -1 ile +1 arasında değişim göstermektedir (Justice vd. 1985; Pettorelli 2013). Genel olarak çok düşük NDVI değerleri (≤ 0.1) çorak, kayalık alanları, kabaca 0.1-0.2 arası NDVI değerleri toprak yüzeylerini yaklaşık 0.2'den yüksek değerler de bitki örtüsünü tanımlamaktadır (Pettorelli 2013). Araştırmada kullanılan NDVI formülü Eşitlik 3.3'de verilmiştir.

Normalize edilmiş fark bitki indeksi (NDVI):
$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (3.3)$$
 (Penuelas vd., 1997)

Eşitlikte; NIR ve R, sırasıyla yakın kızılötesi ve kırmızı bandın yansıma değerlerini ifade etmektedir.

Deneme sonunda Tarımsal Yapılar ve Sulama laboratuvarında,

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

Yaprak, gövde ve toplam kuru madde miktarları: Hasat sonrasında bitkilerin yaprak ve gövde yaş ağırlıkları alınmıştır. Alınan örnekler kurutma fırınında, 65°C'de

kuru ağırlıklarının sabitlendiği zamana kadar kurutulmuş ve elde edilen yaş ve kuru ağırlık değerleri kullanılarak, % kuru madde miktarları tespit edilmiştir.

3.2.4. İstatistiksel analizler

Araştırmada elde edilen veriler SAS istatistik programı ile analiz edilmiştir. Bu kapsamda değerlendirilen farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri faktörleri arasındaki interaksiyonun belirlenmesi çok değişkenli varyans analizleri yapılmıştır. Benzer şekilde her bir faktör düzeyi seviyesinde diğer faktörün analizi için de tek faktörlü varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Aksi ifade edilmedikçe istatistiksel analizler %0.1 önem seviyesinde yapılmış ve değerlendirilmiştir. Elde edilen varyans analiz konularına ait konuların sınıflandırılması ise %5 önem seviyesinde Duncan testi kullanılarak yapılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Farklı Tuz Kaynakları ve Tuzluluk Seviyelerinin Bitki Su Tüketimi, Yıkama Oranı ve Toprak Elektriksel İletkenliğine Etkileri

Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin brokoli bitkisine etkilerinin değerlendirildiği bu çalışmada 23 Eylül, 5 Ekim, 15 Ekim, 27 Ekim, 10 Kasım ve 8 Aralık olmak üzere toplam 5 kez tuzlu su uygulaması yapılmıştır. Tuzlu su uygulamalarının etkilerini değerlendirmek açısından her ne kadar sulama sayısı sınırlı olsa da tuzlu su uygulamalarının mevsimlik bitki su tüketimine etkileri tuzluluk konsantrasyonlarına göre önemli farklılıklar göstermiştir. Tuzluluk düzeyleri ortalamaları dikkate alındığında brokoli bitkisinin bitki su tüketimi miktarlarındaki farklılıklar %0.1 olasılık seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). Brokoli bitki su tüketimleri 338.28- 435.95 mm arasında değişim göstermiştir. Kontrol (TD₀) konusunda 435.95 mm olan bitki su tüketimi tuz konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak TD₁, TD₂ ve TD₃ konularında sırasıyla %15.2, 17.1 ve 22.4 azalma göstermiştir. Bununla birlikte her bir tuz kaynağı ayrı ayrı ele alındığında bitki su tüketimindeki farklılıklar TK₁, TK₂, TK₃ ve TK₄ tuz kaynakları için sırasıyla %1, %0.1, %0.1 ve %1 olasılık seviyesinde önemli bulunmuştur. Öte yandan gerek tuz kaynakları gerekse tuz kaynağı x tuzluluk düzeyinin karşılıklı etkileşimleri değerlendirildiğinde ET miktarlarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık belirlenememiştir. Toprak su içeriğindeki tuz konsantrasyonunun artması ile bitki kök bölgesindeki artan ozmotik basınç, toprak suyunun kullanılabilirliğini oldukça kısıtlamakta, dolayısı ile tuz stresine maruz kalan bitkilerin mevcut suyu absorbe edememeleri ve buna bağlı olarak transpirasyondaki azalma nedeni ile bitki su tüketimlerinde azalma görülmektedir (Kurunç vd. 2020; Minhas vd. 2020; Ünlükara vd. 2010; Ekmekçi vd. 2005).

Çizelge 4.1. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin mevsimlik bitki su tüketimlerine (mm/mevsim) etkisi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	TD ₀ (0.7)	TD ₁ (3)	TD ₂ (6)	TD ₃ (9)		
TK ₁ (CaCl ₂)	435.95 A	366.78 B	355.76 B	348.25 B	**	376.69
TK ₂ (MgCl ₂)	435.95 A	362.31 B	366.46 B	329.92 C	***	373.66
TK ₃ (NaCl)	435.95 A	369.23 B	348.00 C	347.59 C	***	375.19
TK ₄ (Na ₂ SO ₄)	435.95 A	379.91 B	374.68 B	327.37 C	**	379.48
P > F	ns	ns	ns	ns		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	435.95 A	369.56 B	361.22 B	338.28 C		
Önemlilik						
Tuz Kaynağı (TK)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: ***					
TK x TD	: ns					
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.						
‡: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
, *: Sırasıyla %1 ve %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

Tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin yıkama oranına etkisi değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Gerek tuz kaynağı, tuzluluk düzeyleri ana faktörleri gerekse her iki ana faktörün karşılıklı etkileşimleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Deneme boyunca tüm konular için yıkama oranı %20 civarında tutulmaya çalışılmıştır.

Çizelge 4.2. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin yıkama oranına etkisi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	TD ₀ (0.7)	TD ₁ (3)	TD ₂ (6)	TD ₃ (9)		
TK ₁ (CaCl ₂)	0.189	0.184	0.193	0.197	ns	0.191
TK ₂ (MgCl ₂)	0.189	0.195	0.187	0.194	ns	0.191
TK ₃ (NaCl)	0.189	0.195	0.196	0.202	ns	0.196
TK ₄ (Na ₂ SO ₄)	0.189	0.193	0.187	0.194	ns	0.191
P > F	ns	ns	ns	ns		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	0.189	0.192	0.191	0.197		
Önemlilik						
Tuz Kaynağı (TK)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: ns					
TK x TD	: ns					
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır. ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

Deneme sonunda her bir saksıdan toprak örneği alınmış ve elektriksel iletkenlikleri (EC_e) belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik değerlerine ilişkin istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin toprak tuzluluğuna etkisi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	TD ₀ (0.7)	TD ₁ (3)	TD ₂ (6)	TD ₃ (9)		
TK ₁ (CaCl ₂)	0.56 D	3.35 C	5.37 B	8.59 A	***	4.47
TK ₂ (MgCl ₂)	0.56 D	3.14 C	5.57 B	7.65 A	***	4.37
TK ₃ (NaCl)	0.56 D	3.69 C	5.12 B	8.11 A	***	4.34
TK ₄ (Na ₂ SO ₄)	0.56 D	3.51 C	5.11 B	8.18 A	***	4.22
P > F	ns	ns	ns	ns		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	0.56 D	3.42 C	5.28 B	8.13 A		
Önemlilik						
Tuz Kaynağı (TK)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: ***					
TK x TD	: ns					
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.						
‡: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
§: İtalik yazılmış bölümde; küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütün boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
*: %5 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

Deneme toprağının deneme sonu EC_e değerlerine ana faktör olarak tuz kaynaklarının herhangi bir etkisi bulunmazken, ana faktör olarak tuzluluk düzeylerinin EC_e değerlerindeki farklılıklar istatistiksel olarak %0.1 olasılık seviyesinde önemli bulunmuştur. Tuzluluk düzeyi ortalamaları 0.56-8.13 dS/m arasında farklılık

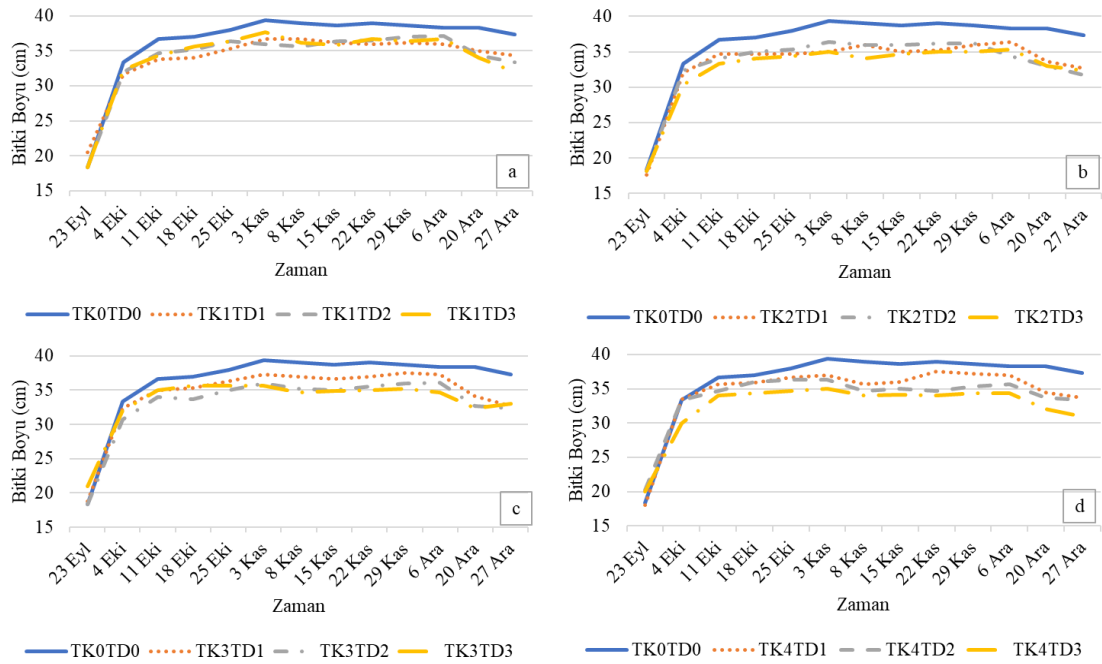
göstermiştir. En yüksek EC_e değeri (8.13 dS/m) tuzluluk düzeyinin en fazla olduğu 9 dS/m'lik tuzluluk konsantrasyonunda belirlenmiştir. Her bir tuz kaynağı ayrı ayrı değerlendirildiğinde tuz konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak toprağın elektriksel iletkenlik değerlerinin arttığı ($p < 0.0.$) görülmektedir. Kontrol konusuna göre tuzluluk düzeylerindeki (TD_1 , TD_2 ve TD_3) bu artış $CaCl_2$ içeren tuz kaynağında sırasıyla 5.98, 9.59 ve 15.34 kat; $MgCl_2$ tuz kaynağında 5.61, 9.45, 13.66 kat; $NaCl$ tuz kaynağında 6.59, 9.14, 14.48; Na_2SO_4 tuz kaynağında ise 6.27, 9.13, 14.52 kat seviyelerine çıkmıştır.

