

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zena Nozad Lateef KERWANCHI

**TUZ STRESİ KOŞULLARINDA AYNİSEFA (*Calendula
officinalis* L.) BİTKİSİNDE MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK
ÖZELLİKLER VE İLİŞKİLERİ**

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

ADANA-2021

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUZ STRESİ KOŞULLARINDA AYNİSEFA (*Calendula officinalis* L.) BİTKİSİNDE MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLER VE İLİŞKİLERİ

Zena Nozad Lateef KERWANCHI

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç.Dr. Nezihe KÖKSAL
Yıl: 2021, Sayfa: 69
Jüri : Doç. Dr. Nezihe KÖKSAL
: Doç. Dr. Bilge YILMAZ
: Doç. Dr. Ercan EKBİÇ

Bu çalışmada, aynısefa (*Calendula officinalis* L. ‘Bon Bon Yellow’) bitkisinde tuz stresinin morfolojik ve fizyolojik özellikler üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla fide aşamasındaki bitkilere beş farklı NaCl konsantrasyonu (0, 75, 150, 225 ve 300 mM) uygulanmıştır. Morfolojik parametreler olarak; bitki yüksekliği ve gövde boyu, gövde kalınlığı, yaprak sayısı, yaprak boyutları (genişliği, uzunluğu ve projeksiyon alanı), kompaktlık oranı, kök ve sürgünlerin yaş ve kuru ağırlığı, K/S oranı ve yaprak renk özellikleri (L, a, b, C, h) belirlenmiştir. Fizyolojik parametreler olarak ise: hücresel membran zararlanması, kök ve sürgün nem içeriği, pigment içerikleri (Karotenoid-t, Klf-a, Klf-b, Klf-t), SPAD, fotosentez aktivitesi (Ft ve PSII etkinliği-Fv'/Fm') değerlendirilmiştir.

Genel olarak NaCl artışı, bitkisel ve fizyolojik parametre değerlerinde azalışa yol açarken, buna membran zararlanması ile yaprakların ‘L’ (siyahlık/beyazlık) ve ‘a’ (yeşillik/kırmızılık) değerlerindeki artış eşlik etmiştir. Ayrıca 75 mM’daki yüksek nem içeriği ve 150 mM’a kadar olan uygulamalardaki yüksek kompaktlık oranı dikkat çekmiştir. Bitkisel ve fizyolojik özelliklerin çoğu açısından en yüksek değerler 0 mM’da bulunurken, NaCl artışı, en yoğun olarak 225 ve 300 mM’da olmak üzere, bitkisel büyüme ve gelişme ile fizyolojik özellikleri olumsuz etkilemiştir.

Anahtar Kelimeler: *Calendula officinalis*, Bitkisel büyüme, Bitki fizyolojisi, Mevsimlik çiçek, Tuz stresi

ABSTRACT

MSc THESIS

MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL PROPERTIES AND THEIR RELATIONS IN CALENDULA (*Calendula officinalis* L.) UNDER SALT STRESS CONDITIONS

Zena Nozad Lateef KERWANCHI

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
HORTICULTURE DEPARTMENT

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Nezihe KÖKSAL
Year: 2021, Pages: 69
Jury : Assoc. Prof. Dr. Nezihe KÖKSAL
: Assoc. Prof. Dr. Bilge YILMAZ
: Assoc. Prof. Dr. Ercan EKBİÇ

In this study, the effects of salt stress on morphological and physiological characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L. 'Bon Bon Yellow') were investigated. For this purpose, five different NaCl concentrations (0, 75, 150, 225 and 300 mM) were applied to the plants at the seedling stage. As morphological parameters plant height and stem length, stem thickness, number of leaves, leaf dimensions (width and length and projection area), compactness ratio, fresh and dry weights of root and shoot, R/S ratio and leaf color characteristics (L, a, b, C and h) were determined. As physiological parameters cellular membrane damage, moisture contents of root and shoot, pigment contents (Karoenoit-t, Klf-a, Klf-b, Klf-t), SPAD, photosynthesis activity (Ft and PSII-Fv/Fm') were evaluated.

In general, the increase in NaCl caused a decrease in the vegetative and physiological parameters' values, while this was accompanied by an increase in the membrane damage and the 'L' (blackness/whiteness) and 'a' (greenness/redness) values of the leaves. In addition, the high moisture content at 75 mM and the high compactness ratio in NaCl level up to 150 mM were notable. While the highest values were found at 0 mM for most vegetative and physiological properties, the increase in NaCl negatively affected vegetative growth and development and physiological properties, most notably at 225 and 300 mM.

Key Words: *Calendula officinalis*, Vegetative growth, Plant physiology, Bedding plants, Salt stress

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Çalışmada, kışlık mevsimlik dış mekân süs bitkisi olan ve aynı zamanda önemli bir tıbbi bitki olan aynısefa (*Calendula officinalis* L.) bitkisinin gelişimi ve fizyolojik özellikleri üzerine tuz stresinin etkisi araştırılmıştır. Bitkisel materyal olarak ‘Bon Bon Yellow’ aynısefa çeşidi kullanılmıştır. Araştırmada, tuz stresi, aynısefa fidelerine beş farklı NaCl solusyonu (0, 75, 150, 225, 300 mM) olarak uygulanmıştır. Bitkilerde stresin etkileri görüldüğü aşamada çalışmalar sonlandırılarak çeşitli morfolojik ve fizyolojik parametreler ile stresin etki düzeyi ortaya koyulmuştur.

Morfolojik parametreler olarak bitki yüksekliği (cm), gövde boyu (cm), gövde kalınlığı (mm), yaprak sayısı (adet), yaprak genişliği (cm), yaprak uzunluğu (cm), yaprak projeksiyon alanı (cm²), kompaktlık oranı (mg cm⁻¹), kök ve sürgünlerin yaş ve kuru ağırlıkları (g), K/S oranı ve yaprak renkleri (L, a, b, c, h) belirlenmiştir. Fizyolojik parametreler olarak ise iyon sızıntısı (%), hücresel membran zararlanması (%), kök ve sürgün nem içeriği (%), Karotenoid-t (mg g⁻¹ TA), Klf-a (mg g⁻¹ TA), Klf-b (mg g⁻¹ TA), Klf-t (mg g⁻¹ TA), SPAD, anlık fotosentez (Ft), PSII etkinliği (Fv'/Fm') değerlendirilmiştir.

Araştırma sonucunda tuz stresi uygulamalarının genel olarak bitkinin büyüme ve gelişim parametreleri üzerine olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir. Artan NaCl konsantrasyonlarına bağlı olarak bitki ve gövde boyunda kısalma, gövde kalınlığında incelme yaprak sayısında azalış ve yaprak boyutlarında küçülme, bitki biyomas özelliklerinde de belirgin azalış tespit edilmiştir.

Bitkisel özelliklerin çoğu açısından en yüksek değerler kontrol (0 mM) uygulamasında iken, NaCl konsantrasyonunun artışı, bitkisel büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilemiş ve uygulama konsantrasyonunun 225 ve 300 mM NaCl'ye yükselmesi ile tuz stresinin olumsuz etkisi şiddetlenmiştir. K/S oranı sonuçları ise 75 mM itibaren uygulamaların etki ettiğine ve bitkilerin 150 mM'dan itibaren belirgin anlamda stres etkisinde olduğuna işaret etmektedir. Bununla beraber

neredeyse tüm diğer bitkisel büyüme ve gelişme parametrelerinde stresin etkileri 75 mM uygulamasından itibaren görülmeye başlansa da 75 ve 150 mM uygulamalarında birçok parametreye ait olarak yakın sonuçlar alınmıştır. Üstelik kompaktlık oranı, 150 mM NaCl'ye kadar büyük oranda korunabilmiştir. Bu durum, aynısefa bitkisinin 150 mM'a kadar olan tuzluluk düzeyine bazı kayıplarla birlikte uyum sağlayabileceğini göstermektedir.

Bitkilerde görsel kaliteyi doğrudan etkileyen özelliklerin başında gelen renge ilişkin parametrelerden L, a ve h'deki değişimler önemli bulunmuştur. Tuz stresi uygulama düzey artışı ile yaprakların beyazlığı (L) artarken, yeşilliği (a) azalmış ve renk açısı (h) ise yeşil bölgeden (90°-180°) uzaklaşarak sarı renk alanına yaklaşmıştır.

Çalışma sonunda, fizyolojik özellikler bakımından dikkate değer sonuçlar alınmıştır. Abiyotik stres çalışmalarında büyük önem taşıyan iyon sızıntısı veya hücrel membran zararlanması parametreleri stres düzeyi ile birlikte artarak aynısefa bitkilerindeki stresin düzeyini net göstermiştir. Bitkiler, kök ve sürgün nem içeriklerini 75 mM NaCl'de artırırken, 150 mM'da büyük oranda koruyabilmiştir. Tuz stresi fotosentetik pigment içeriği üzerinde de olumsuz etki yaratmıştır. Tuz stres düzeylerinin Toplam klorofil (Klf-t) ve klorofil-a (Klf-a) içeriği üzerine olan etkisi, toplam karotenoit (Karotenoit-t) ve klorofil-b (Klf-b) içeriği üzerine olan etkisinden daha belirgin bulunmuştur. Bitkiler toplam fotosentez oranını 75 mM NaCl tuz stres düzeyine kadar koruyabilmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen tüm morfolojik ve fizyolojik parametreler değerlendirildiğinde aynısefanın 75 mM NaCl'ye kadar olan tuzluluk düzeyinde bir miktar kayıpla bitkisel gelişimini ve fizyolojik faaliyetlerini sürdürebileceği ve konsantrasyon artışına 150 mM'a kadar uyum sağlayabileceği öngörülebilir.

TEŞEKKÜR

Çalışma konumun planlanmasından başlayarak tez çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Doç.Dr. Nezihe KÖKSAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez savunmamda jüri üyeliğini kabul eden ve tezimi değerlendiren hocalarım sayın Doç.Dr. Bilge YILMAZ'a ve sayın Doç.Dr. Ercan EKBİÇ'e teşekkür ederim.

Tezim sırasında destek gördüğüm sayın Arş.Gör. Oğuzhan EROĞLU'na teşekkür ederim.

Tezim boyunca bana her türlü desteği veren aileme sonsuz teşekkür ederim.

Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne tez çalışmasındaki maddi desteklerinden (Proje no: FYL-2021-13582) dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	9
3. MATERYAL VE METOD	17
3.1. Materyal.....	17
3.2. Metot.....	17
3.2.1. Bitkisel Materyalin Yetiştiriciliği	17
3.2.2. Tuz Stresi Denemesi.....	17
3.2.3. Morfolojik Değerlendirmeler	19
3.2.3.1. Bitki Yüksekliği	19
3.2.3.2. Gövde Boyu	19
3.2.3.3. Gövde Kalınlığı.....	19
3.2.3.4. Yaprak Sayısı	20
3.2.3.5. Yaprak Genişliği	20
3.2.3.6. Yaprak Uzunluğu	20
3.2.3.7. Yaprak Projeksiyon Alanı	20
3.2.3.8. Kompaktlık Oranı.....	20
3.2.4. Bitki Biyomas Özellikleri	21
3.2.4.1. Kök Yaş Ağırlığı	21
3.2.4.2. Sürgün Yaş Ağırlığı	21

3.2.4.3. Kök Kuru Ağırlığı	21
3.2.4.4. Sürgün Kuru Ağırlığı	21
3.2.4.5. Kök/Sürgün Oranı	21
3.2.5. Yaprak Rengi Parametreleri	22
3.2.6. Fizyolojik Parametreler	23
3.2.6.1. İyon Sızıntısı	23
3.2.6.2. Hücresel Membran Zararlanması	23
3.2.6.3. Kök Nem İçeriği.....	23
3.2.6.4. Sürgün Nem İçeriği	24
3.2.6.5. Pigment Analizleri	24
3.2.6.6. SPAD Okumaları	24
3.2.6.7. Anlık Fotosentez (Ft)	25
3.2.6.8. PSII Etkinliği (Fv'/Fm')	25
3.2.7. İstatistiksel Analizler	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1. Bitkisel Gelişim Özellikleri	27
4.2. Bitki Biyomas Özellikleri	30
4.3. Yaprak Rengi Özellikleri.....	33
4.4. Fizyolojik Özellikler.....	35
4.5. Parametreler Arası İlişkiler.....	38
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	69

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1. Tuz stresinin aynısefa bitkisinde bitkisel gelişim parametreleri üzerine etkisi.....	28
Çizelge 4.2. Tuz stresi altındaki aynısefa bitkilerinin fizyolojik özellikleri.....	37
Çizelge 4.3. Korelasyon analizi yapılan tüm parametrelere ilişkin ortalama, maksimum ve minimum değerler.....	39
Çizelge 4.4. Çalışmada yer alan bazı parametreler arasındaki ilişkiler	41





ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1.	Fide yetiştirme aşamasındaki (a ve b) ve tuz stresi denemesi sırasındaki (c) bitkilerin genel görünümü.....	18
Şekil 3.2.	Renk parametreleri değerlendirme şeması	22
Şekil 4.1.	Tuz stresi uygulanmış aynısefa bitkilerinin stresin erken aşamasındaki (a) ve deneme sonundaki (b) genel görünümleri.....	29
Şekil 4.2.	Tuz stresi altındaki aynısefa bitkilerinin bitkisel ağırlık özellikleri.....	31
Şekil 4.3.	Tuz stresi uygulanmış aynısefa bitkilerinin sökümden sonraki görünümleri.	32
Şekil 4.4.	Tuz stresi altındaki aynısefa bitkilerinin yaprak rengi özelliklerindeki değişimler.	34
Şekil 4.5.	Tuz stresi altındaki aynısefa bitkilerinde iyon sızıntısı ve hücrel membran zararlanmasındaki değişimler.....	35
Şekil 4.6.	Denemede incelenen bazı parametrelerin korelasyon dağılım grafikleri	42
Şekil 4.7.	Aynısefa bitkilerindeki önemli bazı süs bitkisi kalite karakterleri ile tuz stresi uygulama düzeyi arasındaki regresyon eğrileri.	45



SİMGELERVE KISALTMALAR

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
a	: Yeşillik-Kırmızılık değeri
Abs	: Absorbans okuma değeri
BY	: bitki yüksekliği
b	: Sarılık-Mavilik değeri
C	: Chorma değeri
Ca ⁺²	: Kalsiyum
Cl	: Klor
CAT	: Katalaz
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetre kare
dS	: Desisimens
EC	: Elektriksel kondaktivite
EO	: Uçucu yağ
Ft	: Anlık fotosentez verimliliği
Fv'/Fm'	: Fotokimyasal kuantum verimliliği
g	: Gram
GA ₃	: Giberellik asit
GC/MS	: Gaz kromatografisi/Kütle spektrometresi
HS/SPME	: Tepe boşluğu/Katı faz mikro enjeksiyonu
Hue (h)	: Yaprak renk açısı
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
mH ₂ O	: Su kütlesi
ha	: Hektar
İS	: İyon sızıntısı

K	: Potasyum
KA	: Kuru ağırlık
kg	: Kg
KİS	: Kontrol örneklerinin iyon sızıntısı
Kla	: klorofil a
Klb	: klorofil b
Klt	: Toplam klorofil
K/S	: Kök/Sürgün oranı
Kök-KA	: Kök kuru ağırlığı
Kök-YA	: Kök yaş ağırlığı
l	: Litre
L	: Siyahlık-Beyazlık değeri
m ²	: Metrekare
mg	: Miligram
Mg	: Magnezyum
MgCl ₂	: Magnezyum klorür
ml	: Mililitre
mM	: Milimolar
MDA	: Malondialdehit
m _{TA}	: Yaş numunenin toplam kütlesi
Na ⁺	: Sodyum
NaCl	: Sodyum klorür
Nİ	: Nem içeriği
Ort	: Ortalama
PAGE	: Poliakrilamid jel elektroforezi
PSII	: Fotosistem II etkinliği (Fotokimyasal kuantum verimliliği)
ROS	: Reaktif oksijen türleri
SDT	: Standart sapma

SDS	: Sodyum dodesil sülfat
SOD	: Süperoksit dismutaz aktivitesi
SPAD	: Yaprak klorofil içeriği
Spd	: Spermidin
Spm	: Spermin
Sürgün-KA	: Sürgün kuru ağırlığı
Sürgün-YA	: Sürgün yaş ağırlığı
TA	: Taze ağırlık
UİS	: Uygulama bitkilerindeki iyon sızıntısı
YA	: Yaş ağırlık
Yaprak-PA	: Yaprak projeksiyon alanı



1. GİRİŞ

Eski çağlardan günümüze kadar bitkiler insan yaşamının önemli bir parçası olmuştur. Bitkiler, insan yaşamında gerekli olan beslenme için doğrudan veya işlenerek dolaylı yollardan kullanılmaktadır. İnsan hayatının devamlılığı için mutlak gerekli olan bu bitkiler; taze tüketilen ürünlerin yanısıra endüstri bitkileri, yağ bitkileri, tıbbi aromatik bitkiler gibi gruplara ayrılabilir. Türkiye, tıbbi ve aromatik bitki çeşitliliği bakımından dünyanın önemli ülkeleri arasındadır. Dünya genelinde ilgi odağı olan rezene, haşhaş, safran, defne, çemen, aynısefa gibi önemli tıbbi aromatik bitkiler, Türkiye’de de yetiştirilmektedir (Akşahin ve Gülser, 2020).

Aynısefa, tıbbi aromatik bitkiler grubunda önemli bir konuma sahipken, aynı zamanda dış mekânlarda kullanılan önemli bir süs bitkisi türüdür. Bitkinin bilimsel adlandırılması, uzun çiçeklenme döneminden dolayı her ayın ilk günü anlamına gelen Latince ‘Calend’ kelimesine dayanmaktadır. Tarihte Meryem Ana ile ilişkilendirilen Calendula, eski İngilizcede ‘gold’s’ olarak isimlendirilmiştir (Jan ve ark., 2017). Günümüzde ise İngilizce’de ‘Marigold’ veya ‘Pot Marigold’ isimleri ile tanınmaktadır (Ashwlayan ve ark., 2018). Almanca’da ‘Butterblume’, Rumencede ‘Galbinele’ İsveççe’de ‘Ringblomma’, Çince’de ‘Chin Chan Ts’ao’, Hintçe’de ‘Zergul’ isimleriyle anılmaktadır (Muley ve ark., 2009). Kelime kökü olarak aynısefa, Arapça’da ‘göze hoş gelen’ anlamında ‘Ayn-ı safa’ olarak telaffuz edilmektedir (Kalas, 2019). Türkçe’de ‘Aynısefa’ isminin yanısıra ‘Öküzgözü’, ‘Altuncık’, ‘Portakal nergisi’, ‘Ölü çiçeği’, ‘Tıbbi nergis’, ‘Nerkiz’, ‘Kadife çiçeği’, ‘Altuncuk’, ‘Kandil çiçeği’, ‘Sarıpat’, ‘Şamdan çiçeği’ gibi adlarla da tanınmaktadır (Yetiş, 2019; Anonim, 2020).

Zengin kimyasal içeriği, aynısefa bitkisinin başta tıp ve eczacılık olmak üzere gıda ve kozmetik sanayi gibi çeşitli alanlarda kullanımına olanak sağlamaktadır. Çeşitli biyolojik olarak aktif bileşenler içeren aynısefadaki kimyasal temel bileşenler; Terpenoit, flavonoid, kumarin, kuinin, uçucu yağlar, karotenoid ve amino asitlerdir (Ashwlayan ve ark., 2018). Saponinler, triterpenler, triterpenik

alkoller, yağ asidi esterleri, karotenoitler, flavonoidler, kumarinler, uçucu yağlar, hidrokarbonlar ve yağ asitleri, aynısefa çiçeklerinde bulunan başlıca kimyasal bileşenlerdir (Parente ve ark., 2012). Çiçeklerindeki kıymetli uçucu yağ (%0.1-0.4), triterpenik alkoller (%2-5) ve bunların serbest biçimleri olan flavonoidler, isorhamnetin-heterositler ve kuersetin (%0.2-0.9) içermektedir (Biçen, 2020). Bitkinin tohumları ise, %60'ı kalendik asitten oluşan %20 oranında yağ içermektedir (Cromack ve Smith, 1998). Aynısefa, yüksek flavonoid ve karotenoit içeriği ile zengin bir antioksidan bileşik kaynağıdır (Zarrinabadi ve ark., 2019). Ayrıca aynısefada, vanilik asit, klorojenik asit, kafeik asit, oleanolik asit, β -amirin asetat, β -amirin, rutin, narsissin, izokuersitrin, isorhamnetin 3- glukozit, kuersetin, protokateşik asit, şiringik asit, p-kumarik asit; ayrıca kalendoflasit, kuersetin-3-O-rutinosit, izoramnetin, kalendoflavosit, izoramnetin-3-O-neohesperidosit, izoramnetin 3-O-2G-ramnosil rutinosit, kuersetin-3-O-glukosit, izoramnetin-3-O-rutinosit, ve kalendoflavobiosit gibi yüksek antioksidan özelliğe sahip bir çok bileşenin varlığı tespit edilmiştir (Balıkcı, 2019).

