

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI TUZ KAYNAKLARI VE TUZLULUK DÜZEYLERİNİN ÇÖREK OTU
BİTKİSİNDE BÜYÜME, VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİNE
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Afzaal KHAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI TUZ KAYNAKLARI VE TUZLULUK DÜZEYLERİNİN ÇÖREK OTU
BİTKİSİNDE BÜYÜME, VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİNE
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Afzaal KHAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI TUZ KAYNAKLARI VE TUZLULUK DÜZEYLERİNİN ÇÖREK OTU
BİTKİSİNDE BÜYÜME, VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİNE
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Afzaal KHAN
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 30 / 06 / 2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ (Danışman)

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. İsa TELCİ

ÖZET

FARKLI TUZ KAYNAKLARI VE TUZLULUK DÜZEYLERİNİN ÇÖREK OTU BİTKİSİNDE BÜYÜME, VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Afzaal KHAN

Yüksek lisans tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Haziran 2022; 59 sayfa

Aşırı tuzluluk, ozmotik stres, toksik iyonların zararlı etkileri ve iyon dengesizliği bitki büyümesini ve gelişimini olumsuz etkiler. Çörek otu (*Nigella Sativa* L.) dahil olmak üzere birçok bitki, abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuz stresinden önemli ölçüde etkilendikleri için tuza duyarlı bitki türleri olarak sınıflandırılır. Ancak dünya literatüründe farklı tuz kaynakları (TK) ve sulama suyu tuzluluk düzeylerinin (TD) çörek otu bitkisi üzerindeki etkilerini ortaya koyan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın temel amacı, farklı tuz kaynaklarıyla ayrı ayrı oluşturulan tuzluluk düzeylerinin toprak ve drenaj suyu tuzluluğu ile çörek otu bitkisinde bitki su tüketimine, büyüme, verim ve kalite parametreleri üzerine etkilerini ortaya koymaktır. Araştırma, Akdeniz Üniversitesi'nde yağıştan korunaklı bir alanda yarı kontrollü şartlar altında Kasım-2020 ve Mayıs-2021 tarihleri arasında bir yetiştirme mevsimi olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada araştırma konusu olarak altı farklı tuz kaynağı (CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 ve Na_2SO_4) ve her bir tuz çeşidi için dört farklı sulama suyu tuzluluk düzeyi ($\text{TD}_0 = 0.6$ dS/m, $\text{TD}_1 = 1.5$ dS/m, $\text{TD}_2 = 2.5$ dS/m ve $\text{TD}_3 = 5.0$ dS/m) ele alınmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde ana faktör TD altında çörek otunun dal sayısı konular arasında istatistiksel anlamda önemli farklılık göstermezken, toprak tuzluluğunun 1.00 (TD_0) ile 6.18 (TD_3) dS/m, drenaj suyu tuzluluğunun 0.79 (TD_0) ile 5.21 (TD_3) dS/m, bitki su tüketiminin 346.5 (TD_3) ile 373.6 (TD_0) mm/mevsim, bitki boyunun 119.5 (TD_3) ile 135.7 (TD_2) cm, vejetatif kuru ağırlığın 2.22 (TD_2) ile 2.45 (TD_0) g/bitki, kapsül sayısının 1.36 (TD_1) ile 1.69 (TD_0) adet/bitki, tohum ağırlığının 97.6 (TD_2) ile 116.0 (TD_0) mg/bitki ve tohum yağ içeriğinin %16.8 (TD_3) ile 27.8 (TD_2) arasında değiştiği belirlenmiştir. Benzer şekilde ana faktör TK altında toprak tuzluluğu, bitki su tüketimi, bitki boyu, dal sayısı, vejetatif kuru ağırlık ve tohum yağ içeriği konular arasında istatistiksel anlamda önemli farklılık göstermezken, drenaj suyu tuzluluğunun 2.27 (Na_2SO_4) ile 2.73 (MgCl_2) dS/m, kapsül sayısının 1.40 (Na_2SO_4) ile 1.65 (MgCl_2) adet/bitki ve tohum ağırlığının 89.0 (Na_2SO_4) ile 117.9 (MgCl_2) mg/bitki arasında değiştiği belirlenmiştir. Ana faktörler arasında interaksiyonu önemli bulunan bitki başına tohum sayısı en fazla MgCl_2 - TD_1 (49.1 adet/bitki) ve MgSO_4 - TD_1 (42.0 adet/bitki) kombinasyon konularında ortaya çıkmıştır. CaCl_2 , MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 ve Na_2SO_4 tuz kaynakları altında çörek otu bitkisinin bitki başına tohum ağırlığı için eşik tuzluluk değerleri belirlenemezken, bunların eğim değerlerinin birim tuzluluk artışında sırasıyla

%0.60, 1.47, 3.91, 2.95 ve 1.29 gibi düşük olduğu ortaya konulmuştur. NaCl tuz kaynağı için ise eşik tuzluluk ve eğim değęerlerinin sırasıyla 2.56 dS/m ve 1.73 % / dS/m olduğu belirlenmiştir. Çörek otu tohum yağ içeriğı için eşik tuzluluk değęerlerinin Mg içeren tuz kaynakları altında nispeten yüksek ve Ca içeren tuz kaynakları altında ise nispeten daha düşük; eğim değęerlerinin ise Ca içeren tuz kaynakları altında nispeten daha düşük ve Na içeren tuz kaynakları altında ise nispeten daha düşük olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak çörek otu bitkisinin tohum verimi ve tohum yağ içeriğı için tuzluluk eşik ve eğim değęerlerinin sulama suyunda bulunan tuz çeşitlerine bağılı olarak değışiklik göstermesi nedeniyle yetiştiricilikte hem sulama suyu tuzluluğunun hem de sulama suyunda bulunan tuzları birlikte dikkate alınması önerilebilir.

ANAHTAR KELİMELEER: Çörek otu, Su kalitesi, Tuzluluk düzeyi, Tuz kaynağı, Tuz stresi

JÜRİ: Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. İsa TELCİ

ABSTRACT
**DETERMINATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT SOURCES OF SALT
AND SALINITY LEVELS ON GROWTH, EFFICIENCY AND QUALITY
PARAMETERS OF BLACK CUMIN**

Afzaal KHAN

M.Sc. Thesis in Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

July 2022; 59 page

Excess salinity, osmotic stress, harmful effects of toxic ions and ion imbalance negatively affect plant growth and development. Many crops, including black cumin (*Nigella Sativa* L), are classified as salt-sensitive plant species as they are significantly affected by salt stress, one of the abiotic stress factors. However, no study has been found in the world literature that reveals the effects of different salt sources (TK) and irrigation water salinity levels (TD) on black cumin. The main purpose of this study was to determine the effects of salinity levels created separately by different salt sources on the soil and drainage water salinity and the plant water consumption, growth, yield and quality parameters of the black cumin. The research was carried out for one growing season between November-2020 and May-2021 under semi-controlled conditions in a rain-out shelter area at Akdeniz University. In the study, six different salt sources (CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 and Na_2SO_4) and four different irrigation water salinity levels for each salt type ($\text{TD}_0 = 0.6$ dS/m, $\text{TD}_1 = 1.5$ dS/m, $\text{TD}_2 = 2.5$ dS/m and $\text{TD}_3 = 5.0$ dS/m) were investigated. The result showed that, the number of branches did not show statistically significant difference between treatment under the main factor TD, whereas the obtained changes were between 1.00 (TD_0) and 6.18 (TD_3) dS/m for soil salinity, 0.79 (TD_0) and 5.21 (TD_3) dS/m for drainage water salinity, 346.5 (TD_3) and 373.6 (TD_0) for plant water consumption mm/season, 119.5 (TD_3) and 135.7 (TD_2) cm for plant height, 2.22 (TD_2) and 2.45 (TD_0) g/plant for vegetative dry weight, 1.36 (TD_1) and 1.69 (TD_0) for number of capsules per plant, 97.6 (TD_2) and 116.0 (TD_0) mg/plant for seed weight, and 16.8% (TD_3) and 27.8 (TD_2) for seed oil content. Similarly, soil salinity, plant water consumption, plant height, number of branches, vegetative dry weight and seed oil content did not show statistically significant difference between the treatments under the main factor TK, whereas the were ranged between 2.27 (Na_2SO_4) and 2.73 (MgCl_2) dS/m for drainage water salinity, 1.40 (Na_2SO_4) to 1.65 (MgCl_2) for number of capsules per plant and 89.0 (Na_2SO_4) and 117.9 (MgCl_2) mg/plant for seed weight. With significant interaction between the main factors, the highest number of seeds per plant was observed under MgCl_2 - TD_1 (49.1) and MgSO_4 - TD_1 (42.0) treatments and the highest average seed moisture content (between 15.9% and 16.9%) was obtained with all TKs under TD_3 treatment. It was revealed that the slope values of CaCl_2 , MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 and Na_2SO_4 salt sources were as low as 0.60, 1.47, 3.91, 2.95 and 1.29%, respectively, while

the threshold salinity values of these salts sources for the seed weight of the black cumin could not be determined. For the NaCl salt source, the threshold salinity and slope values were determined as 2.56 dS/m and 1.73 % / dS/m, respectively. Threshold salinity values for black cumin seed oil content were relatively high under salt sources containing Mg and relatively lower under salt sources containing Ca. In addition, it was determined that the slope values were relatively lower under the Ca-containing salt sources and relatively lower under the Na-containing salt sources. As a result, it can be suggested to consider both the salinity of the irrigation water and the salts in the irrigation water for black cumin growth, since the salinity threshold and slope values for the seed yield and seed oil content of the plant vary depending on the salt types in the irrigation water.

KEYWORDS: Black cumin, Water quality, Salinity level, Salt source, Salt stress

COMMITTEE: Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. İsa TELCİ

ÖNSÖZ

Yaygın olarak kültürü yapılan birçok bitkinin farklı biyotik ve abiyotik stres koşullarına tepkileri konusunda zengin araştırmalar ve bulgular mevcuttur. Çörek otu bitkisinde tuzluluk stresinin bitki büyümesi, verim ve kalite parametrelerine etkileri konusunda ise literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Ayrıca bu çalışmalar genellikle tek bir tuz veya iki tuzun karıştırılması ile oluşturulan farklı tuzluluk düzeylerinin söz konusu bitkiye etkileri ile sınırlıdır. Sulama suyunda bulunan tuzların hem çeşitleri ve hem de miktarları veya konsantrasyonları bitki üzerinde karmaşık etkiler ortaya çıkarabilmektedir. Bu tez çalışmasında farklı tuz kaynaklarıyla ayrı ayrı oluşturulan farklı tuzluluk düzeylerinin çöreotu bitkisine etkileri ortaya konulmuştur. Çalışmanın konusuyla ilgili kişi, kurum ve kuruluşlara yardımcı olmasını temenni ediyorum.

Yüksek Lisans eğitimin ve bu tez çalışmam boyunca bana her zaman yardımcı olan ve destek veren saygıdeğer hocam ve danışmanım Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ'a, arazi çalışmalarında yardımlarda bulunan hocam Prof. Dr. Faik KANTAR'a, toprak analizleri konusunda yol gösteren hocam Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN'a, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesinde laboratuvar çalışmalarıyla kalite analizlerinin gerçekleştirilmesine olanak ve katkı sağlayan hocam Prof. Dr. İsa TELCİ'ye ve ayrıca bölümümüzdeki diğer tüm hocalarıma ve araştırma görevlilerine teşekkürlerimi sunarım. Denemeler boyunca arazi işlerinde bana yardımcı olan değerli dostum Berfin Khan'a da ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	6
3. MATERYAL VE METOT	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1. Araştırma alanı	13
3.1.2. İklim özellikleri.....	14
3.1.3. Bitki yetiştirme ortamı.....	14
3.1.4. Bitkisel materyal.....	16
3.2. Metot.....	17
3.2.1. Deneme deseni ve deneme konuları	17
3.2.2. Tohum ekimi ve kültürel uygulamalar	18
3.2.3. Sulama uygulamalarının planlanması ve bitki su tüketiminin	19
3.2.4. Toprak örnekleme ve analizleri	20
3.2.5. Bitki büyüme, verim ve kalite parametreleriyle ilgili ölçüm ve analizler	21
3.2.6. Tuz toleransı modeli	22
3.2.7. İstatistiksel analiz	23
4. BULGULAR.....	24
4.1. Yıkama Oranı	24
4.2. Toprak Tuzluluğu	25
4.3. Drenaj Suyu Tuzluluğu.....	27
4.4. Bitki Su Tüketimi	29
4.5. Bitki Boyu	30
4.6. Dal Sayısı.....	32

4.7.	Vejetatif Kuru Ağırlık	34
4.8.	Kapsül Sayısı	36
4.9.	Tohum Sayısı	38
4.10.	Tohum Ağırlığı	39
4.11.	Tohum Yağ İçeriği	41
4.12.	Tuz toleransı modeli	43
5.	TARTIŞMA	46
6.	SONUÇLAR	51
7.	KAYNAKLAR	54
	ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Ysek Lisans Tezi olarak sunduğum “Farklı Tuz Kaynakları ve Tuzluluk Düzeylerinin rek otu Bitkisinde Büyüme, Verim ve Kalite Parametrelerine Etkisinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

30 / 06 / 2022

Afzaal KHAN

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
<	: Küçük
>	: Büyük
°C	: Santigrat derece
b	: Eşik sonrası birim tuzluluk artışı için oransal verim azalması
Ca	: Kalsiyum
CaCl ₂	: Kalsiyum klorür
Ca(NO ₃) ₂	: Kalsiyum nitrat
Cl	: Klor
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
cm ³	: Santimetreküp
da	: Dekar
dS	: Desi Siemens
EC _{dr}	: Drenaj suyu elektriksel iletkenliği
EC _e	: Toprak saturasyon çamuru süzüğü elektriksel iletkenliği
EC _{e-eşik}	: Tuzluluk eşik değeri elektriksel iletkenliği
EC _i	: Sulama suyu elektriksel iletkenliği
g	: Gram
ha	: Hektar
K	: Potasyum
kg	: Kilogram
km ²	: kilometrekare
L	: Litre

m	: Metre
m ²	: Metrekare
mg	: Miligram
Mg	: Magnezyum
MgCl ₂	: Magnezyum klorür
MgSO ₄	: Magnezyum sülfat
mm	: Milimetre
mM	: Milimol
Na	: Sodyum
NaCl	: Sodyum klorür
Na ₂ CO ₃	: Sodyum karbonat
Na ₂ SO ₄	: Sodyum sülfat
NO ₃	: Nitrat
pH _e	: Toprak saturasyon süzüğü pH değeri
ρ _w	: Suyun yoğunluğu
μM	: Mikromol

Kısaltmalar

AW	: Her sulamada uygulanan su miktarı
ET	: Bitki su tüketimi
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
GLM	: Genel Lineer Modelleri
HA	: Hacim ağırlığı
LF	: Yıkama oranı
SN	: Solma noktası
SPSS	: İstatistiksel analiz paketi
TD	: Tuz düzeyi
TK	: Tuz kaynağı
TKap	: Tarla kapasitesi
W_a	: Sulama öncesi lizimetre ağırlığı
W_{fc}	: Lizimetre toprak tarla kapasitesi ağırlığı
W_n	: n. sulama öncesinde lizimetre ağırlığı
$W_{(n+1)}$	: (n+1). sulama öncesindeki lizimetre ağırlığı
Y_a	: Gerçek verim
Y_m	: Maksimum verim

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Kısmen kontrollü deneme alanının görünüşü	13
Şekil 3.2. Yetiştirme ortamı olarak kullanılan lizimetrelerin a) tabanına tül serilmesi; b) tarla kapasitesi ağırlıklarının belirlenmesi	16
Şekil 3.3. a) Lizimetrelere çörek otu tohumu ekimi; b) Her bir lizimetredeki bitki sayısı eşit olacak şekilde seyreltme	18
Şekil 3.4. a) Denemelerde toprak örneklerinin alınması; b) Saturasyon çamuru süzüğünün hazırlanması; c) Saturasyon çamuru süzümü analizleri.....	20
Şekil 3.5. Çalışmada a) Bitki boyu ölçümü, b) Kapsül sayısının belirlenmesi, c) Tohum sayısı.....	22
Şekil 4.1. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında sezon sonu ortalama toprak saturasyon çamuru süzümü tuzluluk değerleri	25
Şekil 4.2. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında sezonluk ortalama drenaj suyu tuzluluk değerleri	28
Şekil 4.3. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu bitkisinin su tüketimi	29
Şekil 4.4. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında hasat öncesi çörek otu ortalama bitki boyu değerleri	31
Şekil 4.5. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu ortalama dal sayısı değerleri.....	33
Şekil 4.6. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu ortalama vejetatif kuru ağırlık değerleri.....	35
Şekil 4.7. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu ortalama kapsül sayısı değerleri	36
Şekil 4.8. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu ortalama tohum sayısı değerleri	38
Şekil 4.9. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu ortalama tohum ağırlığı değerleri	40
Şekil 4.11. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu ortalama tohum yağ içeriği.....	42
Şekil 4.12. Tuz kaynakları için çörek otu bitkisinin tohum ağırlığı için tuz tolerans modeli grafikleri.....	44

Şekil 4.13. Tuz kaynakları için çörek otu bitkisinin tohum yağ içeriği için tuz tolerans modeli grafikleri.....	45
--	----



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çalışma dönemleri (2020 ve 2021) ve uzun yıllara (1930-2021) ait bazı iklim verileri.....	14
Çizelge 3.2. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	16
Çizelge 3.3. Araştırmada çalışma konuları	17
Çizelge 4.1. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında yıkama oranı değerlerinin istatistiksel analizi	24
Çizelge 4.2. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında toprak saturasyon çamuru süzüğü elektriksel iletkenlik (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi.....	26
Çizelge 4.3. Tuz kaynağı x tuzluluk düzeyi interaksyonu altında ortalama drenaj suyu elektriksel iletkenlik (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi	28
Çizelge 4.4. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında bitki su tüketimi (mm/mevsim) değerlerinin istatistiksel analizi	30
Çizelge 4.5. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında bitki boyu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi.....	32
Çizelge 4.6. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında dal sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	33
Çizelge 4.7. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında vejetatif kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	35
Çizelge 4.8. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında kapsül sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	37
Çizelge 4.9. Tuz kaynağı x tuzluluk düzeyi interaksyonu altında tohum sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	39
Çizelge 4.10. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında tohum ağırlığı (mg/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	41
Çizelge 4.12. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında tohum yağ içeriği değerlerinin istatistiksel analizi.....	42

1. GİRİŞ

Su kıtlığı, hızla artan insan nüfusunun gıda gereksinimlerini karşılamaya yönelik bir girişim olarak tarımın sürdürülebilir bir şekilde yoğunlaştırılmasında en büyük problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Artan insan nüfusu ve ek olarak artan sera gazı emisyonları nedeniyle iklim değişikliği ve tarımın yoğunlaşması, dünyanın iki büyük yenilenemeyen toprak ve su kaynakları üzerinde ciddi baskı oluşturmaktadır. Bu durum mevcut gıda talebini karşılamak veya yeterli gıda üretmek için büyük bir zorluk oluşturmaktadır. Günümüzde 7.78 milyar mevcut dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9 milyarın üzerine çıkacağı ve nüfus artışının daha çok zaten gıda kıtlığı ile karşı karşıya kalan gelişmekte olan ülkelerde meydana geleceği tahmin edilmektedir. Bu büyüme tahminlerinin gerçekleşmesi durumunda, yeterli gıda üretimi için mevcut tarımsal verimlilikte %70'lik bir artışın gerçekleşmesi gerekmektedir (Zaman vd., 2018).

Türkiye 780000 km² yüzölçümüne ve çoğunlukla kurak ve yarı kurak iklime sahip 84 milyonun üzerinde nüfusu olan bir ülkedir. Bu alanın yaklaşık 28 milyon ha arazi tarım, 21.5 milyon ha çayır-mera ve 23 milyon ha orman arazisidir. Yapılan araştırmalara göre yaklaşık 26 milyon ha tarım arazisi sulanabilir nitelikte olup ancak bunun 8.5 milyon hektarı ekonomik olarak sulamaya uygundur (Bayazit ve Avcı, 1997). Ülkenin son otuz yıllık (1991-2020) ortalama yağış miktarı 574 mm'dir. Türkiye, kıtlığı nedeniyle suyun kilit bileşen olduğu bir bölgede sürdürülebilir su kaynaklarına sahip bir ülkedir. Ancak su kaynaklarının dağılımı düzensiz olup nüfus ve su kullanımındaki artış nedeniyle son birkaç yıl içinde su sıkıntısı tehdidi daha büyük bir problem haline gelmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalar bazı bölgelerde su kıtlığı sorununun giderek büyük bir problem haline geldiğini ortaya koymaktadır. Ülkenin su potansiyelinde yüzey suyunun payının yaklaşık %80 olması önemli bir sorundur. Türkiye'nin yıllık yüzey akışı yaklaşık 186 milyar m³ olup yağış akış katsayısı 0.37'dir. Yerüstü su kaynakları 25 nehir havzasına bölünmüştür (Harmancıoğlu, 2020). Yıllık tüketilebilir yerüstü su potansiyeli 95 km³ olarak belirtilmiş olup, buna 12 km³ yeraltı suyu potansiyeli eklendiğinde toplam yıllık tüketim potansiyeli 107 km³ olmaktadır (Bayazit ve Avcı, 1997).

Kişi başına düşen yıllık su tüketimi için Falkenmark tarafından geliştirilen ve yaygın olarak kabul edilen göstergeye göre, yıllık 1000-1700 m³ arası miktar su stresi aralığı olarak kabul edilmektedir (Falkenmark ve Widstrand, 1992). Türkiye'de kişi

başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2000 yılında 1652 m³, 2009 yılında 1544 m³, 2020 yılında ise 1346 m³ olup, bu rakamlar ile Türkiye su stresi yaşayan ülkeler kategorisinde konumlanmaktadır (Sariş, 2021). İlerleyen yıllarda, kişi başına düşen tatlı su miktarının azalmasına bağlı olarak Türkiye'nin gelecekte su kıtlığı ile karşı karşıya kalacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle, geleneksel olmayan marjinal kalitedeki su kaynaklarının mevcut su eksikliğinin üstesinden gelmek, artan talepleri karşılamak ve bitkisel üretimi artırmak amacıyla kullanılması önemli bir zorunluluk haline gelmektedir.