4.2. Farklı Tuz Kaynakları ve Tuzluluk Seviyelerinin Brokolinin Bitki Gelişim Parametreleri Üzerine Etkisi

Deneme süresince haftalık bazda bitki boyu ölçümleri, iki haftada bir klorofil içeriği indeksi, stoma iletkenlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

4.2.1. Bitki boyu

Brokoli bitkisinin deneme süresince haftalık olarak ölçülen bitki boyları ele alınan tüm konular için Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Tuz kaynaklarına ($TK_1(CaCl_2)$ (a), $TK_2(MgCl_2)$ (b), $TK_3(NaCl)$ (c) ve $TK_4(Na_2SO_4)$ (d)) göre brokoli bitki boyundaki (cm) zamansal değişimler

Denemede farklı tuz kaynakları (TK) $\times$ tuzluluk düzeyleri (TD) karşılıklı etkileşimi düzeyinde brokoli bitki boylarına ilişkin varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.4). Tüm tuzluluk düzeyi ortalamaları olarak tuz kaynakları ele alındığında brokolinin bitki boyu ortalamaları istatistiksel olarak bir farklılık göstermemiş olup 33.93 cm (TK_2)- 34.61 cm (TK_1) arasında değişim göstermiştir.

Buna karşılık ana faktör olarak tuzluluk düzeyleri ele alındığında, en yüksek ortalama brokoli bitki boyu 36.31cm ile TD₀ konusunda belirlenmiş olup, TD₁ (34.07 cm), TD₂ (33.60 cm) ve TD₃ (33.14 cm) konsantrasyonları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çavuşoğlu 2012, farklı tuz konsantrasyonlarında yetiştirdiği domates, biber, karpuz ve brokoli fidelerinde tuz konsantrasyondaki artışla beraber bitki boylarının kısaldığını, ancak bu kısılmanın en az brokoli bitkisinde olduğunu ifade etmiştir. Bu durumun brokolinin tuzluluğa karşı toleransının diğer bitkilere göre daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.4. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitki boyuna etkisi

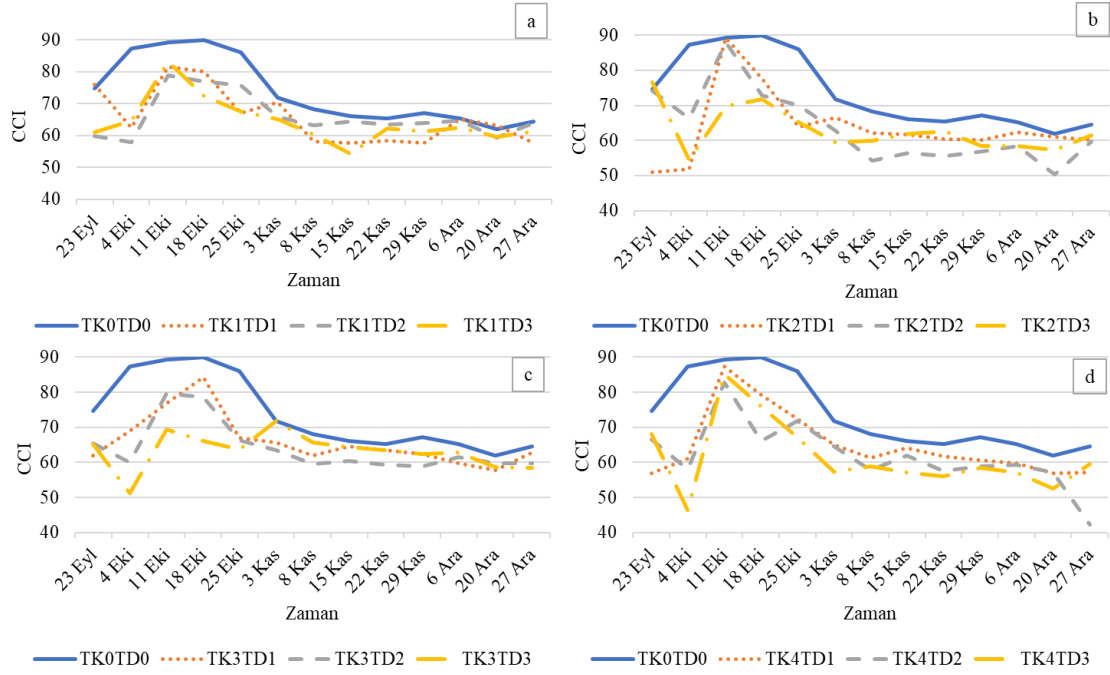
Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	TD ₀ (0.7)	TD ₁ (3)	TD ₂ (6)	TD ₃ (9)		
TK ₁ (CaCl ₂)	36.31 [†] A ^ε	34.03	34.07	34.02	ns	34.61
TK ₂ (MgCl ₂)	36.31 A	33.35 B	33.42 B	32.65 B	*	33.93
TK ₃ (NaCl)	36.31 A	34.42 AB	33.11 B	33.44 B	*	34.32
TK ₄ (NaSO ₄)	36.31 A	34.47 AB	33.78 AB	32.45 B	*	34.25
P > F	ns	ns	ns	ns		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	36.31 A	34.07 B	33.60 B	33.14 B		
Önemlilik						
Tuz Kaynağı (TK)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: ***					
TK x TD	: ns					
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.						
ε: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
*** ve *: Sırasıyla %0.1 ve %5 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

Tuz stresine maruz kalan bitkilerde, tuzluluğun şiddetine ve bitkinin tolerans seviyesine göre, hormonal dengede bazı düzensizlikler görülmekte, bitkinin fotosentez miktarı azalmaktadır (Sharma 1980). Nitrat azotu alımının düşmesi ile de protein sentezinde düşüşler olmakta ve bitkinin vejetatif aksamalarının gelişmesi yavaşlayarak bitki boyları kısa kalmaktadır (Robinson vd. 1983).

4.2.2. Klorofil içeriği indeksi

Brokoli bitkisinin klorofil içeriği indeksi (CCI) ölçümleri dönem boyunca haftalık gerçekleştirilmiş olup Şekil 4.2 de verilmiştir. Konular arasındaki farklılıklara ilişkin istatistik analiz sonuçlarına göre gerek tuz kaynakları (TK) gerekse TK×TD etkileşimi düzeyindeki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.5).

Ana faktör olarak tuz kaynakları ortalamaları değerlendirildiğinde CCI değerleri 65.51 ile 67.47 arasında olduğu belirlense de bu farklılık istatistiksel olarak önemsizdir. Bununla birlikte TD₂ (6.0 dS/m) konusunda tuz kaynakları arasında %0.5 önem düzeyinde farklılıklar belirlenmiştir. Bu farklılık özellikle TK₁ (CaCl₂) ve TK₄ (Na₂SO₄) konuları arasında net bir şekilde görülmektedir. TK₄ konusu TK₁'e göre yaklaşık %7 daha düşük CCI değerine sahiptir. Ana faktör olarak tuzluluk düzeyleri karşılaştırıldığında %0.1 önem seviyesinde farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Söz konusu verilere göre en yüksek klorofil içeriği indeksi 76.68 ile TD₀ konusunda belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Tuz kaynaklarına (TK₁ (CaCl₂) (a), TK₂ (MgCl) (b), TK₃ (NaCl) (c) ve TK₄ (Na₂SO₄) (d)) göre klorofil içeriği indeksindeki (CCI) zamansal değişimler

Çizelge 4.5. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin klorofil içeriği indeksine (CCI) değerlerine etkisi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	TD ₀ (0.7)	TD ₁ (3)	TD ₂ (6)	TD ₃ (9)		
TK ₁ (CaCl ₂)	73.68 [†] A [£]	65.87 B	66.04 B a	64.28 B	*	67.47
TK ₂ (MgCl ₂)	73.68 A	63.69 B	63.49 B ab	62.84 B	***	65.93
TK ₃ (NaCl)	73.68 A	65.99 B	64.04 B ab	63.34 B	**	66.76
TK ₄ (NaSO ₄)	73.68 A	64.92 B	61.92 B b	61.54 B	***	65.51
P > F	ns	ns	*	ns		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	73.68 A	65.12 B	63.87 B	63.00 B		
Önemlilik						
Tuz Kaynağı (TK)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: ***					
TK x TD	: ns					
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrr ortalamasıdır.						
£: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
‡: İtalik yazılmış bölümde; küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütün boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
***, ** ve *: Sırasıyla %0.1, %1 ve %5 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

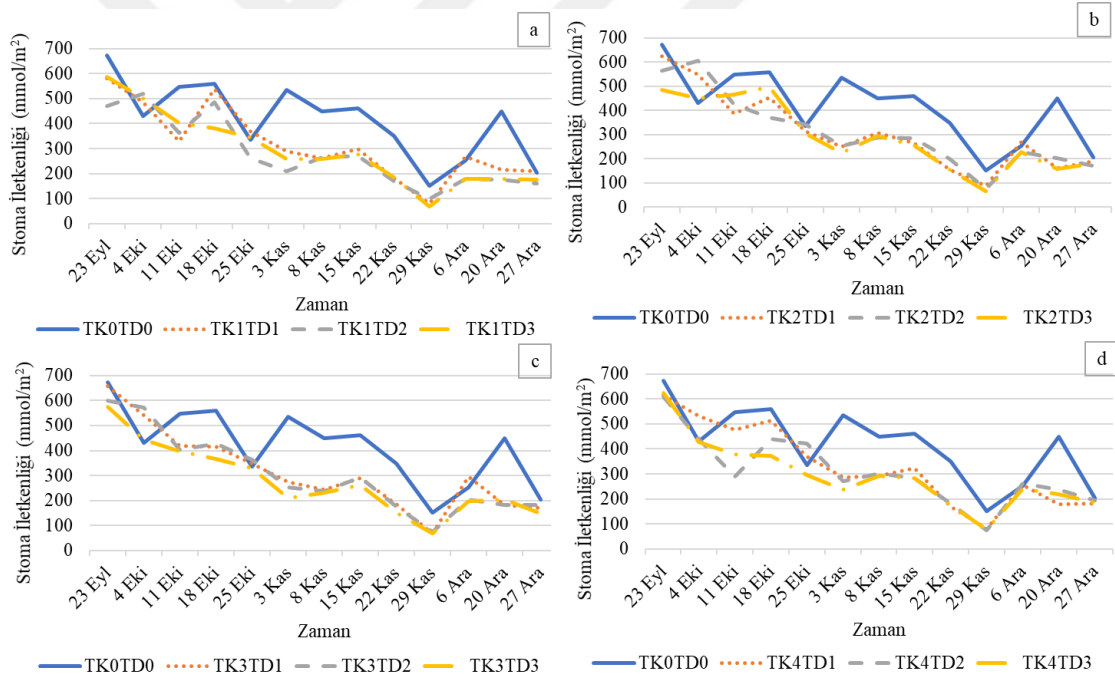
Bununla birlikte her ne kadar en düşük CCI değeri 63.00 ile TD₃ tuz düzeyinde belirlenmiş olsa da bu konu istatistiksel olarak TD₁ (65.12) ve TD₂ (63.87) konularından istatistiksel olarak herhangi bir farklılık göstermemiştir. Her bir tuz kaynağı (CaCl₂, MgCl₂, NaCl ve NaSO₄) altında tuzluluk düzeyleri arasındaki farklılıklar sırasıyla %5, %0.1, %1 ve %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ancak yine genel ortalama ile benzer

şekilde bu farklılık yalnızca kontrol konusu olan TD₀ tuzluluk düzeyinde belirlenmiş olup diğer konular (TD₁, TD₂ ve TD₃) arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Fotosentez, bitkideki en önemli metabolik süreçlerden biridir ve stres koşullarında performansı büyük ölçüde etkilenir (Mehta vd. 2011). Klorofil içeriğinin ölçümü, kuraklık, tuzluluk, sıcaklık gibi çeşitlik stres faktörlerinin sera ve tarla koşullarında yaprakların fotosentez verimliliği üzerine etkilerini incelemek için yaygın olarak gerçekleştirilmektedir (Heidari vd. 2014). Klorofil içeriğinin tuzluluk stresi ile azaldığına ilişkin bir çok literatür mevcut ancak Ezin vd. 2010, farklı konsantrasyonlarda tuzlu su ile yetiştirdikleri domates bitkisinin klorofil içeriğinde ilk 4 hafta da istatistiksel olarak herhangi bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir.