İçerdiği bu önemli bileşiklerin yanısıra diğer medikal etkileri *C. officinalis*'in önemli bir tıbbi bitki olmasını sağlamaktadır. Aynısefa bitkisel tıpta yaygın olarak yara iyileşmesi, sarılık, kan saflaştırma ve antispazmodik amaçlar için kullanılmaktadır (Muley ve ark., 2009). Avrupa'da, geleneksel olarak terletici etkisi sebebiyle bitkinin yaprakları kullanılırken, kızamık, sarılık ve kabızlık tedavisi için kaynatılmış çiçek başlarından veya meyve sularından yararlanılmaktadır (El-Hashemy ve Sallam, 2020). Aynısefa özellikle Kuzey Amerika İç Savaşı ve I. Dünya Savaşı sırasında, antiseptik ve anti-enflamatuar etkileri sebebiyle merhem ve krem şeklinde etkin olarak kullanılmıştır (Parente ve ark., 2012). Aynısefa, özünün hipoglisemik ve gastiritik boşalmayı engelleyici ve gastroprotektif etkilere sahip olduğu ifade edilmektedir (Ukiya ve ark., 2006). Aynısefa bitkisinin antioksidan, antiinflamatuar, antiülser, antifungal, antibakteriyel, antiviral, antiproliferatif, hipoglisemik, hipolipidemik hepatoprotektif, nöroprotektif ve kardiyoprotektif (El-Hashemy ve Sallam, 2020)

ve anti-tümoral (Pintea ve ark., 2003) etkiler açısından önemi bulunmaktadır. Bitki ile yürütülen klinik çalışmalar postoperatif radyasyona maruz kalan kanser hastalarında akut dermatiti önlemede son derece etkili olduğunu göstermiştir (Saini ve ark., 2012). Aynısefa bitkisinin çiçeklerinden elde edilen özüt, karaciğer veya böbrek fonksiyonlarına olumsuz etki etmeksizin, anti-HIV aktivitesi göstermektedir (Campos ve ark., 2005). Bitkinin cilt sağlığı üzerine olan etkileri de oldukça dikkat çekicidir (Szakiel ve ark., 2005). Bitki, fiziksel yanık, güneş yanığı arı sokması, ve siğil tedavisinde kullanılırken (Basch ve ark., 2006), çiçek başlarından yara izleri ve cilt hasarlarının onarımı için yararlanılmaktadır (El-Hashemy ve Sallam, 2020).

Ayrıca aynısefa bitkisinin sarı veya turuncu çiçekleri: gıda boyası, baharat veya çay olarak gıda sektöründe ve merhem veya krem olarak kozmetik sektöründe, kullanılmaktadır (Ashwlayan, ve ark., 2018). Bitkinin tohumlarından elde edilen yağ ve kalendik asit, boya üretiminde ve kozmetik sanayinde kullanılmaktadır (Eberle ve ark., 2014).

Aynısefa (*Calendula officinalis* Linn.) Asteraceae (Compositae) familyasına ait olan *Calendula* cinsi içindeki 20 türden biridir. (Patrick ve ark., 1996). *Calendula* cinsine ait olarak Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)'inde üç türden bahsedilmektedir. Bu türler *Calendula arvensis* L. (Portakal nergisi), *Calendula suffruticosa* Vahl. (Öküzgözü) ve *Calendula officinalis* L. (Aynısefa)'dir (Kalas, 2019). *Calendula* için tanımlanan temel kromozom sayıları 7, 8, 9, 11 ve 15'tir. *C. officinalis*'in karyotipi, küçük boyutlu metasentrik ve submetasentrik kromozomlardan oluşmaktadır (Fallahi ve ark., 2020).

Aynısefanın orjininin özelde Mısır, genel anlamda da Akdeniz bölgesi olduğuna inanılmaktadır (Patrick ve ark., 1996). Günümüzde ise bitki Orta ve Güney Avrupa, Batı Asya ve Amerika Birleşik Devletleri (El-Hashemy ve Sallam, 2020) ve Akdeniz ülkelerinde (Rigane ve ark., 2013) doğal olarak yayılmış durumdadır. Ayrıca, Kuzey Amerika, Balkanlar, Doğu Avrupa, Almanya, Hindistan ve Akdeniz bölgeleri dâhil olmak üzere ılıman iklim bölgelerinde yaygın

olarak yetiştirilmektedir. (El-Hashemy ve Sallam, 2020). Aynısefa, Akdeniz çevresindeki ülkelerde doğal olarak bulunan bir bitki olmasının yanı sıra tüm Avrupa’da yaygın kullanılan bir süs bitkisidir (Cromack ve Smith, 1998). Aynısefa bitkisi Türkiye’nin de pek çok yerinde, özellikle park ve bahçelerde parlak sarı-turuncu çiçekleri ile çekici görünümünden dolayı yetiştirilmektedir (Çeçen, 2009).

Bitkinin sahip olduğu karakteristik özellikler, süs bitkisi değerini ortaya koymaktadır. Çok yıllık veya tek yıllık gelişebilen ve otsu karakterli bir bitki olan aynısefanın bitki yüksekliği 30-50 cm arasında (Muley ve ark., 2009) olmakla birlikte 80 cm’e ulaşabilmektedir (Fallahi ve ark., 2020). Ana kazık kökün boyu 20-40 cm olup (Çetin ve ark., 2017), çok sayıda ikincil ince kökler ile güçlü bir kök yapısına sahiptir. Gövde dik, köşeli, tüylü ve tabandan itibaren veya daha yukardan dallanmıştır. Yapraklar alternate (karşılıklı çapraz) dizilişli ve tabandakiler spatulate formda yukardaki yapraklar ise oblog’dan lanceolate’e kadar değişen formlardadır (Muley ve ark., 2009). Çiçekler sarı-turuncu renkte 2-3 inç (yaklaşık 5-8 cm) çapında kapitulum (çiçek başı) tipi çiçek kuruluşuna sahiptir (El-Hashemy ve Sallam, 2020). Aynısefa bitkisinin, tohumları külçe, kanatlı ve çengelli olmak üzere üç temel şekle sahiptir (Eberle ve ark., 2014).

Aynısefa, süs bitkileri alanında kesme çiçek olarak veya şehir içi çevre düzenlemelerinde ve bahçe peyzajında dış mekân bitkisi olarak yaygın kullanılmaktadır (Elhindi ve ark., 2020). Güneşli alanlarda veya yarı gölge alanlarda rahatlıkla gelişebilmesi, dış mekânlardaki kullanımını yaygınlaştırmaktadır (Bayat ve ark., 2013). Aynısefa fakültatif uzun gün bitkisi olması sebebiyle özellikle, sıcak iklim bölgelerinde gelişen bir bitkidir (Currey ve ark., 2011). Tohumlarının çimlenmesi için 16-17 °C ve bitkinin kısa yaşam süresinde gelişme için 12.5-20.5 °C’lik sıcaklıklar idealdir (Biçen, 2020).

Tarımı yapılan veya peyzajda kullanılan bitkiler, sıklıkla biyotik ve abiyotik streslerle karşı karşıya kalmaktadır. Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk, dünya çapında bitki büyümesini ve üretkenliği azaltan önemli bir çevresel stres etkidir (Kalhor ve ark., 2019). Bu önemli çevresel sorun tarımsal ürün

üretimini geniş çapta etkilemektedir. Tuz stresinden sadece bitki verimi değil, aynı zamanda kalitesi de etkilenmektedir (Koksal ve ark., 2014). Tuzluluk, bitkinin yetiştiği topraktaki veya bitkilerin sulanmasında kullanılan su kaynaklarındaki yüksek tuz oranı şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

Küresel iklim değişikliğinin etkisiyle toprak tuzluluğu problemi son yıllarda daha fazla ön plana çıkmıştır (Arslan ark., 2013). Deniz kıyısındaki bölgelerdeki bahçelerde ve bu bölgelerdeki peyzaj tasarımında bitkiler tuzluluk sorunu ile baş etmeye çalışmaktadır (Koksal ve ark., 2016). Tarımsal veya peyzaj amaçlı olarak yoğun sulama yapılan yerlerde, doğal drenajın düşük olduğu alanlarda ve kurak ve yarı kurak bölgelerde tuzluluk önemli bir çevresel problemdir. Sıcak ve kurak bölgelerde aşırı buharlaşma nedeniyle, toprağın alt katmanlarındaki tuz iyonları yukarı doğru taşınmakta, buharlaşma sonrası üst toprak tabakasında tuz birikimi artmakta ve bitki gelişimini olumsuz etkileyen koşullar ortaya çıkmaktadır (Syeed, 2007).

Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki sulanan araziler özellikle risk altında olup, tuzluluk bunun yaklaşık üçte birini etkilemektedir (Jamil ve ark., 2007). Dünya kara alanının yaklaşık %7'si (930 milyon hektar) tuzluluktan etkilenmiş durumdadır (Munns, 2002). Avustralya, Çin, Mısır, Hindistan, Irak, Meksika, Pakistan, Rusya ve Suriye gibi ülkelerin yanı sıra Türkiye toprakları da tuz stresi tehlikesi ile karşı karşıyadır. (Doğru ve Canavar, 2020). Türkiye'de yaklaşık 1.518.722 hektar alanda tuzluluk sorunu yaşanmaktadır (Doğru ve Canavar, 2020). Günümüzdeki çağdaş toprak, su, bitki ve işletmecilik tekniklerine rağmen aşırı tuzluluk nedeniyle tarım dışı kalmış olan alan miktarı hala çok büyüktür (Ekmekçi ve ark., 2005). Nitekim tuzluluk etkisinden dolayı yaklaşık 20 milyon hektar arazide bitki yetiştiriciliği yapılamamaktadır (Arslan ve ark., 2013). Dünya genelindeki tarım alanlarının %17'si sulanmakta olup, bu sulanan tarım alanlarının yaklaşık %20'si (227 milyon ha) tuzdan etkilenmiş durumdadır (Çulha ve Çakırlar, 2011). Türkiye'de ise kurak alanlar toplam yüzey alanının %2'sini (Çulha ve Çakırlar, 2011) ve toplam tarım arazilerinin (27 699.003 ha) % 5.48'ini (Arslan ve

ark., 2013) oluşturmaktadır. Bu kurak alanların %74'ü tuzlu, %25.5'i tuzlu-alkali ve %0.5'i alkali (sodyumlu) topraklardan oluşmaktadır (Arslan ve ark., 2013). Sulama, drenaj, toprak özellikleri, fizyografi ve iklim gibi faktörlerin tümü toprak tuzlanması ve alkalileşmesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu faktörlerden birçoğunun bir araya geldiği Harran, Amik, Konya ve Aşağı Seyhan Ovalarında önemli oranda tuzluluk problemi bulunmaktadır (Kanber ve ark., 2005).

İnsan gıdası olarak tüketilen tarımsal ürünlerin üretiminde yüksek kaliteli su kaynakları kullanılmakta ve bu kaynaklar hızla tükenmektedir. Bu durum yüksek tuz içeren alternatif su kaynaklarının kullanımını gündeme taşımaktadır (Aydinsakir ve ark., 2010). Nitekim Pakistan'ın Faisalabad, Sargodha ve diğer birçok şehrinde golf sahaları, spor tesisleri ve özel çim alanlar gibi amaçlarla yeşil alan olarak planlanan yerlerde sulama için yüksek oranda tuz içeren su kaynaklarının kullanımının artması, bitkilerin tuz stresi yaşaması açısından ciddi bir sorun teşkil etmektedir. (Nadeem ve ark., 2012).

Tuz stresinin etkisi, bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri arasındaki karmaşık etkileşimlere bağlı olarak şekillenmektedir. (Arslan ve ark., 2013). Tuz stresi bitkilerde hiperiyonik ve hiperozmotik etkilere neden olmakta, bu da membran zar düzensizliğine, reaktif oksijen türlerinde (ROS) artışa ve metabolik toksisiteye neden olmaktadır (Çulha ve Çakırlar, 2011). Tuzluluk stresi altında bitkiler tarafından yüksek miktarlarda alınan tuz iyonları, bitki bünyesinde iyon dengesizliklerine yol açarak Na/Ca, Na/K, Na/Mg, Cl/NO₃ ve Cl/H₂PO₄ oranlarında artışa sebep olmakta ve devamında da büyüme ve gelişmeyi kısıtlamaktadır (Koksal ve ark., 2016). Bitkilerin, fotosentez faaliyeti, protein sentezi ve lipid metabolizması gibi fizyolojik ve biyokimyasal aktiviteleri de tuzluluk stresinden etkilenmekte ve bu etkilenme düzeyine bağlı olarak da büyüme ve gelişme, üretkenlik ve verim azalması ortaya çıkmaktadır (Kalhor ve ark., 2019). Bitkiler aşırı yüksek tuzluluk koşuluna maruz kaldığında morfolojik olarak da bazı değişimler görülmektedir. Tuz stresi altında bitki boyutunda küçülme ile yaprak sayısı ve boyutlarında azalış olması sıklıkla görülen bir durumdur (Cassaniti

ve ark., 2009). Bitkinin sürgün gelişiminde görülen azalışın kökler tarafından üretilen hormonal sinyallerden kaynaklanarak başladığı düşünülmektedir (Allu ve ark., 2014). Yüksek tuzluluk koşullarında bitki köklerinden yapraklara doğru olan hormon iletiminin azalması, mahsul gelişiminin olumsuz etkilemesine de yol açmaktadır (Bayat, 2013).

Bitkilerde stresin etkileri stresin şiddeti ve süresinin yanı sıra bitkinin genotipine ve gelişme aşamalarına göre de değişmektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011). Bu zarar düzeyinin ortaya çıkışı açısından bitki tür ve çeşidinin sahip olduğu tolerans mekanizmaları önemli rol oynamaktadır. Bazı bitkiler tuz stresine hızlıca yenik düşerken, diğerleri bir dizi fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişimlerle desteklenen çeşitli tolerans mekanizmaları sayesinde hayatta kalmayı başarmaktadır. Tuza toleranslı bitkiler, tuz stresine yol açan elementler olan Na^+ ve Cl^- iyonlarını yapraklara düşük oranda taşınmak, bu elementlerin sitoplazmada veya hücre duvarlarında birikmelerini önlemek ve vakuollerde bölmelere ayırarak depolamak gibi yetenekler bakımından tuza duyarlı bitkilerden farklılık göstermektedir (Munnus, 2002).

Tarımsal bitki türlerinden farklı olarak peyzajda kullanılabilecek çok sayıdaki süs bitkisi türü göz önüne alındığında, tuz stresine dayanabilecek genotipler bulma ve bu genotiplerin kullanımı ile tuz stresinin üzerinden gelme açısından şans oldukça yüksektir (Koksall ve ark., 2014). Bununla beraber, Türkiye’de çiçek fidesi ve çiçek yetiştiriciliğinin büyük bir bölümünün seralarda yapıldığı düşünüldüğünde; yetiştiriciliği sınırlayan tuzluluk sorunları ile karşılaşmak kaçınılmaz görünmektedir. Bu amaçla farklı tuz düzeylerinin; bitki gelişimi, verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, yetiştiricilik açısından üzerinde durulması gereken bir konudur. Aynısefa bitkisi, $4\text{-}5 \text{ dSm}^{-1}$ tuzluluk seviyelerinde bile normal olarak büyüebildiği için tuz stresine orta derece toleranslı olarak kabul edilmektedir (Elhindi ve ark., 2020). Bununla birlikte, aynısefa bitkisinin yetiştiriciliği ve tuz stresinin etkilerinin araştırılmasına yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle, ekonomik açıdan önemli bu

bitkinin tuz stresi koşullarına reaksiyonunun ayrıntılı olarak anlaşılmasına büyük ihtiyaç bulunmaktadır. Bu bakış açısıyla, bu tez çalışmasında, farklı tuzluluk düzeyi koşullarının, aynısefa (*Calendula officinalis* L.) bitkisinin büyüme ve gelişmesi, bazı kalite kriterleri ve fizyolojik özellikler üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Özellikle kış aylarında rekreasyon alanlarında kullanılan aynısefa bitkisinde şimdiye kadar çok fazla incelenmemiş olan tuzluluk stresi konusundaki bilgi gereksinimine katkı sağlanması hedeflenmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez çalışması kapsamında literatür araştırması yapılmış, aynısefa bitkisindeki tuz stresi ile ilgili çalışmaların yanısıra diğer mevsimlik türlerdeki tuz stresi konusundaki çalışmalar incelenmiştir. Bu bölümde aynısefada tuz stresi ile ilgili çalışmalar özetlenerek sunulmuştur.

Chaparzadeh ve ark. (2004), *Calendula officinalis* L.'de uzun süreli tuz stres uygulamalarının (0, 50 ve 100 mM NaCl) oksidatif stres üzerine etkisini araştırmıştır. Yüksek tuzluluk, büyüme parametrelerinde (Kök ve sürgün yaş ve kuru ağırlığı ve bitki başına yaprak alanı) azalışa yol açmıştır. Bitkisel taze ve kuru ağırlıklar yüksek tuzluluktan büyük ölçüde etkilenmiştir. En yüksek tuz stres uygulaması olan 100 mM NaCl'deki bitkiler hariç genel olarak bitkilerin sürgün değerleri kök değerlerine göre tuzluluktan daha fazla etkilenmiştir. Yaprak alanı açısından en yüksek değerler kontrol uygulamasında bulunurken, tuzluluğun artışıyla birlikte bu parametrede azalış belirlenmiştir.

Khalid ve da Silva (2010), *Calendula officinalis* L.'de çiçek verimi (çiçek başlarının taze ve kuru ağırlıkları), uçucu yağ (EO) verimi, EO'nun kimyasal bileşenleri ve çiçek başlarının toplam flavonit ve toplam karatonoit içeriği üzerine tuzlu sulama suyunun etkisini araştırmıştır. Araştırma kapsamındaki incelemeler, çiçeklenme sürecinin üç aşamasında [(ilk tomurcuk oluşumuna kadar geçen gün sayısı - DABF'den 21 gün sonra), tam çiçeklenme (DABF'den 81 gün sonra) ve çiçeklenme sonu (DABF'den 111 gün sonra)] gerçekleştirilmiştir. Çalışmada NaCl, CaCl₂ ve MgCl₂ içeren farklı tuz solüsyonları (0.39, 1.56, 3.13, 4.69, 6.25, 7.81 ve 9.38 dSm⁻¹) ile muamele edilen bitkilerde çiçek başı verimi ve pigment içeriği (toplam flavonitler ve karatenoitler) önemli ölçüde azalmıştır. Uygulamalar, EO içeriğini ve EO'nun ana bileşenlerini (α -kadinol, γ - ve Δ -kadinen) artırmıştır. Çiçek başlarının taze ve kuru ağırlıkları ve EO içeriği DABF'den 81 gün sonraya yakın olan dönemde artarken, pigment içeriği DABF'den 111 gün sonra artmıştır.

AiRong ve ark. (2011), farklı konsantrasyonlarda (0, 10, 50, 100, 200 ve 300 mmol/l) NaCl uygulamalarının, *Calendula officinalis* bitkilerinde taze ve kuru ağırlıklar, klorofil içeriği, kök dehidrojenaz aktivitesi, Na^+ ve K^+ içeriği, süperoksit dismutaz aktivitesi (SOD), peroksidaz (POD) ve katalaz (CAT), MDA içeriği ve hücre zarı geçirgenliği üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada POD izoenziminin poliakrilamid jel elektroforezi (PAGE) ve tuz stres proteininin SDS-PAGE'i yapılmıştır. Kontrol ile karşılaştırıldığında, taze ve kuru ağırlık, klorofil içeriği, SOD ve POD aktivitesi başlangıçta artmış, sonrasında ise azalmış buna karşın, MDA içeriği ise bunun tersi bir profil sergilemiştir. Ayrıca, bitkilerin Na^+ içeriği ve hücre zarı geçirgenliği artarken, kök dehidrojenaz aktivitesi, K^+ içeriği ve CAT aktivitesi azalmıştır. Çalışma kapsamında POD izoenziminin PAGE'i aracılığıyla sekiz bant tespit edilmiştir. Tuz stres proteini sadece 10 mmol/L NaCl altında indüklenmiştir. Böylece 10 mmol/l NaCl *C. officinalis*'in büyümesini teşvik ederken, NaCl konsantrasyonları arttıkça büyüme üzerine engelleyici etkiler ortaya çıkmıştır. Sonuçta *Calendula officinalis*'in tuz tolerans eşiğinin 100 mmol/l olduğu bulunmuştur.

Gharineh ve ark. (2013), *Calendula officinalis* L.'de çimlenme aşamasında laboratuvar koşullarında tuzluluğun etkisini araştırmıştır. Tuz stresi altı farklı NaCl solüsyonu (0, 1, 3, 5, 7 ve 10 dS m^{-1}) ile uygulanmıştır. Tuzluluk düzeylerinin artışı ile tohumların çimlenme yüzdesi azalmıştır. Maksimum çimlenme oranı, maksimum sürgüncük ve kökçük uzunluğu, kontrol grubunda gözlenmiştir. Diğer uygulamalar, kontrol grubuna kıyasla sürgüncük uzunluğunu azaltmıştır. Bu çalışmada tuzluluğun sürgüncük kuru ağırlığı üzerinde önemli etkisi olmuştur. Tuzluluğun ayrıca, kökçük kuru ağırlığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Kökçük uzunluğunun sürgüncük uzunluğuna oranı incelendiğinde, maksimum ve minimum değerler sırasıyla 1 ve 3 dS m^{-1} uygulamalarında bulunmuştur.

Lacramioara ve ark. (2015), farklı NaCl konsantrasyonlarının *Calendula officinalis*'in fide büyümesi ile pigment, prolin ve protein içeriği ve antioksidan

tepkileri üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada tohum çimlendirme aşamasında uygulanan tuz stresinin (50 ve 100 mM NaCl) etkileri uygulamanın 9. ve 36. günlerinde değerlendirilmiştir. Tuz stresi, incelenen parametrelerin çoğunu etkilemiştir. Tuz konsantrasyon artışının büyüme ve pigment içeriği (Klf-a, Klf-b ve Karotenoit) üzerine olumsuz bir etkisi olmamıştır. Aynısefa fideciklerinin süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) aktiviteleri 9 günlük tuz stresi uygulamasından sonra 50 mM NaCl’de kontrol grubuna kıyasla artarken tuz stres düzeyinin 100 mM NaCl’ye çıkması ile de azalmıştır. Ayrıca uzun süreli stres durumunda (36 gün) tuz stres düzeyinin artışına karşın enzim aktivitelerinde azalış ve prolin içeriğinde artış belirlenmiştir.