Dünya nüfusunun artması nedeniyle gıda talebini karşılamak ve dünyadaki yoksulluğu ve açlığı azaltmak için en uygun çözüm tarımsal üretimin yoğunlaşmasıdır. Ancak gıda üretiminde karşılaşılan en önemli problem abiyotik streslerdir. Tuz stresi, kuraklıktan sonra bitki büyümesini olumsuz etkileyen en yaygın ikinci abiyotik streştir (Pessarakli, 1991; Babai, 1996). Her ne kadar tuzluluk ve alkalilik problemlerinin çoğunluğu doğal nedenlerle oluşsa da özellikle ekilen arazilerin önemli bir kısmı son zamanlarda sulama uygulamaları nedeniyle sorunlu topraklar haline gelmiştir. Tuzluluk sorunlarının ortaya çıkmasına neden olan temel faktörler aşırı düzeydeki bitki su tüketimi, yüksek sıcaklık, düşük yağış, su kalitesinin düşük olması ve yetersiz toprak yönetimidir. Bu nedenle sulama suyu ve toprak tuzluluğu, birçok bitkinin verimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Tuzlulaşma, tarımsal uygulamalar nedeniyle veya doğal olarak meydana gelebilir. Çoğu kurak ve yarı kurak bölgelerde yaygın olarak ortaya çıkan toprak tuzluluk sorunu, düşük kaliteli suların sulama amacıyla kullanılması sonucunda tuzların toprakta birikmesi nedeniyle meydana gelir. Bitkisel üretimde düşük kaliteli suların devamlı olarak kullanılması toprak özellikleri üzerinde de olumsuz bir etkiye neden olabilmektedir. FAO raporuna göre, dünyada sulanan alanların %20'si ve yağışa dayalı tarım alanının ise %2'si tuzluluktan etkilenmektedir (FAO, 2008). Bu durumda, dünya toplam arazi varlığının %6'sından fazlasına denk gelen 830 milyon ha tuzluluk (%47.8) veya alkalilikten (%52.2) etkilendiği tahmin edilmektedir (FAO, 2005). Sulanan arazinin her yıl yaklaşık 10 milyon hektarı yüksek tuzluluk nedeniyle üretim dışı kalmaktadır (Szabolcs, 1989). Düşük kaliteli su kullanımı ve uygun olmayan tarım uygulamaları nedeniyle sürdürülebilir tarım alanlarının 2030 yılına kadar %30'unun, 21. yüzyılın ortalarında ise %50'sinin tahrip olabileceği bildirilmektedir (Wang vd., 2003; Ahmadi vd., 2009; Hasanuzzaman vd., 2013).

Tüm tarımsal topraklar ve sulama suları mineral tuzlar içermesine rağmen, mevcut tuzların miktarı ve türü hem toprağın hem de sulama suyunun yapısına bağlıdır (Hanson vd., 2006). Toprak suyunda çözünen tuzlar, ozmotik ve/veya spesifik iyon etkileri ile ürün büyümesini ve verimini azaltabilir. Ozmotik etki dış (toprak) su potansiyelini azaltırken, spesifik iyonlar kimyasal etkilere sahiptir. Yüksek tuz konsantrasyonlarında ozmotik basınç nedeniyle bitki iç ve dış ortamlarındaki su potansiyelleri arasındaki farklılık azalma eğilimindedir. Bununla birlikte, belirli iyonlar, ozmotik potansiyelin artmasına ek olarak bitkide toksisite ve besin maddesi alımında bozulmalara neden olabilir (Lauchli ve Epstein, 1990; Munns ve Tester, 2008). Topraktaki bu bileşenler kökler tarafından emildiğinde ve bitkinin sapında veya yapraklarında biriktiğinde, bazı spesifik iyonlar bitki büyümesini olumsuz yönde etkileyebilir. Her ne kadar çoğu bitki tuzluluğa, mevcut tuz çeşidine bakılmaksızın toprak suyunun toplam ozmotik potansiyelinin bir fonksiyonu olarak cevap verse de bazı otsu bitkiler ve odunsu türlerin çoğu spesifik iyon toksisitesine özellikle duyarlıdır. Bu toksisite nedeniyle, bitki verim kayıpları, genellikle, yalnızca ozmotik etkilerden ortaya çıkan üretim kayıplarından daha fazla olabilmektedir (Hanson vd., 2006). Tuz stresi sadece ozmotik stres ve iyon toksisitesini değil, aynı zamanda besin dengesizlikleri, hücre bölünmelerini azaltma, bitki zarlarının düzensizleşmesi ve fotosentez, solunum gibi metabolik süreçlerdeki değişikliklerle de sonuçlanır (Osman vd., 2017).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin modern tıp ve geleneksel tıp bilimlerinde önemli bir yeri vardır. Tıbbi bitkilerin önemi, dünyanın dört bir yanındaki insanların bunları günlük olarak çeşitli hastalıkları tedavi etmek için kullanılmalarından kaynaklamaktadır (Nezamee ve Mohasel, 1997). Kök bölgesinde aşırı tuz iyon toksisitesi ve ozmotik stres bitkilerin büyümesini etkileyerek verimde azalmaya neden olabilir. Toprak veya sulama suyu tuzluluğu, tıbbi ve aromatik bitkiler üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir (Khorasaninejad, 2017). Çörek otu (*Nigella sativa* L.) da bu amaçla kullanılan tek yıllık otsu bir tıbbi ve aromatik bitkidir (Atta, 2003). Düğün çiçeğigiller (Ranunculaceae) familyasından olan çörek otu Akdeniz'den batı Asya'ya kadar geniş bir bölgeye özgü olup (Babai, 1996; Atta, 2003), çoğunlukla dünyanın yarı kurak ve kurak bölgelerinde yetiştirilmektedir (D'Antuono vd., 2002). Günümüzde bu bitkinin üretimi yaygın olarak Orta Doğu, Avrupa, Asya, Suriye, Türkiye ve Suudi Arabistan'da yapılmaktadır (Engels ve Brinckmann, 2017).

Türkiye'de de çeşitli bölgelerde çörek otu üretimi yapılabilmektedir (Moody, 1998). *Nigella* cinsi toplam 20 kadar türe sahip olmakla beraber, bunlardan 14'ünün Türkiye florasında bulunduğu belirtilmektedir (Seçmen, 2018). *Nigella sativa* ve *Nigella damascena* bu bitkinin en yaygın olarak bilinen türleri olup eski zamanlardan beri baharat, tıbbi amaçlar için tedavi edici ve bir gıda koruyucusu olarak kullanılır. İslam Peygamberi Hz Muhammed'in (SAV) “Şu kara taneyi (çörek otu) kullanın, ölümden başka her şeye devadır” hadisi çörek otunun inançlı bir biçimde ve kitlesel olarak kullanılmasını etkilemesi açısından anlamlı olduğu belirtilmektedir (Bhatti vd., 2009; Alhaj vd., 2010). Arap/Yunan tıbbında da çörek otu tohumları ve yağı; anti-hipertansif, anti-mikrobiyal, antihistaminik, anti-tümör, anti-enflamatuar ve anti-diyabetik özellikler içerdiğinden (Alhaj vd., 2010) bağışıklığı arttırmada, yüksek ateşi düşürmede, soğuk algınlığında, baş ağrısını gidermede, romatizmal ve çeşitli mikrobik enfeksiyonlarda, bağırsak parazitlerini düşürmede kullanılmaktadır. Bazı çalışmalar, çörek otu yağının bazı istenmeyen böcek türlerini uzak tutmada da kullanılabileceğini göstermektedir (Riaz vd., 1996; Sharma vd., 1996). Adaptasyon yeteneği nedeniyle, *Nigella sativa* *Nigella damascena*'dan daha yüksek bir ticari değere ve daha geniş bir ekim alanına sahiptir. Her ne kadar *N. Sativa* ve *N. damascena* benzer bir yağ bileşimine sahip olsalar da, türler arasında niceliksel farklılıklar vardır. Çeşitler ana yağ asitleri olarak linoleik, oleik ve palmitik asitler içerir (D'Antuono vd., 2002). Kumlu gevşek toprakları seven çörek otu tohumlarından çoğalır ve yaklaşık 30 - 60 cm boylanabilmektedir. Ülkemizde Trakya, Kuzey Anadolu ve Akdeniz bölgesinde yetiştirilmekte (Tonçer ve Kizil, 2004) ve Burdur, Afyon, Isparta, Amasya, Mersin, İstanbul, Gaziantep ve Kahramanmaraş civarında yoğun olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır (Baytöre, 2011). Türkiye’de çörek otu üretimi 2012 yılında 230 ha alanda 161 ton iken, 2017 yılında 3757 ha’da 3094 tona, 2021 yılında 8357 ha alanda 6435 tona yükselmiştir (TUIK, 2022).

Tıbbi ve aromatik bir bitki olarak çörek otunun gelişimi ve üretkenliği birçok biyotik ve abiyotik stres faktöründen olumsuz etkilenmektedir. Abiyotik stres faktörleri arasında tuzluluk bu bitkinin gelişimi ve verimini sınırlayan ana faktörler arasındadır. Çörek otu bitkisinin tuzluluk eşik (EC_e) değerinin (2.0 dS/m) düşük, eşik sonrası birim tuzluluk artışında meydana gelen verim kaybının ise (%18.5) yüksek olması nedeniyle bitkinin tuzluluğa oldukça hassas olduğu bildirilmektedir (Ghamarnia vd., 2012). Literatürde tek bir tuz kaynağı veya farklı tuz kaynaklarının karışımı altında farklı sulama

suyu tuzluluk düzeylerinin çörek otu bitkisine etkileri konusunda sınırlı sayıda da olsa bazı araştırmalar mevcuttur (Hajar vd., 1996; Bourgou vd., 2009; Ghamarnia vd., 2012; Faravani vd., 2013; Habibi vd., 2017; Khalid ve Ahmed, 2017; Papastylianou vd., 2018). Ancak, çörek otu bitkisinde hem farklı tuz kaynakları ve hem de farklı tuzluluk düzeylerinin birlikte ele alındığı detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu tez çalışmasının temel hedefi; değişik tuz kaynaklarıyla ayrı ayrı oluşturulan farklı sulama suyu tuzluluk düzeylerinin çörek otu bitkisinde büyüme, verim ve kalite parametrelerine etkilerini ortaya koyarak literatürdeki önemli bir eksikliği gidermektir. Belirtilen hedefe ulaşmak için bu tez çalışmasının temel amaçları;

- a) Değişik tuz kaynaklarıyla ayrı ayrı oluşturulan farklı tuzluluk düzeylerinin çörek otu bitkisinde su kullanımına etkilerini,
- b) Değişik tuz kaynakları için çörek otu bitkisinin eşik tuzluluk ve eşik tuzluluk sonrası eğim değerini,
- c) Değişik tuz kaynaklarıyla ayrı ayrı oluşturulan farklı tuzluluk düzeylerinin çörek otu bitkisinde büyüme, verim ve kalite parametrelerine etkilerini,
- d) Çörek otu bitkisinde tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi etkileşimini belirlemektir.

2. KAYNAK TARAMASI

Yaygın olarak kültürü yapılan birçok bitkinin farklı biyotik ve abiyotik stres koşullarına tepkileri konusunda zengin araştırmalar ve bulgular mevcuttur. Türkiye’de çörek otu bitkisinin materyal olarak araştırıldığı iki adet çalışma mevcut olup bunlar bitkinin su kısıtına tepkilerini araştırmaya yöneliktir. Bu çalışmaların özeti aşağıda sunulmuştur.

Ozer vd. (2020) 2014 ve 2015 yıllarında gerçekleştirdikleri çalışmada dört farklı su kısıtının (A sınıfı buharlaşma kabına dayalı olarak, toplam buharlaşmanın %100, %80, %60 ve %40’ı) çörek otunun büyüme, verim, verim bileşenleri kalite ve su kullanımına tepkileri araştırılmıştır. Çalışmada sonuçlar çörek otunda verim ve verim bileşenlerinde önemli farklılıklar oluştuğunu ve verimdeki azalmanın artan su açığı ile önemli ölçüde arttığını göstermiştir. Maksimum tohum ve yağ verimi tam sulama konusu altında kaydedilmiştir. Araştırmacılar tam sulama altında tohum veriminin 1414 kg/ha olduğunu ve diğer konularda bu değerin sırasıyla %13.5, % 18.9 ve % 30.1 azaldığını; her ne kadar en yüksek verim tam sulamada ortaya çıksa da kontrol konusuna ait sulama suyu kullanım etkinliğinin diğer konulardan sırasıyla %6.2, % 23.0 ve %37.6 daha düşük olduğu; su kısıtının %40'a eşit veya daha fazla olduğunda su kullanım etkinliğinin önemli ölçüde arttığını; çörek otunun su eksikliği altında tohum ve yağ veriminde önemli azalmalar nedeniyle su stresine duyarlı bir bitki olduğunu bildirmişlerdir.

Senyigit ve Arslan (2018) ise 2013 ve 2014 yıllarında yine Türkiye’de gerçekleştirdikleri çalışmada buharlaşma kabı ve toprak nem dengesine göre elde edilen farklı sulama programlarının çörek otu bitkisinin verim ve vejetatif özellikleri ile su tüketimine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada sulama konuları 3 farklı sulama aralığı (SA; 3, 5 ve 10 gün) ve ilk yıl A sınıfı buharlaşma kabında ölçülen yığışımli buharlaşma miktarının, ikinci yıl ise 0.60 m toprak derinliğindeki mevcut nemi tarla kapasitesine çıkarmak için gerekli olan sulama suyu miktarının (I0 = %0-sulama yapılmayan, I50 = %50 ve I75 = %75 kısıntılı sulama ve I100 = %100 tam sulama) uygulandığı dört farklı sulama suyu düzeyi konularından oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda en yüksek ve düşük bitki su tüketimi değerlerinin sırasıyla, SA3-I100 konusundan 387.6 mm ve I0 konusundan 166.9 mm olarak; en yüksek ve en düşük tohum verimlerinin sırasıyla 1701 kg/ha ile SA5-I100 ve 722 kg/ha ile I0 konusundan elde edildiği; en yüksek su kullanım

randımanı ve sulama suyu kullanım randımanı değerlerinin SA5-I50 konusundan sırasıyla, 5.11 ve 4.80 kg/ha.mm olarak hesaplandığı; verim tepki etmeni değerleri farklı sulama aralığı konularından 0.75 (SA3), 0.80 (SA5) ve 0.50 (SA10) olarak elde edildiği ve her iki yılın değerleri göz önüne alındığında tüm konular için ortalama verim tepki etmeni değerinin 0.68 olarak belirlendiği ortaya konulmuştur. Araştırmacılar iki farklı yöntemle oluşturulan aynı sulama programlarından elde edilen verim, vejetatif özellikler ve ET değerlerinin birbirine yakın olması nedeniyle çörek otu bitkisinin sulanmasında her iki yönteminde kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Rezaei-Chiyaneh vd. (2018) ise İran'da 2014 ve 2015 yıllarında gerçekleştirdikleri çalışmada 3 sulama uygulaması (A sınıfı buharlaşma kabında meydana gelen 50, 100 ve 150 mm buharlaşma sonrasında sulama) ve 4 farklı GABA düzeyi (0, 0.5, 1.0 ve 2.0 mg/L) altında yetiştirilen çörek otunun bazı agronomik ve biyokimyasal tepkileri araştırılmıştır. Çalışmada sonuçlar gamma-aminobutyric acid (GABA) uygulamasından bağımsız olarak en düşük kapsül başına tohum sayısı, 1000 tohum ağırlığını ve tohum verimini değerlerinin aşırı su kısıtı (150 mm buharlaşmadan sonra sulama) konusunda ortaya çıktığını; artan su açığının klorofil a değerini %8.2 ila 15.8 ve klorofil b değerini ise %18.4 ila %41.5 oranında azalttığını ancak 2 mg/L GABA uygulamasının kontrole kıyasla klorofil a ve b içeriğini sırasıyla %6.2 ve %19.2 arttırdığını; ek olarak GABA uygulamasının çözünür şeker içeriği, prolin birikimi ve katalaz (CAT) aktivitesi üzerinde pozitif ve önemli bir etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Araştırmacılar genel olarak, osmoregülasyon ve antioksidan savunma gibi hücrel mekanizmalara ek olarak, GABA uygulamasının su kısıtı ile ilgili stres koşulları altında çörek otu büyümesini ve üretkenliğini artırabileceğini bildirmişlerdir.

Çörek otu bitkisinde tuzluluk stresinin bitki büyümesi, verim ve kalite parametrelerine etkileri konusunda ise sınırlı sayıda literatürde çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu araştırmalar yalnızca NaCl (Ahmadi vd., 2009; Bourgou vd., 2009; Hussain vd., 2009; Faravani vd., 2013; Habibi vd., 2017; Khalid ve Ahmed, 2017) ve NaCl + CaCl₂ (Ghamarnia vd., 2012) kullanılarak oluşturulan farklı tuzluluk düzeylerinin bitkiye etkileri ile sınırlıdır. Bunlara ek olarak polietilen glikol (PEG) (Ghiyasi vd., 2019) ve NaCl (Hajar vd., 1996; Papastylianou vd., 2018) kullanılarak oluşturulan farklı ozmotik

stres düzeyinde çörek otunun çimlenme ve fide büyümesine ile ilgili çalışmalarda mevcuttur. Bu çalışmalar aşağıda kronolojik sırada ana hatlarıyla özetlenmiştir.

Ghiyasi vd. (2019) İran'da gerçekleştirdikleri çalışmada kontrol konusuna ek olarak polietilen glikol ile oluşturulan 4 farklı ozmotik stres düzeyinde (-2, -4, -6 ve -8 bar) tuz ve üre solüsyonlarıyla tohum kaplamasının çimlenme ve fide gelişimine etkilerini araştırılmıştır. Çalışmada sonuçlar çörek otu tohum çimlenmesinin kontrol konusuna göre -2, -4, -6 ve -8 bar ozmotik stres düzeylerinde sırasıyla %16.2, %33.8, %50.9 ve %74.9 azaldığını; kaplanmış tohumların ozmotik stres altında kontrol konusunun kaplanmamış olanlarına göre çimlenme indeksi değerlerinin arttığını, ortalama çimlenme süresinin azaldığını ve çimlenme hızının arttığını; kaplama işleminin son çimlenme yüzdesini -2, -4, -6 ve -8 bar ozmotik basınçlarda sırasıyla %10.5, %24.3, %45.5 ve %74.6 oranında arttırdığını; kontrole kıyasla düşük ozmotik potansiyel altında çimlenme sonrası büyümenin kısıtlandığını ancak kaplamanın çörek otu fide boyu ve ağırlığını arttırdığını göstermiştir. Araştırmacılar her ne kadar tohum kaplamanın çörek otu çimlenmesinde ozmotik stresi olumsuz etkilerini tam olarak ortadan kaldırmasa da bu bitki çeşidinde ozmotik stres etkilerinin azaltılmasında etkin bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Papastylianou vd. (2018) NaCl'e bağlı 5 farklı tuzluluk düzeyinin (0, 80, 160, 240 ve 320 mM NaCl) ve iki farklı çimlenme sıcaklığının (15 ve 20 °C) çörek otu tohum çimlenmesi üzerine etkilerinin araştırdıkları çalışmada, tuzluluk etkisinin tohum çimlenme yüzdesini ve ortalama çimlenme süresini önemli ölçüde etkilediğini; kontrol konusunda çimlenmenin 15 ve 20 °C'de sırasıyla %96 ve %95 olduğunu; sıcaklıktan bağımsız NaCl varlığının çimlenmeyi azalttığını ve 20 °C'ye kıyasla (80 mM tuzluluk düzeyinde çimlenme %65) bu azalmanın 15 °C'de (80 ve 160 mM konsantrasyon konuları altında sırasıyla %15 ve 19) daha fazla olduğunu; ortalama çimlenme süresinin artan NaCl seviyeleri ile özellikle 15 °C'lik sıcaklıkta arttığını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar sonuç olarak sıcaklığın optimum değerden daha düşük olması durumunda tohumların tuzluluk stresi hassasiyetini arttırdığını ve Akdeniz bölgelerinde çörek otu ekimi dönemindekine yakın bir sıcaklık olan 15 °C'de tuz stresinin çörek otunda tohum çimlenme parametrelerini kısıtlandığını bildirmişlerdir.

Habibi vd. (2017) yine İran'da gerçekleştirilen bir diğer çalışmada farklı çörek otu genotiplerinin NaCl tuzunun dört tuzluluk düzeyine (kontrol, 2.5, 5.0 ve 7.5 dS/m)

toleransını değerlendirmişlerdir. Araştırmada 2.5, 5 ve 7.5 dS/m NaCl tuzluluk seviyeleri fide döneminde sulama suyu ile 5 gün arayla üç aşamada uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, tuzluluğun çiçeklenme süresi, bitki boyu, sürgün ve kök kuru ağırlığı, bitki başına kapsül sayısı, kapsül başına tohum sayısı, bitki başına tohum ağırlığı ve olgunluk tarihi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, artan tuzluluk seviyelerinin büyüme, verim ve verim bileşenleri üzerindeki yıkıcı etkilerinin genotiplerin çoğunda belirgin olarak ortaya çıktığını; değerlendirilen genotipler arasında, Kazemin ve Meşhed genotiplerinin kapsül ağırlığı ve sayısı, kapsül başına tane ağırlığı, bitki başına tohum ağırlığı ve sayısı ve biyolojik verim açısından tuz stresi koşulları altında yüksek verime sahip olduğu ortaya çıktığından bunların daha toleranslı genotipler olduğunu; Shahreza ve Isfahan genotiplerinin ise daha hassas genotipler olarak belirlendiğini bildirmişlerdir.