4.2.3. Stoma iletkenliği

Brokoli bitkisinin deneme süresince iki haftada bir ölçülen stoma iletkenliklerinin zamansal değişimi Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Stoma iletkenliğindeki dalgalanmalar sulama zamanlarından kaynaklanmaktadır. Tüm konularda stoma iletkenlik değerleri sulama öncesine göre sulama sonrasında daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Tuz kaynaklarına (TK₁ (CaCl₂) (a), TK₂ (MgCl) (b), TK₃ (NaCl) (c) ve TK₄ (Na₂SO₄) (d)) göre stoma iletkenliğindeki (mmol/m²) zamansal değişimler

Brokoli bitkisinin gelişim periyodu boyunca iki haftalık aralıklarla ölçülen stoma iletkenlik değerlerinin sezon ortalamaları dikkate alındığında TK×TD karşılıklı etkileşimi düzeyinde farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.6). Ana faktör olarak tuz kaynaklarının ortalama stoma iletkenliğine istatistiksel olarak herhangi bir etkisi olmazken ana faktör olarak tuz konsantrasyonlarının ortalama stoma iletkenliklerine etkisi incelendiğinde istatistiksel anlamda önemli farklılıklar ortaya çıktığı belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonları dikkate alındığında stoma iletkenlik

değerlerinin 287.82 mmol/m² ile 415.78 mmol/m² arasında değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek stoma iletkenlik değeri TD₀ konusunda (415.78 mmol/m²) belirlenmiş olup bu değer TD₁, TD₂ ve TD₃ konularından istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir. Bununla birlikte en düşük stoma iletkenlik konusu her ne kadar tuz konsantrasyonun en fazla olduğu TD₃ konusunda belirlenmiş olsa da TD₂ konusu da istatistiksel olarak farklılık göstermeyip TD₃ konusu ile aynı grupta yer almıştır.

Her bir tuz kaynağını ayrı ayrı değerlendirdiğimizde ise farklı tuz konsantrasyonu arasındaki istatistiksel olarak %0.1 önem düzeyinde farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Tüm tuz kaynakları kontrol konusundan farklılık göstermekle birlikte özellikle CaCl₂ ve NaCl tuz kaynaklarının konsantrasyonları arttıkça stoma iletkenlik değerlerinin azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Bu durum tuzluluk stresindeki bitkilerdeki bir tür koruma mekanizması olarak düşünülebilir. Nitekim tuzluluk stresi durumunda bitkilerde absisik asit (ABA), sitokinin gibi bazı hormonların sentezi artmakta olduğu bilinmektedir (Thomas et al., 1992). Yapılan çalışmalar tuzluluk stresi altında bitkilerde absisik asit (ABA) ve sitokinin gibi bazı hormonların seviyelerinin arttığı belirlenmiştir. ABA miktarındaki artışla beraber koruyucu hücreleri uyarak stoma hücrelerinin kapanması sağlamaktadır. Böylelikle bitkilerde terleme yolu ile su kaybı azaltılmış olur (Parida ve Das 2005).

Çizelge 4.6. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin stoma iletkenliğine etkisi

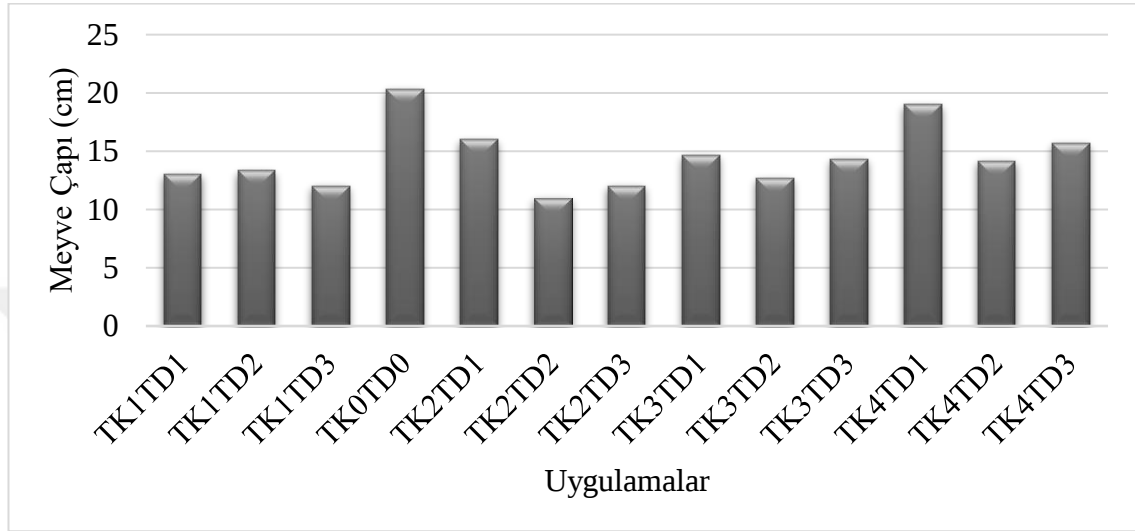
Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	TD ₀ (0.7)	TD ₁ (3)	TD ₂ (6)	TD ₃ (9)		
TK ₁ (CaCl ₂)	415.78 [†] A [‡]	316.46 B	279.69 C	292.38 BC	***	326.08
TK ₂ (MgCl ₂)	415.78 A	308.73 B	307.81 B	289.75 B	***	330.52
TK ₃ (NaCl)	415.78 A	314.56 B	305.50 BC	275.82 C	***	327.92
TK ₄ (NaSO ₄)	415.78 A	329.19 B	308.48 B	293.32 B	***	336.69
P > F	ns	ns	ns	ns		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	415.78 A	317.24 B	300.37 C	287.82 C		
Önemlilik						
Tuz Kaynağı (TK)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: ***					
TK x TD	: ns					
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrür ortalamasıdır.						
‡: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
***: %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

4.3. Farklı Tuz Kaynakları ve Tuzluluk Seviyelerinin Brokolinin Verim Parametreleri Üzerine Etkisi

4.3.1. Meyve çapı

Hasat sonuna ilişkin brokoli bitkisinin meyve çaplarının değişimleri Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Ana faktör düzeyinde gerek tuz kaynağı gerekse tuzluluk düzeyleri ortalamaları %0.1 önem seviyesinde istatistiksel olarak farklılıklar göstermiştir. Ayrıca TKxTD karşılıklı etkileşimi düzeyinde her iki parametre için ortalamalar arasında %5 önem seviyesinde farklılıkların varlığı da ortaya konulmuştur (Çizelge 4.7). Tuz kaynağı

tuzluluk düzeyi karşılıklı etkileşimleri incelendiğinde en yüksek meyve çapı (20.33 cm) kontrol (TK₀-TD₀) konusuyla beraber NaSO₄ tuz kaynağının TD₁ tuzluluk düzeyinde (19.00 cm) elde edilmiştir. En düşük meyve çapı ise MgCl₂ tuz kaynağının TD₂ (11.00) ve TD₃ (12.00 cm), CaCl₂ tuz kaynağının tüm tuzluluk düzeyleri (TD₁, 13.00 cm; TD₂, 13.33 cm; TD₃, 12.00 cm), NaCl tuz kaynağının TD₂ tuzluluk düzeyinde (12.67 cm)'de belirlenmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde meyve çapındaki genel olarak Na₂SO₄ tuz kaynağında daha düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. Farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarının meyve çaplarına etkisi

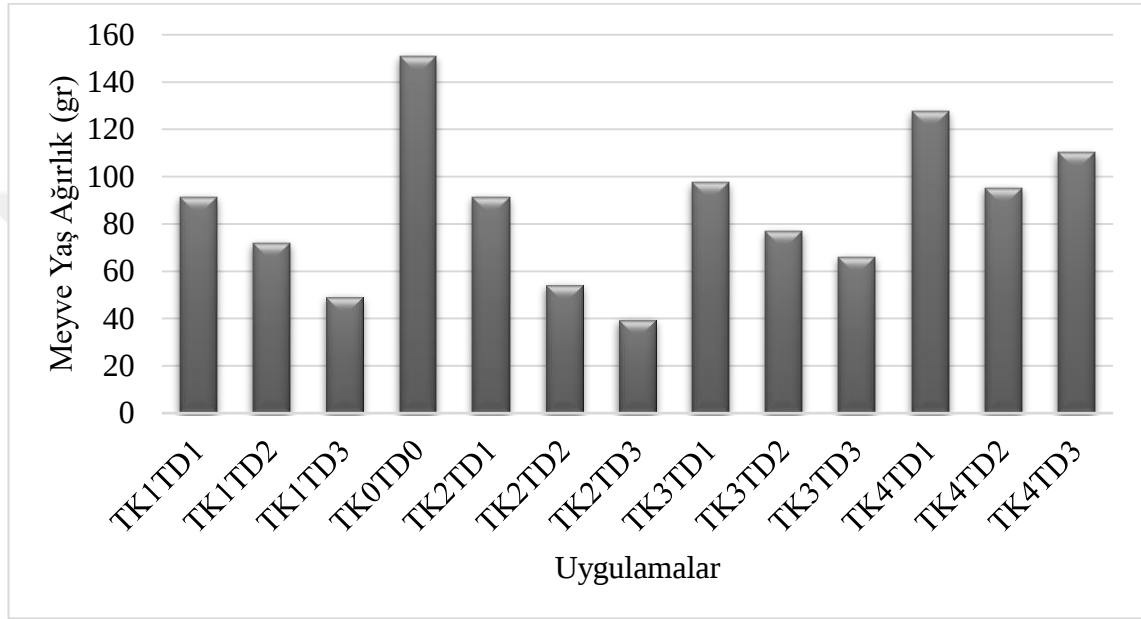
Çizelge 4.7. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin etkileşimlerinin (TK×TD) brokoli bitkisinin meyve çaplarına etkisi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				Tuz Kaynağı Ort.
	TD ₀ (0.7)	TD ₁ (3)	TD ₂ (6)	TD ₃ (9)	
TK ₁ (CaCl ₂)	20.33 †a [£]	13.00 df	13.33 cf	12.00 ef	14.67
TK ₂ (MgCl ₂)	20.33 a	16.00 b	11.00 f	12.00 ef	14.83
TK ₃ (NaCl)	20.33 a	14.67 bd	12.67 df	14.33 be	15.50
TK ₄ (NaSO ₄)	20.33 a	19.00 a	14.17 be	15.67 bc	17.29
Tuzluluk Düzeyi Ort.	20.33	15.67	12.79	13.50	
Önemlilik					
Tuz Kaynağı (TK)	: ***				
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: ***				
TK x TD	: *				
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.					
£: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.					
‡: İtalik yazılmış bölümde; küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütün boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.					
***, ** ve *: Sırasıyla %0.1, %1 ve %5 olasılık seviyesinde önemlidir.					
ns: istatistiksel olarak önemsiz.					