Swaefy ve El-Ziat (2020), *Calendula officinalis*’de tuz stresi (0, 1000, 2000 ve 3000 ppm) ve atonik (Nitrophenolate temelli biyositimulant) uygulamalarının (0, 1 ve 2 ml/l) bitki büyümesi, çiçek karakterleri ve kimyasal içerik üzerine etkisini araştırmıştır. Stresli bitkilere 2 ml/l atonik püskürtme uygulaması vejetatif parametrelerde ve toplam klorofilde belirgin olarak artış sağlamıştır. Ayrıca biyositimulant uygulamasının dils çiçek sayısı, çiçek çapı ve toplam flavonoidler üzerinde istatistiki olarak anlamlı pozitif bir etkisi olmuştur. Ayrıca 3000 ppm tuz stresi uygulanan ve 2 ml l⁻¹ atonik püskürtülen bitkilerde, kontrol bitkilerine kıyasla yüksek katalaz enzim aktivitesi kaydedilmiştir. Sonuç olarak, tuz stresi altındaki bitkilere 2 ml l⁻¹ oranında atonik püskürtülmesiyle, kontrol bitkilerine benzer bir vejetatif büyüme sağlanabilmiştir.

Azizi ve ark. (2021), tuzluluk stresi altında (0, 25, 50, 75 ve 100 mM NaCl) dışsal askorbik asit (ASA) (0, 3 ve 6 mM) uygulamasının aynısefada kapitulunun (çiçek başı) büyüme ve pigment içeriği üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla çiçek başlarında büyümenin yanısıra karotenoit, toplam fenolik, toplam favonoit ve favonol içerikleri, antioksidan aktivitesi ve yapraklarda prolin içeriği, hücre zarı hasarı ve su içeriği parametreleri incelenmiştir. NaCl düzeylerinin artması ile çiçeklerde, biyomas ve kuru madde miktarı ile karotenoit, favonoit ve favonol içerikleri azalmış; bu özellikler ASA

uygulaması ile artmıştır (özellikle 6 mM). Yine NaCl artışı ile prolin ve toplam fenolik içerik, antioksidan aktivite ve hücre membran hasarı artarken, ASA kullanımı ile bu parametrelerde azalış belirlenmiştir. En yüksek NaCl konsantrasyonunda (100 mM), 6 mM ASA uygulaması, bitkinin toplam kuru biyokütlesini ve çiçeklerin kuru maddesini ve çiçeklerin karotenoid, toplam fenolik ve flavonoid içeriğini sırasıyla %51.11, %2.71, %1.63, %31.5 ve %1.65 oranında artırmıştır. Bunun yanı sıra 100 mM NaCl konsantrasyonunda 6 mM ASA kullanımı ile yapraklardaki antioksidan aktivite, prolin içeriği ve hücre zarı hasarı sırasıyla %2.51, %33.34 ve %6.17 oranında azalmıştır.

Tuz stresi diğer mevsimlik türlerde de bitkisel büyüme ve gelişimi kısıtlamaktadır. Tuz stresinin diğer mevsimlik türlerde yarattığı etkiler hakkındaki çalışmalar özetlenerek bu bölümde sunulmuştur.

Köksal ve Külahlıoğlu (2013), farklı tuz konsantrasyonları altında yetiştirilen Jan Boss sümbül çeşidine 0, 25, 50, 75, 100, 200, 400 ve 600 mM NaCl solüsyonlarını 15 gün boyunca uygulanmıştır. Çalışma sonunda yaprak kuru ağırlığı, yaprak oransal kuru ağırlığı, yaprak uzunluğu, çiçek sapı uzunluğu, çiçek başağı uzunluğu artan tuz stresi ile birlikte azalış göstermiştir. Yaprak klorofil içeriği (SPAD) ve tuz semptom skala değerleri de tuz stresinden etkilenmiştir.

Türkoğlu ve ark. (2013), Bazı mevsimlik bitkilerin (*Tagetes erecta* L. (Kadife çiçeği) *Petunia hybrida* L. (Kahkaha çiçeği) ve *Gazania splendens* L. (Gazanya veya Koyungözü) tuz stresinin (0, 20, 40, 60 ve 80 mM NaCl) etkilerini araştırmıştır. Çalışma kapsamında, gövde, kök ve toplam yaş ağırlık, bitki boyu gibi bitkisel parametreler incelenirken aynı zamanda toprak analizleri (toprak tekstürü, toprak reaksiyonu, tuz içeriği, organik madde, azot, alınabilir klor) de gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, kadife ve petunya bitkileri 40 mM, Gazanya 60 mM tuz stres düzeylerine toleranslı bulunmuştur. Bununla birlikte, 40 mM'den daha yüksek konsantrasyonlardaki tuzlu suyla sulama uygulamalarında gövde çapı, kök uzunluğu, gövde uzunluğu, bitki boyu ve kök ve gövde yaş ağırlığı gibi bitki gelişim parametreleri açısından olumsuz etkiler belirlenmiştir. Genel olarak

tuzluluk oranının 40 mM'ın üzerine çıkması bitki gelişimini olumsuz etkilerken, 80 mM ise bitkilerin ölümüne yol açmıştır.

Koksal ve ark. (2014), tuz stresinin sümbül bitkisinde iyon alımı üzerine etkisini araştırmıştır. Bitkiler 0, 25, 50, 75, 100, 200, 400 ve 600 mM NaCl ile muamele edilmiştir. Çalışmada tuz stresinin artışı ile Na⁺ alımı önemli ölçüde artmıştır. Sonuçta, yaprak dokularındaki Na⁺ konsantrasyonu, K⁺/Na⁺ ve Ca²⁺/Na⁺ oranları sümbül bitkisinde tuz zararının tahmin edilmesi için güvenilir fizyolojik parametreler olarak görülmüştür.

Koksal ve ark. (2015), farklı tuz stresi koşullarının (0-40 mM NaCl) nergis bitkisinin çiçeklerindeki uçucu bileşenlerin değişimi üzerine etkilerini araştırmıştır. Uçucu bileşenlerin analizi HS/SPME-GC/MS teknikleri ile yürütülmüştür. Tuz stresinin toplam aldehit ve alkol içeriğinde azalışa yol açtığı belirlenirken, terpenlerde özellikle de monoterpen grubunda artış sağladığı belirlenmiştir. Özellikle aldehit grubundan heksanal'de ve alkol grubundan 3-heksen-1-ol'de dikkat çekici oranda azalış belirlenirken, monoterpenlerden olan osimen'de dikkate değer artış bulunmuştur. Tüm uygulamalar göz önüne alındığında 40 mM NaCl'de osimen içeriği (%80.91) oldukça yüksek bulunmuştur.

García-Caparrós ve ark. (2016), *Aloe vera* L. Burm, *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln ve *Gazania splendens* Lem. bitkilerine farklı NaCl konsantrasyonları [Elektriksel iletkenlik (EC) = 2.0 (kontrol), 4.5 ve 7.5 dSm⁻¹] 60 günlük bir süre boyunca uygulamıştır. Çalışma sonunda büyüme, fizyolojik parametreler ile kök ve yaprakların besin elementi içeriği değerlendirilmiştir. Tuz stresi tüm türlerin toplam biyokütlesini benzer şekilde azaltmıştır. Kök ve yaprakların mineral içeriği, belirgin oranda etkilenmiştir. Yüksek EC koşullarında kök ve yapraklardaki ozmotik uyum açısından prolin gibi ozmolitler, tüm türlerde önemli rol oynamıştır. Tuz toleransı açısından her bir türde farklı mekanizmalar tetiklenmiştir. *A. vera*'da Na⁺ köklerde birikmiş ve yaprakların sukullenslik indeksinde azalış olmuştur. *K. blossfeldiana* Na⁺'dan korunmak için yaprak dökmüştür. *G. Splendens*'in ise Cl⁻ ve Na⁺'u köklerde biriktirme, tuz iyonlarının

fazlasını yapraklardan salgılama, tuz iyonlarını yüksek oranda içeren yaşlı yaprakları dökme ve kalan yapraklarda sukulenslik indeksini artırma şeklinde farklı mekanizmalara sahip olduğu belirlenmiştir.

Koksal ve ark. (2016), tuz stresi altında (0, 50, 100, 150 and 200 mM NaCl) kadife bitkisinin kök ve sürgün yaş ağırlığı, k_{YA}/S_{YA} oranı, sürgün nem içeriği, kök ve sürgünlerin besin elementi içeriği ve K^+/Na^+ ve Ca^{+2}/Na^+ oranlarını belirlemiştir. Tuz stresinin artışı bitkisel gelişimi olumsuz etkilemiştir. Çalışma kadife bitkisinde Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ ve Na^+ alımının tuz stresinin etkilerinin ortaya konulması bakımından önemli parametreler olduğu belirlenmiştir.

Kozminska ve ark. (2017), *Calendula officinalis*'de tuz stresinin büyüme ve çeşitli stres göstergeleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bir aylık bitkiler, 30 gün boyunca 150 mM NaCl'ye kadar artan tuz konsantrasyonlarına tabi tutulmuştur. Tuzluluk, bitkilerin gövde uzunluğu ve yaş ağırlığı açısından büyümeyi göreceli olarak azaltmıştır. Bununla beraber su içeriğinin değişmeden kalması düşük ve orta seviyede NaCl konsantrasyonlarına karşı belirli bir toleransı işaret etmiştir. Tuzluluk artışına paralel olarak Na^+ ve Cl^- 'nin artmasına rağmen, K^+ ve Ca^{+2} seviyeleri önemli bir değişiklik göstermemiştir. Bununla beraber en yüksek tuz konsantrasyonu uygulanmasına doğru Mg^{+2} içeriğinde iki katlık bir artış kaydedilmiştir. Ölçülen diğer parametreler, özellikle prolin içeriği (150 mM NaCl'de dokuz kat artış), önemli değişiklikler göstermiştir. Sonuç olarak, tuz stresi ile fotosentetik pigmentlerin bozulması ve oksidatif stres göstergesinde (MDA seviyesi) artış bulunmasına karşın, bitkiler düşük NaCl konsantrasyonları altında vejetatif büyümelerini sürdürebilmiştir. Bu türdeki tuz stresine karşı ana tepki mekanizmaları, K^+ ve Ca^{+2} açısından dengenin korunması ve işlevsel bir osmolit olan prolin birikiminin artması olarak belirlenmiştir.

Yıldız ve ark. (2017), çimlenme öncesi GA_3 uygulamalarının, hüsnüyusuf bitkisinde tuzlu koşullarda tohum çimlenmesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada en yüksek çimlenme oranı (%83.50), 40 ppm GA_3 ön uygulama + 0 mM NaCl uygulamasında bulunurken, en düşük çimlenme oranı (%4.00), 0 ppm GA_3

ön uygulama + 100 mM NaCl uygulamasında belirlenmiştir. En kısa ortalama çimlenme süresi ise 3.10 gün ile 20 ppm GA₃ ön uygulama + 0 mM NaCl’de tespit edilmiştir.

Baniasadi ve ark. (2018), *Calendula officinalis* L.’de tuz stresinde poliaminlerin rolünü araştırmıştır. Bitkilerde spermin (Spm) ve spermidinin (Spd) uygulamalarının büyüme ve fizyolojik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Spd’nin 1 mmol konsantrasyonu tüm tuz stresi seviyelerinde, poliamin uygulamalarının diğer seviyelerine kıyasla, bitkilerin kuru madde, peroksidaz aktivitesi (POD), prolin, protein ve toplam klorofil içeriklerini önemli ölçüde etkilemiştir. Tuz stresi koşulları altındaki bitkiler, 1 mM Spm konsantrasyonu ile muamele edildiğinde malondialdehit (MDA) ve hidrojen peroksit (H₂O₂) aktiviteleri, azalmıştır. Tuz stres seviyesi ne olursa olsun, Spm’nin 1mmol uygulaması, aynısefa bitkilerinin katalaz aktivitesini (CAT) ve maksimum fotokimyasal kuantum verimini (Fv/Fm) artırmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, poliaminlerin oksidatif hasarları azaltarak ve enzim aktivitelerini artırarak, bitkinin tuz stresine karşı toleransını artırabileceğini göstermektedir.

Çığ ve Gülser (2019) sümbülde (*Hyacinthus orientalis* “Fondant”) tuz stresinin çiçeklenme özellikleri üzerine etkilerini, su kültüründe araştırmıştır. Bitkilere tuz stresi çiçeklenme aşamasında ve 0, 500, 1000, 2000, 4000 mg kg⁻¹ NaCl olarak uygulanmıştır. İlk çiçek açma ve tam çiçeklenme zamanı için geçen gün ile hasat zamanı açısından en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla, 71.92-74.83 gün (1000 ve 0 mg kg⁻¹), 74.42-76.33 gün (1000 ve 500 mg kg⁻¹) ve 76.17-78.17 gün (1000 ve 4000 mg kg⁻¹) olarak bulunmuştur. Bitki boyu, çiçek boyu, sap kalınlığı bakımından en düşük ve en yüksek değerler ise sırasıyla 117.29-245.14 mm (4000 ve 500 mg kg⁻¹), 41.98-71.64 mm (4000 ve 500 mg kg⁻¹), 5.69-8.00 mm (1000 ve 4000 mg kg⁻¹) olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, 4000 mg kg⁻¹ NaCl düzeyininin sümbülde çiçek, yaprak ve soğan gelişimini olumsuz etkilediği belirlenmiştir.



3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Deneme kapsamında bitki materyali olarak Asteraceae familyasına ait bir tür olan aynısefa (*Calendula officinalis* L.) bitkisinin ‘Bon Bon Yellow’ çeşidi kullanılmıştır. Çalışma, 2020-2021 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü’ne ait Süs Bitkileri Araştırma ve Uygulama Serasında ve Süs Bitkileri Fizyoloji Laboratuvarında yürütülmüştür.

3.2. Metot

3.2.1. Bitkisel Materyalin Yetiştiriciliği

Tohumlar 45 göz adedine sahip viyoller (boy, yükseklik, alt çap; 5.5 cm, 3.8 cm, 5.0 cm) içerisinde ve torf yetiştirme ortamında çimlendirilmiştir. Tohum çıkış oranı %80’nin üzerinde belirlenmiş ve çıkışlar yaklaşık on gün içerisinde tamamlanmıştır. Şekil 3.1a ve Şekil 3.1b’de denemede kullanılan bitkilerin kotiledon yaprak aşaması görülmektedir. Fide yetiştirme aşamasındaki bitkiciklerin kotiledon yaprak aşamasını takiben iki-dört gerçek yapraklı aşamasında bir başka ifade ile tohum ekiminden yaklaşık 20 gün sonra fideler torf:perlit (1:1) içeren saksılara (ağız çapı 13 cm) şaşırtılmıştır. Bu aşamada deneme bitkilerinin bir örnek olmasına dikkat edilerek şaşırtma gerçekleştirilmiştir. Bitkilerin şaşırtma şokunu atlatması için beklenerek, şaşırtmadan on gün sonra tuz stresi uygulamalarına başlanmıştır.

3.2.2. Tuz Stresi Denemesi

Denemede, tuz stresi yaratmak için, beş farklı NaCl konsantrasyonu (0, 75, 150, 225, 300 mM NaCl) içeren çözeltiler kullanılarak iki gün aralıklarla her bitkiye eşit olacak şekilde ölçülerek, bitkiler sulanmıştır.



Şekil 3.1. Fide yetiştirme aşamasındaki (a ve b) ve tuz stresi denemesi sırasındaki (c) bitkilerin genel görünümü.

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmış ve toplamda 5 uygulama, 3 tekerrür ve her tekerrürde 8 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Ayrıca, bitki besleme amacıyla ‘Hoagland’ besin solüsyonu düzenli olarak topraktan uygulanmıştır. Bitkilerde koruma amacıyla düzenli olarak insektisit uygulamaları yapılmıştır. Tuz stres uygulamaları bitkilerde stres semptomları ortaya çıkana kadar devam ettirilmiştir. Şekil 3.1c’de tuz stres uygulaması denemesindeki bitkilerin genel görünümü sunulmuştur.

Tuz stres uygulamaları dönemi boyunca bitkilerde gözlem ve incelemeler yapılarak stresin etkileri takip edilmiştir. Denemenin sonunda ise bitkilerin saksılardan sökümünden öncesi ve sonrasında bazı büyüme ve gelişim parametreleri belirlenmiş ve bazı fizyolojik ölçüm ve analizler yürütülmüştür.

Bitki yüksekliği (cm), gövde boyu (cm), gövde kalınlığı (mm), yaprak sayısı (adet), yaprak genişliği (cm), yaprak uzunluğu (cm) morfolojik parametreleri bitkilerin sökümünden önce belirlenirken, yaprak renkleri (L, a, b, C, h) ve kök ve sürgünlerin yaş ve kuru ağırlıkları (g) bitkilerin sökümünden sonra belirlenmiştir.

Yaprak projeksiyon alanı (cm^2), bitkilerin kompaktlık oranı (mg cm^{-1}) ve kök/sürgün oranı (K/S) ise ölçülmüş olan ilgili parametrelerin verileri kullanılarak hesaplama yolu ile ortaya koyulmuştur.

Yaprak klorofil miktarı (SPAD), anlık fotosentez (Ft) ve PSII etkinliği (F_v'/F_m') fizyolojik parametreleri sökümden önce bütünlüğü bozulmamış bitkilerin yapraklarında ölçülerek belirlenmiştir. İyon sızıntısı miktarı (%), toplam karotenoid (mg g^{-1} TA), klorofil-a (mg g^{-1} TA), klorofil-b (mg g^{-1} TA) ve toplam klorofil (mg g^{-1} TA) içerikleri deneme sonunda bitki üzerinden alınan yapraklarda belirlenmiştir. Kök ve sürgünlerin nem içerikleri (%) ve hücrel memran zararlanması (%) ise ölçülmüş olan ilgili parametrelerin verileri kullanılarak hesaplama yolu ile ortaya koyulmuştur.

3.2.3. Morfolojik Değerlendirmeler

3.2.3.1. Bitki Yüksekliği

Uygulama sonunda bitkinin toprak üstünde kök boğazından en üst kısmına kadar olan uzunluk bir cetvel yardımıyla ölçülerek 'Bitki Yüksekliği' cm cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.3.2. Gövde Boyu

Bitkilerin kök boğazından büyüme ucuna kadar olan uzunluk bir cetvel yardımıyla ölçülerek 'Gövde Boyu' cm cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.3.3. Gövde Kalınlığı

Bütün bitkilerde aynı noktadan olacak şekilde 'Gövde Kalınlığı' kumpas yardımıyla ölçülüp, mm cinsinden sunulmuştur.

3.2.3.4. Yaprak Sayısı

Uygulama sonucunda bitkilerdeki yapraklar sayılarak ‘Yaprak Sayısı’ adet cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.3.5. Yaprak Genişliği

Bütün uygulama gruplarındaki bitkilerde gelişimini tamamlamış yaprakların eninin en geniş olduğu noktadan bir cetvel yardımıyla ölçülerek ‘Yaprak Genişliği’ cm cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.3.6. Yaprak Uzunluğu

Bütün uygulama gruplarındaki bitkilerde gelişimini tamamlamış yaprakların gövdeye bağlandığı noktadan yaprak uçlarına kadar olan kısım cetvel yardımıyla ölçülerek ‘Yaprak Uzunluğu’ cm cinsinden sunulmuştur.

3.2.3.7. Yaprak Projeksiyon Alanı

Yaprak en ve boy verilerinden yola çıkılarak aşağıdaki formüle göre hesaplama yolu ile bulunarak, cm² cinsinden ifade edilmiştir.

$$\text{Yaprak projeksiyon alanı} = \text{Yaprak genişliği (cm)} \times \text{Yaprak uzunluğu (cm)}$$

3.2.3.8. Kompaktlık Oranı

Denemede yer alan uygulama gruplarını temsilen seçilen bitkilerde sürgün kuru ağırlığı ve bitki yüksekliği verilerinden yola çıkılarak Valdez-Aguilar ve ark., 2009’nın yöntemine göre hesaplama yolu ile belirlenmiştir .

$$\text{Kompaktlık (mg cm}^{-1}\text{)} = \text{Sürgün-KA/BY}$$

Sürgün-KA: Sürgün kuru ağırlığı (mg)

BY: Bitki yüksekliği (cm)

3.2.4. Bitki Biyomas Özellikleri**3.2.4.1. Kök Yaş Ağırlığı**

Çalışma bitiminde bitkiler saksılarından sökülerek, yetiştirme ortamı olan substrat materyalden yıkanarak temizlenmiş ve bitkiler kök ve gövde olarak bölümlere ayrılmıştır. Substrattan tamamen arındırılmış olan kökler hassas terazi ile tartılarak ‘Kök Yaş Ağırlığı’ g cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.4.2. Sürgün Yaş Ağırlığı

Bitkilerin sökümünden sonra bitkilerin sürgün kısmı (gövde ve yapraklar) hassas terazi ile tartılarak ‘Sürgün Yaş Ağırlığı’ g cinsinden sunulmuştur.

3.2.4.3. Kök Kuru Ağırlığı

Kök yaş ağırlığı ölçülmüş olan örnekler kese kâğıtları içerisinde etiketlenerek, etüvde 70°C’de kurumaya bırakılmıştır. Kökler sabit ağırlığa ulaşınca kadar etüvde tutulmuş ve takiben hassas terazide ölçülerek ‘Kök Kuru Ağırlığı’ g cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.4.4. Sürgün Kuru Ağırlığı

Bitkilerin sürgün kısımları etüvde 70°C’de sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulduktan sonra hassas terazide ölçülerek ‘Sürgün Kuru Ağırlığı’ g cinsinden sunulmuştur.

3.2.4.5. Kök/Sürgün Oranı

Bitki örneklerinin (kök ve sürgün) kuru ağırlıkları kullanılarak hesaplama yolu ile belirlenmiştir. Köklerin kuru ağırlığının sürgünlerin kuru ağırlığına oranlanması ile ‘Kök/Sürgün Oranı’ (K/S) belirlemiştir.