Khalid ve Ahmed (2017) Mısır'da gerçekleştirdikleri çalışmada farklı NaCl tuzu düzeyi (0.4, 1.6, 3.1, 4.7 ve 6.3 dS/m) konularının çörek otu bitkisinde bitki boyu, yaprak sayısı, dal sayısı, kapsül sayısı, kuru ot verimi, tohum verimi gibi bitki büyüme ve verim ile uçucu yağ, temel bileşenler, toplam çözünebilir şeker, prolin, azot ve ham protein gibi biyokimyasal parametrelere etkisini araştırmışlardır. Çalışma 30 cm çapında ve 50 cm yüksekliğe sahip plastik saksılarda gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, artan NaCl tuzluluk düzeylerinde tüm büyüme ve verim parametreleri ile azot ve ham protein değerlerinde önemli ölçüde azalmalar meydana geldiği, diğer biyokimyasal parametrelerin ise artış gösterdiği ortaya konulmuştur. Araştırmacılar, en yüksek büyüme parametre değerleri ile azot ve ham protein değerlerinin kontrol konusunda elde edildiğini, en yüksek biyokimyasal parametre (azot ve ham protein hariç) değerlerinin ise en yüksek NaCl tuzluluk düzeyinde belirlendiğini bildirmişlerdir.

Faravani vd. (2013) İran'da gerçekleştirilen bir başka çalışmada farklı NaCl tuzluluk düzeylerinin (0.3-kontrol, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33 ve 36 dS/m) çörek otu bitkisinde çimlenme, çıkış, biyolojik verim, tohum verimi ve bitki boyuna etkilerini belirlenmeye çalışmışlardır. Araştırmacılar tuzluluğun tohum çimlenmesi, çimlenme oranı, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, fide ağırlığı kök/sürgün, tohum verimi, biyolojik verim ve bitki boyunu önemli düzeylerde etkilediğini ancak uçucu yağ yüzdesini etkilemediğini; en yüksek çimlenme oranının 3 dS/m tuzluluk düzeyinde belirlendiğini,

36 dS/m tuzluluk düzeyinde ise çimlenme olmadığını; tuzluluğun 0.3 dS/m'den 15 dS/m'ye arttırılması durumunda çıkış oranının önemli şekilde etkilediğini; en yüksek çimlenme yüzdesi ve çıkış oranının kontrol konusunda belirlendiğini; tuzluluğun 0.3 dS/m den 9 dS/m'ye çıkmasının ortalama tohum ve biyolojik verimlerin sırasıyla 105 g/m²'den 40 g/m²'ye ve 550 g/m²'den 269 g/m²'ye azaldığını bildirmişlerdir.

Ghamarnia vd. (2012) NaCl ve CaCl₂ (1:1 ağırlık) kullanılarak oluşturulan dört farklı tuzluluk düzeyinin (1, 2, 4 ve 6 dS/m) çörek otu bitkisinde bitki boyu, kapsül başına tohum sayısı, kapsül sayısı, bin tohum ağırlığı, tohum verimi, kök uzunluğu, yağ içeriği, birim alan için yağ verimi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, tuzluluğun, çoğu morfolojik özellik üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu; bitki boyu, bin tohum ağırlığı ve kök uzunluğu değerlerinin en yüksek tuzluluk düzeyinde önemli oranda azaldığını; tohum ve kapsül sayılarının artan tuzluluk düzeylerine paralel olarak azaldığını; kontrol konusuna göre tane ve yağ verimi gibi parametreler için hesaplanan su kullanım etkinliğinin kontrol konusuna göre yine en yüksek tuzluluk düzeyinde sırasıyla %84.8 ve 75.6 oranında azaldığını; bitkinin tohum verimi için tuzluluk eşik değerinin 2 dS/m, tuzluluk eşik değeri sonrasında her bir birim tuzluluk artışında meydana gelen azalmayı ifade eden eğim değerinin ise %18.50 olarak hesaplandığını; bu sonuçların çörek otunun tuzluluğa duyarlı bir bitki olduğunu gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bourgou vd. (2009) tuzluluğun (0, 20, 40 ve 60 mM NaCl ile desteklenmiş kültür ortamı) çörek otu tohumlarının verim, yağ asitleri ve uçucu yağ bileşimleri ve fenolik içeriği üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, NaCl düzeyinin 60 mM'a yükseltilmesinin, tohum verimini %58 ve toplam yağ asitleri miktarını %35 oranında azalttığını; yağ asitleri kompozisyon analizinin linoleik asidin ana yağ asidi (%58.09) olduğunu, bunu oleik (%19.21) ve palmitik (%14.77) asitlerin izlediğini; NaCl tuzluluğunun linoleik asit yüzdesini arttırdığını ancak yağ asitleri havuzunun doymamışlık derecesini ve dolayısıyla yağ kalitesini etkilemediğini; uçucu yağ veriminin kuru ağırlığa göre %0.39 olduğunu ve 20, 40 ve 60 mM NaCl uygulamaları altında bu değer sırasıyla %0.53, 0.56 ve %0.72'ye yükseldiğini; uçucu yağ kemotipi modifikasyonun tuzlulukla kontrollerdeki p-simenden, tuz stresi altındaki bitkilerde γ -terpinen/p-simene ile sonuçlandığını; toplam fenolik madde miktarlarının NaCl uygulamalarıyla azaldığını; tuzluluk esas olarak ana sınıf olan benzoik asitlerin miktarını

20, 40 ve 60 mM NaCl uygulamaları altında sırasıyla %24, %29 ve %44 oranında azalttığını rapor etmişlerdir.

Hussain vd. (2009) Pakistan’da kontrol konusuna ek olarak iki farklı düzeydeki NaCl tuzluluğunun (3 ve 6 dS/m) çörek otunda büyüme (sürgün ve kök uzunlukları ile sürgün yaş ve kuru ağırlıkları) ve iyon içeriklerine (Na, K Ca ve Cl) etkisini araştırdıkları çalışmada, yaş ve kuru sürgün ağırlıkları, sürgün uzunluğu gibi tüm büyüme özelliklerinin tuzluluk düzeyindeki artış bağlı olarak azalırken, tersine tuzluluk düzeyindeki artışla kök uzunluğunun arttığını; tuzluluk arttıkça Na, Cl ve K konsantrasyonları artarken, Ca konsantrasyonunun azaldığını; tuzluluk seviyelerindeki artışla çörek otu biyokütle üretiminde önemli bir azalma olduğunu; tuzluluğa bağlı olarak iyonların birikim modelinin önemli ölçüde değiştiğini bildirmişlerdir.

Hajar vd. (1996) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada kontrol, 50, 100, 150, 200, 250 ve 300 mM NaCl tuzluluk düzeylerinin çörek otu bitkisinde çimlenme, büyüme ve bazı metabolik parametrelere etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara dayanarak çalışmada, bitkinin çimlenme sırasında 150 mM tuzluluk düzeyine kadar tuzluluğa iyi bir tolerans gösterdiğini ancak, sürgün ve kök yaş ve kuru ağırlığı, foto-sentetik pigmentler ve yaprak alanının 150 mM’den yüksek tuzluluklarda azaldığını; çözünür ve çözünmez karbonhidratlar ve prolin içeriklerinin artan NaCl konsantrasyonları ile artarken, amino asitlerin azaldığını; çözünür proteinin kökler hariç tüm tuzluluk seviyelerinden etkilenmediğini; çözünmeyen proteinin artan tuzluluklarda azaldığını; bu sonuçların çörek otu bitkisinin tuza toleranslı bir bitki olduğu ve bir glükofit olarak kabul edilebileceğini bildirmişlerdir.

Yukarıda verilen literatür taramasından da anlaşılabacağı gibi sulama sularında bulunabilen önemli tuzlarla (örneğin CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 ve Na_2SO_4) ayrı ayrı oluşturulan farklı tuzluluk düzeylerinin çörek otu bitkisine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Ayers ve Westcot (1985) sulama suyunun bitkisel üretimde uygunluğunun değerlendirilmesinde sulama suyunda bulunan tuzların hem çeşitlerinin hem de miktarlarının dikkate alınması gerektiğini bildirmişlerdir. İlk defa bu tez çalışmasında farklı tuz kaynaklarıyla ayrı ayrı oluşturulmuş farklı tuzluluk düzeylerinin çörek otu bitkisine etkileri araştırılmış, her bir tuz kaynağı için eşik tuzluluk

ve eşik tuzluluk sonrası eğim değerleri belirlenmeye çalışılmış ve tuz kaynaklarının bu bitkide büyüme, verim ve kalite parametrelerine etkileri karşılaştırılmıştır.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanı

Bu tez çalışması farklı sulama suyu tuzluluk düzeyleri altında yetişen çörek otu bitkisinde büyüme, verim ve kalite parametreleri ile toprak ve drenaj suyuna etkilerinin belirlenmesi amacıyla Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisi'nde kısmen kontrollü şartlarda bir yetiştirme döneminde (Kasım 2020-Mayıs 2021) gerçekleştirilmiştir. Denizden yüksekliği 54 m olan araştırma alanı, 30°38'30"-30°39'45" doğu boylamları ve 36°53'15"- 36°54'15" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Arazi denemesi boyunca, farklı tuzlarla ayrı ayrı oluşturulan farklı düzeylerde elektriksel iletkenliğe sahip sulama suyu uygulamaları sonucu lizimetre topraklarında oluşturulacak tuzluluğun yağışlarla yıkanmasını önlemek amacıyla, araştırma alanının yalnızca üzeri yüksek ışık geçirgenliğine sahip plastik örtü ile kaplanmış olup dört bir tarafı açık bırakılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kısmen kontrollü deneme alanının görünüşü

3.1.2. İklim özellikleri

Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü araştırma alanında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Uzun yıllık verilerine göre ortalama sıcaklık 18.6 °C olup, en soğuk ay 9.9 °C ile Ocak, en sıcak ay ise 34.1 °C ile Temmuz'dur. Yıllık ortalama toplam yağış, buharlaşma ve bağıl nem değerleri ise sırasıyla 1066.9 mm, 1886.3 mm ve %63 (Anonim, 2020) olup çalışmanın yürütüldüğü dönem olan 2020-2021 yılları ve 1930-2020 yılları arasına ait bazı iklim verileri Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Çalışma dönemleri (2020 ve 2021) ve uzun yıllara (1930-2021) ait bazı iklim verileri

Yıl	Aylar	İklim Parametreleri					
		Ortalama Sıcaklık	Maksimum Sıcaklık	Minimum Sıcaklık	Rüzgâr Hızı	Toplam Yağış	Bağıl Nem
		(°C)	(°C)	(°C)	(m/s)	(mm)	(%)
2020	Aralık	13.1	18.3	9.6	2.8	411.9	77.9
2021	Ocak	11.4	16.1	7.7	3.6	211.4	70.3
	Şubat	12.6	18.4	7.8	3.8	25.6	61.9
	Mart	12.9	18.0	8.3	4.0	47.5	57.9
	Nisan	16.8	22.3	11.8	3.6	5.0	62.4
	Mayıs	22.7	28.7	16.9	3.6	0.0	61.4
Uzun Yıllık (1930-2021)	Aralık	11.6	25.4	-1.9	3.0	261.2	68.6
	Ocak	10.0	23.9	-4.3	3.2	234.6	67.1
	Şubat	10.7	26.7	-4.6	3.2	152.1	66.6
	Mart	12.9	28.6	-1.6	3.1	94.0	65.6
	Nisan	16.4	36.4	1.4	2.7	49.4	67.3
	Mayıs	20.6	41.7	6.7	2.5	32.1	67.3

3.1.3. Bitki yetiştirme ortamı

Araştırma bir tuzluluk çalışması olduğundan, toprakta aşırı tuz birikimi önlemek ve her bir sulama suyu tuzluluk düzeyi için belirli bir toprak tuzluluk seviyesini yakalayabilmek amacıyla yetiştirme ortamında periyodik olarak yıkama yapılmıştır

(Maas ve Hoffman, 1977; Ayers ve Westcot, 1985). Çalışmada, sulamaların ölçülü ve sağlıklı yapılabilmesi, yıkama nedeniyle ortaya çıkan drenaj suyu miktarının ve elektriksel iletkenlik değerinin ölçülmesi ve ayrıca su bütçesi yardımıyla bitki su tüketiminin daha sağlıklı belirlenebilmesi amacıyla; tartılabilen, drenaj suyunun toplanmasına ve ölçümüne olanak veren, özel olarak yaptırılmış lizimetreler yetiştirme ortamı olarak kullanılmıştır. Bitki gelişimini engellemeyecek şekilde yeterli büyüklükte fiberglas materyalden özel olarak imal edilmiş lizimetreler 3 mm et kalınlığında, 70 cm yüksekliğinde, 48 cm çapa sahip yaklaşık 80-100 litre hacim ve yaklaşık 180 kg hava kurusu toprak alabilecek kapasiteye sahiptir. Yıkama suyunun kolaylıkla drenaj kabına boşalmasını sağlamak amacıyla, lizimetre tabanında bulunan deliklerin üzerine dört katlı gölgeleme tülü serildikten (Şekil 3.2a) sonra mümkün olduğunca homojen olacak şekilde orta bünyeli toprak, 15 cm kalınlığında tabakalar halinde sıkıştırılarak üstten yaklaşık 12 cm boşluk kalıncaya kadar doldurulmuştur (Şekil 3.2b). Deneme başlangıcında fazladan oluşturulan üç adet lizimetreden alınan toprak örneklerinde; toprak bünyesi, tekstür bileşenlerinin Bouyoucus hidrometre yöntemi ile hesaplanmasından sonra tekstür üçgeninden (Gee ve Bauder, 1986), tarla kapasitesi su içeriği laboratuvarında basınç tablasında toprağın 1/3 atmosfer basınç altında tutabildiği su miktarı, solma noktası su içeriği ise 15 atmosfer basınç altında tutabildiği su miktarı olarak (Klute, 1986) ve hacim ağırlığı ise Blake (1986)'nin belirttiği esaslara göre silindir yöntemi ile belirlenmiştir. Ayrıca bu örneklerde elektriksel iletkenlik ve pH analizleri Richards (1954) tarafından belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından arazi denemesinden farklı olmaması için ayrıca torf veya perlit malzemesi kullanılmamıştır. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2'de sunulmuştur (Düzdemir vd., 2009, Kurunç ve Ünlükara, 2009, Ünlükara vd., 2015).



(a)

(b)

Şekil 3.2. Yetiştirme ortamı olarak kullanılan lizimetrelerin **a)** tabanına tül serilmesi; **b)** tarla kapasitesi ağırlıklarının belirlenmesi

Çizelge 3.2. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	TK (%)	SN (%)	HA (g/cm ³)	EC _e (dS/m)	pH _e	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Tekstür
0-30	22.2	10.0	1.33	0.62	7.85	56.0	16.8	27.2	Kumlu tın
30-60	23.2	9.6	1.38	0.58	7.95	57.8	16.9	25.3	Kumlu tın
TK	: tarla kapasitesi		EC _e : toprak saturasyon çamuru süzüğü elektriksel iletkenliği						
SN	: solma noktası		pH _e : toprak saturasyon çamuru süzüğü pH değeri						
HA	: hacim ağırlığı								

3.1.4. Bitkisel materyal

Çalışmada Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri bölümünden temin edilen *Nigella sativa* türüne ait tescilli Çameli tohumları kullanılmıştır. Siyah kimyon olarak da bilinen çörek otu tohum ekimi şeklinde yetiştirilmekte ve yaklaşık 30- 60 cm boylanabilmektedir. Genel olarak orta ve hafif bünyeli topraklarda yetiştirilebilen bitkide tohumlar haşhaş bitkisinde olduğu gibi kapsül içerisinde olgunlaşır. Yetişme periyodu iklim şartlarına bağlı olarak 140-160 gündür. Çiçeklenme döneminde aşırı sıcaklar üretimi olumsuz etkileyebilmektedir. Karasal iklimlerde Şubat-Mart, ılıman iklimlerde ise Kasım-Aralık aylarında ekim yapılmaktadır.

3.2. Metot

3.2.1. Deneme deseni ve deneme konuları

Bu çalışmada değişik tuz kaynaklarının farklı tuzluluk düzeylerinde çörek otu bitkisine etkileri araştırılacağından, deneme tesadüf bloklarında 2 faktörlü (değişik tuz kaynakları-TK ve farklı sulama suyu tuzluluk düzeyleri-TD) olarak faktöriyel deneme deseninde yürütülmüştür. Denemede birinci faktör olarak, sulama sularında yaygın olarak bulunan tuz bileşiklerinden, CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 ve Na_2SO_4 tuz kaynakları kullanılmıştır. Ghamarnia vd. (2012)'nin yapmış olduğu çalışma dikkate alınarak bu tuzlardan oluşturulacak sulama suyu tuzluluk düzeyleri ise 1.5, 2.5 ve 5.0 dS/m olarak seçilmiştir. Kontrol konusu olarak içerisinde herhangi bir tuz kaynağının karıştırılmadığı 0.6 dS/m elektriksel iletkenlik değerine sahip sulama suyu (EC_i) kaynağı kullanılmıştır (Çizelge 3.3). Bu durumda denemede 72 (6 tuz kaynağı x 4 sulama suyu tuzluluk düzeyi x 3 tekerrür) adet lizimetre kullanılmıştır.

Çizelge 3.3. Araştırmada çalışma konuları

Faktör 1 (Tuz Kaynağı- TK)	Faktör 2 (Tuzluluk Düzeyi-TD)	Açıklama
CaCl_2	0.6 dS/m - Kontrol	Şebeke suyu
	1.5 dS/m – Düşük	Düşük CaCl_2 düzeyi
	2.5 dS/m – Orta	Orta CaCl_2 düzeyi
	5.0 dS/m – Yüksek	Yüksek CaCl_2 düzeyi
MgCl_2	0.6 dS/m - Kontrol	Şebeke suyu
	1.5 dS/m – Düşük	Düşük MgCl_2 düzeyi
	2.5 dS/m – Orta	Orta MgCl_2 düzeyi
	5.0 dS/m – Yüksek	Yüksek MgCl_2 düzeyi
NaCl	0.6 dS/m - Kontrol	Şebeke suyu
	1.5 dS/m – Düşük	Düşük NaCl düzeyi
	2.5 dS/m – Orta	Orta NaCl düzeyi
	5.0 dS/m – Yüksek	Yüksek NaCl düzeyi
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.6 dS/m - Kontrol	Şebeke suyu
	1.5 dS/m – Düşük	Düşük $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ düzeyi
	2.5 dS/m – Orta	Orta $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ düzeyi
	5.0 dS/m – Yüksek	Yüksek $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ düzeyi
MgSO_4	0.6 dS/m - Kontrol	Şebeke suyu
	1.5 dS/m – Düşük	Düşük MgSO_4 düzeyi
	2.5 dS/m – Orta	Orta MgSO_4 düzeyi
	5.0 dS/m – Yüksek	Yüksek MgSO_4 düzeyi
Na_2SO_4	0.6 dS/m - Kontrol	Şebeke suyu
	1.5 dS/m – Düşük	Düşük Na_2SO_4 düzeyi
	2.5 dS/m – Orta	Orta Na_2SO_4 düzeyi
	5.0 dS/m – Yüksek	Yüksek Na_2SO_4 düzeyi

Deneme başlangıcında, her bir tuz kaynağı için farklı tuzluluk seviyesine sahip sulama sularının oluşturulması için gerekli tuz miktarı birim hacim için laboratuvarında belirlenmiştir. Kontrol konusu hariç, her bir tuz kaynağı için hedeflenen üç farklı tuzluluk düzeyi için hesaplanarak bulunan tuz miktarları dikkate alınarak, deneme alanına yerleştirilen 18 adet 100 litrelik plastik dikey su depolarında hazırlanan tuzlu sular denemeler için kullanıma hazır hale getirilmiştir. Arazide ayrıca EC/pH metre yardımıyla sulama suyu tuzluluk düzeyleri kontrol edilmiştir (Kurunc vd., 2020).

3.2.2. Tohum ekimi ve kültürel uygulamalar

Çörek otu için tarla koşullarında önerilen gübreleme 6 kg/da saf N ve 4 kg/da P olup azotlu gübrenin $\frac{1}{2}$ 'si ekimden önce lizimetre toprağına taban gübresi olarak, diğer yarısı ise sapa kalkma dönemi öncesinde üst gübre olarak verilmiştir (Tonçer ve Kızıl, 2004; Kiliç ve Arabacı, 2016). Bu amaçla lizimetre yüzey alanı dikkate alınarak, her bir lizimetreye toplam 6.0 g N ve 1.6 g P gübrelemesi önerilen zamanlarda yapılmıştır. Taban gübrelemesini takiben 24 Aralık 2020 tarihinde her bir lizimetreye 12 cm sıra aralığı olacak şekilde 2 cm derinliğinde çiziler açılarak toplam 1 gr tohum ekimi elle yapılmıştır (Şekil 3.3a). Çimlenme ve çıkışın sağlanması amacıyla ekimi takiben toprak nem içeriği gözlemlenerek sık aralıklarla (2-3 günde bir) sulamalar gerçekleştirilmiştir. Çıkış sağlandığında tüm lizimetrelerde yaklaşık eşit sayıda bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır (Şekil 3.3b). Tüm lizimetrelerde yaklaşık 7-8 cm bitki boyu oluştuğunda konulu sulama uygulamalarına başlanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.3. a) Lizimetrelere çörek otu tohumu ekimi; **b)** Her bir lizimetredeki bitki sayısı eşit olacak şekilde seyreltme

3.2.3. Sulama uygulamalarının planlanması ve bitki su tüketiminin hesaplanması

Denemede sulama zamanına karar vermede kontrol konuları dikkate alınmıştır. Literatürlerde genel bir yaklaşımla toplam kullanılabilir nemin %50 si tüketildiğinde sulamalara başlanması gerektiği bildirilmiştir (Doorenbos ve Kassam, 1979). Bu çalışmada da sulama yöntemi ve denemenin özelliği dikkate alınarak kontrol konusu lizimetrelerde toplam kullanılabilir nemin yaklaşık %45-55'si tüketildiğinde tüm konular sulanmıştır. Denemelerde lizimetrelere verilecek sulama suyu miktarları lizimetrelerin tartım değerlerinden yararlanılarak Eşitlik (1) yardımıyla hesaplanmıştır (Ünlükara vd., 2015; Hancioglu vd., 2019).