Literatür de domates (Kesmez 2003), patlıcan (Talhouni vd. 2019), lahana (Saraçoğlu ve Akat 2022) bitkilerinde de tuzluluk stresinin düzeyine bağlı olarak meyve çaplarının farklı oranlarda azaldığı ifade edilmiştir. Genel olarak SO₄ içeren tuz kaynaklarında meyve çaplarında ortaya çıkan azalmanın TD₁ içeren tuz kaynaklarına göre daha az olduğu sonucuna varılmıştır.

4.3.2. Meyve yaş ağırlık

Brokoli bitkisinin verim parametrelerinden olan meyve yaş ağırlıklarının konular arasındaki değişimi Şekil 4.5’de verilmiştir. Şekil 4.5 incelendiğinde özellikle tuz konsantrasyonları arttıkça meyve yaş ağırlıklarındaki azalma dikkat çekmektedir. Konular arasındaki farklılıkları daha ayrıntılı inceleyebilmek adına yapılan istatistik analizleri Çizelge 4.8’de verilmektedir. Ana faktör olarak gerek tuz kaynakları gerekse tuzluluk düzeyleri arasında sırasıyla %1 ve %0.1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. Bununla birlikte TK×TD etkileşimi düzeyindeki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.



Şekil 4.5. Farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarının meyve yaş ağırlıklarına etkisi

Ana faktör olarak tuz kaynakları incelendiğinde ortalama meyve yaş ağırlıkları 87.15 gr- 120.95 gr arasında değişim göstermiştir. En yüksek meyve yaş ağırlığı (120.95 gr) SO_4 içeren tuz kaynağı olan TK₄ uygulamasında belirlenmiştir. Bununla birlikte en düşük meyve yaş ağırlığı MgCl_2 (TK₂) uygulamasında belirlenmiş olup diğer TD₁ içeren tuz kaynakları da istatistiksel olarak bir farklılık göstermemiş TK₂ uygulaması ile aynı grupta yer almıştır. Tuz kaynaklarının etkisi her bir tuzluluk düzeyi için ayrı ayrı değerlendirildiğinde TD₁ ve TD₂ konsantrasyonlarında tuz kaynakları arasındaki değişim istatistik olarak önemli değilken, TD₃ konusunda tuz kaynakları arasında %5 önem seviyesinde farklılık tespit edilmiştir. TD₃ konusunda en yüksek meyve yaş ağırlığı SO_4 içeren TK₄ tuz kaynağında belirlenmiş olup TK₃ tuz kaynağı her ne kadar daha düşük meyve yaş ağırlığına (66.17 gr) sahip olsa da TK₄ konusu ile aynı grupta yer almıştır. Ana faktör olarak tuz konsantrasyonları değerlendirildiğinde en yüksek meyve yaş ağırlığı 0.7 dS/m’ lik tuzluluğa sahip TD₀ (kontrol) konusunda (150.85 gr) belirlenmiştir. Çizelge 4.5 incelendiğinde tuzluluk düzeylerindeki artışın meyve yaş ağırlığını azalttığı görülmektedir. En düşük meyve yaş ağırlığı TD₃ konusunda belirlenmiş olup TD₂ konusu da istatistiksel olarak farklılık göstermemiş TD₃ konusuyla aynı grupta yer almıştır. Brokoli meyve yaş ağırlığı tuzluluk düzeyleri dikkate alınarak her bir tuz kaynağı için ayrı ayrı değerlendirildiğinde TD₁ içerikli TK₁, TK₂ ve TK₃ konularında %0.1 önem

seviyesinde farklılıklar tespit edilmiştir. Genel olarak tuz konsantrasyonları arttıkça brokoli meyve yaş ağırlıklarında azalmalar belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin meyve yaş ağırlıklarına etkisi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	TD ₀ (0.7)	TD ₁ (3)	TD ₂ (6)	TD ₃ (9)		
TK ₁ (CaCl ₂)	150.85 [†] A [‡]	91.47 B	71.97 BC	49.10 C b	***	90.85 b
TK ₂ (MgCl ₂)	150.85 A	91.45 B	54.17 C	52.13 C b	***	87.15 b
TK ₃ (NaCl)	150.85 A	97.50 B	76.90 BC	66.17 C ab	***	97.85 b
TK ₄ (NaSO ₄)	150.85	127.70	95.10	110.13 a	ns	120.95 a
P > F	ns	ns	ns	*		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	150.85 A	102.03 B	74.53 C	69.38 C		
Önemlilik						
Tuz Kaynağı (TK)	: **					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: ***					
TK x TD	: ns					
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.						
‡: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
§: İtalik yazılmış bölümde; küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütün boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
***, ** ve *: Sırasıyla %0.1, %1 ve %5 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

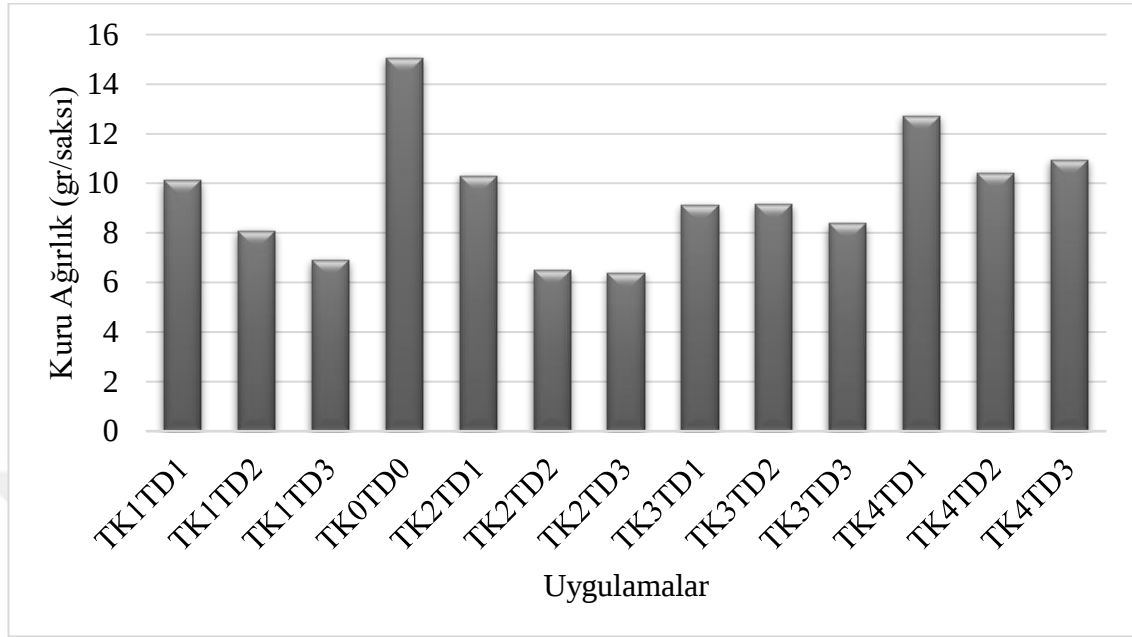
4.3.3. Meyve kuru ağırlık

Hasat zamanı brokoli meyve kuru ağırlıklarının konulara göre değişimini belirten grafik Şekil 4.6'da verilmiştir. Meyve kuru ağırlıkları da yaş ağırlıklara benzer şekilde ana faktör olarak gerek tuz kaynakları gerekse tuzluluk düzeyleri arasında sırasıyla %1 ve %0.1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. Bununla birlikte TK×TD etkileşimi düzeyindeki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.9).

Ana faktör olarak tuz kaynakları dikkate alındığında meyve kuru ağırlıkları 9.25 – 12.27 gr arasında değişim göstermiştir. En yüksek meyve kuru ağırlığı yaş ağırlıkta olduğu gibi NaSO₄ tuz kaynağında (12.27 gr) belirlenmiş olup, TD₁ içerikli tuzlar istatistiksel olarak farklılık göstermeyip aynı grupta yer almışlardır. Her bir tuzluluk düzeyi için tuz kaynakları arasında 9.0 dS/m tuzluluğa sahip TD₃ uygulamasında %1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. Buna göre en yüksek meyve kuru ağırlığı (10.93 gr) SO₄ içeren (TK₄) tuz kaynağında belirlenmiştir. En düşük meyve kuru ağırlığı (5.20 gr) TK₂ uygulamasında belirlenmiş olup TK₁ uygulaması da (6.90 gr) istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

Ana faktör olarak tuzluluk düzeyleri dikkate alındığında meyve kuru ağırlıkları 7.85 gr-15.05gr arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek meyve kuru ağırlığı TD₀ konusunda (15.05 gr) elde edilirken en düşük TD₃ konusunda (7.85 gr) belirlenmiş olup TD₂ konusu da TD₃ konusundan farklılık göstermemiş aynı grupta yer almıştır. Tuzluluk düzeyleri dikkate alınarak her bir tuz kaynağı kendi içerisinde değerlendirilmiş ve TD₁ içerikli tuzların tamamında konsantrasyonlar arası farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tüm konula kontrol konusu olan TD₀ uygulamasından farklılık

göstermiştir. Bununla birlikte TK₂ konusunda tuz konsantrasyonu arttıkça meyve kuru ağırlığında azalma belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarının meyve kuru ağırlıklarına etkisi

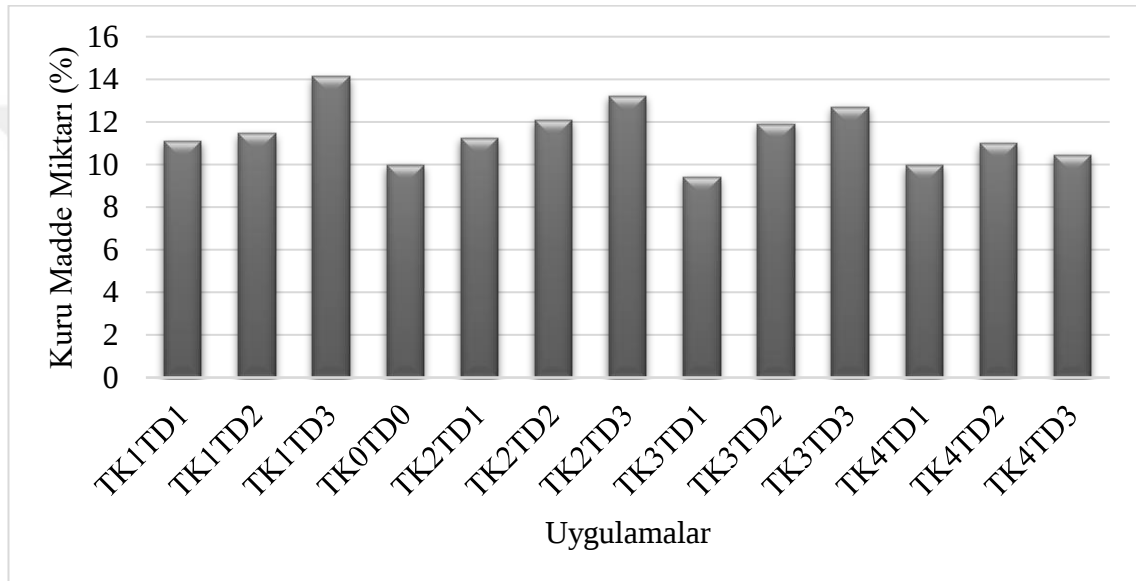
Çizelge 4.9. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin meyve kuru ağırlıklarına etkisi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	TD ₀ (0.7)	TD ₁ (3)	TD ₂ (6)	TD ₃ (9)		
TK ₁ (CaCl ₂)	15.05 [†] A [‡]	10.10 B	8.07 B	6.90 B bc	**	10.03 b
TK ₂ (MgCl ₂)	15.05 A	10.30 B	6.47 C	5.20 C c	***	9.25 b
TK ₃ (NaCl)	15.05 A	9.13 B	9.15 B	8.37 B b	**	10.43 b
TK ₄ (NaSO ₄)	15.05	12.70	10.40	10.93 a	ns	12.27 a
P > F	ns	ns	ns	**		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	15.05 A	10.56 B	8.52 C	7.85 C		
Önemlilik						
Tuz Kaynağı (TK)	: **					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: ***					
TK x TD	: ns					
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrür ortalamasıdır.						
‡: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
‡: İtalik yazılmış bölümde; küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütün boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
***, **: Sırasıyla %0.1 ve %1 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