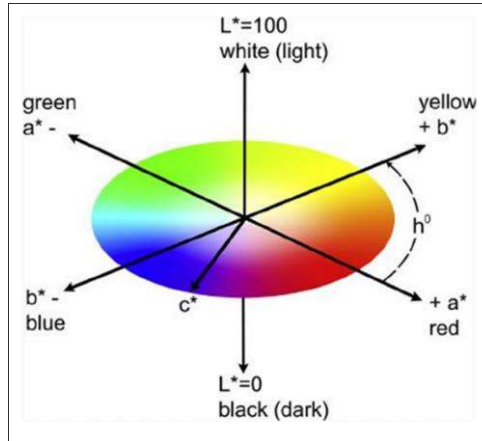
3.2.5. Yaprak Rengi Parametreleri

Çalışma sonunda sökümden önce bitkilerde tam gelişmiş yaprakların rengi Hunterlab (MiniScan EZ 4500) renk ölçerler cihazı yardımıyla ölçülmüştür. Bu amaçla her uygulama grubuna ait her bitkiden gelişmesini tamamlamış aynı olgunlaşma düzeyindeki iki yaprakta ölçümler gerçekleştirilmiştir. Buna göre bitki yapraklarında renk parametreleri olan L (Siyahlık-Beyazlık), a (Yeşillik-Kırmızılık) ve b (Sarılık-Mavilik) cihazdan doğrudan okunarak kaydedilmiştir. Diğer iki renk parametresi olan C (Chroma) ve h (Renk açısı) a ve b değerlerin yardımıyla aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanıp ortaya koyulmuştur.

$$C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$h = \tan^{-1} (b/a)$$

Renk parametre değerleri sonuçları açısından L=0 siyah ve L=100 beyaz, (-) a değeri yeşil ve (+) a kırmızı (-) b değeri mavi ve (+) b değeri sarı renk olarak yorumlanmıştır. C (Chroma) değeri ise rengin matlık ve berraklığını temsil etmekte olup, silindirin merkezinden dışa doğru artan değere sahiptir. Renk açısı h değerinin birimi derece (°) olup +a ile başlar. Açı ve renk ilişkisi yorumu ise 0°: +a (kırmızı), 90°: +b (sarı), 180°: -a (yeşil), 270°: -b (mavi) şeklindedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Renk parametreleri değerlendirme şeması. (Khajehdizaji ve ark., 2014)

3.2.6. Fizyolojik Parametreler**3.2.6.1. İyon Sızıntısı**

Bitkilerin tuz stresi altındaki iyon sızıntısını belirlemek amacıyla 1 cm çapındaki yaprak diskleri tam gelişmiş ve tek tip yapraklardan alınmıştır. Her örnekteki ilk İyon Sızıntısı (İS1) EC metre yardımıyla (EC600 model, Extech Instruments A Flir Company) belirlenerek kaydedilmiştir. Aynı yaprak disklerinin otoklav prosedürünü takiben oda sıcaklığındaki iyon sızıntısı (İS2) kaydedilmiştir. Örneklerin İyon Sızıntısı değerleri Arora ve ark. (1998)'e göre belirlenmiştir.

$$\text{İyon Sızıntısı (\%)} = (\text{İS1}/\text{İS2}) \times 100$$

3.2.6.2. Hücresel Membran Zararlanması

Hücresel Membran Zararlanması yaprak dokularından oluşan iyon sızıntısı temel alınarak hesaplanmıştır. Arora ve ark. (1998)'e göre belirlenmiştir.

$$\text{Membran zararlanması (\%)} = [(UİS \times KİS) / 100 - KİS] \times 100$$

İS (%): Uygulama ve kontrol grubu iyon sızıntısı

3.2.6.3. Kök Nem İçeriği

Kök Nem İçeriği yaş baz temel alınarak Koksall ve ark., 2016'ya göre aşağıdaki formül yardımıyla köklerin yaş ve kuru ağırlık değerleri kullanılarak % cinsinden hesaplanmıştır.

$$Nİ = (m_{H_2O}/m_{TA}) \times 100$$

Nİ: nem içeriği (%)

m_{H_2O} : Su kütlesi (Kg, Ib)

m: Taze numunenin toplam kütlesi (Kg, Ib)

3.2.6.4. Sürgün Nem İçeriği

Sürgünlerin nem içeriği, köklerin nem içeriğinde olduğu gibi sürgün yaş ve kuru ağırlıkları kullanılarak hesaplanarak % cinsinden sunulmuştur. (Koksal ve ark., 2016).

3.2.6.5. Pigment Analizleri

Deneme sonunda tüm uygulama gruplarından her bitkiden alınan aynı olgunluk düzeyindeki iki adet yaprakta toplam karotenoit, klorofil a ve klorofil b ve toplam klorofil, içeriği spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir (Arnon, 1949) Ekstraksiyon aşamasında taze yaprak örneği (yaklaşık 200 mg) 15 ml %80'lik aseton içerisinde homojenize edilip, filtre edilmiştir. Tüm ekstraksiyon prosedürü karanlık koşulda gerçekleştirilmiştir. Örnekler spektrofotometre'de (Beico 200) toplam klorofil için 652 nm'de, klorofil a ve klorofil b değerlerinin hesaplanması için ise hem 663 ve hem de 645 nm dalga boylarında ölçülmüştür. Spektrofotometrik okuma sonuçları hesaplanarak gram taze ağırlıktaki mg toplam karotenoit, klorofil a ve klorofil b ve toplam klorofil ve toplam klorofil miktarı olarak ifade edilmiştir (Lichtenthaler ve Wellburn, 1983).

$$\text{Toplam karotenoit} = [(1000 \times \text{Abs}_{470} - 2.27 \times \text{Kl-f-a} - 81.4 \times \text{Kl-f-b}) / 227] \times 20/\text{m}$$

$$\text{Klorofil a (Kl-a)} = (11.75 \times \text{Abs}_{663} - 2.35 \times \text{Abs}_{645}) \times 20/\text{m}$$

$$\text{Klorofil b (Kl-b)} = (18.61 \times \text{Abs}_{645} - 3.96 \times \text{Abs}_{663}) \times 20/\text{m}$$

$$\text{Toplam klorofil} = \text{Abs}_{652} \times 27.8/\text{m}$$

3.2.6.6. SPAD Okumaları

Deneme sonunda her uygulama grubundaki her bitkide ikişer adet yaprakta ve yaprak üst yüzeyinden olmak üzere yaprak klorofil miktarı, SPAD okumaları ile belirlenmiştir. Ölçümler el tipi SPAD-502 metre (Minolta, Japonya) ile bitki üzerindeki bütünlüğü bozulmamış yapraklarda gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.7. Anlık Fotosentez (Ft)

Deneme sonucunda her uygulama grubundaki her bitkide aynı olgunlukta olan gelişmesini tamamlamış iki farklı yaprakta yaprakların alt yüzeyinden olacak şekilde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Anlık fotosentez ölçümü için taşınabilir fotosentez ölçüm cihazı (FluorPen FP 100, Photon Systems Instruments) kullanılmıştır. Ölçümler güneşli bir günde saat 10:00 ve 12:00 arasında gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.8. PSII Etkinliği (Fv'/Fm')

PSII etkinliği ölçümü anlık fotosentez ölçümünün yapıldığı aynı yapraklarda ve aynı zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Fotosistem II etkinliğini belirlemek için yine FluorPen FP 100 fotosentez ölçüm cihazından yararlanılmıştır.

3.2.7. İstatistiksel Analizler

Araştırmadan elde edilen tüm veriler ‘Tesadüf Parselleri Deneme Deseni’ne göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Uygulama grupları arasındaki farklılıklar, ‘LSD çoklu karşılaştırma testi’ ile $\alpha=0.05$ ’e göre ortaya koyulmuştur.

Ayrıca çalışmada yer alan tüm parametreler arasındaki korelasyon analizi gerçekleştirilmiş ve çok sayıda yüksek ilişki görülmüştür. İlişki analizine ait sonuçları sadeleşmiş olarak sunabilmek amacıyla birbiri ile doğrudan ilgili olan (hesaplama yöntemi ile bulunan) parametreler değerlendirme dışı tutularak seçilen 17 parametre arasında korelasyon analizi yapılmıştır. bitki yüksekliği, gövde boyu, gövde kalınlığı, yaprak sayısı, yaprak projeksiyon alanı, kök yaş ağırlığı, sürgün yaş ağırlığı, kök/sürgün (K/S) oranı, kompaktık oranı, yaprak renk özellikleri (L, a ve b), hücrel membran zararlanması, toplam karotenoid (Karotenoid-t), toplam klorofil (Klf-t), SPAD ve PSII etkinliği (Fv'/Fm') parametreleri arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Ayrıca bu parametreler ile tuz stres uygulama düzeyleri arasında da korelasyon analizi yürütülmüştür. Korelasyon analizi sonuçlarına

ilişkin olarak korelasyon katsayıları tabloda ve korelasyon dağılımı ise grafik olarak sunulmuştur.

Çalışma kapsamında aynısefa bitkisinin süs bitkisi değerini ortaya koyan en önemli kalite karakterleri ile tuz stres düzeyi arasındaki regresyon eğrileri oluşturulmuş ve regresyon denklemleri hesaplanmıştır.

Tüm istatistiki analizler (Varyans analizi, korelasyon analizi ve regresyon analizleri) ‘JMP13.2.0’ paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Uygulama gruplarına ait sonuçlar, tekerrür ortalamaları ($\pm$ SE) olarak tablolarda sunulmuş olup bazı parametrelere ait sonuçlar ise ‘SigmaPlot’ programı kullanılarak oluşturulan grafikler ile ortaya koyulmuştur. Denemede incelenen bazı parametrelerin korelasyon dağılım grafikleri ve regresyon grafikleri ise ‘JMP13.2.0’ paket programı kullanılarak oluşturulmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bitkisel Gelişim Özellikleri

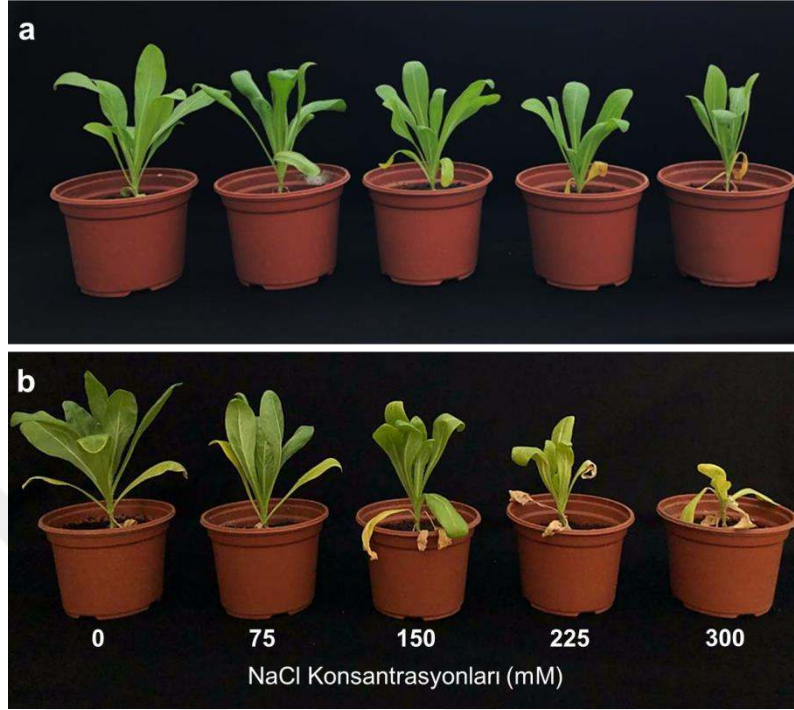
Tuz stresinin aynısefa bitkisinde morfolojik parametreler üzerindeki etkileri Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Artan NaCl konsantrasyonları bitki yüksekliği (cm), gövde boyu (cm), gövde kalınlığı (mm), yaprak sayısı (adet), yaprak genişliği (cm), yaprak uzunluğu (cm), yaprak projeksiyon alanı (cm²) ve kompaktlık oranı (mg cm⁻¹) açısından istatistiki olarak fark oluşturmıştır. Farklı NaCl konsantrasyon uygulamalarının aynısefa bitkilerinin üzerine etkisi incelendiğinde uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tuz stresinin artışı, aynısefa bitkilerinin büyüme parametreleri üzerine olumsuz etkilemiştir (Çizelge 4.1). Bitki yüksekliği üzerine tuz stresinin olumsuz etkisi 75 mM NaCl uygulamasından itibaren görülmüştür. Buna göre en uzun boylu bitkiler (17.77 cm) kontrol (0 mM) uygulamasında iken, en kısa bitkiler (14.40 ve 13.03 cm) sırasıyla 225 ve 300 mM NaCl’de bulunmuştur. Aynısefa bitkisinde artan tuz stresine karşı bitki yüksekliğindeki azalış Şekil 4.1’de sunulmuş olan görsellerde de açık biçimde görülmektedir. Gövde boyu açısından tuz stresinin etkileri incelendiğinde bitki yüksekliğine benzer sonuçlar alınmıştır (Çizelge 4.1). Gövde boyu bakımından en yüksek değer (6.17 cm) 0 mM NaCl’de ve en düşük değerler (3.30 ve 2.90 cm) sırasıyla 225 ve 300 mM NaCl’de bulunmuştur. Gövde kalınlığı parametresi ele alındığında ise tuz stresinin olumsuz etkileri 75 mM’dan itibaren görülmeye başlansa da 75, 150 ve 225 mM uygulamalarındaki bitkilerin gövde kalınlıkları birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Bununla beraber en yüksek tuz stres uygulaması olan 300 mM NaCl’deki belirgin düşüş dikkat çekici bulunmuştur. Gövde kalınlığı açısından en yüksek değer (4.85 mm) 0 mM NaCl’de ve en düşük değer (2.35 mm) 300 mM NaCl’de kaydedilmiştir.

Çizelge 4.1. Tuz stresinin aynısefa bitkisinde bitkisel gelişim parametreleri üzerine etkisi

Parametreler	NaCl Konsantrasyonları (mM)					Prob>F	LSD
	0	75	150	225	300		
Bitki yüksekliği (cm)	17.77±0.80 ^a	16.23±0.37 ^b	15.93±0.38 ^b	14.40±0.06 ^c	13.03±0.32 ^c	0.0002	1.426 ^{***}
Gövde boyu (cm)	6.17±0.26 ^a	5.43±0.15 ^b	4.53±0.15 ^c	3.30±0.06 ^d	2.90±0.31 ^d	<.0001	0.641 ^{***}
Gövde kalınlığı (mm)	4.85±0.40 ^a	3.96±0.08 ^b	3.81±0.14 ^{bc}	3.25±0.17 ^c	2.35±0.09 ^d	0.0001	0.663 ^{***}
Yaprak sayısı (adet)	19.33±0.67 ^a	17.00±0.58 ^b	15.33±0.33 ^{bc}	14.00±0.58 ^{cd}	12.33±0.67 ^d	<.0001	1.819 ^{***}
Yaprak genişliği (cm)	3.97±0.09 ^a	3.60±0.06 ^b	3.27±0.03 ^c	2.63±0.17 ^d	2.00±0.10 ^e	<.0001	0.315 ^{***}
Yaprak uzunluğu (cm)	13.70±0.12 ^a	12.40±0.44 ^{ab}	11.80±0.20 ^b	9.83±0.99 ^c	7.37±0.75 ^d	0.0002	1.888 ^{***}
Yaprak-PA (cm ²)	54.32±0.77 ^a	44.67±2.10 ^b	38.53±0.25 ^b	26.22±4.07 ^c	14.86±2.12 ^d	<.0001	7.208 ^{***}
Kompaktlık (mg cm ⁻¹)	71.56±7.47 ^a	65.59±4.38 ^a	57.17±3.38 ^{ab}	47.38±6.24 ^{bc}	37.96±1.13 ^c	0.0052	15.859 ^{**}

Önemlilik; ÖD: Önemli değil, *: P<0.05, **: P<0.01, ***: p<0.001



Şekil 4.1. Tuz stresi uygulanmış aynisefa bitkilerinin stresin erken aşamasındaki (a) ve deneme sonundaki (b) genel görünüşleri.

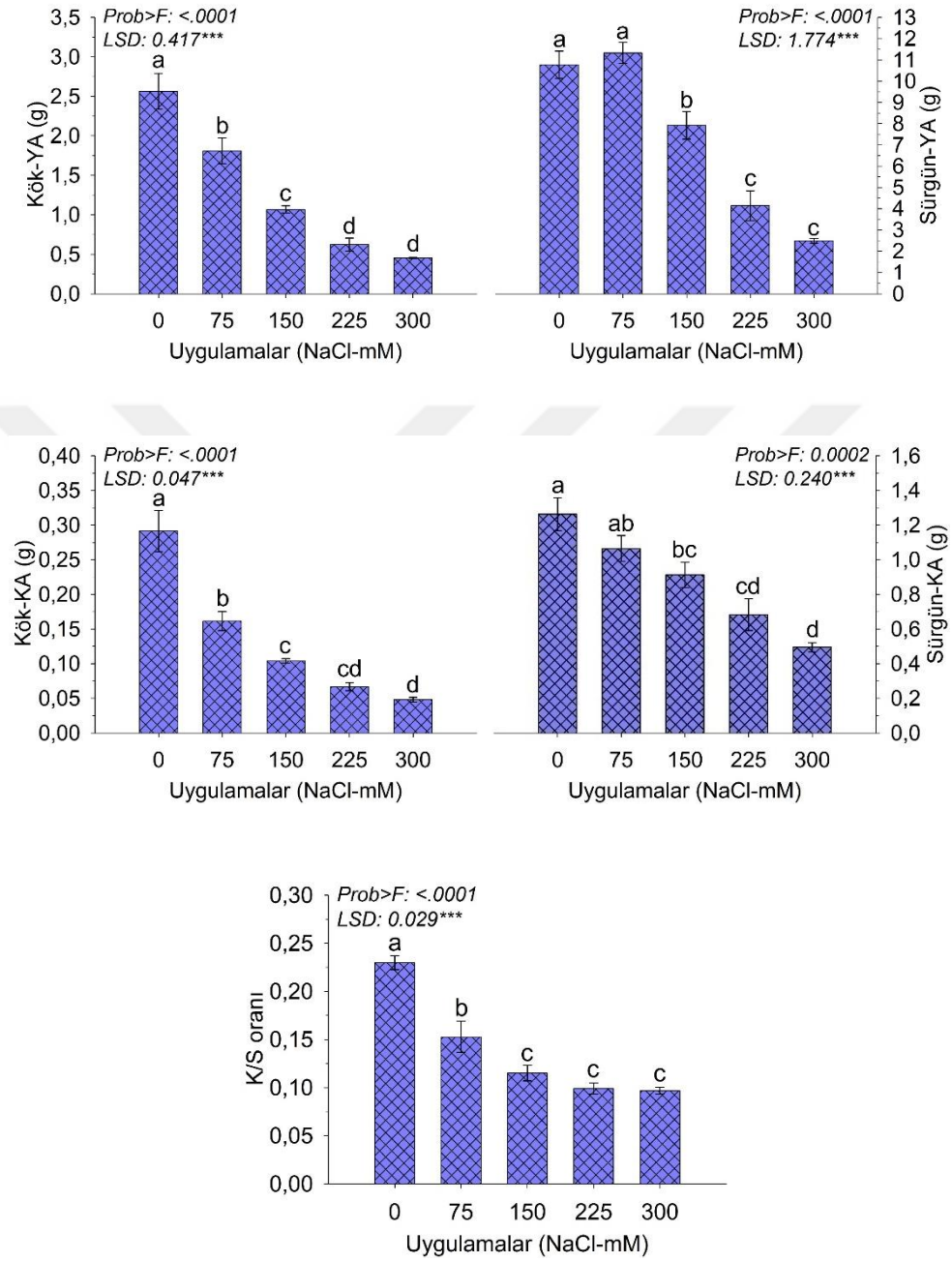
NaCl uygulama konsantrasyonlarının artışı yaprak gelişimi üzerinde de olumsuz etkiler yaratmıştır. Buna göre yaprak sayısı bakımından en yüksek değer (19.33 adet) 0 mM NaCl’de ve en düşük değer (12.33 adet) 300 mM NaCl’de bulunmuştur (Çizelge 4.1). Artan tuz stres uygulamalarının aynisefa bitkisinin yaprak boyutları üzerine olan etkisinin de olumsuz olduğu saptanmıştır. Elde edilen verilere göre yaprak genişliği ve uzunluğu açısından en yüksek değerler (sırasıyla 3.97 cm ve 13.70 cm) kontrol grubundaki bitkilerden elde edilirken en düşük değerler (2.00 cm ve 7.37 cm) ise 300 mM NaCl’de elde edilmiştir. Tuz stresi, yaprak boyutlarında olduğu gibi yaprak projeksiyon alanını (Yaprak-PA) da etkilemiştir. Yaprak projeksiyon alanı bakımından en yüksek değer (54.32 cm²) 0 mM NaCl’de ve en düşük değer (14.86 cm²) 300 mM NaCl’de bulunmuştur.

Tuz stresine maruz kalan aynısefa bitkilerde görülen bütün bitkisel değişimlerin nihayi etkisini net olarak kompaktlık oranında (mg cm^{-1}) görmek mümkündür (Çizelge 4.1). Diğer bitkisel parametrelerde tuz stresinin artışına paralel bir azalış varken bitkilerin kompaktlık oranı 150 mM'a kadar büyük oranda korunabilmiş ve stres düzeyinin 225 ve 300 mM'a çıkışı ile bitkilerin kompaktlık oranı belirgin oranda azalmıştır. Buna göre en kompakt bitkiler 0, 75 ve 150 mM uygulamalarında bulunmuştur.

