

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çiğdem HOŞGÖREN

**ÇOKLU STRES KOŞULLARININ KİNOADA (*Chenopodium
quinoa* Willd.) SU KULLANIM VE VERİM
PARAMETRELERİNE ETKİSİ**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA-2019

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇOKLU STRES KOŞULLARININ KİNOADA (*Chenopodium quinoa*
Willd.) SU KULLANIM VE VERİM PARAMETRELERİNE ETKİSİ**

Çiğdem HOŞGÖREN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu Tez/....../2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
DANIŞMAN

.....
Doç. Dr. G. Duygu SEMİZ
ÜYE

.....
Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN
ÜYE

.....
Prof. Dr. Celaleddin BARUTÇULAR
ÜYE

.....
Dr.Öğr. Üyesi Burçak KAPUR
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇOKLU STRES KOŞULLARININ KİNOADA (*Chenopodium quinoa* Willd.) SU KULLANIM VE VERİM PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Çiğdem HOŞGÖREN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman	: Prof.Dr. Mustafa ÜNLÜ
Danışman II	: Doç. Dr. G. Duygu SEMİZ
	Yıl: 2019 Sayfa: 203
Jüri	: Prof.Dr. Mustafa ÜNLÜ
	: Doç. Dr. G. Duygu SEMİZ
	: Prof.Dr. Cafer GENÇOĞLAN
	: Prof.Dr. Celaleddin BARUTÇULAR
	: Dr. Öğr. Üyesi Burçak KAPUR

Bu çalışmada, Orta Anadolu iklim şartlarında kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bitkisinde farklı kalite ve miktardaki sulama suyu koşullarının su kullanımı, verim, vejetatif gelişme ve fizyolojik parametreleri üzerine etkileri kontrollü arazi koşullarında araştırılmıştır. Denemede, dört farklı sulama suyu tuzluluk düzeyi, dört farklı sulama suyu miktarı ve çoklu stres koşullarında bitkilere kuraklık ve tuzluluk stresi beraber uygulanmıştır. Denemenin sonunda aynı sulama suyu miktarında artan tuz konsantrasyonlarında bitki su tüketiminin azaldığı gözlenmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça su kullanım etkinliğinde (WUE) artış meydana gelmiştir. Yapılan çalışmada kinoa bitkisine uygulanan kuraklık ve tuzluluk stresinin genel olarak verim parametreleri üzerine olumsuz etkileri olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Tuzluluk, Su Kısıtı, Çoklu Stres, Su Kullanımı

ABSTRACT

MSc. THESIS

THE EFFECTS OF MULTI STRESS CONDITIONS ON WATER USE AND YIELD PARAMETERS OF QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Çiğdem HOŞGÖREN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION

Supervisor	: Prof.Dr. Mustafa ÜNLÜ
II. Supervisor	: Assoc. Prof. Dr. G. Duygu SEMİZ
	Year: 2019, Pages: 203
Jury	: Prof.Dr. Mustafa ÜNLÜ
	: Assoc. Prof. Dr. G. Duygu SEMİZ
	: Prof.Dr. Cafer GENÇOĞLAN
	: Prof.Dr. Celaleddin BARUTÇULAR
	: Asst. Prof. Dr. Burçak KAPUR

In this study, the effects of different quality and amount of irrigation water conditions on water use, yield, vegetative development and physiological parameters of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in controlled field conditions were investigated under Central Anatolian climatic conditions. In the experiment, four different irrigation water salinity levels, four different irrigation water amounts and drought and salinity stress were applied to plants under multiple stress conditions. At the end of the experiment, it was observed that plant water consumption decreased with increasing salt concentrations in the same amount of irrigation water. As the applied amount of irrigation water decreased, water use efficiency (WUE) increased. In this study, it was found that applied drought and salinity stress to quinoa plant had negative effects on yield parameters in general.

Keywords : Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), salinity, moisture stress, multiple stress, water use

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Canlıların temel ihtiyaçlarından biri olan beslenme ve gıdanın fabrikası denilebilecek tarım sektörü üzerindeki baskı ve bu sektöre olan talep giderek artmaktadır. Bununla birlikte tarım için temel yapıtaşı niteliğinde olan su ve su kaynaklarının aşırı kullanımı veya kirlenmesi gibi nedenlerden dolayı tarım sektöründe yeterli miktarda ve kalitede sulama suyu uygulanamamaktadır. Verimli arazilerin tarım dışı kullanılması, yanlış uygulamalar sonucunda tarım arazilerinin çoraklaşması gibi nedenlerden dolayı tarım sektörü tehlikeye girmekte ve hızla artan dünya nüfusu tarım üzerindeki baskıyı daha da artırmaktadır. Küreselleşen dünyada gıdaya ulaşmak giderek zorlaşmakta ve gıda güvenliği tehlikeye girmektedir. Gıda güvenliğini sağlamak amacıyla çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Yürütülen çalışmalardan biri de stres koşullarına dayanıklı, en az girdiyle en fazla verimin elde edileceği yeni bitkilerin araştırılmasıdır.

Yetiştiricilikte bitki stres sebeplerini biyotik ve abiyotik stresler olmak üzere iki başlık altında incelemek mümkündür. Biyotik stres, bitkinin yetişme döneminde karşılaştığı ve verimini etkileyen mantar, böcek vs. gibi canlı kaynaklı streslerdir. Abiyotik stres ise, canlı olmayan nedenlerden meydana gelmektedir. Abiyotik stres denildiğinde başta kuraklık ve tuzluluk stresi ön planda olmak üzere don, aşırı hava sıcaklığı gibi çevresel faktörler akla gelmektedir.

Bitkisel üretimde verimi etkileyen ve kısıtlayan abiyotik streslerin başında yer alan kuraklık ve tuzluluk stresleridir. Bu stres faktörlerinden etkilenmeyen veya bunlara olan dayanıklılığı yüksek yeni bitkilerin ve çeşitlerin araştırılması, bulunması ve bulunan bu yeni bitki ve çeşitler hakkında yetiştiricilerin bilgilendirilerek bunların yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması tarımda sürdürülebilirlik dolayısıyla gıda güvenliği açısından oldukça önem taşımaktadır.

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), abiyotik streslerin birçoğunu tolere edebilen, stres faktörlerine karşı adaptasyon yeteneği yüksek, dayanıklı bir bitkidir. Kinoa, abiyotik streslere dayanıklı olması ve dahası içerdiği besin öğeleri, özellikle

protein oranının, fazla olması gibi nedenlerden dolayı gıda güvenliği kapsamında değerlendirilmektedir. Fizyolojik olarak “C3 bitkileri” grubunda yer alan kinoa bitkisi, yaklaşık olarak M.Ö. 3000 yılından beri insan ve hayvan beslenmesinde yer almaktadır.

Birçok ülkede kinoa bitkisi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda; kinoa bitkisinin tuzluluk, kuraklık gibi abiyotik streslere karşı dayanım düzeyleri, stres koşulları altında dayanımı sağlayan savunma mekanizmaları ve stres koşulları altında bitkide meydana gelen değişimler gibi konular araştırılmıştır. Literatürde, kinoa'nın tuzluluk, kuraklık stres şartlarında ayrı ayrı çalışmalar olmasına karşın çoklu stres şartlarında gösterdiği tepkinin yeterince araştırılmamış olması dikkat çekmekle birlikte, Orta Anadolu iklim şartlarında kontrollü koşullarda tuzluluk ve kuraklık toleransına ait çalışma bulunamamıştır.

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi içerisinde yer alan Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümüne ait deneme alanında açık alanda 17.05.2017 ile 27.08.2017 tarihleri arasında yürütülen bu çalışmada, Orta Anadolu iklim şartlarında kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bitkisinde farklı kalite ve miktardaki sulama suyu koşullarının su kullanımı, verim, vejetatif gelişme ve fizyolojik parametreleri üzerine etkileri kontrollü arazi koşullarında araştırılmıştır. Hem tuzluluk hem de su kısıtı konularında sulama suyu ihtiyacının belirlenmesinde saksıların tartılması suretiyle eksik suyun konularına göre uygulanması biçiminde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kontrol konusunda kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tükendiğinde sulamalara başlanmış ve konularına göre uygulanmıştır. Uygulama konuları; dört farklı sulama suyu tuzluluk düzeyi (0.25 (kontrol konusu), 5, 10 ve 20 dS/m), dört farklı sulama suyu miktarı (sulama suyu ihtiyaçlarının %120, %100, %70 ve %50 oranlarında yapılan sulamalar) şeklindedir. Çoklu stres koşullarında bitkilere belirtilen kuraklık ve tuzluluk stresi beraber uygulanmıştır.

Denemede en uygulanan sulama suyu miktarı en yüksek 274.607 mm K1T2 konusuna uygulanırken, en az K4T3 konusuna 102.310 mm olarak uygulanmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça su kullanım etkinliğinde

(WUE) artış meydana gelmiştir. Ayrıca sulama suyu ile uygulanan tuzluluk stresi arttıkça aynı sulama suyu miktarında bitki su tüketiminde azalma meydana gelmiştir.

Deneme sonunda uygulanan stres şartları arttıkça genel olarak dane veriminde azalmalar meydana gelmiştir. En fazla dane verimi 0.695 g/saksı olarak K1T1 uygulamasından alınırken bu en düşük değeri olan 0.420 g/saksı ile K3T3 uygulaması arasında değişmektedir. Benzer şekilde artan stres koşulları genel olarak vejetatif parametreleri de olumsuz etkilemiş; bitki boyu, 1000-dane ağırlığı ve dal salkım sayısında azalma olduğu bulunmuştur.

Fizyolojik parametrelerde artan tuzluluk ve kuraklık stresi ile yaprak nispi su içeriğinde (LRWC) azalma meydana gelirken, stomaların strese bağlı olarak kapanması nedeniyle stoma direncinde artış olmuştur. Stres şartlarındaki artış nedeniyle kapanan stomalar bitki taç sıcaklığının artmasına sebep olmuş dolayısıyla bitki taç sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark azalmıştır. Klorofil indeksinde stres şartları arttıkça azalma meydana gelirken, membran geçirgenliği (elektrolit sızıntı) değeri tuzluluk ve kuraklık stresiyle birlikte artmıştır. Verim tepki faktörü (K_y)= 1.38 olarak bulunmuştur.



TEŞEKKÜR

Benden çalışma süresince yardımlarını esirgemeyen danışmanlarım Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ ve Doç. Dr. G. Duygu SEMİZ 'e sonsuz teşekkürü borç bilirim. Ayrıca, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü eski Bölüm Başkanı Prof. Dr. Engin YURTSEVEN, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK, Doç. Dr. H. Eylem POLAT ve Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Bölüm Başkanı Prof. Dr. Bülent ÖZEKİCİ 'ye bana kattıkları görüşler ve bilgiler için şükranlarımı sunarım.

Bununla birlikte, eğitim öğretim hayatımda her zaman bana destek olan sevgili annem Ayşe HOŞGÖREN ve babam Ziraat Yüksek Mühendisi İbrahim HOŞGÖREN başta olmak üzere tüm aileme; sevgili dostum Sinem ZENGER başta olmak üzere tüm arkadaşlarıma ve Adana'da her zaman bana destek olup beni yalnız bırakmayan Mustafa ÖZDEN 'e sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XXII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Kinoa Hakkında Bilgiler ve Kinoa Yetiştiriciliği	5
2.1.1. Kinoa Hakkında Bilgiler.....	5
2.1.2. Kinoa Yetiştiriciliği	6
2.1.2.1. Kinoa Ekim Zamanı.....	6
2.1.2.2. Kinoa Hasat Zamanının Belirlenmesi.....	6
2.1.2.3. Kinoa Hasadı	7
2.1.2.4. Hasat Sonrası Yapılması Gerekenler	7
2.2. Kinoa'nın Besin Değerleri ve Beslenmedeki Önemi	7
2.3. Tuzluluğun Toprak ve Bitki Üzerine Etkileri	10
2.3.1. Tuzluluğun Toprak Üzerine Etkileri	10
2.3.2. Tuzluluğun Bitki Üzerine Etkileri.....	12
2.4. Sulamanın Önemi ve Bitki Parametreleri Üzerine Etkisi	16
2.5. Kuraklığa Bağlı Verim, Verim Ögeleri, Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametrelerde Değişimler.....	20
2.6. Kinoa Bitkisinin Tuzluluk ve Kuraklık Streslerine Karşı Dayanımı	24
3. MATERYAL ve YÖNTEM	29
3.1. Materyal.....	29

3.1.1. Deneme Yeri	29
3.1.2. Denemede Kullanılan Toprak	30
3.1.3. Deneme Alanı Meteorolojik Veriler	31
3.1.4. Denemede Kullanılan Bitki Çeşidi Özellikleri	33
3.1.5. Sulama Suları	35
3.1.6. Araştırmada Kullanılan Diğer Ekipmanlar	35
3.2. Yöntem	37
3.2.1. Saksıların Hazırlanmasında Uygulanan Yöntemler	37
3.2.2. Denemenin yürütülmesi	39
3.2.2.1. Gübreleme	41
3.2.2.2. Bakım ve İlaçlama	42
3.2.2.3. Hasat	43
3.2.3. Laboratuar Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler	46
3.2.4. Bitkide Yapılan Analizler	46
3.2.4.1. Yaprak Nispi Su İçeriği (LRWC)	46
3.2.4.2. Membran Geçirgenliği (Eloktrolit sızıntı)	47
3.2.4. Deneme Boyunca ve Sonunda Yapılan Ölçümler	47
3.2.5. Vejetatif Gelişme Parametreleri	50
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	51
4.1. Sulama Sonuçları	51
4.2. Dane Verimi	65
4.3. Su Kullanım Etkinliği (WUE)	80
4.4 Kinoa Bitkisinin Toplam Kuru Madde Ağırlıkları (Biokütle)	84
4.5. Bitki Boyu	89
4.6. Bin Dane Ağırlığı	96
4.7. Bitki Dal-Salkım Sayısı	102
4.8. Porometre Ölçümleri	107
4.9. Bitki Taç Sıcaklığı ile Ortam Sıcaklığı Arasındaki Fark (CTD- Canopy Temperature Depression)	113

4.10. Klorofil İndeksi	127
4.11. Yaprak Nispi Su İçeriği (LRWC).....	141
4.12. Membran Geçirgenliği (Eloktrolit sızıntı).....	154
4.13. Drenaj Suyundan Elde Edilen	167
4.13.1. Drenaj Suyu Elektriksel İletkenliği	168
4.13.2. Drenaj Suyunun Hacmi	170
4.13.3. Drenaj Suyunun pH Değeri	170
4.14. Verim Tepki Faktörü (Ky)	171
4.15. Tuz Tolerans Eğrisi	173
4.16. Evapotranspirasyonun Belirlenmesi (ET _C).....	175
4.17. Bitki Stres Katsayısı (Ks)	179
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	181
5.1. Sonuçlar	181
5.2. Öneriler	184
KAYNAKLAR.....	185
ÖZGEÇMİŞ.....	203



Çizelge 2.1.	Kinoa danelerinin besin içeriğinin diğer tahıllar ile karşılaştırılması	8
Çizelge 2.2.	Kinoa danelerinin temel amino asit içeriğinin buğday, soya, yağsız süt ve FAO'nun referans değerleri ile karşılaştırması.....	9
Çizelge 2.3.	Kinoa danelerinin mineral madde içeriğinin arpa, mısır ve buğday ile karşılaştırması (Johnson, 1990; İnce Kaya, 2010)	9
Çizelge 3.1.	Kullanılan toprağın özellikleri	31
Çizelge 3.2.	2017 yılına ait meteorolojik parametreler	32
Çizelge 4.1.	Yetiştirme dönemi boyunca her bir konuya uygulanan toplam sulama suyu miktarı, mm	52
Çizelge 4.2.	Kinoa bitkisinde uygulanan sulama suyu verilerine ait Bonferroni testi sonuçları	53
Çizelge 4.3.	Denemede konulara göre hasatta elde edilen dane verimine ait değerler, (g/saksı).....	65
Çizelge 4.4.	Kinoa dane verimine ait Bonferroni testi sonuçları	66
Çizelge 4.5.	Su kullanım etkinliği (WUE) sonuçları.....	80
Çizelge 4.6.	Su kullanım etkinliğine ait Bonferroni testi sonuçları (WUE), g/m ³ .	81
Çizelge 4.7.	Bitkinin toplam kuru madde ağırlık değerleri (toplam biokütle), g/saksı.....	85
Çizelge 4.8.	Toplam kuru madde ağırlığına ait Bonferroni testi sonuçları	86
Çizelge 4.9.	Bitki boyu değerleri.....	89
Çizelge 4.10.	Sulama suyu miktarının bitki boyuna etkisine ait Bonferroni testi sonuçları	90
Çizelge 4.11.	Tuz konsantrasyonunun bitki boyuna etkisine ait Bonferroni testi sonuçları	90
Çizelge 4.12.	Bin dane ağırlığı, g.....	97
Çizelge 4.13.	Tuz konsantrasyonunun bin dane ağırlığına olan etkisine ait Bonferroni testi sonuçları.....	99

Çizelge 4.14. Ortalama dal ve salkım sayısı	102
Çizelge 4.15. Sulama suyu miktarının bitki dal-salkım sayısına etkisine ait Bonferroni testi sonuçları.....	104
Çizelge 4.16. Tuzluluk seviyesinin bitki dal-salkım sayısına etkisine ait Bonferroni testi sonuçları	104
Çizelge 4.17. Deneme konularından ölçülen porometre değerleri, s/cm	107
Çizelge 4.18. Sulama suyu miktarı konularına ait yaprak stoma direnci için Bonferroni testi sonuçları.....	109
Çizelge 4.19. Tuz konsantrasyonu konularına ait yaprak stoma direnci için Bonferroni testi sonuçları.....	109
Çizelge 4. 20. Bitki taç sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark değerleri ve ortalamları	113
Çizelge 4.21. Kinoa bitkisinde bitki taç sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki farka ait Bonferroni testi sonuçları.....	115
Çizelge 4.22. Konulara göre kinoa bitkisi klorofil içeriği	127
Çizelge 4.23. Kinoa bitkisinde yaprak klorofil indeksine ait Bonferroni testi sonuçları	129
Çizelge 4.24. Uygulama konularına göre elde edilen LRWC değerleri.....	142
Çizelge 4.25. Kinoa bitkisinde elde edilen yaprak nispi su içeriği (LRWC) değerlerine ait Bonferroni testi sonuçları	143
Çizelge 4.26. Uygulama konularına göre elde edilen membran geçirgenliği değerleri	154
Çizelge 4.27. Kinoa bitkisinde elde edilen membran geçirgenliği değerlerine ait Bonferroni testi sonuçları.....	156
Çizelge 4. 28. Drenaj sularından elde edilen hacim (litre), EC _d (dS/m) ve pH değerleri	168

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1. Toprak tuzluluğu ve verim arasındaki kuramsal ilişki.....	13
Şekil 2.2. Bitkilerin tuza dayanımına göre uzun dönem tuz dengesi ve kısa dönem.....	15
Şekil 2.3. Bitkilerde su-verim ilişkisi eğrisi.....	17
Şekil 3.1. Deneme alanının yağış esnasında kapalı hali.....	29
Şekil 3.2. Deneme alanının yağış olmadığı durumdaki açık hali	30
Şekil 3.3. Viyollerde çimlenme aşamasındaki kinoa tohumlarına ait bir görüntü 34	
Şekil 3.4. Şaşırtma yapıldıktan sonra deneme alanındaki bir görüntü	34
Şekil 3.5. Deneme alanında saksı altlarına drenaj sularını toplamak amacıyla plastik kaplar yerleştirildikten sonraki bir görünüm	36
Şekil 3.6. Bitki ölçümleri sırasında çekilen bir görüntü.....	37
Şekil 3.7. Sulamadan önce plastik kovalarda hazırlanan tuzlu sulama suları ve deneme alanının görünümü	39
Şekil 3.8. Deneme deseni	40
Şekil 3.9. Gübreleme esnasında çekilen bir görüntü	42
Şekil 3.10. Olgunlaşan kinoa bitkilerinin değişen görünümü	43
Şekil 3.11. Kinoa hasat edilirken bir görüntü	44
Şekil 3.12a.ve Şekil 3.12b. Tohumların dış kabuklarından ayrılması.....	45
Şekil 3.13. Kinoa bitkisinin bir kısmından elde edilen sırasıyla kabuk, tohum ve sap miktarı.....	45
Şekil 4.1. Konulara göre ortalama toplam sulama suyu miktarında meydana gelen.....	53
Şekil 4.2. T1 tuzluluk düzeyinde su kısıtı konularına göre uygulanan toplam sulama suyunda meydana gelen değişimler	54
Şekil 4.3. T2 tuzluluk düzeyinde su kısıtı konularına göre uygulanan toplam sulama suyunda meydana gelen değişimler	55

Şekil 4.4. T3 tuzluluk düzeyinde su kısıtı konularına göre uygulanan toplam sulama suyunda meydana gelen değişimler	56
Şekil 4.5. T4 tuzluluk düzeyinde su kısıtı konularına göre uygulanan toplam sulama suyunda meydana gelen değişimler	58
Şekil 4.6. Su kısıtına bağlı olarak ortalama sulama suyu miktarında meydana gelen değişimler	59
Şekil 4.7. K1 konusunda sulama suyunun tuzluluk düzeylerine göre değişimi	60
Şekil 4.8. K2 konusunda sulama suyunun tuzluluk düzeylerine göre değişimi	61
Şekil 4.9. K3 konusunda sulama suyunun tuzluluk düzeylerine göre değişimi	62
Şekil 4.10. K4 konusunda sulama suyunun tuzluluk düzeylerine göre değişimi	63
Şekil 4.11. Değişen tuzluluk seviyelerine bağlı olarak ortalama sulama suyu miktarında meydana gelen değişimler	64
Şekil 4.12. Ortalama dane veriminin uygulama konularına bağlı değişimi	66
Şekil 4.13. T1 tuzluluk düzeyinde değişen oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının kinoa bitkisi dane verimi üzerine etkileri.....	68
Şekil 4.14. T2 tuzluluk düzeyinde değişen oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının kinoa bitkisi dane verimi üzerine etkileri.....	69
Şekil 4.15. T3 tuzluluk düzeyinde değişen oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının kinoa bitkisi dane verimi üzerine etkileri.....	70
Şekil 4.16. T4 tuzluluk düzeyinde değişen oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının kinoa bitkisi dane verimi üzerine etkileri.....	71
Şekil 4.17. Farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarına bağlı dane veriminde meydana gelen değişimler.....	72
Şekil 4.18. K1 oranında uygulanan sulama suyu miktarında artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak dane veriminde meydana gelen değişimler.....	73
Şekil 4.19. K2 oranında uygulanan sulama suyu miktarında artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak dane veriminde meydana gelen değişimler.....	75

Şekil 4.20. K3 oranında uygulanan sulama suyu miktarında artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak dane veriminde meydana gelen değişimler.....	76
Şekil 4.21. K3 oranında uygulanan sulama suyu miktarında artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak dane veriminde meydana gelen değişimler.....	77
Şekil 4.22. Denemede uygulanan farklı tuz konsantrasyonuna bağlı dane veriminde meydana gelen değişimler.....	78
Şekil 4.23. Su kullanım etkinliği (WUE) değerinin denemede uygulanan konulara göre değişimi.....	81
Şekil 4.24. Kinoa bitkisinden elde edilen toplam kuru madde ağırlığının uygulama konularına göre değişimi.....	86
Şekil 4.25. Farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarının elde edilen toplam kuru madde miktarı üzerine etkileri.....	87
Şekil 4.26. Uygulama konularından ölçülen ortalama bitki boyu uzunlukları.....	90
Şekil 4.27. Farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarının bitki boyu üzerine etkileri	91
Şekil 4.28. Farklı tuz konsantrasyonlarının bitki boyu üzerine etkileri	92
Şekil 4.29. Bitki boylarının kıyaslanması	93
Şekil 4.30. Bitki boylarının kıyaslanması	93
Şekil 4.31. Bitki boylarının kıyaslanması	94
Şekil 4.32. Bitki boylarının kıyaslanması	94
Şekil 4.33. Uygulama konularına göre elde edilen bin dane ağırlığında meydana gelen değişimler	98
Şekil 4.34. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak kinoa bitkisindeki bin dane ağırlığındaki değişimler.....	100
Şekil 4.35. Farklı tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak kinoa bitkisindeki bin dane ağırlığındaki değişimler	101
Şekil 4.36. Uygulama konularına göre değişen dal-salkım sayısı	103

Şekil 4.37. Uygulanan sulama suyu miktarının dal-salkım sayısında meydana getirdiği değişimler	105
Şekil 4.38. Uygulanan tuz konsantrasyonunun kinoa bitkisi dal-salkım sayısı üzerine olan etkileri.....	106
Şekil 4.39. Uygulamalara göre yaprak stoma direncinde meydana gelen değişimler	108
Şekil 4.40. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak yaprak stoma direncinde meydana gelen değişimler.....	110
Şekil 4.41. Uygulanan tuzluluk düzeyine bağlı olarak yaprak stoma direncinde meydana gelen değişimler.....	111
Şekil 4.42. Uygulamalara göre CTD değerinde meydana gelen değişimler	114
Şekil 4.43. T1 tuzluluk seviyesinde sulama suyuna miktarına bağlı CTD meydana gelen değişimler	116
Şekil 4.44. T2 tuzluluk seviyesinde sulama suyuna miktarına bağlı CTD meydana gelen değişimler	117
Şekil 4.45. T3 tuzluluk seviyesinde sulama suyuna miktarına bağlı CTD meydana gelen değişimler	118
Şekil 4.46. T4 tuzluluk seviyesinde sulama suyuna miktarına bağlı CTD meydana gelen değişimler	119
Şekil 4.47. Uygulanan tuz stresine bağlı olarak Tc-Ta (CTD) değerinde meydana gelen değişimler	120
Şekil 4.48. K1 sulama suyu miktarında uygulanan tuzluluk düzeylerine göre CTD değerindeki değişimler.....	121
Şekil 4.49. K2 sulama suyu miktarında uygulanan tuzluluk düzeylerine göre CTD değerindeki değişimler.....	122
Şekil 4.50. K3 sulama suyu miktarında uygulanan tuzluluk düzeylerine göre CTD değerindeki değişimler.....	123
Şekil 4.51. K4 sulama suyu miktarında uygulanan tuzluluk düzeylerine göre CTD değerindeki değişimler.....	124

Şekil 4.52. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak CTD değerinde meydana gelen değişimler.....	125
Şekil 4.53. Stoma direnci ve CTD değerleri arasındaki ilişkiye ait grafik.....	126
Şekil 4.54. Uygulama konularına göre ortalama klorofil indeksinde meydana gelen değişimler.....	128
Şekil 4.55. T1 konusunda uygulanan sulama suyuna bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişim.....	130
Şekil 4.56. T2 tuzluluk düzeyinde sulama suyu miktarlarına bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler	131
Şekil 4.57. T3 tuzluluk düzeyinde sulama suyu miktarlarına bağlı olarak klorofil indeksinde meydana gelen değişimler	132
Şekil 4.58. T4 tuzluluk düzeyinde sulama suyu miktarlarına bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler	133
Şekil 4.59. Tuzluluk düzeyine bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler	134
Şekil 4.60. K1 sulama suyu miktarı konusunda uygulanan tuzluluk düzeyine bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler	135
Şekil 4.61. K2 konusunda uygulanan tuzluluk düzeyine bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişim.....	137
Şekil 4.62. K3 konusunda uygulanan tuzluluk düzeyine bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişim.....	138
Şekil 4.63. K4 sulama suyu uygulamalarında tuzluluk düzeyine bağlı olarak bitki klorofil indeksindeki değişimler	139
Şekil 4.64. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler	140
Şekil 4.65. Her konunun ortalama LRWC değerinin uygulamalara göre değişimi	143
Şekil 4.66. K1 sulama suyu konusunda artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler	144

Şekil 4.67. K2 sulama suyu konusunda artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler	145
Şekil 4.68. K3 sulama suyu konusunda artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler	146
Şekil 4.69. K4 sulama suyu konusunda artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler	147
Şekil 4.70. Uygulanan sulama suyunda artan tuzluluk düzeyine bağlı olarak ortalama LRWC değerinde meydana gelen değişimler	148
Şekil 4.71. T1 tuzluluk konsantrasyonu konusunda uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler .	149
Şekil 4.72. T2 tuzluluk konsantrasyonu konusunda uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler .	150
Şekil 4.73. T3 tuzluluk konsantrasyonu konusunda uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler .	151
Şekil 4.74. T4 tuzluluk konsantrasyonunda değişen sulama suyu miktarlarının LRWC değeri üzerine etkileri.....	152
Şekil 4.75. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak ortalama LRWC değerinde meydana gelen değişimler.....	153
Şekil 4.76. Uygulama konularına göre ortalama membran geçirgenliği değerlerinde meydana gelen değişimler.....	155
Şekil 4.77. K1 sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk düzeyine bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler.....	157
Şekil 4.78. K2 sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk düzeyine bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler.....	158
Şekil 4.79. K3 sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk düzeyine bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler.....	159
Şekil 4.80. K4 sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk düzeyine bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler.....	160

Şekil 4.81. Uygulanan sulama suyunda artan tuzluluk seviyelerine bağlı olarak ortalama membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler	161
Şekil 4.82. T1 tuzluluk düzeyi konularında değişen sulama suyu miktarlarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler ...	162
Şekil 4.83. T2 tuzluluk düzeyi konularında değişen sulama suyu miktarlarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler ...	163
Şekil 4.84. T3 tuzluluk düzeyi konularında değişen sulama suyu miktarlarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler ...	164
Şekil 4.85. T4 tuzluluk düzeyi konularında değişen sulama suyu miktarlarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler ...	165
Şekil 4.86. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak ortalama membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler	166
Şekil 4.87. Sulamalardan sonra elde edilen drenaj sularının EC_d değerinin zamanla ve uygulama konularına göre değişimi	169
Şekil 4.88. Sulamalardan sonra elde edilen drenaj sularının hacimlerinin zamanla ve uygulama konularına göre değişimi, (litre)	170
Şekil 4.89. Sulamalardan sonra elde edilen drenaj sularının pH değerlerinin zamanla ve uygulama konularına göre değişimi	171
Şekil 4.90. Verim tepki faktörü (K_y) değerine ilişkin grafik	172
Şekil 4.91. Kinoa bitkisi tuz tolerans eğrisine ait grafik	173
Şekil 4.92. Bitkileri için oransal tuza dayanımlar (Mass ve Hoffmann, 1977).....	175
Şekil 4.93. K1 oranında uygulanan sulama suyunda değişen tuz konsantrasyonu için evapotranspirasyonda meydana gelen değişimler	176
Şekil 4.94. K2 oranında uygulanan sulama suyunda değişen tuz konsantrasyonu için evapotranspirasyonda meydana gelen değişimler	177
Şekil 4.95. K3 oranında uygulanan sulama suyunda değişen tuz konsantrasyonu için evapotranspirasyonda meydana gelen değişimler	178

- Şekil 4.96. K4 oranında uygulanan sulama suyunda değişen tuz konsantrasyonu
için evapotranspirasyonda meydana gelen değişimler 179
- Şekil 4.97. Toprak tuzluluğunun kinoa'nın bitki su tüketimi üzerine etkisi, Ks 180



SİMGELER VE KISALTMALAR

WUE	: Su Kullanım Etkinliği
LRWC	: Yaprak Nispi Su İçeriği
°C	: Santigrad Derece
%	: Yüzde
g veya gr	: Gram
ppm	: Milyonda Bir
mM	: Milimol
dS	: Desisimens
m	: Metre
EC	: Elektriksel İletkenlik
Ψ	: Yaprak Suyu Potansiyeli
g_s	: Stoma İletkenliği
kg	: Kilogram
L	: Litre
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
ET	: Bitki Su Tüketimi
K_y	: Verim Tepki Faktörü
K_s	: Bitki Stres Katsayısı
T _{taç} veya T _c	: Ortalama Taç Sıcaklığı
T _a	: Hava Sıcaklığı
CTD	: Bitki Taç Sıcaklığı İle Ortam Sıcaklığı Arasındaki Fark (Canopy Temperature Depression)
YGS	: Yılın Gün Sayısı



1. GİRİŞ

Günümüzde su kaynakları, küresel ısınma ve mevcut kaynakların aşırı/gereksiz kullanımı ya da kirlenmesi gibi nedenlerden dolayı hızla azalırken nüfusun hızla artması nedeniyle de suya olan talep artmaktadır. Bu da mevcut suyun kısıtlı olması sebebiyle idareli kullanmayı ve oluşabilecek olumsuz durumlara karşı önlemler almayı gerekli kılmaktadır. Diğer yandan tarım topraklarının, sanayileşmenin ve nüfus artışının sonucu olarak çarpık kentleşmenin etkileriyle, olumsuz olarak etkilenmesi veya yanlış tarım uygulamaları sonucunda mevcut tarım toprakları giderek çoraklaşmakta ve verimli toprak miktarı azalmaktadır. Sonuç olarak, tarımın en önemli girdilerinden olan su ve su kaynaklarının kirlenmesi veya tükenmesi ve verimli arazilerinin tarım dışı kullanılması ya da çoraklaşması sonucu canlıların temel gereksinimlerinin büyük kısmını oluşturan gıda üretiminin sanayisi görevini üstlenen tarım sektörü olumsuz etkilenmektedir.

Dünya nüfusunun hızla artması tarım sektörüne olan baskıyı artırmaktadır. Dünya servetinin ve kaynakların eşit dağıtılmaması sonucu mevcut koşullarda dahi birçok ülkede gıda ve su kıtlığı insan sağlığını ve dolayısıyla insan yaşamını tehdit etmektedir. Bu tehditlerin boyutlarını göz önüne sermek amacıyla yapılan çalışmalardan birkaçının sonucu şu şekildedir:

- Dünyada 805 milyon insan yeterli gıdaya ulaşamamaktadır (FAO-IFADWFP, 2014).
- Dünyada 750 milyondan fazla insanın temiz içme suyuna erişim imkânı bulunmamaktadır. Dünya çapında günde yaklaşık 2300 kişi, yani her yıl 842 binden fazla insan kirlı su içilmesi ve yetersiz arıtma, kanalizasyon ve hijyen koşulları nedeniyle hayatını kaybetmektedir (WHO-UNICEF, 2014).

- Yoksulluktan kaynaklanan yetersiz beslenme ve açlık, dünyada en fazla ölüme yol açan hastalıktır. Açlık, bugün dünyada HIV/AIDS, sıtma ve tüberküloz hastalıklarının toplamından daha fazla ölüme yol açmaktadır (WFP, 2010).
- Her yıl 3.1 milyon çocuk yetersiz beslenme nedeniyle ölmektedir. Yetersiz beslenme, 5 yaş altı çocuk ölümlerinin %45'inin nedenidir (WFP, 2015). Buna ilaveten, 2011 yılında dünyada 5 yaş altındaki 165 milyon çocuk yoksulluktan kaynaklı beslenme bozukluğu nedeniyle gelişim geriliği göstermiştir (UNICEF, 2013).

Yukarıda verilen örneklerden tehlikenin boyutunun hâlihazırda bile ne kadar büyük olduğunu göstermektedir. Bu nedenle yıkımın boyutlarını azaltmak adına önce sorun ve problemler araştırılmalı ve bunları çözmek için planlar yapılmalı ve uygulanmalıdır. Ayrıca gelecek yıllarda sorunların ortadan kalkmaması durumunda alınacak önlemler ortaya konulmalıdır. Örneğin; verimi arttırmaya yönelik çalışmalar yapılarak minimum arazi ve su kullanımıyla maksimum verim elde edilebilmesi için çalışmalar yapılması, kuraklık, tuzluluk vb. abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklı yeni bitkilerin araştırılması ve bunların yaygınlaştırılması için çalışmalar yapılmalıdır.

Dünya arazisinin yaklaşık üçte biri kurak ve yarı kurak bölgelerdedir (Williams, 1999). Bu bölgelerde yağış eksikliği, yüksek evapotranspirasyon oranı ve sınırlı su kaynaklarının yanlış yönetilmesi kuraklık, tuzluluk ve çölleşme sorunlarını beraberinde getirmektedir. Dünyadaki tuz etkilenen alanın 800 milyondan fazla hektar olduğu tahmin edilmektedir (Rengasamy, 2010). Türkiye'de sulamanın yetersiz yönetimi ve yetersiz drenaj nedeniyle 1.5 milyon hektarlık toprakta tuzluluk sorunu var (FAO, 2014). Sürdürülemez ve hatalı tarım uygulamaları sonucunda her yıl önemli miktarda tarım arazisi üretimden

çıkmaktadır. Ekilebilir arazinin artan tuzlulaşmasının, 2050'de %50'lik bir toprak kaybına neden olması beklenmektedir (Wang ve ark, 2003).

Öte yandan çevre koşullarında önemli değişiklikler yaratan ve bu sorunlara yenilerini ekleyen iklim değişikliğinin tarımsal üretimi üzerindeki olumsuz etkisi zaten gözlenmeye başlanmıştır. Türkiye'nin de bulunduğu Akdeniz bölgesi, iklim değişikliğine karşı savunmasız bir bölge olabilir (Giorgi ve Lionello, 2008).

Değişen çevre koşullarında sürdürülebilir tarımsal üretim için; Tarımsal uygulamalar ve yetiştirme sistemleri bu yeni koşullar göz önüne alınarak yeniden düzenlenmelidir. Bu amaca yönelik yaklaşımlardan bir tanesi, abiyotik stresleri tolere edebilen ve olumsuz koşullara uyarlanabilen bitki örtüsünü araştırmak ve yetiştiricilikte kullanmaktır (Yazar ve İnce Kaya, 2014).

Kuraklık ve tuzluluk gibi abiyotik stresler bitkilerin büyümesini etkileyen yaygın çevresel faktörlerdir ve bitki örtüsünün coğrafi dağılımının temel belirleyicileri ve tarımda ürün veriminin kısıtlanması olarak kabul edilir (Schulze ve ark, 2005; Gregory, 2006; Lin ve ark, 2006).

Tuzluluk ve kuraklık stresinin etkilerini en aza indirmek için alınacak önlemlerden biri bu koşulları, nicel ve nitel verim açısından iyi bir adaptasyon ile tolere edebilen, alternatif türlerin tanıtılmasıdır. Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), olumsuz faktörlerin bir kombinasyonuna direnç gösteren bir üründür (Jacobsen ve ark, 2003).