4.3.4. Meyve kuru madde miktarı

Brokoli de verim parametrelerinden biri olan kuru madde miktarının farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarındaki değişimi Şekil 4.7’de verilmiştir. Brokoli bitkisinin hasat sonunda elde edilen kuru madde miktarı dikkate alındığında TK×TD

karşılıklı etkileşimi düzeyinde farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.10). Ana faktör olarak tuz kaynakları değerlendirildiğinde konular arasında %5 önem seviyesinde farklılık belirlenmiş olup bitki kuru madde miktarları %10.34-%11.66 arasında değişim göstermektedir. Her ne kadar en düşük kuru madde miktarı (%10.34) TK₄ konusunda belirlenmiş olsa da TK₃ konusu da (%10.99) istatistiksel olarak bir farklılık göstermeyip aynı grupta yer almıştır. Tuz kaynakları arasındaki farklılık her bir tuz konsantrasyon düzeyinde incelendiğinde yalnızca TD₃ uygulamasında %5 önem seviyesinde bir farklılık belirlenmiştir. Söz konusu uygulamada en yüksek kuru madde miktarı (%14.12) her ne kadar TK₁ uygulamasında belirlenmiş olsa da TK₂ (%13.23) ve TK₃ (%12.68) uygulamaları söz konusu konudan istatistiksel olarak bir farklılık göstermeyip aynı grupta yer almışlardır. En düşük kuru madde miktarı TK₄ uygulamasından (10.45) elde edilmiştir.



Şekil 4.7. Farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarının bitki kuru madde miktarına etkisi

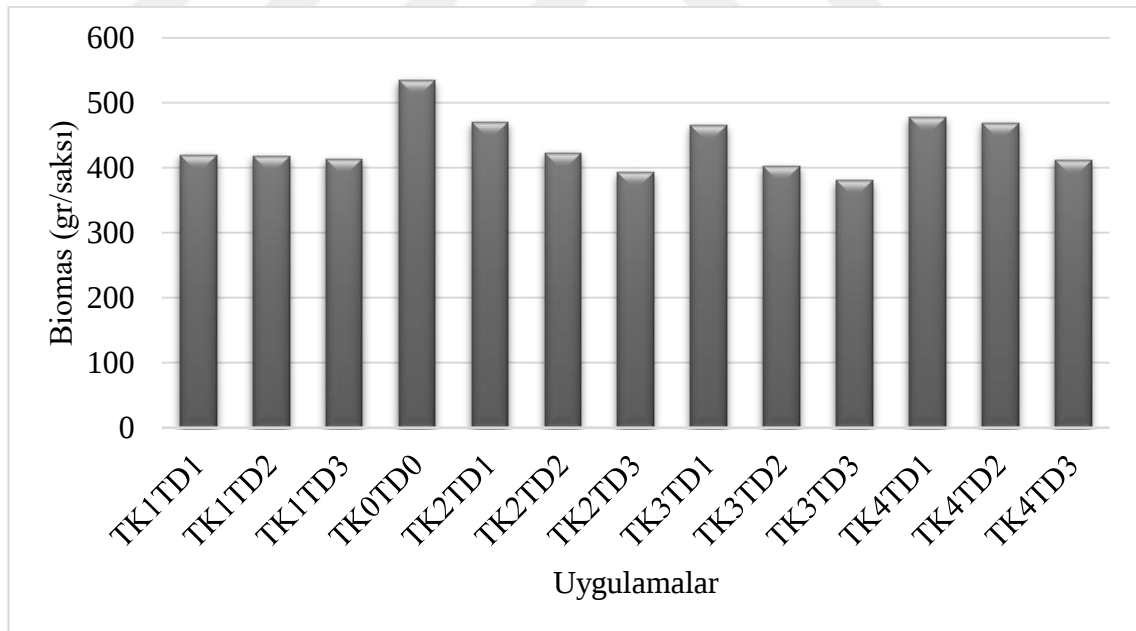
Diğer yandan ana faktör olarak tuzluluk düzeyleri incelendiğinde konular arasında %0.1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. Tuzluluk düzeyi ortalamalarına göre en yüksek bitki kuru madde miktarı (%12.62) her ne kadar TD₃ tuz konsantrasyonunda belirlenmiş olsa da TD₂ konusu (%11.61) istatistiksel olarak bir farklılık göstermeyip aynı grupta yer almıştır. Bununla birlikte TD₀ (%9.96) ve TD₁ (%10.43) konuları da kendi içlerinde bir farklılık göstermeyip diğer tuz konsantrasyonu uygulamalarına göre nispeten daha düşük kuru madde miktarları tespit edilmiştir. Bununla birlikte her bir tuz kaynağı farklı tuz konsantrasyonlarına göre ayrı ayrı ele alındığında ise klor içerikli tuzların farklı tuz konsantrasyonları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. CaCl₂ içeren TK₁ tuz kaynağında kontrol konusundan farklılık yalnızca TD₀ uygulamasında elde edilirken, MgCl₂ ve NaCl tuzlarını içeren TK₂ ve TK₃ konularında TD₂ ve TD₃ tuz konsantrasyonları kontrol konusundan farklılık göstermiştir. Söz konusu konularda daha yüksek kuru madde miktarı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitkisinin meyve kuru madde miktarına (%) etkisi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	TD ₀ (0.7)	TD ₁ (3)	TD ₂ (6)	TD ₃ (9)		
TK ₁ (CaCl ₂)	9.96 [†] B [‡]	11.09 B	11.45 B	14.12 A a	*	11.66 a
TK ₂ (MgCl ₂)	9.96 C	11.26 BC	12.10 AB	13.23 A a	**	11.64 a
TK ₃ (NaCl)	9.96 B	9.43 B	11.90 A	12.68 A ab	**	10.99 ab
TK ₄ (NaSO ₄)	9.96	9.95	10.99	10.45 b	ns	10.34 b
P > F	ns	ns	ns	*		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	9.96 C	10.43 C	11.61 B	12.62 B		
Önemlilik						
Tuz Kaynağı (TK)	: *					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: ***					
TK x TD	: ns					
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrür ortalamasıdır.						
‡: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
§: İtalik yazılmış bölümde; küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütün boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
***, ** ve *: Sırasıyla %0.1, %1 ve %5 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

4.3.5. Toprak üstü biomas

Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyeleri Şekil 4.8’de görüldüğü gibi her ne kadar bitki biomasında farklılıklara yol açtığı belirlenmiş olsa da tuz kaynaklarına bağlı olarak meydana gelen bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.11).



Şekil 4.8. Farklı tuz kaynakları ve tuz konsantrasyonlarının bitki biomasına etkisi

Gerek ana faktör olarak tuz kaynakları düzeyinde gerekse TD×TK etkileşimi düzeyindeki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte ana faktör olarak tuzluluk düzeyleri ele alındığında uygulamalar arasında %0.1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Tuzluluk düzeyi ortalamaları 399.67 gr- 541.90 gr arasında değişim göstermektedir. En yüksek bitki bioması (541.90 gr)

kontrol konusunda belirlenmiştir. Bununla birlikte en düşük bitki biyomasi 9.0 dS/m tuzluluk düzeyindeki TD₃ konusunda elde edilmiş olup 6.0 dS/m tuz konsantrasyonuna ait TD₂ konusu da (428.13 gr) istatistiksel olarak farklılık göstermeyip aynı grupta yer almıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde aynı tuzluluk düzeyinde farklı tuz kaynaklarının bitki biyomasına herhangi bir etkisinin olmadığı, ancak tuz konsantrasyonu arttıkça bitki biyomasında azalma olduğu belirlenmiştir. En fazla azalma tuz konsantrasyonu en fazla olan TD₃ uygulamasında belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin brokoli bitki biyomasına etkisi

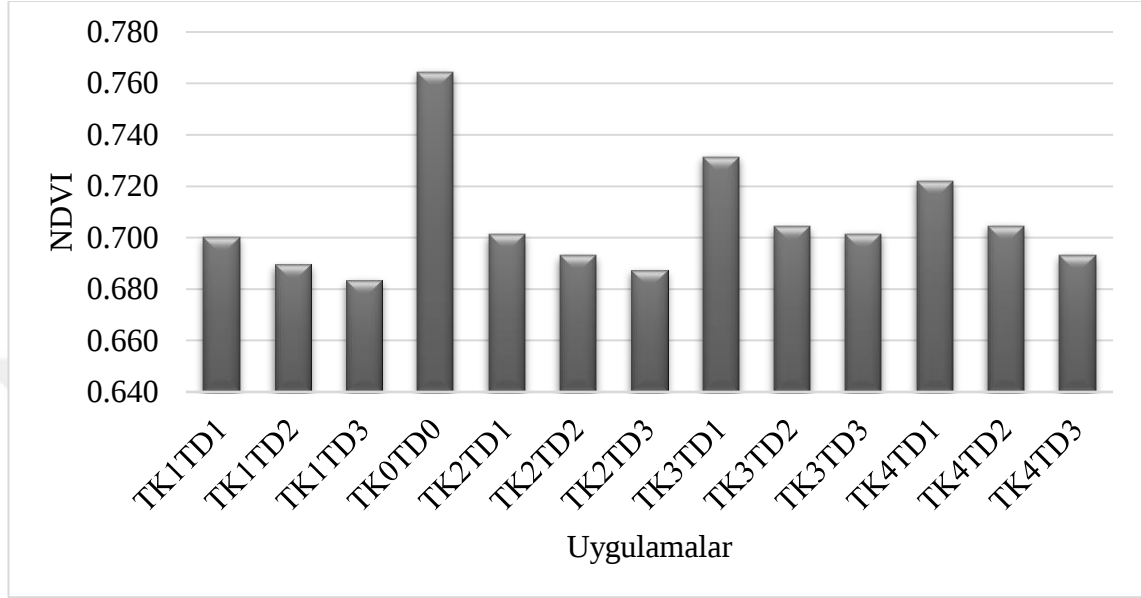
Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	TD ₀ (0.7)	TD ₁ (3)	TD ₂ (6)	TD ₃ (9)		
TK ₁ (CaCl ₂)	541.90 †	419.30	418.00	413.70	ns	475.33
TK ₂ (MgCl ₂)	541.90	470.25	423.30	392.67	ns	457.03
TK ₃ (NaCl)	541.90	465.27	402.00	380.30	ns	447.37
TK ₄ (NaSO ₄)	541.90	478.20	469.20	412.00	ns	475.33
P > F	ns	ns	ns	ns		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	541.90 A	458.25 B	428.13 BC	399.67 C		
Önemlilik						
Tuz Kaynağı (TK)	: ns					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: ***					
TK x TD	: ns					
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır.						
‡: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
§: İtalik yazılmış bölümde; küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütün boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
***: %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir.						
ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