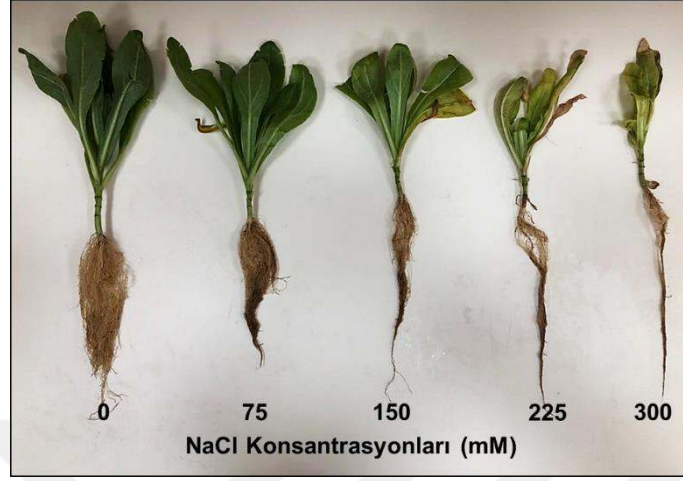
4.2. Bitki Biyomas Özellikleri

Farklı NaCl konsantrasyonları ile sulanmış olan aynısefa bitkilerinin bitkisel ağırlık değişimleri Şekil 4.2'de sunulmuştur. Artan tuz stresi, kök yaş ağırlığı (g), sürgün yaş ağırlığı (g), kök kuru ağırlığı (g), sürgün kuru ağırlığı (g) ve kök kuru ağırlığının sürgün kuru ağırlığına oranı (K/S) açısından $p > 0.001$ seviyesinde istatistiki olarak fark oluşturmuştur.

Genel olarak tuz stres artışı bitki yaş ağırlıklarını olumsuz etkilemiştir (Şekil 4.2). Kök yaş ağırlığı (Kök-YA) açısından en yüksek değer (2.56 g) 0 mM NaCl'de ve en düşük değerler (0.62 ve 0.45 g) sırasıyla 225 ve 300 mM NaCl'de bulunmuştur. Sürgün yaş ağırlığı (Sürgün-YA) bakımından tuz stresinin olumsuz etkisi 150 mM'dan itibaren görülmeye başlanmıştır. Buna göre 0 ve 75 mM NaCl uygulamalarında Sürgün-YA bakımından en yüksek değerler (10.77 ve 11.33 g sırasıyla) bulunurken, bu gruptaki bitkiler arasında istatistiki fark belirlenmemiştir. Ayrıca Sürgün-YA bakımından en düşük değerler (4.14 ve 2.50 g) sırasıyla 225 ve 300 mM NaCl'deki bitkilerde bulunmuş ve bu iki gruptaki bitkiler arasında da istatistiki fark görülmemiştir. Bitkilerin yaş ağırlıklarında tuz stresinden kaynaklı olarak ortaya çıkan farklılıklar, bitkilerin sökümünden hemen sonraki görsellerinden de anlaşılmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. Tuz stresi altındaki aynısefa bitkilerinin bitkisel ağırlık özellikleri.
Önemlilik; ***: $p < 0.001$



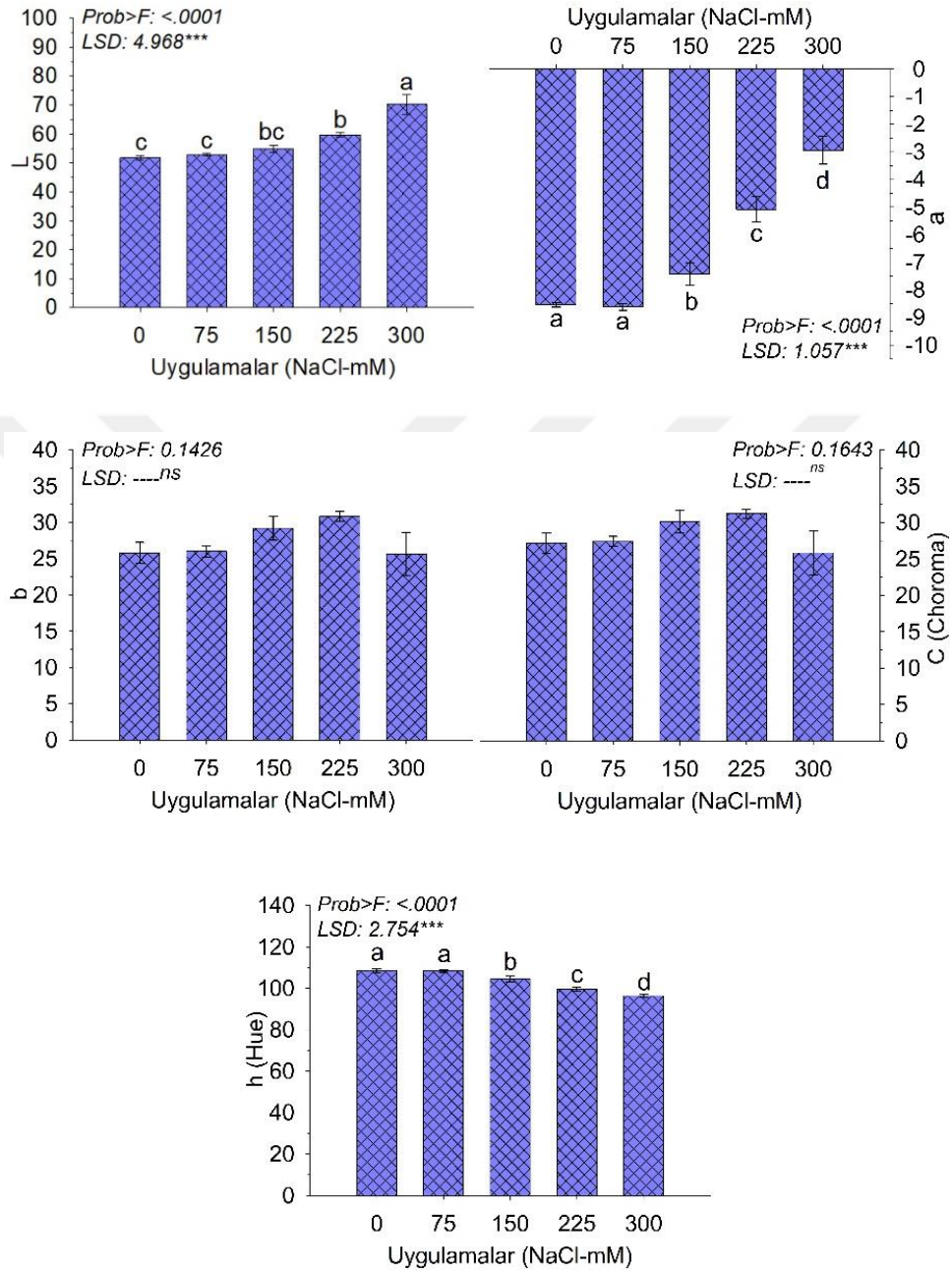
Şekil 4.3. Tuz stresi uygulanmış aynisefa bitkilerinin sökümünden sonraki görünümleri.

Tuz stres düzeyinin artışı bitkisel kuru ağırlıkları olumsuz etkilemiştir (Şekil 4.2). Tuz stresinin kök kuru ağırlığı (Kök-KA) üzerine olumsuz etkisi 75 mM NaCl uygulamasından itibaren görülmüştür. Buna göre Kök-KA'da en yüksek değer 0 mM NaCl (0.29 g) uygulamasında iken, en düşük değer en yüksek stres uygulaması olan 300 mM NaCl'de (0.05 g) bulunmuştur. Sürgün kuru ağırlığı (Sürgün-KA) üzerine tuz stres uygulamalarının olumsuz etkisi ise 150 mM NaCl uygulamasından itibaren görülmüştür. Buna göre; Sürgün-KA açısından en yüksek değer (1.26 g) 0 mM NaCl'de bulunurken, 75 mM uygulanan bitkilerin Sürgün-KA'sı kontrol bitkilerine yakın bulunmuştur. Sürgün-KA bakımından en düşük değer (0.50 g) ise 300 mM NaCl'de bulunmuştur. Ayrıca bitkisel kuru ağırlıklar temel alınarak hesaplanan kök/sürgün oranı (K/S) açısından değişimler önemli görülmüştür. Buna göre; K/S bakımından en yüksek değer 0.23 ile 0 mM NaCl'de bulunurken, bunu 0.15 ile 75 mM NaCl izlemiştir. En düşük K/S değerleri ise (0.12, 0.10 ve 0.10) sırasıyla 150, 225 ve 300 mM NaCl'de bulunmuş olup, bu NaCl uygulama düzeylerindeki bitkilerin K/S oranlarına ilişkin değerleri aynı istatistiki grupta yer almıştır.

4.3. Yaprak Rengi Özellikleri

Aynısefa bitkisinde tuz stres koşullarına bağlı olarak yaprak rengi parametrelerinde (L, a, b, C ve h) ortaya çıkan farklılıklar Şekil 4.4'deki grafiklerde sunulmuştur. Artan NaCl konsantrasyonlarının yaprak renk parametreleri olan 'L' (Siyahlık-Beyazlık), 'a' (Yeşillik-Kırmızılık) ve 'h' (Renk açısı) açısından etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, 'b' (Sarılık-Mavilik) ve 'C' (Chorma) bakımın ortaya çıkan farklılıklar önemsiz görülmüştür.

Tuz stresinin artışı yaprakların 'L' (Siyahlık-Beyazlık; 0-100) değerinin artışına yol açmış ve özellikle 300 mM NaCl uygulamasındaki ani artış dikkat çekici bulunmuştur. 'L' (Siyahlık-Beyazlık) açısından en düşük değerler (sırasıyla 51.83 ve 52.86) 0 ve 75 mM NaCl'de ve en yüksek değer (70.20) 300 mM NaCl'de bulunmuştur. Yaprak renginin 'a' değeri (Yeşillik-Kırmızılık) de tuz stresinden etkilenmiştir. Buna göre x eksenı üzerinde eksi (-) koordinatta yer alan yeşilliği en yüksek (sırasıyla -8.54 ve -8.61) olan uygulamalar 0 ve 75 mM NaCl, buna karşın yeşillik oranı en düşük (-2.94) uygulama 300 mM NaCl olarak bulunmuştur. Farklı tuz uygulamaları yaprak rengi açısı olan 'h' değerini de etkilemiştir. Renk açısı bakımından en yüksek değerler (sırasıyla 108.53° ve 108.41°) 0 ve 75 mM NaCl'de ve en düşük değer ise (96.34°) 300 mM NaCl'de bulunmuştur. Bilindiği gibi h değeri 0° ise renk kırmızı, 90° ise sarı, 180° ise yeşil, 370° ise mavidir. Çalışmada aynısefa bitkilerinin yaprak renk açısı 90° ile 180° arasındaki bölgede yer almakta ve yeşil renk alanına girmektedir. En yüksek tuz stresi uygulaması olan 300 mM NaCl'de bitkilerin yaprak rengi sarı bölgesine doğru yaklaşmaktadır (Şekil 4.4).

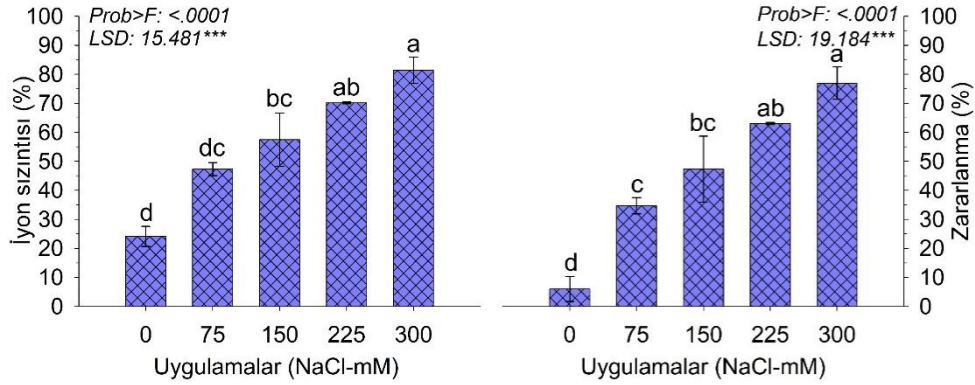


Şekil 4.4. Tuz stresi altındaki aynısefa bitkilerinin yaprak rengi özelliklerindeki değişimler.

Önemlilik; ^{ns}:Önemli değil, *: P<0.05, **: P<0.01. ***: p<0.001

4.4. Fizyolojik Özellikler

Aynısefa bitkisinde farklı NaCl konsantrasyonları fizyolojik parametreler üzerine de etki etmiştir. Tuz stres çalışmalarında en önemli fizyolojik göstergelerden biri olan iyon sızıntısı ve iyon sızıntısından hesaplanarak bulunan hücresel membran zararlanması sonuçları stresin düzeyini ortaya net olarak ortaya koymuştur (Şekil 4.5). Artan NaCl konsantrasyonları aynısefa bitkilerinin yaprak dokularının iyon sızıntısı ve hücresel membran zararlanmasının artmasına yol açmıştır. Buna göre en düşük iyon sızıntısı (%24.09) kontrol grubu (0 mM NaCl) bitkilerindeyken, en yüksek iyon sızıntısı (%81.43) 300 mM NaCl uygulamasında bulunmuştur. Benzer olarak hücresel membran zararlanması oranı açısından en düşük değer (%5.94) 0 mM NaCl'de ve en yüksek değer (%76.99) 300 mM NaCl'de bulunmuştur. Artan tuz stresine karşı hücresel membran zararlanmasına bakıldığında 150 mM NaCl'ye kadar zararlanmanın %50'nin altında kaldığı ve tuz stres düzeyinin artışı ile zararlanma oranının yükseldiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.5. Tuz stresini altındaki aynısefa bitkilerinde iyon sızıntısı ve hücresel membran zararlanmasındaki değişimler
Önemlilik; ^{ÖD} : Önemli değil, *: P<0.05, **: P<0.01. ***: p<0.001

Tuz stres düzeyinin artışı diğer fizyolojik parametreleri de olumsuz etkilemiştir (Çizelge 4.2). Uygulamalar kök nem içeriği (%), sürgün nem içeriği (%), toplam karotenit ($\text{mg g}^{-1}\text{TA}$), klorofil-a ($\text{mg g}^{-1}\text{TA}$), klorofil-b ($\text{mg g}^{-1}\text{TA}$), toplam klorofil ($\text{mg g}^{-1}\text{TA}$), SPAD, anlık fotosentez (Ft), PSII etkinliği (F_v'/F_m') açısından istatistiki olarak fark oluşturmuştur.

Çalışmada tuz stres uygulamalarının aynısefa bitkilerinin bitkisel dokuların nem içeriğine etkisinde farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 4.2). Kök nem içeriğindeki değişimler $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunurken, sürgün nem içeriğindeki değişimler $p<0.001$ düzeyinde önemli görülmüştür. Tüm NaCl uygulamalarındaki bitkilerin kök nem içeriği kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek kök nem içeriği (%91.07) 75 mM NaCl'de bulunmuş ve bunu sırasıyla 150 (%90.24), 225 (%89.13) ve 300 (%89.44) mM NaCl uygulamaları izlemiş ve en düşük kök nem içeriği (% 88.66) ise kontrol grubunda belirlenmiştir. Sürgün nem içeriği açısından incelendiğinde kök nem içeriğinde olduğu gibi en yüksek değer (%90.62) 75 mM NaCl'de belirlenirken, diğer uygulama düzeyleri bakımından kök nem içeriğinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Sürgün nem içeriği açısından 75 mM NaCl uygulamasındaki bitkileri sırasıyla 150 (%88.47), 0 (%88.31) 225 (%83.30) ve 300 (%80.11) mM NaCl'deki bitkiler izlemiştir.

Çalışmada bitkilerin toplam karotenit içeriği (Karotenit-t) tuz stresinden istatistiki olarak $p<0.001$ düzeyinde etkilenmiştir. Tüm tuz uygulama gruplarındaki aynısefa bitkilerinin Karotenit-t değerleri istatistiki açıdan kontrol grubu bitkilerinden daha düşük bulunmuş, bununla beraber tuz stresi uygulanan gruplar aynı istatistiki grupta yer almıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Tuz stresi altındaki aynısefa bitkilerinin fizyolojik özellikleri.

	NaCl Konsantrasyonları (mM)						
	0	75	150	225	300	<i>Prob>F</i>	<i>LSD</i>
Kök nem içeriği (%)	88.66±0.18 ^c	91.07±0.06 ^a	90.24±0.25 ^{ab}	89.13±0.62 ^{bc}	89.44±0.55 ^{bc}	0.0113	1.252 [*]
Sürgün nem içeriği (%)	88.31±0.21 ^b	90.62±0.26 ^a	88.47±0.17 ^b	83.30±0.65 ^c	80.11±0.93 ^d	<.0001	1.682 ^{***}
Karotenoiit-t (mg g ⁻¹ TA)	0.25±0.03 ^a	0.15±0.01 ^b	0.14±0.01 ^b	0.11±0.00 ^b	0.11±0.01 ^b	0.0002	0.044 ^{***}
Klf-a (mg g ⁻¹ TA)	0.66±0.06 ^a	0.37±0.03 ^b	0.30±0.04 ^{bc}	0.19±0.01 ^{cd}	0.18±0.03 ^d	<.0001	0.111 ^{***}
Klf-b (mg g ⁻¹ TA)	0.28±0.05 ^a	0.18±0.01 ^b	0.15±0.01 ^b	0.14±0.00 ^b	0.13±0.01 ^b	0.0051	0.068 ^{**}
Klf-t (mg g ⁻¹ TA)	1.05±0.12 ^a	0.62±0.04 ^b	0.50±0.05 ^{bc}	0.38±0.01 ^c	0.35±0.04 ^c	<.0001	0.196 ^{***}
SPAD	35.25±1.07 ^a	29.62±1.18 ^b	22.02±1.20 ^c	13.72±1.33 ^d	8.63±0.74 ^e	<.0001	3.265 ^{***}
Anlık fotosentez (Ft)	106.17±2.94 ^a	95.00±3.91 ^b	70.17±2.04 ^c	64.50±1.12 ^c	55.83±0.95 ^d	<.0001	7.158 ^{***}
PSII etkinliği (Fv'/Fm')	0.73±0.01 ^a	0.73±0.00 ^a	0.63±0.01 ^b	0.60±0.01 ^b	0.35±0.02 ^c	<.0001	0.031 ^{***}

Önemlilik; ^{0D}:Önemli değil, *: P<0.05, **: P<0.01, ***: p<0.001

Tuz stresinin etkisi fotosentetik pigment içeriği açısından değerlendirildiğinde klorofil a (Klf-a) ve toplam klorofil (Klf-t) bakımından $p < 0.001$ düzeyinde ve klorofil b (Klf-b) bakımından $p < 0.01$ düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Tuz stresinin artışına paralel olarak Klf-a içeriği azalmış ve özellikle 225 ve 300 mM NaCl düzeyindeki azalışlar dikkat çekici bulunmuştur. Buna göre Klf-a içeriği bakımından en yüksek değer ($0.66 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$) 0 mM NaCl'de ve en düşük değer ($0.18 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$) ise 300 mM NaCl'de bulunmuştur. Tüm tuz uygulama gruplarındaki aynısefa bitkilerinin klorofil-b içeriği istatistiki açıdan kontrol grubu bitkilerinden daha düşük bulunmuş bununla beraber tuz stresi uygulanan gruplar aynı istatistiki grupta yer almıştır. Bitkilerin toplam klorofil (Klf-t) içeriği de tuz stres artışına bağlı olarak azalmıştır. Klf-t açısından en yüksek değer ($1.05 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$) 0 mM NaCl'de ve en düşük değerler ise (sırasıyla 0.38 ve $0.35 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$) 225 ve 300 mM NaCl'de bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Bitkilerdeki SPAD ölçüm sonuçları da klorofil içeriği sonuçlarını destekler niteliktedir. SPAD ölçümlerin de artan tuz stresine bağlı bir azalış belirlenmiştir. Buna göre SPAD bakımından en yüksek değer (35.25) 0 mM NaCl'de ve en düşük değer (8.63) 300 mM NaCl'de bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Fotosentez ölçüm sonuçları da tuz stresinin etkilerini ortaya koymuştur. Anlık fotosentez (Ft) ve Fotosistem II (PSII etkinliği-Fv/Fm') parametreleri tuz stresinden olumsuz etkilenmiştir. Anlık fotosentez içeriği açısından en yüksek değer (106.17) 0 mM NaCl'de ve en düşük değer ise (55.83) 300 mM NaCl'de bulunmuştur. PSII etkinliği bakımından yüksek değer (0.73) 0 ve 75 mM NaCl'de ve en düşük değer ise (0.35) 300 mM NaCl'de bulunmuştur (Çizelge 4.2).

4.5. Parametreler Arası İlişkiler

Çalışma kapsamında incelenen tüm parametrelerin birbirleri arasındaki ilişki analizi yapılmış ve %70'in üzerinde negatif ve pozitif çok sayıda korelasyon bulunmuştur. Birbiri ile doğrudan bağlantılı olan parametreler (aynı rakamlar

kullanılarak hesaplama ile bulunan) değerlendirme dışı bırakılarak, seçilmiş olan parametreler arasındaki korelasyon analizi sonuçları sunulmuştur. Buna göre bitki yüksekliği, gövde boyu, gövde kalınlığı, yaprak sayısı, yaprak projeksiyon alanı, kök yaş ağırlığı (Kök-YA), sürgün yaş ağırlığı (Sürgün-YA), kök/sürgün (K/S) oranı, kompaktlık oranı, yaprak renk özellikleri (L, a ve b), hücresel membran zararlanması, toplam karotenoit (Karotenoit-t), toplam klorofil (Klf-t), SPAD ve PSII etkinliği (F_v/F_m') olmak üzere 17 adet parametrede korelasyon analizi yapılmıştır. Bu parametrelerin veri dağılımını göstermek amacıyla parametrelerin ortalama minimum ve maksimum değerleri Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Korelasyon analizi yapılan tüm parametrelere ilişkin ortalama, maksimum ve minimum değerler.