Literatür incelendiğinde kinoanın özellikle tuzluluğa karşı toleransının nispeten yüksek olmasıyla beraber çeşitten çeşide farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Literatürde karşılaşılan önemli bir eksik ise kinoanın hem tuzluluk hem de kuraklık şartlarında gösterdiği tepkinin yeterince araştırılmamış olmasıdır. Diğer taraftan tuz ve su kısıtı toleransının Orta Anadolu iklim şartlarında kontrollü koşullarda araştırıldığı bir çalışma bulunamamıştır. Benzer biçimde, kinoanın tuzlu koşullar için ky-verim tepki faktörü (Stewart ve Hagan, 1973), ks-bitki stres katsayısı (Allen ve ark, 1998), su kullanım etkinliği gibi kimi bitki su tüketimi ve

verim ile ilintili araştırmalara ulaşılammıştır. Yapılan literatür araştırmasında, kinoa bitkisinin Orta Anadolu'da kontrollü şartlarda hem tuzluluk hem de su kısıtının bitki verimi, su kullanımı ve fizyolojik parametrelerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanamamıştır. Ülkemizde tarımı yeni başlayan kinoa ile ilgili araştırma sonuçları giderek önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bitkisinde farklı kalite ve miktardaki sulama suyu koşullarının su kullanımı, verim, vejetatif gelişme ve fizyolojik parametreleri üzerine etkileri kontrollü arazi koşullarında araştırılmıştır.

Bu tez çalışmasında:

- 1) Orta Anadolu iklim şartlarında, kinoa bitkisinde farklı kalitedeki sulama suyu koşullarının su kullanımı, verim, vejetatif gelişme ve fizyolojik parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır.
- 2) Orta Anadolu iklim şartlarında, kinoa bitkisinde farklı sulama rejimlerinde su kullanımı, verim, vejetatif gelişme ve fizyolojik parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır.
- 3) Orta Anadolu iklim şartlarında, kinoa bitkisinde farklı kalite ve miktarda uygulanan sulama suyu koşullarında su kullanımı, verim, vejetatif gelişme ve fizyolojik parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Kinoa Hakkında Bilgiler ve Kinoa Yetiştiriciliği

2.1.1. Kinoa Hakkında Bilgiler

Ispanakgiller (Chenopodiaceae) familyasının bir üyesi olan kinoa (*Chenopodium quinoa*), fizyolojik olarak “C3 bitkileri” grubunda değerlendirilen; tek yıllık, çift çenekli, otsu bir bitkidir (Jacobsen ve ark, 2003). MÖ 3000’li yıllardan bu yana insan ve hayvan beslenmesinde kullanılan bitkinin (Weber, 1978), ana vatanı Güney Amerika’nın And Dağları’dır (Kaya, 2010; Tan, 2013). Dünya kinoa üretiminin %80’den fazlasını karşılayan (Vilche ve ark, 2003; Jancurová ve ark, 2009) Peru ve Bolivya bölgelerinde 5000 yıldan beri yetiştirilen bitki, 80’li yılların başında Avrupa’ya getirilmiştir (Pearsall, 1992). Kinoa’nın optimum koşullarda potansiyel verimi iklim, toprak, ekim tarihi ve genetik maddeye göre değişmektedir (Yazar ve ark, 2015).

Kinoa, çeşitlere göre farklılık göstermekle birlikte, ortalama, çimlendikten sonra -4°C ile -6°C’ye kadar dayanmaktadır. Kinoa çeşitleri ürün olarak, saponin oranlarına göre, 3 gruba ayrılmaktadır. Bunlardan ilki “Saponinli kinoa çeşitleridir”. Bu gruptaki kinoa yüksek oranda saponin içermektedir. Bu nedenle, hasat sonrası saponin içeriğinin giderilmesi için işlenmesi yani, yıkama ve kurutma, gerekmektedir. İkincisi ise “Tatlı kinoa çeşitleridir”. Bu kinoa grubu az miktarda saponin içermektedir ve yine hasat sonrası saponin içeriğinin giderilmesi için işlenmesi gerekmektedir. Üçüncü grupta ise, “Saponinsiz kinoa çeşitleri” yer almaktadır. Bu grupta yer alan çeşitler son yıllarda geliştirilmiştir ve saponin içeriği sıfır (0)’dır. Diğer bir deyişle, bu grupta yer alan çeşitlerde saponin bulunmamaktadır. Bu nedenle, hasat sonrası, saponinsiz olduğu için işlenmesine gerek kalmamaktadır. Son yıllarda en çok tarımı yapılan saponinsiz kinoa türünün avantajı, hasat sonrası işleme sorunu ortadan kalkmakta ve daha kolay pazarlanabilmektedir. Bu da, kinoa tarımını normal hububat tarımı gibi çok daha

kolay yapılabilir hale getirmektedir (Anonymous, 2018b). Yetiştirilmesine gerekli toprak, gübreleme ve böcek koruyucuları sağlandıktan sonra kinoadan dekar başına 150-400 kg ürün elde edilebilmektedir. Tohumları beyaz, sarı, kırmızı, mor, kahverengi ya da siyah renkli olabilmektedir (Anonymous, 2018a).

2.1.2. Kinoa Yetiştiriciliği

2.1.2.1. Kinoa Ekim Zamanı

Ortalama toprak sıcaklığının 5-7°C olduğu zaman, Mart, Nisan aylarında, daha yüksek bölgeler için Mayıs ayının başları ve ortaları kinoa ekimi için uygundur. Toprak sıcaklığının -1°C olduğu zaman da ekimi yapılabilir. Güney bölgelerimiz de ise mevsimsel şartlara bağlı olarak daha erken, kışlık olarak da, ekilebilir. Kuru şartlarda yapılacak bir üretimde iklime bağlı olarak olabildiğince erken ekim yapılmalıdır. Erken ekimler, kinoa'nın ilkbahar yağışlarından daha iyi yararlanmasını sağlar. Kinoa tarımında önemli unsurlarından birisi de çiçeklenme zamanının +35°C'yi geçmeyecek şekilde ekim tarihinin bölgelere göre planlanmasıdır (Anonymous, 2018a).

Kinoa tohumu ekim derinliği 1-3 cm'dir. Ekim derinliği iyi ayarlanmalıdır, çünkü tohum taneleri küçük olduğundan derin ekimlerde çimlenme sonrası çıkış süresi gecikmekte ya da derinde düşen tohumlarda çıkış sağlanamamaktadır (Anonymous, 2018a).

2.1.2.2. Kinoa Hasat Zamanının Belirlenmesi

Kinoa bitkisi çeşitlere ve türlere bağlı olarak hasat süresi değişiklik göstermektedir. Bu süreyi ekim zamanı iklim koşulları da etkiler. Hasat zamanını geldiğinde bitkiler sararıp kurumakta ve tane oluşumları gözlemlenebilmektedir. Kinoa hasat zamanı iyi ayarlanmalıdır, bazı bitkiler kuruyup hasat olgunluğuna ulaşırken bazıları hasat olgunluğuna ulaşamazlar, bu durumda, hasat zamanını daha ileri bir tarihe erteleyip diğer bitkilerinde gelişimini tamamlaması ve hasat

olgunluğuna gelmesi beklenmelidir. Bu tür durumlara genellikle yağışlı sezonlarda rastlanmaktadır (Anonymous, 2018a).

2.1.2.3. Kinoa Hasadı

Kinoa bitkisi hasat olgunluğuna ulaştığında hasat için klasik buğday biçerdöveri ile hasadı gerçekleştirilebilmektedir. Biçerdövere herhangi bir ek ekipman takılması gerekmemektedir. Sadece biçerdöver ayarları değiştirilmesi gerekmektedir, bu ayarlar biçerdöver operatörü tarafından yapılan; batör, elek ve fan ayarı ile rahatlıkla hasadı gerçekleştirilebilmektedir (Anonymous, 2018a).

2.1.2.4. Hasat Sonrası Yapılması Gerekenler

Kinoa hasadı gerçekleştirildikten sonra elde edilen ürünün, eğer gerekirse, nemi yüksek ise kurutulması gerekmektedir. Kurutma işlemi yapılmadan depolanan ya da paketlenen ürünlerde çimlenme, küflenme ve kötü koku oluşmaktadır. Saponinli kinoa hasadından sonra ürünlerin saponinden ayrılması için yıkama, durulama ve kurutma işlemleri yapılmalıdır, bu işlemler bilgili kişilerce yapılmaz ise ürün su içerisinde ya da nemli şekilde bekletilirse çimlenmeler meydana gelebilmekte ya da ürün kalitesi bozulmaktadır (Anonymous, 2018a).

2.2. Kinoa'nın Besin Değerleri ve Beslenmedeki Önemi

Kinoa insan beslenmesinde gıda olarak kullanılmasının yanı sıra hayvan yemi, böcek kovucu ve hatta ilaç hammaddesi olarak da kullanılmaktadır. İnsan beslenmesi açısından kinoa besin değeri olarak oldukça zengin bir gıdadır. FAO tarafından yapılan karşılaştırmalarda protein içeriğinin ve kalitesinin yaygın olarak kullanılan diğer tahıllara kıyasla çok daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Kinoa danelerinin besin içeriğinin diğer tahıllar ile karşılaştırılması Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir (Oelke ve ark, 1992; İnce Kaya, 2010).

Çizelge 2.1. Kinoa danelerinin besin içeriğinin diğer tahıllar ile karşılaştırılması (Oelke ve ark, 1992; İnce Kaya, 2010)

Ürün	Kuru Ağırlık Yüzdesi, %					
	Su	Protein	Yağ	Karbonhidrat	Lif	Kül
Kinoa	12,6	13,8	5,0	59,7	4,1	3,4
Arpa	9,0	14,7	1,1	67,8	2,0	5,5
Karabuğday	10,7	18,5	4,9	43,5	18,2	4,2
Mısır	13,5	8,7	3,9	70,9	1,7	1,2
Akdarı	11,0	11,9	4,0	68,6	2,0	2,0
Yulaf	13,5	11,1	4,6	57,6	0,3	2,9
Pirinç	11,0	7,3	0,4	80,4	0,4	0,5
Çavdar	13,5	11,5	1,2	69,6	2,6	1,5
Buğday	10,9	13,0	1,6	70,0	2,7	1,8

Nişasta içeriği ise %60 oranındadır. Kinoa daneleri, temel aminoasitleri de insan beslenmesi açısından oldukça dengeli bir oranda içermektedir; protein kalitesi örnek proteine yakındır. Ayrıca kinoa tohumları glüten içermez. Bu özelliği ile diyet uygulamak zorunda olan çölyak (Celiac) hastası (glüten enteropatisi) olan kişiler için uygun bir gıda maddesidir. Kinoa tohumu proteini, birçok hububat ile sınırlı olan metiyonin, treonin ve lizin (Bhargava ve ark, 2007; Comai ve ark, 2007; İnce Kaya, 2010) gibi esansiyel amino asitler açısından oldukça zengindir. Kinoa danelerinin temel amino asit içeriğinin buğday, soya, yağsız süt ve FAO'nun referans değerleri ile karşılaştırması Çizelge 2.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Kinoa danelerinin temel amino asit içeriğinin buğday, soya, yağsız süt ve FAO'nun referans değerleri ile karşılaştırması (Johnson ve Auguilera, 1980; İnce Kaya, 2010)

Amino Asitler	Amino Asit İçeriği (gr/100 gr protein)				
	Kinoa	Buğday	Soya	Yağsız Süt	FAO
	%				
İzolösin	4,0	3,8	4,7	5,6	4,0
Lösin	6,8	6,6	7,0	9,8	7,0
Lizin	5,1	2,5	6,3	8,2	5,5
Fenilalanin	4,6	4,5	4,6	4,8	-
Tirozin	3,8	3,0	3,6	5,0	-
Sistin	2,4	2,2	1,4	0,9	-
Metionin	2,2	1,7	1,4	2,6	-
Treonin	3,7	2,9	3,9	4,6	4,0
Triptofan	1,2	1,3	1,2	1,3	1,0
Valin	4,8	4,7	4,9	6,9	5,0

Ayrıca kinoa daneleri düşük sodyum içeriğine sahip olmasının yanı sıra, yüksek protein oranı (İnce Kaya, 2010; Iqbal, 2015), vitamin (A, B2, E) ve mineraller (Ca, Fe, Cu, Mg, Zn) açısından son derece zengindir (Repo-Carrasco ve ark, 2003; Konishi ve ark, 2004; İnce Kaya, 2010). Kinoa danelerinin mineral madde içeriğinin arpa, mısır ve buğday ile karşılaştırılması Çizelge 2.3.'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Kinoa danelerinin mineral madde içeriğinin arpa, mısır ve buğday ile karşılaştırması (Johnson, 1990; İnce Kaya, 2010)

Ürün	Ca	P	Mg	K	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
	%				ppm				
Kinoa	0,19	0,47	0,26	0,87	115	205	67	128	50
Arpa	0,08	0,42	0,12	0,56	200	50	8	16	15
Mısır	0,07	0,36	0,14	0,39	900	21	-	-	-
Buğday	0,05	0,36	0,16	0,52	900	50	7	-	14

Kinoadan yapılan gıdalar NASA tarafından "Astronot Gıda" olarak adlandırılmış ve kullanılmıştır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO),

2013 yılında kinoanın biyoçeşitlilik ve besin değerinin gıda güvenliğinde oynadığı role odaklanarak, “Uluslararası Kinoa Yılı” olarak ilan etmiştir (FAO, 2011). Kinoa, özellikle gelecekteki beklenen dünya senaryosu karşısında, tuzlanma ve kuraklığın artmasına karşı uygun olmayan iklim ve toprak koşullarına iyi adapte olması nedeniyle, gıda güvenliğinin sağlanması için iyi bir aday olarak gösterilmektedir (Ruiz ve ark, 2014). Son yıllarda, tüm dünyada ilgiyi çekmiş ve Avrupa, Afrika ve Asya’da birçok ülkede kinoa ekimi yaygınlaşmaya başlamıştır (FAO, 2013).

Kinoa tohumları ülkemizdeki büyük marketlerin egzotik tarım ürünleri raflarında satışa sunulmakta ve besleme değeri ile diğer üstünlükleri bilinmektedir. Ülkemizde geniş alanlarda yetiştiriciliği henüz yapılmamakla birlikte, Adana ve Konya’da nispeten küçük tarlalarda üretimine başlanmıştır (Anonymous, 2013; Geren ve ark, 2014).

2.3. Tuzluluğun Toprak ve Bitki Üzerine Etkileri

2.3.1. Tuzluluğun Toprak Üzerine Etkileri

Tuzluluk, esas olarak Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ve CO_3^{2-} olan çözünmüş ana inorganik çözünenlerin varlığına bağlı olarak ifade edilir. Toprakta tuzluluk, erirliği yüksek olan, kolayca çözünebilen tuzların toprakta veya toprak ekstraktında çözünen toplam tuz konsantrasyonudur ve doymuş toprak ekstraktından ölçülen elektrik iletkenliği (EC) ile ifade edilmektedir. Toprağın EC değeri, 25°C’de 4 dS/m’den fazla olduğu zaman toprağın tuzlu olduğu kabul edilir (Rhoades, 1996; Hinojosa ve ark, 2018).

Sulamada kullandığımız sular, bitki kök bölgesine belli miktarlarda tuzu getirirler. Kış yağışları yetersiz ise ya da yıkama yapılmıyorsa, zaman boyutunda profilde tuz birikmesi olacaktır. Bir başka deyişle toprağın tuz içeriği, başlangıç toprak tuzluluğu değerinin, sulama suyu ile eklenen tuz miktarından drenaj ile uzaklaşan tuz miktarının çıkarılması sonucu kalan değere eklenmesi ile bulunur.

Yani toprak tuzluluğunu etkileyen asıl etmen sulama ile giren ya da drenajla çıkan tuz miktarıdır (Meiri ve Plaut, 1985; Kesmez, 2003). Belirli bir (t) zamanında, belirli bir toprak hacmindeki tuz içeriği şu şekilde belirlenmektedir (Meiri ve Plaut, 1985; Kesmez, 2003).

$$S_t = S_o + C_i V_i - C_d V_d$$

Burada; S_t : Tuz içeriği, S_o : Başlangıç tuz içeriği, C_i : Sulama suyu tuz konsantrasyonu, V_i : Sulama suyu hacmi, C_d : Drenaj suyu konsantrasyonu, V_d : Drenaj suyu hacmi

Tuzlu sulama suları, bitki yetiştirilen alanlarda, toprakları olumsuz yönde etkilemektedir. Tuzdan etkilenen topraklar, sorunlu toprak sınıfına girmektedir (Kanber ve Ünlü, 2010). Bu amaçla, tuzun toprakları nasıl etkilediği konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Örneğin, Yurtseven ve ark (2001), sulama suyu tuzluluğunun tınlı toprakta profil tuzluluğuna etkisini araştırmak amacıyla tarla denemeleri yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada dört farklı tuzluluk seviyesi (kontrol-1.3, 3.0, 4.5 ve 6.0 dS/m) ve iki farklı Ca/Mg oranı (3:1 ve 1:3) uygulamışlar ve oluşan toprak tuzluluğu değişimlerini, 90 cm derinliğindeki profil için incelemişlerdir. Bütün parsellerde tuzluluk seviyesinin arttığını, tuzluluğun yüksek olduğu konularda ise bu artışın daha da yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Toprak tuzluluğundaki artışlar 0-40 cm derinlikte daha yüksek düzeylerde bulunmuş, buna karşı 60-90 cm derinliğinde toprak tuzluluğundaki değişimin, oldukça küçük olduğunu bulmuşlardır (Tekin, 2011).

Smedema ve Rycroft (1984), toprak tuzluluğunun zaman ve uzaklıkla yatay olduğu ölçüde düşey olarak da büyük oranda değiştiğini ve bu dağılımın temel nedeninin topraktaki su hareketi olduğunu rapor etmişlerdir. Aynı araştırmacılar, toprak tuz içeriğinin yağışlardan ve sulamalardan sonra, toprak

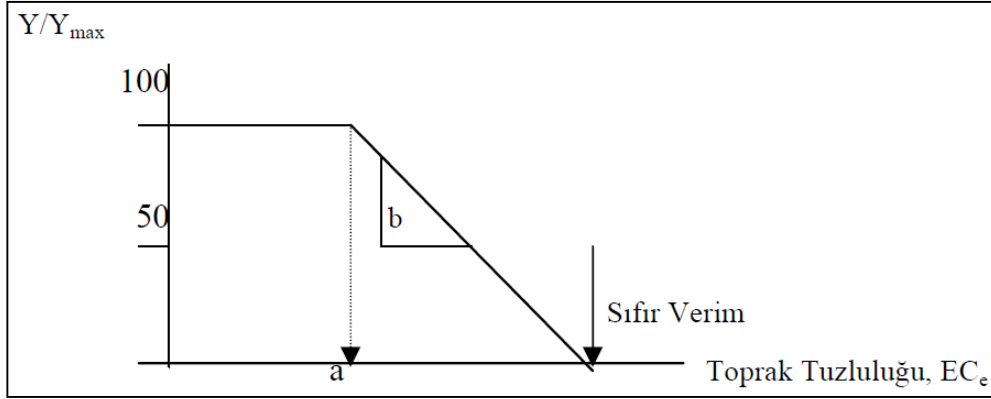
profili boyunca derinliğe bağlı olarak arttığını, buna karşılık kuru sezonda toprak profil derinliği boyunca azalarak devam ettiğini bildirmişlerdir.

Puntamkar ve ark (1988), yaptıkları bir çalışmada, tuzlu suyun kullanılmasının toprak özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini belirlemişlerdir. Bu etkinin derecesi, toprak bünyesi ve geçirgenliği ile sulama suyunun tuz içeriğine bağlı olarak değişmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, toprağın üst katmanlarının en fazla etkilendiği, buna karşı pH'ın önemli derecede değişmediği ve geçirgenlikte önemli düzeyde azalma olduğu anlaşılmıştır.

2.3.2. Tuzluluğun Bitki Üzerine Etkileri

Yüksek tuzluluk oranı, fotosentez, solunum ve protein sentezinin azalmasına neden olduğu için ürün verimini sınırlayan başlıca abiyotik streslerden biri olarak kabul edilmektedir. Tuzluluk stresi altındaki bitkilerde fotosentez azaltma, membran denaturalizasyonu, besin dengesizliği, reaktif oksijen türleri (ROS) üretiminde çarpıcı bir artış ve stoma kapanması gibi temel fizyolojik değişimler meydana gelmektedir (Gupta ve Huang, 2014; Munns ve Gilliam, 2015; Hinojosa ve ark, 2018). Düşük ROS konsantrasyonları sinyal molekülleri gibi hareket ederken, yüksek ROS birikimi, proteinlerde, lipidlerde ve DNA'da oksidatif hasar dâhil ciddi bitki toksisitesine neden olur (Miller ve ark, 2010; Sharma ve ark, 2012; Hinojosa ve ark, 2018).

Her bitkinin tuzluluğa gösterdiği tepki farklıdır. Ancak, bütün kültür bitkilerinde, bitki cinsine göre değişen, belirli bir tuzluluk düzeyinden sonra verimde kararlı bir azalma görülür (Maas ve Hoffman, 1977; Kesmez, 2003). Toprak tuzluluğu ile verim arasındaki kuramsal ilişki Şekil 2.1.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Toprak tuzluluğu ve verim arasındaki kuramsal ilişki (Meiri ve Plaut, 1985)

Her bitki için farklı olan, 'a' gibi bir tuzluluk düzeyine kadar verimde herhangi bir azalma görülmemektedir. Ancak ele alınan bitki için toprak tuzluluk düzeyi bitkinin tolere edebileceği tuzluluk düzeyini aştığında, birim tuzluluk artışına paralel olarak verimde doğrusal bir azalma görülmektedir. Bu azalma aşağıdaki eşitlikle de ifade edilebilir (Meiri ve Plaut, 1985; Kesmez, 2003).

$$\frac{Y}{Y_{\max}} = 1 - b(EC_e - a)$$

Burada; Y; Verim, $Y_{\max}$; Tuzsuz koşuldaki verim, b; Eğrinin eğimi, EC_e ; Toprak saturasyon tuzluluk değeri, a; Verimin azalmaya başladığı eşik tuzluluk değeri

Sulanan alanlarda, bitki kök bölgesine sulama mevsimi boyunca sürekli olarak tuz eklenir. Eklenen bu tuzlar yıkama yapılmadığı takdirde bitkilerin tolere edemeyeceği düzeylere ulaşır. Gerekli yıkama kış yağışları ile sağlanamıyorsa, sulama ile bir miktar yıkama suyu bitki kök bölgesine verilebilir. Tarımda esas amaç sürdürülebilirliği sağlamak olduğuna göre, toprakta tuz birikiminin oluşmaması arzu edilir. Toprakta tuz birikiminin oluşması, gelecek yıllardaki vejetasyonun riske atılması anlamına gelmektedir (Van Hoorn ve Van Alphen, 1991; Kesmez, 2003).

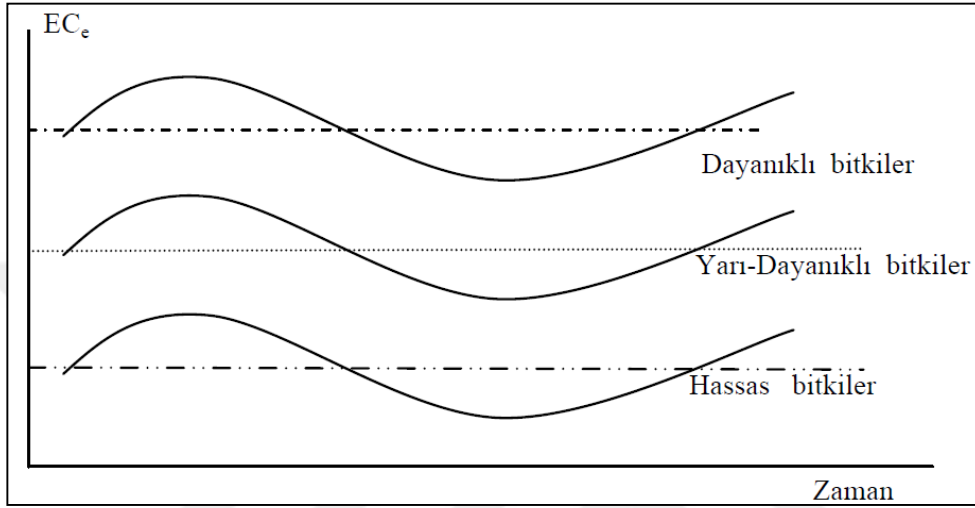
Bitkilerde tuzun en basit etkisi, topraktaki sudan bitkinin yararlanamaması yanında, bitki besinlerinin alımının azalması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Tuzlu topraklarda artan ozmotik potansiyelden dolayı bitkiler, suyu yeteri kadar kullanamamakta ya da ortamda aşırı miktarlarda bulunan Na ve Cl iyonlarının neden olduğu toksik etkiden dolayı azalma olmaktadır. Tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerin iyon dengesinin bozulmasına paralel olarak mineral madde değişimlerinde de önemli sayılabilecek oranlarda değişimler olmaktadır. Tuz geriliminden etkilenmeyen ya da göreceli olarak daha az etkilenen bitkilerin dokularında Na ve Cl iyonları az, prolin miktarı ise daha fazladır. Bitkiler tarafından alınan aşırı miktardaki tuz, hücre fonksiyonlarını bozar, hücre ve organel zarlarında meydana gelen tahribatlar nedeniyle fotosentez, solunum vb. işlevlerin sekteye uğraması tuz zararının sonuçlarındandır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Benzer şekilde, Kanber ve Ünlü (2010), toprakta tuz derişiminin artmasıyla birlikte bitkinin topraktan su alımının güçleştğini, toprağın yapısı bozularak bitki gelişiminin yavaşladığını açıklamışlardır (Tekin, 2011).

Toprak içerisinde yeterli miktarda su bulunmasına karşın bazı koşullar altında bitkilerin solmaya başladıkları görülmüştür. Bu durum genellikle yüksek toprak tuzluluğunun yarattığı “fizyolojik kuraklık” durumundan kaynaklanmaktadır. Fizyolojik kuraklık durumunda yüksek osmotik basınç nedeniyle bitki kökleri topraktaki mevcut suyu alamamaktadırlar (Ayyıldız, 1990).

Tuzluluk sorununa karşı, bitkiler kimi savunma mekanizmaları geliştirmiştir. Örneğin, bitki kökleri, tuzları geçirmeyen ancak su moleküllerinin geçmesine de engel olmayan yarı-geçirgen hücre zarlarına sahiptirler. Öte yandan, bazı bitkiler özellikle tohumlarının çimlenmesi veya fide devrelerinde tuzluluğa karşı oldukça duyarlı olmalarıdır (Ekmekçi ve ark, 2005).

Genel bir gruplandırma ile bitkiler tuza dayanım durumlarına göre, dayanıklı, yarı dayanıklı ve hassas bitkiler olarak sınıflandırılabilir (Maas ve

Hofmann, 1977). Zaman boyutunda toprakta oluşması beklenen tuz dengesi yaklaşımı Şekil 2.2.'de ifade edilmiştir.



Şekil 2.2. Bitkilerin tuza dayanımına göre uzun dönem tuz dengesi ve kısa dönem tuzlulukta değişimler (Van Hoorn ve Van Alphen, 1991)

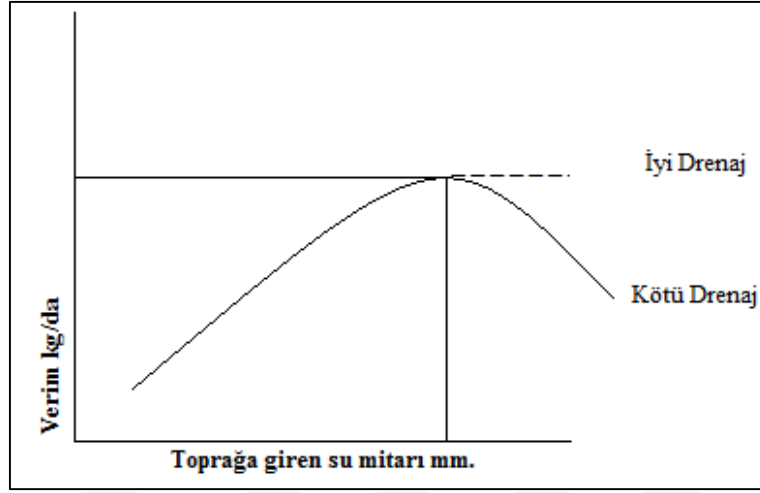
Bitkinin tuzluluğa duyarlı olmasının anlamı, düşük tuzluluk düzeylerinde dahi çözelti içerisinde oluşan ozmotik basınç değerlerinin bitki kökleri tarafından karşılanamamasıdır. Genelde sebzeler 1.0 – 3.8 dS/m dolaylarındaki tuzluluklarda verimde azalma göstermeye başlarlar. Tarla bitkilerinde ise bu değer 1.0- 10.0 dS/m arasında, yem bitkilerinde 1.6 –9.9 dS/m arasında olabilmektedir (Ayers ve Westcot, 1989).

Değişen tuzluluk konsantrasyonlarına bağlı olarak bitki parametrelerinde meydana gelen değişimler üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin; Clark ve ark (2000), laboratuvar çalışmalarıyla tuzun bitkiler ve topraklar üzerinde etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, tuza dayanımlı Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.), orta dayanımlı Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), tuza orta duyarlı Biber (*Capsicum annuum* L.) ve tuza duyarlı Fransız Kadife çiçeği bitkilerini kullanmışlardır. Çalışmada, biri kontrol olmak üzere tuzlu 4 eriyik hazırlanmıştır.

Tuzluluk düzeyleri, kontrol eriyiğinde 3:1 oranında CaCl_2 ve NaCl karıştırılarak; diğerlerinde ise tuz düzeyleri düşük (6.2 dS/m), orta (9.5 dS/m) ve yüksek (12.8 dS/m) olacak şekilde hazırlanmıştır. Çalışma sonucunda, Kadife çiçeği bitkisi en yüksek gelişimi kontrol düzeyinde gösterdiğini; bunu düşük tuz düzeyi izlediğini ancak, orta ve yüksek tuzluluk düzeylerinde bitkinin yaşayamadığını gözlemlemişlerdir. Biber bitkisinde de tuzluluk düzeyleri aynı etkiyi gösterdiğini belirtmişlerdir. Sorgum bitkisi ise kontrol, düşük ve orta tuzluluk düzeyinde azalan şekilde gelişme gösterdiğini, yüksek tuzlulukta çok az geliştiğini belirtmişlerdir. Pamuk bitkisinde ise artan tuzluluk düzeylerine rağmen bitki gelişimi, etkilenmemiştir.

2.4. Sulamanın Önemi ve Bitki Parametreleri Üzerine Etkisi

Bitkiler normal gelişimlerini sürdürebilmeleri için, çok yıllık bitkilerde kış dinlenme periyodu dışında, kökleri aracılığı ile topraktan devamlı su alırlar. Bitki tarafından alınan bu su; bitki dokularında su olarak kalır, parçalanarak bitki büyümesinde çeşitli bileşiklerin yapımında kullanılır ve bitki yapraklarından terleme yolu ile atmosfere verilir. Büyüme mevsimi boyunca bitki kök bölgesinde yeterli nemin bulunması bitki gelişmesi açısından oldukça önemlidir. Gereğinden az ya da fazla toprak nemi genellikle verim azalmasına neden olur. Bu konu su-verim ilişkisi eğrisi ile açıklanabilir. Tipik bir su-verim ilişkisi eğrisi Şekil 2.3.'te gösterilmiştir (Güngör ve ark, 2012).



Şekil 2.3. Bitkilerde su-verim ilişkisi eğrisi

Şekilden izleneceği gibi, diğer tarımsal girdilerin tam olarak karşılanması koşulu ile büyüme mevsimi boyunca bitki kök bölgesinde depolanan nem miktarı arttıkça verimde de bir artış meydana gelmekte ve belirli bir toprak nemi düzeyinde verim en yüksek değere ulaşmaktadır. İyi drenaj koşullarında toprak nemi daha da artsa bile verim sabit kalmakta, ancak, kötü drenaj koşullarında bitki kök bölgesinde gereğinden fazla su olacağı için verimde tekrar bir azalma meydana gelmektedir (Güngör ve ark, 2012).

Büyüme mevsimi boyunca bitki kök bölgesinde gereğinden az nemin bulunması koşulunda meydana gelen verim azalmasının nedeni, su moleküllerinin toprak zerrelere tarafından tutulma gücünün artması ve bitkinin suyu alabilmesi için kökleri aracılığı ile daha yüksek basınç uygulamak zorunda kalmasıdır. Bu ise, bitki tarafından ürün yapımına ayrılacak enerjinin su almak için harcanması demektir (Güngör ve ark, 2012).

Bitki kök bölgesinde, kötü drenaj nedeniyle, gereğinden fazla nemin bulunması koşulunda meydana gelen verim azalmasının nedenleri ise toprak boşluklarındaki havanın ve dolayısıyla oksijenin azalması, bunun sonucunda ise; kök hücrelerinin bölünerek çoğalmasının yavaşlaması ve istenen düzeyde kök

gelişiminin sağlanamaması, organik materyali parçalayarak bitkinin alabileceği besin maddesi biçimine dönüştüren toprak mikroorganizmalarının faaliyetlerinin yavaşlaması ve toprakta bitki besin maddelerinin alınmasını engelleyen zararlı bileşiklerin oluşmasıdır (Güngör ve ark, 2012).

Bu bilgilere dayanarak sulama, bitkilerin normal gelişmeleri için ihtiyaç duydukları suyun doğal yağışlar ile karşılanamayan kısmının toprağa, bitki kök bölgesine gereken zamanda gereken miktarda verilmesi olarak tanımlanabilir (Güngör ve ark, 2012).

Bitkilerin ihtiyaç duydukları su miktarları ve kuraklık stresine dayanımları konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Örneğin; Aydınşakir ve ark (2014), 2008 yılında Seaspray ve TifBlair olmak üzere iki farklı çim çeşidi kullanarak kısıntılı sulama suyu düzeylerinin su tüketimine ve görsel kalite üzerine olan etkilerinin belirlenmek amacıyla Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde çalışmalar yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada sulama konularını, A Sınıfı Buharlaşma Kabı'ndan yedi gün ara ile meydana gelen buharlaşmanın % 100 (I3), % 75 (I2) ve % 50 (I1)'si esas alınarak oluşturmuşlardır. Çim türlerinde sulama düzeylerine bağlı olarak renk ve kalite özelliklerinde meydana gelen değişimler Haziran-Ekim 2008 tarihleri arasında izlenmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre mevsimlik su tüketimi değerleri Seaspray çeşidi için 422.7-774.0 mm arasında değişirken, TifBlair çeşidi için 422.0-779.4 mm arasında değişmiştir. Araştırmada en iyi görsel kalite değerleri I3 konusundan elde etmişlerdir.

Ertek ve Kanber (2000), Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında 1994-95 yıllarında damla sisteminde pan-evaporasyon yöntemini kullanarak pamukta en uygun sulama dozu ve aralığının belirlenmesi amacıyla araştırmalar yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada sulama suyu miktarının belirlenmesinde açık su yüzeyi buharlaşma değerlerinden yararlanmışlardır. Denemede iki farklı sulama aralığı (S1: 5 ve S2: 10 gün), üç bitki katsayısı (Kcp1: 0.75, Kcp2: 0.90 ve Kcp3: 1.05) ve iki ıslatma yüzdesi (P1: 0.70 ve P2: bitki örtüsü

yüzdesine göre değişen) kullanmışlardır. Deneme konularına uyguladıkları sulama suyu miktarlarının 322 - 472 mm; mevsimlik su tüketimi miktarlarının 449 - 615 mm arasında olduğunu ve bu konulardan elde edilen kütlü miktarlarının ise, 197 - 422 kg/da arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda, sulama aralıkları ve ıslatma yüzdesinin verime etkilerini önemsiz olduğunu; ilk yıl Kcp'nin, ikinci yıl ise P-Kcp etkileşiminin % 5 düzeyinde önemli olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar denemenin sonunda sonuç olarak; Çukurova koşullarında, pamuğun damla sistemiyle sulanması durumunda, sulama Aralığının 10 gün, Kcp'nin 0.90 veya 1.05 (ort: 1.00) ve ıslatma yüzdesinin bitki örtü gelişimine göre değiştirilmesinin uygun olacağını ortaya koymuşlardır.

Gençoğlu ve Yazar (1999), Çukurova koşullarında, toplam büyüme mevsimi boyunca farklı düzeylerdeki su kısıntısının 1. ürün mısır tane verimine ve su kullanım randımanına (WUE_{ET}) etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada sulama konularını, her 10 günde bir 120 cm'lik toprak profilinde tüketilen suyun % 100 (I_{100}), % 80 (I_{80}), % 60 (I_{60}), % 40 (I_{40}), % 20 (I_{20}), ve % 0'ı (I_0) uygulanması şeklinde oluşturmuşlardır. Araştırmada, toprak profilindeki eksik nemin tamamının verildiği I_{100} konusuna denemenin birinci yılında 6, ikinci yılında ise 7 kez olmak üzere, sırasıyla toplam 752 ve 823 mm su uygulamışlardır. Anılan konuya ilişkin su tüketimi birinci yıl 999 mm, ikinci yıl ise 1052 mm olduğunu ifade etmişlerdir. Söz konusu deneme konusunda tane verim 1993 yılında 1001.5 kg/da; 1994 yılında ise 1003.5 kg/da olduğunu belirtmişlerdir. I_{80} konusundan alınan verim ile I_{100} konusundan alınan verim arasında istatistiksel olarak farklı bulunamamıştır. Ancak bu düzeyden sonra yapılan kısıntılar verimde önemli azalmalara neden olduğunu belirtmişlerdir. Tane verimi (Y) ile sulama suyu (I) ve su tüketim (ET) miktarları arasında %1 önem düzeyinde sırasıyla ikinci dereceden ve doğrusal ilişkiler olduğu araştırmacılar tarafından bulunmuştur. Çalışmada verim etmeni (ky) ilk yıl 1.08 olarak, ikinci yıl ise 1.61 olarak saptanmıştır. Konulara göre sulama suyu kullanım randımanının ($IWUE$), 1.0–2.43 kg/da–mm;

su kullanım randımanının (WUE_{ET}) ise 0.22 ile 1.25 kg/da–mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

2.5. Kuraklığa Bağlı Verim, Verim Ögeleri, Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametrelerde Değişimler

Tarımsal kuraklık, bitki üretiminde bir azalmaya neden olan yetersiz toprak nemi olarak tanımlanmaktadır (Blum, 2011; Hinojosa ve ark, 2018). Kuraklık, genel olarak su noksanlığı ve kuruma olarak iki tipe ayrılabilir (Smirnoff, 1993; Güneri Bağcı, 2010). Su noksanlığı; bitkilerde transpirasyon hızının, su alımını aştığı zaman gerçekleşir (Bray, 1997; Güneri Bağcı, 2010). Stomalarda kapanmaya ve gaz değişiminde kısıtlamaya neden olan orta düzeydeki su kaybıdır. Nispi su içeriğinin yaklaşık % 70’de kaldığı hafif su noksanlığına maruz kalan bitkilerde stomaların kapanmasına bağlı olarak karbondioksit alımı kısıtlanmaktadır. Hücresel su noksanlığı; katıların biriktirilmesi, hücre hacminde ve membran şeklinde meydana gelen değişiklikler, su potansiyeli gradiyenti ve membran bütünlüğünün bozulması, turgor kaybı ve protein parçalanması ile sonuçlanabilmektedir (Bray, 1997; Güneri Bağcı, 2010). Kuruma ise; metabolizma ve hücre yapısının tamamen bozulmasına ve sonunda enzimle katalizlenen reaksiyonların durmasına neden olabilecek potansiyele sahip olan aşırı miktardaki su kaybı olarak tanımlanabilir. Kurumanın yeşil bitkilerin generatif yapılarında (polenler, sporlar ve tohumlar) yaygın bir olgu olmasına karşın, vejetatif kurumaya karşı hayatta kalma yeteneği bitkiler aleminde nadir görülmektedir (Oliver ve ark, 2000; Güneri Bağcı, 2010). Genel bir kural olarak, kurumaya duyarlı damarlı bitkilerin çoğu vejetatif dokusu nispi su içeriği % 30’un altına düştüğünde tekrar kendini toparlayamaz ve sonuç doku ölümüdür (Smirnoff, 1993; Kalefetoğlu, 2006; Güneri Bağcı, 2010).