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

Eşitlikte AW her sulamada uygulanacak su miktarını (L), W_{fc} lizimetredeki toprak tarla kapasitesi ağırlıklarını (kg), W_a sulama öncesi lizimetre ağırlığını (kg), ρ_w suyun yoğunluğunu (1 kg/L) ve LF yıkama oranını ifade etmiştir. Lizimetrelerde aşırı tuz birikimini önlemek ve her bir tuzluluk konusu için belirli bir toprak tuzluluk seviyesini yakalayabilmek amacıyla yıkama oranı %17 alınmıştır (Maas ve Hoffman, 1977; Ayers ve Westcot, 1985).

Her bir lizimetre için toprak tarla kapasitesi ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu amaçla deneme başlangıcında bitki ekiminden önce lizimetre toprakları suyla doymun hale getirilmiş ve üzerleri kapatılarak drenajın durması beklenmiştir (yaklaşık 24 saat). Saksılardan meydana gelen drenaj tamamen bittikten sonra her bir lizimetre tartılarak belirlenen ağırlık o lizimetre toprağının tarla kapasitesi olarak kabul edilmiştir (Ünlükara vd., 2015; Hancioglu vd., 2019; Kurunc vd., 2020).

Her sulama uygulamasından yaklaşık 24 saat sonra lizimetre altına sızan ve lizimetre altlıklarında biriken su miktarları ölçülerek drenaj suyu elektriksel iletkenlik (EC_{dr}) değerleri yerinde analiz edilmiştir. Lizimetrelerdeki toprak tarla kapasitesinde bitki gelişimi nedeniyle zamanla oluşabilecek değişimler lizimetrelere verilen sulama suyu miktarı, yıkama oranı ve ortaya çıkan drenaj hacmi dikkate alınarak geri beslemeyle düzeltilmiştir. Araştırmada ardışık iki sulama arasındaki bitki su tüketimi

(evapotranspirasyon, ET) Eşitlik (2)'de verilen su bütçesi yardımıyla her bir lizimetre için belirlenmiştir (Ünlükara vd., 2015; Hancioglu vd., 2019; Kurunc vd., 2020):

$$ET = (W_n - W_{(n+1)}) + (AW - R) \quad (2)$$

Eşitlikte W_n ve $W_{(n+1)}$ sırasıyla n. ve (n+1). sulama öncesindeki lizimetre ağırlığını (kg), AW eşitlik 1'den elde edilen uygulanacak sulama suyu miktarını (L), ve R ise n. sulama sonrası lizimetre altlığında ölçülen drenaj suyu miktarını (L) ifade etmiştir.

3.2.4. Toprak örnekleme ve analizleri

Deneme başlangıcında fazladan oluşturulan üç adet lizimetreden alınan toprak örneklerinde yapılan analizlere ek olarak deneme sonunda da her bir tuz kaynağı için hem tuzluluk eşik hem de oransal verim azalması değerlerinin ayrı ayrı belirlenebilmesi için her bir lizimetreden hemen hasat sonrasında, kök bölgesini temsil edecek şekilde burgu yardımıyla toprak profili boyunca toplam 72 adet toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.4a). Alınan örnekler gölgede kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten elenmiş ve saf suyla hazırlanan saturasyon çamurları (Şekil 3.4b) yaklaşık 24 saat bekletildikten sonra bir vakum cihazıyla elde edilen süzüklerde saturasyon çamuru elektriksel iletkenlik (ECe) değerleri EC-pH metre cihazı yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 3.4c) (Richards, 1954).



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.4. a) Denemelerde toprak örneklerinin alınması; b) Saturasyon çamuru süzüğünün hazırlanması; c) Saturasyon çamuru süzüğü analizleri.

3.2.5. Bitki büyüme, verim ve kalite parametreleriyle ilgili ölçüm ve analizler

Yetiştirme periyodu boyunca lizimetrelerdeki bitkilerde ve deneme sonunda hasat edilen bitkilerde yapılan gözlem, ölçüm, ölçüm, sayım ve analizler aşağıda açıklanmıştır:

Bitki Boyu (cm): Yetiştirme dönemi boyunca 7 günlük periyotlarda ve hasat öncesi her bir lizimetrenin orta iki sırasından seçilen ikişer bitkide (toplam dört bitki) olmak üzere tesadüfî olarak seçilen toplam dört bitkinin toprak seviyesinden bitkinin en üst noktasına kadar olan mesafe ölçülerek ortalamaları cep şerit metresi hesaplanmıştır (Şekil 3.5a).

Bitkide Dal Sayısı (adet/bitki): Hasat sonunda bitki boyu gözlemleri yapılan bitkilerin ana gövdeye doğrudan bağlanan dalları sayılarak ortalamaları hesaplanmıştır.

Vejetatif kuru ağırlık (g/bitki): Her bir lizimetredeki tüm bitkilerden kapsül hariç kalan biyolojik materyal tartılıp bitki sayısına bölünerek hesaplanmıştır.

Kapsül Sayısı (adet/bitki): Hasat sonunda gözlem bitkilerindeki kapsül sayıları belirlenerek ortalamaları alınmıştır (Şekil 3.5b).

Tohum Sayısı (adet/bitki): Hasat sonunda gözlem bitkilerindeki tohum sayıları belirlenerek ortalamaları alınmıştır.

Tohum Ağırlığı (mg/bitki): Hasat sonunda gözlem bitkilerindeki tohum ağırlıkları belirlenerek ortalamaları alınmıştır (Şekil 3.5c).

Sabit Yağ Oranı (%): Her bir lizimetreden elde edilecek tohum numuneleri öğütülerek 1 g örneklerde kuru madde tayini yapılmıştır. Diğer öğütülmüş örneklerden 3-5 g alınarak Soklet aparatında hekzanla 4 saat süreyle ekstraksiyona maruz bırakılmıştır. Ekstraksiyon sonucu örnekler etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Bu işlemler sonucu, ekstraksiyon öncesi örnekteki nem miktarı, ekstraksiyon öncesi hava kurusundaki örnek ağırlığı ve ekstraksiyon sonucu elde edilen ağırlık kayıplarından % sabit yağ oranları belirlenmiştir (Selicioğlu, 2018).



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.5. Çalışmada **a)** Bitki boyu ölçümü, **b)** Kapsül sayısının belirlenmesi, **c)** Tohum Sayısı

3.2.6. Tuz toleransı modeli

Deneme sonunda elde edilen bitki başına tohum ağırlığı ve tohum yağ içeriği ile toprak EC_e değerleri yardımıyla her bir tuz kaynağı için tuzluluk stresi nedeniyle bitkide meydana gelen verim azalmalarını belirlemek amacıyla Maas ve Hoffman (1977) tarafından geliştirilen tuz toleransı modeli kullanmıştır. Bu model;

$$\frac{Y_a}{Y_m} = 1 - \left(EC_e - EC_{e-\text{eşik}} \right) \frac{b}{100} \quad (3)$$

eşitliği ile gösterilmektedir. Eşitlikte, Y_m : $EC_e < EC_{e-eşik}$ durumunda elde edilen maksimum bitki başına tohum ağırlığı veya tohum yağ içeriğini, Y_a : $EC_e > EC_{e-eşik}$ durumunda elde edilen gerçek bitki başına tohum ağırlığı veya tohum yağ içeriğini, EC_e : bitki kök bölgesindeki toprağın saturasyon çamuru ekstraksiyonunun elektriksel iletkenlik değerini (dS/m), $EC_{e-eşik}$: verim kaybının ilk meydana geldiği andaki saturasyon çamuru ekstraksiyonunun elektriksel iletkenlik değerini (dS/m), ve b eşik sonrası birim tuzluluk artışı için bitki başına tohum ağırlığı veya tohum yağ içeriğindeki azalmayı ifade etmektedir (Allen, 1998). Böylece her bir tuz kaynağı için hem tuzluluk eşik hem de oransal verim azalması (b) değerleri ayrı ayrı belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2.7. İstatistiksel analiz

Araştırmadan elde edilmiş tüm verilerin analizi SPSS istatistik analiz paketi yardımıyla (SPSS, 2012) yapılmıştır. İncelenen tüm parametreler için ana faktör ve olası faktörler arası interaksiyon etkileri tek değişkenli regresyon şeklinde Genel Lineer Model (GLM) prosedürü uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Bütün istatistiksel testler 0.01 önemlilik düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Ortalamalar arasında olası farklılıklar için grupların belirlenmesi amacıyla da 0.05 önem seviyesinde Duncan testi kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Yıkama Oranı

Tuz kaynağı (TK) x tuzluluk düzeyi (TD) karşılıklı etkileşimi düzeyinde, ortalama yıkama oranı (LF) verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Aynı zamanda, gerek tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın TK ana faktör düzeyinde ve gerekse tuz kaynakları dikkate alınmaksızın TD ana faktörü altında konular arasında yıkama oranı verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar göstermediği hatta her bir TD veya TK konusu altında ortalama yıkama oranı değerinin 0.16 olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, bu parametre TK konuları arasında TD₂ altında istatistiksel anlamda farklılık göstermiştir ($P < 0.01$). En yüksek ortalama yıkama oranı değeri TD₂ altında aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın NaCl, Ca(NO₃)₂, MgCl₂ ve MgSO₄; en düşük değerler ise aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın CaCl₂, Na₂SO₄, MgCl₂ ve MgSO₄ konularında da ortaya çıkmıştır. Buna karşın yıkama oranı değerleri TD konuları arasında hiçbir TK altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında yıkama oranı değerlerinin istatistiksel analizi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	TK Ort.
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.5)	TD ₂ (2.5)	TD ₃ (5.0)		
CaCl ₂	0.15 [†]	0.16	0.15 b [‡]	0.17	öd	0.16
MgCl ₂	0.16	0.16	0.16 ab	0.16	öd	0.16
NaCl	0.16	0.16	0.17 a	0.16	öd	0.16
Ca(NO ₃) ₂	0.16	0.15	0.17 a	0.16	öd	0.16
MgSO ₄	0.16	0.16	0.16 ab	0.15	öd	0.16
Na ₂ SO ₄	0.15	0.16	0.15 b	0.16	öd	0.16
P > F	öd	öd	**	öd		
TD Ort.	0.16	0.16	0.16	0.16		

Önemlilik

Tuz Kaynağı (TK) : öd

Tuzluluk Düzeyi (TD) : öd

TK x TD : öd

[†]: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır.

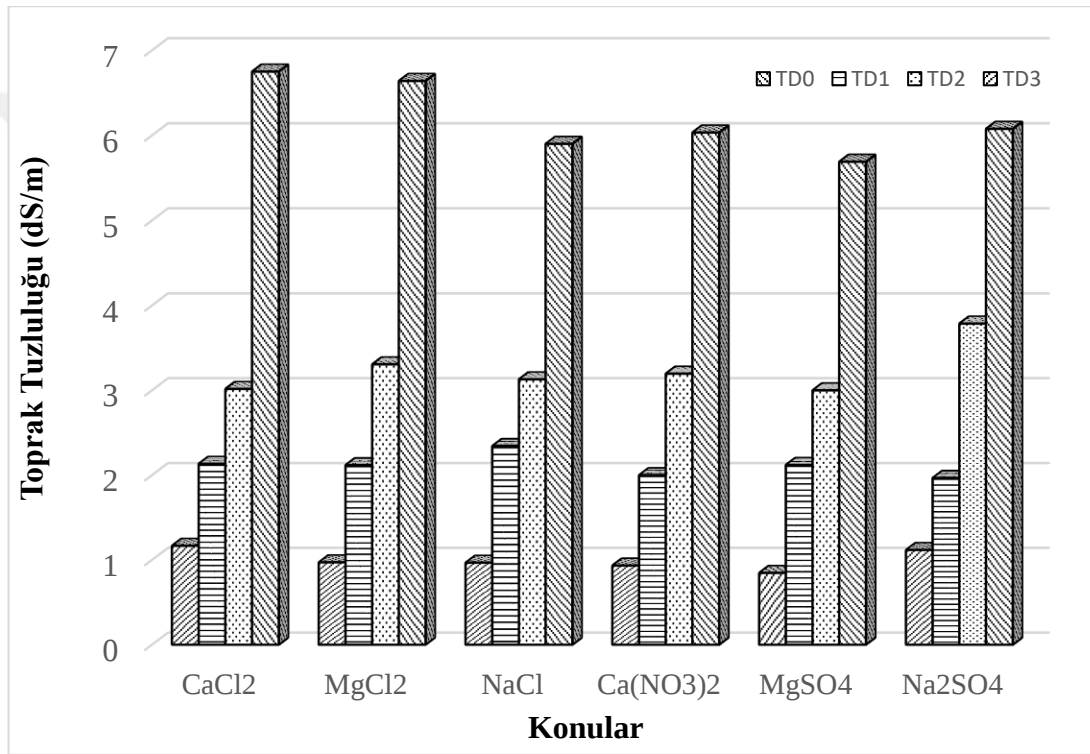
[‡]: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** : 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2. Toprak Tuzluluğu

Yetiştirme dönemi sonunda hemen hasat sonrası alınan toprak örneklerinin analizi sonucu elde edilen ortalama bitki kök bölgesi tuzluluk değerleri her bir TK altındaki TD konuları için Şekil 4.1’de verilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, drenaj suyu tuzluluğuna benzer şekilde, her bir TK altında artan sulama suyu tuzluluk düzeyindeki artışa bağlı olarak bitki kök bölgesi ortalama toprak tuzluluk değerlerinin de arttığı görülmektedir. Ancak özellikle yüksek TD konusunda diğer TK konularına göre CaCl_2 ve MgCl_2 tuz kaynaklarında bu artışın daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında sezon sonu ortalama toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluk değerleri

TK x TD karşılıklı etkileşimi düzeyinde, hasat sonrası analizle belirlenen ortalama toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluk (EC_e) verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ana faktör olarak TD dikkate alındığında, EC_e verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P < 0.01$) ancak bu parametre değerlerinin TK ana faktör düzeyi altında farklılık göstermediği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluk değerleri TD ana faktörü

altında 1.00 (kontrol tuz stresi) ile 6.18 (yüksek tuz stresi) dS/m arasında değişim göstermiştir. Uygulanan sulama suyu tuzluluğundaki artışa bağlı olarak kontrol tuzluluk konusuna göre EC_e değerlerinde düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla 2.11, 3.24 ve 6.18 kat artış meydana gelmiştir. Ana faktör TK altında ise ortalama EC_e değerlerinin aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 2.91 ile 3.26 dS/m arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında toprak saturasyon çamuru süzüğü elektriksel iletkenlik (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	TK Ort.
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.5)	TD ₂ (2.5)	TD ₃ (5.0)		
CaCl ₂	1.17 [†] D [‡]	2.13 Ca [†] b	3.02 B	6.75 A	**	3.23
MgCl ₂	0.97 D	2.12 Cab	3.31 B	6.64 A	**	3.26
NaCl	0.97 C	2.34 Ba	3.13 B	5.90 A	**	3.09
Ca(NO ₃) ₂	0.93 D	2.00 Cb	3.20 B	6.03 A	**	3.04
MgSO ₄	0.85 D	2.12 Cab	3.00 B	5.69 A	**	2.91
Na ₂ SO ₄	1.12 C	1.97 Cb	3.79 B	6.08 A	**	3.24
P > F	öd	*	öd	öd		
TD Ort.	1.00 D	2.11 C	3.24 B	6.18 A		
<u>Önemlilik</u>						
Tuz Kaynağı (TK)	: öd					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: **					
TK x TD	: öd					

[†]: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır.

[‡]: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

[‡]: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütün boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** ve *: sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

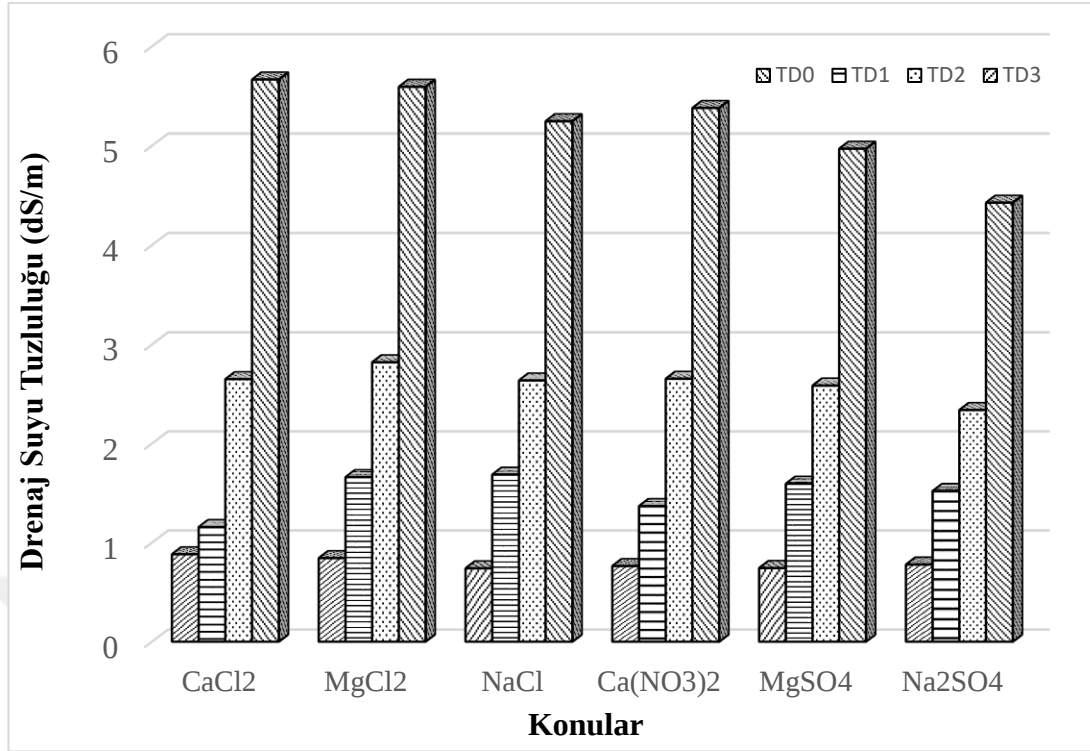
Toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluk değerleri her bir TK altında TD konuları arasında istatistiksel anlamda farklılık (P<0.01) gösterirken, TK konuları arasında yalnızca TD₁ konusu altında %5 önem seviyesinde farklılıkların olduğu belirlenmiştir. En yüksek EC_e değerleri her bir TK altında yüksek tuzluluk düzeyi konusunda; en düşük ise CaCl₂, MgCl₂, NaCl, Ca(NO₃)₂ ve MgSO₄ tuz kaynaklarında kontrol, Na₂SO₄ tuz kaynağında ise aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın kontrol ve düşük tuz stresi altında ortaya çıkmıştır. EC_e değerleri TD₁ altında aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın en yüksek NaCl, CaCl₂, MgCl₂, MgSO₄ tuz kaynaklarında ortaya çıkarken, en düşük değerler ise Ca(NO₃)₂ ve Na₂SO₄ tuz

kaynaklarında ortaya çıkmış olup, bu tuz kaynakları CaCl_2 , MgCl_2 , MgSO_4 tuz kaynakları altındaki EC_e değerinden istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.2).

4.3. Drenaj Suyu Tuzluluğu

Yetiştirme sezonu boyunca 5 kez %17 olarak hedeflenen yıkama oranını da içerecek şekilde gerçekleştirilen konulu sulama uygulamalarından sonra lizimetre altlıklarında biriken drenaj sularında yapılan elektriksel iletkenlik ölçümlerinin mevsimsel ortalamaları her bir TK altındaki TD konuları için Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, her bir TK altında artan sulama suyu tuzluluk düzeyindeki artışa bağlı olarak drenaj suyu tuzluluklarının da arttığı görülmektedir. Ancak bu artışın özellikle yüksek TD konusunda Cl ve NO_3 içeren tuzlara göre SO_4 içeren tuz kaynaklarında bir miktar daha düşük olduğu belirlenmiştir. (Şekil 4.2).