	<i>Parametreler</i>	Ortalama Değer ($\pm$ Standart Sapma)	Minimum Değer	Maksimum Değer
1	Bitki yüksekliği (cm)	15.47 $\pm$ 1.80	12.50	18.80
2	Gövde boyu (cm)	4.47 $\pm$ 1.31	2.50	6.60
3	Gövde kalınlığı (mm)	3.64 $\pm$ 0.91	2.17	5.64
4	Yaprak sayısı (adet)	15.60 $\pm$ 2.64	11.00	20.00
5	Yaprak-PA (cm ²)	35.72 $\pm$ 14.73	10.98	55.35
6	Kök-YA (g)	1.30 $\pm$ 0.84	0.44	2.80
7	Sürgün-YA (g)	7.33 $\pm$ 3.73	2.28	12.32
8	K/S	0.14 $\pm$ 0.05	0.09	0.24
9	Kompaktlık oranı (mg cm ⁻¹)	55.93 $\pm$ 14.56	36.64	84.51
10	L	57.90 $\pm$ 7.87	49.54	79.80
11	a (-)	-6.52 $\pm$ 2.38	-8.88	-1.07
12	b (+)	27.50 $\pm$ 4.45	17.67	35.78
13	Membran zararlanması (%)	45.59 $\pm$ 26.81	0.00	88.00
14	Karotenoit-t	0.15 $\pm$ 0.06	0.09	0.30
15	Klf-t	0.58 $\pm$ 0.28	0.30	1.27
16	SPAD	21.85 $\pm$ 10.29	6.40	38.20
17	PSII etkinliği (F_v/F_m')	0.61 $\pm$ 0.14	0.31	0.75

Korelasyon analizi kapsamında incelenen on yedi parametrenin kendi aralarındaki ve bu parametreler ile uygulama (NaCl) arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 4.4’de ve dağılım grafikleri Şekil 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.4.’e göre yaprak renk özelliği olan b (sarılık-mavilik) değeri haricinde tüm parametreler ile tuz stresi uygulaması (NaCl) arasında istatistiksel olarak $\alpha=0.001$ ’e göre önemli ve yüksek ilişkiler olduğu saptanmıştır. Ayrıca ‘b’ değerinin sadece NaCl ile olan ilişkisi değil, diğer tüm parametreler ile olan ilişkileri de istatistiki açıdan önemsiz görülmüştür.

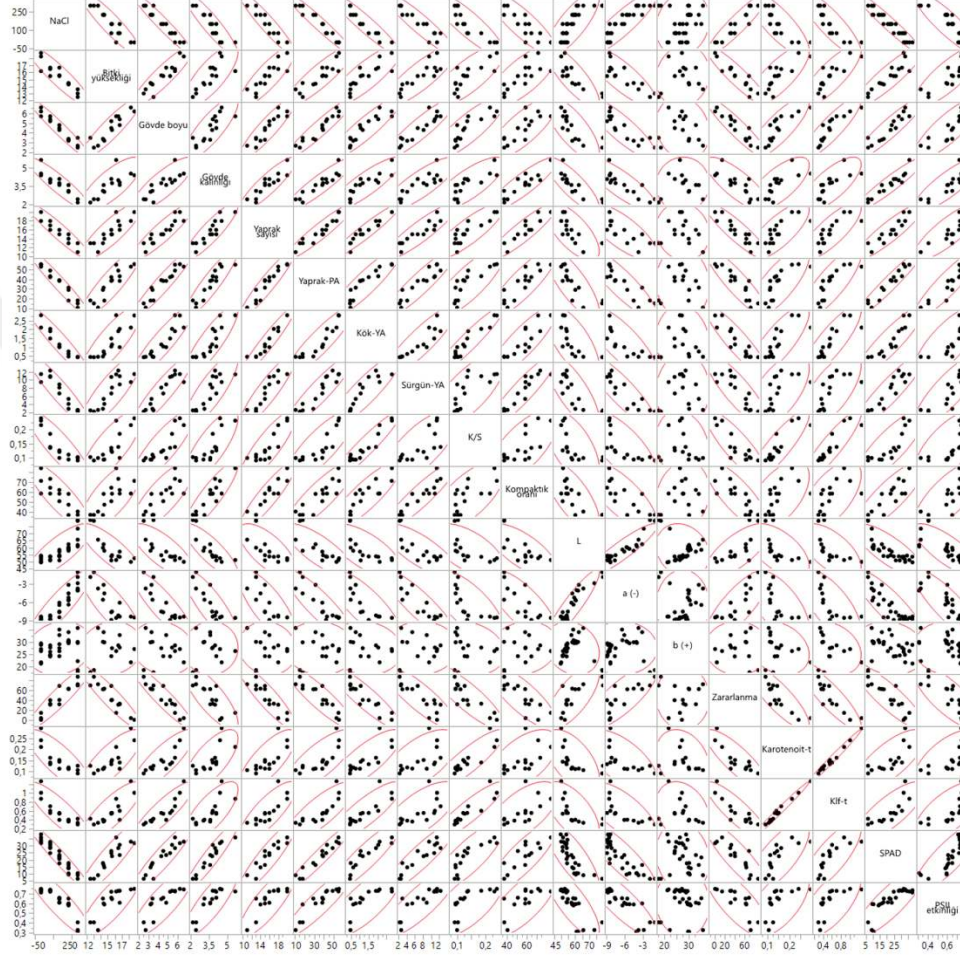
Tuz stres uygulaması (NaCl) ile tüm bitkisel gelişim parametreleri (bitki yüksekliği, gövde boyu, gövde kalınlığı, yaprak sayısı ve yaprak projeksiyon alanı) arasında oldukça yüksek (%90’ın üzerinde) negatif ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.6). Bitki biyomas özelliklerinden kök ve sürgün yaş ağırlıkları ile NaCl uygulamaları arasında yüksek oranda (%90’ın üzerinde) negatif ilişki bulunmuştur. Benzer şekilde NaCl uygulamaları ile fizyolojik parametreler arasında da yüksek negatif ilişkiler (%81 ile 97 arasında) belirlenmiştir. İncelenen tüm parametreler içerisinde sadece yaprak renk özellikleri olan L ve a ve yaprakların hücresel membran zararlanması değerleri ile NaCl arasında pozitif korelasyon saptanmıştır. Yani bir başka deyişle NaCl uygulama düzeyi arttıkça yaprakların ‘L’ değeri (siyahlık-beyazlık: 0-100) artmakta ve beyaza doğru yaklaşmaktadır. Uygulama düzeyinin artışı ile a değeri büyüyerek x ekseninde sıfıra doğru yaklaşmakta ve yeşillikten uzaklaşmaktadır. Bilindiği gibi yaprakların yeşillik (-a) ve kırmızılık (+a) düzeyini gösteren ‘a’ değeri eksi ekseninde küçüldükçe renk yeşile daha çok yaklaşırken, bunun tersi olarak sıfıra doğru büyüdükçe yeşillik azalmaktadır. Ayrıca çalışmada genel olarak abiyotik stres çalışmalarında sıklıkla değerlendirilen bir parametre olan hücresel membran zararlanması ile NaCl arasında oldukça yüksek pozitif ilişki ($r=0.93$) belirlenmiştir. Yani NaCl uygulama artışına bağlı olarak hücresel membran zararlanmasında doğrusal artış belirlenmiştir. Ayrıca L, a ve hücresel membran zararlanması parametrelerinin birbirleri ile olan ilişkilerinde de istatistiki olarak anlamlı pozitif korelasyonlar bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Çalışmada yer alan bazı parametreler arasındaki ilişkiler

	NaCl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NaCl	1																	
1	-0.92 ^{***}	1																
2	-0.97 ^{***}	0.91 ^{***}	1															
3	-0.92 ^{***}	0.78 ^{***}	0.83 ^{***}	1														
4	-0.94 ^{***}	0.86 ^{***}	0.91 ^{***}	0.89 ^{***}	1													
5	-0.97 ^{***}	0.89 ^{***}	0.95 ^{***}	0.92 ^{***}	0.94 ^{***}	1												
6	-0.95 ^{***}	0.84 ^{***}	0.91 ^{***}	0.87 ^{***}	0.96 ^{***}	0.91 ^{***}	1											
7	-0.93 ^{***}	0.85 ^{***}	0.92 ^{***}	0.84 ^{***}	0.91 ^{***}	0.92 ^{***}	0.89 ^{***}	1										
8	-0.88 ^{***}	0.79 ^{***}	0.85 ^{***}	0.79 ^{***}	0.86 ^{***}	0.82 ^{***}	0.95 ^{***}	0.73 ^{**}	1									
9	-0.86 ^{***}	0.74 ^{***}	0.80 ^{***}	0.89 ^{***}	0.91 ^{***}	0.87 ^{***}	0.87 ^{***}	0.92 ^{***}	0.68 ^{**}	1								
10	0.80 ^{***}	-0.82 ^{***}	-0.75 ^{***}	-0.83 ^{***}	-0.69 ^{***}	-0.80 ^{***}	-0.69 ^{***}	-0.77 ^{***}	-0.60 [*]	-0.71 ^{**}	1							
11	0.89 ^{***}	-0.84 ^{***}	-0.87 ^{***}	-0.84 ^{***}	-0.76 ^{***}	-0.88 ^{***}	-0.80 ^{***}	-0.88 ^{***}	-0.71 ^{**}	-0.75 ^{**}	0.92 ^{***}	1						
12	0.15 ^{ns}	0.10 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	0.02 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	0.03 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	0.15 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	0.00 ^{ns}	1					
13	0.93 ^{***}	-0.92 ^{***}	-0.93 ^{***}	-0.80 ^{***}	-0.90 ^{***}	-0.90 ^{***}	-0.91 ^{***}	-0.86 ^{***}	-0.86 ^{***}	-0.81 ^{***}	0.72 ^{***}	0.80 ^{***}	-0.03 ^{ns}	1				
14	-0.81 ^{***}	0.79 ^{***}	0.83 ^{***}	0.71 ^{**}	0.77 ^{***}	0.77 ^{***}	0.81 ^{***}	0.61 [*]	0.88 ^{***}	0.57 [*]	-0.57 [*]	-0.63 [*]	-0.26 ^{ns}	-0.84 ^{***}	1			
15	-0.86 ^{***}	0.82 ^{***}	0.88 ^{***}	0.74 ^{**}	0.81 ^{***}	0.82 ^{***}	0.85 ^{***}	0.69 [*]	0.90 ^{***}	0.62 [*]	-0.61 [*]	-0.69 [*]	-0.27 ^{ns}	-0.87 ^{***}	0.99 ^{***}	1		
16	-0.97 ^{***}	0.90 ^{***}	0.93 ^{***}	0.94 ^{***}	0.91 ^{***}	0.96 ^{***}	0.90 ^{***}	0.91 ^{***}	0.83 ^{***}	0.84 ^{***}	-0.80 ^{***}	-0.86 ^{***}	-0.13 ^{ns}	-0.88 ^{***}	0.74 ^{**}	0.79 ^{***}	1	
17	-0.89 ^{***}	0.82 ^{***}	0.84 ^{***}	0.84 ^{***}	0.83 ^{***}	0.91 ^{***}	0.77 ^{***}	0.84 ^{***}	0.67 ^{**}	0.74 ^{**}	-0.79 ^{***}	-0.85 ^{***}	-0.05 ^{ns}	-0.78 ^{***}	0.61 [*]	0.67 ^{**}	0.85 ^{***}	1

NaCl: Uygulama konsantrasyonları (mM), Değişkenler; 1: Bitki yüksekliği (cm), 2: Gövde boyu (cm), 3: Gövde kalınlığı (mm), 4: Yaprak sayısı (adet), 5: Yaprak-PA (cm²), 6: Kök-YA (g), 7: Sürgün-YA (g), 8: K/S oranı, 9: Kompaktlık oranı (mg cm⁻¹) 10: L, 11: a (-), 12: b (+), 13: Hüresel membran zararlanması (%), 14: Karotenoid-t (mg g⁻¹ TA), 15: Klf-t (mg g⁻¹ TA), 16: SPAD, 17: PSII etkinliği (Fv/Fm').

Önemlilik; ^{ns}: Önemli değil, ^{*}: P<0.05, ^{**}: P<0.01, ^{***}: p<0.001



Şekil 4.6. Denemede incelenen bazı parametrelerin korelasyon dağılım grafikleri.

Korelasyon analizi yapılan parametrelerin birbirleri arasında da güçlü ilişkiler olduğu da belirlenmiştir. Tüm bitkisel büyüme ve gelişim parametrelerinin (morfolojik karakterler ve biyomas özellikleri) birbirleri ile yüksek pozitif ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.6). Bitki biyomas parametreleri olan kök ve sürgün yaş ağırlığı (Kök-YA ve Sürgün-YA) arasında istatistiki açıdan anlamlı ($p < 0.001$) ve

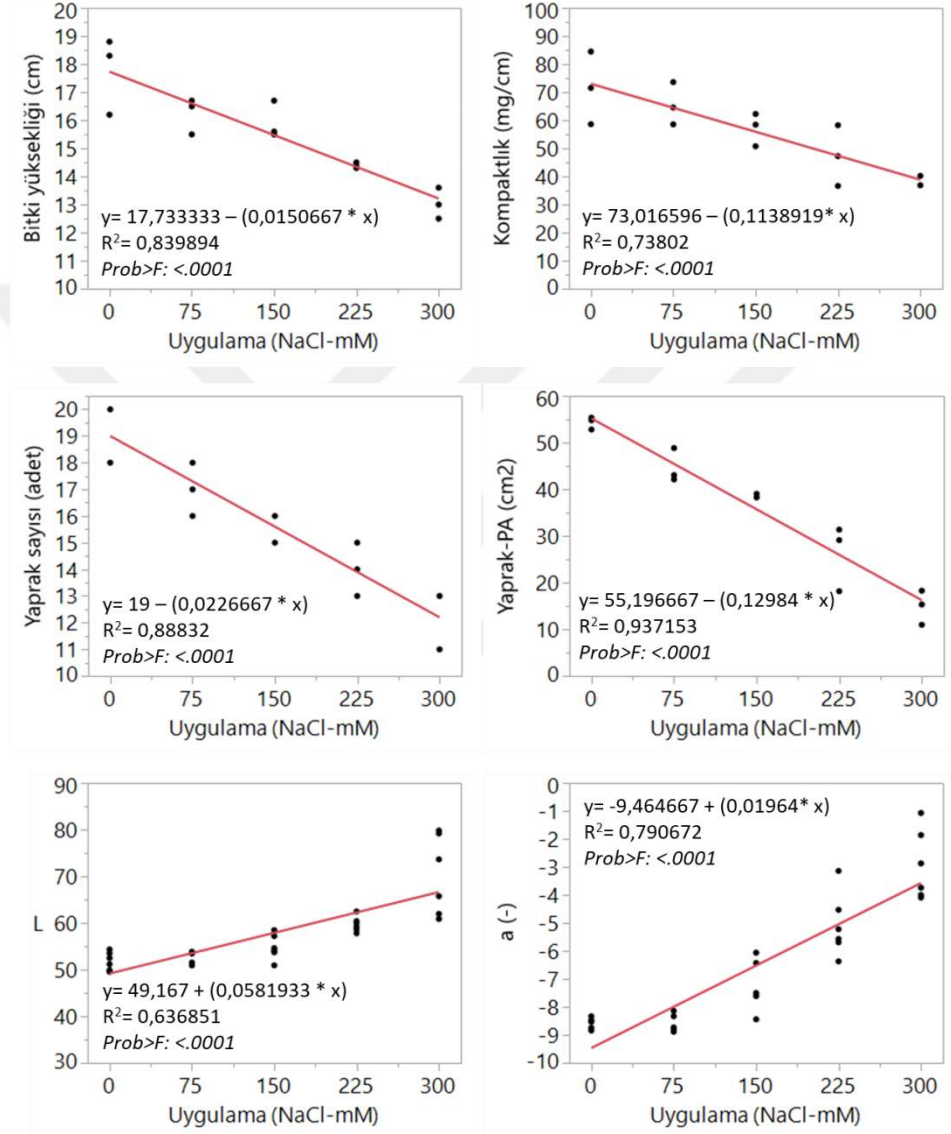
pozitif yüksek ilişki ($r=0.89$) belirlenmiştir. sürgün yaş ağırlığı (Sürgün-YA) ile Sürgün-YA'nın komponentleri olan bitki yüksekliği, gövde boyu, gövde kalınlığı, yaprak sayısı, yaprak projeksiyon alanı (Yaprak-PA) arasında pozitif, yüksek (sırasıyla %85, 92, 84, 91 ve 92) ve istatistiki açıdan önemli ($\alpha=0.001$ 'e göre) ilişkiler bulunmuştur. Stres fizyolojisi çalışmaları için önemli bir gösterge olan kök/sürgün oranının (K/S) da bitkisel gelişim parametreleri ile yüksek dercede (%70'in üzerinde) pozitif ilişkili olduğu belirlenmiştir. Süs bitkilerinde önemli bir kalite parametresi olan kompaktlık oranının diğer bitkisel gelişim parametreleri ile olan ilişkileri, K/S ile olan ilişkisi haricinde ($r=0.68$), pozitif ve yüksek (%74 ile %92 arasında) bulunmuştur.

Yaprak renk parametreleri olan L ve a değerleri ile bitkisel gelişim parametreleri arasında negatif ilişkiler bulunmuştur (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.6). Yaprak renginin koyuluk-açıklık değerini gösteren 'L' değeri ile bitki yüksekliği, gövde boyu, gövde kalınlığı, Yaprak-PA ve Sürgün-YA, K/S oranının %75'in üzerinde negatif ilişkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4). 'L' değeri ile Yaprak sayısı (adet), Kök-YA (g) ve K/S oranının negatif ilişkileri ise daha düşük düzeyde (%60 ile %69) bulunmuştur. Yaprakların yeşillik-kırmızılık düzeyini ortaya koyan 'a' değeri ile tüm bitkisel gelişim parametreleri arasındaki negatif ilişkilerin düzeyi oldukça yüksek (%71 ile 88 arasında) bulunmuştur. Diğer renk değeri olan 'b'nin tüm bitkisel parametrelerle olan ilişkileri önemsiz bulunmuştur. Ayrıca 'L' ve 'a' arasındaki %93 düzeyindeki pozitif ilişki dikkat çekici bulunmuştur.

Tez çalışması kapsamında incelenen fizyolojik parametreler arasında da istatistiki açıdan anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Hücresel membran zararlanması ile diğer tüm fizyolojik parametreler arasında negatif güçlü ilişkiler (%78 ile %88 arasında) bulunurken, diğer fizyolojik parametrelerin birbiri arasında pozitif korelasyonlar (%61 ile %99 arası) belirlenmiştir. Tüm fizyolojik parametreler ile bitkisel büyüme ve gelişme parametreleri arasında istatistiki açıdan da anlamlı ilişkiler

bulunmuştur. Bitkisel büyüme ve gelişme parametreleri ile hücrel membran zararlanması arasında ters orantı bulunurken, diğer tüm fizyolojik parametrelerle büyüme parametreleri arasında doğru orantı bulunmuştur. Yaprak renk parametreleri olan 'L' ve 'a' ile fizyolojik parametreler arasında da bazı önemli ilişkiler belirlenmiştir. Hücrel membran zararlanması ile 'L' ve 'a' arasında sırasıyla %72 ve %80 oranında güçlü pozitif ilişki belirlenmiştir. Diğer fizyolojik parametrelerin 'L' ve 'a' ile ilişkilerinde ise negatif korelasyonlar olduğu bulunmuştur. Renk ölçüm cihazı ile okunan yaprak yeşil renk özelliği -a değeri, SPAD metre cihazıyla okunan yeşillik değeri (SPAD) ve yeşil renk pigmenti olan klorofilin toplam içerik değeri parametrelerinin birbirleri arasındaki ilişkileri de istatistiki açıdan anlamlı görülmüştür. Buna göre toplam klorofil içeriği ve SPAD arasında ($r=0.79$) pozitif korelasyon bulunmuştur. Bununla beraber yeşillik renk değeri (-a) ile toplam klorofil arasında ($r=-0.69$) ve -a ile SPAD arasında ($r=-0.86$) yüksek negatif ilişki bulunmuştur. Bir başka değişle yaprakların yeşillik değeri (-a) yatay ekseninde (x ekseni) negatif yönde (<0) küçülerek yeşile doğru yaklaştıkça, toplam klorofil içeriği ve SPAD cinsinden okunan yeşillik değeri de artmaktadır.

Çalışma kapsamında aynısefa bitkilerinin süs bitkisi olarak görsel kalite değeri üzerine en çok etki ettiği düşünülen bazı parametreler (bitki yüksekliği, kompaktlık oranı, yaprak sayısı, yaprak projeksiyon alanı ve yaprakların L ve a değerleri) ile tuz stres uygulama düzeyi arasında regrasyon analizi yapılmış ve sonuçlar Şekil 4.7'de sunulmuştur.



Şekil 4.7. Aynısefa bitkilerindeki önemli bazı süs bitkisi kalite karakterleri ile tuz stresi uygulama düzeyi arasındaki regresyon eğrileri.

Regresyon analizleri incelendiğinde tuz stres uygulama düzeyi ile buna bağlı değişkenler olarak kabul edilen bitki yüksekliği, kompaktlık oranı, yaprak sayısı, Yaprak-PA arasında %99 güvenle istatistiksel olarak önemli negatif bir ilişki saptanmıştır. Buna göre yetiştirme ortamındaki tuz düzeyinin artışının bitki yüksekliği, kompaktlık oranı, yaprak sayısı ve Yaprak-PA'sında sırasıyla %84, 74, 89 ve 94 oranlarında azalışa yol açtığı söylenebilir. Buna karşın, yaprakların 'L' ve 'a' değerlerindeki artışın (yapraklardaki renk açılması-beyazlaşma ve yeşillik kaybı) sırasıyla %64 ve 79 oranlarında yetiştirme ortamındaki tuz düzeyinin artışına bağlı olduğu düşünülebilir (Şekil 4.7).