Kuraklık stresi fotosentetik performans ve dolayısıyla bitkilerin verimlilik düzeylerini doğrudan etkilemektedir. Bu etki, kuraklığın neden olduğu stomaların

kapanması ve böylece kloroplastların karboksilasyon yeteneğini sınırlaması nedeniyle oluşmaktadır. Su stresindeki artışlar daha düşük klorofil akümülayonu, artan mezofil direnci, artan stomatal difüzyon direnci, azalan fotosentetik enzim aktiviteleri ve kloroplastların azalan fotokimyasal ve biyokimyasal aktiviteleri ile sonuçlanır (Chetal ve ark, 1982; Toraman, 1999; Güneri Bağcı, 2010).

Bitkiler morfolojik, fizyolojik, hücrel ve metabolik düzeylerde ozmotik strese tepki verirler. Özel morfolojik adaptasyonlar spesifik bitki türlerinde hayati olabilir fakat tüm bitki aleminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Su noksanlığına karşı bitkilerde oluşturulan tepkiler; türe, çeşide, su kaybı şiddetine ve süresine, bitkinin gelişme durumuna, yaşına, organ ile hücre tipine ve hücrel bütünlüğe (hücre çeperi ve hücre zarı gibi) bağlı olarak değişmektedir. Oluşturulan bu tepkiler birkaç saniye içinde gerçekleşebilir ya da ortaya çıkmaları dakikalar veya saatler sürebilir (Bray, 1997; Güneri Bağcı, 2010).

Su stresine karşı bitkinin en belirgin yanıtı, hücre büyümesinin azalmasıdır. Hücrede turgor ve hücre su potansiyeli dehidrasyondaki artışa bağlı olarak azalır. İkinci önemli tepki ise turgorla kontrol edilen stoma hareketlerinin, kuraklık etkisiyle gaz alış veriş, fotosentez ve solunumda neden olduğu fizyolojik davranışlardır. Kuraklığın giderek artması sonucu stomaların kapanması fotosentez hızını azaltmaktadır. Bunun nedeni, yaprağın hücre içine CO₂'in difüzyonunun engellenmesidir. Buna bağlı olarak fotosentez engellenmekte, bu da yaprak içine oksijenin difüzyonunu azaltarak, solunumun da engellenmesine neden olmaktadır (Levitt, 1980; Acar, 1999; Güneri Bağcı, 2010).

Kuraklık sırasında bitkilerin stomalarını kapatmalarına neden olan iki temel etken, hidrolik sinyaller (yaprak su potansiyeli, hücre turgoru) ve kimyasal sinyaller (absisik asit)'dir. Stomaların kapanması her zaman yapraklarda ortaya çıkan su noksanlığı sinyalinin algılanmasına bağlı olmayıp, aynı zamanda yaprak mezofil turgor basıncında herhangi bir belirgin azalma olmadan önce, doğrudan toprak kurummasına bir tepki de olabilir. Son zamanlarda hidrolik olmayan kök

kaynaklı stres sinyallerinin keşfi, bitkilerin toprağın kurumasını nasıl algıladıkları ve nasıl tepki verdikleri ile ilgili anlayışı değiştirmektedir (Auge ve More, 2002; Güneri Bağcı, 2010). Bu olayın absisik asit (ABA) ile düzenlendiği (Mahajan ve Tuteja, 2005; Güneri Bağcı, 2010) ve ksilemde kuraklıkla indüklenen ABA'nın bitkilerin kuraklık stresinde önemli bir sinyal molekülü olarak görev yaptığı düşünülmektedir (Davies ve Zhang, 1991; Güneri Bağcı, 2010). Toprak kururken, ABA kök ucunda sentezlenmekte ve transpirasyon akıntısı yoluyla ksilem içinde stoma iletkenliğini azaltacağı yaprağa taşınmaktadır (Bahrun ve ark, 2002; Liu ve ark, 2003; Güneri Bağcı, 2010). Su noksanlığı sırasında ksilem sıvısının pH'sı artmakta ve böylece ABA'nın kök ksilemine yüklenmesi ve gövdeye taşınması teşvik edilmektedir (Hartung ve ark, 2002; Güneri Bağcı, 2010). Kuraklık stresinde, stomaların kapanması sırasında bekçi hücrelerindeki iyon kanallarının düzenlenmesi hızlı ABA sinyal iletimine bağlı olarak gerçekleşmektedir (Teiz ve Zeiger, 1998; Güneri Bağcı, 2010). ABA, bekçi hücrelerinin sitoplazmasındaki pH ve Ca^{2+} konsantrasyonu değişikliklerine; Ca^{2+} , K^{+} ve anyon kanallarını aktive ederek plazma membranının potansiyelinin azalmasına neden olmaktadır (Ache ve ark, 2000; Güneri Bağcı, 2010). ABA, K^{+} iyonlarının bekçi hücrelerinden dışarı akışını da teşvik eder, bu durumda bekçi hücrelerinde turgor basıncı azalır ve stomalar kapanır. Stomaların kapanmasının ardından meydana gelen transpirasyondaki azalma, yaprak sıcaklıklarının çevre sıcaklıklarının üzerine çıkmasına neden olur (Hatfield, 1979; Güneri Bağcı, 2010). Yükselen yaprak sıcaklığı, artan respirasyon, azalan fotosentez ve selüler bozulma nedeniyle kuru madde akümüasyonu sınırlanabilir. Burke ve Hatfield (1987), su stresi sonucu özellikle enzim aktivitelerinde oluşan değişimlerin artan yaprak sıcaklıklarının bir sonucu olduğunu tespit etmişlerdir. Kuraklık aşırı ısınma problemleri yaratarak bozulmalara ve ölümlere yol açan birçok karakteristik lezyona neden olabilmektedir. Bitki örtüsü sıcaklığı ölçümleri kuraklığa karşı çeşit tepkilerinin ortaya konması için uzun yıllardan beri çalışılan bir konudur. Ehrler ve ark, (1978)

ve Araghi ve Assad, (1998) su stresi sonucu buğday bitkisinin bitki sıcaklığının yükseldiğini yaptıkları çalışmalarda belirlemişlerdir (Güneri Bağcı, 2010).

Hurd (1968), toprakta mevcut olan az miktardaki suyu kullanabilen genotiplerin, kuraklığa adaptasyon gücü sağladığını belirtmiş ama ölçümü zor olduğu için bu konu üzerinde önceleri fazla durulmadığını ortaya koymuştur. Daha sonra, bitki örtüsü sıcaklık farkı, nispi su içeriği, stoma iletkenliği ve kül oranları gibi ölçümü daha kolay parametrelerle bitkinin su kullanım durumu hakkında dolaylı bilgiler edinilmeye başlanmasıyla konu yeniden güncellik kazanmıştır.

Idso ve ark, (1984), toprak neminin yeterli olduğu koşullarda, sıcaklığın azalmasıyla beraber buhar basıncının da azaldığını yani aralarında doğrusal ilişki olduğunu; toprak neminin azalmasıyla stomaların kapanmaya başladığını dolayısıyla yaprak sıcaklığının giderek arttığını sonuçta hava sıcaklığından bile fazla olabileceğini belirtmiştir.

Şeflek (2010), tarafından 2008 ve 2009 yılları arasında Konya ekolojik şartlarında, bazı dallı darı çeşitlerinin adaptasyon ve farklı fizyolojik özelliklerinin ortaya konulması amacıyla 4 adet dallı darı çeşidinin (Blackwell, Shawnee, Alamo ve Kanlow) kullanıldığı bir araştırma yürütülmüştür. Araştırmanın sonunda, uzun boylu, geç çiçeklenen Alamo ve Kanlow çeşitlerinin yeşil ot ve kuru madde verimlerinin yüksek olması, bitki örtüsü sıcaklığı değerlerinin düşük, yaprak nispi su içeriği değerlerinin yüksek olması nedeniyle önemli fizyolojik avantaja sahip oldukları ve bölge koşulları için uygun çeşitler olarak gösterilmişlerdir. Araştırmacı, denemeni sonunda biyokütle verimi ile önemli korelasyon gösteren fizyolojik özelliklerin yaprak nispi su içeriği ve bitki örtüsü sıcaklığı olduğunu belirtmiştir.

Fischer ve ark (1998), 1989-1995 yılları arasında Kuzeybatı Meksika'da yarı bodur yazlık 8 ekmeklik buğday çeşidiyle yürüttükleri denemeler sonucunda, stoma iletkenliği, maksimum fotosentez hızı ve bitki örtüsü sıcaklığı düşüşünün (CTD) 3 yıllık ortalama değerleri ile 6 yıllık verim ortalamaları arasında çok yakın

ve olumlu ilişkiler bulunduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, en yüksek ilişkinin ($r=0.94$) stoma iletkenliği değerleriyle verim arasında saptandığını, stoma iletkenliği % 63 arttığında, maksimum fotosentez hızının % 23 arttığını, bitki örtüsü sıcaklığının 0.6°C azaldığını ve buna bağlı olarak verimin % 27 arttığını bildirmişler; stoma iletkenliği ve CTD'nin, verim bakımından dolaylı seleksiyon parametresi olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

2.6. Kinoa Bitkisinin Tuzluluk ve Kuraklık Streslerine Karşı Dayanımı

Kinoa, Peru ve Bolivya And'larında 5000 yıl önce yetiştirilen geleneksel Andean tohum bitkisidir. Genellikle diğer birçok bitki türünden daha az dondan etkilenir (Jacobsen ve ark, 2003). Tuza toleranslı bir bitki olup (Gómez-Pando ve ark, 2010; Hariadi ve ark, 2011; Razzaghi ve ark, 2011), tatlı suya kıyasla 40 dS/m tuzlu su uygulandığında % 50 verim düşüşü göstermiştir (Razzaghi ve ark, 2011). Kinoa, bitkinin kurak ve yarı kurak bölgelere adapte olmasını sağlayan su stresine karşı çeşitli direnç mekanizmalarına sahiptir (Jensen ve ark, 2000).

Hariadi ve ark (2011), Kinoa'daki (*Chenopodium quinoa* Willd.) iyonik ve ozmotik ilişkileri incelemek amacıyla yürüttükleri araştırmalarında, her birinde ikişer bitki bulunan 10.0 litre lik saksılar kullanılmıştır. Saksılara 70 gün boyunca $0-500 \text{ mM}$ NaCl arasında değişen altı farklı tuz düzeyinin (NaCl) tohumlar ekilmeden önce saksı hazırlanması sırasında önceden karıştırılmasıyla veya sulama suyu ile kademeli olarak verilmiştir. Her iki yöntem için, 100 mM ve 200 mM NaCl arasında optimal bitki büyümesi ve biyokütle elde edilmiştir; bu da, kinoanın NaCl stresinde ani artışlar olması durumunda ozmotik olarak ayarlanmasını sağlayan çok etkili bir sisteme sahip olduğunu göstermiştir. Denemenin sonunda optimum büyüme 100 mM NaCl konsantrasyonunda gözlenmiştir ve tuzluluk stresinin artmasıyla bitki boyunda azalma gözlenmiştir.

Yazar ve ark (2015), Çukurova koşullarında yürüttükleri çalışmalarında Q-52 Çeşidi kinoa bitkisinin farklı sulama rejimleri ve tuzlu sulama suyu koşullarında

verim parametrelerini incelemişlerdir. Çalışmalarında arazi koşullarında 10, 20, 30 ve 40 dS/m sulama suyu tuzluluk düzeyleri ile tam sulama ile sulama suyu ihtiyacının %50 ve %75'nin uygulandığı sulama rejimlerinin etkilerini araştırmışlardır. Kontrol konusu ile karşılaştırıldığında 30 dS/m düzeyindeki tuzlu sulama suyunun verimi oransal olarak düşük düzeyde etkilediğini ancak hem su kısıtı hem de tuzluluğun bir arada olduğu koşulda dane ve biokütle verimini büyük ölçüde düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Wilson ve ark (2002), Andean melez kinoa çeşitlerinde farklı tuz konsantrasyonlarını (3-7-11-19 dS/m) ve farklı tuz çeşitlerini ($MgSO_4$, Na_2SO_4 , NaCl, ve $CaCl_2$) karıştırarak oluşturduğu çözeltileri 4 gün süre ile toprağa eklemiş; 3 dS/m'lik çözeltiyi ise kontrol grubu olarak kabul etmişlerdir. Elektriksel iletkenlik değerinin 11dS/m olduğu düzeyde 32 cm'ye ulaşan bitki boyunun, 19 dS/m seviyesinde ise 23 cm'de kaldığını bildiren araştırmacılar, kontrol grubu (3 dS/m) da dahil olmak üzere 11 dS/m tuz düzeyine kadar 13-15 g/bitki arasında değişen yaş bitki ağırlığının 19 dS/m'de 9 g/bitki'ye düştüğünü, kuru bitki ağırlığında da benzer sonuçların alındığını bildirmişlerdir.

Gómez-Pando ve ark (2010), tarafından 182 farklı kinoa tohumlarının çimlenme oranları üç ayrı NaCl konsantrasyonunda (0-25-30 dS/m) incelemiştir. Tuz seviyesinin 25 dS/m olduğu düzeyde 15 çeşidin %60'dan fazlasının çimlendiğini belirten araştırmacılar, 30 dS/m tuz düzeyinde ise bu oranın %60'ın altında kaldığını bildirmişlerdir.

Şili'nin kıyı, orta ve güney bölgelerinden alınan dört farklı kinoa genotipini (PRJ, PRP, UDEC9, B078), üç farklı tuz konsantrasyonunda (0, 150 ve 300 mM NaCl) büyüme ve gelişmesini inceleyen Ruiz-Carrasco ve ark (2011), kinoa genotiplerinden sadece birinin (B078) 300 mM'lık tuz seviyesi altında çimlenme oranında önemli bir azalma olduğunu belirlemişlerdir. Bu genotipin sürgün uzunluğunun, kontrol uygulamasına yakın bir değer aldığını bildiren araştırmacılar,

diğer genotiplerde ise 150 mM tuz seviyesinde azalmaların meydana gelmeye başladığını hatta 300 mM’de bu azalmanın %60’dan fazla olduğunu saptamışlardır.

Yazar ve ark (2014), kinoa abiyotik stres faktörlerini tolere edebilme becerisi ve farklı çevresel koşullara uyum yeteneği ile kurak ve tuzdan etkilenmiş tarım alanları ya da verimsiz topraklar için alternatif bir ürün olma potansiyeline sahip olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, Türkiye’nin Akdeniz iklimine sahip alanlarında tam sulamanın mümkün olmadığı kısıtlı su koşullarında düşük kaliteli sularla sulandığında dahi kinoa bitkisinde verim artışının olduğunu belirtmişlerdir.

Jacobsen ve ark (2009), kinoa bitkisinde kuruyan toprak şartlarında kök sisteminin kontrollü gaz değişimiyle kimyasal ve hidrolik sinyallerin nasıl yapıldığını araştırmışlardır. Yaptıkları denemede boyunca kuruyan toprağın taşınabilen (terleme yolu ile) toprak suyunun fraksiyonu (FTSW) sırasıyla 0.82 ± 0.152 ve 0.33 ± 0.061 ’e düşene kadar nispi stoma iletkenliği (nispi g_s) ve nispi fotosentezin (nispi A_{max}) (kuraklık stresli bitkiler / tamamen sulanan bitkiler) 1’e eşit olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, tomurcuk oluşumunda, stoma kapanmasından sonra fotosentezin sürdürüldüğünü göstermiştir. Tomurcuk oluşumunda nispi g_s ve nispi A_{max} arasındaki ilişki $r^2 = 0.79$ logaritmik fonksiyonu ile temsil etmişlerdir. $FTSW > 0.8$ olduğu durumda fotosentetik su kullanım verimliliği WUE_{A_{max}/g_s} değerinin 1 olduğunu; FTSW 0.7-0.4 değerlerine kadar toprağın kurutulması ile bu değerde %50 artışın sağlanabileceğini bulmuşlardır. Yavaş kuruyan toprakta, ABA miktarı ksilemde de yavaşça arttığı gözlenmiştir. Araştırmacılar, toprak kuruması esnasında, kinoa bitkisinin WUE’nin artmasına neden olan, hassas bir stoma kapanışına sahip oldukları ve böylece yaprak suyu potansiyelini (ψ_l) ve A_{max} ’i koruyabildikleri sonucuna varılmıştır. Toprak kuruması esnasında stomal hareketlerde kök kaynaklı ABA rol oynamaktadır. Araştırmacılar, ABA düzenlemesini, stoma koruyucu hücrelerinin turgorunun azalmasına neden

olan kuraklık ile karşı karşıya kalındığında kinoa tarafından kullanılan koruyucu mekanizmalardan biri olarak görmüşlerdir.





3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme Yeri

Deneme, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi içerisinde yer alan Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümüne ait deneme alanında açık alanda 17.05.2017 ile 27.08.2017 tarihleri arasında yürütülmüştür. Deneme alanı sulama konularının etkin bir şekilde oluşabilmesi için yağışlardan korunmak amacıyla üstü bir korunak ile yağış olduğu dönemlerde kapatılmış (Şekil 3.1.), yağışın durmasının ardından tekrar açılmıştır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.1. Deneme alanının yağış esnasında kapalı hali



Şekil 3.2. Deneme alanının yağış olmadığı durumdaki açık hali

3.1.2. Denemede Kullanılan Toprak

Deneme toprakları Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dışkapı Kampüsü arazisinden üst 80 cm toprak kazılarak alınmıştır. Deneme toprakları hava kurusu hale geldikten sonra 4 mm'lik elekten elenmiştir ve ardından saksılara doldurulmuştur. Deneme topraklarının bazı özellikleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan toprağın özellikleri

pH	7.66
EC(dS/m)	1.601
Na (me/l)	20.63
K (me/l)	0.25
Ca (me/l)	5.14
Mg (me/l)	0.88
B (ppm)	0.095
CO₃ (me/l)	0
HCO₃ (me/l)	0.78
Cl (me/l)	5.56
SO₄ (me/l)	20.57

3.1.3. Deneme Alanı Meteorolojik Veriler

Deneme alanına ait iklim verileri Ankara Meteoroloji Genel Müdürlüğünden deneme alanına en yakın istasyondan (İstasyon Adı: Ankara Bölge; İstasyon No: 17130) elde edilmiştir. 2017 yılına ait elde edilen meteorolojik parametreler Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çiğdem HOŞGÖREN

Çizelge 3.2. 2017 yılına ait meteorolojik parametreler

Parametreler	Aylar											
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık Maks. Sıcaklık (°C)	9.2	18.7	19.9	27.2	29.2	35.8	38.3	37.8	37.7	23.7	18.6	17.0
Aylık Min. Sıcaklık (°C)	-10.5	-12.0	-1.5	-1.0	5.0	9.0	14.2	13.3	7.7	3.2	-1.9	-4.6
Aylık Ort. Sıcaklık (°C)	-1.3	2.9	8.1	11.0	15.8	20.4	25.6	24.7	22.6	12.6	7.1	4.7
Aylık Ort. Aktüel Basınç (hPa)	915.9	918.7	912.3	913.8	912.0	912.1	910.6	911.4	913.6	915.3	916.0	917.2
Aylık Ort. Nispi Nem (%)	76.8	66.7	60.2	50.6	55.9	58.0	38.1	45.8	34.2	56.3	69.7	78.3
Aylık Toplam Yağış (mm=kg/m ²)	36.3	8.7	50.8	23.0	53.8	56.3	11.6	17.2	4.4	31.5	41.3	46.2
Aylık Toplam Güneşlenme Süresi (saat)	57.5	106.7	147.0	165.5	161.7	207.9	270.1	139.6	200.1	145.9	110.2	80.8
Aylık Ort. Rüzgar Hızı (m/sn)	2.4	2.1	2.3	2.5	2.5	1.3	1.6	3.0	2.3	1.0	0.9	0.9
Aylık Maks. Rüzgar Hızı (m/sn)	17.5	11.3	13.4	15.4	18.5	13.4	12.3	13.9	14.9	6.7	5.7	5.5

3.1.4. Denemede Kullanılan Bitki Çeşidi Özellikleri

Araştırmada ülkemiz tarımsal şartlarına en uygun olan yetiştirme süresi kısa olan kinoa tohumu (*Chenopodium quinoa* Willd.) kullanılmıştır. Bitki materyali olarak Atlas çeşidine karar verilmiştir. Atlas çeşidi, kısa dönemlik ve saponinsiz bir çeşittir. Hollanda çeşidi olarak da geçmekte ve yetiştirme süresi yaklaşık 120 gün sürmektedir. İç Anadoluda toprak sıcaklığının 5-7°C olduğu Mart-Nisan aylarında, daha yüksek ise yerlerde Mayıs ayında ekiminin yapılması önerilmektedir.

Denemede kullanılan tarım toprağı ile yetiştirme ortamı sağlanan viyollerde eş çıkış sağlamak amacıyla 17.04.2017 tarihinde Atlas Çeşidi tohumlar ekilmiştir. Viyollerde çimlenme aşamasındaki kinoa tohumlarına ait bir görüntü Şekil 3.3.'te verilmiştir. Tohumların çimlenmeleri yeknesak koşullarda viyollerde gerçekleştirildikten sonra saksılara şaşırtılmıştır. Şaşırtma yapıldıktan sonra deneme alanındaki bir görüntü ise Şekil 3.4.'te verilmiştir.

12.06.2017 tarihinde viyollerden aktarılan fidelerin tutmasının ardından her saksıda üç adet kinoa bitkisi olacak şekilde seyreltme işlemi yapılmış ve sonradan ekilen kinoa tohumlarından çıkan bitkiler sökülüştür.



Şekil 3.3. Viyollerde çimlenme aşamasındaki kinoa tohumlarına ait bir görüntü



Şekil 3.4. Şaşırtma yapıldıktan sonra deneme alanındaki bir görüntü

3.1.5. Sulama Suları

Çalışmada sulama suyu olarak kontrol konusunda Ankara Şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

Sulama suyu tuzluluk düzeyleri 0.25 (kontrol konusu), 5, 10 ve 20 dS/m olacak biçimde NaSO₄, NaCl, CaCl₂, MgSO₄, tuzları ile oluşturulmuştur. Kullanılacak tuz miktarlarının belirlenmesinde ABD Tuzluluk Laboratuvarında geliştirilen EXTRACHEM modeli kullanılmıştır. Tuzluluk çalışmasının tamamında %20 oranında yıkama yapılarak sulama gerçekleştirilmiştir.

Sulama düzeyleri ise sulama suyu ihtiyaçlarının %120, %100, %70 ve %50 oranlarında yapılan sulamalarla gerçekleştirilmiş ve sulama suyu olarak şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

Çoklu stres koşulundaki bitkilere farklı sulama düzeyi ve farklı tuzluluk düzeyi beraber uygulanmıştır.

3.1.6. Araştırmada Kullanılan Diğer Ekipmanlar

Araştırmada saksıların altına sızan drenaj sularını toplamak amacıyla 65 cm çapa sahip plastik kaplar kullanılmıştır. Bu kaplar sadece yıkama yapılması amacıyla bitkinin ihtiyaç duyduğu su miktarının %120 oranında verildiği K1 konularında 12 adet saksıda kullanılmıştır. Şekil 3.5.'te deneme alanında saksı altlarına drenaj sularını toplamak amacıyla plastik kaplar yerleştirildikten sonraki bir görünüm verilmiştir.



Şekil 3.5. Deneme alanında saksı altlarına drenaj sularını toplamak amacıyla plastik kaplar yerleştirildikten sonraki bir görünüm

Sulamalar esnasında saksıların ağırlıkları dijital terazi (TEM marka-EKO IND model) yardımıyla arazide belirlenmiştir. Dijital terazi düz bir yüzeyde sert zemin üzerine konularak tartımlar yapılmıştır. Bitki ağırlığı, tohum ağırlığı gibi hassas tartım gerektiren ağırlık ölçümleri için (Precisa marka-XB 320M model) hassas terazi kullanılmıştır. Hassas tartım işlemleri laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. Tuzlu sulama sularının hazırlanmasında 40 litre hacminde plastik kovalar kullanılmıştır. Sulama suları ve drenaj sularının EC değerlerinin ölçülmesinde laboratuvar tipi (YSI-3200 model) elektriksel iletkenlik ölçme aleti, pH değerinin ölçülmesinde laboratuvar tipi (Hanna-HI 2211 model) pH metre kullanılmıştır. Deneme sürecinde kullanılan saf su CM-230A model saf su arıtma cihazından elde edilmiştir. Yaprak stoma direnci AT DELTA-T marka (AP-4 model) porometre kullanılarak arazi koşullarında ölçümler alınmıştır. Yapraklarda

klorofil ölçümleri klorofilmetre (Fieldscout marka- CM1000 model) ile arazi koşullarında alınmıştır. Yaprak taç sıcaklığı infrared termometre (Everest model) kullanılarak arazi koşullarında ölçülmüştür. Arazi koşullarında yapılan tüm ölçümler saat 11.00-14.00 arasında güneşli ve bulutsuz/açık günlerde gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.6.'da bitki ölçümleri sırasında çekilen bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.6. Bitki ölçümleri sırasında çekilen bir görüntü

3.2. Yöntem

3.2.1. Saksıların Hazırlanmasında Uygulanan Yöntemler

Denemede kullanılmak üzere getirilen topraklar hava kuru hale gelene kadar kurutulmuş ardından 4 mm açıklıklı eleklerde elenmiştir. Drenajı kolaylaştırmak amacıyla her bir saksının tabanına 5 cm yüksekliğinde çakıl yerleştirilmiştir. Böylece saksılarda ve serbest drenaj koşulları sağlanmıştır.

Homojenliği sağlamak amacıyla elenen topraklar karıştırılmış ardından tüm saksılar toplam 25 kg olacak şekilde (4 kg çakıl+21 kg toprak) tartılmış ve deneme desenine uygun olacak şekilde yerleştirilmiştir. Deneme boyunca saksıların yerleri düzenli olarak değiştirilmiştir. Tesadüfen seçilen 5 saksı kontrollü olarak çeşme suyu ile doyurulmuş ve drenaj çıkışı bittikten sonra yeniden tartılmıştır. Böylece tarla kapasitesi noktasında saksıların ağırlıkları tespit edilmiştir (Yurtseven ve ark, 2005; Ünlükara ve ark, 2010; Semiz ve ark, 2014).

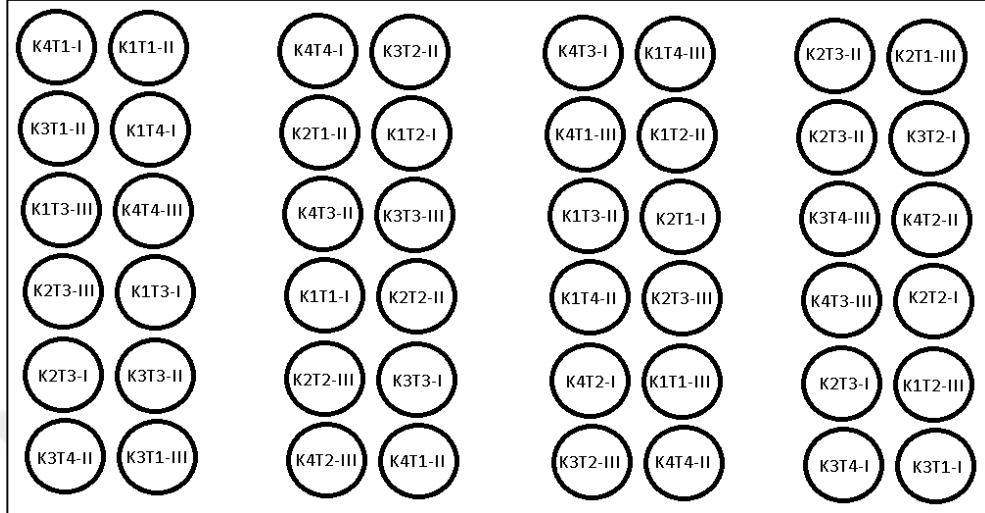
Hem tuzluluk hem de su düzeyi konularında sulama suyu ihtiyacının belirlenmesinde saksıların tartılması suretiyle eksik suyun konularına göre uygulanması biçiminde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, kontrol konusunda kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tükendiğinde sulamalara başlanmış ve konularına göre uygulanmıştır (Yurtseven ve ark, 2005; Ünlükara ve ark, 2010; Semiz ve ark, 2014). Sulamadan önce plastik kovalarda hazırlanan tuzlu sulama suları ve deneme alanının görünümü Şekil 3.7.'de verilmiştir.



Şekil 3.7. Sulamadan önce plastik kovalarda hazırlanan tuzlu sulama suları ve deneme alanının görünümü

3.2.2. Denemenin yürütülmesi

Denemede 4 sulama suyu tuzluluk düzeyi (0.25 (kontrol konusu), 5, 10 ve 20 dS/m); 4 Sulama suyu miktarı (sulama suyu ihtiyaçlarının %120, %100, %70 ve %50 oranlarında yapılan sulamalar) konusu belirlenmiştir. Çoklu stres koşulunda bitkilere belirtilen kuraklık ve tuzluluk stresi beraber uygulanmıştır. Bu amaçla tuzlu su konularında kullanılan %20 yıkama gereksinimi de dikkate alınarak 4 sulama suyu kalitesi, 4 sulama suyu miktarı ve 3 tekerrür olmak üzere toplam 48 saksıda denemeler yürütülmüştür. Deneme tesadüf parsellerinde tam faktöriyel deneme desenine göre tasarlanmıştır. Deneme deseni Şekil 3.8. 'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Deneme deseni (K=Kuraklık konuları; K1= %120, K2= %100, K3= %70, K4= %50; T=Tuzluluk konuları; T1=0.25 dS/m, T2=5.0 dS/m, T3=10.0 dS/m, T4=20.0 dS/m)

Viyollerde çimlendirilen Atlas çeşidi kinoaaları tutmama ihtimaline karşı belirlenen sayıdan fazla olacak şekilde ve etrafına da tekrar Atlas çeşidi tohumlardan ekerek saksılara aktardıktan sonra can suyu verilmiştir.

Sulama suyu hesabı aşağıda verilen eşitliğe göre yapılmıştır.

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

Burada, ρ_w , suyun gram hacim ağırlığı, (1 kg/L); AW, Uygulanacak sulama suyu miktarı, litre; W_{fc} , Tarla kapasitesinde saksı ağırlığı, kg; W, Sulamadan hemen önce saksı ağırlığı, kg; LF, Yıkama oranı, 0.20 (Ayers ve Westcot, 1985).

Sulama suyu ihtiyaçları ağırlık esasına göre periyodik olarak tartılıp bitki su tüketimlerinin belirlenerek tüketilen suyun konulara göre uygulanması şeklinde yapılmıştır. Etkili ve gerçekçi bir sulama yapmak ve tuzluluğun bitki kök

bölgesinde belli bir sabit düzeyde tutulmasını sağlamak için yıkama gereksinimi %20 olarak alınmıştır (Ayers ve Westcot, 1989). Bu şekilde, bitki kök bölgesindeki tuzluluk birikimleri kontrol altında tutulmuştur (Ayers ve Westcot, 1989). Sızan drenaj suları saksıların altında bulunan kaplarda toplanmış, hacimleri, EC değerleri ve pH değerleri her sulamadan sonra ölçülmüştür.

3.2.2.1. Gübreleme

Saksı denemelerinde genellikle 200 ppm N, 200 ppm P₂O₅, 200 ppm K₂O verilmektedir. P ve K' un tamamı taban gübrelemede, N'un ise yarısı taban gübreleme yarısı ihtiyaç halinde üst gübrelemede verilmektedir. Bu sebeple, 30.05.2017 tarihinde, 'Select' marka N-P-K (20-20-20-TE) suda çözünebilir 1.250 kg gübre 5 litre suda çözündürülerek hazırlanmıştır. Hazırlanan gübre çözeltisi 250 ml'lik cam beherler kullanılarak her bir saksıya 250 ml miktarında eş şekilde tüm yüzeye yayılarak taban gübresi olarak uygulanmıştır. Gübreleme esnasında çekilen bir görüntü Şekil 3.9.'da verilmiştir.



Şekil 3.9. Gübreleme esnasında çekilen bir görüntü

3.2.2.2. Bakım ve İlaçlama

Tuzluluk koşullarında çokça gözlenen kök çürüklüğü gibi fungal hastalıklara karşı önlem almak amacıyla etken madde olarak %80 Thiram içeren ticari adı Santra Forte olan ve suda çözünen fungusit 20 g/10 L oranında suda çözündürülerek sulama suyuyla beraber 200 ml miktarında her saksıya eşit olarak cam beherler yardımıyla uygulanmıştır.

08.06.2017 tarihinde afit zararlısıyla karşılaşılmasından dolayı tek doz pestisit uygulanmıştır. Denemede hasada kadar başka hiçbir zararlı ile karşılaşılmamıştır.

3.2.2.3. Hasat

Kinoa bitkisi olgunlaşmaya başladıkça sararmış ve yapraklarını dökmüştür. Olgunlaşan kinoa bitkilerinin değişen görünümü Şekil 3.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Olgunlaşan kinoa bitkilerinin değişen görünümü

Olgunlaşan kinoa bitkileri denemenin sonunda 27.08.2017 tarihinde elle hasat edilmiştir (Şekil 3.11.). Hasat kinoanın toprak üstünde kalan en alt kısmından çeşitli kesici aletler kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 3.11. Kinoa hasat edilirken bir görüntü

Hasat edilen kinoa bitkilerinin tohumları ve sapları yine elle ayrılmıştır. Tohumlar dış kabuklarından Şekil 3.12a.ve Şekil 3.12b’de gösterildiği gibi elle çıkarılmıştır. Çıkarılan kabuklar tohumlardan hava akımı kullanılarak ayrılmıştır.



Şekil 3. 12a.ve Şekil 3.12b. Tohumların dış kabuklarından ayrılması

Kinoa bitkisinin bir kısmından elde edilen kabuk, tohum ve sap miktarı Şekil 3.13.' de görülmektedir.



Şekil 3.13. Kinoa bitkisinin bir kısmından elde edilen sırasıyla kabuk, tohum ve sap miktarı

3.2.3. Laboratuvar Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler

- a. **Toprak Bünyesi:** Bouyoucos (1951), 'de belirtilen esaslara göre, hidrometre metodu ile belirlenmiştir.
- b. **Hacim Ağırlığı:** Yeşilsoy ve Güzeliş (1966), 'da belirtilen esaslara göre, silindir yöntemi ile belirlenmiştir.
- c. **Tarla Kapasitesi:** USSLS (1954), 'de belirtilen esaslara göre poroz levhalı basınç aleti ile örneklerin doygun hale getirilip 1/3 atm basınç altında tutulmaları ile belirlenmiştir.
- d. **Devamlı Solma Noktası:** USSLS (1954), 'de belirtilen esaslara poroz levhalı basınç aleti ile örneklerin doygun hale getirilip 15 atm basınç altında tutulmaları ile belirlenmiştir.
- e. **Toprak Reaksiyonu (pH):** USSLS (1954), 'de belirtilen esaslara göre hazırlanan saturasyon çamurundan elde edilen ekstraksiyon suyundan pH metresi ile saptanmıştır.
- f. **Elektriksel iletkenlik:** Ayyıldız (1990), 'da belirtilen esaslara göre saturasyon eriyiğinde elektriksel iletkenlik aleti ile belirlenmiştir.

3.2.4. Bitkide Yapılan Analizler**3.2.4.1. Yaprak Nispi Su İçeriği (LRWC)**

Hasat döneminde yapraklar kuruduğu için hasattan önce (24.07.2017 tarihinde) yaş yapraklardan kesilen 10 mm çapındaki örnekler, yaprak bağıl su içeriğini (LRWC) belirlemek için kullanılmıştır. Yaprak örneklerinin yaş ağırlığını (FW) belirlemek için hemen tartılmıştır. Ardından örnekler 4 saat boyunca kapalı bir petri kabında saf suda tutulmuştur. Dört saatin ardından örnekler kurularak yeniden tartılmış ve böylece örneklerin turgor ağırlığı (TW) belirlenmiştir. Daha sonra bu yaprak örnekleri etüvde 60°C'de 24 saat kurutularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir (DW). Ardından aşağıda verilen eşitlik kullanılarak yaprak nispi su içeriği bulunmuştur (Dhanda ve Sethi, 1998).

$$LRWC = ((FW - DW)/(TW - DW)) \times 100$$

3.2.4.2. Membran Geçirgenliği (Eloktrolit sızıntı)

Membran geçirgenliğini belirlemek için elektrolit sızıntısı ölçülmüştür. Hasat döneminde yapraklar kuruduğu için hasattan önce (24.07.2017 tarihinde) tam gelişmiş genç yapraklar 10 mm çapında kesilip disk numuneleri oda sıcaklığında 24 saat boyunca 30 ml damıtılmış su içeren bir tüp içinde tutulmuştur. İşlemin tamamlanmasından sonra, çözeltinin elektriksel iletkenliği (EC1) ölçülmüştür. 95°C'de 20 dk sıcak su banyosu içinde tutulduktan sonra oda sıcaklığına soğutulan çözeltinin elektrik iletkenliği (EC2) tekrar ölçülmüştür ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla elektrolit sızıntı bulunmuştur (Shi ve ark, 2006).

$$Elektrolit Sızıntı = 100 \times (EC1/EC2)$$

3.2.5. Deneme Boyunca ve Sonunda Yapılan Ölçümler

- a. **Evapotranspirasyonun Belirlenmesi (ET_c):** Birbirini takip eden iki sulama arasındaki bitki su tüketimi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$ET_c = (W_n - W_{n+1}) + (I - R)$$

Burada, ET_c; Bitki su tüketimi, L (daha sonra saksı yüzey alanı ile mm'ye çevrilmiştir.), W_n ve W_{n+1}; n. Sulama ve n+1. Sulamalar öncesi saksı ağırlıkları, kg, I; Uygulanan sulama suyu miktarı, L, R; Drenaj suyu hacmi, L,

Uygulanan sulama suyuna karşılık her bir saksıdan çıkan drenaj suyu farkı hesaplamalara dahil edilmek suretiyle her bir saksı için ayrı olmak üzere tüketilen su miktarı hesaplanmıştır.