TK x TD karşılıklı etkileşimi düzeyinde her sulama sonrası lizimetre altlıklarda biriken drenaj sularının elektriksel iletkenlik (EC_{dr}) dönemsel ortalama değerleri %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu nedenle, EC_{dr} verilerinin yorumlanmasında TK ve TD ana faktörleri ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilmemiş, yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır. Ana faktörler arasında interaksiyonu önemli bulunan EC_{dr} verileri arasında en yüksek değer aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın $\text{CaCl}_2\text{-TD}_3$ (5.67 dS/m), $\text{MgCl}_2\text{-TD}_3$ (5.60 dS/m), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{-TD}_3$ (5.38 dS/m) ve NaCl-TD_3 (5.25 dS/m), en küçük değer ise yine aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın TD_0 altındaki tüm tuz kaynakları ile TD_1 altında CaCl_2 tuz kaynağında (0.74 ile 1.16 dS/m arasında) ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3). $\text{CaCl}_2\text{-TD}_3$ kombinasyonunda belirlenen en yüksek EC_{dr} değerinin kontrol, düşük ve orta tuz stresi altındaki TK konulara ait değerlerden sırasıyla 6.44-7.66, 3.36-4.89 ve 2.01-2.43 kat arasında değişen oranlarda, ve yine $\text{MgSO}_4\text{-TD}_3$ ve $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-TD}_3$ kombinasyon konularından ise sırasıyla 1.14 ve 1.28 kat daha yüksek tuzluluk değerine sahip olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 4.2. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında sezonluk ortalama drenaj suyu tuzluluk değerleri

Çizelge 4.3. Tuz kaynağı x tuzluluk düzeyi interaksyonu altında ortalama drenaj suyu elektriksel iletkenlik (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.5)	TD ₂ (2.5)	TD ₃ (5.0)
CaCl ₂	0.88 [†] <i>fg</i>	1.16 <i>efg</i>	2.65 <i>d</i>	5.67 <i>a</i>
MgCl ₂	0.84 <i>fg</i>	1.66 <i>e</i>	2.82 <i>d</i>	5.60 <i>a</i>
NaCl	0.74 <i>g</i>	1.69 <i>e</i>	2.64 <i>d</i>	5.25 <i>ab</i>
Ca(NO ₃) ₂	0.76 <i>g</i>	1.37 <i>ef</i>	2.65 <i>d</i>	5.38 <i>ab</i>
MgSO ₄	0.74 <i>g</i>	1.60 <i>e</i>	2.59 <i>d</i>	4.97 <i>b</i>
Na ₂ SO ₄	0.77 <i>g</i>	1.52 <i>e</i>	2.33 <i>d</i>	4.43 <i>c</i>

Önemlilik

Tuz Kaynağı (TK)	: *
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: **
TK x TD	: *

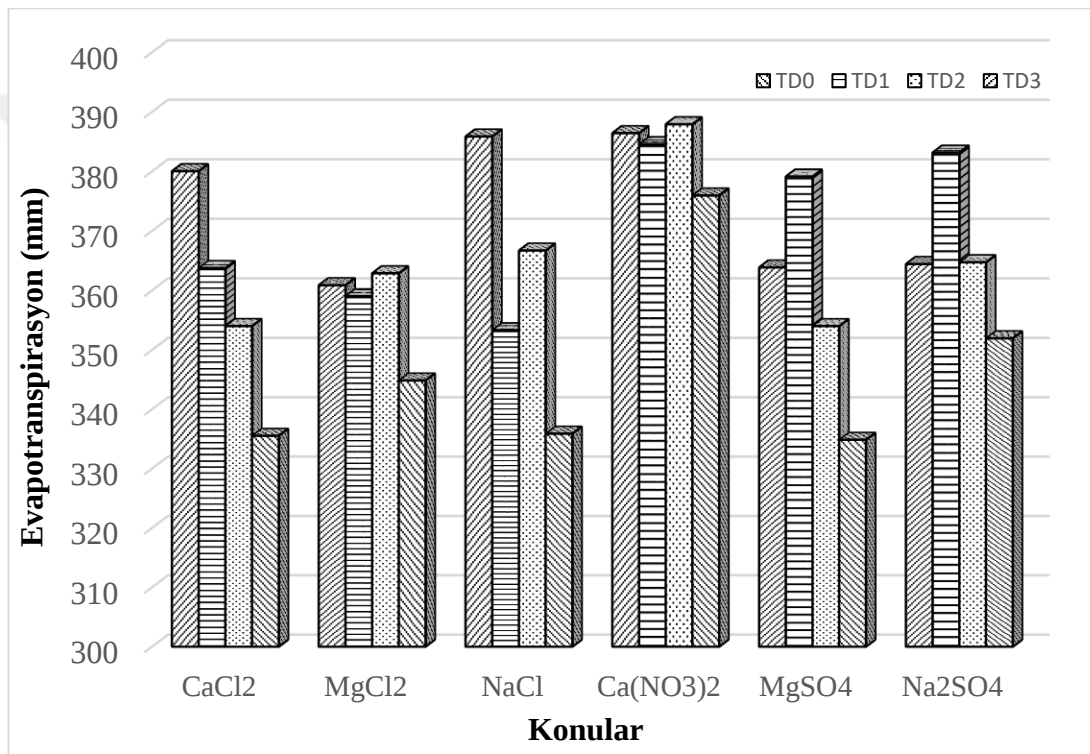
[†]: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.

[‡]: Harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** ve *: sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

4.4. Bitki Su Tüketimi

Her bir TK altında TD konularına ilişkin çörek otunun mevsimsel bitki su tüketimi (ET) grafiksel olarak Şekil 4.3’de sunulmuştur. Şekil incelendiğinde, tüm TK konularında en düşük ET değerlerinin yüksek su stresi konularında ortaya çıktığı; $MgSO_4$ ve Na_2SO_4 tuz kaynaklarında kontrol konusuyla karşılaştırıldığında en yüksek ET değerlerinin düşük tuz stresinde olduğu; diğer TK konuları ile karşılaştırıldığında, $MgCl_2$ ve $Ca(NO_3)_2$ tuz kaynaklarında ET değerlerinin TD konuları arasında daha az bir değişim gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu bitkisinin su tüketimi

TK x TD karşılıklı etkileşimi düzeyinde ortalama ET verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Ana faktör olarak TD dikkate alındığında ET verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P < 0.05$), ancak bu parametre değerlerinin TK ana faktör düzeyi altında farklılık göstermediği belirlenmiştir. Bitki su tüketimi değerleri TD ana faktörü altında 346.5 (yüksek tuz stresi) ile 373.6 (kontrol) mm/mevsim arasında değişim göstermiş, ancak yalnızca yüksek tuz

stresi altında ET değeri kontrol konusundan istatistiksel anlamda farklı bulunmuştur. Kontrol tuzluluk konusuna göre ET değerlerindeki azalma yüksek tuz stresi konularında %7.3 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör TK altında ise ortalama ET değerlerinin aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 356.9 ile 383.7 mm/mevsim arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında bitki su tüketimi (mm/mevsim) değerlerinin istatistiksel analizi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	TK Ort.
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.5)	TD ₂ (2.5)	TD ₃ (5.0)		
CaCl ₂	380.0 [†]	363.7	354.0	335.5	öd	358.3
MgCl ₂	360.8	359.0	362.9	344.9	öd	356.9
NaCl	385.8	353.3	366.7	335.9	öd	360.5
Ca(NO ₃) ₂	386.4	384.6	387.9	375.9	öd	383.7
MgSO ₄	363.9 A [‡] B	379.1 A	354.0 BC	334.9 C	*	358.0
Na ₂ SO ₄	364.4	383.1	364.7	352.0	öd	366.0
P > F	öd	öd	öd	öd		
TD Ort.	373.6 A	370.5 A	365.0 A	346.5 B		
<u>Önemlilik</u>						
Tuz Kaynağı (TK)	: öd					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: *					
TK x TD	: öd					

[†]: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.

[‡]: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

*: 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

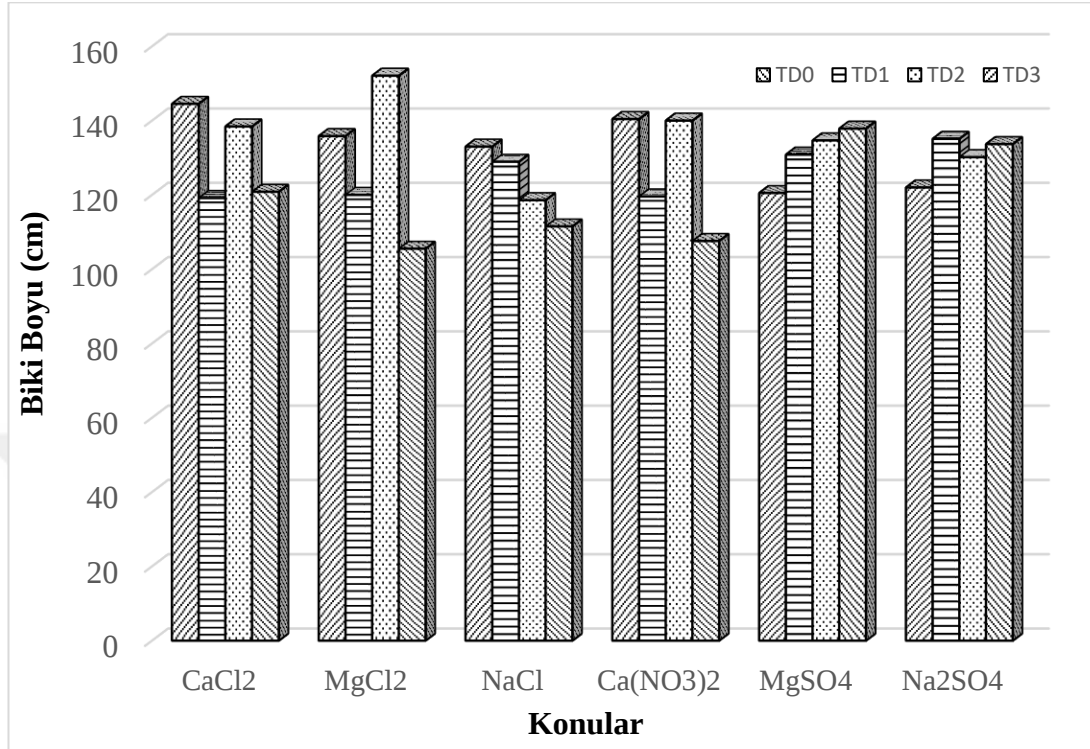
öd: istatistiksel olarak önemsiz.

ET değerleri TK konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, TD konuları arasında yalnızca MgSO₄ tuz kaynağı altında %5 önem seviyesinde ET değerlerinin orta (354.0 mm/mevsim) ve yüksek (334.9 mm/mevsim) tuzluluk düzeylerinde kontrol (363.9 mm/mevsim) ve düşük (379.1 mm/mevsim) tuzluluk düzeylerine göre daha az olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

4.5. Bitki Boyu

Hemen hasat öncesinde ölçülen ortalama bitki boyları her bir TK altındaki TD konuları için Şekil 4.4’de sunulmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde, ortalama bitki boylarının tuzluluk düzeyindeki artışa bağlı olarak SO₄ içeren tuz kaynaklarında az

miktarda arttığı, NaCl tuz kaynağında az miktarda azaldığı ve diğer tuz kaynaklarında ise değişken bir durum gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında hasat öncesi çörek otu ortalama bitki boyu değerleri

Hasat öncesi ölçülen çörek otu bitki boyu varyans sonuçları TK x TD karşılıklı etkileşimi düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın ana faktör olarak tuz kaynağı konuları altında bitki boyu ölçümlerinin 123.0 ile 131.0 cm arasında değiştiği belirlense de bu değerler istatistiksel anlamda farklı bulunmamıştır. Buna karşın tuz kaynakları dikkate alınmaksızın TD ana faktörü altında bitki boyu verileri arasındaki değişim istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. TD ana faktörü altında en büyük bitki boyu aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın kontrol (132.7 cm), düşük (125.6 cm) ve orta (135.7 cm) tuz stresinde ölçülmüştür. En küçük bitki boyu ise yüksek tuzluluk düzeyinde (119.5 cm) ortaya çıkarken bu değer kontrol ve düşük tuzluluk stresi altında ölçülen bitki boyundan önemli düzeyde bir farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.5).

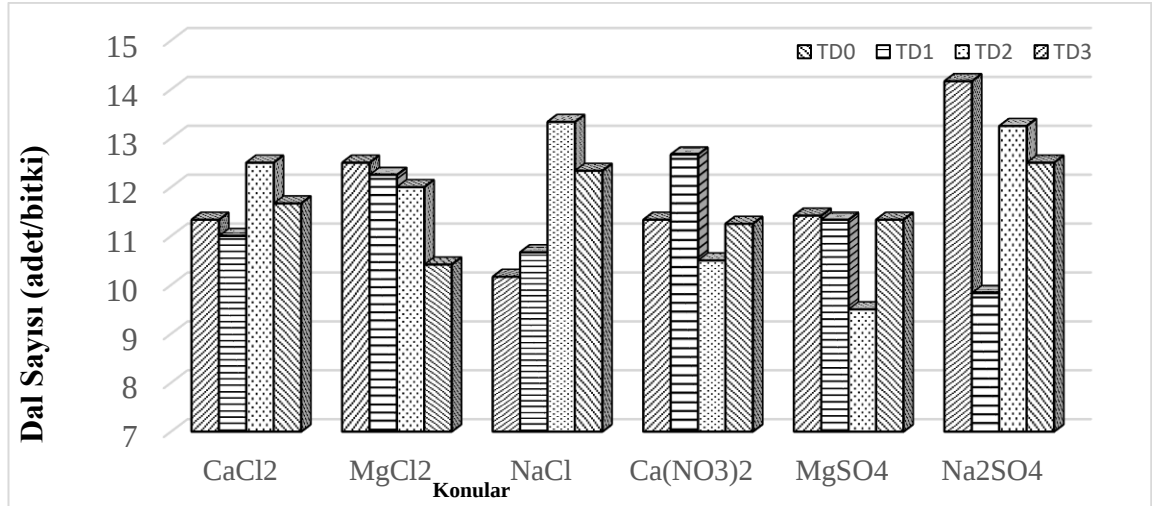
Bitki boyu ölçümleri TK konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, TD konuları arasında yalnızca MgCl₂ tuz kaynağı altında %1 önem seviyesinde en yüksek bitki boyunun orta (152.1 cm) ve kontrol (135.9 cm) tuzluluk düzeylerinde, en düşük (105.5 cm) ise yüksek tuzluluk düzeyinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında bitki boyu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	TK Ort.
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.5)	TD ₂ (2.5)	TD ₃ (5.0)		
CaCl ₂	144.5 [†]	119.2	138.5	120.9	öd	130.8
MgCl ₂	135.9 A [‡] B	120.0 BC	152.1 A	105.5 D	**	128.4
NaCl	133.0	128.9	118.6	111.5	öd	123.0
Ca(NO ₃) ₂	140.5	119.6	140.0	107.6	öd	126.9
MgSO ₄	120.5	130.9	134.7	137.9	öd	131.0
Na ₂ SO ₄	122.0	135.1	130.2	133.7	öd	130.3
P > F	öd	öd	öd	öd		
TD Ort.	132.7 AB	125.6 AB	135.7 A	119.5 B		
<i>Önemlilik</i>						
Tuz Kaynağı (TK)	: öd					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: *					
TK x TD	: öd					
[†] : İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.						
[‡] : Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
** ve *: sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.						
öd: istatistiksel olarak önemsiz.						

4.6. Dal Sayısı

Hasat sonrası belirlenen çörek otu bitkisinin ortalama dal sayıları her bir TK altındaki TD konuları için Şekil 4.5’de sunulmuştur.



Şekil 4.5. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu ortalama dal sayısı değerleri

Şekil 4.5 incelendiğinde gerek TK ve gerekse TD konularının ortalama dal sayısına etkisi ile ilgili genel bir yargıya varmak mümkün olmamıştır.

TK x TD karşılıklı etkileşimi düzeyinde, ortalama dal sayısı verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Aynı zamanda, gerek tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın TK ana faktör düzeyinde ve gerekse tuz kaynakları dikkate alınmaksızın TD ana faktörü altında konular arasında dal sayısı verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar göstermediği ortaya çıkmıştır. Ortalama dal sayılarının TD ana faktörü altında 11.3 ile 11.8 adet/bitki, TK ana faktörü altında ise 10.9 ile 12.4 adet/bitki arasında olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, bu parametre TK konuları arasında yalnızca TD₂ altında, TD konuları arasında ise yalnızca Na₂SO₄ altında %5 önem seviyesinde istatistiksel anlamda farklılık göstermiştir. En fazla ortalama dal sayısı değeri TD₂ altında aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın NaCl, Na₂SO₄, CaCl₂ ve MgCl₂; en az ise yine aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın Ca(NO₃)₂ ve MgSO₄ konularında ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, Na₂SO₄ tuz kaynağı altında ise ortalama dal sayısı değeri aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın en fazla kontrol, orta ve yüksek; en az ise düşük tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında dal sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	TK Ort.
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.5)	TD ₂ (2.5)	TD ₃ (5.0)		
CaCl ₂	11.3 [†]	11.0	12.5 a [‡] b	11.7	öd	11.6
MgCl ₂	12.5	12.2	12.0 ab	10.4	öd	11.8
NaCl	10.1	10.7	13.3 a	12.3	öd	11.6
Ca(NO ₃) ₂	11.3	12.7	10.5 bc	11.3	öd	11.4
MgSO ₄	11.4	11.3	9.5 c	11.3	öd	10.9
Na ₂ SO ₄	14.2 A [£]	9.8 B	13.3 Aa	12.5 A	*	12.4
P > F	öd	öd	*	öd		
TD Ort.	11.8	11.3	11.8	11.6		

Önemlilik

Tuz Kaynağı (TK) : öd

Tuzluluk Düzeyi (TD) : öd

TK x TD : öd

[†]: İtalik yazılmış bölümdedir; her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır.[£]: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.[‡]: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

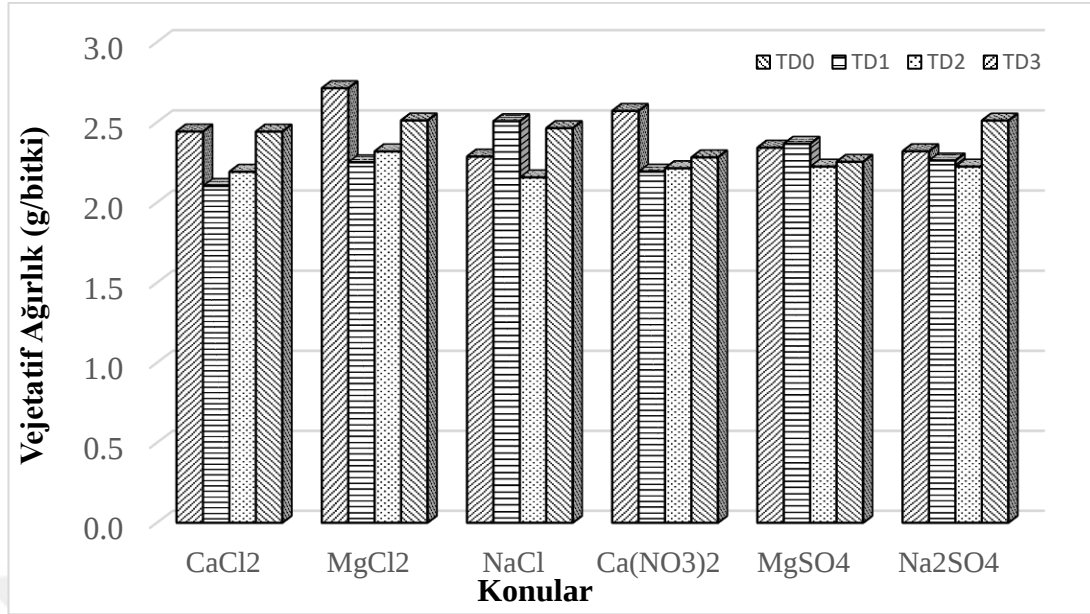
*: 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.7. Vejetatif Kuru Ağırlık

Hasat sonrası belirlenen çörek otu bitkisinin ortalama vejetatif kuru ağırlıkları her bir TK altındaki TD konuları için Şekil 4.6'da sunulmuştur. Şekil 4.6 incelendiğinde gerek TK ve gerekse TD konularının ortalama vejetatif kuru ağırlığa etkisi ile ilgili genel bir yargıya varmak mümkün olmamıştır.

Çörek otu vejetatif kuru ağırlık verilerine ilişkin varyans sonuçları TK x TD karşılıklı etkileşimi düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın ana faktör olarak tuz kaynağı konuları altında vejetatif kuru ağırlık değerlerinin 2.30 ile 2.45 g/bitki arasında değiştiği belirlense de bu değerler istatistiksel anlamda farklı bulunmamıştır. Buna karşın, tuz kaynakları dikkate alınmaksızın TD ana faktörü altında vejetatif kuru ağırlık değerleri arasındaki değişim istatistiksel olarak önemli (P<0.01) bulunmuştur. TD ana faktörü altında en yüksek vejetatif kuru ağırlık aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın kontrol (2.45 g/bitki) ve yüksek tuz stresinde (2.41 g/bitki) ölçülmüştür. En düşük vejetatif kuru ağırlık ise orta tuz stresinde (2.22 g/bitki) ortaya çıkarken bu değer düşük tuz stresi altında belirlenen değerden (2.28 g/bitki) önemli düzeyde bir farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.7).



Şekil 4.6. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu ortalama vejetatif kuru ağırlık değerleri

Vejetatif kuru ağırlık değerleri gerek TK konuları arasında hiçbir TD altında ve gerekse TD konuları arasında hiçbir TK altında istatistiksel anlamda farklılık göstermediği belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında vejetatif kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	TK Ort.
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.5)	TD ₂ (2.5)	TD ₃ (5.0)		
CaCl ₂	2.44 [†]	2.10	2.19	2.44	öd	2.30
MgCl ₂	2.71	2.25	2.32	2.51	öd	2.45
NaCl	2.29	2.50	2.16	2.46	öd	2.35
Ca(NO ₃) ₂	2.57	2.19	2.21	2.28	öd	2.31
MgSO ₄	2.34	2.37	2.22	2.26	öd	2.30
Na ₂ SO ₄	2.32	2.26	2.22	2.51	öd	2.33
P > F	öd	öd	öd	öd		
TD Ort.	2.45 A [£]	2.28 BC	2.22 C	2.41 AB		
<u>Önemlilik</u>						
Tuz Kaynağı (TK)	: öd					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: **					
TK x TD	: öd					

[†]: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrür ortalamasıdır.