Tuz stresinin gözlemlenen ilk etkilerinden birisi bitkilerde büyüme hızını azaltmasıdır (Doğru ve Canavar 2020). Yapılan çalışmalar tuz stresinin bitkilerin çeşitli organlarının yaş ve kuru ağırlıkları üzerinde etkili olduğunu göstermiştir (Chartzoulakis ve Klapaki, 2000). Marcelis ve Hooijdonk (1999) turp bitkisinde, Yurtseven ve Baran (2000) brokoli bitkisinde tuzluluk stresi ile bitki yaş ve kuru ağırlıklarında kontrol konularına kıyasla önemli azalmaların meydana geldiğini bunun neticesinde de bitkilerin toplam biyomas değerlerinde tuzluluk şiddetine bağlı olarak azalmaların olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar literatürle paralellik göstermektedir.

4.4. Farklı Tuz Kaynakları ve Tuzluluk Seviyelerinin NDVI'a Etkisi

Denemede iki haftada bir multispektral kamera ölçümleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen görüntülerden NDVI hesaplaması yapılmıştır. NDVI'ın dönem sonu ortalamaları dikkate alınarak konular arasındaki farklılıklar Şekil 4.9 da verilmiştir. Denemede farklı tuz kaynakları (TK) × tuzluluk düzeyleri (TD) karşılıklı etkileşimi düzeyinde NDVI değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.12). Bununla birlikte tüm tuzluluk düzeyi ortalamaları olarak tuz kaynakları ele alındığında 0.709 ile 0.725 arasında değişim gösteren NDVI değerleri arasında %5 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. En yüksek NDVI değeri TK₃ tuz kaynağında (0.725) belirlenmiş olup, TK₄ tuz kaynağı da (0.721) söz konusu konudan farklılık göstermeyip aynı grupta yer almıştır. Ana faktör olarak tuzluluk düzeyleri incelendiğinde NDVI değerleri arasında %0.1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. En yüksek

NDVI değeri (0.764) TD₀ uygulamasında belirlenmiş olup tuz konsantrasyonu arttıkça NDVI değerlerinde azalma belirlenmiştir. En düşük NDVI değeri TD₃ uygulamasında (0.691) belirlenmiştir. Bununla birlikte TD₂ uygulaması da söz konusu konu ile farklılık göstermeyip aynı grupta yer almıştır. Genel olarak tüm tuz konsantrasyonları düşük NDVI değerleri ile kontrol konusundan farklılık göstermiştir.



Şekil 4.9. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin NDVI’ya etkisi

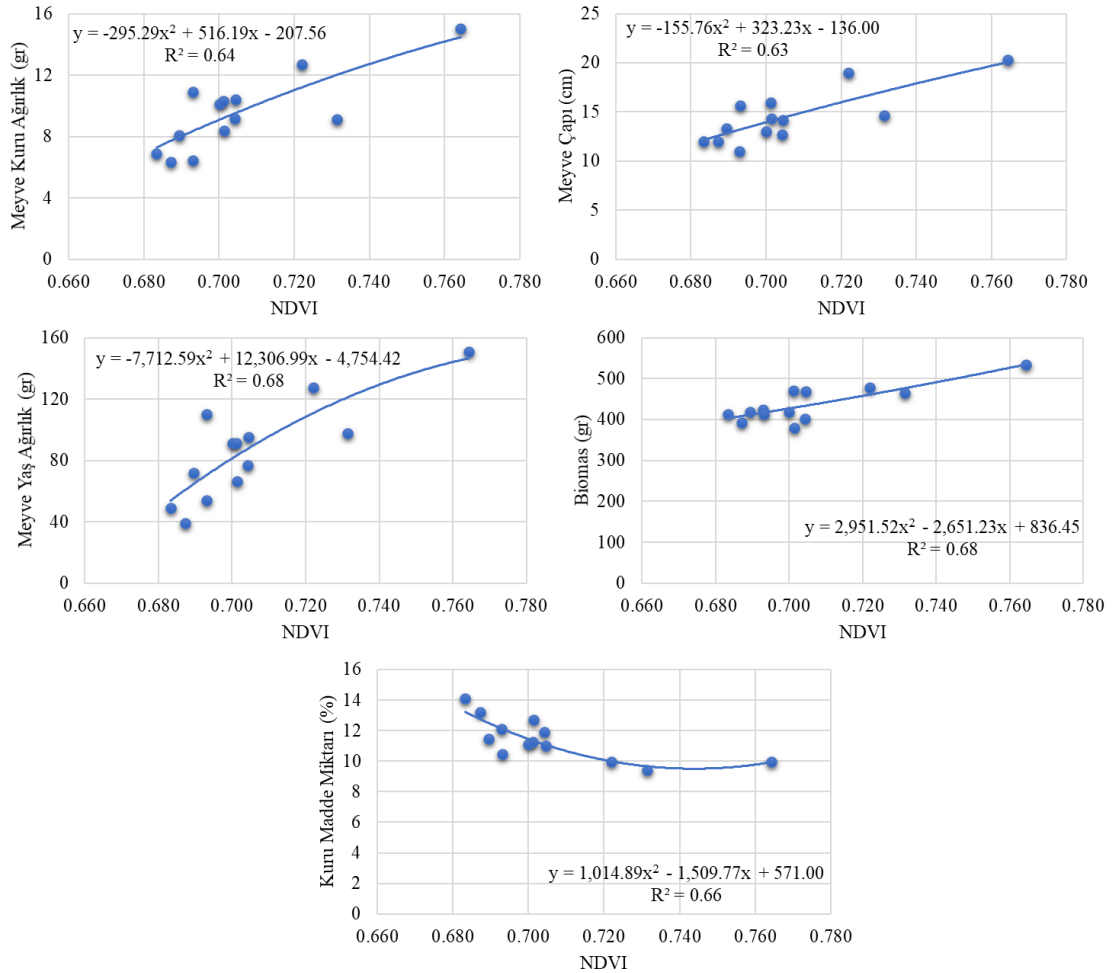
Çizelge 4.12. Farklı tuz kaynakları ve tuzluluk seviyelerinin NDVI’ya etkisi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	Tuz Kaynağı Ort.
	TD ₀ (0.7)	TD ₁ (3)	TD ₂ (6)	TD ₃ (9)		
TK ₁ (CaCl ₂)	0.764 A	0.700 B	0.689 B	0.683 B	***	0.709 b
TK ₂ (MgCl ₂)	0.764 A	0.701 B	0.693 B	0.687 B	***	0.711 b
TK ₃ (NaCl)	0.764 A	0.731 B	0.704 C	0.701 C	***	0.725 a
TK ₄ (NaSO ₄)	0.764 A	0.722 B	0.705 B	0.693 B	**	0.721 ab
P > F	ns	ns	ns	ns		
Tuzluluk Düzeyi Ort.	0.764 A	0.714 B	0.698 C	0.691 C		
Önemlilik Tuz Kaynağı (TK) : * Tuzluluk Düzeyi (TD) : *** TK x TD : ns						
†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır. ‡: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir. ‡: İtalik yazılmış bölümde; küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir. ***: %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir. ns: istatistiksel olarak önemsiz.						

Her bir tuz kaynağı ayrı ayrı ele alındığında tüm konsantrasyon konuları TD₀ uygulamasından ayrılrsa da kendi içlerinde farklılık göstermeyip aynı grupta yer almışlardır. Ancak NaCl içeren TK₃ tuzunda diğer tuz kaynaklarından farklı olarak konular arasında da farklılıklar belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonu fazla olan TD₂ ve TD₃ uygulamalarında daha düşük NDVI değerleri elde edilmiştir. NDVI bitki yoğunluğunun

tespitinde, su stresi, tuzluluk stresi gibi abiyotik stres faktörlerinin belirlenmesinde oldukça yaygın kullanılan bir indekstir. Tuz stresinin şiddetine ve süresine bağlı olarak stres durumunun belirlenebilirliğine yönelik geçmişten günümüze birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu bilgiler ışığında elde ettiğimiz veriler brokoli bitkisinin tuzluluk stresini belirleme, hatta farklı tuz kaynaklarını değerlendirebilmenin de mümkün olduğunu göstermektedir.

NDVI verileri ile brokoli bitkisinin bazı verim parametreleri ile olan ilişkileri Şekil 4.10'da verilmiştir. Buna göre NDVI verileri ve verim parametreleri arasında poliminal bir ilişki belirlenmiş olup NDVI verileri kullanılarak brokoli bitkisinin verim parametreleri hakkında fikir sahibi olunabileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.10. NDVI'ın bazı verim parametreleri ile ilişkilendirilmesi

Bitkilerde abiyotik streslerin yarattığı etkileri değerlendirmede en yaygın olarak kullanılan indeks olan NDVI bitkilerin sağlık durumu ile ilgili bilgiler vermektedir. -1 ile 1 arasında değişim gösteren NDVI değerleri (Rees, 2001) normal koşullarda sağlıklı bitkileri için 0.5- 0.7 arasında değiştiği bilinmekle birlikte sağlıklı bitkilerde daha yüksek olması beklenir (Campbell, 2002). Çalışmamız da elde ettiğimiz NDVI değerleri bu sınırlar dahilindedir. Tuz stresinin şiddetine ve bitkinin bu strese maruz kalma süresine bağlı olarak bitkilerde meydana gelen biyokimyasal bozulmalar klorofil oranlarında

azalmaya neden olmaktadır. Bitkilerdeki klorofil pigmentinin yoğunluğu elektromanyetik spektrumun kırmızı dalga boyu bölgesindeki enerjinin kullanımını etkilediğinden NDVI değerleri de direk olarak etkilenmektedir. Dolayısıyla stres altındaki bitkilerde daha düşük NDVI değerleri belirlenmektedir (Turhan vd. 2006; Sönmez vd. 2015; Aslan 2018).