Çalışmada, beş farklı NaCl tuz konsantrasyonu uygulamalarının (0, 75, 150, 225, 300 mM) aynısefa (*Calendula officinalis* L.) bitkisinin gelişimi ve fizyolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Tez çalışması kapsamında aynısefa bitkisinde incelenen bitkisel büyüme ve gelişim parametreleri (bitki yüksekliği, gövde boyu, gövde kalınlığı, yaprak sayısı, yaprak genişliği, yaprak uzunluğu, yaprak projeksiyon alanı) ve bitki biyomas özellikleri (kök ve sürgün yaş ve kuru ağırlıkları, K/S) açısından NaCl uygulamalarının olumsuz etkisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2). Artan NaCl konsantrasyonlarına bağlı olarak bitki yüksekliği ve gövde boyunda kısılma, gövde kalınlığında incelmeye, yaprak sayısında azalma ve yaprak boyutlarında küçülme ve bitki biyomasında belirgin azalış tespit edilmiştir. Birçok süs bitkisi ve diğer tarımsal bitki türlerinde tuz stresinin büyüme ve gelişmeyi sınırlandırdığı daha önce yapılan çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Nitekim García-Caparrós ve ark. (2016), *Aloe vera* L. Burm, *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln ve *Gazania splendens* Lem. bitkilerinde NaCl konsantrasyon (2.0 (kontrol), 4.5 ve 7.5 dSm⁻¹) artışının biyokütle azalışına yol açtığını ifade etmiştir. Çığ ve Gülser (2019) soğanlı bir bitki türü olan sümbülde (*Hyacinthus orientalis* 'Fondant') çiçeklenme aşamasında su kültürü ortamında uygulanan farklı tuz

konsantrasyonlarının (0, 500, 1000, 2000 ve 4000 mg kg⁻¹) bitkilerin gelişme ve çiçeklenme özelliklerini etkilediğini vurgulamış ve bitki boyu açısından en düşük ve en yüksek değerleri sırası ile 4000 ve 500 mg kg⁻¹ uygulamalarında (sırasıyla 117.293 - 245.140 mm) belirlemiştir. Sahin ve ark. (2018), lahanada tuz veya kuraklık stres faktörlerinin, sürgün ve kök taze ve kuru ağırlıklar dahil olmak üzere bitkisel gelişim parametreni olumsuz etkilediğini ve bu faktörlerin kombine uygulanmasının bu olumsuz etkileri artırdığını ifade etmiştir.

Yapılan literatür incelemesinde aynısefa bitkisinde tuz stresinin araştırıldığı bazı araştırmalara rastlanmış olup, bu çalışmaların bulguları genel olarak bizim sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Chaparzadeh ve ark. (2004), *C. officinalis*'de biyomas ağırlıklarının yüksek tuzluluktan (100 mM) büyük ölçüde etkilendiğini ve bu olumsuz etkinin sürgünde köklere göre daha belirgin olduğunu bildirmiştir. Gharineh ve ark. (2013) laboratuvar koşullarında aynısefa (*C. officinalis* L.) tohumlarına uygulanan altı farklı NaCl solüsyonunun (0, 1, 3, 5, 7 ve 10 dS m⁻¹), çimlenme oranı, sürgüncük ve kökçüğün uzunluğu ile yaş ağırlıklarını olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur. Stresinin en belirgin etkisi sürgüncük uzunluğunda olmuş ve tüm uygulamalarda kontrole kıyasla azalış belirlenmiştir. Lacramioara ve ark. (2015) *Calendula officinalis* tohum çimlendirme aşamasında uyguladıkları NaCl dozlarının (0, 50 ve 100 mM) fideciklerin gelişimine etkisini incelemiş ve 100 mM NaCl ile kotiledon, hipokotil, radikul ve ilk gerçek yaprak uzunluğunda dikkate değer azalış belirlemiştir. Bizim sonuçlarımıza benzer olarak Swaefy ve El-Ziat (2020), *C. officinalis*'de tuzlu sulama suyunun (0, 1000, 2000 ve 3000 ppm) bitki boyu, bitki başına yan dal sayısı, yaprak alanı, bitki yaş ve kuru ağırlığı, çiçek kuruluğunun taze ve kuru ağırlığı, bitki başına çiçek sayısı, çiçek kuruluğu başına dils çiçek sayısı, çiçek çapı parametreleri üzerine olumsuz etki yarattığını bildirmiştir. Ayrıca bu olumsuz etkinin özellikle en yüksek tuz stres uygulaması olan 3000 ppm'de daha belirgin

olduğunu vurgulamıştır. Kozminska ve ark (2017) de *C. officinalis*'de gövde uzunluğu ve yaş ağırlık gibi büyüme parametrelerini dikkate alarak tuzluluğun bitki büyümesini göreceli olarak azalttığını bildirmiştir.

Burada sonuçları sunulan tez çalışmasında genel olarak aynısefa bitkilerinde incelenen bitkisel parametrelerin çoğunluğu açısından en yüksek değerler 0 mM NaCl uygulamasındayken, en düşük değerler ise 300 mM NaCl'de elde edilmiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2). Nerdeyse tüm bitkisel büyüme ve gelişme parametreleri açısından stresin etkileri 75 mM uygulamasından itibaren görülmeye başlanmış ancak tuz stresinin 225 ve 300 mM yükselmesi ile tüm bitkisel büyüme ve gelişme parametreleri ile bitkisel taze ve kuru ağırlık parametrelerinde keskin bir azalış görülmüştür. Bunun yanı sıra bitkilerin kompaktlık oranı 150 mM'a kadar büyük oranda korunabilmiştir. Bu durum aynısefa bitkisinin 75 mM NaCl'ye kadar olan tuzluluk düzeyinde bir miktar kayıpla bitkisel gelişimini sürdürebileceğini ve konsantrasyon artışına 150 mM'a kadar uyum sağlayabileceğini göstermektedir. Bununla beraber tez çalışması kapsamında bitkisel biyomas verilerinden yararlanılarak hesaplanan K/S oranı sonuçları ise, 75mM NaCl'den başlayarak uygulamaların etki ettiğini ancak, bitkilerin 150 mM'dan itibaren belirgin anlamda stres etkisinde olduğuna işaret etmektedir.

Tuz stresine karşı etkilenme düzeylerini en başta bitki türünün sahip olduğu tolerans ve duyarlılık düzeyi şekillendirmektedir. Nitekim Türkoğlu ve ark. (2013), kadife ve petunya'nın 40 mM, Gazanya'nın ise 60 mM'a kadar tuz stresine toleranslı olduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar, 40 mM'dan yüksek tuzluluğun her üç türde de büyüme ve gelişim parametrelerini (gövde çapı, kök uzunluğu, gövde uzunluğu, bitki boyu, kök ve gövde yaş ağırlığı) olumsuz etkilediğini ve 80 mM tuz stresinin bitkilerin ölümüne yol açtığını ifade etmiştir. Aynı şekilde, Koksall ve Kulahlioglu (2013), "Jan Boss" sümbül çeşidinde çiçeklenme aşamasındaki NaCl uygulama (0-600 mM) artışının yaprak kuru ağırlığı, yaprak ve çiçek sapı uzunluğu ve çiçek başağı uzunluğu

parametrelerinde azalışa yol açtığını tespit etmiştir. Uygulamaların toksik etkisinin özellikle 100 mM'ın üzerindeki dozlarda daha belirgin olduğunu ve en şiddetli semptomların 400 ve 600 mM'da olduğunu bildirmişlerdir.

Tez çalışması kapsamında artan NaCl konsantrasyonları aynısefa bitkisinde bitkilerin görsel kalitesini etkileyen yaprak renk parametreleri olan 'L' (Siyahlık-Beyazlık; 1-100), 'a' (Yeşillik-Kırmızılık; (-a)-(+a)) ve 'h' (Renk açısı) değerlerini istatistiki olarak etkilemiştir (Şekil 4.4). Tuz stresinin artışı ile yaprakların beyazlığı (L) artarken, yeşilliği (a) azalmış ve renk açısı (h) ise yeşil bölgeden (90°-180°) uzaklaşarak sarı renk alanına yaklaşmıştır. Bu nedenle, bu üç renk özelliği, aynısefa bitkisinin tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaya uygun parametreler olarak görünmektedir. Bizim çalışmamıza benzer olarak Furkan, (2019), 4 farklı tuz stres düzeyi (0, 50, 100 ve 200 mM NaCl) uygulanan üç farklı *Brassica rapa* varyetesinde yaprak renk değerlerini (L, a ve b) belirlemiştir. Çalışma sonunda üç türde de kontrol bitkilerine kıyasla tuz stresine maruz kalan bitkilerde renk değişimi belirlenmiştir. Çalışmada, bizim bulgularımıza benzer olarak üç farklı vayededeki bitkilerde renk açılması (L değerindeki artış) açısından en yüksek tuzluluk stresi olan 200 mM'de kontrole göre %23.62 ile %78.30 arasında bir artış belirlenmiştir. Yaprak yeşilliği (-a) açısından ise 200 mM NaCl'de kontrol uygulamasına göre %16.21 ile %47.56 arasında kayıp bulunmuştur. Aynı NaCl uygulama düzeyinde yaprakların sarılık değerinde (+b) kontrol bitkilerine oranla %14.32 ile %149.68 arasında artış belirlenmiştir.

Araştırmamızda tuz stres düzeyinin artışı aynısefa bitkilerinde incelenen fizyolojik parametreleri de etkilemiştir (Şekil 4.5 ve Çizelge 4.2). Uygulamalar iyon sızıntısı, hücrel membran zararlanması, kök ve sürgün nem içeriği, Karotenit-t, Klf-a, Klf-b, Klf-t, SPAD, Anlık fotosentez (Ft) ve PSII etkinliği (Fv'/Fm') açısından da istatistiki olarak fark oluşturmuştur.

Abiyotik stres çalışmalarında sıklıkla göz önüne alınan iyon sızıntısı ve hücrel membran zararlanması sonuçları aynısefa bitkilerindeki stresin düzeyini net olarak ortaya koymuştur (Şekil 4.5). Hemen hemen tüm morfolojik ve fizyolojik parametreler ile hücrel membran zararlanması arasında bulunan negatif ilişkiler ve NaCl uygulama düzeyi, yaprak renk açılması (L) ve yeşillik kaybı (-a) ile membran zararlanması arasındaki pozitif korelasyonlar bu durumu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.4). Ayrıca, tuz stresi uygulama düzey artışına paralel olarak dokuların iyon sızıntısı ve bu değerden hesaplanan hücrel membran zararlanması değerleri, artış göstermiş özellikle 225 ve 300 mM NaCl uygulamalarındaki artış dikkate değer bulunmuştur. Bizim sonuçlarımıza benzer olarak Sabra ve ark. (2012), üç Echinacea türünde (*E. purpurea*, *E. pallida* ve *E. angustifolia*) tuz stres artışına (0, 50, 75 ve 100 mM NaCl) bağlı olarak özellikle de 75 ve 100 mM NaCl’de elektrolit sızıntısının arttığını vurgulamıştır. Ayrıca, burada sonuçları sunulan tez çalışmasında 150 mM NaCl’ye kadar stres düzeylerinde hücrel membran zararlanmasının %50’nin altında kaldığı ve uygulama konsantrasyonun 225 ve 300 mM’a çıkması ile zararlanmanın belirgin oranda arttığı tespit edilmiştir. Bu durum, aynısefa bitkisinin 150 mM NaCl’ye kadar tuz stres düzeylerine karşı uyum gösterdiğine işaret etmektedir. Bununla beraber Azizi ve ark (2021) bizim çalışmamızdan farklı olarak *C. officinalis*’de hücrel membran zararlanmasını 50 mM NaCl uygulamasından itibaren %50’nin üzerinde ve en yüksek tuz stres uygulaması olan 100 mM’da membran hasarını oldukça yüksek seviyede (%86.43) bulmuştur.

Çalışmada tuz stresi uygulamaları ile kök ve sürgünlerin nem içeriğinde önemli değişiklikler görülmüştür (Çizelge 4.2). Tuz stresi altında birçok bitki türünde köklerden su alımında ve sürgünlere taşınmasında aksamalar yaşandığı ve dokulardan olan su kaybının arttığı daha önce farklı bitki türlerinde farklı parametreler ile ortaya koyulmuştur. Nitekim Rodriguez ve ark. (1997), 100 mM NaCl uygulanan domates

bitkilerinde kontrol grubu bitkilerine göre yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su kapsamının (RWC) belirgin oranda düşük olduğunu ifade ederken, Tuna ve ark (2007) yine domates bitkisinde 75 mM NaCl uygulamasının, yaprak oransal su kapsamını azalttığını belirlemiştir. Koksall ve ark. (2016) ise bizim çalışmamıza benzer olarak sürgünlerin nem (MCwb) içeriğini değerlendirerek, tuz stresi altında yetiştirilen (0, 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl) kadife bitkilerinin su kapsamını ortaya koymuştur. Çalışmada 100 mM'ın üzerindeki tuz stres koşulunun kadife bitkisinin sürgün nem içeriğini belirgin oranda azalttığını vurgulamıştır. Bizim çalışmamızda ise, stres düzeyinin 255 ve 300 mM NaCl'ye çıkması ile hem kök hem de sürgün nem içeriği belirgin oranda düşmüştür. Ayrıca çalışmamızda kök ve sürgün nem içeriği açısından 75 mM'daki artış dikkate değer görülmüştür. Bu durum, düşük düzeyde tuz stresi altında aynısefa bitkisinin su kapsamını koruyabileceği yönünde yorumlanabilir. Buna karşın, Azizi ve ark (2021) bizden farklı olarak *C. officinalis* için NaCl konsantrasyonundaki (0, 25, 50, 75 ve 100 mM NaCl) artışa ters orantılı olarak bitki su içeriğinde azalış rapor etmiştir.

Tez çalışması sonuçları, tuz stresinin aynısefa bitkisinin pigmet içeriğini etkilediğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.2). Tuz stres düzeylerinin toplam klorofil (Klf-t) ve klorofil-a (Klf-a) içeriği üzerine olan etkisi toplam karotenoit (Karotenoit-t) ve klorofil-b (Klf-b) içeriği üzerine olan etkisinden daha belirgin bulunmuştur. Tüm tuz stres uygulama gruplarındaki bitkilerin Karotenoit-t ve Klf-b içeriği değerleri kontrol grubundan düşük olmasına karşın uygulama gruplarındaki Karotenoit-t ve Klf-b değerleri aynı istatistiki grupta yer almıştır. Buna karşın Klf-t ve Klf-a değerleri açısından uygulama düzeyinin artışına ters orantılı bir azalış görülmüştür. Özellikle 225 ve 300 mM NaCl'deki belirgin Klf-t ve Klf-a azalışı dikkat çekicidir. Tuz stresi koşullarında farklı bitki türlerinde pigment içeriğinde azalış olduğu daha önce yürütülen birçok çalışmada ortaya koyulmuştur. Nitekim Karimi ve ark. (2005), tuz

stresine karşı toleranslı bir tür olan *Kochia prostrata* (L.) Schard uygulama düzeylerinin (0, 50, 100, 150 ve 200 mM) bitki büyümesi ve fizyolojisine etkisini araştırmıştır. Bitkide optimal büyüme 150 mM NaCl'ye kadar devam edebilmiştir. Bununla beraber klorofil-a, klorofil-b ve karotenoit içeriğinde düşük konsantrasyonlardaki NaCl uygulamalarından itibaren azalış görülmüştür. Topaloğlu, (2010), tuz stresinin (0, 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl) artışına bağlı olarak şili biberi çeşitlerinde (Meksika, Yediveren, 6089 ve 13) pigment içeriğinin etkilendiğini ortaya koymuştur. Özellikle 150 ve 200 mM uygulamalarında pigment kaybının arttığını dolayısıyla 100 mM'a kadar olan tuz stresi koşullarında toplam karotenoit, klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil içeriğinin korunabileceğini ifade etmiştir. Ayrıca Kozminska ve ark. (2017), *Calendula officinalis*'de tuz stres artışına paralel olarak pigment konsantrasyonunun azaldığını ve en yüksek uygulama düzeyi olan 150 mM NaCl'de Klf-a açısından yaklaşık %50 ve Klf-b ile toplam karotenoit açısından yaklaşık %40 oranında bir azalış olduğunu belirlemiştir. Bu çalışmasındaki Klf-a içeriğindeki değişimin, Klf-b ve karotenoit içeriğindeki değişime göre yüksek olması bizim bulgularımızla örtüşmektedir. Baniyasadi ve ark. (2018) ise, aynısefa (*Calendula officinalis* L.) bitkisinde artan tuz stresinin (1, 5 ve 9 dS m⁻¹), bizim sonuçlarımızı destekler nitelikte, toplam klorofil içeriğinde azalışa yol açtığını ve dışsal poliamin (spermine ve spermidine) uygulamalarının klorofil kaybını önlemede etkin olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, burada sonuçları sunulan tez çalışmasında bitkilerin klorofil içeriğini ortaya koyan SPAD değerleri açısından da artan tuz stresine ters oranlı olarak kayıplar belirledik. Bizim bulgularımıza benzer olarak, Köksal ve Kulahlıoğlu (2013), sümbül bitkisinde yüksek NaCl konsantrasyonlarının (400 ve 600 mM), yaprakların SPAD değerinde belirgin azalışa yol açtığını belirlemiştir. Aynı şekilde Furkan (2019), 3 farklı *Brassica rapa* varyetesinde yaprakların SPAD değerinde tuz stres uygulama (kontrol, 50, 100 ve 200 mM NaCl) artışına bağlı olarak azalış belirlemiştir.

Tez çalışmasında artan tuz stresine karşın pigmentlerin içeriğinde ve SPAD okumalarında belirlemiş olduğumuz azalış ve kayıplar fotosentez parametreleri ile örtüşmektedir. Hem anlık ölçülen hem de net fotosentez (PSII etkinliği) değerleri uygulama artışı ile belirgin oranda düşmüştür (Çizelge 4.2). Tüm abiyotik stres faktörlerinin bitkilerde fotosentez üzerine kısıtlayıcı etki yarattığı bilinmektedir. Nitekim Álvarez ve Sánchez-Blanco (2015), *Callistemon laevis*'te kısıtlı su ve tuzluluk stres faktörlerinin diğer fizyolojik parametrelerin yanısıra bitkilerin stomatal iletkenlik ve net fotosentezinde de azalışa yol açtığını ve her iki strese birlikte maruz kalan bitkilerde azalışın daha belirgin olduğunu tespit etmiştir. Yine bizim araştırmamıza benzer olarak Baniasadi ve ark. (2018), aynısefa (*Calendula officinalis* L.)'de tuz stres artışına bağlı olarak ($1-9 \text{ dSm}^{-1}$) maksimum fotokimyasal kuantum veriminin (FV/FM) düştüğünü belirlemiştir. Burada sonuçları sunulan tez çalışmasında bitkiler net fotosentez oranını (PSII etkinliği) 75 mM NaCl'ye kadar koruyabilmiştir. Bu durum aynısefa bitkisinin düşük tuzluluk koşulları altında fotosentez faaliyetlerini sorunsuz devam ettirebileceğine işaret etmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen tüm fizyolojik parametreler göz önüne alınırsa bitkisel özelliklerde de olduğu gibi 75 mM'a kadar olan tuz stresi seviyelerine kadar bir miktar kayıp ve aksamalarla birlikte aynısefa bitkilerin fizyolojik faaliyetlerine devam edebileceği ve bu düzeyden daha yüksek seviyelerde kayıp ve aksamaların artacağı düşünülebilir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada aynısefa (*Calendula officinalis* L.) bitkisinin ‘Bon Bon Yellow’ çeşidinde farklı düzeylerdeki (0, 75, 150, 225, 300 mM NaCl) tuz stresinin etkileri bazı morfolojik ve fizyolojik parametreler ile araştırılmıştır.

Çalışmada incelenen parametreler, aynısefa bitkisinin tuz stresine karşı verdiği morfolojik ve fizyolojik cevaplar hakkında bilgiler ortaya koymuştur. Sonuç olarak, aynısefa bitkisinin tuz stresine tolerans düzeyi hakkında ve aynısefa ve diğer mevsimlik çiçek türlerinde ileride yürütülecek stres çalışmalarına yol gösterecek bazı temel çıkarımlar aşağıda sunulmuştur;

- ✓ Tuz stresinin tüm morfolojik büyüme, gelişme ve biyomas parametreleri üzerine etkileri istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Büyüme ve biyomas ile ilgili birçok özellik bakımından stresin etkileri 75 mM NaCl’den itibaren görülmeye başlansa da stresin en şiddetli semptomları 225 ve 300 mM NaCl’de ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, aynısefa bitkisinin 150 mM’a kadar olan tuzluluk düzeylerinde belirli oranda gelişim geriliği ve yüksek kayıplarla birlikte bitkisel gelişimini sürdürebileceği ifade edilebilir.
- ✓ Tuz stres artışı ile bitkinin görsel kalitesini doğrudan etkileyen bitki yüksekliği, yaprak sayısı ve boyutu gibi parametrelerdeki azalışa karşın bitkiler 150 mM NaCl’ye kadar kompaktlık oranlarını koruyabilmiştir.
- ✓ Bitkinin görsel kalitesini doğrudan etkileyen parametrelerden biri olan renk özellikleri hakkında da önemli sonuçlar alınmıştır. Tuz stresinin artışı ile yaprakların beyazlığı (L) artarken, yeşilliği (a) azalmış ve renk açısı (h) ise yeşil bölgeden (90°-180°) uzaklaşarak sarı renk alanına yaklaşmıştır. Bu

bilgilerin ışığında bu üç renk parametresi aynısefa bitkisinin tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi için uygun parametreler olarak görünmektedir.