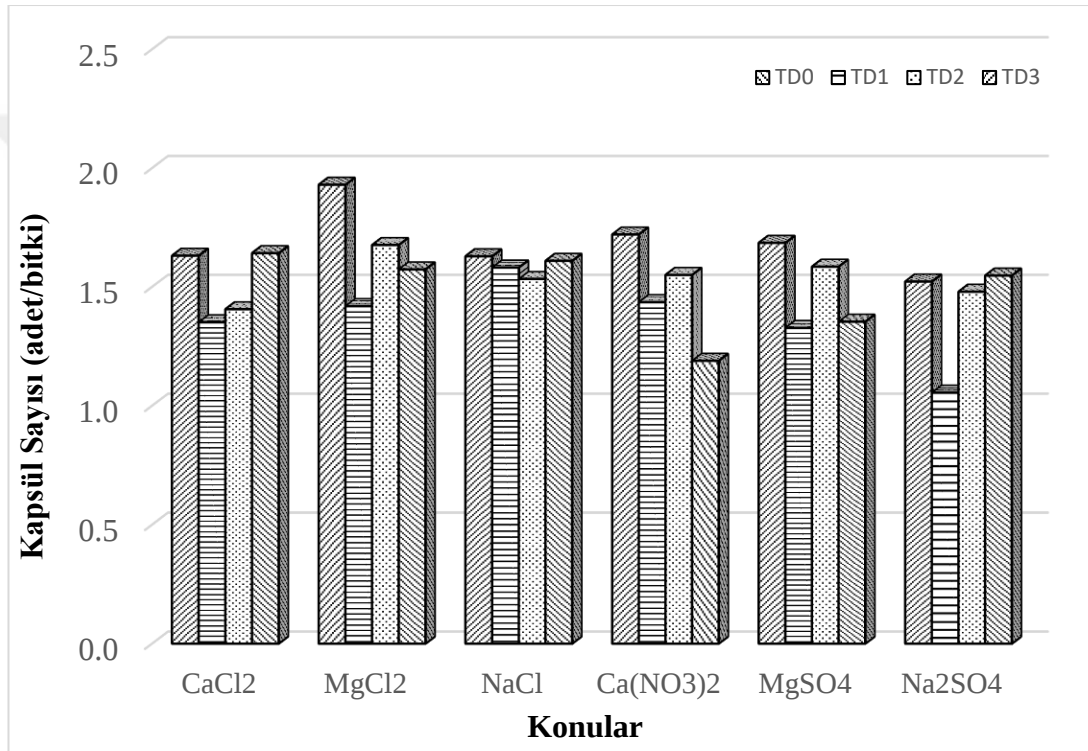
[£]: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** : 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.8. Kapsül Sayısı

Hasat sonrası belirlenen çörek otu bitkisinin ortalama kapsül sayıları her bir TK altındaki TD konuları için Şekil 4.7’de sunulmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde, CaCl_2 TK altında kontrol ve yüksek; MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ve MgSO_4 TK altında kontrol ve orta; Na_2SO_4 TK altında ise kontrol orta ve yüksek TD konularında kapsül sayısının diğer konulardan nispeten biraz daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu ortalama kapsül sayısı değerleri

TK x TD karşılıklı etkileşimi düzeyinde ortalama kapsül sayısı verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Buna karşın, gerek tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın TK ana faktörü ($P < 0.01$) ve gerekse tuz kaynakları dikkate alınmaksızın TD ana faktörü altında ($P < 0.05$) kapsül sayısı verilerinin istatistiksel olarak farklılık gösterdiği ortaya çıkmıştır. TD ana faktörü altında en yüksek kapsül sayısı kontrol konusunda (1.69 adet/bitki), en düşük ise aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın düşük (1.36 adet/bitki) ve yüksek tuz stresi (1.49

adet/bitki) konularında belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Kontrol konusuna göre kapsül sayısındaki azalma düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %19.5, %8.9 ve %11.8 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde TK ana faktörü altında en fazla kapsül sayısı $MgCl_2$ (1.65 adet/bitki), $NaCl$ (1.59 adet/bitki), $CaCl_2$ (1.51 adet/bitki) ve $MgSO_4$ (1.49 adet/bitki) tuz kaynakları altında, en az ise Na_2SO_4 (1.40 adet/bitki) tuz kaynağında belirlenmiş olup bu en düşük değer $Ca(NO_3)_2$ (1.48 adet/bitki), $MgSO_4$ ve $CaCl_2$ tuz kaynakları altında oluşan kapsül sayısından istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.8). En fazla kapsül sayısının ortaya çıktığı $MgCl_2$ tuz kaynağına göre kapsül sayısındaki azalma $Ca(NO_3)_2$ ve Na_2SO_4 tuz kaynaklarında sırasıyla %10.3 ve %15.2 olarak hesaplanmıştır.

Kapsül sayısı TK konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, TD konuları arasında $CaCl_2$ ve $Ca(NO_3)_2$ tuz kaynakları altında %5 önem seviyesinde istatistiksel anlamda farklılıkların olduğu belirlenmiştir. En fazla kapsül sayısı aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın $CaCl_2$ tuz kaynağı altında kontrol (1.63 adet/bitki) ve yüksek tuz stresi (1.64 adet/bitki); $Ca(NO_3)_2$ tuz kaynağı altında ise kontrol (1.72 adet/bitki), düşük (1.44 adet/bitki) ve orta tuz stresi (1.55 adet/bitki) konularında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında kapsül sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	TK Ort.
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.5)	TD ₂ (2.5)	TD ₃ (5.0)		
CaCl₂	1.63 [†] A [‡]	1.35 B	1.41 B	1.64 A	*	1.51 abc[‡]
MgCl₂	1.93	1.42	1.68	1.57	öd	1.65 a
NaCl	1.63	1.58	1.53	1.61	öd	1.59 ab
Ca(NO₃)₂	1.72 A	1.44 AB	1.55 AB	1.19 B	*	1.48 bc
MgSO₄	1.69	1.33	1.59	1.35	öd	1.49 abc
Na₂SO₄	1.52	1.06	1.48	1.55	öd	1.40 c
P > F	öd	öd	öd	öd		
TD Ort.	1.69 A	1.36 C	1.54 B	1.49 BC		

Önemlilik

Tuz Kaynağı (TK) : *

Tuzluluk Düzeyi (TD) : **

TK x TD : öd

[†]: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır.

[‡]: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

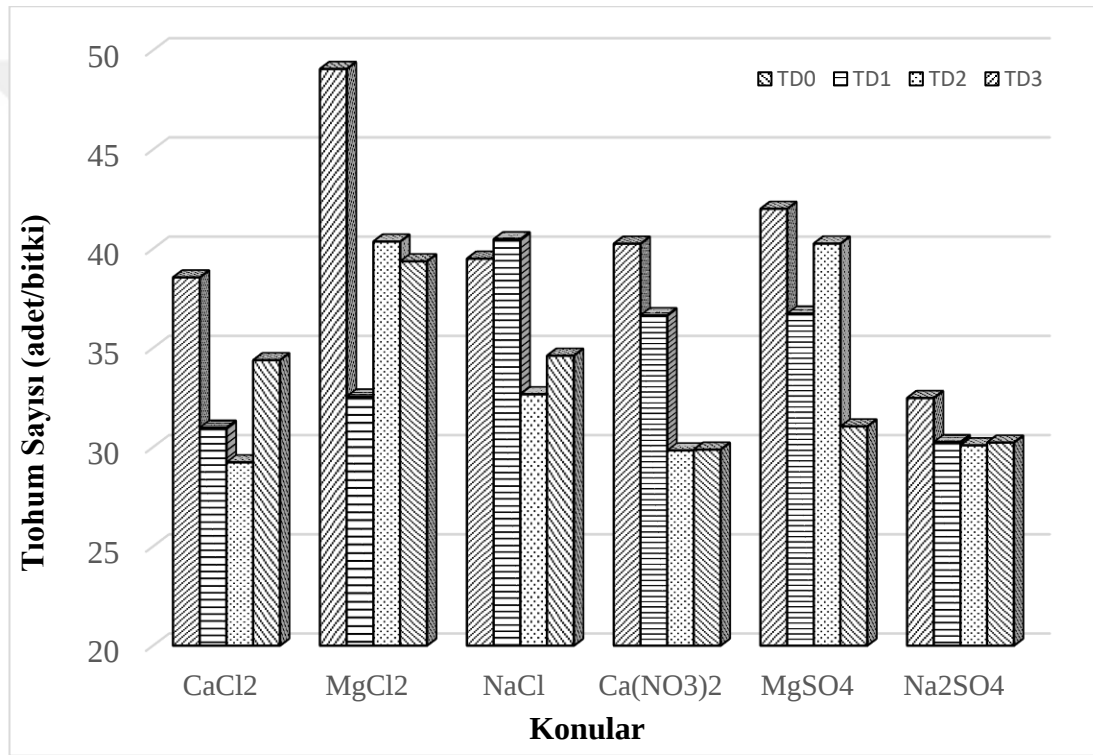
[‡]: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** ve *: sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.9. Tohum Sayısı

Hasat sonrası belirlenen çörek otu bitkisinin ortalama tohum sayıları her bir TK altındaki TD konuları için Şekil 4.8’de sunulmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde, CaCl_2 TK altında kontrol ve yüksek; MgCl_2 ve Na_2SO_4 TK altında kontrol; NaCl ve $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ TK altında kontrol ve düşük; MgSO_4 TK altında ise kontrol ve orta TD konularında tohum sayısının diğer konulardan nispeten biraz daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu ortalama tohum sayısı değerleri

TK x TD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitki başına ortalama tohum sayısı değerleri %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu nedenle, tohum sayısı verilerinin yorumlanmasında TK ve TD ana faktörleri ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilmemiş, yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır. Ana faktörler arasında interaksyonu önemli bulunan bitki başına ortalama tohum sayısı

verileri arasında en fazla değer aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın MgCl_2 - TD_1 (49.1 adet/bitki) ve MgSO_4 - TD_1 (42.0 adet/bitki), en az değer ise yine aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın TD_0 altında Na_2SO_4 tuz kaynağı ile TD_1 altında (NaCl hariç), TD_2 altında (MgCl_2 ve MgSO_4 hariç) TD_3 altında (MgSO_4 hariç) tüm tuz kaynaklarında ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Tuz kaynağı x tuzluluk düzeyi interaksiyonu altında tohum sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

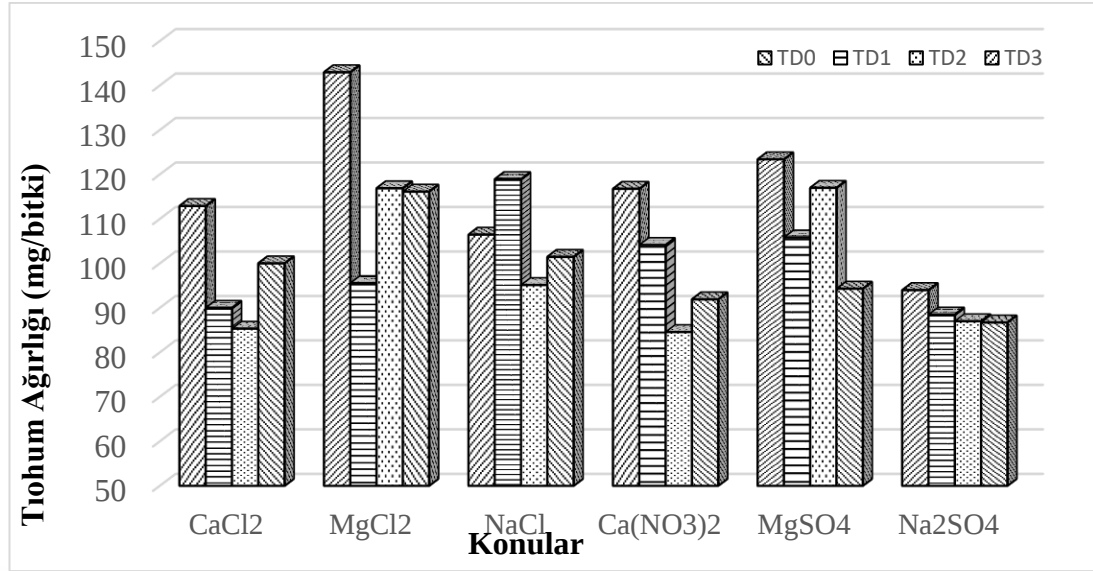
Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)			
	TD₀ (0.6)	TD₁ (1.5)	TD₂ (2.5)	TD₃ (5.0)
CaCl₂	38.6 [†] bcde [‡]	31.0 def	29.2 f	34.4 bcdef
MgCl₂	49.1 a	32.6 cdef	40.4 bc	39.4 bcd
NaCl	39.5 bcd	40.5 bc	32.7 cdef	34.6 bcdef
Ca(NO₃)₂	40.3 bc	36.7 bcdef	29.8 ef	29.9 ef
MgSO₄	42.0 ab	36.7 bcdef	40.3 bc	31.0 def
Na₂SO₄	32.5 cdef	30.3 ef	30.1 ef	30.2 ef
Önemlilik				
Tuz Kaynağı (TK)	: **			
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: **			
TK x TD	: *			

[†]: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrür ortalamasıdır.
[‡]: Harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.
 ** ve *: sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

En yüksek tohum sayısı değerinin belirlendiği MgCl_2 - TD_1 kombinasyon konusuna göre istatistiksel anlamda farklılık gösteren kontrol, düşük, orta ve yüksek tuz stresi altındaki TK konulara ait değerler sırasıyla %17.9-%33.8, %17.5-%38.3, %17.2-%40.5 ve %19.8-%39.1 arasında değişen oranlarda azaldığı hesaplanmıştır.

4.10. Tohum Ağırlığı

Hasat sonrası belirlenen çörek otu bitkisinin ortalama tohum ağırlıkları her bir TK altındaki TD konuları için Şekil 4.9'da sunulmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde, tohum sayısına benzer şekilde CaCl_2 TK altında kontrol ve yüksek; MgCl_2 ve Na_2SO_4 TK altında kontrol; NaCl ve $\text{Ca(NO}_3)_2$ TK altında kontrol ve düşük; MgSO_4 TK altında ise kontrol ve orta TD konularında tohum ağırlıklarını diğer konulardan nispeten biraz daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu ortalama tohum ağırlığı değerleri

TK x TD karşılıklı etkileşimi düzeyinde ortalama tohum ağırlığı verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Buna karşın, gerek tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın TK ana faktörü ve gerekse tuz kaynakları dikkate alınmaksızın TD ana faktörü altında %1 önem seviyesinde ortalama tohum ağırlığı verilerinin istatistiksel olarak farklılık gösterdiği ortaya çıkmıştır. TD ana faktörü altında en fazla tohum ağırlığı kontrol konusunda (116.0 mg/bitki), en az ise aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın düşük (100.5 mg/bitki), orta (97.6 mg/bitki) ve yüksek tuz stresi (98.4 mg/bitki) konularında belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Kontrol konusuna göre tohum ağırlığındaki azalma düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %13.4, %15.9 ve %15.2 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde TK ana faktörü altında aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın en fazla tohum ağırlığı MgCl₂ (117.9 mg/bitki), MgSO₄ (110.1 mg/bitki) ve NaCl (105.5 mg/bitki); en düşük ise Na₂SO₄ (89.0 mg/bitki), CaCl₂ (97.1 mg/bitki) ve Ca(NO₃)₂ (99.4 mg/bitki) tuz kaynakları altında belirlenmiştir (Çizelge 4.10). En fazla tohum ağırlığının ortaya çıktığı MgCl₂ tuz kaynağına göre kapsül sayısındaki azalma Ca(NO₃)₂, CaCl₂ ve Na₂SO₄ tuz kaynakları için sırasıyla %15.7, %17.6 ve %24.5 olarak hesaplanmıştır.

Tohum ağırlıkları TK konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, TD konuları arasında CaCl₂ tuz kaynağı altında %5 önem seviyesinde istatistiksel anlamda farklılığın olduğu belirlenmiştir. Bu tuz kaynağı

altında en fazla tohum ağırlığı aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın kontrol (112.9 mg/bitki) ve yüksek tuz stresi (100.0 mg/bitki); en az ise yine aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın düşük (90.0 mg/bitki), orta (85.3 mg/bitki) ve yüksek tuz stresi konularında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında tohum ağırlığı (mg/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

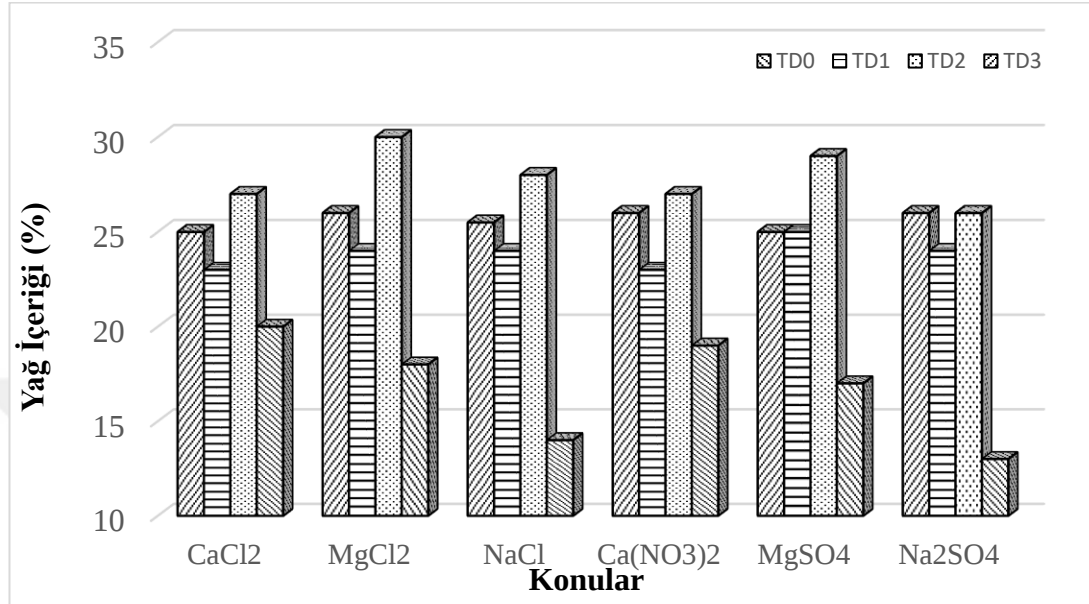
Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	TK Ort.
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.5)	TD ₂ (2.5)	TD ₃ (5.0)		
CaCl ₂	112.9 [†] A [‡]	90.0 B	85.3 Bb [‡]	100.0 AB	*	97.1 bc
MgCl ₂	143.0	95.6	117.0 a	116.1	öd	117.9 a
NaCl	106.5	118.9	95.1 b	101.5	öd	105.5 ab
Ca(NO ₃) ₂	116.8	104.1	84.6 b	91.9	öd	99.4 bc
MgSO ₄	123.4	105.8	116.9 a	94.3	öd	110.1 ab
Na ₂ SO ₄	94.0	88.5	87.0 b	86.7	öd	89.0 c
P > F	öd	öd	**	öd		
TD Ort.	116.0 A	100.5 B	97.6 B	98.4 B		
<u>Önemlilik</u>						
Tuz Kaynağı (TK)	: **					
Tuzluluk Düzeyi (TD)	: **					
TK x TD	: öd					
[†] : İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.						
[‡] : Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
[‡] : Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütün boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.						
** ve *: sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.						
öd: istatistiksel olarak önemsiz.						

4.11. Tohum Yağ İçeriği

Çörek otu bitkisinin ortalama tohum yağ içerikleri her bir TK altındaki TD konuları için Şekil 4.10'da sunulmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde, her bir TK altında en yüksek ve en düşük tohum yağ içeriklerinin sırasıyla orta ve yüksek tuz stresi konularından elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.10).

Çörek otunun tohum yağ içeriği verilerine ilişkin varyans sonuçları TK x TD karşılıklı etkileşimi düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın ana faktör olarak TK konuları altında vejetatif kuru ağırlık değerlerinin %22.3 ile %24.5 arasında değiştiği belirlense de bu değerler istatistiksel anlamda farklı bulunmamıştır. Buna karşın, tuz kaynakları dikkate alınmaksızın TD ana faktörü altında tohum yağ içeriği değerleri arasındaki değişim

istatistiksel olarak önemli ($P < 0.01$) bulunmuştur. TD ana faktörü altında tohum yağ içeriği en fazla (%27.8) orta; en az (%16.8) ise yüksek tuz stresinde belirlenmiştir (Çizelge 4.11).



Şekil 4.10. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında çörek otu ortalama tohum yağ içeriği

Çizelge 4.11. Tuz kaynağı ve tuzluluk düzeyi konuları altında tohum yağ içeriği (%) değerlerinin istatistiksel analizi

Tuz Kaynağı	Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyi (dS/m)				P > F	TK Ort.
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.5)	TD ₂ (2.5)	TD ₃ (5.0)		
CaCl ₂	25.0 [†] A [‡]	23.0 AB	27.0 A	20.0 Ba [‡]	*	23.8
MgCl ₂	26.0 AB	24.0 B	30.0 A	18.0 Cab	**	24.5
NaCl	25.5 A	24.0 A	28.0 A	14.0 Bc	**	22.9
Ca(NO ₃) ₂	26.0 A	23.0 AB	27.0 A	19.0 Bab	**	23.8
MgSO ₄	25.0 A	25.0 A	29.0 A	17.0 Bb	**	24.0
Na ₂ SO ₄	26.0 A	24.0 A	26.0 A	13.0 Bc	**	22.3
P > F	öd	öd	öd	**		
TD Ort.	25.6 B	23.8 C	27.8 A	16.8 D		

Önemlilik

Tuz Kaynağı (TK) : öd

Tuzluluk Düzeyi (TD) : **

TK x TD : öd

[†]: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır.