5. SONUÇLAR

Bu çalışma ile farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeylerinin besin değeri oldukça yüksek, ülkemizde tüketimi hızla artmakta olan brokoli bitkisinde bazı gelişim ve verim parametrelerine etkileri ve bitkiden alınan multispektral kamera görüntüleri kullanılarak elde edilen vejetasyon indekslerinin bazı bitki özellikleri ve tuzluluk stresinin belirlenmesinde kullanılabilirliği ile ilgili önemli bilimsel eksikliklerin tamamlanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda brokoli bitkisinin gelişim periyodu boyunca hafta da bir bitki boyu, CCI, iki haftada bir de stoma iletkenliği ve multispektral kamera ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Hasat sonrası brokoli bitkisinin toplam biyomasi, meyve yaş ve kuru ağırlıkları, meyve çapları ve % kuru madde miktarları belirlenmiştir. Ayrıca kırmızı ve NIR dalga boylarında görüntü alabilen iki farklı multispektral kamera ile elde edilen görüntüler ArcGIS 10.8 programında koordinatlandırılarak işlenmiş ve NDVI değerleri hesaplanmıştır. Günümüzde insansız hava araçları, dronlar ile birlikte yaygın kullanımı olan multispektral kameraların sera içerisinde manuel kullanımı da değerlendirilmiştir.

Çalışma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde farklı tuz kaynakları ve tuzluluk düzeyleri arasında brokoli bitki boyu, stoma iletkenliği ve klorofil içeriklerinin sezon ortalaması, toplam biyomas, meyve yaş ve kuru ağırlığı ve kuru madde miktarlarında istatistiksel anlamda herhangi bir etkileşimin olmadığı belirlenmiştir.

Ana faktör olarak tuz kaynakları incelendiğinde ele alındığında meyve çapı, meyve yaş ve kuru ağırlıkları, brokoli kuru madde miktarı istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Bununla birlikte biyomas, stoma iletkenliği, CCI ve bitki boyları arasında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık belirlenmemiştir. Bu durumun güz dönemi yetiştirilen brokoli bitkisinde tuzluluğun etkisinin ortaya çıkabileceği sayıda sulama yapılamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ana faktör olarak tuz konsantrasyonları değerlendirildiğinde ise, tüm parametreler de farklı önem düzeylerine göre farklılıklar belirlenmiştir. Tuzluluk düzeylerinin tamamı kontrol konusundan farklılık göstererek tuz konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak brokoli bitkisinin fizyolojik özelliklerinde farklılıklar ve verimde azalmalar belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonlarındaki artışla beraber brokoli bitkisinde meydana gelen bu farklılıklar bitkinin strese karşı bir savunma mekanizması geliştirerek transpirasyonu azaltmak amacıyla stomalarını kapatması ile başlamıştır ki bu durum stoma iletkenliğinin azalmasına neden olmuştur. Bununla birlikte yüksek tuz konsantrasyonu bitkide klorofil pigmentlerinin deformasyonuna sebep olarak daha düşük CCI değerlerine ve buna bağlı olarak fotosentetik aktivitelerin yavaşlamasıyla bitki gelişiminde (bitki boyunda azalma) gerilemelere ve beraberinde bitki veriminde azalmalara neden olmuştur.

NDVI değerleri incelendiğinde gerek ana faktör olarak tuz kaynağı gerekse tuzluluk düzeyleri dikkate alınarak istatistiksel anlamda önemli farklılıkların olduğu dikkat çekmektedir. Özellikle tuz konsantrasyonları tamamen kontrol konusundan ayrılarak daha düşük NDVI değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, elde edilen veriler dahilinde NDVI'nın verim parametreleri ile polinomsal bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Brokoli bitkisi için hesaplanan NDVI değerleri kullanılarak brokoli bitkisinin verim parametrelerine yönelik tahminlerin yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Ayrıca bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre günümüzde istenilen alanın istenilen zamanda yüksek çözünürlükle çok kısa sürede görüntülerinin elde edilme olanağı sağlaması bakımından dronlarla birlikte yaygın olarak kullanılan multispektral kameraların bitki özelliklerine ve iklim koşullarına göre değişiklik göstermekle birlikte sera içerisinde de kabul edilebilir sınırlarda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Diğer uzaktan algılama ekipmanlarına göre daha ekonomik ve kullanımının da oldukça pratik olması nedeniyle sera içi uzaktan algılama çalışmalarında kullanımı alternatif olarak düşünülebilir. Bununla birlikte eş zamanlı olarak sera içerisinde ve açık tarla koşullarında yürütülecek denemelerle de multispektral kamera görüntülerinden elde edilen çıktıların hassasiyetlikleri artırılabilceği unutulmamalıdır.



6. KAYNAKLAR

- Akçaman, N., Taş, İ. ve Coşkun, Y. 2017. Farklı Sulama Suyu Tuzluluk Seviyelerinin Sakız Fasülyesi (*Cyamopsis tetraganolaba*)nin Çimlenmesi Üzerine Etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2), s.130-137. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjans/issue/28719/307408>.
- Anonim 1. Brokolinin faydaları www.faydalarizararlari.com/brokolinin-faydaları/ (Erişim tarihi:15 Ağustos 2020).
- Anonim 2. 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. “Salt tolerance of cotton: some new advances,” *Critical Reviews in Plant Sciences*, vol. 21, no. 1, pp. 1–30, 2002.
- Aslan G. E. 2018. Farklı Sulama ve Azot Uygulamalarının Şeker Otunun Verim, Kalite Parametrelerine Etkileri ve Spektrometrik Ölçümlerle İlişkilendirilmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. 1989. Salinity problems. *Water quality for agriculture*. FAO, Rome, Italy, 1-32.
- Başayığit, L., Albayrak, S., Şenol, H. ve Akgül, H. 2008. Spektrometre verileri ile bitki besin elementi içeriğinin tahmin edilebilirliği. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi. Konya.
- Bayram, D., Seckin Dinler, B., ve Tasci, E. 2014. Differential response of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) roots and leaves to salinity in soil and hydroponic culture. *Notule Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42 (1): 219–226.
- Bessels, M. 1980. Broccoli A Guide for Producers of Broccoli. Royal Sluis Seed co. Publ. 5209.
- Büyüktaş, D., Karaca, C., Aydınşakir K., Baştuğ, R. ve Ödemiş, B. 2020. Su Kaynakları ve Sulama Teknolojilerinin Mevcut Durumu ve Gelişme Potansiyeli, *Yeni Türkiye Tarım Politikaları Özel Sayısı*, 114(2), 39-57.
- Chartzoulakis K. ve G. Klapaki, “Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages”, *Sci. Hortic.*, 86, 247-260, 2000.
- Coşkun, Y., Taş, I. ve Yeter, T. 2016. Effects of different Irrigation Water Salinity Levels on Germination of Diploid Tetraploid and Hexaploid Wheat. *Agriculture and Food*, 4, s. 433-441. Erişim Adresi: <https://pdfs.semanticscholar.org/5f06/8f23c6ceb355cdf9203136627e930a90eed0.pdf>.
- Çamoğlu, G. 2010. Farklı su stresi düzeylerinde mısır bitkisinin bazı fizyolojik ve morfolojik özelliklerinin uzaktan algılama yardımıyla belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 161 s.
- Çavuşoğlu, M.C. 2012. Farklı dozda tuz içeren sulama sularının bazı sebze fidelerinin gelişimi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 94 s.

- Çelik Kale S. ve Demirbaş B. 2021. Assessing Growth Performance and Yields of Spinach (*Spinacia Oleracea* L.) Irrigated with Sea Water, *Toprak Su Drgisi* 10(2), 127-133.
- Dobermann, A. ve Fairhurst, T. 2000. Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management. *Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute*, Philippine, pp. 191.
- Doğru A. ve Canavar S., 2020. Bitkilerde Tuz Toleransının Fizyolojik ve Biyokimyasal Bileşenleri. *Academic Platform Journal of Engineering and Science* 8-1, 155-174
- Doğru Murat, Ş, Çilingir A. ve Balkaya A., 2016. Brokoli Yetiştiriciliği. Tarım Gündem, https://www.researchgate.net/publication/308971769_Brokoli_Yetistirciligi
- Duran, C. 2007. Uzaktan algılama teknikleri ile bitki örtüsü analizi. *Doğa Dergisi* 13: 45-67.
- Ekmekçi, E., Apan M., Kara, T. 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi, OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 20(3):118-125.
- Eldiery, A., Garcia, L. and Reich, R. 2005. Estimating soil salinity from remote sensing data in corn fields. *Hydrology Days*, 2005: 31-41.
- Elmetwalli, A.M.H., Tyler, A.N., Hunter, P.D. and Carol, A.S. 2011. Detecting and distinguishing moisture- and salinity-induced stress in wheat and maize through in situ spectroradiometry measurements. *Remote Sensing Letters*, 3 (4): 363-372.
- El-Shikha, D. M., Waller, P., Hunsaker, D., Clarke, T. and Barnes, E. 2007. Groundbased remote sensing for assessing water and nitrogen status of broccoli. *Agricultural Water Management*, 92(3): 183-193.
- Erdem, Y., Arin, L., Erdem, T., Polat, S., Deveci, M., Okursoy, H., Gültaş, H.T. 2010. Crop water stress index for assessing irrigation scheduling of drip irrigated broccoli (*Brassica oleracea* L. var.italica), *Agricultural Water Management* 98(2010),148-156.
- Er-Raki, S., Rodriguez, J.C., Garatuza-Payan, J., Watts, C.J. and Chehbouni, A. 2013. Determination of crop evapotranspiration of table grapes in a semi-arid region of northwest mexico using multi-spectral vegetation index. *Agricultural Water Management*, 122: 12-19.
- Eşiyok D. ve Yoldaş F. 2001. Brokoli Yetiştiriciliği. Ege Üniv. *Tarımsal Araştırma Merkezi Yayın Bülteni*–37 ISSN1300–3518 Ocak–2001.
- FAO 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture- Managing systems at risks. Earthscan, New York, p. 285.
- Federer, C. A. and Tanner, C. B. 1966. Spectral distribution of light in the forest. *Ecology* 47:555-560.
- Fernandez-Garcia, N., Martinez, V., Carvajal, M. 2004 Effect of salinity on growth, mineral composition, and water relations of grafted tomato plants. *J Plant Nutr Soil Sci* 167:612–622.
- Filella, I. and Penuelas, J. 1994. The red edge position and shape as indicators of plant chlorophyll content, biomass and hydric status. *International Journal of Remote Sensing*. 15(7): 1459-1470.