- ✓ Çalışma sonunda elde edilen verilerin ışığında aynısefanın tuz stresi koşullarındaki fizyolojik değişimleri hakkında bilgilerimiz derinleşmiştir.
- ✓ Abiyotik stres çalışmalarında büyük önem taşıyan iyon sızıntısı veya hücresel membran zararlanması parametreleri aynısefa bitkilerindeki stresin düzeyini net göstermiştir. Nitekim, 150 mM NaCl'den yüksek tuzluluk düzeylerinde hücresel membran zararlanmasının %50'nin üzerine çıkması sebebiyle 150 mM'dan daha yüksek tuzluluk seviyelerinin aynısefa bitkisinde ciddi hasara yol açacağı söylenebilir.
- ✓ Kök ve sürgün nem içeriğinin herikisi açısından da kontrol grubuna kıyasla 75 mM NaCl'de belirlenen artış belirli bir düzeye kadar tuz stresi altında aynısefa bitkisinin su içeriğini koruyabildiğine işaret etmektedir.
- ✓ Tuz stresinin aynısefa bitkisindeki pigmentlerin içeriği üzerine etkisi dikkate değer görülmüştür. Stres düzeylerinin toplam klorofil (Klf-t) ve klorofil-a (Klf-a) içeriği üzerine olan etkisi, toplam karotenoid (Karotenoid-t) ve klorofil-b (Klf-b) içeriği üzerine olan etkisinden daha belirgin bulunmuştur. Özellikle 225 ve 300 mM NaCl'deki belirgin Klf-t ve Klf-a azalışı dikkat çekicidir. Bununla beraber SPAD değerleri bakımından uygulama konsantrasyon artışına ters orantılı bir azalış belirlenmiştir.
- ✓ Bitkilerin Net fotosentez (PSII etkinliği) oranını 75 mM NaCl tuz stres düzeyine kadar koruyabilmesi aynısefa bitkisinin düşük tuzluluk koşulları altında fotosentez faaliyetlerini sorunsuz devam ettirebileceğine işaret etmektedir.
- ✓ Çalışma kapsamında incelenen tüm morfolojik ve fizyolojik parametreler değerlendirildiğinde aynısefanın 75 mM NaCl'ye kadar olan tuzluluk

düzeyinde bir miktar kayıpla bitkisel gelişimini ve fizyolojik faaliyetlerini sürdürebileceği ve konsantrasyon artışına 150 mM'a kadar uyum sağlayabileceği öngörülebilir.

Tez çalışması ile tuz stresinin aynısefa bitkisi üzerindeki etkileri hakkında ulaşılan bilgilerin ışığında pratik ve bilimsel alana yönelik olarak bazı yargılara ulaşılmıştır.

- ✓ Çalışmada incelenen tüm bitkisel ve fizyolojik parametreler aynısefa bitkisinin tuz stresi karşısındaki tepkilerini açıklamak bakımından etkin araçlar olarak görülürken, abiyotik stres fizyolojisi çalışmalarında daha az yer verilen kompaktlık oranı ile renk parametrelerinin bitkilerin görsel kalitesinin ortaya konması bakımından bundan sonra yürütülecek çalışmalarda değerlendirilmesi önerilmektedir.
- ✓ Bitkinin tuz stresine tepkisini daha iyi açıklayabilmek amacıyla aynısefanın farklı çeşitleri ile daha farklı fizyolojik analizler ve moleküler teknikler kullanılarak yeni çalışmaların planlanması önerilmektedir.
- ✓ Aynısefa bitkisi, minimum hasar düzeyi ile düşük tuzluluk seviyelerine sahip (bu çalışma için ≥ 75 mM) topraklarda ve düşük tuz içeriğine sahip sulama suları kullanılarak yetiştirilebilir.
- ✓ Dış mekânda mevsimlik bitki ve iç mekânda saksı bitkisi olarak kullanıma uygun daha kısa boylu ve kompakt bitkiler elde etmek amacıyla göreceli düşük tuz stres uygulamalarından (≥ 75 mM) yararlanılabileceği öngörülmektedir.



KAYNAKLAR

- Álvarez, S., Sánchez-Blanco, M.J., 2015. Comparison of Individual and Combined Effects of Salinity and Deficit Irrigation on Physiological, Nutritional and Ornamental Aspects of Tolerance in *Callistemon Laevis* plants. Journal of Plant Physiology, 185: 65-74.
- AiRong, L., YuanBing, Z., YuanYuan, F., Wei, L., ZhiYang, C., 2011. Effects of Salt Stres on The Growth, Antioxidant Ability and Salt Stres Protein of *Calendula officinalis*. Acta Prataculturae Sinica, 20(6): 52-59.
- Akşahin, V., Gülser, F., 2020. Bazı Organik Materyallerin ve İnorganik Gübrelerin Çemen Bitkisinin Gelişimine Etkileri. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(2): 255-266.
- Allu, A. D., Soja, A. M., Wu, A., Szymanski, J., Balazadeh, S., 2014. Salt Stress and Senescence: Identification of Cross-Talk Regulatory Components. Journal of Experimental Botany, 65(14): 3993-4008.
- Anonim 2020. Ağaçlar.org. <http://www.agaclar.org/agac.asp?id=776>.
- Arora R., D.S. Pitchay, B.C. Bearce, 1998. Water-stress-induced heat tolerance in geranium leaf tissues: a possible linkage through stress proteins? Physiol. Plant, 103: 24-34.
- Arnon, D.I., 1949. Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts Polyphenoloxidase in Beta Vulgaris. Plant Physiology, 24(1): 1-15.
- Arslan, M., Çetin, S., Erdurmuş, C., 2013. Tuz Stresinin Bitki Gelişimindeki Olumsuz Etkileri ve Bazı Yem Bitkilerinin Tuzluluk Toleransları. Ziraat Mühendisliği, 360: 32-39.

- Ashwlayan, V.D., Kumar, A., Verma, M., Garg, V.K., Gupta, SK., 2018. Therapeutic Potential of *Calendula officinalis*. *Pharmacy & Pharmacology International Journal*, 6(2): 149-155.
- Aydinsakir, K., Tepe, A., Buyuktas, D., 2010. Effects of Saline Irrigation Water Applications on Quality Characteristics of Freesia Grown in Greenhouse. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1): 41-46.
- Azizi, F., Farsaraei, S., Moghaddam, M., 2021. Application of Exogenous Ascorbic Acid Modifies Growth and Pigment Content of *Calendula officinalis* L. Flower Heads of Plants Exposed to NaCl Stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. (Baskıda) <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00567-0>.
- Balıkçı, Y., 2019. Türkiye’de Yetişen Aynısefa (*Calendula officinalis* L.) Bitkisinin Kuersetin ve Rutin İçeriğinin Kromatografik ve Spektrofotometrik Yöntemler ile Tayini. Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Analitik Kimya Anabilim Dalı. İstanbul, 71s.
- Baniasadi, F., Saffari, V.R., Moud, A.A.M., 2018. Physiological and Growth Responses of *Calendula officinalis* L. Plants to the Interaction Effects of Polyamines and Salt stress. *Scientia Horticulture*, 234: 312-317.
- Basch, E., Bent, S., Foppa, I., Haskmi, S., Kroll, D., Mele, M., Szapary, P., Ulbricht, C., Vora, M., Yong, S., 2006. Marigold (*Calendula officinalis* L.) An Evidence-Based Systematic Review by The Natural Standard Research Collaboration. *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, 6(3-4): 135-159.
- Bayat, H., Alirezaie, M., Neamati, H., Abdollahi, S.A., 2013. Effect of Silicon on Growth and Ornamental Traits of Salt-stressed *Calendula* (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Ornamental Plants*, 3(4): 207-214.

- Biçen, G., 2020. Çukurova Koşullarında Farklı Dikim Zamanlarının Aynısefa (*Calendula officinalis* L.)’nın Çiçek ve Tohum Verimlerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 109s.
- Campos, L.M., Michielin, E.M., Danielski, L., Ferreira, S.R., 2005. Experimental data and Modeling The Supercritical Fluid Extraction of Marigold (*Calendula officinalis*) Oleoresin. The Journal Of Supercritical Fluids, 34(2): 163-170.
- Cassaniti, C., Leonardi, C., Flowers, T.J., 2009. The Effects of Sodium Chloride on Ornamental Shrubs. Scientia Horticulturae, 122(4): 586-593.
- Chaparzadeh, N., D’Amico, M.L., Khavari-Nejad, R-A., Izzo, R., Navari-Izzo, F., 2004. Antioxidative responses of *Calendula officinalis* under salinity conditions. Plant Physiology and Biochemistry, 42: 695-701.
- Cromack, H.T.H., Smith, J.M., 1998. *Calendula officinalis*-Production Potential and Crop Agronomy in Southern England. Industrial Crops and Product, 7(2-3): 223-229.
- Çeçen, T., 2009. *Calendula officinalis* L. Bitkisi Üzerinde Fitoterapötik Çalışmalar. Gazi Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Fitoterapi Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 79s.
- Çetin, B., Kalyoncu, F., Kurtuluş, B., 2017. Antibacterial Activities of *Calendula officinalis* Callus Extract. International Journal of Secondary Metabolite, 4(3): 257-263.
- Çığ, A., Gülser, F., 2019. Tuz Stresinin Sümbülde (*Hyacinthus orientalis* ‘‘Fondant’’) Çiçeklenme Kriterlerine Etkisi. I. International Ornamental Plants Congress – VII. Süs Bitkileri Kongresi (9-11 Ekim, 2019 Bursa) Bildiriler Kitabı (ISBN: 978-605-031-323-9) s. 82-91.

- Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2011. Tuzluluğun Bitkiler Üzerine Etkileri ve Tuz Tolerans Mekanizmaları. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11(2): 11-34.
- Currey, C.J., Lopez, R.G., Mattson N.S., 2011. Flower Induction of Annuals. Purdue Extension, HO-249-W: 1-10.
- Doğru, A., Canavar, S., 2020. Bitkilerde Tuz Toleransının Fizyolojik ve Biyokimyasal Bileşenleri. Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 8(1): 155-174.
- Eberle, C.A., Forcella, F., Gesch, R., Peterson, D., Eklund, J., 2014. Seed Germination of *Calendula* in Response to Temperature. Industrial Crops and Products, 52: 199-204.
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 20(3): 118-125.
- El-Hashemy, M. A., Sallam, A., 2020. The Inhibitive Action of *Calendula officinalis* Flower Heads Extract for Mild Steel Corrosion in 1 M HCl Solution. Journal of Materials Research and Technology, 9(6): 13509-13523.
- Elhindi, K.M., Al-Mana, F.A., Algahtani, A.M, Alotaibi, M.A., 2020. Effect of Irrigation with Saline Magnetized Water and Different Soil Amendments on Growth and Flower Production of *Calendula officinalis* L. Plants. Saudi Journal of Biological Sciences, 27(11): 3072-3078.
- Fallahi, M., Mohammadi, A., Miri, S.M., 2020. The Natural Variation in Six Populations of *Calendula officinalis* L.: A Karyotype Study. Journal of Genetic Resources, 6(1): 34-40.

- Furkan, Z.E., 2019. Alternatif Yeşilliklerde (Mibuna, Mizuna ve Komatsuna) Tuz Stresinin Meydana Getirdiği Bazı Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 96s.
- García-Caparrós, P., Llanderal, A., Pestana, M., Correia, P.J., Laoa, M.T., 2016. Tolerance Mechanisms of Three Potted Ornamental Plants Grown Under Moderate Salinity. *Scientia Horticulturae*, 201: 84-91.
- Gharineh, M.H., Khoddami, H.R., Rafieian-Kopaei, M., 2013. The Influence of Different Levels of Salt Stress on Germination of Marigold (*Calendula officinalis* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 5 (14): 1581-1584.
- Jamil, M., Lee, K.B., Jung, K.Y., Lee, D.B., Han, M.S., Rha, E.S., 2007. Salt Stress Inhibits Germination and Early Seedling Growth in Cabbage (*Brassica oleracea capitata* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, 10(6): 910-914.
- Jan, N., Andrabi, K.I., John, R., 2017. *Calendula officinalis* - An Important Medicinal Plant with Potential Biological Properties. *Proc. Indian. Natn. Sci. Acad.*, 83(4): 769-787. DOI:10.16943/ptinsa/49126.
- Kalas, M., 2019. Eskişehir Çevresinde Yetişen Bazı *Calendula* L. Türleri Üzerinde Farmasötik Botanik ve Fitokimyasal Araştırmalar. Eskişehir Anadolu Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 76 s.
- Kalhor, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M., Gholam-Nezhad, J., 2019. Effect of Different Media Cultures on Physico-Chemical Characteristics of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) Plants under Salt Stress. *Journal of Plant Productions*, 42(1): 1-12.

- Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepli, S., Yılmaz, N., 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi (3-7 Ocak 2005, Ankara), 1-44.
- Karimi, G., Ghorbanli, M., Heidari, H., Khavari Nejad, R.A., Assareh, M.H., 2005. The Effects of NaCl on Growth, Water Relations, Osmolytes and Ion Content in *Kochia prostrata*. *Biologia Plantarum*, 49(2): 301-304.
- Khajehdizaj, F.P. Taghizadeh, A., Nobari, B.B., 2014. Effect of Feeding Microwave Irradiated Sorghum Grain on Nutrient Utilization, Rumen Fermentation and Serum Metabolites in Sheep. *Livestock Science*, 167: 161-170.
- Khalid, K.A., da Silva, J.A.T., 2010. Yield, Essential Oil and Pigment Content of *Calendula officinalis* L. Flower Heads Cultivated under Salt Stress Conditions. *Scientia Horticulturae*, 126 (2): 297-305.
- Koksal, N., Alkan-Torun, A., Kulahlioglu, I., Ertargin, E., Karalar, E., 2016. Ion Uptake of Marigold Under Saline Growth Conditions. *Springer Plus*, 5(139): 1-12.
- Koksal, N., Kafkas, E., Sadighazadi, S., Kulahlioglu, I., 2015. Floral Fragrances of Daffodil under Salinity Stress. *Romanian Biotechnological Letters*, 20(4): 10600-10610.
- Koksal, N., Kulahlioglu, I., Ertargin, E., Alkan-Torun, A., 2014. Relationship between Salinity Stress and Ion Uptake of Hyacinth (*Hyacinthus orientalis*). *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences. Special Issue-1*: 578-583.
- Kozminska, A, Al Hassan, M., Kumar, D., Oprica.L., Martinelli, F., Grigore, M.N., Vicente, O., Boscaiu, M., 2017. Characterizing the Effects of Salt Stress in *Calendula officinalis* L.. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 90: 323-329. DOI: 10.5073/JABFQ.090.040.

- Köksal, N., Külahlıoğlu, İ. 2013. Tuz Stresinin Sümbül (*Hyacinthus orientalis*) Bitkisinin Gelişimine Etkisi. V. Süs Bitkileri Kongresi (06-09 Mayıs 2013-Yalova) Bildiriler Cilt-II, 860-865.
- Lacramioara, O., Grigore, M.N., Vochita, G., 2015. Impact of Saline Stress on Growth and Biochemical Indices of *Calendula officinalis* Seedlings. Romanian Biotechnological Letters, 20(6): 1107-11017.
- Lichtenthaler, H.K., Wellburn, A.R., 1983. Determinations of Total Carotenoids and Chlorophylls a and b of Leaf Extracts in Different Solvents. Biochem. Soc. Transac., 11: 591-592.
- Muley, B.P., Khadabadi, S.S., Banarase, N.B., 2009. Phytochemical Constituents and Pharmacological Activities of *Calendula officinalis* Linn (Asteraceae): a Review. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 8 (5): 455-465.
- Munns, R., 2002. Comparative Physiology of Salt and Water Stress. Plant, Cell & Environment, 25(2): 239-250.
- Nadeem, M., Younis, A., Riaz, A., Hameed, M., Nawaz, T., Qasim, M., 2012. Growth Response of Some Cultivars of Bermuda Grass (*Cyanodon dactylon* L.) to Salt Stress. Pak. J. Bot., 44(4): 1347-1350.
- Parente, L.M.L., Junior, R.S.L., Tresvenzol, L.M.F., Vinaud, M.C., Paula, J.R., Paula, N.M., 2012. Wound Healing and Anti-Inflammatory Effect in Animal Models of *Calendula officinalis* L. Growing in Brazil. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2012:1-7. Doi: 10.1155/2012/375671.
- Patrick, K.F.M., Kumar, S., Edwardson, P.A.D., Hutchinson, J.J., 1996. Induction of Vascularisation by an Aqueous Extract of the Flowers of *Calendula officinalis* L. The European Marigold. Phytomedicine, 3 (1): 11-18.
- Pintea, A., 2003. HPLC Analysis of Carotenoids in Four Varieties of *Calendula officinalis* L. Flowers. Acta Biologica Szegediensis, 47(1-4): 37-40.

- Rigane, G., Younes, S. B., Ghazghazi, H., Salem, R. B., 2013. Investigation Into The Biological Activities and Chemical Composition of *Calendula officinalis* L. Growing in Tunisia. International Food Research Journal, 20(6): 3001-3007.
- Rodriguez, P., Dell'Amico, J., Morales, D., Sánchez Blanco, M.J., Alarcón, J.J., 1997. Effects of Salinity on Growth Shoot Water Relations and Root Hydraulic Conductivity in Tomato Plants. J. Agric. Sci., 128: 439-444.
- Sabra, A., Daayf, F., Renault, S., 2012. Differential Physiological and Biochemical Responses of Three Echinacea Species to Salinity Stress. Scientia Horticulturae, 135: 23-31.
- Sahin, U., Ekinci, M., Ors, S., Turan, M., Yildiz, S., Yildirim, E., 2018. Effects of Individual and Combined Effects of Salinity and Drought on Physiological, Nutritional and Biochemical Properties of Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). Scientia Horticulturae, 240: 196-204.
- Saini, P., Al-Shibani, N., Sun, J., Zhang, W., Song, F., Gregson, K.S., Windsor, L.J., 2012. Effects of *Calendula officinalis* on Human Gingival Fibroblasts. Homeopathy, 101: 92-98.
- Swaefy, H.M., El-Ziat, R.A. 2020. Calendula Response to Salinity Stress. In: New Perspectives in Agriculture and Crop Science, Vol:3 42-55. DOI: 10.9734/bpi/npacs/v3.
- Syed, S., 2007. Physiological Basis for the Salicylic Acid-Mediated Tolerance of Mungbean (*Vigna radiata*) and Mustard (*Brassica juncea*). Doctoral Dissertation, Aligarh Muslim University, Department of Botany. India, pp. 155.
- Szakiel, A., Ruszkowski, D., Janiszowska, W., 2005. Saponins in *Calendula officinalis* L. - Structure, Biosynthesis, Transport and Biological Activity. Phytochemistry Reviews, 4: 151-158. DOI 10.1007/s11101-005-4053-9.

- Topaloğlu, K., 2010. Tuz Stresinin Chili Biberlerinin Pigment ve Kapsaisinoid Değişimi ile Peroksidaz Aktivitesi Arasındaki İlişki. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 131s.
- Tuna, A.L., Kaya, C., Ashraf, M., Altunlu, H., Yokas, I., Yagmur, B., 2007. The Effects of Calcium Sulphate on Growth, Membrane Stability and Nutrient Uptake of Tomato Plants Grown under Salt Stress. Environ. Exp. Bot., 59:173-177.
- Türkoğlu, N., Ayyıldız, L., Gülser, F., 2013. Mevsimlik Çiçeklerde Tuzun Bitki Gelişimine Etkisi. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(4): 15-19.
- Ukiya, M., Akihisa, T., Yasukawa, K., Tokuda, H., Suzuki, T., Kimura, Y. 2006. Anti-inflammatory, Anti-tumor-promoting, and Cytotoxic Activities of Constituents of Marigold (*Calendula officinalis*) Flowers. Journal of Natural Products, 69: 1692-1696.
- Valdez-Aguilar, L.A., Grieve, C.M., Poss, J., Layfield, D.A., 2009. Salinity and Alkaline pH in Irrigation Water Affect Marigold Plants: II. Mineral Ion Relations. HortScience, 44(6): 1726-1735.
- Yetiş, C., 2019. Bitki Sıklıklarının Aynısefa (*Calendula officinalis* L.) Bitkisinde Çiçek Verimi ve Bazı Etkin Maddeler Üzerine Etkileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 63 s.
- Yıldız, S., Karagöz, F. P., Dursun, A., 2017. Giberellik Asit Ön Uygulamasına Tabi Tutulmuş Hüsniyusuf (*Dianthus Barbatus* L.) Tohumlarının Tuz Stresinde Çimlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48(1): 1-7.

Zarrinabadi, I.G., Razmjoo, J., Mashhadi, A.A., Boroomand, A., 2019. Physiological Response and Productivity of Pot Marigold (*Calendula officinalis*) Genotypes Under Water Deficit. *Industrial Crops and Products*, 139: 111488.



ÖZGEÇMİŞ

Zena Nozad Lateef KERWANCHI, İlkokulu Altun Köprü Semaha Okulun'da, orta ve lise öğrenimini ise Altun Su Kız Lisesi'nde, tamamladı. Kerkük Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde 2010 yılında başladığı lisans eğitimini 2014 yılında tamamlamıştır. Üniversite döneminde 2013 yılında iki farklı yaz eğitimine katılmıştır: Birincisi, Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ndeki 30 günlük yaz stajı eğitimi, İkinci ise, Kerkük Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ndeki 30 günlük stajı eğitimidir. Ayrıca, 2013 yılında Kerkük Üniversitesi Ziraat Fakültesi'de İkinci Uluslararası Tarımsal Araştırma Bilimsel Konferansına katılmıştır. 2015 yılında 3 aylık Temel Türkçe Kursuna katılmıştır. 2018 yılında 3 aylık Kerkük Üniversitesi Akademik yeterlilik sınavı (TOFEL) ve (BİLGİSAYAR) derslerine katılmıştır. Yüksek Lisans eğitimini Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda sürdürmüştür.