[‡]: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

[‡]: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem seviyesinde dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** ve *: sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

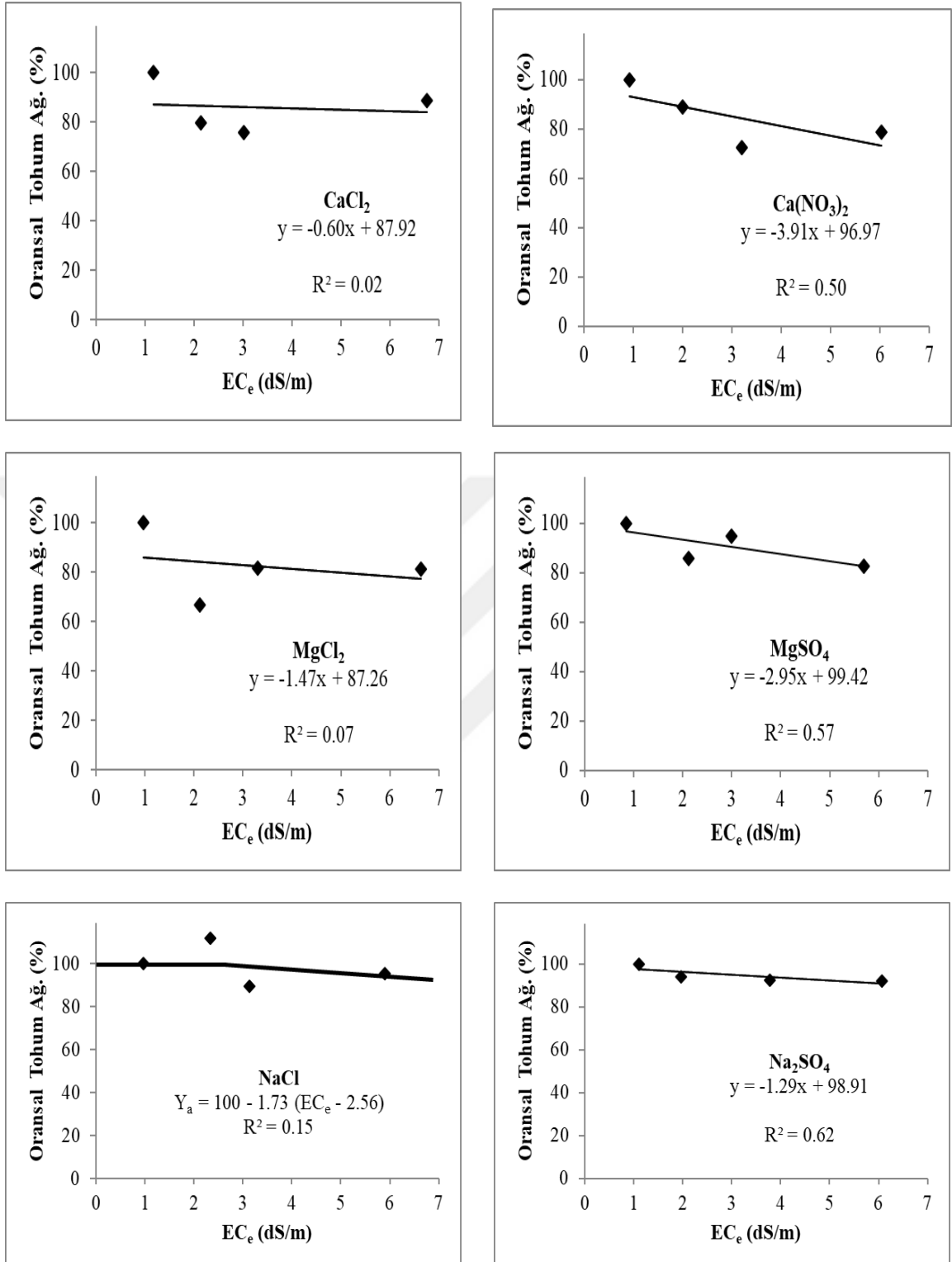
öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Tohum yağ içeriği değerleri her bir TK altında TD konuları arasında istatistiksel anlamda %1 (CaCl_2 tuz kaynağında %5) önem seviyesinde farklılık gösterirken, TK konuları arasında yalnızca TD_3 konusu altında %1 önem seviyesinde farklılığın olduğu belirlenmiştir. En fazla tohum yağ içeriği CaCl_2 , NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 ve Na_2SO_4 tuz kaynakları altında aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın kontrol, düşük ve orta; MgCl_2 tuz kaynağında ise kontrol ve orta tuz stresi konularında belirlenmiştir. En az tohum yağ içeriği ise CaCl_2 ve $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tuz kaynakları altında aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın yüksek ve düşük tuz streslerinde; diğer tuz kaynaklarında ise yalnızca en yüksek tuz stresi konusunda ortaya çıkmıştır. Tohum yağ içeriği TD_3 altında aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın en fazla CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ve MgCl_2 tuz kaynaklarında; en az ise Na_2SO_4 ve NaCl tuz kaynaklarında ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

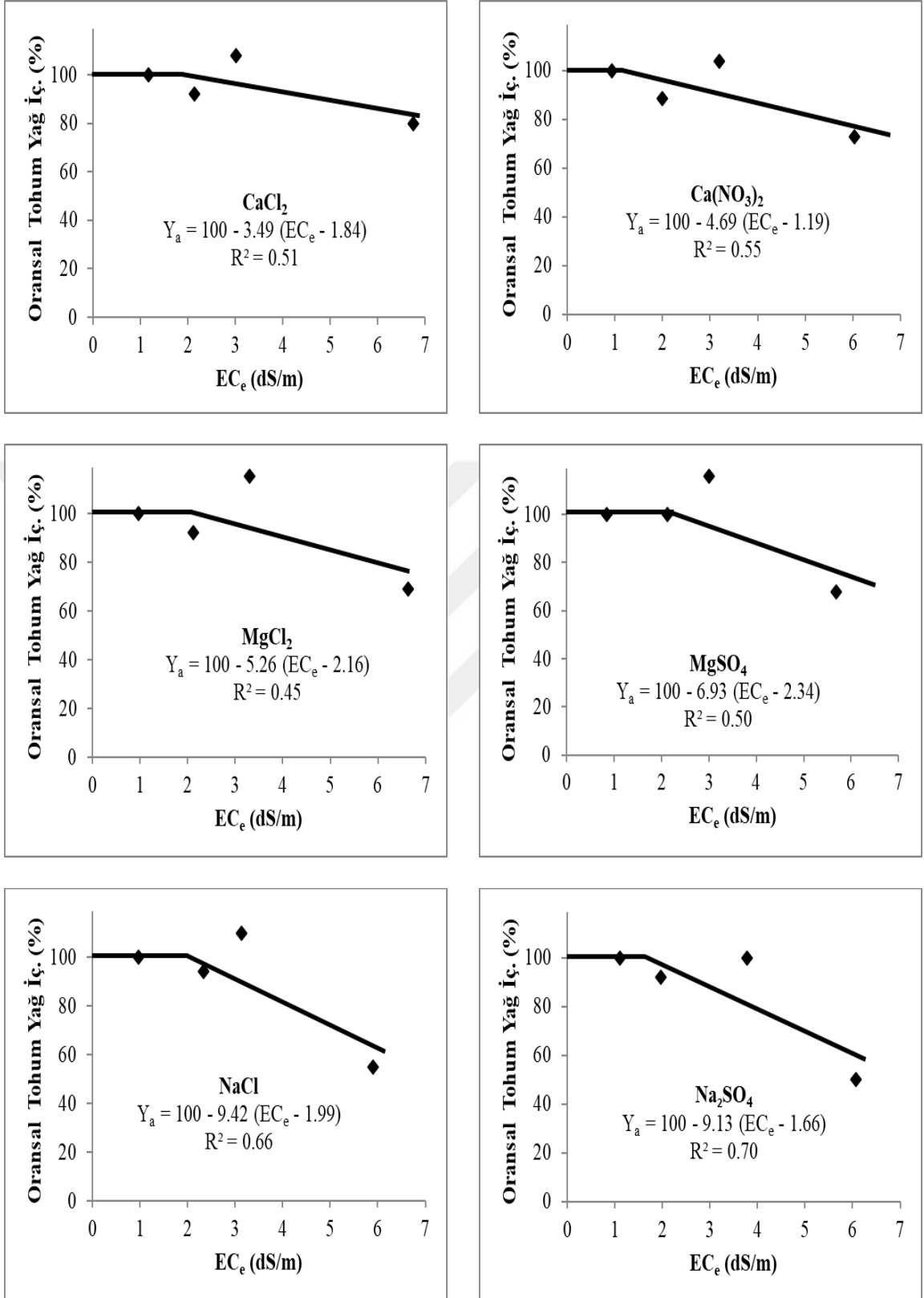
4.12. Tuz toleransı modeli

Çalışmada her bir tuz kaynağı için eşik tuzluluk ve eşik tuzluluk sonrası verim azalmasını ifade eden eğim değeri hem bitki başına tohum ağırlığı ve hem de tohum yağ içeriği ile toprak EC_e değerleri yardımıyla oluşturulan grafiklerle ve Eşitlik (3) yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır. Her bir tuz kaynağı için oluşturulan grafikler bitki başına tohum ağırlığı için Şekil 4.11’de ve tohum yağ içeriği için ise Şekil 4.12’de sunulmuştur. Bitki başına tohum ağırlığı dikkate alındığında; lineer olduğu kabul edilen eğim çizgisinin y ekseninin %100 oransal verim değerinin altında kesmesi nedeniyle CaCl_2 , MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 ve Na_2SO_4 tuz kaynakları için tuzluluk eşik değerleri belirlenememiş ancak bunların eğim değerlerinin birim tuzluluk artışında sırasıyla %0.60, 1.47, 3.91, 2.95 ve 1.29 gibi düşük olduğu ortaya konulmuştur. NaCl tuz kaynağı için ise eşik tuzluluk ve eğim değerleri sırasıyla 2.56 dS/m ve 1.73 % / dS/m olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.11).

Çörek otu bitkisi için önemli bir verim parametresi olarak kabul edilen tohum yağ içeriği dikkate alındığında ise CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 ve Na_2SO_4 tuz kaynakları için eşik tuzluluk değerlerinin sırasıyla 1.84, 2.16, 1.99, 1.19, 2.34 ve 1.66 dS/m; eğim değerlerinin ise yine sırasıyla 3.49, 5.26, 9.42, 4.69, 6.93 ve 9.13 % / dS/m olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.11. Tuz kaynakları için çörek otu bitkisinin tohum ağırlığı için tuz tolerans modeli grafikleri



Şekil 4.12. Tuz kaynakları için çörek otu bitkisinin tohum yağ içeriği için tuz tolerans modeli grafikleri

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada %17 olarak hedeflenen yıkama oranı altında hiçbir tuz kaynağı karıştırılmadığı kontrol tuzluluk düzeyi (0.6 dS/m) konusuna ek olarak, CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 ve Na_2SO_4 tuz kaynakları ile ayrı ayrı oluşturulan 1.5, 2.5 ve 5.0 dS/m sulama suyu tuzluluk düzeylerinin toprak ve drenaj suyu tuzluluğu ile materyal olarak seçilen çörek otu bitkisinde bitki su tüketimine; bitki boyu, bitki başına dal sayısı ve vejetatif kuru ağırlık gibi büyüme; bitki başına kapsül sayısı, tohum sayısı ve tohum ağırlığı gibi verim ve yağ içeriği gibi kalite parametrelerine etkisi araştırılmıştır.

Denemelerde yetiştirme ortamı olarak kullanılan lizimetre toprağında, uygulanan sulama suyu tuzluluk düzeyine bağlı olarak aşırı tuz birikimini önlemek ve her bir tuzluluk konusu için belirli bir toprak tuzluluk seviyesini yakalayabilmek amacıyla, yıkama oranı Ayers ve Westcot (1985) tarafından önerilen %15-20 değerleri dikkate alınarak %17 olarak hedeflenmiştir. Sezon boyunca gerçekleştirilen her sulamada oluşan yıkama oranları hesaplanarak deneme konuları için ortalama yıkama oranları hesaplanmıştır. Çalışmada tüm TK ve TD kombinasyon konularında yıkama oranı değerlerinin %15 ile %17 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Gerek ana faktörler olan TK ve TD ve gerekse bu faktörlerin karşılıklı etkileşimi için yıkama oranı değerlerinin konular arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Bu sonuçlar çalışmada %17 olarak seçilen yıkama oranının önemli ölçüde başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmada tuzluluk düzeylerindeki artışlar her bir TK altında farklı EC_e değerlerinin meydana gelmesine neden olmuştur. TK konuları arasında kontrol, düşük, orta ve yüksek sulama suyu tuzlulukları altında ortaya çıkan EC_e değerleri sırasıyla 0.85-1.17, 1.97-2.34, 3.00-3.79 ve 5.69-6.75 arasında değişim göstermesine rağmen düşük tuzluluk düzeyi hariç diğer tuzluluk düzeyleri altında TK konuları arasında EC_e değerlerinde istatistiksel anlamda bir farklılık belirlenmemiştir. Ayers ve Westcot (1985) yıkama oranı değerinin %15-%20 arasında olması durumunda konsantrasyon faktörünün yaklaşık olarak 1.5 olduğunu yani toprak tuzluluğu değerinin sulama suyu tuzluluğunun 1.5 katı kadar olacağını bildirmektedir. Bu çalışmada EC_e/EC_i oranlarının TK konuları arasında kontrol, düşük, orta ve yüksek sulama suyu tuzlulukları altında sırasıyla 1.42-1.95, 1.31-1.56, 1.20-1.52 ve 1.14-1.35 arasında olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuçlar

özellikle orta ve yüksek sulama suyu tuzluluk konuları altında çoğu tuz kaynağı için toprak tuzluluk düzeylerinin henüz stabil hale gelmediğini göstermektedir. Genel bir yaklaşımla, belirli bir yıkama oranında yönetim uygulamaları, iklim ve toprak özellikleri ile sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak en az 4-6 sulama uygulaması sonrasında hatta bazı durumlarda bir kaç yetiştirme periyodu sonrasında toprak ve drenaj suyu tuzluluklarının stabil hale gelebildiği belirtilmektedir (Ayers ve Westcot, 1985). Bu çalışmada yetiştirme dönemi boyunca başlangıç yetiştirme dönemi hariç toplamda 5 kez konulu sulama uygulaması yapılmıştır. Ana faktör olarak tuz kaynakları arasında toprak tuzluluk düzeyleri arasındaki farklılığın önemsiz bulunması nedeniyle bir sıralama yapılamasa da, ana faktör olarak tuz düzeyleri dikkate alındığında sıralamanın beklenildiği şekilde $TD_3 > TD_2 > TD_1 > TD_0$ şeklinde olduğu belirlenmiştir. Kurunc vd. (2020) tuz kaynakları arasında toprak tuzluluğunda en fazla ve en az değişimin sırasıyla NaCl ve $MgSO_4$ TK konularında elde edildiğini bildirmişlerdir.

Toprak tuzluluğunda olduğu gibi, denemede her bir TK altında tuzluluk düzeylerindeki artış EC_{dr} değerlerinin farklı seviyelerde artmasına neden olmuştur. Genel olarak ele alındığında drenaj suyu tuzluluğuna etkisi bakımından TK konuları için sıralamanın $CaCl_2 > MgCl_2 > Ca(NO_3)_2 > NaCl > MgSO_4 > Na_2SO_4$ ve TD konuları için ise beklenildiği şekilde $TD_3 > TD_2 > TD_1 > TD_0$ şeklinde olduğu belirlenmiştir. Kurunc vd. (2020) ise tuz kaynakları arasında drenaj suyu tuzluluğunda en fazla ve en az değişimin sırasıyla Na_2SO_4 ve $CaCl_2$ TK konularında elde edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmalar arasında tuz kaynaklarının gerek toprak tuzluluklarına ve gerekse drenaj suyu tuzluluklarına etkisinde ortaya çıkan bu farklılığın nedeni materyal olarak seçilen bitkinin tuz alımı gibi karakteristiklerine ve toprak özelliklerindeki farklılığa atfedilebilir.

Denemede hiç bir tuzun kullanılmadığı kontrol TD konularında ET değerlerinin 360.8 ile 386.4 mm arasında olduğu belirlenmiştir. Kaynak taramasında özetleri sunulan çalışmaların hiç birinde tuzluluk ile çörek otu bitki su tüketimi arasındaki ilişkiye ait bulgular verilmemiştir. Senyigit ve Arslan (2018)'da Afyonkarahisar'da üç, beş ve on gün sulama aralıklarında tam sulama konularında çörek otu bitkisinin ET değerlerinin sırasıyla birinci yılda 384.1, 372.5 ve 323.1 mm; ikinci yılda ise 387.6, 359.7 ve 350.5 mm olarak belirlendiğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, Erzurum'da gerçekleştirilen çalışmada da Ozer vd. (2020) çörek otu bitkisinin tam sulama konularına 2014 ve 2015

yıllarında sırasıyla 230.2 ve 270. 3 mm sulama suyu uygulandığını ve buna ek olarak yetiştirme döneminde yağıştan aldığı su miktarının da sırasıyla 140.2 ve 186.1 mm olduğunu dolayısıyla ET değerlerinin yine 2014 ve 2015 yılları için sırasıyla 370.4 ve 456.4 mm olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmaların sonuçları bu tez çalışmasında elde edilen mevsimsel ET değerleriyle uyum göstermektedir. Kurunc vd. (2020) farklı tuz kaynağı ve tuzluluk düzeylerinin şeker otu bitkisine etkisini araştırdıkları çalışmada, bitki su tüketimin hem ana faktörler hem de ana faktörlerin karşılıklı etkileşimi düzeyinde farklılık gösterdiğini belirlenmişlerdir. Ancak bu tez çalışmasında tuz kaynağının çörek otu bitkisinin su tüketimine etkisinin önemli olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu farklılık çalışmalarda kullanılan bitki türündeki değişikliğe atfedilebilir. Hillel (2000) bilinen bir bitki türünün çeşitlerinin ve genotiplerinin bile tuzun değişik seviyelerine karşı oluşturdukları tepkiler önemli derecede farklılık gösterebileceğini bildirmiştir.

Bu çalışmada materyal olarak kullanılan çörek otunda; TK x TD ana faktör etkileşiminin yalnızca bitki başına tohum sayısı için önemli olduğu belirlenmiştir. Genel olarak ele alındığında bitki başına tohum sayısı sıralaması TK konuları için $MgCl_2 > MgSO_4 > NaCl > Ca(NO_3)_2 > CaCl_2 > Na_2SO_4$ TD konuları için ise $TD_0 > TD_1 > TD_2 > TD_3$ olduğu belirlenmiştir. Bitki başına kapsül sayısı ve bitki başına tohum ağırlığı değerleri için TK x TD etkileşimi önemli bulunmasa da gerek ana faktör TK ve gerekse ana faktör TD altında bu parametrelerin değerleri istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermişlerdir. Ana faktör düzeyinde TK konuları arasında sıralamanın kapsül sayısı için $MgCl_2 > NaCl > CaCl_2 > MgSO_4 > Ca(NO_3)_2 > Na_2SO_4$ ve tohum ağırlığı için $MgCl_2 > MgSO_4 > NaCl > Ca(NO_3)_2 > CaCl_2 > Na_2SO_4$; TD konuları arasında ise sırasıyla $TD_0 > TD_2 > TD_3 > TD_1$ ve $TD_0 > TD_1 > TD_3 > TD_2$ olduğu belirlenmiştir. Bitki boyu, vejetatif kuru ağırlık ve tohum yağ içeriği değerleri ise yalnızca TD ana faktörü altında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermişlerdir. Söz konusu ana faktör altında tuzluluk düzeylerinin bitki boyu ve tohum yağ içeriği değerleri için sıralama $TD_2 > TD_0 > TD_1 > TD_3$, vejetatif kuru ağırlık için $TD_0 > TD_3 > TD_1 > TD_2$ ve tohum yağ içeriği için ise $TD_2 > TD_0 > TD_1 > TD_3$ olarak belirlenmiştir. Bitki başına dal sayısı ise hem TK hem de TD ana faktörleri altında farklılık göstermemiştir. Artan tuzluluklarda bitki boyu yalnızca $MgCl_2$, dal sayısı yalnızca Na_2SO_4 , ve kapsül sayısı ise yalnızca Ca içeren tuz kaynakları altında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık göstermiştir. Benzer şekilde, dal sayısı ve tohum ağırlığı için yalnızca orta, tohum yağ içeriği için ise yalnızca yüksek tuz stresi

altında tuz kaynakları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşmuştur. Habibi vd. (2017) NaCl tuzu ile oluşturulan farklı tuzluluk düzeyleri altında artan tuz stresinin materyal olarak seçilen çoğu çörek otu genotipinde bitki büyümesinde yıkıcı bir etkisi olduğunu ancak genotipler arasında etkilenme derecelerinin farklılık gösterdiğini ifade etmişlerdir. Aynı araştırmacılar Kazemin ve Mashhad genotiplerinin en yüksek kapsül sayısı ve ağırlığına, kapsül başı tane ağırlığına, bitki başına tohum sayısı ve ağırlığına ve biyolojik verime sahip oldukları için toleranslı; Shahreza ve Isfahan genotiplerinin ise daha az verimle daha duyarlı genotipler olduğunu bildirmişlerdir. Khalid ve Ahmed (2017) kontrol konusu ile karşılaştırıldığında çörek otu bitkisinde bitki boyu, yaprak sayısı, dal sayısı, kapsül sayısı, kuru ot verimi, tohum verimi gibi bitki büyüme parametrelerinin farklı tuzluluk düzeylerinden etkilendiğini ve en düşük değerlerin en yüksek tuzluluk (NaCl) düzeyi (6.3 dS/m) altında meydana geldiğini, ancak ANOVA sonuçlarının kuru ot verimindeki azalmanın önemli olmadığını gösterdiğini bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar tuzluluk stresinin uçucu yağ, temel uçucu yağ bileşikleri (p-simen, α -thujen ve γ -terpinen), toplam çözünür şeker ve prolin gibi biyokimyasal içerikleri arttırdığını ve sonuç olarak çörek otu bitkisinin orta düzeyde tuzlu sulama suyu altında iyi büyüebileceğini rapor etmişlerdir. Faravani vd. (2013) çörek otunun NaCl tuzuna tuzluluk duyarlılığının çimlenmeden tohum oluşumuna kadar farklı büyüme aşamalarında değişiklik gösterdiğini; tuzluluk seviyelerindeki bir artışla, uçucu yağda en yüksek (9.0 dS/m) ve bitki boyunda ise 6.0 dS/m tuzluluk düzeyine kadar herhangi bir değişiklik eğilimi olmazken, biyokütle ve tohum veriminde düşük tuzluluk düzeylerinde (3 dS/m) bile önemli bir azalma olduğunu belirlemişlerdir. Ghamarnia vd. (2012) bitki boyu, bin tohum ağırlığı ve kök uzunluğu değerlerinin 1, 2 ve 4 dS/m tuzluluk (NaCl + CaCl₂) düzeylerinden etkilenmeyip yalnızca 6 dS/m tuz stresinden etkilendiğini; kapsül başına tohum sayısı ve kapsül sayısının ise 4 dS/m tuzluluk düzeyiyle beraber azalmaya başladığını rapor etmişlerdir. Bourgou vd. (2009) çörek otu tohum veriminin NaCl tuz stresindeki yoğunluğuna paralel önemli ölçüde etkilendiğini ancak NaCl tuzu uygulamasının çörek otu tohumlarında biyoaktif bileşik üretimini düzenleyerek onların besinsel ve endüstriyel değerlerini olumlu etkilediğini bildirmişlerdir. Hussain vd. (2009) de çörek otu bitki boyu, vejetatif yaş ve kuru ağırlıklarının 3 dS/m tuzlulukla birlikte azalmaya başladığını belirtmişlerdir.