- Gao, Y., Li, D. 2012. Detecting salinity stress in tall fescue based on single leaf spectrum. *Scientia Horticulturae* 138 (2012) 159–164.
- Gates, T.K., Burkhalter, J.P., Labadie, J.W., Valliant, J.C. and Broner, I. 2002. Monitoring and modeling flow and salt transport in a salinity-Threatened Irrigated Valley. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 128 (2): 87-99.
- Genç, L., Kavdır, Ğ., Turhan, H., Genç, H., ve KAvdır, Y. 2005. Bitkisel üretim ve uzaktan algılama. *J. Agric. Fc. HR.U.*,9 (4): 1-9.
- Giuffrida, F., Scuderi, D., Giurato, R. and Leonardi, C. 2013. Physiological response of broccoli and cauliflower as affected by NaCl salinity.
- Gowravaram, S., Tian, P., Flanagan, H., Goyer, J., Chao, H. UAS-Based Multispectral Remote Sensing and NDVI Calculation for Post Disaster Assessment. International Conference on Unmanned Aircraft Systems, June 12-15, 2018. Dallas, TX, USA.
- Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 31:90-149.
- Hamzeh, S., Naseria, A.A., AlaviPanahb, S.K., Mojaradic, B., Bartholomeusd, H.M., Cleversd, J.G.P.W., Behzada, M. 2013a. Estimating salinity stress in sugarcane fields with spaceborne hyperspectral vegetation indices. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 21, 282–290.
- Hernández, E., Melendez-Pastor, I., Navarro-Pedreño, Gómez, I. 2014. Spectral indices for the detection of salinity effects in melon plants. *Scientia Agrícola*, v.71, n.4, p.259-343.
- Jacquemoud, S. and Ustin, S. I. 2001. Leaf Optical Properties: A state of the art. Proc. 8th Int. Symp. “Physical Measurements and Signatures in Remote sensings” (Aussois, France, Jan. 8-12). CNES, 2001, pp 223-232.9.
- Ji R., Min, J., Wang, Y., Cheng, H., Zhang, H. and Shi W., 2017. In-Season Yield Prediction of Cabbage with a Hand-Held Active Canopy Sensor. *Sensors* 2017, 17, 2287; doi:10.3390/s17102287.
- Justice, C. O., Townshend, J.R.G, Holben B.N. and Tucker C.J., 1985. Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data, *International Journal of Remote Sensing*, 6:1271-1318.
- Kanber, R., Kırdı, C. ve Tekğnel, O. 1992. Sulama Suyu niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yay. No. 21, Ders kitapları Yay. No. 6, Adana, 341 s.
- Keshavarz, H. ve Sanavy, S.A.M.M. 2015. Biochemical and morphological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to salinity stress and vitamin B12. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 4 (7): 585–593.
- Kesmez, G. D. 2003. Tuzluluk Koşulunda Potasyumun Domateste (*Lycopersicon Esculentum*) Tuza Dayanıma, Su Kullanımına ve Vejetatif Gelişmeye Etkisi
- Kouam, E.B., Ndo, S.M., Mandou, M.S., Chotangui, A.H., ve Tankou, C.M. 2017. Genotypic variation in tolerance to salinity of common beans cultivated in western

- cameroon as assessed at germination and during early seedling growth. *Open Agriculture*, 2 (1): 600–610.
- Köksal, E.S. 2006. Sulama suyu düzeylerinin şekerpancarının verim, kalite ve fizyolojik özellikleri üzerindeki etkisinin, infrared termometre ve spektoradyometre ile belirlenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Koroğlu, B. 2002. Elaiussa Sebaste ve çevresinin uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları ile tarihsel ve güncel arazi kullanımları yönünden incelenmesi. Ç.Ü. Master Tezi, Adana, 135s.
- Kurunç, A., Ünlükara, A. and Cemek, B. 2011. Salinity and drought affect yield response of bell pepper similarly. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant Science*, 61: 514-522
- Lee, G., Carrow, R.N., Duncan, R.R. 2004. Photosynthetic responses to salinity stress of halophytic seashore paspalum ecotypes. *Plant Sci.* 166, 1417–1425.
- Leone, A.P., Menenti, M., Buondonno, A., Letizia, A., Maffei, C., Sorrentino, G. 2007. A field experiment on spectrometry of crop response to soil salinity. *Agric. Water Manage.* 89, 39–48.
- Lopez-Berenguer, C., Garcia -Viguera, C. and Carvajal, M. “Are root hydraulic conductivity responses to salinity controlled by aquaporins in broccoli plants?” *Plant and Soil*, vol. 279, no. 1-2, pp. 13–23, 2006.
- Lopez-Berenguer, C., Martinez -Ballesta, M., D. C. Moreno, D. A., Carvajal, M. and Garcia -Viguera, C. 2009. Growing Hardier Crops for Better Health: Salinity Tolerance and the Nutritional Value of Broccoli. *J. Agric. Food Chem.* 57, 572–578.
- Macgillivray, J.H. 1952. Vegetable Production (PhD), 188-191.
- Mansour, M. M. F., Van Hasselt, P. R., Kuiper, P. J. C. 2000. NaCl effects on root plasma membrane ATPase of salt tolerant wheat. *Biol. Plant.*, 43, 61–66.
- Marcelis L. F. M. and Hooijdonk, J. Van 1999. Effect of salinity on growth, water use and nutrient use in radish (*Raphanus sativus* L.), *Plant and Soil*, 215, 57-64.
- Mehta P, Kraslavsky V, Bharti S, Allakhverdiev SI, Jajoo A 2011. Analysis of salt-stress induced changes in photosystem II heterogeneity by prompt fluorescence and delayed fluorescence in wheat (*Triticum vulgare*) leaves. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 104(1- 2):308-313.
- Merzlyak, M. N., Gitelson, A.A., Chivkunova, O. B., Solovchenko, A. E. and Pogosyan, S. I. 2003. Application of reflectance spectroscopy for analysis of higher plant pigments. *Russian Journal of Plant Physiology* 50:704-710.9].
- Metwali, E.M.R., Abdelmoneim, T.S., Bakheit, M.A., ve Kadasa, N.M.S. 2015. Alleviation of salinity stress in faba bean (*Vicia faba* L.) plants by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). *Plant Omics Journal*, 8 (5): 449–460.
- Minhas vd. 2020; P.S. Minhas, Tiago B. Ramos, Alon Ben-Gal, Luis S. Pereira. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. *Agricultural Water Management Volume 227*, 20 January 2020, 105832.

- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant. Cell EnViron*, 25, 239–250.
- Ndakidemi, P.A. ve Makoi, J.H.J.R. 2009. Effect of NaCl on the productivity of four selected common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientific Research and Essays*, 4 (10): 1066–1072.
- Nieuwhof, M. 1969. Cole Crop. The University Pres Aberdeen, *London. Institute of Horticultural Plant Breeding Wageningen, Holland*. 87–91.
- Nijland, W., Jong, R., Jong, S., Wulder, M., Bater, C., Coops, N. 2014. Monitoring plant condition and phenology using infrared sensitive consumer grade digital cameras. *Agricultural and Forest Meteorology* 184 (2014) 98– 106.
- Oscar, V. 1998. Vegetation. http://137.224.135.82/cgi/projects/bcrs/multisensor/report1/4.htm#f_4_1_1
- Ödemiş, B., Kazgöz Candemir, D., Karaca C., Aydınşakir K. ve Büyüktaş D. 2020. Tuzlu/Atık Suların Tarımda Kullanım Olanakları ve Alınması Gereken Önlemler, *Yeni Türkiye*, 26:114, ISSN 1300-41, syf 71-104.
- Özkutlu, F. 2021. Kadmiyum (Cd) ve NaCl Uygulamalarının Brokolide (*Brassica oleracea* var. *italica*) Kuru Madde Miktarı ve Besin Elementi İçeriğine Etkisi, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 8(1): 77–84, 2021.
- Parida Kumar A. and Das Bandhu A. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60-324,349.
- Pettorelli N., 2013. The Normalized Difference Vegetation Index. Oxford University Press UK. ISBN 978-0-19-969316-0
- Saraçoğlu Akat Ö. ve Akat H., 2022. Topraksız Süs Lahanası (*Brassica oleracea* var. *acephala*) Yetiştiriciliğinde Farklı Tuzluluk Düzeylerinin Bazı Kalite Kriterleri ve Bitki Besin Elementleri Üzerindeki Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 13(1): 114-128
- Serret M. D., Al-Dakheel, A. J., Yousfi, S., Fernáandez-Gallego, J. A., IElouafi, A., Araus, J. L. 2020. Vegetation indices derived from digital images and stable carbon and nitrogen isotope signatures as indicators of date palm performance under salinity. *Agricultural Water Management* 230- 105949.
- Sönmez, N. K., Aslan, G. E. ve Kurunç A. 2015. Farklı Tuz Stresi Altındaki Domates Bitkisinin Spektral Yansıma İlişkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21 585-595.
- Sönmez, N.K., Emekli, Y., Sarı, M. and Baştuğ, R. 2008. Relationship between spectral reflectance and water stress conditions of bermuda grass (*Cynodon dactylon* L.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 51: 223-233.
- Sönmez, N.K., Kurunç, A., Bacalan, G.E., Kaman, H. ve Erinç, N.E. 2013. Farklı Tuzluluk Düzeyine Sahip Sulama Sularının Bazı Sebze Türlerindeki Gelişimine Etkisinin Spektrometrik Ölçümler Kullanılarak Araştırılması. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Proje Raporu. Antalya.
- Talhouni, M., Kuşvuran Ş., Kıran S ve Ellialtıoğlu Ş. Ş., 2019. Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Patlıcan Bitkilerinde Klorofil, Yaprak Su Potansiyeli ve Bazı Meyve

- Özellikleri Üzerine Aşılı Bitki Kullanımının Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 8 (1): 29-38.
- Taş, I., Coşkun, Y., Topçu, E., Akçura, M., Tütenocaklı, T. ve Gökalp, Z., 2018. Eski ve Yeni Ekmeklik Buğday Türlerinin Tuzlu Sulama Suları Koşullarında Çimlenme Performansları. 1. Uluslararası, 14. *Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi* 26-28 Kasım Antalya p.245-249.
- Tester, M., Davenport, R. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann. Bot.*, 91, 503– 527.
- Thomas, J.C., McElwain, E.F., Bohnert, H.J., 1992. Convergent induction of osmotic stress—responses. *Plant Physiol.* 100, 416–423.
- Titley, M.E. 1987. The Scheduling of Fresh Market Broccoli in Southeast Queens. Land for Exporting to Southeast Asian Markets from May to September. *Acta Horticulture* 198: 235–242.
- TOB. 2019. 2019-2023 Ulusal Su Planı, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. 99 s.
- Turhan H., Genç L., Bostancı Y. B., Sümer, A. ve Kavdır Y. 2006. Tuz stresinin ayçiçeği (*Helianthus annuus*) üzerine etkilerinin yansıma teknikleri yardımıyla belirlenmesi. UZAL-CBS
- TÜİK 2022. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> Erişim tarihi: 15.05.2022.
- Türkeş, M. 2012. Kuraklık, Çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi. *Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 20, 1.
- Ünlükara vd. 2010; *Irrig. and Drain.* 59: 203–214 (2010) effects of salinity on eggplant (*solanum melongena* l.) growth and evapotranspiration.
- Wurr, D.C.E., Hambidge, A.J., Fellows, J.R., Lynn, J.R., Pink, D.A.C. 2002. The Influence of Water Stress During Crop Growth on the Postharvest Quality of Broccoli. *Postharvest Biology and Technology*, 25(2): 193-198.
- Yurtseven, E., Baran, H.Y. 2000. Sulama Suyu Tuzluluğu ve Su Miktarlarının Brokolide (*Brassica Oleracea* Botrytis) Verim ve Mineral Madde İçeriğine Etkisi, *Turkish J. Of Agric. and Forestry*, 24: 185–190.
- Zaghdoud, C., Alcaraz-Lopez, C., Mota-Cadenas, C., Martinez-Ballesta, M C., Moreno, D. A., Ferchichi, A. and Carvajal M. 2012. Differential Responses of Two Broccoli (*Brassica oleracea* L. var *Italica*) Cultivars to Salinity and Nutritional Quality Improvement. *The Scientific World Journal* Volume 2012, Article ID 291435, 12 pages doi:10.1100/2012/291435.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmed Mubarak AHMED

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019-2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Antalya, TÜRKİYE
Lisans 2014-2017	Zamzam University of science and technology College of Agriculture, Mogadishu -SOMALIA