- b. Tuz Tolerans Eğrisi:** Tuz tolerans eğrisi aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\frac{Y_a}{Y_m} = 1 - (EC_e - EC_{e\ threshold}) \frac{b}{100}$$

Burada, Y_a ; Tuzluluk stresi koşusunda verim, g, Y_m ; Kontrol konusunda verim, g, EC_e ; Eşik değeri üzerindeki elektriksel iletkenlik, dS/m, $EC_{e\ threshold}$; Eşik değeri elektriksel iletkenlik değeri, dS/m, b: Eşik değeri üzerindeki her birim tuzluluk artışındaki verim kaybını gösteren eğrinin eğimi

- c. Bitki Stres Katsayısı (k_s):** Bitki stres katsayısı (k_s) aşağıda verilen eşitlik kullanılarak bulunmuştur.

$$k_s = ET_{adj} / ET_m$$

Burada, ET_m ; Kontrol konusundan elde edilen bitki su tüketimi, ET_{adj} ; Stres koşullarında oluşan bitki su tüketimi

- d. Verim Tepki Faktörü (K_y):** Verim tepki faktörü (K_y) aşağıda verilen eşitlik kullanılarak bulunmuştur.

$$\frac{Y_m - Y_a}{Y_m} = K_y \frac{ET_m - ET_a}{ET_m}$$

Burada, K_y : Verim tepki faktörü, Y_m : Kontrol konusu verimi, Y_a : Stres koşullarında verim, ET_m : Kontrol konusunda bitki su tüketimi, ET_a : Stres koşullarında bitki su tüketimi

- e. **Drenaj Suyu Miktarı ve Kalitesi:** Su kalitesi konularında drenaj sularının hacmi (Litre), EC (dS/m) ve pH değerleri ölçülmüştür.
- f. **Verim:** Denemenin sonunda hasat edilen bitkilerin yaş ağırlıkları (g/bitki) tartılarak verimleri belirlenmiştir.
- g. **Biokütle:** Hasat edilen bitkiler 70°C’de sabit ağırlığa gelene kadar etüvde kurutulmuştur ve ağırlıkları tartılarak biokütle miktarları (g/bitki) belirlenmiştir.
- h. **Su Kullanım Etkinliği:** Bitkilerin yaş ağırlıkları (ekonomik verimlerinin) bitki su tüketim miktarına bölünmesiyle bulunmuştur, (l/g) (Doorenbos ve Kassam, 1979; Yurtseven ve ark, 2005).
- i. **Stoma Direnci:** Yaprakların stoma direncini belirlemek amacıyla hasattan önce her bir saksıdan genç ve tam gelişmiş iki yapraktan porometre ile ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerin yapıldığı gün saksılar da tartılarak toprakların su içeriği belirlenmiştir (Kuslu ve ark, 2016; Örs ve Suarez, 2016).
- j. **Klorofil İçeriği:** Yapraklarda klorofil içeriğini belirlemek amacıyla hasattan önce her bir saksıdan genç ve tam gelişmiş iki yapraktan klorofil ölçümleri alınmıştır. Ölçümlerin yapıldığı gün saksılar da tartılarak yine toprakların su içeriği belirlenmiştir (Kuslu ve ark, 2016; Örs ve Suarez, 2016).
- k. **Bitki Taç Sıcaklığı ile Ortam Sıcaklığı Arasındaki Fark (CTD-Canopy Temperature Depression):** Panguluri ve Kumar (2013),’de verilen ilkeler doğrultusunda, ortalama taç sıcaklığından ortam sıcaklığının çıkarılması yoluyla bulunmuştur. Kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir. Denemede bitki taç sıcaklığı her bir saksıdan dört ana yönden olmak üzere infrared termometre yardımıyla alınmıştır. Böylece gölgelenme gibi sonuçları etkileyecek olayların önüne geçilmeye çalışılmıştır. Daha sonra ölçülen değerlerin ortalaması

alınarak her konunun bitki taç sıcaklığı bulunmuştur. Ortam sıcaklığı değerleri ise Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır.

$$CTD=T_{\text{taç}}-T_a$$

Burada, $T_{\text{taç}}$; Ortalama taç sıcaklığı(°C), T_a ; hava sıcaklığı (°C), CTD; Bitki taç sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark (Canopy temperature depression)

3.2.6. Vejetatif Gelişme Parametreleri

- a. **Bitki Boyu (cm):** Hasattan hemen önce bitkinin toprak üst aksamının boyu ölçülmüştür.
- b. **Dal-Salkım Sayısı (adet/bitki):** Hasattan hemen önce bitkideki dal-salkım sayısı sayılarak belirlenmiştir.
- c. **Bin Dane Ağırlığı (g):** Hasatta elde edilen kinoa tohumlarından elli tohum içeren dört grubun ortalama ağırlığı belirlenmiştir ve sonuç yirmi ile çarpılmıştır.
- d. **Dane Verimi (g/bitki):** Her bitkiden elde edilen kinoa tohumlarının toplam ağırlığı biçiminde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

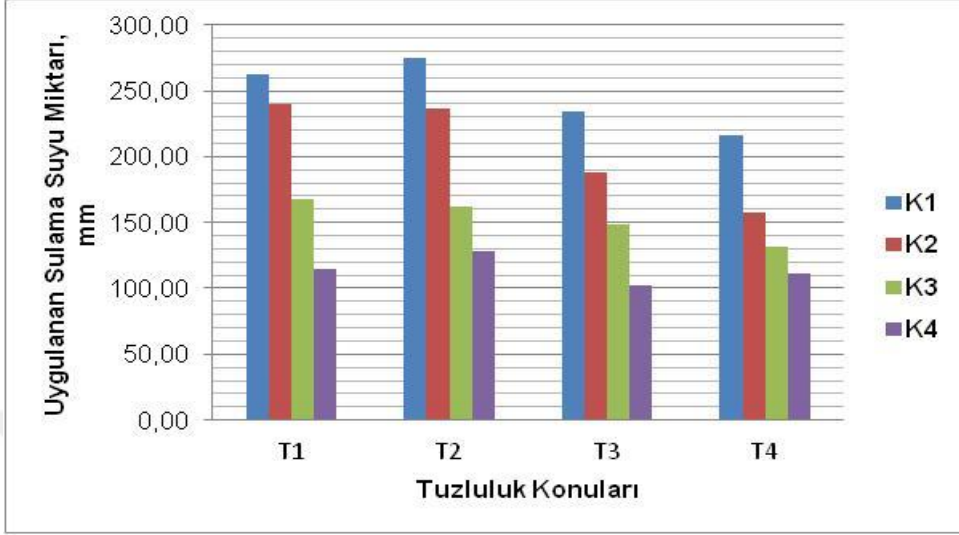
4.1. Sulama Sonuçları

Yetiştirme dönemi boyunca sulamalar, hem tuzluluk hem de uygulanacak sulama suyu miktarı konularında; sulama suyu ihtiyacının belirlenmesinde saksıların tartılması suretiyle eksik suyun konularına göre uygulanması biçiminde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kontrol konusunda (K2T1) kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tükendiğinde sulamalara başlanmış ve konularına göre uygulanmıştır (Yurtseven ve ark, 2005; Ünlükara ve ark, 2010; Semiz ve ark, 2014). Sulamalar kilogram ve litre arasındaki ilişkiden yararlanılarak litre olarak yapılmıştır, daha sonra saksı yüzey alanı kullanılarak mm'ye dönüştürülmüştür. Yıkama yapılan K1 konularında, uygulanan sulama suyuna karşılık her bir saksıdan çıkan drenaj suyu farkı hesaplamalara dâhil edilmek suretiyle her bir saksı için ayrı olmak üzere tüketilen su miktarı hesaplanmıştır. Dönem boyunca her konuya 8 kez sulama yapılmıştır. Yetiştirme dönemi boyunca her bir konuya ait toplam sulama suyu miktarları mm olarak Çizelge 4.1.'de verilmiş ve görüldüğü üzere en fazla sulama suyu uygulaması toplamda 284.14 mm ile K1T2 konusuna ait tekerrüre, en az sulama suyu ise toplamda 91.43 mm ile K4T3 konusuna ait tekerrüre uygulanmıştır. Diğer konular ve tekerrürler bu değerler arasında değişmektedir.

Çizelge 4.1. Yetiştirme dönemi boyunca her bir konuya uygulanan toplam sulama suyu miktarı, mm

Toplam Sulama Suyu Miktarı, mm				
KONULAR	I	II	III	ORTALAMA
K1T1	272.64	268.68	246.00	262.44
K1T2	277.25	262.43	284.14	274.61
K1T3	223.82	245.18	234.57	234.52
K1T4	218.82	211.68	218.07	216.19
K2T1	238.43	238.43	244.14	240.33
K2T2	227.71	256.86	224.71	236.43
K2T3	183.86	178.14	200.86	187.62
K2T4	170.29	161.00	141.71	157.67
K3T1	163.40	163.70	174.70	167.27
K3T2	167.80	158.00	158.80	161.53
K3T3	141.90	159.00	144.70	148.53
K3T4	134.90	131.40	127.70	131.33
K4T1	129.00	115.71	98.21	114.31
K4T2	120.71	125.07	140.21	128.67
K4T3	91.43	100.07	115.43	102.31
K4T4	140.29	94.07	100.00	111.45

Konulara göre ortalama toplam sulama suyu miktarında meydana gelen değişimler Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Konulara göre ortalama toplam sulama suyu miktarında meydana gelen değişimler

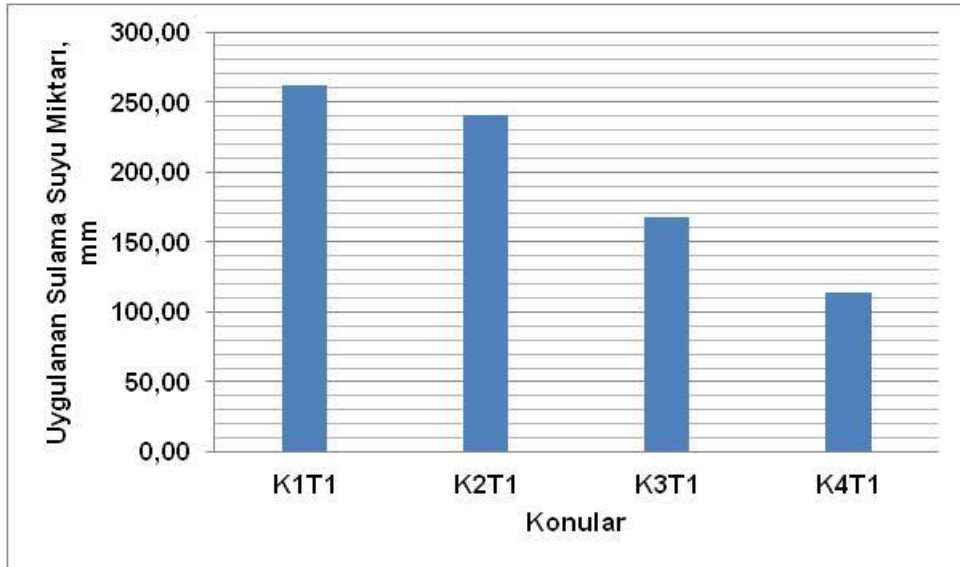
Yapılan istatistiksel analizlere göre sulama suyu miktarı konuları ve tuzluluk konuları kinoa bitkisinde hem ayrı ayrı hem de ikisi birlikte önemli düzeyde etkili olmuştur ve uygulamalar sonucunda elde edilen kinoa bitkisinde uygulanan sulama suyu verilerine ait Bonferroni testi sonuçları Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kinoa bitkisinde uygulanan sulama suyu verilerine ait Bonferroni testi sonuçları

	T1	T2	T3	T4	ORTALAMA
K1	262.44 a AB	274.607 a A	234.523 a BC	216.190 a C	246.940 a
K2	240.333 a A	236.427 b A	187.620 b B	157.667 b C	205.512 b
K3	167.267 b A	161.533 c A	148.533 c AB	131.333 bc B	152.167 c
K4	114.307 c A	128.663 d A	102.310 d A	111.453 c A	114.183 d
ORTALAMA	196.087 A	200.308 A	168.247 B	154.161 B	

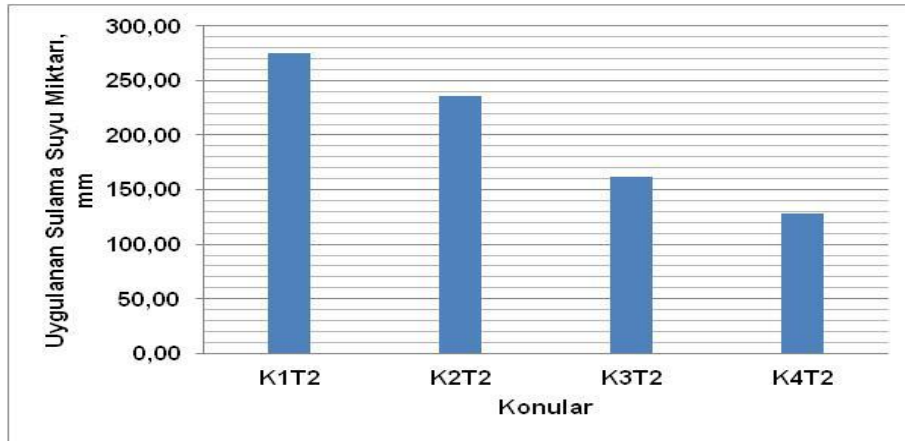
Tuz Konuları: $p < 0.0001$; **Kuraklık Konuları:** $p < 0.0001$; **Tuz Konuları* Kuraklık Konuları:** $p < 0.005$ (Aynı tuzluluk seviyesinde farklı sulama suyu miktarlarında: a↓; Aynı sulama suyu miktarlarında farklı tuzluluk seviyesinde: A→)

Şebeke suyu ile sulanan (T1) konularda sulama miktarları arasındaki farklar kıyaslandığında K1T1 ve K2T1 istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır ve iki konu arasında uygulanan sulama suyu miktarı açısından istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. K3T1 konusu ile K4T1 konusu hem birbiriyle hem de diğer iki konudan farklılık göstermiş ve T1 tuzluluk düzeyinde uygulanan sulama suyu miktarının istatistiksel açıdan önemli üç ayrı grup oluşturduğu bulunmuştur. K1T1 ve K2T1 konuları arasında sulama suyu miktarı bakımından istatistiksel olarak fark olmamasına rağmen K2T1 uygulamasında K1T1 konusuna göre %8.4 oranında su tasarrufu sağlanmıştır. Aynı şekilde K3T1 ve K4T1 uygulamaları K1T1 konusuna göre kıyaslandığında sulama suyu miktarı açısından sırasıyla %36 ve %56 oranlarında su tasarrufu sağlanmıştır. K3T1 ve K4T1 konularını kontrol konusu olan K2T1 konusu ile kıyaslanırsa; sırasıyla %30 ve %52 oranlarında sulama suyundan tasarruf sağlanmıştır. T1 tuzluluk düzeyinde su kısıtı konularına göre uygulanan toplam sulama suyu miktarında meydana gelen değişimler Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.



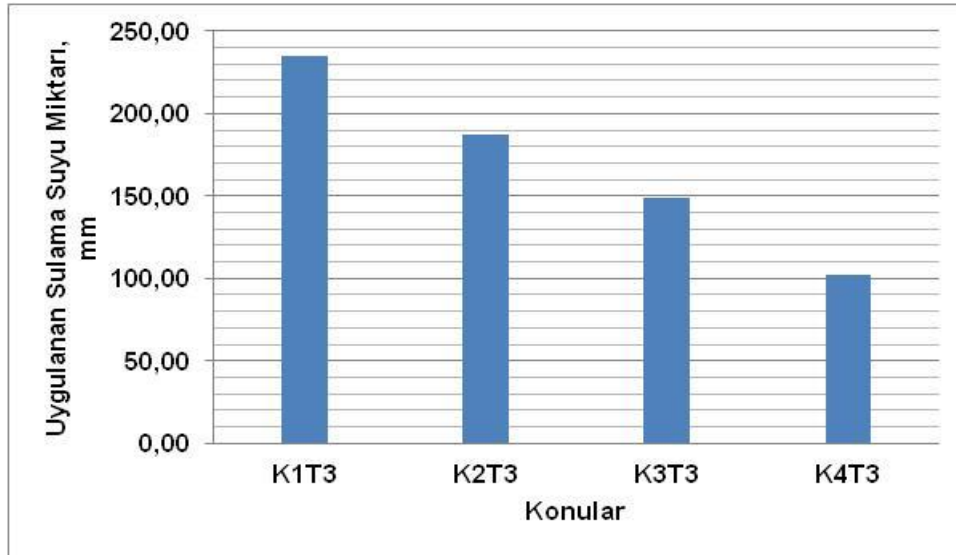
Şekil 4.2. T1 tuzluluk düzeyinde su kısıtı konularına göre uygulanan toplam sulama suyunda meydana gelen değişimler

5 dS/m tuzluluk konsantrasyonunda olan T2 konusunda uygulanan sulama suyu arasındaki farklar kıyaslandığında her bir su kısıtı konusu ayrı grupta yer almıştır. Diğer bir deyişle T2 tuzluluk düzeyinde uygulanan her bir sulama suyu miktarları arasında istatistiksel olarak fark bulunmuş ve birbirinden farklı önemli dört grup oluşmuştur. Bitkinin ihtiyacı olan sulama suyunun tamamının karşılandığı K2T2 ile yıkama yapılan K1T2 konuları uygulanan ortalama sulama suyu bakımından karşılaştırılacak olunursa K2T2 konusunda K1T2 konusuna göre %14 oranında su tasarrufu sağlanmıştır. Su kısıtının uygulandığı K3T2 ve K4T2 konuları K2T2 konusuna göre karşılaştırıldığında uygulanan ortalama sulama suyu miktarında K3T2 konusunda %32 oranında, K4T2 konusunda ise %46 oranında su tasarrufu sağlanmıştır. K1T2 konusu ile K3T2 ve K4T2 su kısıtı konuları kıyaslandığında ise uygulanan toplam sulama suyu miktarından sırasıyla; %41 oranında ve %53 oranında tasarruf sağlanmıştır. Su kısıtı uygulanan konular birbirleriyle kıyaslanacak olunursa K4T2 konusunda K3T2 konusuna göre uygulanan toplam sulama suyundan %20 oranında tasarruf sağlanmıştır. T2 tuzluluk düzeyinde su kısıtı konularına göre uygulanan toplam sulama suyu miktarında meydana gelen değişimler Şekil 4.3.'te gösterilmiştir.



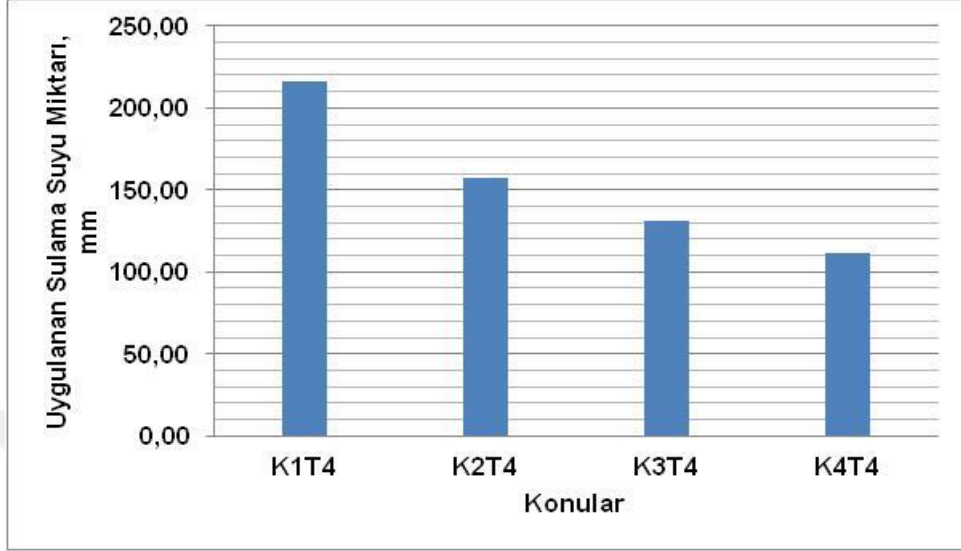
Şekil 4.3. T2 tuzluluk düzeyinde su kısıtı konularına göre uygulanan toplam sulama suyunda meydana gelen değişimler

10 dS/m tuzluluk konsantrasyonunda olan T3 konusunda uygulanan sulama suyu arasındaki farklar kıyaslandığında istatistiksel açıdan T2 konusu ile benzer şekilde her bir su kısıtı konusu ayrı grupta yer alarak birbirinden farklı dört grup oluşmuştur. Su kısıtı uygulanmayan K2T3 ile K1T3 konuları uygulanan sulama suyu bakımından karşılaştırıldığında K2T3 konusunda K1T3 konusuna göre %20 oranında su tasarrufu sağlanmıştır. Su kısıtının uygulandığı K3T3 ve K4T3 konuları K2T3 konusuna göre karşılaştırıldığında uygulanan ortalama sulama suyu miktarında K3T3 konusunda %20.8 oranında, K4T3 konusunda ise %45.5 oranında su tasarrufu sağlanmıştır. K1T3 konusu ile K3T3 ve K4T3 su kısıtı konuları kıyaslandığında ise uygulanan toplam sulama suyu miktarından sırasıyla; %36.7 oranında ve %56.4 oranında tasarruf sağlanmıştır. Su kısıtı uygulanan konular birbirleriyle kıyaslanacak olunursa K4T3 konusunda K3T3 konusuna göre uygulanan sulama suyundan %31 oranında tasarruf sağlanmıştır. T3 tuzluluk düzeyinde su kısıtı konularına göre uygulanan toplam sulama suyu miktarında meydana gelen değişimler Şekil 4.4.'te gösterilmiştir.



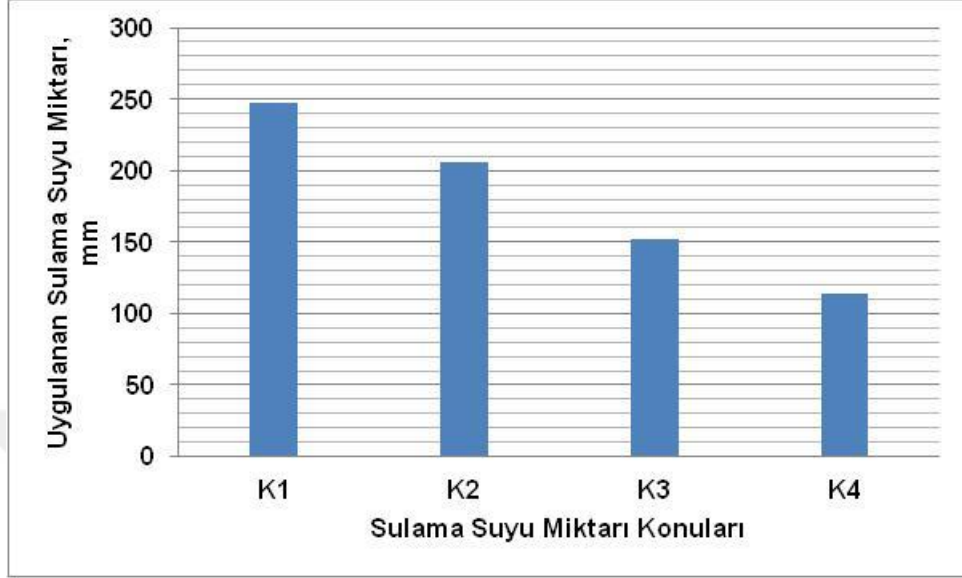
Şekil 4.4. T3 tuzluluk düzeyinde su kısıtı konularına göre uygulanan toplam sulama suyunda meydana gelen değişimler

20 dS/m tuzluluk konsantrasyonunda olan T4 konusunda uygulanan sulama suyu miktarları arasındaki farklar istatistiksel açıdan kıyaslandığında birbiri ile farklı önemli üç grup oluşmuştur. Birinci grupta K1T4 konusu, ikinci grupta K2T4 ve K3T4 konuları, üçüncü grupta ise K3T4 ve K4T4 konuları yer almıştır. su kısıtının uygulanmadığı ancak istatistiksel olarak aralarında fark bulunan K1T4 ve K2T4 konuları uygulanan sulama suyu bakımından karşılaştırıldığında K2T4 konusunda %27 oranında sulama suyundan tasarruf edilmiştir. K1T4 konusu ile K3T4 ve K4T4 konuları kıyaslandığında sırasıyla; %39 ve %48.4 oranlarında sulama suyu miktarında azalma olmuştur. Su kısıtının uygulanmadığı K2T4 konusu ile istatistiksel açıdan aralarında fark bulunmayan ancak su kısıtının uygulandığı K3T4 konuları kıyaslandığında sulama suyundan %16.7 oranında tasarruf sağlanırken, istatistiksel olarak da farklı bulunan K4T4 konusu ile K2T4 konusu karşılaştırıldığında bu oran %29'a çıkmaktadır. Su kısıtı konuları olan ve istatistiksel olarak da birbirleri arasında fark bulunmayan K3T4 ve K4T4 konularında su kısıtı arttıkça sulama suyu miktarının %15 oranında azaldığı bulunmuştur. T4 tuzluluk düzeyinde su kısıtı konularına göre uygulanan toplam sulama suyu miktarında meydana gelen değişimler Şekil 4.5.'te gösterilmiştir.



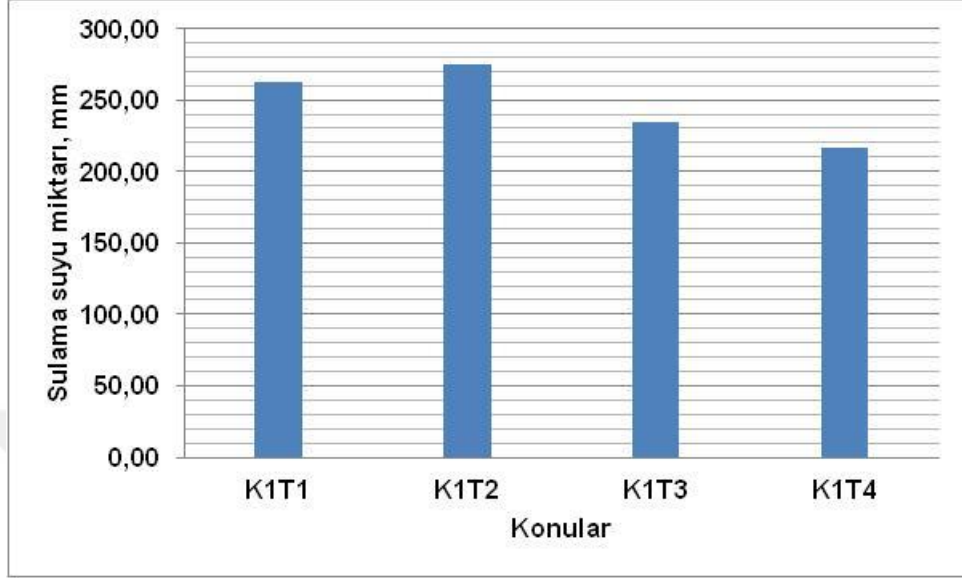
Şekil 4.5. T4 tuzluluk düzeyinde su kısıtı konularına göre uygulanan toplam sulama suyunda meydana gelen değişimler

Kuraklık ortalamalarına genel olarak bakıldığında her bir su kısıtı uygulaması istatistiksel açıdan farklı grupta yer almış ve birbirinden farklı önemli dört grup oluşmuştur. Su kısıtı uygulanmayan iki konudan en çok sulama suyu verilen ve yıkama yapılması amaçlanan K1 konularının ortalamaları ile ihtiyaç duyulan suyu tamamının karşılandığı K2 konularının ortalamaları karşılaştırılırsa, K2 uygulamasıyla sulama suyundan %16.8 oranında tasarruf sağlanmıştır. K2 konuları diğer kısıt uygulanan K3 ve K4 konuları ile karşılaştırılırsa sulama suyundan su kısıtı arttıkça sırasıyla %26 ve %44.4 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Su kısıtı konuları arasında karşılaştırma yapıldığında ise bu azalma K3 ve K4 arasında kısıt arttıkça sulama suyu miktarındaki azalma %25 oranına çıkmıştır. Su kısıtına bağlı olarak ortalama sulama suyu miktarında meydana gelen değişimler Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Su kısıtına bağlı olarak ortalama sulama suyu miktarında meydana gelen değişimler

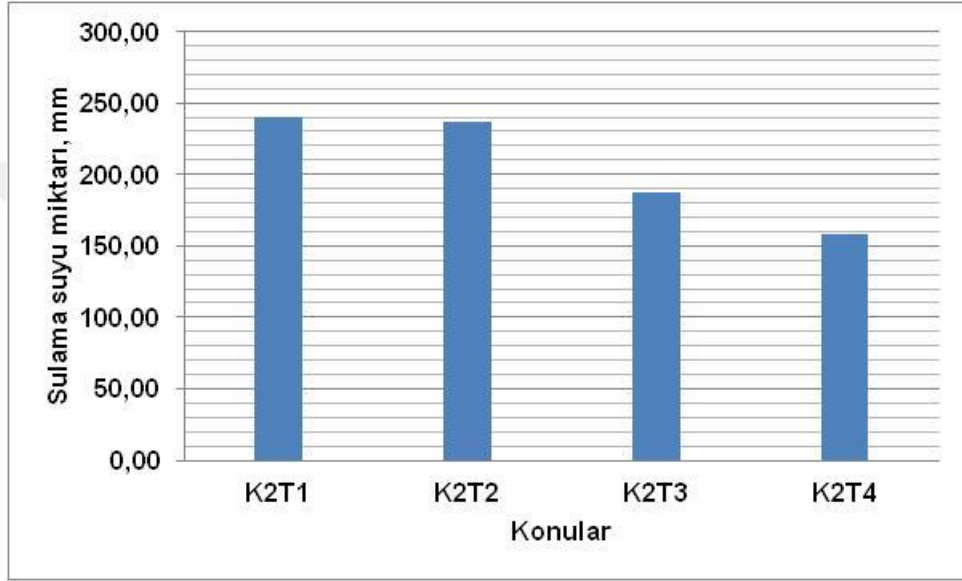
Bitkinin ihtiyacı olan su miktarının %120' si verilerek yıkama yapılan K1 konusunda tuzluluğun etkisi incelendiğinde K1T1 konusunun K1T2 ve K1T3 ile arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken K1T4 konusu ile fark bulunmuştur. Ayrıca, K1T2 konusu K1T3 ve K1T4 konularından da farklı çıkmıştır. K1T3 ve K1T4 konuları arasında da fark bulunamamıştır. K1 uygulama konularında T2 tuzluluk düzeyinde sulama suyu miktarında %4.4 oranında bir artış olmasına rağmen sonrasında tuzluluk seviyesi arttıkça T3 ve T4 uygulamalarında sulama suyu miktarında T1 uygulamasına göre sırasıyla %10.6 ve %17.6 oranlarında azalma meydana gelmiştir. K1 konusunda sulama suyunun tuzluluk düzeylerine göre değişimi Şekil 4.7.'de verilmiştir.



Şekil 4.7. K1 konusunda sulama suyunun tuzluluk düzeylerine göre değişimi

Bitkinin ihtiyacı olan suyun tamamının sulama suyu ile %100 olarak uygulandığı K2 konusunda ise artan tuzluluk seviyesi ile birlikte toplam sulama suyu miktarında azalma meydana gelmiştir. Bonferroni testine göre, K2T1 ve K2T2 uygulamaları arasında istatistiksel açıdan fark bulunamamıştır ve bu uygulamalar aynı grupta yer almıştır. Ancak K2T3 ve K2T4 konuları istatistiksel açıdan hem birbiriyle hem de diğer konulardan farklı çıkmıştır. Böylece tam sulama konusu olan K2 uygulamalarında istatistiksel açıdan önemli üç grup oluşmuştur. Kontrol konusu olan K2T1 uygulamasıyla aynı grupta yer alan K2T2 konusu ve farklı gruplarda yer alan K2T3 ve K2T4 uygulamalarını sulama suyu miktarına göre karşılaştırsak K2T1 uygulamasına göre sırasıyla; %1.6, %21.9 ve %34.4 oranlarında azalma olmuştur. Bitkinin ihtiyacı olan suyun tamamının uygulandığı K2 konuları tuzluluk seviyelerinin kontrol konusu niteliğindedir. Çünkü, K2 uygulamalarında kinoa bitkisine su kısıtı uygulanmadığı için su stresine girmemekte ve sadece tuzluluk stresine maruz kalmaktadır. Bu nedenle, sulama suyunda artan tuz konsantrasyonlarının kinoa bitkisinin sulama suyuna olan etkisi

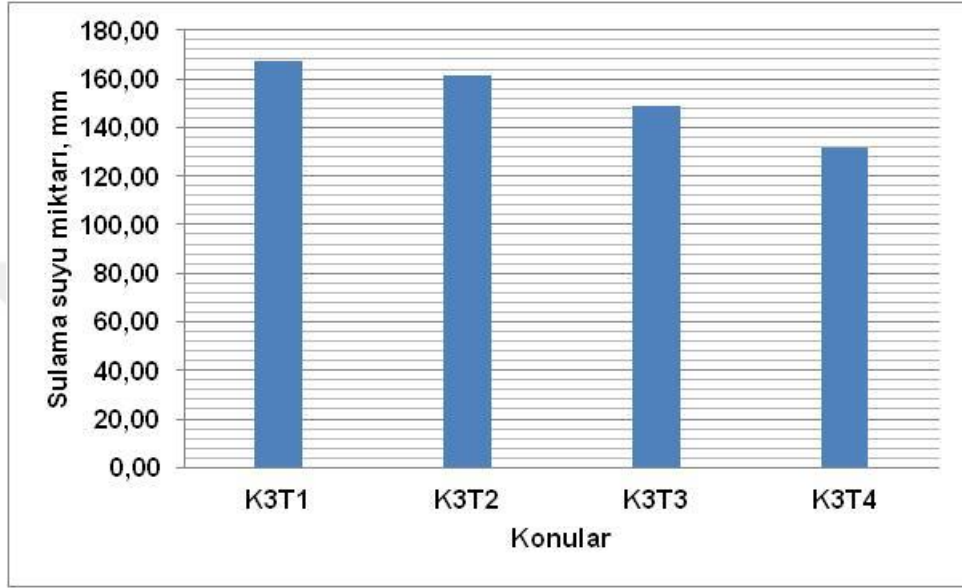
en net biçimde K2 uygulamasında görülmektedir. Sulama suyundaki tuz konsantrasyonu arttıkça sulama suyu miktarı hızla ve yüksek oranlarda azalmıştır. K2 konusunda sulama suyunun tuzluluk düzeylerine göre değişimi Şekil 4.8.'de verilmiştir.



Şekil 4.8. K2 konusunda sulama suyunun tuzluluk düzeylerine göre değişimi

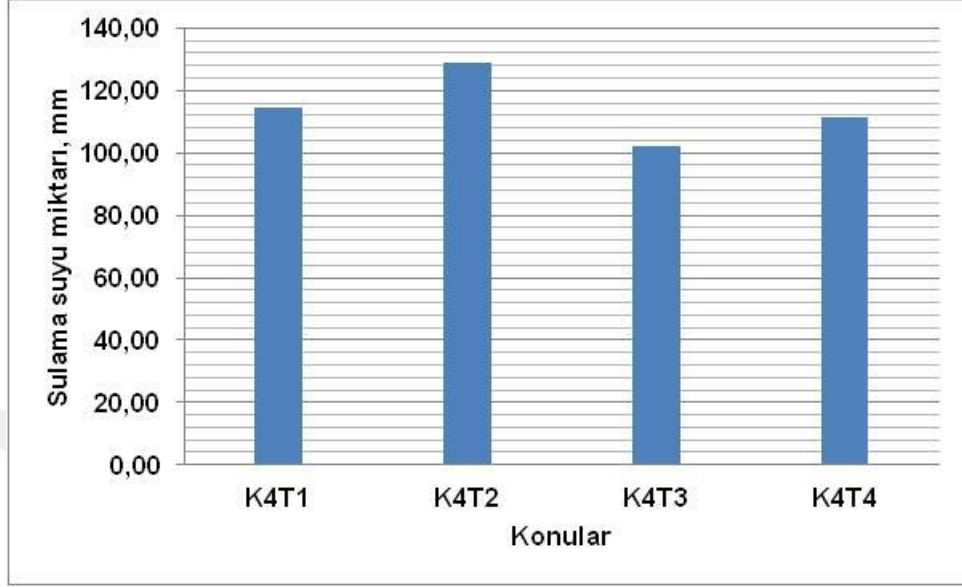
Bitkinin ihtiyacı olan suyun %70' inin sulama suyu ile uygulandığı K3 konusunda ise artan tuzluluk seviyesi ile birlikte toplam sulama suyu miktarında benzer şekilde azalma meydana gelmiştir. K3 sulama suyu miktarı konusunda T1 ve T2 tuzluluk seviyeleri arasında istatistiksel fark bulunmazken T4 seviyesindeki tuzluluk bu konulardan ayrılmıştır. T3 uygulaması ise her iki grupta da yer alarak iki grup ile de arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. K3 sulama suyu miktarı konusunda artan tuzluluk seviyelerinde K3T2, K3T3 ve K3T4 konularını K3T1 konusuna göre kıyaslırsak sulama suyu uygulama miktarlarında sırasıyla; %3.4, %11.2 ve %21.5 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Kuraklığın etkisi tuzlulukla birleşmesiyle sulama suyu miktarındaki oransal azalış nispeten daha

hafif düşüslere neden olmuştur. K3 konusunda sulama suyunun tuzluluk düzeylerine göre değişimi Şekil 4.9.'da verilmiştir.