Çalışmadan elde edilen tuzluluk modelleri CaCl_2 , MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 ve Na_2SO_4 tuz kaynakları altında çörek otu bitkisinin bitki başına tohum ağırlığının çok düşük tuzluluklarda bile olumsuz etkilendiğini ancak bu tuz kaynakları için belirlenen eğim değerlerinin düşük olduğu dikkate alındığında tuz konsantrasyonundaki artışın bitki başına tohum ağırlığında sınırlı bir etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur. NaCl tuz kaynağı altında ise bitki başına tohum ağırlığı için eşik tuzluluk ve eğim değerleri sırasıyla 2.56 dS/m ve 1.73 % / dS/m olarak hesaplanmıştır. Ghamarnia vd. (2012) eşit miktarlarda NaCl ve CaCl_2 tuz karışımları altında çörek otu bitkisinin tohum verimi için tuzluluk eşik değerinin 2 dS/m ve eğim değerinin ise %18.50 olduğunu bildirmişlerdir. İki çalışma arasında özellikle eğim değerindeki farklılığın bitki, toprak, iklim veya kültürel uygulamalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Tohum yağ içeriği dikkate alındığında ise CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 ve Na_2SO_4 tuz kaynakları için eşik tuzluluk değerlerinin 1.19 ile 2.34 dS/m ve eğim değerlerinin ise 3.49 ile 9.42 % / dS/m arasında değiştiği ortaya konulmuştur. Tuz kaynakları için tohum yağ içeriği açısından tuzluluk eşik değerleri dikkate alındığında sıralamanın $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 < \text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{CaCl}_2 < \text{NaCl} < \text{MgCl}_2 < \text{MgSO}_4$ ve eğim değerleri için ise $\text{CaCl}_2 < \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 < \text{MgCl}_2 < \text{MgSO}_4 < \text{NaCl} < \text{Na}_2\text{SO}_4$ şeklinde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar Mg içeren tuz kaynakların nispeten yüksek, Ca içeren tuz kaynaklarının ise nispeten daha düşük tuzluluk eşik değerlerine; Ca içeren tuz kaynakların nispeten düşük, Na içeren tuz kaynaklarının ise nispeten daha yüksek eğim değerleri neden olduğunu göstermektedir. Kurunc vd. (2020) şeker otu yaprak veriminde tuzluluk eşik değeri için sıralamanın $\text{MgCl}_2 < \text{CaCl}_2 < \text{NaCl} < \text{MgSO}_4 < \text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ve eğim değerleri için ise $\text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{MgSO}_4 < \text{MgCl}_2 < \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 < \text{NaCl} < \text{CaCl}_2$ olduğunu ve bu sonuçların sulama suyunun tuzluluk düzeyi kadar sulama suyundaki tuz türünün de önemli olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir.

6. SONUÇLAR

Hedeflenen %17'lik yıkama oranı altında hiçbir tuz kaynağı karıştırılmadığı kontrol tuzluluk düzeyi (0.6 dS/m) konusuna ek olarak, CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 ve Na_2SO_4 tuz kaynakları ile ayrı ayrı oluşturulan 1.5, 2.5 ve 5.0 dS/m sulama suyu tuzluluk düzeylerinin toprak ve drenaj suyu tuzluluğu ile materyal olarak seçilen çörek otu bitkisinde bitki su tüketimine, büyüme ve verim ile kalite parametrelerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

1) Genel olarak artan sulama suyu tuzluluk düzeyleri tüm tuz kaynakları altında EC_e değerlerinde artışlara neden olsa da aynı tuzluluk düzeyinde (düşük TD hariç) tuz kaynakları arasında herhangi bir farklılık belirlenmemiştir. Ek olarak, yetiştirme mevsimi boyunca sabit yıkama oranı altında 5 kez gerçekleştirilen konulu sulama uygulamaları, özellikle orta ve yüksek sulama suyu tuzluluk konuları altında, çoğu tuz kaynağı için toprak tuzluluğunun henüz stabil gelmesini sağlayamamıştır. Ana faktör TD altında toprak tuzluluk değerleri 1.00 (kontrol TD) ile 6.18 (yüksek TD) dS/m arasında değişim göstermiştir.

2) Artan sulama suyu tuzluluk düzeyleri tüm tuz kaynakları altında EC_{dr} değerlerinde artışlara neden olsa da aynı tuzluluk düzeyinde (yüksek TD hariç) tuz kaynakları arasında herhangi bir farklılık belirlenmemiştir. Ancak, drenaj suyu tuzluluk değerleri için ana faktör TK altında sıralamanın $\text{CaCl}_2 > \text{MgCl}_2 > \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 > \text{NaCl} > \text{MgSO}_4 > \text{Na}_2\text{SO}_4$ ve ana faktör TD altında ise beklenildiği şekilde $\text{TD}_3 > \text{TD}_2 > \text{TD}_1 > \text{TD}_0$ şeklinde olduğu belirlenmiştir.

3) Bitki su tüketimi yalnızca MgSO_4 tuz kaynağı altında sulama suyu tuzluluk düzeyi konuları arasında farklılık gösterirken, aynı tuzluluk düzeyinde tuz kaynakları arasında herhangi bir farklılık belirlenmemiştir. Ancak, ana faktör TD altında çörek otu bitki su tüketimi değerleri 373.6 (kontrol TD) ile 346.5 (yüksek TD) mm/mevsim arasında değişim göstermiştir.

4) Bitki boyu yalnızca MgCl_2 tuz kaynağı altında sulama suyu tuzluluk düzeyi konuları arasında farklılık gösterirken, aynı tuzluluk düzeyinde tuz kaynakları arasında herhangi bir farklılık belirlenmemiştir. Ancak, bitki boyu değerleri için ana faktör TD altında sıralamanın $\text{TD}_2 > \text{TD}_0 > \text{TD}_1 > \text{TD}_3$ şeklinde olduğu belirlenmiştir.

- 5) Bitki başına dal sayısı yalnızca Na_2SO_4 tuz kaynağı altında sulama suyu tuzluluk düzeyi konuları arasında ve yalnızca orta tuzluluk düzeyi altında tuz kaynakları arasında farklılık göstermiştir.
- 6) Vejetatif kuru ağırlık değerleri için gerek tuz kaynakları altında sulama suyu tuzluluk düzeyi konuları arasında ve gerekse tuz düzeyleri altında tuz kaynakları arasında herhangi bir farklılık belirlenmemiştir. Ancak, çörek otu vejetatif kuru ağırlık değerleri için ana faktör TD altında sıralamanın $\text{TD}_0 > \text{TD}_3 > \text{TD}_1 > \text{TD}_2$ şeklinde olduğu belirlenmiştir.
- 7) Bitki başına kapsül sayısı yalnızca Ca içeren tuz kaynakları altında sulama suyu tuzluluk düzeyi konuları arasında farklılık gösterirken, aynı tuzluluk düzeyinde tuz kaynakları arasında herhangi bir farklılık belirlenmemiştir. Ancak, bitki başına kapsül sayısı değerleri için ana faktör TK altında sıralamanın $\text{MgCl}_2 > \text{NaCl} > \text{CaCl}_2 > \text{MgSO}_4 > \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{Na}_2\text{SO}_4$ ve ana faktör TD altında ise $\text{TD}_0 > \text{TD}_2 > \text{TD}_3 > \text{TD}_1$ şeklinde olduğu belirlenmiştir.
- 8) Ana faktörler arasında interaksyonu önemli bulunan bitki başına tohum sayısı en fazla $\text{MgCl}_2\text{-TD}_1$ (49.1 adet/bitki) ve $\text{MgSO}_4\text{-TD}_1$ (42.0 adet/bitki), en az ise TD_0 altında Na_2SO_4 tuz kaynağı ile TD_1 altında (NaCl hariç), TD_2 altında (MgCl_2 ve MgSO_4 hariç) TD_3 altında (MgSO_4 hariç) tüm tuz kaynaklarında ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca, genel olarak ele alındığında, bitki başına tohum sayısı değerleri için ana faktör TK altında sıralamanın $\text{MgCl}_2 > \text{MgSO}_4 > \text{NaCl} > \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 > \text{CaCl}_2 > \text{Na}_2\text{SO}_4$ ve ana faktör TD altında ise $\text{TD}_0 > \text{TD}_1 > \text{TD}_2 > \text{TD}_3$ şeklinde olduğu belirlenmiştir.
- 9) Bitki başına tohum ağırlığı yalnızca CaCl_2 tuz kaynağı altında sulama suyu tuzluluk düzeyi konuları arasında ve yalnızca orta tuzluluk düzeyi altında tuz kaynakları arasında farklılık göstermiştir. Ek olarak, bitki başına tohum ağırlığı değerleri için ana faktör TK altında sıralamanın $\text{MgCl}_2 > \text{MgSO}_4 > \text{NaCl} > \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 > \text{CaCl}_2 > \text{Na}_2\text{SO}_4$ ve ana faktör TD altında ise $\text{TD}_0 > \text{TD}_1 > \text{TD}_3 > \text{TD}_2$ şeklinde olduğu belirlenmiştir.
- 10) Çörek otu bitkisinin tohum yağ içeriği tüm TK konuları altında sulama suyu tuzluluk düzeyi konuları arasında ve yalnızca yüksek tuzluluk düzeyi altında tuz kaynakları arasında farklılık göstermiştir. Ek olarak, tohum yağ içeriği değerleri için ana faktör TD altında sıralamanın $\text{TD}_2 > \text{TD}_0 > \text{TD}_1 > \text{TD}_3$ şeklinde olduğu belirlenmiştir.

11) CaCl_2 , MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 ve Na_2SO_4 tuz kaynakları altında çörek otu bitkisinin bitki başına tohum ağırlığı için eşik tuzluluk değerleri belirlenemezken, bunların eğim değerlerinin birim tuzluluk artışında sırasıyla %0.60, 1.47, 3.91, 2.95 ve 1.29 gibi düşük olduğu ortaya konulmuştur. NaCl tuz kaynağı için ise eşik tuzluluk ve eğim değerlerinin sırasıyla 2.56 dS/m ve 1.73 % / dS/m olduğu belirlenmiştir.

12) Çörek otu tohum yağ içeriği için eşik tuzluluk değerlerinin Mg içeren tuz kaynakları altında nispeten yüksek ve Ca içeren tuz kaynakları altında ise nispeten daha düşük; eğim değerlerinin ise Ca içeren tuz kaynakları altında nispeten daha düşük ve Na içeren tuz kaynakları altında ise nispeten daha düşük olduğunu belirlenmiştir.

Sonuç olarak çörek otu bitkisinin hem tohum verimi ve hem de tohum yağ içeriği dikkate alındığında tuzluluk eşik ve eğim değerlerinin sulama suyunda bulunan tuz çeşitlerine bağlı olarak değişiklik göstermesi nedeniyle yetiştiricilikte hem sulama suyu tuzluluğunun hem de sulama suyunda bulunan tuzları birlikte dikkate alınması önerilebilir.

7. KAYNAKLAR

- Ahmadi, A., Emam, Y. and Pessarakli, M. 2009. Response of various cultivars of wheat and maize to salinity stress. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7(3): 123-128.
- Alhaj, N.A., Shamsudin, M.N., Alipiah, N.M., Zamri, H.F., Bustamam, A., Ibrahim, S. and Abdullah, R. 2010. Characterization of *Nigella Sativa* L. Essential Oil-Loaded Solid Lipid Nanoparticles. *Amercian Journal of Pharmacology and Toxicology*, 5(1): 52-57.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 174 p.
- Anonim 2020. Antalya ili uzun yıllık iklim verileri. Antalya Meteroloji Bölge Müdürlüğü. Antalya.
- Atta, M. 2003. Some characteristics of nigella (*Nigella sativa* L.) seed cultivated in Egypt and its lipid profile. *Food Chemistry*, 83(1): 63-68.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1985. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 97 p.
- Babai, A. 1996. Effect of water salinity in the developmental stages, the quantity and quality and quantity of essential oil of *Nigella Sativa*. MSc. Thesis. Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tahrán. 182 p.
- Bayazit, M. and Avci, I. 1997. Water resources of Turkey: potential, planning, development and management. *International Journal of Water Resources Development*, 13(4): 443-452.
- Baytöre, F. 2011. Bazı çörekotu (*Nigella sativa* L.) populasyonlarının verim ve verim kriterlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ. 44 s.

- Bhatti, I., Rehman, F., Khan M. and Marwat, S. 2009. Effect of prophetic medicine kalonji (*Nigella sativa* L.) on lipid profile of human beings: An in vivo approach. *World Applied Science Journal*, 6(8): 1053-1057.
- Blake, G.R. and Hartge, K.H. 1986. Bulk Density. In A. Klute, ed., *Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods: Agronomy Monograph no. 9* (2nd ed.), American Society of Agronomy, Madison, pp. 363-375
- Bourgou, S., Kchouk, M.E., Bellila, A. and Marzouk, B. 2009. Effect of salinity on phenolic composition and biological activity of *Nigella sativa*. *Acta Horticulturae*. 853: 57-60.
- D'Antuono, L.F., Moretti, A. and Lovato, A.F. 2002. Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. *Industrial crops and products*, 15(1): 59-69.
- Doorenbos, J. and Kassam, A. 1979. Yield response to water. Irrigation and Drainage paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 73 p.
- Engels, G. and Brinckmann, J. 2017. Nigella: *Nigella sativa*-ranunculaceae. Herb Profile. www.herbalgram.org.
- Falkenmark, M. and Widstrand, C. 1992. Population and water resources: A delicate balance. *Population Bulletin*, 47(3): 1-36.
- FAO 2005. Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable use of Salt-affected Soils, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Roma, 385 p.
- FAO 2008. Land and Plant Nutrition Management Service. <http://www.fao.org/land-water/en/>.
- Faravani, M., Emami, D., Gholami, A. and Faravani, A. 2013. The effect of salinity on germination, emergence, seed yield and biomass of black cumin. *Journal of Agricultural Sciences*, 58(1): 41-49.

- Gee, G.W. and Bauder, J.W. 1986. Cation-Exchange Capacity. In A. Klute, ed., *Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods: Agronomy Monograph no. 9* (2nd ed.), American Society of Agronomy, Madison, pp. 383–411.
- Ghamarnia, H., Jalili, Z. and Daichin, S. 2012. The effects of saline irrigation water on different components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *International Journal of AgriScience*, 2(10): 915-922.
- Ghiyasi, M., Moghaddam, S.S., Amirnia, R. and Damalas, C.A. 2019. Chemical priming with salt and urea improves germination and seedling growth of black cumin (*Nigella sativa* L.) under osmotic stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(3): 1170-1178.
- Habibi, A., Asghari, Z.R., Zare, N. and Ghaffarzadeh, L. 2017. Assessment of black cumin (*Nigella sativa* L.) genotypes for salinity stress tolerance. 1st International and 5th National Conference on Organic vs. Conventional Agriculture. Ardabil, Iran, 16-17 August 2017.
- Hajar, A.S., Zidan, M.A. and Al-Zahrani, H.S. 1996. Effect of salinity stress on the germination, growth and some physiological activities of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 14(2): 445-454.
- Hancioglu, N.E., Kurunc, A., Tontul, I. and Topuz, A. 2019. Irrigation water salinity effects on oregano (*Origanum onites* L.) water use, yield and quality parameters. *Scientia Horticulturae*, 247: 327-334.
- Hanson, B. R., Grattan, S. R. and Fulton, A. 2006. *Agricultural Salinity and Drainage*. Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3375, Department of Land, Air and Water Resources, University of California. 164 p.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K. and Fujita, M. 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. In: Ahmad, P., Azooz, M., Prasad, M. (eds) *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*. Springer, New York, https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4747-4_2.

- Hillel, D. 2000. Salinity Management for Sustainable Irrigation. Irrigating Science, Environment and Economics, The World Bank, Washington, D.C. 102 p.
- Hussain, K., Majeed, A., Nawaz, K., Bhatti, K.H. and Nisar, F.K. 2009. Effect of different levels of salinity on growth and ion contents of black seeds (*Nigella sativa* L.). *Current Research Journal of Biological Science*, 1(3): 135-138.
- Khalid, A. and Ahmed, M. 2017. Growth and certain biochemical components of black cumin cultivated under salinity stress factor. *Journal of Mathematical and Environmental Science*, 8(1): 7-13.
- Khorasaninejad, S., Soltanloo, H., Hadian, J. and Atashi, S. 2017. The effect of salinity stress on the growth, quantity and quality of essential oil of lavender (*Lavandula angustifolia* Miller). *Majallah-i Ulum-i Bāghbānī* 30(2): 209-216.
- Kiliç, C. and Arabaci, O. 2016. Çörek otu (*Nigella sativa* L.)'nda farklı ekim zamanı ve tohumluk miktarının verim ve kaliteye etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2): 49-56.
- Klute, A. 1986. Water retention: Laboratory methods. In A. Klute, ed., Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods: Agronomy Monograph no. 9 (2nd ed.), American Society of Agronomy, Madison, pp. 635-662.
- Kurunc, A., Aslan, G.E., Karaca, C., Tezcan, A., Turgut, K., Karhan, M. and Kaplan, B. 2020. Effects of salt source and irrigation water salinity on growth, yield and quality parameters of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Scientia Horticulturae*, 270:109458.
- Lauchli, A. and Epstein, E.1990. Plant Responses to Saline and Sodic Conditions, In: K. K. Tanji, Ed., Agricultural Salinity Assessment and Management. Manuals and Reports on Engineering Practice, ASCE, New York, pp. 113-137.
- Maas, E.V. and Hoffman, G.J. 1977. Crop Salt Tolerance-Current Assessment. Journal of Irrigation and Drainage Division. ASCE, 103(2): 115-134.
- Moody, H. and Mohasel, R. 1998. Effect of plant density and nitrogen on yield and yield components of (*Nigella Sativa* L.). *Acta Horticulturae*, 853:115-126.

- Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59(1): 651-681.
- Seçmen, Ö., Gemici Y. and Görk G. 2018. Tohumlu Bitkiler Sistematığı. 10. baskı, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayın No:116, İzmir.
- Osman, M., Mohsen, A., Elfeky, S. and Aboshanab, W. 2017. Response of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) to potassium humate treatment and potassium silicate foliar application. *Egyptian Journal of Botany*, 7(1): 85-102.
- Ozer, H., Coban, F., Sahin, U. and Ors, S. 2020. Response of black cumin (*Nigella sativa* L.) to deficit irrigation in a semi-arid region: Growth, yield, quality, and water productivity. *Industrial Crops and Products*, 144: 112048.
- Papastylianou, P., Bakogianni, N., Travlos, I. and Roussis, I. 2018. Sensitivity of seed germination to salt stress in black cumin (*Nigella sativa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(1): 202-205.
- Pessarakli, M. 1991. Dry matter yield, nitrogen-15 absorption, and water uptake by green bean under sodium chloride stress. *Crop Science*, 31(6):1633-1640.
- Rezaei Chiyaneh, E., Seyyedi, S.M., Ebrahimian, E., Moghaddam, S.S. and Damalas C. A. 2018. Exogenous application of gamma-aminobutyric acid (GABA) alleviates the effect of water deficit stress in black cumin (*Nigella sativa* L.). *Industrial Crops and Products*, 112: 741-748.
- Riaz, M., Syed, M. and Chaudhary, F. 1996. Chemistry of the medicinal plants of the genus *Nigella*. *Hamdard Medicus*, 39(2): 40-45.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agricultural Handbook No.60, p. 160, USSL.
- Sariş, F. 2021. Türkiye'de Evsel Su Tedarik ve Tüketim İstatistiklerinin Değerlendirilmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 19(1): 195-216.
- Selicioğlu, M. 2018. Kırşehir Ekolojik Koşullarında Çörek otu (*Nigella* sp.) Populasyonlarının Bazı Tarımsal ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek

- Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta., 47 s.
- Senyigit, U. and Arslan, M. 2018. Effects of irrigation programs formed by different approaches on the yield and water consumption of black cumin (*Nigella sativa* L.) under transition zone in the West Anatolia conditions. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(1): 22-32.
- Sharma, S.K., Siddiqui, S., Fyfe, B., Bongu, R. Duvvuri, S., Marmur, J.D., Cocke, T.P. and Ambrose, J.A. 1996. Histopathologic comparison of culprit vs. non-culprit lesions in the same patient: Multivessel atherectomy tissue analysis in acute coronary syndromes. *Journal of the American College of Cardiology*, 27(2S1): 251-251.
- Szabolcs, I. 1989. Salt-affected Soils. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.
- Tonçer, Ö. and Kizil, S. 2004. Effect of seed rate on agronomic and technologic characters of *Nigella sativa* L. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(3): 529-532.
- TUİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>. [Son erişim tarihi: 01.06.2022].
- Ünlükara, A., Kurunc, A. and Cemek, B. 2015. Green long pepper growth under different saline and water regime conditions and usability of water consumption in plant salt tolerance. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2): 167-176.
- Wang, W., Vinocur, B. and Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218(1): 1-14.
- Zaman, M., Shahid, S.A. and Heng, L. 2018. Irrigation Water Quality. In: Zaman, M., Shahid, S.A. and Heng, L. (Eds.), *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*. Springer, pp. 113-131.

ÖZGEÇMİŞ

Afzaal KHAN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019-2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2013-2017	BZU Multan Pakistan Department of Agricultural Engineering, Multan, Pakistan

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- Application of non-conventional soft computing approaches for estimation of reference evapotranspiration in various climatic regions. Theoretical and Applied Climatology <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03007-3>