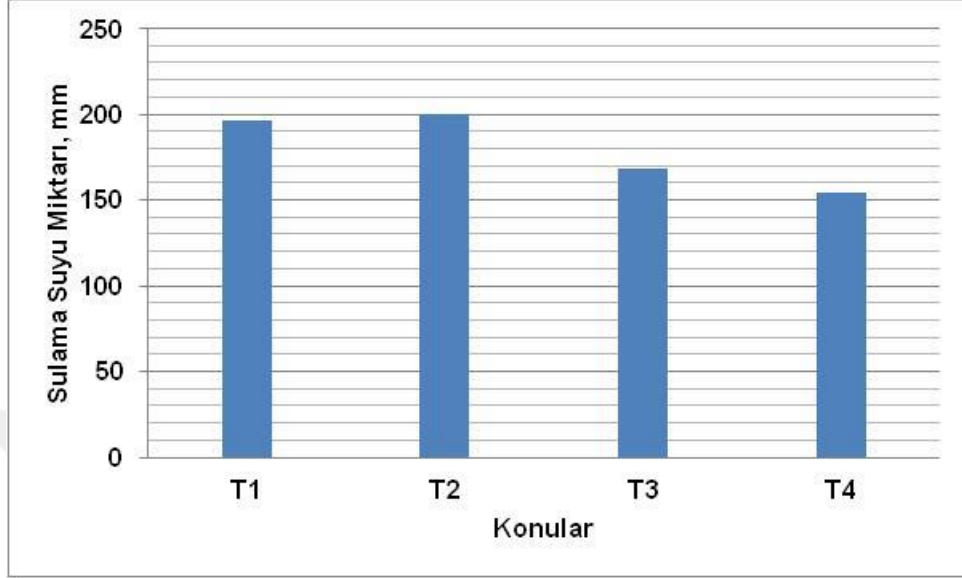
Şekil 4.9. K3 konusunda sulama suyunun tuzluluk düzeylerine göre değişimi

Denemede su kısıtının en fazla uygulandığı, bitkiye ihtiyacı olan sulama suyu miktarının %50' sinin verildiği K4 konusunda Bonferroni testi sonuçlarına göre tuzluluk seviyeleri arasında istatistiksel açıdan fark bulunamamıştır. Ancak artan tuzlulukla beraber sulama suyu miktarında çeşitli değişimler olmuştur. İstatistiksel olarak önemi olmayan bu değişimler küçük oranlarda artış veya azalışlardır. Bu değişimlerin oranlarını vermek amacıyla K4T1 konusu ile K4T2 konusunu kıyaslarsak sulama suyu miktarında %11.2 oranında artış meydana gelmiştir. K4T1 konusu ile K4T3 ve K4T4 konularını kıyaslarsak sırasıyla; %10.5 ve %2.5 oranında azalma olmuştur. K4 konusunda sulama suyunun tuzluluk düzeylerine göre değişimi Şekil 4.10.'da verilmiştir.



Şekil 4.10. K4 konusunda sulama suyunun tuzluluk düzeylerine göre değişimi

Tuzluluk uygulamalarının ortalama sulama suyu miktarına olan etkilerine genel olarak bakıldığında T1 ve T2 tuzluluk düzeyleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ve belirtilen düzeyler Bonferroni testi sonuçlarına göre aynı grupta yer almıştır. T3 ve T4 tuzluluk seviyeleri de benzer şekilde birbiri ile farklı bulunmazken diğer tuzluluk seviyelerinden farklı grupta yer almıştır. Değişen tuzluluk konsantrasyonlarının sulama suyu miktarı üzerine istatistiksel açıdan etkilerine göre önemli iki farklı grup oluşmuştur. En fazla ortalama sulama suyu T2 tuzluluk seviyesinde 200.308 mm verilirken, en az 154.161mm olarak T4 seviyesinde verilmiştir. T1 tuzluluk konusu ile artan tuzluluk düzeyleri karşılaştırılırsa; T2 seviyesinde sulama suyu miktarında %2.1 oranında artış meydana gelirken, tuzluluk konsantrasyonunun artışıyla T3 düzeyinde %14.2 oranında ve T4 düzeyinde %21,4 oranında sulama suyu miktarında azalma meydana gelmiştir. Değişen tuzluluk seviyelerine bağlı olarak ortalama sulama suyu miktarında meydana gelen değişimler Şekil 4.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Değişen tuzluluk seviyelerine bağlı olarak ortalama sulama suyu miktarında meydana gelen değişimler

Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde aynı sulama suyu miktarında artan tuz konsantrasyonlarında bitkinin su tüketimi azaldığı sonucu elde edilmiştir. Hoffman ve ark (1971), James ve ark (1982), Singh ve ark (2009), Üzen (2009) gibi birçok araştırmacı yüksek tuzluluk düzeyine sahip sulama suyu ile sulanan bitkilerde su tüketiminde azalmanın meydana geldiği belirtmişlerdir. Bu durumu ise, yüksek tuzluluk düzeyine sahip sulama sularına bağlamışlardır. Van Hoorn ve ark (1997), Abu-Sharar (1998), Katarji ve ar. (2005), Hamdy ve ark (2005), Kiani ve Abbasi (2009), tarafından da açıklandığı gibi, uygulanan yüksek tuzlu sulama sularının, osmotik potansiyeli arttırması yüzünden toprak suyunun elverişliliğinin azalması da yüksek tuzluluk düzeyine sahip sulama suyundaki bitkilerin bitki su tüketimini olumsuz etkileyen ve azalmanın bir diğer nedeni olabileceğini belirtmek gerekmektedir.

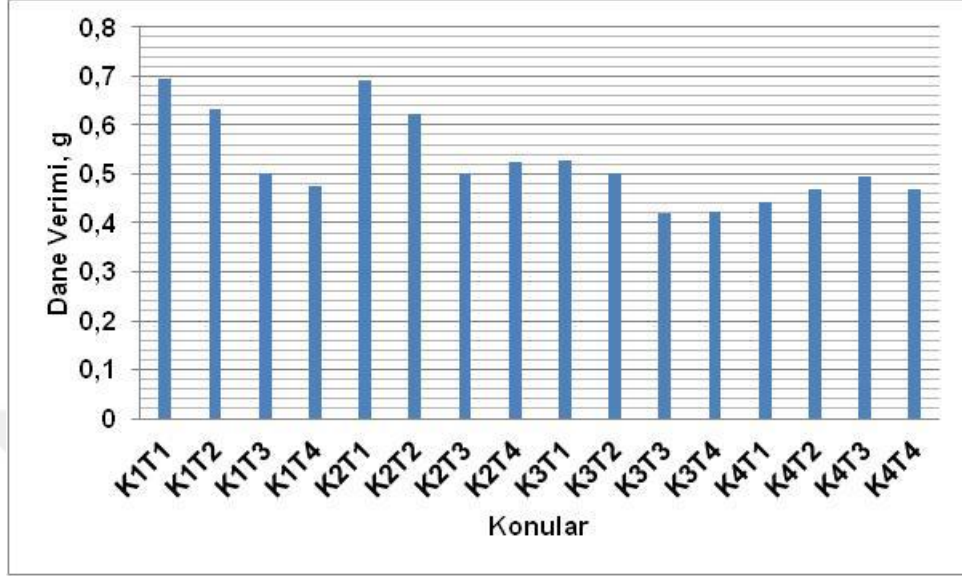
4.2. Dane Verimi

Denemede kullanılan Atlas çeşidi kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) tohumunun hasatta elde edilen dane verimine ait veriler konularına göre Çizelge 4.3.' te verilmiştir. Konulardan elde edilen verim değerleri 0.74 g/saksı ile 0.37 g/saksı arasında değişmektedir. En yüksek verim K1T1 ve K2T1 konularına ait tekerrürlerden elde edilirken, en düşük verim K1T3 ve K3T4 konularına ait tekerrürlerden elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. Denemede konulara göre hasatta elde edilen dane verimine ait değerler, (g/saksı)

Dane Verimi, g/saksı				
KONULAR	I	II	III	ORTALAMA
K1T1	0.70	0.65	0.74	0.695
K1T2	0.67	0.63	0.6	0.633
K1T3	0.37	0.65	0.49	0.503
K1T4	0.44	0.46	0.53	0.474
K2T1	0.74	0.62	0.72	0.693
K2T2	0.66	0.51	0.70	0.624
K2T3	0.46	0.52	0.53	0.501
K2T4	0.51	0.49	0.58	0.525
K3T1	0.49	0.55	0.54	0.528
K3T2	0.58	0.45	0.47	0.502
K3T3	0.40	0.47	0.39	0.420
K3T4	0.49	0.37	0.41	0.423
K4T1	0.45	0.47	0.41	0.442
K4T2	0.51	0.46	0.45	0.470
K4T3	0.48	0.49	0.52	0.494
K4T4	0.45	0.43	0.47	0.468

Ortalama dane veriminin uygulamalara bağlı olarak değişimi Şekil 4.12.' de gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Ortalama dane veriminin uygulama konularına bağlı değişimi

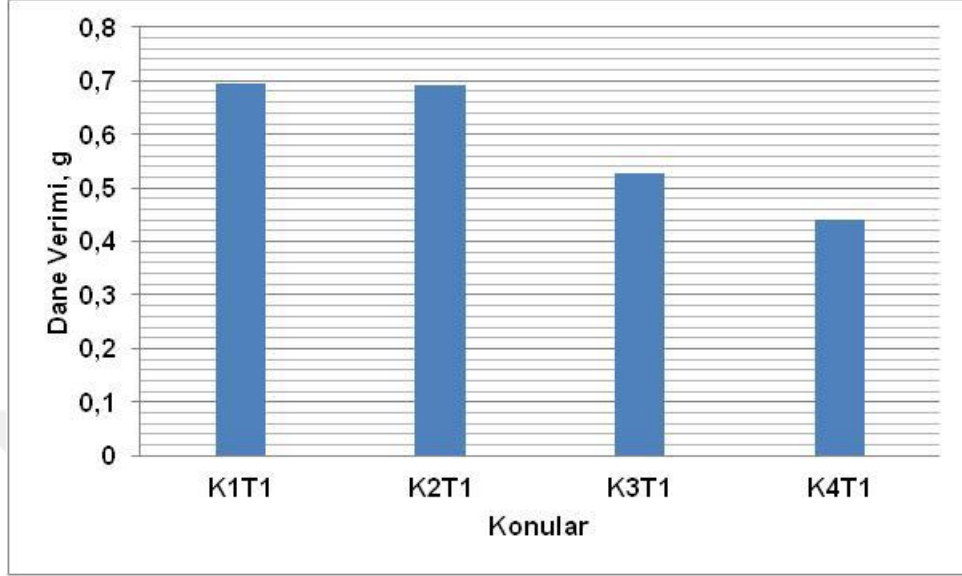
Yapılan istatistiksel analizlere göre sulama suyu miktarı konuları ve tuzluluk konuları kinoa bitkisinde hem ayrı ayrı hem de beraber dane verimi üzerine önemli etkileri olmuştur ve elde edilen kinoa dane verimine ait Bonferroni testi sonuçları Çizelge 4.4.' te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kinoa dane verimine ait Bonferroni testi sonuçları

	T1	T2	T3	T4	ORTALAMA
K1	0.695 a A	0.633 a AB	0.503 a BC	0.474 a C	0.577 a
K2	0.693 a A	0.624 a AB	0.501 a B	0.525 a B	0.586 a
K3	0.528 b A	0.502 ab A	0.420 a A	0.423 a A	0.468 b
K4	0.442 b A	0.470 b A	0.494 a A	0.451 a A	0.464 b
ORTALAMA	0.590 A	0.557 A	0.480 B	0.468 B	

Tuz Konuları: $p < 0.0001$; **Kuraklık Konuları:** $p < 0.0001$; **Tuz Konuları* Kuraklık Konuları:** $p < 0.05$ (Aynı tuzluluk seviyesinde farklı sulama suyu miktarlarında: a↓; Aynı sulama suyu miktarlarında farklı tuzluluk seviyesinde: A→)

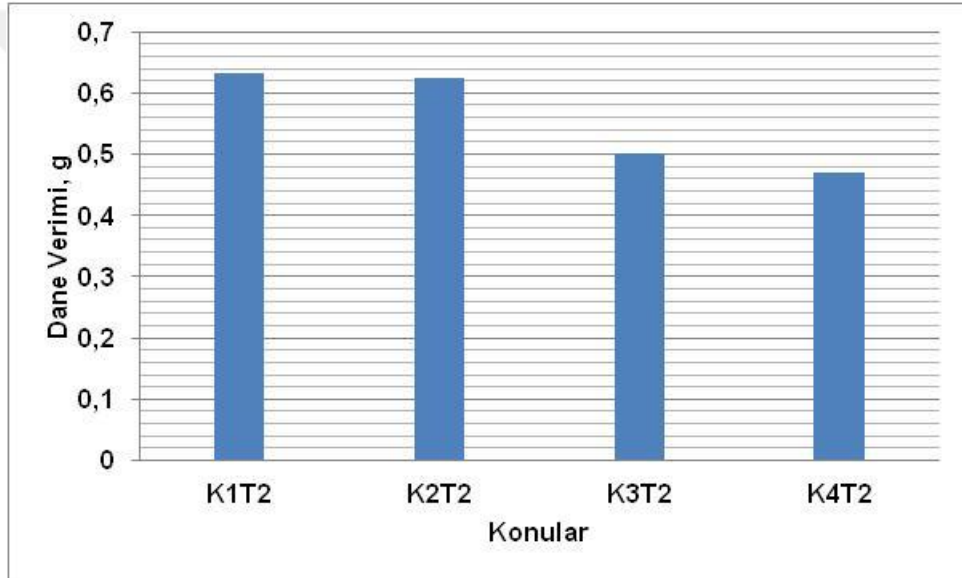
Şebeke suyu ile yani tuzluluğun olmadığı T1 tuzluluk konularında değişen oranlarda verilen sulama suyu miktarları arasındaki dane verim farkları istatistiksel açıdan kıyaslandığında birbirinden farklı önemli iki grup oluşmuştur. Birinci grupta kinoa bitkisinin ihtiyaç duyduğu suyun tamamının karşılandığı uygulamalar olan K1T1 ve K2T1 konuları yer almış ve Bonferroni testine göre aralarında önemli fark bulunmamıştır. İkinci grupta ise, su kısıtının değişen oranlarda uygulandığı K3T1 ve K4T1 konuları yer alıp aralarında istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunmamıştır. Nispi verim azalmasını T1 tuzluluk düzeyinde farklı sulama suyu miktarları için kıyaslarsak istatistiksel açıdan aynı grupta yer alan K1T1 ve K2T1 uygulamaları arasında %0.29 oranında bir azalma olduğu bulunmuştur. Diğer grupta yer alan K3T1 ve K4T1 konuları için nispi verimlerdeki değişimler K1T1 konusu ile kıyaslandığında sırasıyla %24 ve %36.4 oranında nispi verim azalması söz konusudur. Kontrol konusu kabul edilen K2T1 uygulamasına göre K3T1 ve K4T1 uygulamaları kıyaslandığında artan su kısıtıyla birlikte dane veriminde sırasıyla; %24 ve %36 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Su stresine maruz kalan, Bonferroni testine göre aralarında önemli farkın bulunmadığı, K3T1 ve K4T1 konuları kıyaslandığında uygulanan sulama suyu miktarının azalmasıyla dane veriminde de %16.3 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. T1 konularında tuzluluk stresinin bulunmaması nedeniyle kinoa bitkisi dane verimi üzerine sadece uygulanan sulama suyu miktarlarının etkisini oluşturmuştur. Diğer bir deyişle, belirtilen tuzluluk düzeyinde, sadece su stresinin kinoa bitkisinde dane verimi üzerine etkilerini gözlemlemek mümkündür. T1 tuzluluk düzeyinde uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça dane veriminde de sürekli düşüş meydana gelmiştir. Şekil 4.13.'te T1 tuzluluk düzeyinde değişen sulama suyu miktarlarının kinoa bitkisi dane verimi üzerine etkileri gösterilmiştir.



Şekil 4.13. T1 tuzluluk düzeyinde değişen oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının kinoa bitkisi dane verimi üzerine etkileri

5 dS/m tuz konsantrasyonunda olan T2 tuzluluk konularında değişen oranlarda verilen sulama suyu miktarları arasındaki dane verim farkları istatistiksel açıdan kıyaslandığında birbirinden farklı önemli iki grup oluşmuştur. İlk grupta K1T2, K2T2 ve K3T2 konuları yer alırken; ikinci grupta K3T2 ve K4T2 konuları yer almıştır. K3T2 konusu ile diğer konular arasında Bonferroni testine göre önemli fark bulunamamış, bu nedenle, her iki grupta da yer almıştır. K1T2 konusu ile diğer konular dane verimindeki azalma bakımında karşılaştırıldığında su kısıtı uygulanmayan ve istatistiksel açıdan farkın önemsiz bulunduğu K2T2 konusunda %1.4 oranında azalma meydana gelirken, su kısıtının uygulandığı ancak meydana gelen farkın önemsiz bulunduğu K3T2 konusunda %20.7 oranında dane veriminde düşüş meydana gelmiştir. K1T2 konusu ile istatistiksel olarak farklı grupta yer alan bir diğer su kısıtı uygulaması olan K4T2 konusunda ise %25.8 oranında dane veriminde azalma olmuştur. Bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun tamamının sağlandığı K2T2 konusu ile su kısıtı uygulanan K3T2 ve K4T2 konuları karşılaştırıldığında su kısıtı arttıkça dane veriminde sırasıyla; %19.6 ve %24.7 oranlarında azalma

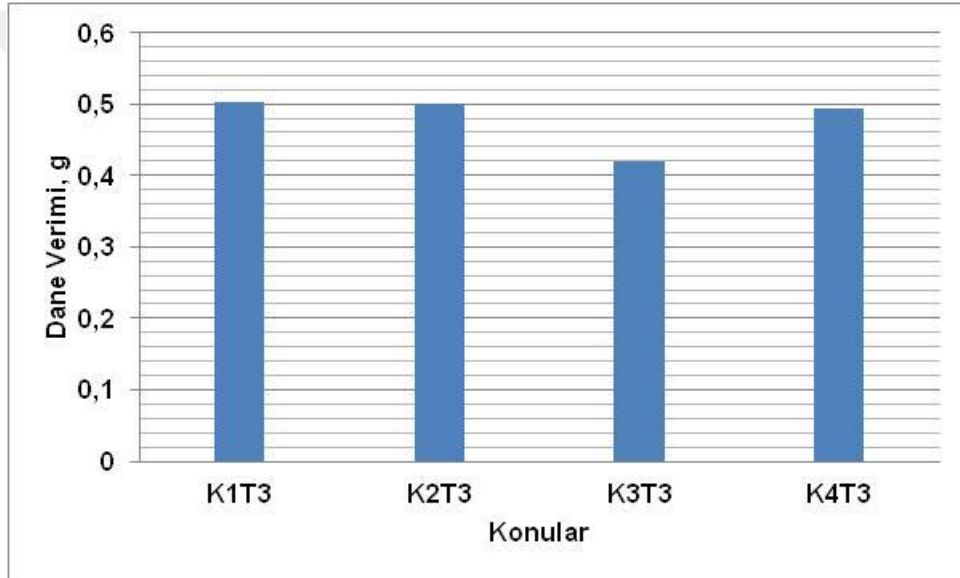
meydana gelmiştir. K3T2 ve K4T2 konuları kıyaslandığında kuraklık stresi arttıkça dane veriminde %6.4 oranında azalma meydana gelmiştir. Ancak, bu azalma Bonferroni testine göre önemsiz bulunmuştur. T1 düzeyinde olduğu gibi, T2 düzeyinde de su kısıtı arttıkça dane verimi sürekli olumsuz etkilenmiş, artan su kısıtı dane veriminde sürekli azalmaya neden olmuştur. T2 tuzluluk seviyesinde su kısıtı konularına göre dane veriminde meydana gelen değişimler Şekil 4.14.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. T2 tuzluluk düzeyinde değişen oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının kinoa bitkisi dane verimi üzerine etkileri

10 dS/m tuz konsantrasyonunda olan T3 tuzluluk konularında değişen oranlarda verilen sulama suyu miktarları arasındaki dane verim farkları Bonferroni testine göre kıyaslandığında uygulama konuları arasında istatistiksel açıdan önemli farklar bulunamamış. T3 konularında değişen oranlarda uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak K3T3 konusuna kadar dane veriminde azalma meydana gelmiştir, ancak K4T3 konusunda K3T3 konusuna göre dane veriminde artış olmuştur. K1T3 konusuna göre diğer konular olan K2T3, K3T3 ve K4T3 konuları

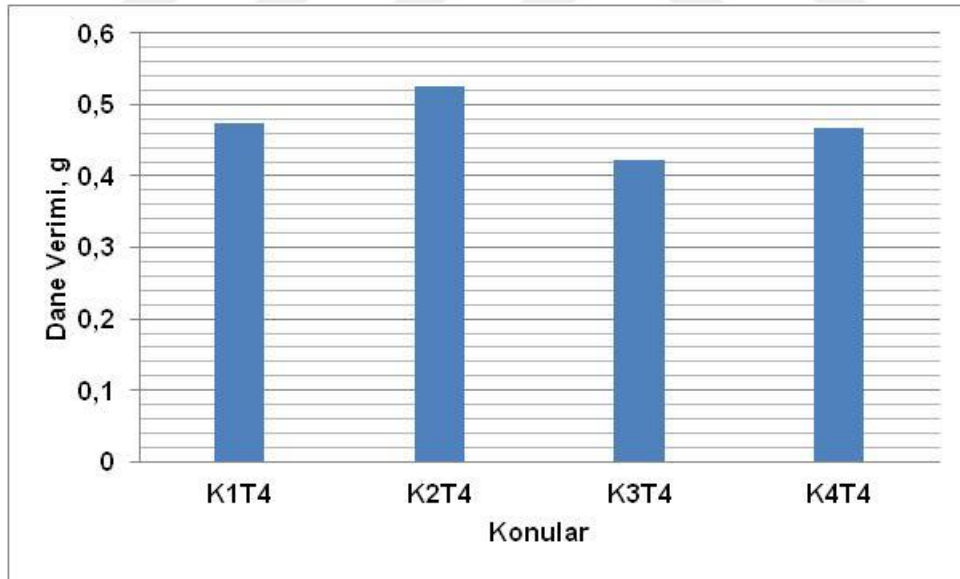
kıyaslandığında uygulanan sulama suyu oranı azaldıkça sırasıyla dane veriminde; %0.4, %16.5 ve %1.8 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Kuraklık stresinin uygulandığı K3T3 ve K4T3 konuları dane verimi için karşılaştırıldığında, uygulanan sulama suyu miktarının oranı azaldıkça dane veriminde artış meydana gelmiştir, belirtilen bu artış miktarı K3T3 konusuna göre K4T3 konusunda %15 oranındadır. T3 tuzluluk seviyesinde su kısıtı konularına göre dane veriminde meydana gelen değişimler Şekil 4.15.'te de gösterilmiştir.



Şekil 4.15. T3 tuzluluk düzeyinde değişen oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının kinoa bitkisi dane verimi üzerine etkileri

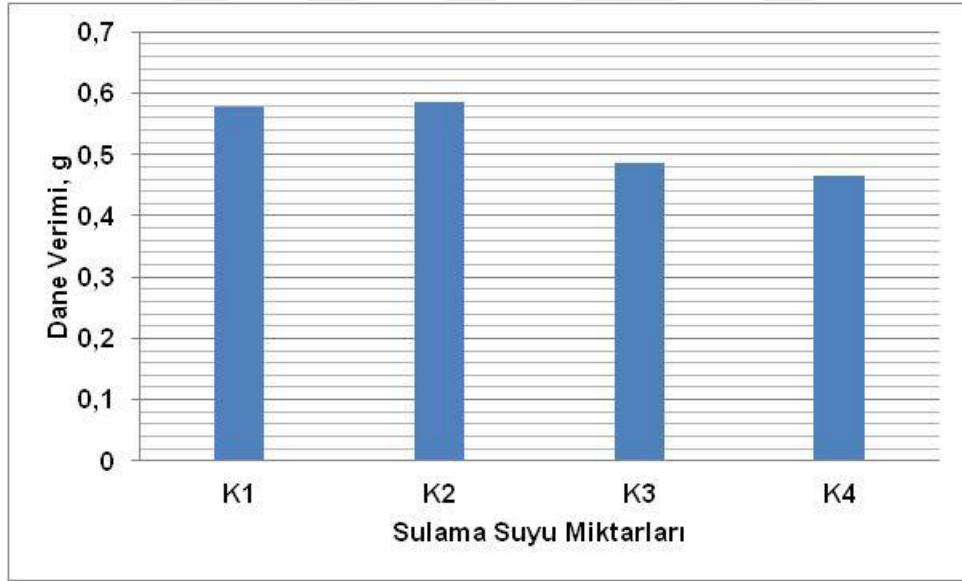
20 dS/m tuz konsantrasyonunda olan T4 tuzluluk konularında değişen oranlarda uygulanan sulama suyu miktarları arasındaki dane verim farkları Bonferroni testine göre kıyaslandığında uygulama konuları arasında, T3 tuzluluk seviyesindeki konularda olduğu gibi, istatistiksel açıdan farklar önemli bulunamamış. Sulama suyu miktarında uygulama oranlarına bağlı olarak dane verimi üzerine olan olumlu veya olumsuz etkileri düzenli biçimde olmamıştır. Uygulanan sulama suyu miktarının oranı azaldıkça dane veriminde önce bir miktar

artış, ardından tekrar azalış, sonrasında ise tekrar artış olduğu gözlenmiştir. T4 tuzluluk düzeyinde farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarının dane verimi üzerine olan bu etkileri Şekil 4.16.'da gösterilmiştir. K1T4 konusundan elde edilen dane verimleri ile azalan oranlarda uygulanan diğer sulama suyu miktarları olan K2T4, K3T4 ve K4T4 konularından elde edilen dane verimleri karşılaştırıldığında K1T4 konusuna göre K2T4 konusunda dane veriminde %9.7 oranında artış meydana gelmiştir. Ancak, daha sonra K1T4 konusuna göre K3T4 ve K4T4 konularında sırasıyla; %10.8 ve %4.9 oranlarında dane veriminde kayıp olmuştur. Bitkinin ihtiyacı olan suyun tamamının sağlandığı K2T4 konusuna göre su kısıtı uygulanan K3T4 ve K4T4 konuları dane verimleri bakımından kıyaslandığında su kısıtı arttıkça sırasıyla; %19.4 ve %14.1 oranlarında azalma meydana gelmiştir. K3T4 konusundan elde edilen dane verimine göre K4T4 konusundan %6.2 oranında daha fazla dane verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.16. T4 tuzluluk düzeyinde değişen oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının kinoa bitkisi dane verimi üzerine etkileri

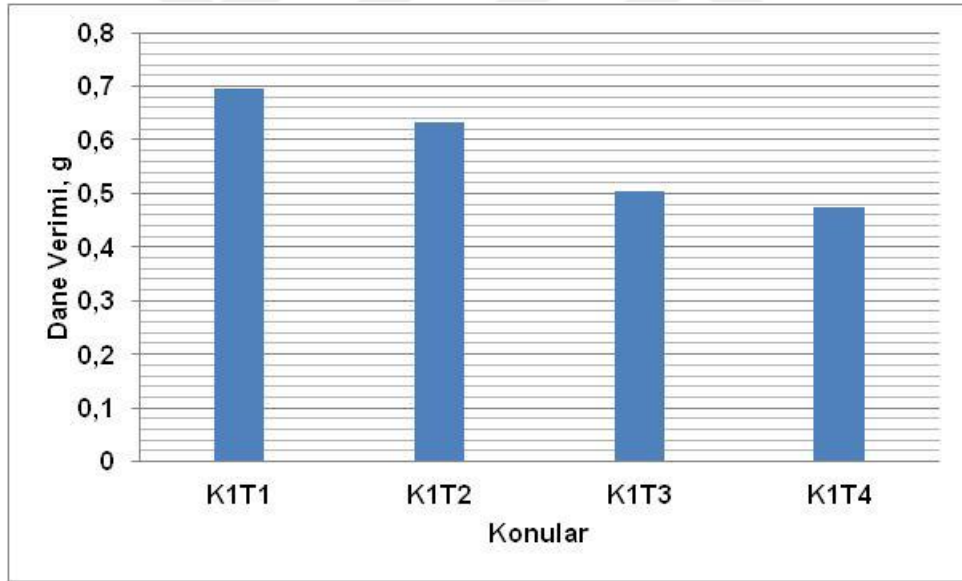
Genel olarak, farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarından elde edilen dane verimlerinin ortalamaları dikkate alındığında en yüksek K2 konusundan 0.586 g olarak elde edilirken, en düşük ortalama verim 0.464 g ile K4 konusundan elde edilmiştir. İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde iki farklı grup oluşmuştur. İlk grupta K1 ve K2 konuları yer alırken, ikinci grupta K3 ve K4 konuları yer almıştır. Ancak nispi verim olarak K1 konusu ile K4 konusu arasında yaklaşık %19.6 oranında nispi verim kaybı oluşurken; K2 konusu ile K4 konusu arasında yaklaşık %21'lik verim kaybı olmuştur. K3 ve K4 konuları karşılaştırıldığında ise su kısıtı arttıkça dane veriminde %0.9 oranında azalma meydana gelmiştir. İnce Kaya (2010), kendi yaptığı çalışmada da benzer sonuçlar bulmuştur. Denemede sulama suyuna bağlı dane veriminde meydana gelen değişimler Şekil 4.17.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarına bağlı dane veriminde meydana gelen değişimler

Kuraklık uygulanmayan ve yıkama yapılan konularda farklı tuzluluk düzeylerindeki uygulamalar kıyaslandığında Bonferroni testine göre birbirinden

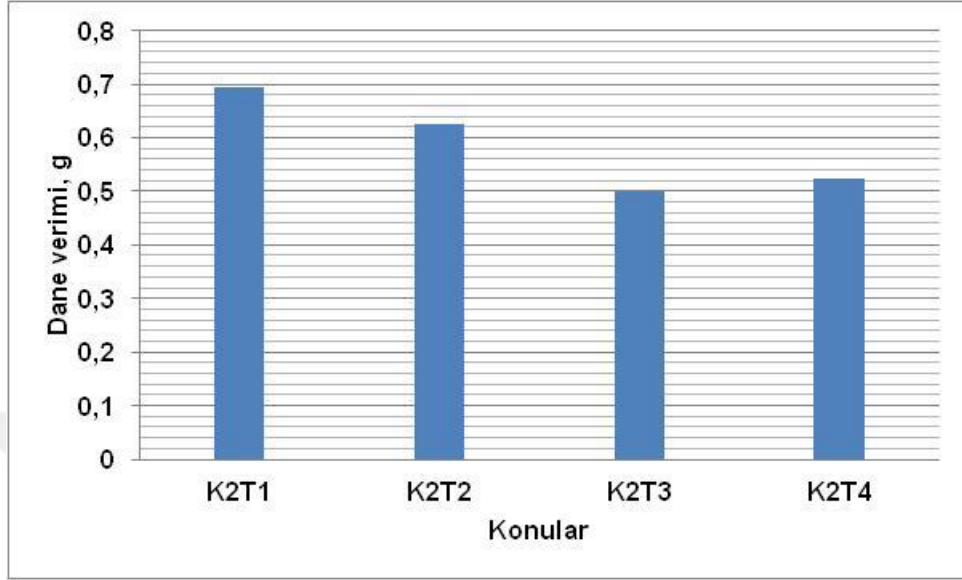
farklı önemli üç grup meydana gelmiştir. İlk grupta K1T1 ve K1T2 uygulamaları yer alırken; ikinci grupta K1T2 ve K1T3 konuları, üçüncü grupta ise K1T3 ve K1T4 konuları yer almıştır. Aynı grupta yer alan konular arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. Aynı grupta yer alan K1T1 ve K1T2 konuları nispi verim olarak karşılaştırıldığında tuzluluğun artmasıyla beraber nispi verimde %8.9 oranında bir azalma gözlenmiştir. Aynı şekilde K1T1 konusu ile aynı gruplarda yer alan K1T3 ve K1T4 konuları karşılaştırıldığında ise nispi verimde sırasıyla %27.6 ve %31.8 oranlarında meydana gelen azalma tuzluluk seviyesinin artmasıyla oluşmuştur. K1 oranında uygulanan sulama suyu miktarında artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak dane veriminde meydana gelen değişimler Şekil 4.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. K1 oranında uygulanan sulama suyu miktarında artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak dane veriminde meydana gelen değişimler

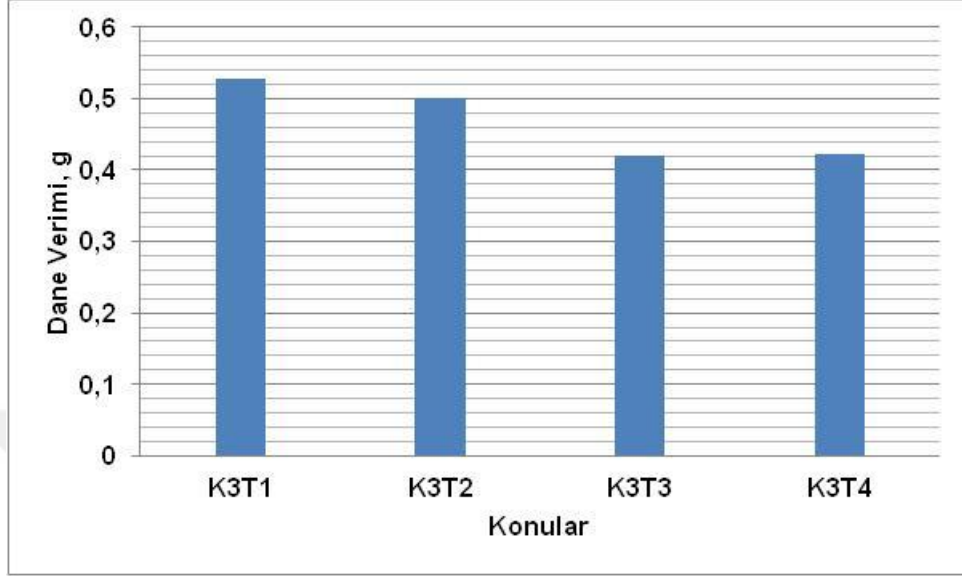
Bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun tamamının karşılandığı K2 oranındaki sulama suyu miktarında değişen tuzluluk seviyelerinin dane verimi üzerine

etkilerine bakıldığında, uygulanan Bonferroni testine göre, meydana gelen farklar istatistiksel açıdan önemli iki gruba ayrılmıştır. Birinci grupta; K2T1 ve K2T2 uygulamaları yer alırken, ikinci grupta K2T2, K2T3 ve K2T4 uygulamaları yer almıştır. K2 sulama suyu konusunda en yüksek dane verimi 0.693g ile K2T1 konusundan elde edilirken tuzluluğun artmasıyla en düşük dane verimi olan 0.501g değerini K2T3 konusunda almıştır. Elde edilen dane verimi K2T4 uygulamasında tekrar artarak 0.525g değerine yükselmiştir. Belirtilen K2 sulama suyu miktarı konusunda bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun tamamı karşılandığı için kinoa bitkileri belirtilen uygulamada su stresine maruz kalmamıştır. Bununla birlikte bu konularda yıkama da yapılmadığı için bitkiler sadece tuzluluk stresine maruz kalmışlardır. Diğer bir deyişle, belirtilen sulama suyu miktarı konusunda kinoa bitkisinden elde edilen dane verimleri sadece tuz stresinden etkilendiği için artan tuz konsantrasyonunun dane verimine etkileri bu konuda net şekilde görülebilir. K2 oranında uygulanan sulama suyu miktarı konularında artan tuz konsantrasyonunun kinoa bitkisinden elde edilen dane verimi üzerine etkileri Şekil 4.19.'da gösterildiği gibidir. Aynı gruptaki K2T1 konusuyla K2T2 konularını tuzluluğun artmasına bağlı olarak nispi verimde olan değişime göre kıyasladığımızda tuzluluğun artmasıyla beraber nispi verimde %10 oranında bir azalma gözlenmiştir. K2T1 konusu ayrı gruplarda bulunan K2T3 ve K2T4 uygulamalarıyla karşılaştırıldığında nispi verimde tuzluluğun artmasıyla beraber sırasıyla %27.7 ve %24.2 oranlarında azalma olduğu bulunmuştur. K2T3 konusu K2T4 konusu ile karşılaştırıldığında tuzluluğun artması dane veriminde de % 4.6 oranında tekrar artışa neden olmuştur Benzer sonuçları Yazar ve ark (2015), kendi yaptıkları çalışmada da bulmuşlardır.



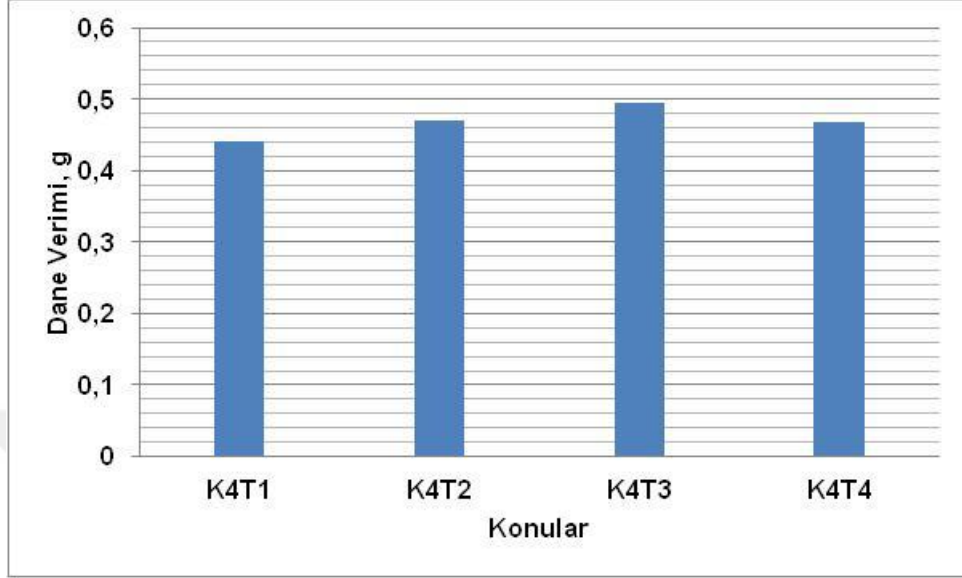
Şekil 4.19. K2 oranında uygulanan sulama suyu miktarında artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak dane veriminde meydana gelen değişimler

Bitki ihtiyaç duyduğu suyun %70 oranında sağlandığı K3 sulama suyu miktarında değişen tuzluluk konsantrasyonları elde edilen dane verimi üzerine Bonferroni testine göre önemli farklar oluşturmamış, bu nedenle denemedeki tüm tuz konsantrasyonları K3 oranında sulama suyu miktarında aynı grupta yer almıştır. Her ne kadar farklar önemsiz çıksa da K3T1 konusunda en yüksek dane verimi olan 0.528g elde edilmiş, bu değer uygulanan tuz konsantrasyonu arttıkça K3T3 konusundan elde edilen en düşük değer olan 0.420grama kadar düşmüş ardından K3T4 konusunda tekrar artarak 0.423grama çıkmıştır. K3 oranında uygulanan sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk seviyelerinin dane verimi üzerine etkileri Şekil 4.20.'de gösterilmiştir. En yüksek dane veriminin elde edildiği K3T1 konusuna göre diğer tuzluluk seviyelerinden elde edilen dane verimleri kıyaslandığında artan tuzluluk seviyesine göre sırasıyla; %4.9, %20.5 ve %19.9 oranlarında dane veriminde azalma meydana gelmiştir. K3T4 konusundan elde edilen dane verimi K3T3 konusundan elde edilene göre %0.7 oranında artmıştır.



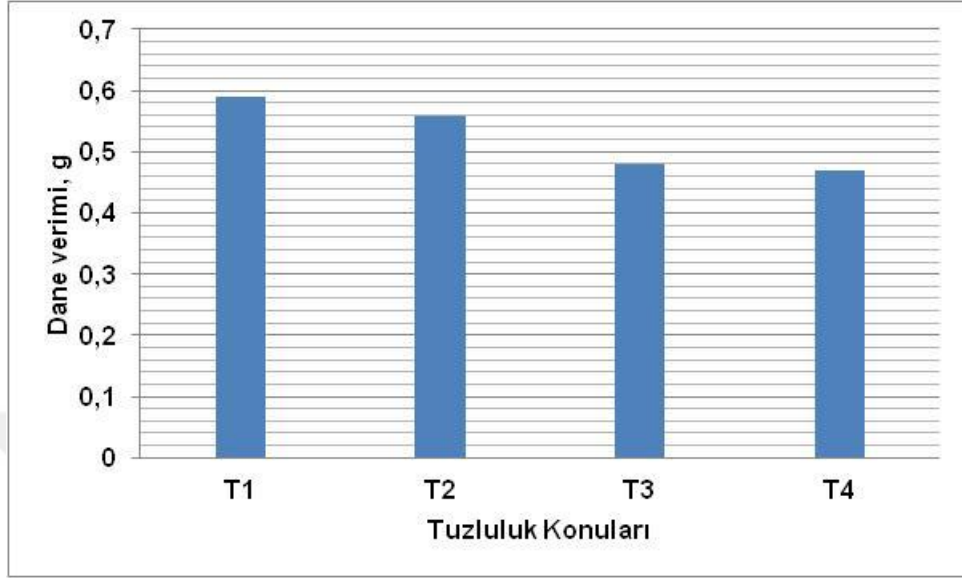
Şekil 4.20. K3 oranında uygulanan sulama suyu miktarında artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak dane veriminde meydana gelen değişimler

Bitkiye ihtiyaç duyduğu suyun %50 oranında uygulandığı K4 sulama suyu miktarı konusunda tuz konsantrasyonunun dane verimi üzerine etkisi Bonferroni testine göre istatistiksel açıdan incelendiğinde sonuçlar K3 konusunda da olduğu gibi, tuzluluk seviyesindeki değişimlerden kaynaklı dane veriminde meydana gelen değişimler istatistiksel açıdan önemli bulunamamıştır, bütün tuz uygulamaları aynı grupta yer almıştır. K4T1 konusunda elde edilen 0.442g dane verimi artan tuz konsantrasyonlarından elde edilen dane verimleri ile karşılaştırılırsa K4T2 konusunda %6 oranında artış olurken, K4T3 konusunda bu artış %10.5 oranında olmuştur, ancak, K4T4 konusuna gelindiğinde artış miktarı %2 oranında olmuştur. Dane veriminde meydana gelen bu değişimler Şekil 4.21.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. K3 oranında uygulanan sulama suyu miktarında artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak dane veriminde meydana gelen değişimler

Genel olarak farklı tuzluluk seviyelerindeki uygulamaların ortalama dane verimine Bonferroni testine göre bakıldığında istatistiksel açıdan önemli iki farklı grup oluşmuştur. İlk grupta T1 ve T2 uygulamaları yer alırken, ikinci grupta T3 ve T4 uygulamaları yer almıştır. İstatistiksel açıdan sulama suyu miktarlarındaki uygulamalarda olduğu gibi iki farklı grup oluşmuştur. En yüksek ortalama verim 0.590g ile T1 konusundan elde edilmiştir. En düşük ortalama verim ise T4 konusundan 0.468g olarak bulunmuştur. T2 ve T3 konularının ortalama dane verimleri ise sırasıyla; 0.557g ve 0.480g'dır. Aynı grupta yer alan T1 ve T2 konuları kıyaslandığında T2 konusunda %5.6 oranında dane veriminde bir azalma olmuştur. Diğer grupta bulunan T3 ve T4 konularında ise T4 konusu T3 konusuna göre dane veriminde %2.5 oranında bir düşüş olmuştur. T4 uygulama konusu T1 uygulama konusuna göre karşılaştırıldığında dane veriminde %20.7 oranına varan azalma söz konusudur. Denemede uygulanan tuz konsantrasyonuna bağlı dane veriminde meydana gelen değişimler Şekil 4.22.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. Denemede uygulanan farklı tuz konsantrasyonuna bağlı dane veriminde meydana gelen değişimler

Ürün verimini ve kalitesini etkileyen çevresel faktörlerin çeşitliliğinin bir sonucu olarak kinoa, çeşitlere özgü tepkiler için güçlü bir değişkenlik gösterir (Bertero ve ark, 2004). Kinoa bitkisinin tuzluluk stresine karşı çeşitli adaptasyonlar sağladığı ve birçok kültür bitkisinin hayatta kalamadığı toprak tuzluluğu düzeylerinde dahi yetiştirilebildiğine dair birçok çalışma yapılmıştır (Gómez-Pando ve ark, 2010; Hariadi ve ark, 2011; Razzaghi ve ark, 2011c). Razzaghi ve ark, 2011c, yaptıkları çalışmalarda 40dS/m düzeyindeki tuz konsantrasyonu ile sulanan kinoa bitkisinde dane veriminde kontrol konusuna göre %50 düşüş meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte artan tuzlulukla beraber kinoa bitkisinde dane veriminde düşüş meydana geldiği birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir. Örneğin; Pe´rez ve ark (1990), ve Gómez-Pando ve ark (2010), tuz stresinin kinoa dane verimi üzerine yaptıkları çalışmada, tuz stresini koşullarında elde edilen dane veriminin kontrol konusuna göre yaklaşık %5-81 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Eisa ve ark (2012), benzer şekilde kinoa bitkisinde artan tuzluluk stresinin dane verimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları

araştırmada altı farklı tuz seviyesi (0-100-200-300-400-500 mM NaCl) uygulanmışlardır. Denemenin sonunda, en yüksek tane verimini 9.5 g/bitki ile kontrol grubundan elde edilirken, 100 ve 200 mM NaCl seviyelerinde ise elde ettikleri dane veriminin 8 g/bitki'ye kadar azaldığını hatta artan tuz stresinin daha da birlikte 500 mM NaCl seviyesinde 1 g/bitki'nin altına düştüğünü belirtmişlerdir.

Kinoa bitkisi tuz stresinde olduğu gibi kuraklık stresinde de yüksek bir dayanıma sahiptir. Kinoa, Şili'nin yarı çöl koşullarında, kuzeybatı Arjantin'in kurak dağlık bölgeleri ve Peru ve Bolivya'nın Altiplano bölgesinde tohum tahıl yetiştirebilen ve üretebilen kuraklığa dayanıklı bir ürün olarak kabul edilmiştir. Bu bölgeler, 200 mm'den az yıllık yağış alan ve aşırı kurak bölgeler olarak tanımlanmıştır (Fuentes ve Bhargava, 2011; Aguilar ve Jacobsen, 2003; Vacher, 1998). Kinoa bitkisinin kuraklık stresine karşı dayanımını araştırmak amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin; İtalya'da 'Titicaca' çeşidi için, büyüme mevsimi boyunca yüksek sulama (300-260 mm) veya kısıntılı sulama (200-220 mm) altında yetişip yetişmediğine bakılmaksızın verimin 2.30-22.70 ton⁻¹ arasında değiştiğini bulmuşlardır (Pulvento ve ark, 2012; Hinojosa ve ark, 2018). Bu nedenle, çalışma su eksikliği nedeniyle önemli bir verim düşüşü olmadığı sonucuna varmıştır. Ancak, Mısır'da yapılan bir çalışmada, beş kinoa genotipi büyüme mevsimi boyunca, yüksek sulama (820 mm), orta sulama (500 mm) ve düşük sulama (236 mm) işlemlerinden (yağış+sulama) oluşan üç farklı su rejimi altında değerlendirilmiştir. Sonuçlar, morfolojik özellikler ve verimde farklı su rejimlerindeki genotipler arasında yüksek değişkenlik göstermiştir. Örneğin, deniz seviyesi çeşidi 'QL-3' şiddetli su stresi altında verimdeki en büyük düşüşü % 56 oranında sergilerken; vadi çeşidi 'CICA-17' en küçük düşüşü % 12 oranında göstermiştir (Al-Naggar ve ark, 2017; Hinojosa ve ark, 2018).

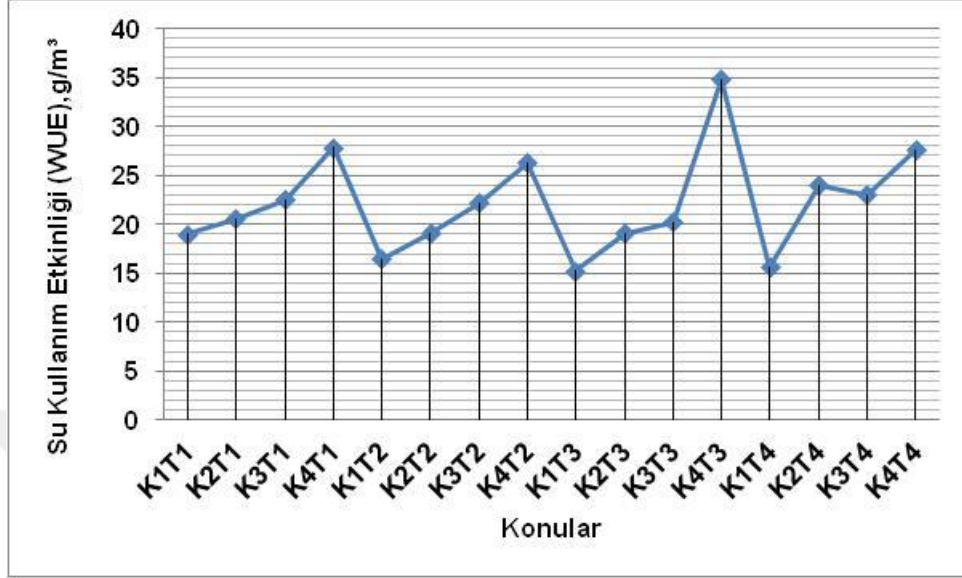
4.3. Su Kullanım Etkinliği (WUE)

Farklı sulama suyu miktarı ve farklı seviyelerde uygulanan tuzluluk konuları için elde edilen su kullanım etkinliğine (WUE) ait sonuçların ortalaması Çizelge 4.5.' te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Su kullanım etkinliği (WUE) sonuçları

SU KULLANIM ETKİNLİĞİ (WUE), g/m ³	
KONULAR	ORTALAMA
K1T1	19.00
K2T1	20.60
K3T1	22.55
K4T1	27.85
K1T2	16.50
K2T2	19.05
K3T2	22.13
K4T2	26.27
K1T3	15.21
K2T3	19.11
K3T3	20.16
K4T3	34.74
K1T4	15.67
K2T4	24.04
K3T4	22.98
K4T4	27.56

Sulama suyu miktarı azaldıkça, yani kuraklık stresi arttıkça, su kullanım etkinliğinin arttığı her bir konuya ait su kullanım etkinliği değerinin verildiği Şekil 4.23.'te de görülmektedir.



Şekil 4.23. Su kullanım etkinliği (WUE) değerinin denemede uygulanan konulara göre değişimi

Yapılan istatistiksel analizlere göre kuraklık uygulamaları kinoa bitkisine hem ayrı hem de tuzluluk konusuyla beraber önemli etki yapmasına rağmen tuzluluk uygulamalarının tek başına su kullanım etkinliği üzerine etkisi olmadığı bulunmuş ve elde edilen varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Su kullanım etkinliğine ait Boferroni testi sonuçları (WUE), g/m³

	T1	T2	T3	T4	ORTALAMA
K1	19.00 b A	16.50 b A	15.21 b A	15.67 b A	16.59 c
K2	20.60 b A	19.05 ab A	19.11 b A	24.04 a A	20.70 b
K3	22.55 ab A	22.13 ab A	20.16 b A	22.98 a A	21.96 b
K4	27.85 a B	26.27 a B	34.74 a A	27.56 a B	29.11 a
ORTALAMA	22.50 A	20.99 A	22.31 A	22.56 A	

Tuz Konuları: $p>0.05$; **Kuraklık Konuları:** $p<0.0001$; **Tuz Konuları*Kuraklık Konuları:** $p=0.05$ (Aynı tuzluluk seviyesinde farklı sulama suyu miktarlarında: a↓; Aynı sulama suyu miktarlarında farklı tuzluluk seviyesinde: A→)

Tuzluluk stresinin uygulanmadığı, şebeke suyu ile sulanan, T1 konusunda farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarının su kullanım etkinliği üzerine etkileri istatistiksel açıdan, Bonferroni testi uygulanarak, incelendiğinde

birbirinden farklı önemli iki grup oluşmuştur. Birinci grupta K1T1, K2T1 ve K3T1 konuları yer alırken, ikinci grupta K3T1 ve K4T1 uygulamaları yer almıştır. T1 tuzluluk düzeyinde en yüksek su kullanım etkinliği 27.85g/m^3 olarak K4T1 konusundan bulunmuştur, uygulanan kuraklık stresi azaldıkça WUE değeri de azalarak K1T1 konusunda 19.00g/m^3 değerine düşmüştür. K1T1 konusu ile K2T1, K3T1 ve K4T1 konularını karşılaştıracak olursak, kuraklık stresi arttıkça sırasıyla; %7.8, %15.7 ve %31.8 oranlarında su kullanım etkinliği değerinde artış olmuştur.

5 dS/m tuz konsantrasyonuna sahip T2 konusunda uygulanan sulama suyu miktarının oranı arttıkça T1 konusunda olduğu gibi WUE değerinde azalma meydana gelmiştir. İstatistiksel olarak meydana gelen bu değişimler önemli iki farklı grup oluşturmuştur. İlk grupta K1T2, K2T2 ve K3T2 konuları yer alırken, ikinci grupta K2T2, K3T2 ve K4T2 konuları yer almıştır. T2 tuz konsantrasyonunda en yüksek WUE değeri 26.27g/m^3 olarak K4T2 konusundan en düşük WUE değeri ise 16.50g/m^3 olarak K1T2 konusundan elde edilmiştir. K1T2 uygulamasından elde edilen WUE değerini diğer uygulanan sulama suyu miktarı konuları ile kıyaslırsak, kuraklık stresi arttıkça sırasıyla; %13.4, %25.4 ve %37.2 oranlarında WUE değerinde artış olmuştur.

En düşük ve en yüksek su kullanım etkinliği değeri T3 tuzluluk düzeyinde sulanan konularda meydana gelmiştir. İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde birbirinden farklı önemli iki grup bulunmuştur. İlk grupta K4T3 konusu yer alırken, ikinci grupta; K1T3, K2T3 ve K3T3 konuları yer almıştır. En düşük su kullanım etkinliği değerinin elde edildiği K1T3 konusu ile diğer T3 koşullarında sulanan konuları kıyaslanırsa K1T3 ile K2T3 arasında %20.4; K3T3 arasında %24.5 ve en yüksek su kullanım etkinliği değerinin elde edildiği K4T3 arasında ise %56.2 oranında büyük bir artış meydana gelmiştir.

En yüksek tuzluluk düzeyinde sulanan T4 konusunda ise K1T4 konusu diğer konulardan istatistiksel açıdan farklılık göstermiştir ve diğer konular olan K2T4, K3T4 ve K4T4 konuları arasında fark bulunamamış, Bonferroni testine göre

aynı grupta yer almıştır. K1T4 konusu ile K2T4, K3T4 ve K4T4 konuları kıyaslandığında su kullanım etkinliğinde nispi olarak sırasıyla %34.8, %31.8 ve %43.1 oranlarında artış meydana gelmiştir.

Farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının WUE değeri üzerine etkileri incelendiğinde, kuraklık stresi arttıkça WUE değerinde de artış meydana gelmiştir. WUE değeri en yüksek K4 sulama konusundan 29.11 g/m³ olarak bulunurken, en düşük K1 sulama konusundan 16.59 g/m³ olarak bulunmuştur. Farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının WUE değeri üzerine etkileri Bonferroni testine göre incelendiğinde istatistiksel açıdan farklı önemli üç grup oluşmuştur. Birinci grupta, K1 konusu; ikinci grupta, K2 ve K3 konuları, üçüncü grupta ise K4 konusu yer almıştır. Su kısıtı uygulanmayan iki konudan, kinoa bitkisinin ihtiyaç duyduğu suyun %120 oranında karşılandığı K1 konusuna göre %100 oranında karşılandığı K2 konusunda WUE değerinde %19.9 oranında artış meydana gelmiştir. K2 konusuna göre su kısıtı uygulanan K3 ve K4 konuları karşılaştırılırsa uygulanan su kısıtı arttıkça sırasıyla; %5.7 ve %28.9 oranlarında WUE değerinde artış meydana gelmiştir.

Kinoa bitkisinde uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak su kullanım etkinliğinde (WUE) meydana gelen değişimler birçok araştırmacı tarafından araştırılmış ve uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça su kullanım etkinliğinde (WUE) artış meydana geldiği belirtilmiştir. Örneğin; İnce Kaya (2010), Akdeniz iklim koşullarında kinoa bitkisinin damla sulama yöntemi kullanarak tatlı ve tuzlu su ile farklı sulama stratejileri uygulayarak sulanmasının bitkinin vejetatif gelişimi, verim ve su kullanma randımanı ile bitki kök bölgesindeki tuz birikimi üzerine etkilerinin araştırılması ve elde edilen sonuçların SALTMED modeli ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmasının yapılarak modelin test edilmesi amacıyla, 2009 yılı yetiştirme döneminde, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Deneme Alanı'nda çalışma yürütmüştür. Araştırmada “Tam sulama (FIF)”, “%50 kısıntılı sulama (DI)”, “%50

yarı ıslatmalı (PRD)”, “5dS/m düzeyinde tuzluluğa sahip sulama suyu ile tam sulama (FIS)” olmak üzere dört farklı sulama konusunu ele almıştır. Denemenin sonunda WUE değerlerini; FIF uygulamasında 0.47 kg/m³, DI uygulamasında 0.49 kg/m³, FIS uygulamasında 0.39 kg/m³ ve PRD uygulamasında ise 0.58 kg/m³ olarak bulmuştur.

Bu konuda yapılan araştırmalardan bir diğeri ise, Geerts ve ark (2008a), tarafından Bolivya, Altiplano bölgesinde yürütölmüş olan çalışmadır. Çalışmanın sonunda tam sulama konusunda su kullanım etkinliğı (WUE) 0.41 kg/m³; tam sulamanın yarısı kadar sulama suyu uygulanan kısıntılı sulama konusunda ise 0.48 kg/m³ olarak belirlenmiştir.

Şebeke suyu ile tam sulama suyu uygulanan K2T1 konusunda su kullanım etkinliğı 20.60 g/m³ iken, şebeke suyu ile %50 oranında sulama yapılan K4T1 konusunda bu değeri 27.85 g/m³ bulunmuştur. Yukarıda bahsedilen iki uygulama su kullanım etkinliğı bakımından kıyaslanırsa kontrol konusuna göre K4T1 uygulamasında %26 oranında nispi olarak su kullanım etkinliğinde bir artış meydana gelmiştir. K2T2 uygulamasında ise K2T1 uygulamasına göre %7.5 oranında azalma meydana gelmiştir ve WUE değeri 19.05 g/m³ olarak bulunmuştur.

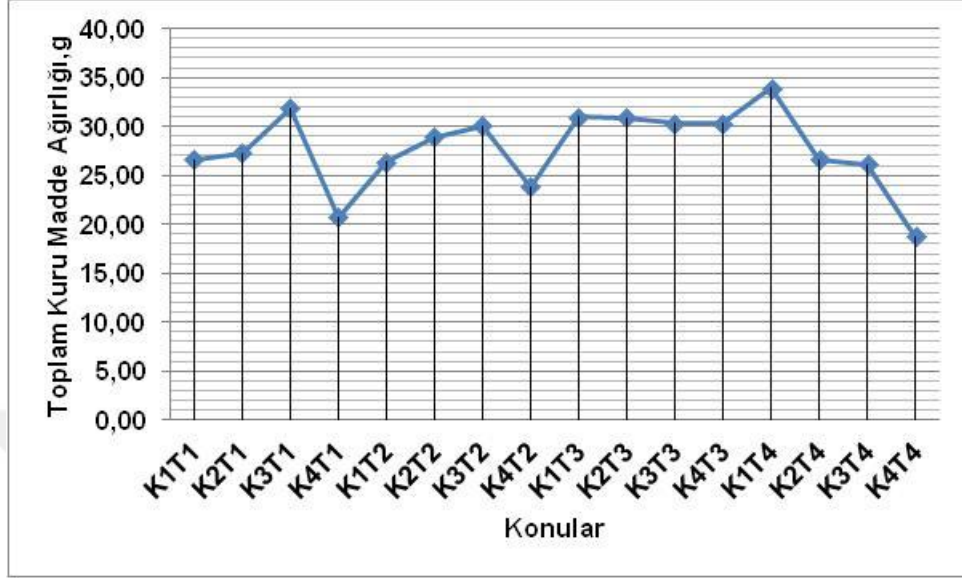
4.4. Kinoa Bitkisinin Toplam Kuru Madde Ağırlıkları (Biokütle)

Hasat edilen kinoa bitkilerinden elde edilen toplam kuru madde ağırlığı değerlerinin ortalaması uygulama konularına göre Çizelge 4.7.’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Bitkinin toplam kuru madde ağırlık değerleri (toplam biokütle), g/saksı

Toplam Kuru Madde Ağırlığı (Biokütle), g/saksı	
KONULAR	ORTALAMA
K1T1	26.66
K1T2	26.38
K1T3	30.95
K1T4	33.90
K2T1	27.29
K2T2	28.94
K2T3	30.89
K2T4	26.60
K3T1	31.88
K3T2	30.04
K3T3	30.28
K3T4	26.12
K4T1	20.74
K4T2	23.82
K4T3	24.58
K4T4	18.73

Farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarına ve tuz konsantrasyonuna bağlı olarak kinoa bitkisinden elde edilen toplam kuru madde ağırlığının uygulama konularına göre değişimi Şekil 4.24.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.24. Kinoa bitkisinden elde edilen toplam kuru madde ağırlığının uygulama konularına göre değişimi

Farklı sulama suyu miktarı konularının ve farklı düzeylerdeki tuzluluk seviyelerinin hem ayrı ayrı hem de birlikte bitki kuru madde ağırlığına etkisi Bonferroni testine göre incelenmiştir. İstatistiksel açıdan sadece sulama suyu miktarının kuru madde ağırlığı üzerine önemli olduğu çıkmıştır ve sonuçlar Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

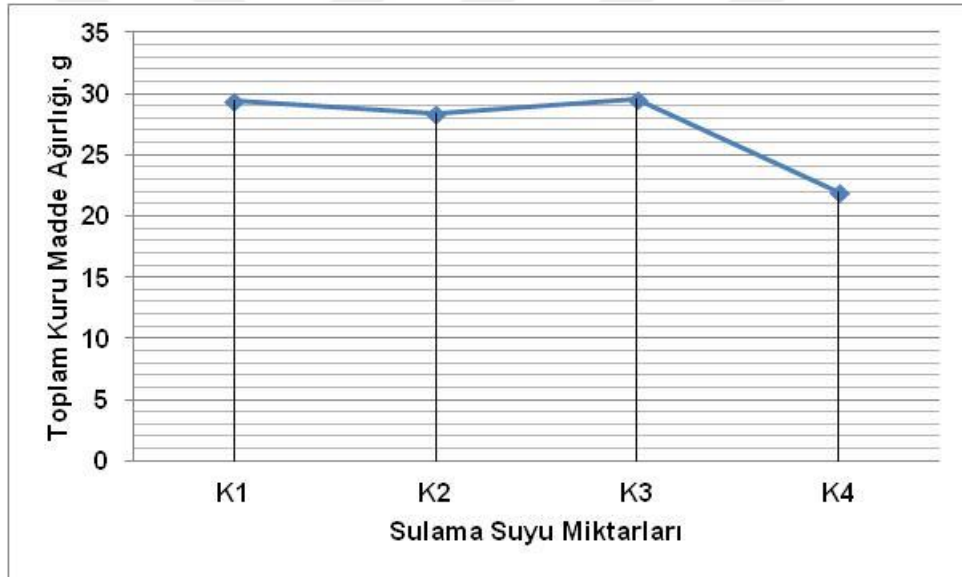
Çizelge 4.8. Toplam kuru madde ağırlığına ait Bonferroni testi sonuçları

K1	K2	K3	K4
29.45 A	28.43 A	29.58 A	21,97 B

Tuz Konuları: $p > 0.05$; **Kuraklık Konuları:** $p < 0.0001$; **Tuz Konuları* Kuraklık Konuları:** $p > 0.05$

Bonferroni testine göre sulama suyu konuları arasında farklı önemli iki grup oluşmuştur. İlk grupta; K1, K2 ve K3 uygulamaları yer alırken, ikinci grupta; K4 uygulaması yer almıştır. K1 uygulaması ile aynı grupta yer alan K2 uygulamasının bitki kuru madde ağırlığı kıyaslanırsa; K2 konusunda K1 konusuna

göre %3.5 oranında düşüş yaşanmıştır. Öte yandan tekrar aynı grupta yer alan K1 ve K3 kıyaslanacak olursa; K3 uygulamasında K1 uygulamasına göre %0.4 oranında artış meydana gelmiştir. K2 ve K3 konuları kıyaslandığında K3 konusunda K2 konusuna göre %3.9 oranında artış meydana gelmiştir. İstatistiksel açıdan da farklı olan K4 uygulamasının toplam kuru madde ağırlığı K1, K2 ve K3 ile kıyaslandığında K4 uygulamasında azalma gözlenmektedir ve bu azalma miktarları sırasıyla; %25.4, %22.7 ve %25.7 oranlarında meydana geldiği görülmektedir. Farklı oranlarda uygulama suyu miktarının elde edilen toplam kuru madde miktarı üzerine belirtilen bu etkileri Şekil 4.25.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.25. Farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarının elde edilen toplam kuru madde miktarı üzerine etkileri

Fischer ve ark (2013), 2010-2011 yetiştirme döneminde, kontrol altına alınmış dört farklı su kısıtlamasının (%95, %60, %40 ve %20), üç farklı genotipte kinoa tohumlarındaki (Regalona, B080 ve AG 2010) potansiyel verim, kimyasal bileşim (protein, yağ içeriği ve ham lif) ve antioksidan kapasite üzerindeki etkisinin belirlenmek amacıyla Şili'nin güney-orta bölgesinde tarla koşulları ve serada

kontrol koşulları altında araştırma yapmışlardır. Arazi koşulları altında da sera koşulları altında da uygulanan su kısıtı arttıkça toplam kuru madde ağırlığında azalma meydana gelmiştir. %95, %60, %40 ve %20 oranlarındaki sulama suyu miktarlarında arazi koşullarında elde edilen toplam kuru madde miktarları sırasıyla; 15.87 t/ha, 14.60 t/ha, 13,25 t/ha ve 12.38 t/ha olmuştur. %95 sulama suyu miktarı ile %60 ve %40 oranlarındaki sulama suyu miktarlarından elde edilen toplam kuru madde ağırlıkları kıyaslandığında su kısıtı arttıkça toplam kuru madde ağırlığında sırasıyla %7.7 ve %16.5 oranında azalma meydana gelmiştir. Aynı sulama suyu oranlarında ancak sera koşullarında ise toplam kuru madde ağırlığı değerleri sırasıyla; 57.91 g/bitki, 54.48 g/bitki, 51.59 g/bitki ve 44.96 g/bitki'dir. Sera koşullarındaki kuru madde ağırlıkları %95 sulama suyu oranı ile %60 ve %40 sulama suyu miktarları ile karşılaştırıldığında uygulanan su kısıtı arttıkça toplam kuru madde ağırlığında sırasıyla; %6 ve %10.9 oranlarında azalma meydana gelmiştir.

Uygulanan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak bitki boyunda meydana gelen bu değişimlere benzer sonuçları, Dumanoglu ve ark (2016), kontrollü şartlarda uygulanan farklı tuz seviyelerinin (0-75-150-225-300-375 mM NaCl) kinoa da tane verimi ve bazı verim özelliklerine etkisini incelemek amacıyla yürüttükleri denemede de belirtmişlerdir. Yürüttükleri bu çalışmada; en yüksek bitki boyunu 85.0 cm ile 75 mM tuz yoğunluğundan elde ederlerken, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan 0 mM tuz yoğunluğu 80.5 cm ile izlemiştir. En düşük bitki boyu ise 27.0 cm ile 375 mM tuz seviyesini içeren saksıdan elde etmişlerdir. Kinoa bitkisine uygulanan tuz seviyesi yükseldikçe yani 0 mM'den 375 mM'e doğru gidildikçe, bitki boylarının kısaldığını belirterek bu konuya dikkat çekmişlerdir.

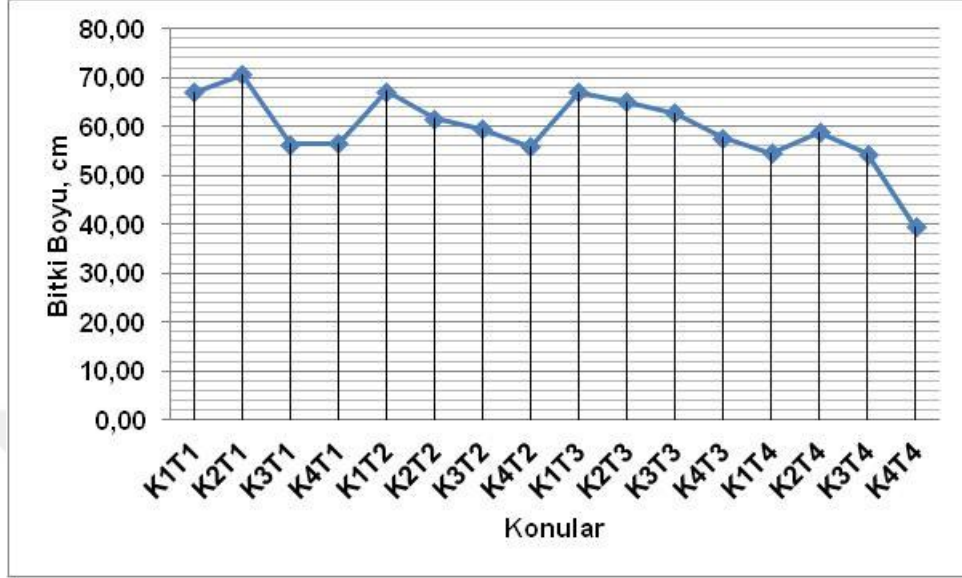
4.5. Bitki Boyu

Deneme sonunda hasat edilen her saksıdaki üç kinoa bitkisinin boyları ölçülmüş ve ortalamaları alınarak her konunun ortalama bitki boyu bulunmuştur. En yüksek bitki boyu K2T1 konusuna ait tekerrürden 74.33 cm olarak ölçülürken, en düşük bitki boyu ise 37.00 cm uzunluğundaki K4T4 konusunda ait tekerrürden ölçülmüştür. Diğer konulardan elde edilen uzunluklar Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Bitki boyu değerleri

Bitki Boyu, cm				
KONULAR	I	II	III	ORTALAMA
K1T1	66.00	65.00	70.00	67.00
K1T2	67.33	64.00	70.00	67.11
K1T3	62.00	66.67	72.00	66.89
K1T4	60.00	61.33	42.50	54.61
K2T1	66.67	74.33	70.50	70.50
K2T2	66.67	54.00	64.00	61.56
K2T3	60.33	70.50	64.00	64.94
K2T4	58.33	59.50	58.50	58.78
K3T1	50.00	64.67	54.33	56.33
K3T2	57.33	63.67	57.00	59.33
K3T3	66.67	56.67	65.00	62.78
K3T4	46.67	54.00	62.50	54.39
K4T1	57.67	57.67	54.33	56.56
K4T2	59.33	56.00	52.33	55.89
K4T3	52.50	58.50	62.00	57.67
K4T4	37.00	43.67	37.50	39.39

Uygulama konularına göre ortalama bitki boyunda meydana gelen değişimler Şekil 4.26.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.26. Uygulama konularından ölçülen ortalama bitki boyu uzunlukları

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda tuzluluğun ve kuraklığın ayrı ayrı bitki boyu üzerine önemli derecede etkili olduğu bulunurken, bu iki uygulamanın beraber bitki boyu üzerine etkisinin, p değeri 0.05 ten büyük olduğu için, önemli olmadığı bulunmuştur. Bitki boyuna ait Bonferroni testi sonuçları sulama suyu miktarı konuları için Çizelge 4.10.'da, tuzluluk seviyesi konuları için Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Sulama suyu miktarının bitki boyuna etkisine ait Bonferroni testi sonuçları

K1	K2	K3	K4
63.90 a	63.94 a	58.22 ab	52.38 b

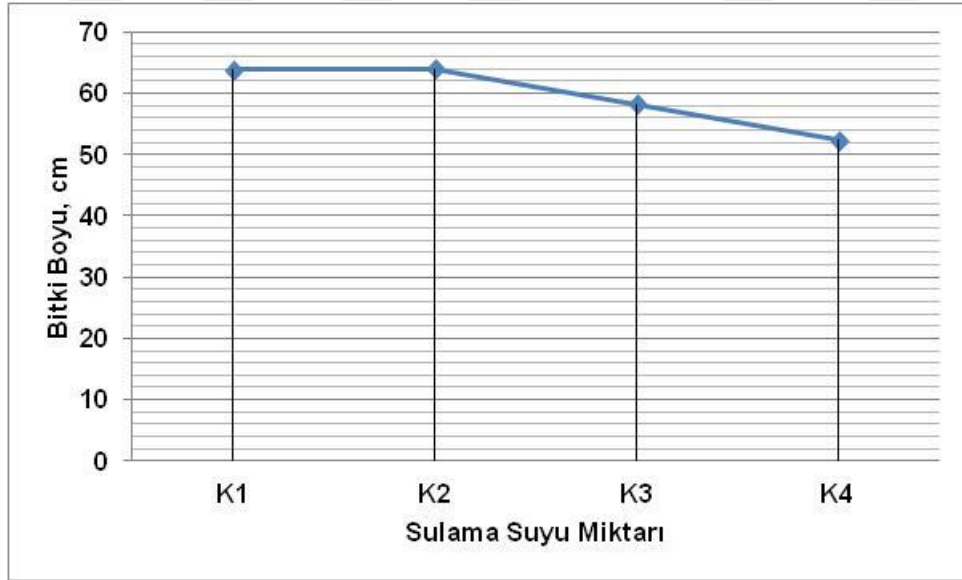
p<0.0001

Çizelge 4.11. Tuz konsantrasyonunun bitki boyuna etkisine ait Bonferroni testi sonuçları

T1	T2	T3	T4
62.60 A	60.97 A	63.08 A	51.79 B

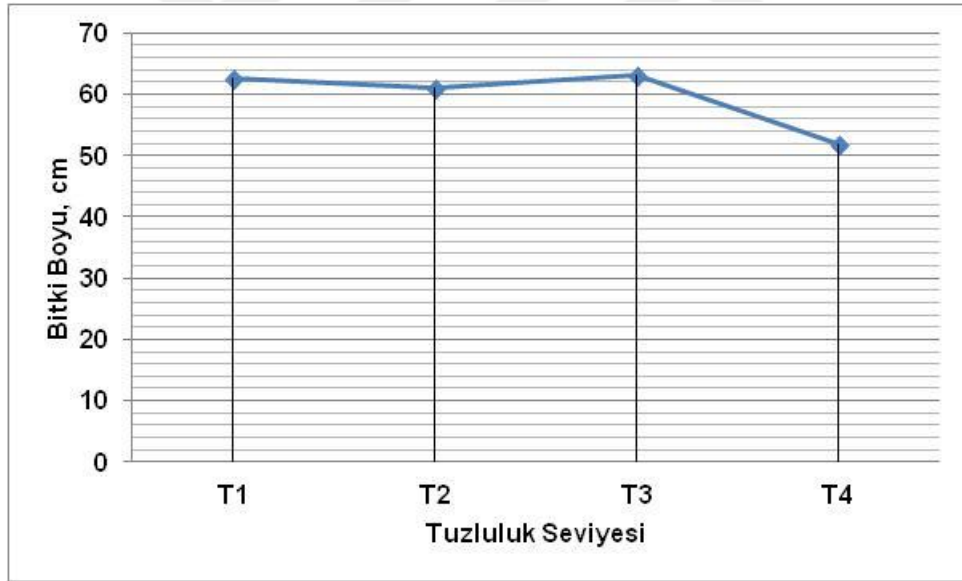
p<0.0001

Bonferroni testi sonuçlarına göre sulama suyu uygulamalarında bitki boyu açısından farklı iki önemli grup oluşmuştur. İlk grupta K1, K2 ve K3 oranlarında uygulanan sulama suyu miktarları yer alırken; ikinci grupta K3 ve K4 oranlarında uygulanan sulama suyu miktarları yer almıştır. En uzun bitki boyu K2 konusundan 63.94 cm olarak ölçülmüştür. K2 konusuna göre K1 ve K3 konularından ölçülen bitki boyu uzunlukları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz çıkmasına rağmen K1 konusunda %0.06 oranında K3 konusunda ise %9 oranında bitki boyunda kısalma meydana gelmiştir. K2 konusuna göre K4 konusundan ölçülen bitki boyu kıyaslandığında ise %18.1 oranında K4 konusunda kısalma olmuştur ve bu azalma oranı Bonferroni testine göre önemli fark teşkil etmiştir. İstatistiksel olarak K3 uygulaması ile aynı grupta yer alan K4 uygulamasından ölçülen bitki uzunluğunda artan kuraklık stresiyle bitki uzunluğunda %18.1 oranında azalma meydana gelmiştir. Farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarının bitki boyu üzerine belirtilen bu etkileri Şekil 4.27.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.27. Farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarının bitki boyu üzerine etkileri

Bonferroni testi sonuçlarına göre T1, T2 ve T3 uygulamaları arasında istatistiksel olarak bitki boyları arasında önemli farklar bulunmadığı için aynı grupta yer alırken; T4 uygulaması diğer uygulamalardan farklı çıkmıştır ve ayrı grupta yer almıştır. En uzun bitki boyu T3 konusundan 63.08 cm, en kısa ise T4 uygulamasından 51.79 cm olarak ölçülmüştür. Tuzluluk seviyesinin en düşük olduğu, şebeke suyu ile sulanan, T1 uygulaması; artan tuzluluk düzeylerindeki T2, T3 ve T4 konuları ile kıyaslandığında sırasıyla; T2 konusunun bitki boyunda %2.6 oranında azalma, T3 konusunun bitki boyunda %0.8 değerinde artma, T4 konusunda ise bitki boyunda tekrar %17.3 oranında azalma söz konusudur. Farklı tuz konsantrasyonlarının bitki boyu üzerine belirtilen bu etkileri Şekil 4.28.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Farklı tuz konsantrasyonlarının bitki boyu üzerine etkileri

Konuların bitki boylarının kıyaslanmasına yönelik çekilen fotoğraflar Şekil 4.29., Şekil 4.30. ve Şekil 4.31. Şekil 4.32.'de gösterilmiştir.



şekil 4.29. Bitki boylarının kıyaslanması



şekil 4.30. Bitki boylarının kıyaslanması



şekil 4.31. Bitki boylarının kıyaslanması



şekil 4.32. Bitki boylarının kıyaslanması

Algosaibi ve ark (2015), dört farklı tuz seviyesinde (1.25-4-8-16 dS/m) yetiştirdikleri kinoa, 61 cm'lik en yüksek bitki boyunu 8 dS/m tuz yoğunluğunda, 53 ve 54 cm'lik en düşük boy değerlerini ise sırasıyla 4 ve 16 dS/m tuz konsantrasyonlarındaki uygulamalardan elde ettiklerini bildirmişlerdir. Yürüttüğümüz denemede elde ettiğimiz bulgular belirtilen bu çalışma ile uyum halindedir.

Ancak yapılan araştırmalarda farklı sonuçlar bulan araştırmacılar da bulunmaktadır. Örneğin; Dumanoglu ve ark (2016), 2015 yılında kontrollü şartlar altında uygulanan farklı tuz seviyelerinin (0-75-150-225-300-375 mM NaCl) kinoa bitkisinde tane verimi ve bazı verim özelliklerine etkisini incelemek amacıyla yürüttükleri çalışmada tuz yoğunluklarının bitki boyu üzerine önemli etkileri olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar yürüttükleri bu çalışmada en yüksek bitki boyunu 85.0 cm ile 75 mM tuz yoğunluğundan elde ederlerken, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan 0 mM tuz yoğunluğu 80.5 cm ile izlediğini belirtmişlerdir. En düşük bitki boyu ise 27.0 cm ile 375 mM tuz seviyesini içeren saksıdan elde etmişlerdir. Araştırmacılar, kinoa bitkisine uygulanan tuz seviyesi yükseldikçe diğer bir deyişle, uygulanan tuz konsantrasyonu 0 mM'den 375 mM'e arttıkça, bitki boylarında kısılmanın meydana geldiğini belirtmişlerdir.

İnce Kaya (2010), Akdeniz iklim koşullarında damla yöntemiyle tatlı ve tuzlu su kullanılarak uygulanan farklı sulama stratejilerinin (FIF; tatlı su ile tam sulama, DI; %50 geleneksel kısıntılı sulama, PRD; %50 yarı ıslatmalı sulama ve FIS; tuzluluk düzeyi 5 dS/m olan tuzlu su ile tam sulama) quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bitkisinin vejetatif gelişimi ve verimiyle bitki kök bölgesindeki tuz birikimi üzerine etkileri araştırmak ve denemeden elde edilettikleri bulguları SALTMED modeliyle kestirilen sonuçlarla karşılaştırmak amacıyla 2009 yılında, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Deneme Alanında denemesini yürütmüştür. Deneme boyunca ölçülen bitki boylarının zamana göre genel olarak çiçeklenme dönemine kadar hızlı bir artış

gösterdiği, bu dönemden sonra bitki boy gelişimlerinin yavaşladığını belirtmişlerdir. Denemenin sonunda ise; en yüksek bitki boyu FIF konusunda 130 cm olarak ölçülmüştür ve bunu 127 cm ile FIS konusu izlemiştir. FIF ve FIS konularında ölçülen bitki boylarının birbirine yakın çıkması 5 dS/m’lik sulama suyu tuzluluğunun bitki boy gelişimini önemli ölçüde etkilemediğini gösterdiğini bildirmişlerdir. Kısıntılı sulama konuları olan ve tam sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarının %50 oranında sulama suyunun uygulandığı DI ve PRD konularından ölçülen bitki boylarının da birbirlerine yakın olduğunu ve sırasıyla 113 ve 116 cm olarak ölçüldüğünü belirtmişlerdir.

Bir başka çalışma ise, Long (2016), tarafından farklı gelişim aşamalarında dört farklı tuzluluk stresi (0, 50, 150 ve 300 mM konsantrasyonlarında NaCl) altında yetiştirilen farklı kinoa genotiplerinin büyüme ve verim özelliklerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Denemenin sonunda tuzluluk stresinin, kinoa genotiplerinin bitki boyunu önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Aslında, tuzluluk stresi sırasında tuzluluk seviyeleri ekimden sonraki 35 ile 45 gün arasında arttığında, bitki boyunda önemli bir düşüş gözlenmiştir. Ekimden 55 gün sonra stres döneminin ardından, 50 mM tuzluluk konsantrasyonunda bitki boyunda kinoa genotiplerinde bir iyileşme meydana geldiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, sulanan çözeltiliye daha yüksek tuz konsantrasyonları eklendiğinde bitki boyundaki geri kazanım net olmadığı belirtilmiştir.

Wilson ve ark (2002), elektrik iletkenliği 11 dS/m’yi geçinceye kadar bitki boyunda önemli bir azalma gözlemlenmemiş, hatta birkaç genotipte tuz konsantrasyonu 25 dS/m’yi aşmayan çözeltili ile sulandığında bitki boyunda artış gözlenmiştir (Gómez-Pando ve ark, 2010).

4.6. Bin Dane Ağırlığı

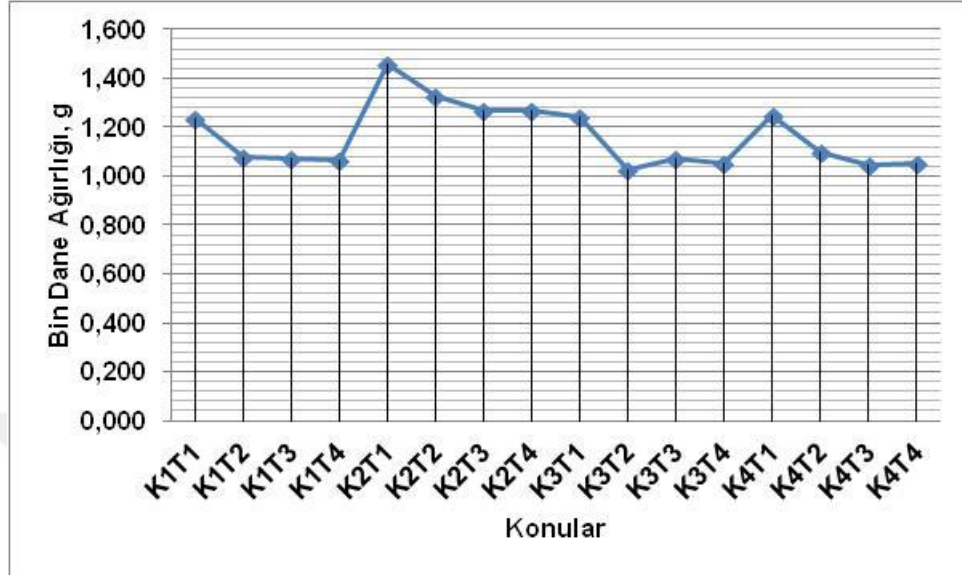
Denemenin sonunda, hasatta elde edilen kinoa tohumlarından elli tohum içeren dört grubun ortalama ağırlığı belirlenmiştir ve sonuç yirmi ile çarpılarak her

konunun ortalama bin dane ağırlığı bulunmuştur. Bu değerler Çizelge 4.12.'de deneme konularına göre verilmiştir.

Çizelge 4.12. Bin dane ağırlığı, g

Bin Dane Ağırlığı, g				
KONULAR	I	II	III	ORTALAMA
K1T1	1.220	1.280	1.200	1.233
K1T2	1.140	1.000	1.100	1.080
K1T3	1.140	1.060	1.020	1.073
K1T4	1.140	1.020	1.040	1.067
K2T1	1.520	1.460	1.400	1.460
K2T2	1.320	1.300	1.360	1.327
K2T3	1.220	1.240	1.340	1.267
K2T4	1.220	1.340	1.240	1.267
K3T1	1.300	1.220	1.200	1.240
K3T2	1.000	1.060	1.020	1.027
K3T3	1.040	1.060	1.120	1.073
K3T4	1.000	1.100	1.060	1.053
K4T1	1.240	1.220	1.280	1.247
K4T2	1.000	1.140	1.160	1.100
K4T3	1.100	1.040	1.000	1.047
K4T4	1.050	1.020	1.080	1.050

Deneme sonunda tartılarak ölçülen bin dane ağırlıkları 1.000 g ile 1.520 g arasında değişmektedir. Uygulama konularına göre bin dane ağırlığında meydana gelen bu değişimler Şekil 4.33.'te verilmiştir. Değerlerin bu kadar küçük ve aralarındaki farkın bu kadar az olmasının nedeni kinoa tohumlarının boyutlarının dolayısıyla ağırlıklarının küçük olması ve bitki materyali olarak seçilen Atlas çeşidi kinoa tohumlarının saponinsiz olmasıdır.



Şekil 4.33. Uygulama konularına göre elde edilen bin dane ağırlığında meydana gelen değişimler

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda tuzluluğun ve kuraklığın ayrı ayrı kinoa bitkisinde bin dane ağırlığı üzerine önemli derecede etkili olduğu bulunurken, bu iki uygulamanın beraber bin dane ağırlığı üzerine etkisinin p değeri 0.05'ten büyük olduğu ve önemli olmadığı bulunmuştur. Bin dane ağırlığının konulara göre Bonferroni testi sonuçları sulama suyu miktarı konuları için Çizelge 4.12.'de, tuzluluk seviyesi konuları için Çizelge 4.13.'te verilmiştir.

Çizelge 4.12. Sulama suyu miktarının bin dane ağırlığına olan etkisine ait Bonferroni testi sonuçları

K1	K2	K3	K4
1.113 b	1.330 a	1.098 b	1.111 b

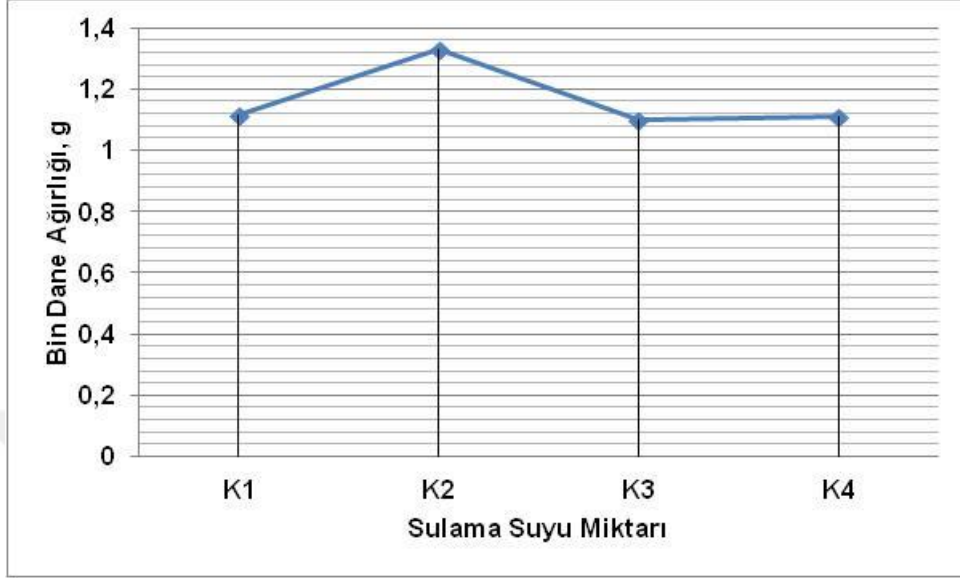
p<0.0001

Çizelge 4.13. Tuz konsantrasyonunun bin dane ağırlığına olan etkisine ait Bonferroni testi sonuçları

T1	T2	T3	T4
1.295 A	1.133 B	1.115 B	1.109 B

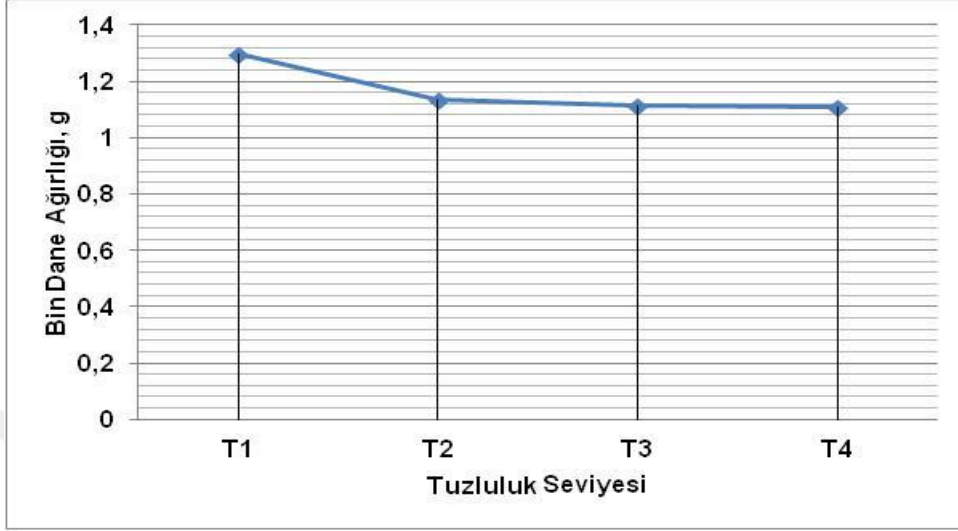
p<0.0001

Bonferroni testi sonuçlarına göre K2 konusu tek başına bir grup oluşturmuştur. Diğer uygulamalar ise istatistiksel açıdan aynı grupta yer alarak fark göstermemiştir. En yüksek ortalama bin danenin 1.330 g olarak sağlandığı K2 konusunda bitkinin ihtiyacı olan suyun tamamı sağlanmıştır. Bu suyun eksik ya da fazla uygulanması bin dane ağırlığında azalmaya neden olmuştur. Tam sulama konusu olan K2 uygulamasına göre %120 sulama suyu uygulanan K1 konusunda %13.6 oranında bir azalma söz konusudur. %70 sulama suyu uygulanan K3 konusunda bu azalma %17.4 oranında meydana gelmiştir. %50 sulama suyu uygulanan K4 konusunda ise bu değer %16.5 oranındadır. Fazla sulama suyu uygulanan, yıkama yapılan, K1 uygulaması, eksik sulama yapılan K3 konusu ile kıyaslanırsa K3 konusunda K1 uygulamasına göre bin dane ağırlığında %1.3 oranında bir azalma meydana gelmiştir. K1 uygulaması K4 konusuyla kıyaslanırsa K4 konusunda K1 uygulamasına göre %0.2 oranında bin dane ağırlığında azalma olmuştur. Sulama suyu kısıtının bulunduğu konular kendi aralarında kıyaslanırsa K4 uygulamasında K3 uygulamasına göre %1.2 oranında artış vardır. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak kinoa bitkisindeki bin dane ağırlığındaki değişimler Şekil 4.34.'te verilmiştir.



Şekil 4.34. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak kinoa bitkisindeki bin dane ağırlığındaki değişimler

Bonferroni testi sonuçlarına göre şebeke suyu ile sulanan, tuzluluk kontrol konusu olan, T1 uygulaması diğer konulardan farklı bulunarak T2, T3 ve T4 konularından ayrılmıştır. T1 uygulaması dışındaki konular arasında istatistiksel açıdan fark bulunamamıştır. En yüksek ortalama bin dane ağırlığı kontrol konusu olan T1 uygulamasından 1.295 g olarak bulunmuştur ve tuzluluk seviyeleri arttıkça bin dane ağırlığında azalma meydana gelmiştir. Kontrol konusu olan ve en yüksek bin dane ağırlığına sahip olup diğer tuzluluk konularından istatistiksel açıdan ayrılan T1 uygulaması ile 5 dS/m düzeyinde tuzluluk seviyesinde olan T2 uygulaması kıyaslanırsa; T2 uygulamasında T1 konusuna göre %12.5 oranında azalma meydana gelmiştir. 10 dS/m tuzluluk düzeyindeki T3 konusu T1 uygulamasıyla kıyaslandığında bu azalma %13.9 oranında olurken; 20 dS/m tuzluluk seviyesindeki T4 konusunda bu azalma oranı %14.4 değerini bulmuştur. Tuzluluğun artması kinoa bitkisinde bin dane ağırlığını olumsuz etkilemiş ve tuzluluğun artmasıyla bin dane ağırlığındaki azalma Şekil 4.35.'te verilmiştir.



Şekil 4.35. Farklı tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak kinoa bitkisindeki bin dane ağırlığındaki değişimler

Fischer ve ark (2013), kontrol altına alınmış dört farklı su kısıtlamasının (%95, %60, %40 ve %20), üç farklı genotipte kinoa tohumlarındaki (Regalona, B080 ve AG 2010) potansiyel verim, kimyasal bileşim (protein, yağ içeriği ve ham lif) ve antioksidan kapasite üzerindeki etkisinin belirlenmek amacıyla Şili'nin güney-orta bölgesinde tarla koşulları ve serada kontrol koşulları altında yaptıkları çalışmada elde ettikleri bin dane ağırlığı değerlerini de incelemişlerdir. Arazi koşullarında elde edilen bin dane ağırlıkları %95, %60, %40 ve %20 sulama suyu miktarına göre sırasıyla; 3.01 g, 3.07 g, 3.15 g ve 2.92 g olmuştur. %95 sulama suyundan elde edilen bin dane ağırlığı %60 ve %40 oranında yapılan sulamalardan elde edilen değerlerle karşılaştırıldığında sulama suyu miktarı azaldıkça bin dane ağırlığında sırasıyla; %2 ve %4.4 oranında artış meydana geldiği görülmektedir. Aynı sulama suyu oranlarında kontrollü sera koşullarından elde edilen bin dane ağırlığı değerleri sırasıyla; 2.98 g, 2.98 g, 2.91 g ve 2.90 g olmuştur. Sera koşullarında %95 ve %60 sulama suyu miktarları arasında bin dane ağırlığı akımından fark çıkmadığı ancak %40 sulama suyu oranında bin dane ağırlığında belirtilen oranlara göre %2.3 oranında azalma olmuştur.

İnce Kaya (2010), yaptığı çalışmadan uygulama konularına göre elde ettiği bin dane ağırlığı değerleri konularına göre şu şekildedir; (FIF) taze su ile tam sulama konusunda 2.6 g, (DI) %50 kısıntılı taze su ile sulama konusundan 2.2 g, (FIS) 5 dS/m tuzlu su ile tam sulama konusundan 2.4 g' dır. Elde ettiği bu değerler birbirleri ile karşılaştırıldığında FIF uygulamasına göre DI ve FIS uygulamalarında sırasıyla; %15.4 ve %7.7 oranlarında azalma meydana gelmiştir. FIS uygulamasına göre DI karşılaştırıldığında %8.3 oranında azalma meydana geldiği görülmektedir. Uygulamalara göre meydana gelen bu değişimler bizim bulduğumuz değerlerde meydana gelen değişimlere benzer çıkmıştır.

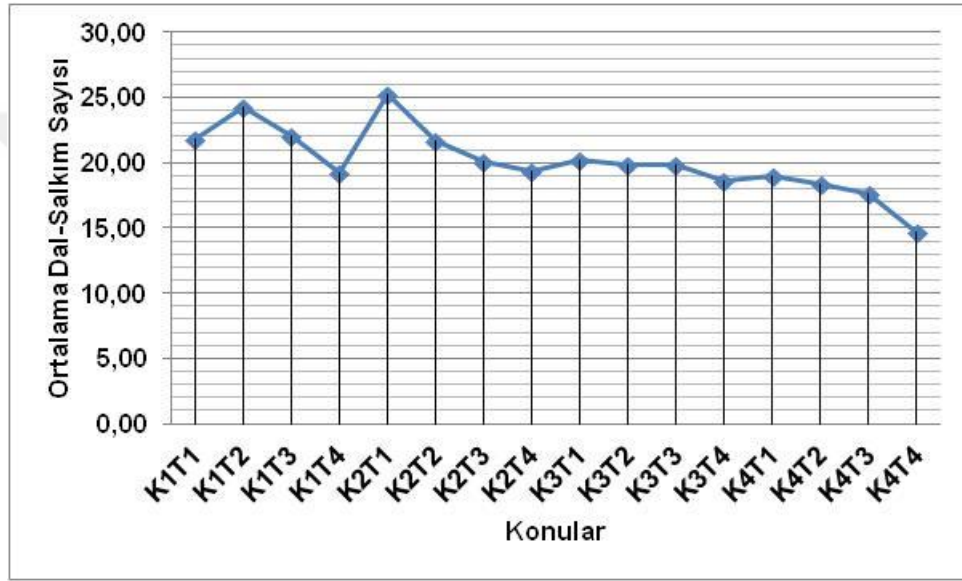
4.7. Bitki Dal-Salkım Sayısı

Deneme sonunda, hasattan hemen önce, elde edilen her saksıdaki üç kinoa bitkisinin dal ve salkım sayıları sayılmış ve ortalamaları alınarak her konunun ortalama dal ve salkım sayısı bulunmuştur. Bu değerler Çizelge 4.14.'te deneme konularına göre verilmiştir.

Çizelge 4.14. Ortalama dal ve salkım sayısı

Dal-Salkım Sayısı				
KONULAR	I	II	III	ORTALAMA
K1T1	21.33	21.00	23.00	21.78
K1T2	23.33	21.33	28.00	24.22
K1T3	20.00	23.67	22.67	22.11
K1T4	20.00	18.67	19.00	19.22
K2T1	23.67	28.00	24.00	25.22
K2T2	23.00	21.33	20.67	21.67
K2T3	20.67	20.00	19.67	20.11
K2T4	16.33	22.67	19.00	19.33
K3T1	19.67	20.33	20.67	20.22
K3T2	20.00	20.00	19.67	19.89
K3T3	18.67	21.00	20.00	19.89
K3T4	17.00	19.00	20.00	18.67
K4T1	19.00	18.67	19.33	19.00
K4T2	17.00	18.33	19.67	18.33
K4T3	17.67	17.67	17.67	17.67
K4T4	14.67	15.67	13.67	14.67

En fazla dal-salkım sayısı K2T1 ve K1T2 konularının tekerrürlerinden 28 adet olarak sayılmıştır. En az ise 13.67 adet ile K4T4 uygulamasına ait tekerrürden elde edilmiştir. Diğer deneme konularının tekerrürlerine ait dal-salkım sayıları bu değerler arasında değişmektedir. Ortalama dal-salkım sayıları bu değerler arasında değişmektedir ve uygulamalara göre bu değişim Şekil 4.36.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.36. Uygulama konularına göre değişen dal-salkım sayısı

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda uygulanan tuz konsantrasyonunun ve kuraklığın ayrı ayrı kinoa bitkisinin dal-salkım sayısı üzerine önemli derecede etkili olduğu bulunurken, bu iki uygulamanın beraber dal-salkım sayısı üzerine etkisinin p değeri 0.05' ten büyük olduğu için önemli olmadığı bulunmuştur. Dal-salkım sayısının konulara göre Bonferroni testi sonuçları sulama suyu miktarı konuları için Çizelge 4.15.'te, tuzluluk seviyesi konuları için Çizelge 4.16.'da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Sulama suyu miktarının bitki dal-salkım sayısına etkisine ait Bonferroni testi sonuçları

K1	K2	K3	K4
21.833 A	21.592 A	19.675 B	17.433 C

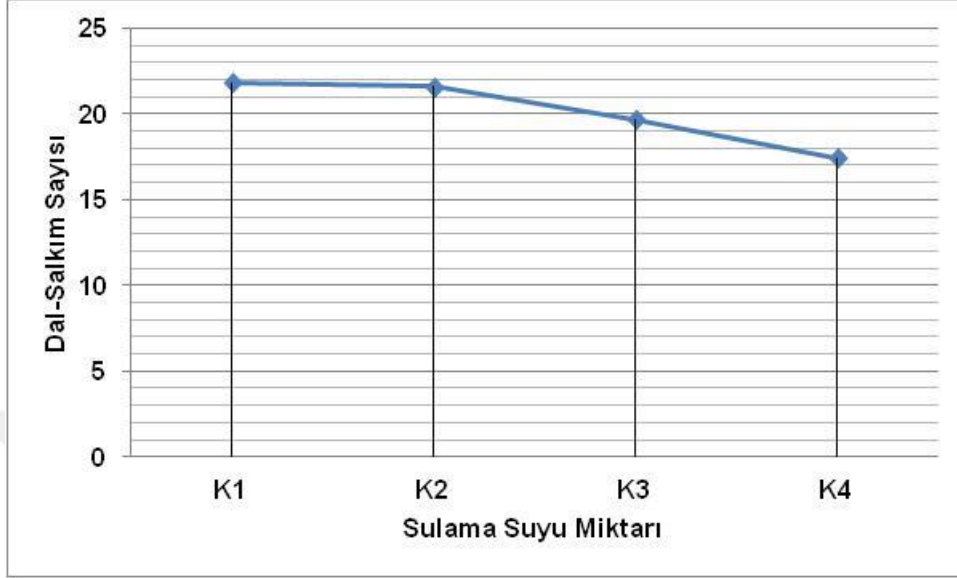
p<0.0001

Çizelge 4.16. Tuzluluk seviyesinin bitki dal-salkım sayısına etkisine ait Bonferroni testi sonuçları

T1	T2	T3	T4
21.558 A	21.025 A	19.967 A	17.983 B

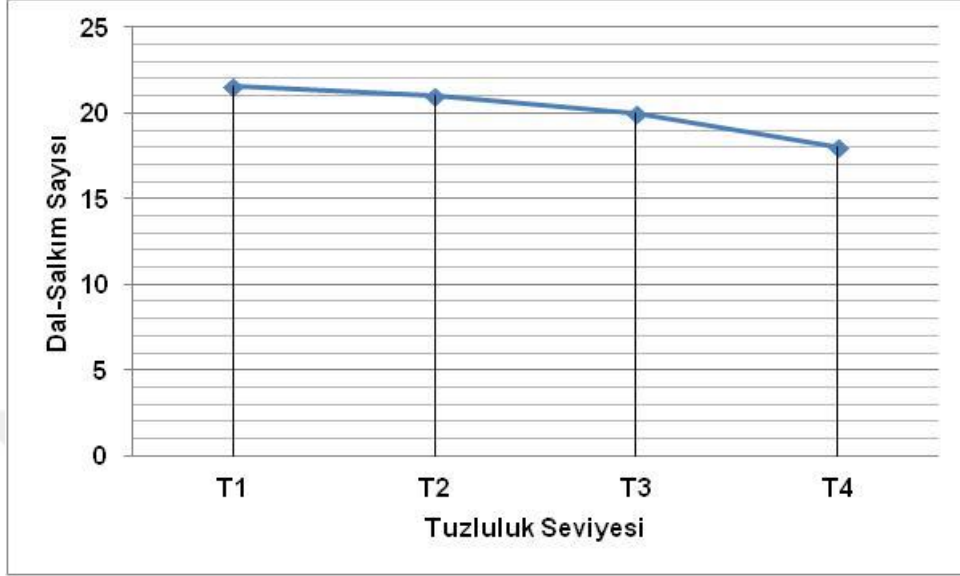
p<0.0001

Bonferroni testi sonuçlarına göre farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarları bitki dal-salkım sayısında birbirinden farklı önemli üç grup oluşturmuşlardır. İlk grupta, yıkama ve tam sulama konuları olan bitkinin su stresine maruz kalmadığı K1 ve K2 oranlarındaki sulama suyu miktarları yer alırken; ikinci grupta K3 konusu, üçüncü grupta ise K4 oranındaki sulama suyu miktarı yer almıştır. En fazla dal-salkım sayısı K1 konusundan 21.833 olarak elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça dal-salkım sayısı da azalmıştır ve K4 konusunda 17.433 olarak bulunmuştur. K1 konusundan elde edilen dal-salkım sayısı K2, K3 ve K4 konuları ile kıyaslanırsa uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça bitki dal-salkım sayısında sırasıyla; K2 konusunda %1.1 oranında, K3 konusunda %9.9 oranında ve K4 konusunda %20.2 oranında azalma meydana gelmiştir. Sulama suyu miktarlarına göre meydana gelen bu değişimler Şekil 4.37.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.37. Uygulanan sulama suyu miktarının dal-salkım sayısında meydana getirdiği değişimler

Bonferroni testi sonuçlarına göre tuzluluk seviyesinin kinoa bitkisi dal-salkım sayısı üzerine farklı önemli iki grup meydana gelmiştir. İlk grupta; T1,T2 ve T3 seviyelerindeki tuzluluk konuları yer alırken, ikinci grupta T4 seviyesindeki tuzluluk konusu yer almıştır. Uygulanan tuzluluk stresi arttıkça kuraklık stresindeki artışta olduğu gibi dal-salkım sayısında azalma meydana gelmiştir. Meydana gelen bu değişimler Şekil 4.38.'de gösterilmiştir. Bu değişimler en fazla dal salkım sayısının 21.558 sayıldığı T1 tuzluluk konsantrasyonuna göre artan diğer konular kıyaslanırsa; T2 konusunda %2.5 oranında, T3 konusunda %7.4 oranında, T4 konusunda ise %16.6 oranında azalma meydana gelmiştir. Uygulanan tuz konsantrasyonunun kinoa bitkisi dal-salkım sayısı üzerine olan etkileri Şekil 4.38.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.38. Uygulanan tuz konsantrasyonunun kinoa bitkisi dal-salkım sayısı üzerine olan etkileri

Dumanoğlu ve ark (2016), 2015 yılında yaptıkları çalışmada kontrollü şartlarda uygulanan farklı tuz seviyelerinin (0-75-150-225-300-375 mM NaCl) kinoa tane verimi ve bazı verim özelliklerine etkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Yapılan analizler sonucunda yürütülen bu denemede bitki başına düşen en yüksek salkım sayısını 75 mM tuzluluk konsantrasyonundan 23.8 adet olarak elde edilirken, tuz konsantrasyonunun artmasıyla bu eğer azalarak en düşük salkım sayısı 3.0 adet ile 375 mM tuz yoğunluğundan elde edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar, kinoa bitkisine uygulanan tuz miktarı arttıkça bitki başına düşen salkım sayısında azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Jacobsen ve ark (2001-2003), ve Adolf ve ark (2013), yaptıkları çalışmalarda artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak kinoa bitkisinin büyüme ve gelişimi ile yeni sürgün oluşumunun olumsuz yönde etkilendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca bahsedilen bu araştırmacılar belirtilen bu nedenlere bağlı olarak, tuz konsantrasyonunun artmasıyla kinoa bitkisinde salkım üretiminde de azalmaların meydana geldiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Munns ve Rawson (1999), kinoa

yetiştiriciliği yapılan topraklarda tuz yoğunluğunun artması ile generatif organ oranının düştüğünü ve olgunluk döneminin uzadığını belirtmişlerdir.

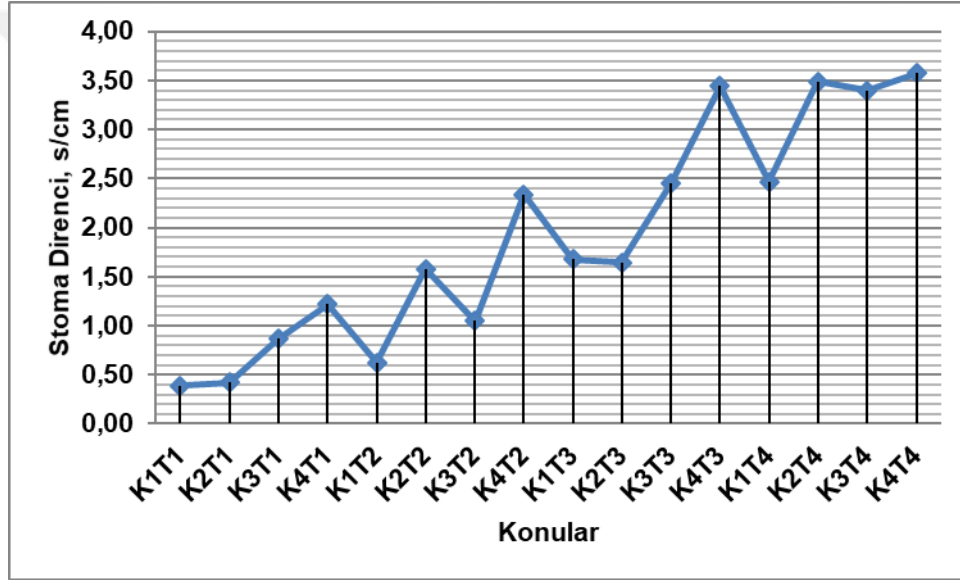
4.8. Porometre Ölçümleri

Denemede kinoa bitkisinde stoma direncini belirlemek amacıyla, porometre ile arazi koşullarında, hasattan önce yapraklar henüz yeşil iken, her bir saksıdan genç ve tam gelişmiş iki yapraktan ölçümler alınarak yapılmıştır. Her bir saksıdan alınan iki porometre değerinin ortalaması alınarak her saksı için ortalama porometre değeri belirlenmiştir ve bu değerler Çizelge 4.17.'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Deneme konularından ölçülen porometre değerleri, s/cm

Porometre Değerleri, s/cm				
KONULAR	I	II	III	ORTALAMA
K1T1	0.350	0.455	0.365	0.390
K1T2	0.430	0.623	0.815	0.623
K1T3	1.590	1.765	1.678	1.678
K1T4	1.315	2.660	3.425	2.467
K2T1	0.285	0.800	0.183	0.423
K2T2	1.578	1.610	1.545	1.578
K2T3	2.075	1.648	1.220	1.648
K2T4	2.745	4.400	3.325	3.490
K3T1	0.890	1.533	0.175	0.866
K3T2	1.145	0.550	1.455	1.050
K3T3	2.940	1.970	2.455	2.455
K3T4	3.525	3.650	3.010	3.395
K4T1	1.655	0.720	1.275	1.217
K4T2	2.630	2.335	2.040	2.335
K4T3	3.225	3.665	3.445	3.445
K4T4	3.574	3.983	3.165	3.574

Ölçümlerde en yüksek stoma direnci K2T4 uygulamasına ait tekerrürden 4.400 s/cm olarak, en düşük ise K3T1 uygulamasına ait tekerrürden 0.175 s/cm olarak ölçülmüştür. Ancak uygulama konularının tekerrürlerinden elde edilen ölçümlerin ortalamalarına bakacak olursak stoma direnci en yüksek K4T4 konusundan 3.574 s/cm olarak en düşük ise K1T1 konusundan 0.390 s/cm olarak elde edilmiştir. Uygulamalara göre stoma direncinde meydana gelen değişimler Şekil 4.39.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.39. Uygulamalara göre yaprak stoma direncinde meydana gelen değişimler

Denemede farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarı ve tuz konsantrasyonlarının yaprak stoma direnci üzerine etkileri Bonferroni testine göre incelendiğinde, sulama suyu miktarının ve tuz konsantrasyonunun ayrı ayrı yaprak stoma direncini etkilediği, ancak beraber etkisinin istatistiksel açıdan önemli fark oluşturmadığı bulunmuştur. Sulama suyu miktarının yaprak stoma direnci üzerine istatistiksel olarak değerlendirilmesine ait Bonferroni testi sonuçları Çizelge

4.18.'de, tuz konsantrasyonuna ait Bonferroni testi sonuçları ise Çizelge 4.19.'da verilmiştir.

Çizelge 4.18. Sulama suyu miktarı konularına ait yaprak stoma direnci için Bonferroni testi sonuçları

K1	K2	K3	K4
1.289 C	1.784 BC	1.941 B	2.643 A

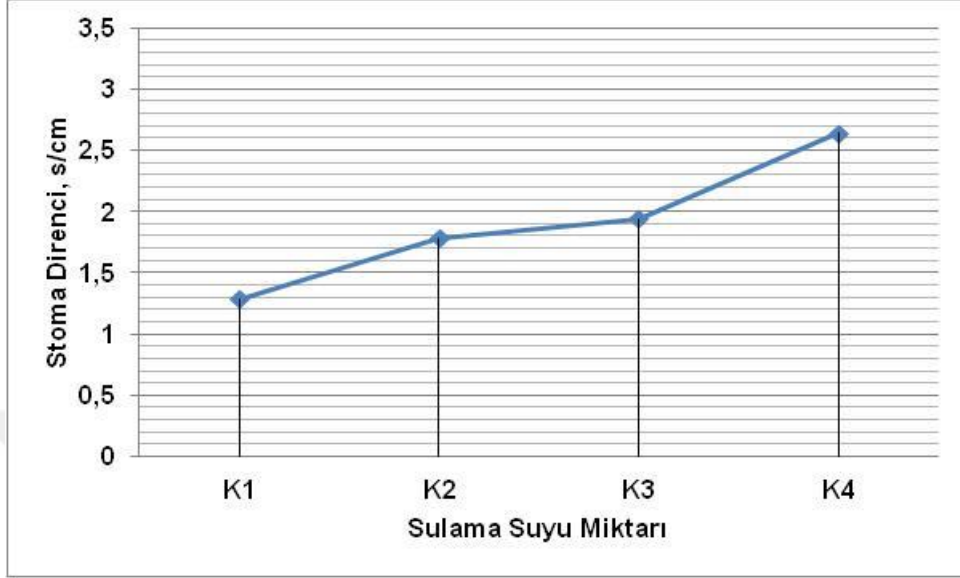
p<0.0001

Çizelge 4.19. Tuz konsantrasyonu konularına ait yaprak stoma direnci için Bonferroni testi sonuçları

T1	T2	T3	T4
0.724 D	1.396 C	2.306 B	3.231 A

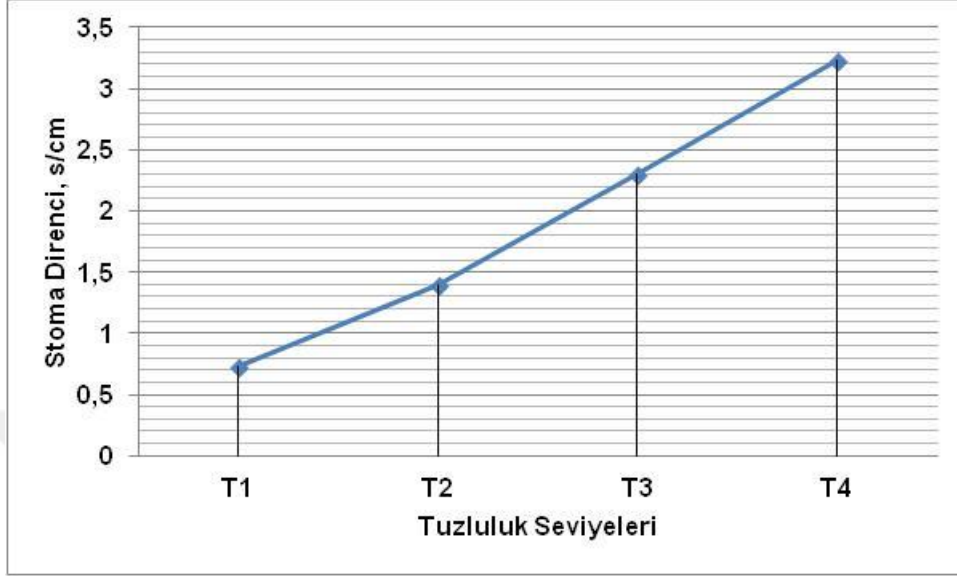
p<0.0001

Sulama suyu miktarının azalmasıyla birlikte yaprak stoma direnci değerlerinde düzenli bir artış olmuştur. Ancak, Bonferroni testi sonuçlarına göre istatistiksel açıdan üç farklı grup oluşmuştur. Birinci grupta K1 ve K2 konuları yer alırken, ikinci grupta K2 ve K3 konuları yer almıştır ve son grupta ise K4 uygulaması yer almış, diğer konulardan farklı bulunmuştur. İstatistiksel açıdan aynı grupta yer alan ve sulama suyunda kısıt uygulanmayan K1 ve K2 konuları kıyaslandığında K2 konusunda K1 uygulamasına göre yaprak stoma direnci %27.7 oranında artış göstermiştir. Bitkiye ihtiyaç duyduğu suyun %70 i verilen K3 konusu ve %50'si verilen K4 sulama suyu kısıt konuları K1 uygulamasıyla kıyaslandığında yaprak stoma direncinde sırasıyla; %33.6 ve %51.2 oranlarında artış meydana gelmiştir. K3 sulama suyu miktarı konusu ile istatistiksel açıdan aynı grupta yer alan ve sulama suyu miktarı konuları için kontrol grubu kabul edilen K2 uygulaması karşılaştırıldığında; K2 konusuna göre stoma direncinde %8.1 oranında artış meydana gelmiştir. K4 konusunda ise K2 konusuna göre %32.5 oranında artış olmuştur. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak yaprak stoma direncinde meydana gelen değişimler Şekil 4.40.'ta gösterilmiştir.



Şekil 4.40. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak yaprak stoma direncinde meydana gelen değişimler

Tuzluluk seviyesinin artmasıyla beraber stoma direncinde artış olmuştur. İstatistiksel açıdan da her tuzluluk seviyesi ayrı grup oluşturarak birbirinden farklılık göstermiştir. Uygulanan tuzluluk seviyeleri konuları için kontrol grubu kabul edilen ve şebeke suyu tuzluluk düzeyinde olan T1 konusunda stoma direnci en düşük çıkmıştır. Artan tuzluluk seviyeleri olan T2, T3 ve T4 konularını kontrol konusu olan T1 uygulamasına göre kıyaslandığında artan tuz konsantrasyonu yaprak stoma dirençlerinde sırasıyla; %48.1 oranında, %68.6 ve %77.6 oranında artış meydana gelmiştir. Uygulanan tuzluluk düzeyine bağlı olarak yaprak stoma direncinde meydana gelen değişimler Şekil 4.41.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.41. Uygulanan tuzluluk düzeyine bağlı olarak yaprak stoma direncinde meydana gelen değişimler

Tarla koşullarında, gıda bitkileri farklı abiyotik streslere ve bunların kombinasyonlarına maruz kalmaktadırlar (Essa, 2002; Wang ve ark, 2003). Kurak ve yarı kurak agroekosistemlerde, kuraklığın ve tuzluluğun, potansiyel verime zarar verdiği ve kinoa bitkisinde de verim kararsızlığına neden olan başlıca abiyotik stresler olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Pulvento ve ark, 2010; Fuentes ve Bhargava, 2011; Razzaghi ve ark, 2011a; Razzaghi ve ark, 2011b). Suyun sınırlı ortamlarda ürün verimliliği, kuraklık olaylarına toleransı teşvik eden ve su kaybını en aza indiren mekanizmalardan kaynaklanır, böylelikle yaprak gelişimi için uygun su durumunu korur. Bu bağlamda, kimyasal ve hidrolik sinyaller bitkiler kuraklık yaşadıklarında yaprak büyümesi ve stoma iletkenliğinin düzenlenmesinde rol oynamakta ve entegre olmaktadır (Davies ve ark, 1994; Comstock, 2002). Özellikle, absisik asit (ABA), tane olgunlaşmasını etkileyen hormonal faaliyete sahip olabildiği (King, 1976) ve toprak kurummasının erken aşamalarında kimyasal sinyaller olarak görev aldığı bildirilmiştir (Davies ve Zhang, 1991; Bacon ve ark, 1998).

Jacobsen ve ark (2009), kinoa bitkisinin toprak kuruluğu sırasında yaprak su potansiyelini ve fotosentez oranını koruyabilmesini sağlayan duyarlı bir stoma kapanma sistemine sahip olduğunu, böylece bitkinin toprak kuruluğu sırasında su kullanım etkinliğinde bir artış sağladığını bildirmişlerdir. Toprağın kuruması sırasında bitki kökünün, stoma düzenlemesinde etkin olan ABA'yı ürettiği ve stoma koruyucu hücrelerin turgorunda bir azalmaya neden olarak stoma iletkenliğinde de bir azalmaya yol açtığı belirtilmiştir (Jacobsen ve ark, 2009).

Tuz stresinin etkisi üzerine yapılan çalışmalarda da, tuzluluk seviyelerinde ani artışlarda kinoanın ozmotik olarak ayarlamak için çok etkili bir sisteme sahip olduğu bildirilmiştir (Hariadi ve ark, 2011). Razzaghi ve ark (2011a), sera koşullarında yetiştirdikleri bir Danimarka kinoa cinsinde (çeşit Titicaca ya da hem Q52 hem de KVLQ520Y olarak da adlandırılan), toprak kuraklığı ve tuzluluğun neden olduğu toprak su potansiyelindeki azalmanın, terlemeyi azalttığını ve kuraklık dönemi sonunda su alımına karşı kök direncinin belirgin biçimde arttığını gözlemlemişlerdir.

Cocozza ve ark (2013), yaptıkları araştırmada tuzlu su (22 dS/m) ile sulanan kinoa bitkilerinde toprağın su mevcudiyetinin ve tuz fazlalığının etkilişimi nedeniyle meydana gelen yapraklardaki turgor kaybını kontrol etmek amacıyla stoma kapanmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Garcia ve ark (1992), kinoadaki stoma direnci değerlerinin kuraklık koşullarında sulananlara göre daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Barbe (1998), kinoa fidelerinde terleme oranının, toprak su içeriği azaldığında azaldığını belirtti.

Sanchez ve ark (2003), iki farklı tuzluluk seviyesi (3852.8 mg/l NaCl (S1) ve 8051.2 mg/l NaCl (S2)) ve iki farklı kuraklık stresi (-0.159 MPa (D1) ve -0.279 MPa (D2) matris potansiyellerinde) ve kontrol konusu (C) olan beş farklı uygulamayı kinoa bitkisine uygulamışlardır. Yaptıkları bu çalışmada tuzluluk ve kuraklık streslerine karşı kinoa bitkisinin büyüme parametrelerini, stoma direncini, yaprak su potansiyelini ve klorofil ışınımını belirleyen ekofizyolojik tepkileri

analiz etmeyi amaçlamışlardır. Denemenin sonunda yüksek düzeyde tuzlu ve kuraklık stresli (S2 ve D2), bitkilerin su açığında hayatta kalmalarına yardımcı olan stoma direncini artırarak transpirasyon hızında bir azalma yaşadığını bildirmişlerdir. Ayrıca, S1 uygulamasında bulunan düşük stoma direnci değerlerinin, stres anlamına gelmediğini, bunun yerine, bu tuzluluk seviyesi ve toprak su içeriği seviyesinde olumlu bir etki göstermiş olduğunu belirtmişlerdir.

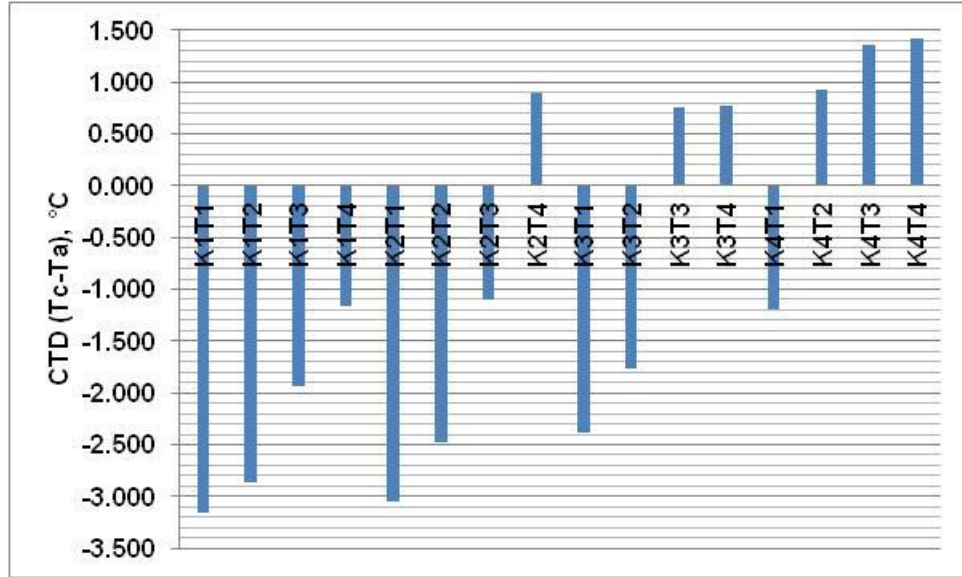
4.9. Bitki Taç Sıcaklığı ile Ortam Sıcaklığı Arasındaki Fark (CTD- Canopy Temperature Depression)

Denemede tüm uygulamalar için elde edilen bitki taç sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark değerleri ve ortalamaları Çizelge 4.20.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 20. Bitki taç sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark değerleri ve ortalamaları

Bitki Taç Sıcaklığı (Tc) ile Ortam Sıcaklığı (Ta) Arasındaki Fark (CTD), °C				
KONULAR	I	II	III	ORTALAMA
K1T1	-3.50	-3.05	-2.91	-3.153
K1T2	-2.90	-2.85	-2.85	-2.867
K1T3	-2.08	-2.38	-1.33	-1.930
K1T4	-0.94	-1.35	-1.18	-1.157
K2T1	-3.47	-2.62	-3.05	-3.047
K2T2	-2.70	-2.18	-2.53	-2.470
K2T3	-0.85	-0.60	-1.83	-1.093
K2T4	0.70	1.20	0.80	0.900
K3T1	-2.01	-2.30	-2.83	-2.380
K3T2	-2.78	-1.75	-0.75	-1.760
K3T3	0.50	1.00	0.75	0.750
K3T4	0.76	0.66	0.90	0.773
K4T1	-2.18	-0.15	-1.25	-1.193
K4T2	1.37	0.70	0.70	0.923
K4T3	1.98	1.40	0.70	1.360
K4T4	1.48	1.35	1.41	1.413

Denemede her bir uygulamaya göre elde edilen CTD değerlerine Çizelge 4.20.'den bakılır ise, en düşük CTD -3.50°C olarak K1T1 konusuna ait tekerrürden elde edilirken, en yüksek CTD 1.98°C olarak K4T3 uygulamasına ait tekerrürden elde edilmiştir. Ancak, uygulama konularının tekerrürlerinden elde edilen ortalama CTD değerlerine bakacak olursak; en düşük değer olan -3.153°C K1T1 konusundan, en yüksek ise 1.413°C olarak K4T4 konusundan bulunmuştur. Uygulamalara göre CTD değerinde meydana gelen bu değişimler Şekil 4.42.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.42. Uygulamalara göre CTD değerinde meydana gelen değişimler

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda kinoa bitkisinde, sulama suyu miktarı ve tuzluluk düzeyinin hem ayrı ayrı hem de birlikte bitki taç sıcaklığı üzerine dolayısıyla ile ortam sıcaklığı arasındaki fark üzerine önemli etkileri olduğu bulunmuştur. Veriler üzerine uygulanan Bonferroni testi sonuçları Çizelge 4.21.'de verilmiştir ve bu verilere bakıldığında stres koşulları arttıkça bitki taç

sıcaklığı ve ortam sıcaklığı arasındaki farkın azalmış olduğunu, dolayısıyla bitki taç sıcaklığının arttığını söylemek mümkündür.

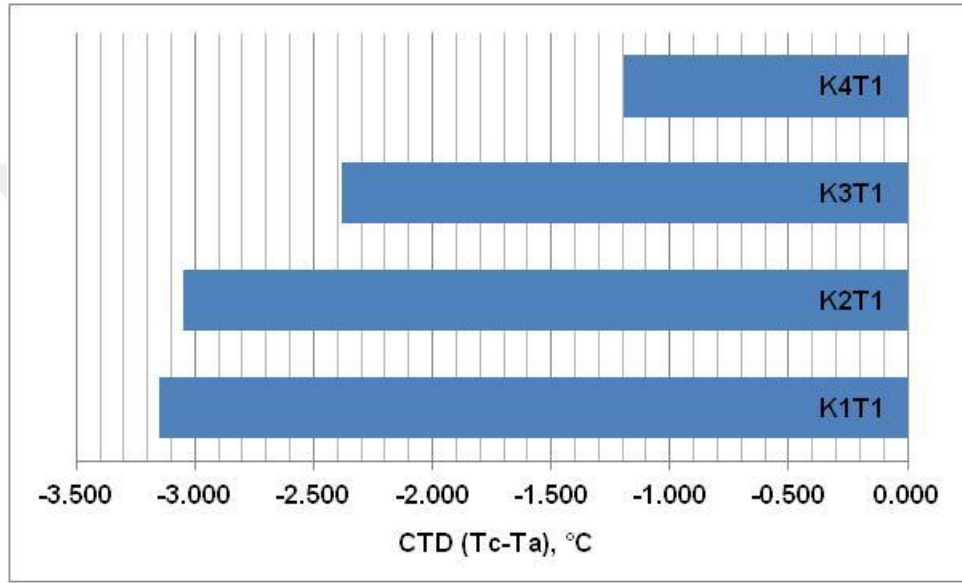
Çizelge 4.21. Kinoa bitkisinde bitki taç sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki farka ait Bonferroni testi sonuçları

	T1	T2	T3	T4	ORTALAMA
K1	-3.153 b C	-2.867 b BC	-1.930 b AB	-1.157 b A	-2.277 d
K2	-3.047 b C	-2.470 b C	-1.093 b B	0.900 a A	-1.428 c
K3	-2.380 b B	-1.760 b B	0.750 a A	0.773 a A	-0.654 b
K4	-1.193 a B	0.923 a A	1.360 a A	1.413 a A	0.626 a
ORTALAMA	-2.443 D	-1.543 C	-0.228 B	0.482 A	

Tuz Konuları: $p < 0.0001$; **Kuraklık Konuları:** $p < 0.0001$; **Tuz Konuları* Kuraklık Konuları:** $p < 0.0001$ (Aynı tuzluluk seviyesinde farklı sulama suyu miktarlarında: a↓; Aynı sulama suyu miktarlarında farklı tuzluluk seviyesinde: A→)

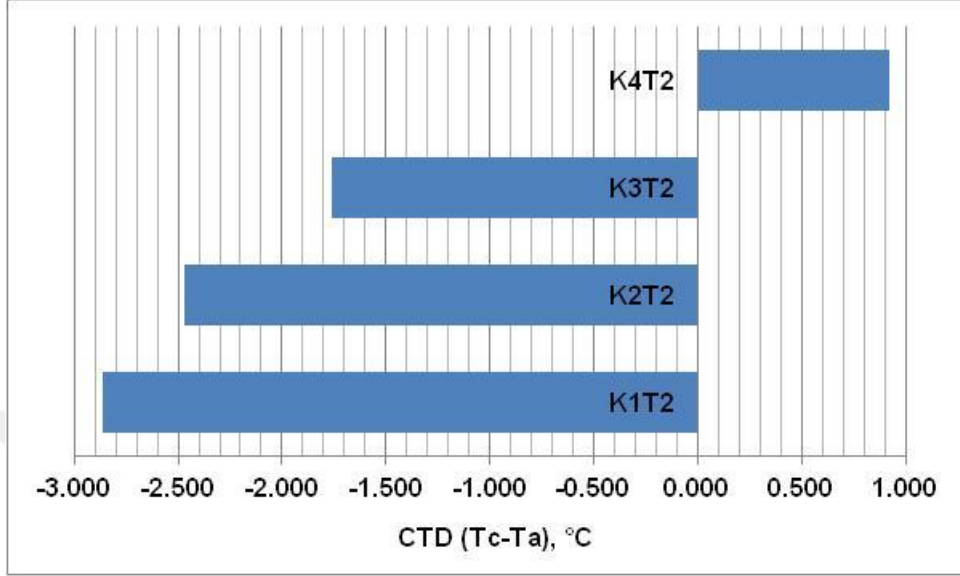
T1 tuzluluk düzeyinde sulama suyu miktarı azaldıkça bitki taç sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark değeri giderek sıfıra yaklaşmıştır. Ancak istatistiksel açıdan T1 uygulaması için; K1, K2 ve K3 sulama suyu miktarları arasında CTD üzerinde önemli fark bulunmamıştır. Sadece K4 konusu diğer sulama suyu miktarı konularından ayrılmıştır. Böylece T1 tuz konsantrasyonunda farklı oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının CTD değerine olan etkilerinde Bonferroni testine göre önemli iki grup oluşmuştur. Aynı durum T2 tuzluluk seviyesi için de geçerlidir. T3 tuzluluk düzeyinde K1 ve K2 sulama suyu miktarları arasında fark bulunamamıştır ve istatistiksel olarak aynı grupta yer alırken K3 ve K4 uygulamaları aynı grupta yer alarak diğer grup ile aralarında fark bulunmuştur. T4 tuzluluk düzeyinde ise K1 ile Diğer sulama suyu miktarı olan konular olan K2, K3

ve K4 arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur. K1 dışındaki tüm sulama konuları arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. T1 tuzluluk seviyesinde sulama suyuna miktarına bağlı CTD meydana gelen değişimler Şekil 4.43.'te verilmiştir.



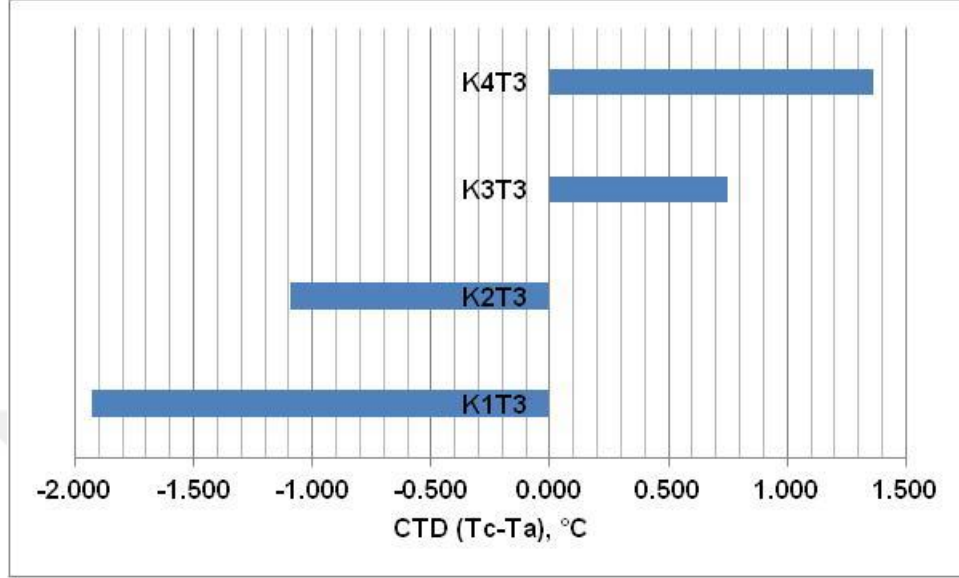
Şekil 4.43. T1 tuzluluk seviyesinde sulama suyuna miktarına bağlı CTD meydana gelen değişimler

5 dS/m tuzluluk konsantrasyonundaki T2 uygulaması da T1 uygulamasına benzer değişimler göstermiştir. Sulama suyu miktarı azaldıkça kinoa bitkisinde stres göstergesi olarak CTD değeri sıfıra yaklaşmış hatta K4 sulama suyu miktarı konusunda pozitif değer olarak 0.923°C değerini almıştır. Bitki taç sıcaklığı ortam sıcaklığından fazla çıkmıştır. İstatistiksel açıdan T2 tuzluluk düzeyinde sulama suyu miktarları incelendiğinde birbirinden farklı iki grup oluşmuştur. K1T2, K2T2 ve K3T2 aynı grupta yer almış ve aralarında istatistiksel açıdan bir fark bulunamamıştır. Ancak, K4T2 konusu diğer gruptan farklı bulunmuş ve böylece ikinci grubu oluşturmuştur. T2 tuzluluk seviyesinde sulama suyuna miktarına bağlı CTD meydana gelen değişimler Şekil 4.44.'te verilmiştir.



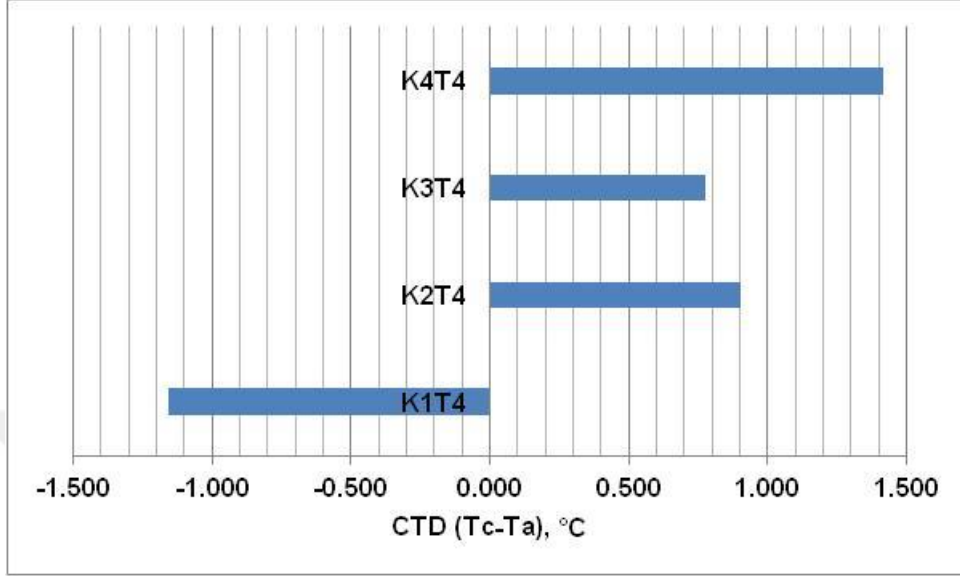
Şekil 4.44. T2 tuzluluk seviyesinde sulama suyuna miktarına bağlı CTD meydana gelen değişimler

10 dS/m düzeyinde tuzluluk konusu olan T3 uygulaması da diğer tuzluluk konularına benzer şekilde değişim göstermiştir. T3 konusunda da kuraklığın artmasına paralel olarak stres nedeniyle yaprak taç sıcaklığında artışa bağlı CTD değerinde de artış meydana gelmiş hatta K3 ve K4 sulama suyu miktarlarında anılan bu değerler sırasıyla 0.750°C ve 1.360°C olarak pozitif değerlere ulaşmıştır. T3 tuzluluk seviyesinde sulama suyuna miktarına bağlı CTD meydana gelen değişimler Şekil 4.45.'te verilmiştir. İstatistiksel açıdan T3 tuzluluk düzeyi konularında K1 ve K2 sulama suyu miktarları arasında önemli fark bulunamadığı için aynı grupta yer almış, K3 ve K4 konuları ise diğer konulardan farklılık göstererek aynı grupta yer almışlardır. Böylece istatistiksel açıdan aralarında önemli farklar gözlenen iki grup oluşmuştur.



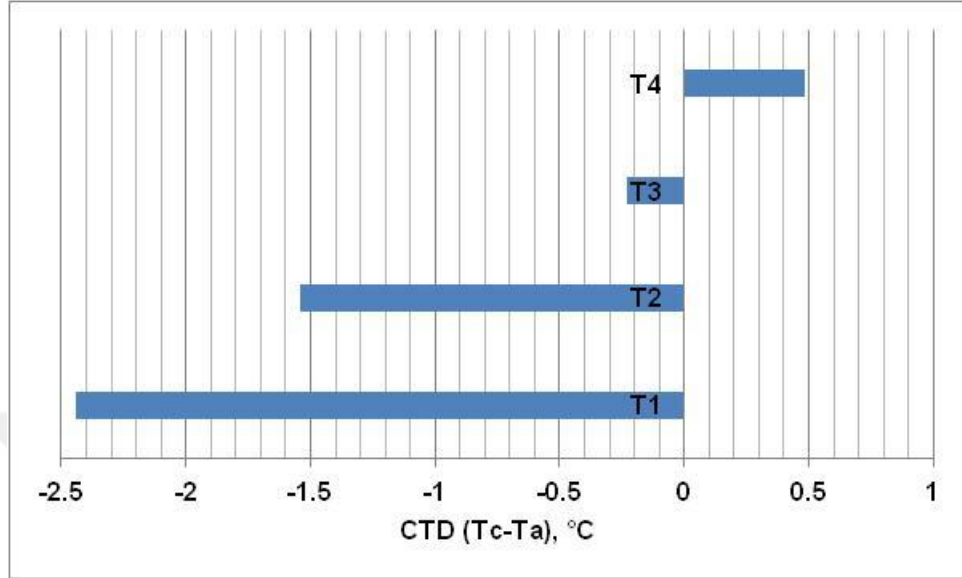
Şekil 4.45. T3 tuzluluk seviyesinde sulama suyuna miktarına bağlı CTD meydana gelen değişimler

20 dS/m tuzluluk konsantrasyonu olan T4 konuları da benzer değişimler göstermiştir. Ancak strese bağlı taç sıcaklığındaki artış K2 sulama konusundan itibaren kendini göstermiş ve pozitif değerleri K2 konusundan itibaren almıştır. K2 konusu tam sulama konusu olması nedeniyle bitki taç sıcaklığındaki artışın nedenini tuzluluk stresine bağlamak mümkündür. K3 sulama suyu miktarı konusunda verilen su miktarı azalmasına rağmen aynı zamanda toprağın muamele gördüğü tuz miktarı da azaldığı için CTD değerinde bir miktar düşüş olmasına rağmen yine de pozitif değer almıştır. T4 tuzluluk seviyesinde sulama suyuna miktarına bağlı CTD meydana gelen değişimler Şekil 4.46.'da gösterilmiştir. İstatistiksel açıdan bakıldığında T4 tuzluluk düzeyinde yıkama yapılan K1 sulama suyu miktarı diğer K2, K3 ve K4 sulama suyu miktarlarından önemli düzeyde farklı çıkmıştır. Bu nedenle K1 uygulaması ve diğer uygulamalar farklı iki grupta yer almıştır. K1 konusunda yıkama yapılması nedeniyle diğer sulama konularına göre toprakta biriken tuz miktarının azalması tuz stresinin önüne nispeten geçebildiğini söylemek mümkündür.



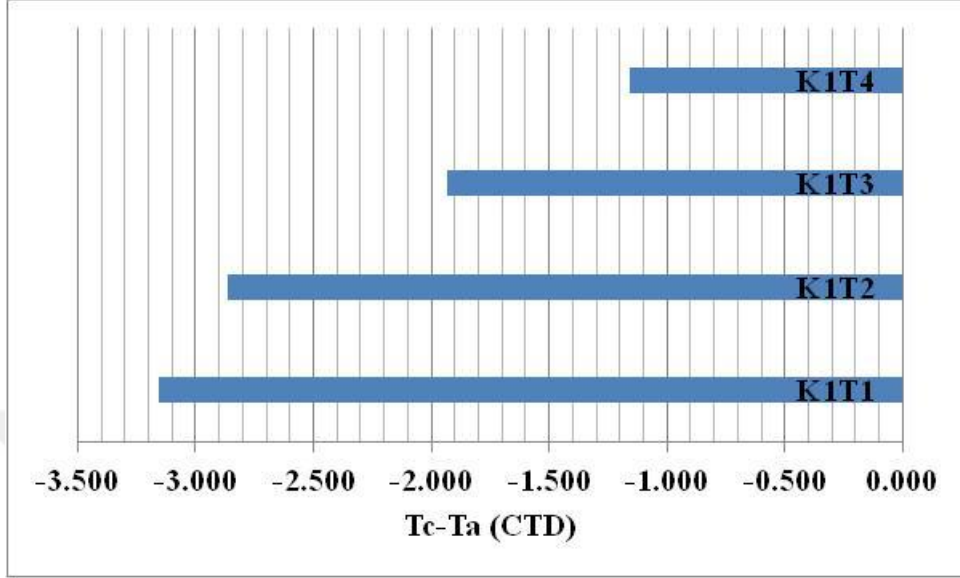
Şekil 4.46. T4 tuzluluk seviyesinde sulama suyuna miktarına bağlı CTD meydana gelen değişimler

Tuzluluk konularında genel olarak bakıldığında tuzluluk düzeyi arttıkça bitki taç sıcaklığı artmakta buna bağlı olarak Tc-Ta farkı azalmakta, dolayısıyla CTD değeri de artmaktadır. Tc-Ta değeri; en düşük T1 tuzluluk seviyesindeki konulardan -2.443°C olarak elde edilirken, tuz stresinin artmasıyla birlikte artarak en yüksek değeri 0.482°C olarak T4 konsantrasyonlarındaki uygulamalarda almıştır. İstatistiksel açıdan bakıldığında da her bir tuzluluk uygulaması arasında önemli farklar bulunmuş, hepsi ayrı gruplarda yer almıştır. Uygulanan tuz stresine bağlı olarak Tc-Ta (CTD) değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.47.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.47. Uygulanan tuz stresine bağlı olarak Tc-Ta (CTD) değerinde meydana gelen değişimler

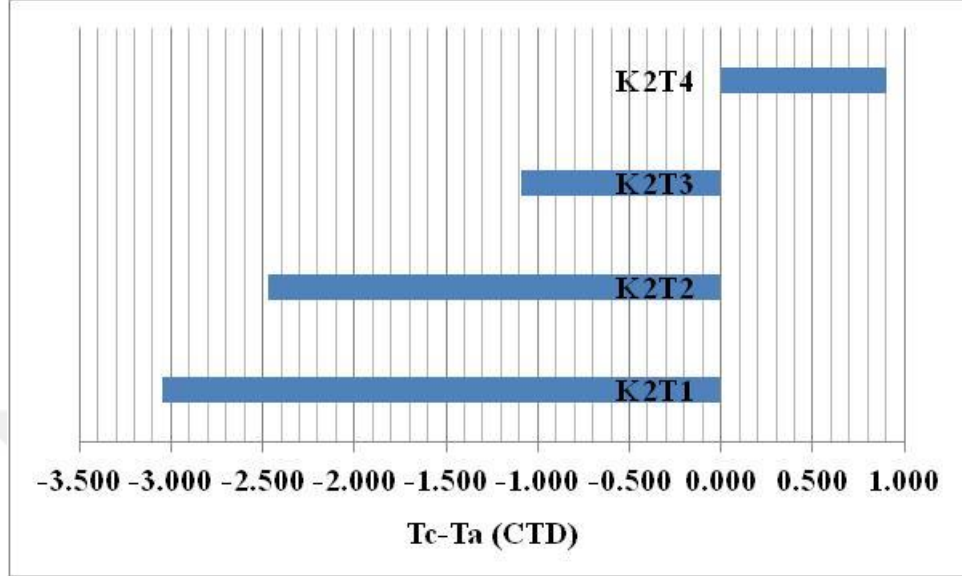
K1 sulama suyu konusunda ise yıkama yapılmasına bağlı olarak bitkinin sulama suyundaki tuzluluk seviyesindeki artışa karşı verdiği tepkiler daha hafif seyretmiş, ancak yine de tuzluluk artışına bağlı olarak CTD değerleri giderek sıfıra yaklaşmıştır. K1 sulama suyu miktarında uygulanan tuzluluk düzeylerine göre CTD değerindeki değişimler şekil 4.48.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.48. K1 sulama suyu miktarında uygulanan tuzluluk düzeylerine göre CTD değerindeki değişimler

İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde K1 konusunda tuzluluğun artmasıyla beraber CTD değerindeki değişimlerden dolayı üç önemli grup oluşmuştur. Gruplar şu şekilde oluşmuştur; T1 ve T2; T2 ve T3; T3 ve T4. Tuzluluk seviyelerinin artmasıyla beraber her tuzluluk seviyesinin bir önceki seviyeyle benzer olmasının nedeni yıkama yapılması bu nedenle de toprakta biriken tuz miktarının yavaş değişmesi olabileceği yorumunu çıkarabilmek mümkündür.

Sulama suyu miktarı konuları içinde kontrol grubu olan ve bitkiye ihtiyacı olan suyun tamamının verildiği K2 sulama suyu miktarı düzeyinde tuzluluk seviyesinin artmasıyla beraber yaprak taç sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark azalmıştır. K2T4 uygulamasında bitki oldukça strese girmiştir ve CTD değeri 0.900°C ile pozitif değer almıştır. K2 sulama suyu miktarında uygulanan tuzluluk düzeylerine göre CTD değerindeki değişimler Şekil 4.49.'da gösterilmiştir.

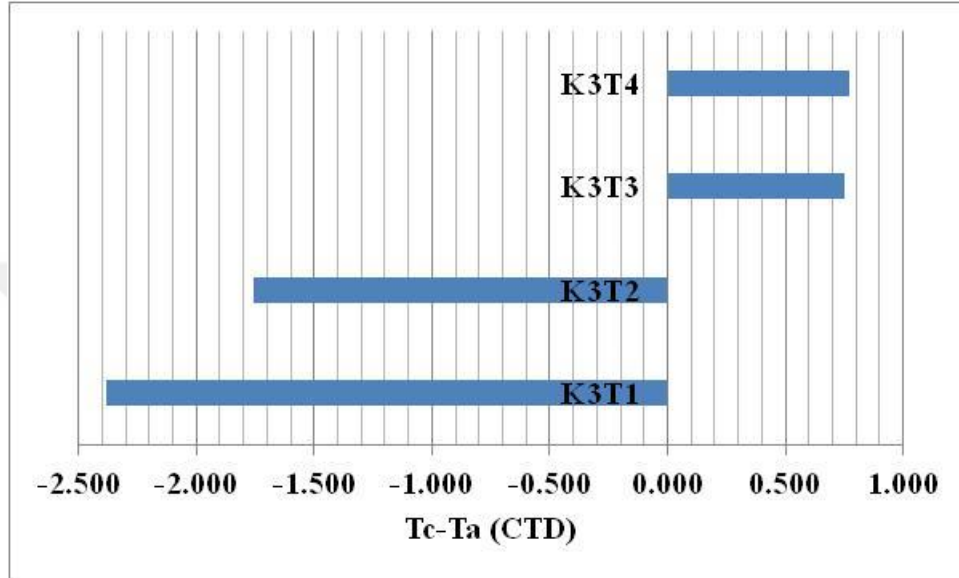


Şekil 4.49. K2 sulama suyu miktarında uygulanan tuzluluk düzeylerine göre CTD değerindeki değişimler

İstatistiksel olarak K2 sulama suyu miktarında tuzluluk seviyesinin artmasının etkileri incelendiğinde, T1 ve T2 tuzluluk seviyeleri arasında fark bulunamamıştır. T3 ve T4 konuları hem birbirlerinden hem de diğer tuzluluk seviyelerinden farklılık gösterip, ayrılmışlardır. Tam sulama konusu olması sebebiyle tuzluluğun CTD değerine etkileri en net bu konuda gözlenmiştir. Tuzluluğa bağlı stres koşullarının etkisi ile CTD değerlerindeki değişimler net şekilde bu konuda gruplaşmıştır.

Bitkinin ihtiyacı olan suyun %70 oranında verildiği K3 sulama suyu miktarı konusunda da tuzluluk düzeyinin artması ile CTD değerinde benzer değişimler gözlenmiş, tuzluluk düzeyinin artması CTD değerinin artmasına, sıfıra yaklaşıp hatta pozitif değerler almasına sebep olmuştur. Kuraklığın ve tuzluluğun beraber uygulanmış olması bitkinin daha hızlı strese girmesine, dolayısıyla bitki taç sıcaklığının daha fazla artmasına neden olmuştur. CTD değeri K3 konusunda T3 tuzluluk düzeyinde 0.750°C ile ilk pozitif değeri almış, T4 konusunda ise bu değer tuzluluğun artmasına bağlı olarak artarak 0.773°C

olmuştur. K3 sulama suyu miktarında uygulanan tuzluluk düzeylerine göre CTD değerindeki değişimler Şekil 4.50.'de gösterilmiştir.

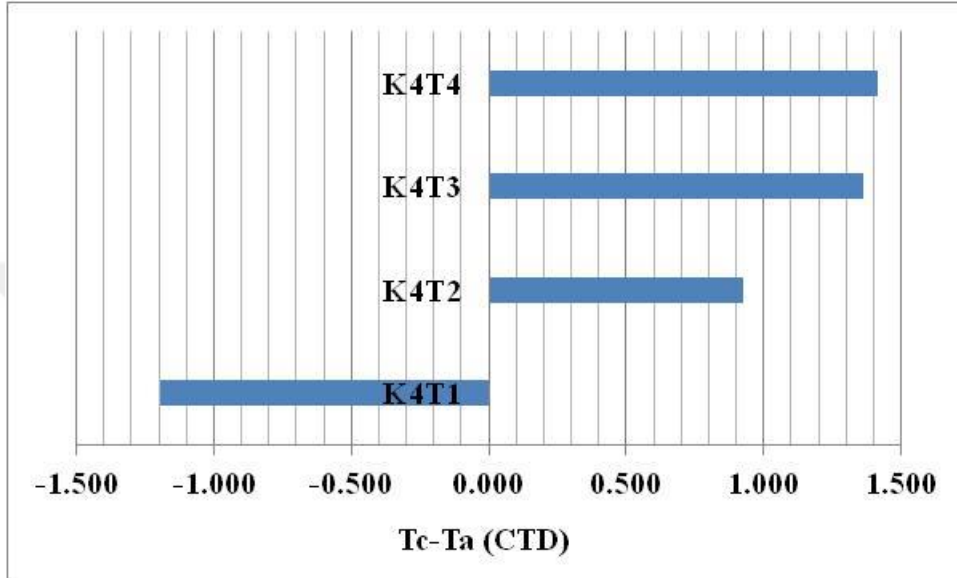


Şekil 4.50. K3 sulama suyu miktarında uygulanan tuzluluk düzeylerine göre CTD değerindeki değişimler

İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde K3 sulama suyu konusunda T1 ve T2 tuzluluk seviyeleri arasında önemli fark bulunamamış ve aynı grupta yer almıştır. Aynı şekilde T3 ve T4 tuzluluk seviyeleri de istatistiksel açıdan aynı grupta yer alarak diğer tuzluluk konularından farklılık göstermişlerdir.

Bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun %50 oranında sağlandığı K4 konusunda T1 tuzluluk seviyesi hariç tüm tuzluluk konuları pozitif değerler almışlardır. T1 tuzluluk konusu zaten şebeke suyu tuzluluğunda olması nedeniyle K4T1 uygulamasında sadece kuraklığın etkisinin CTD değerlerini sıfır ya da pozitif değer yapacak düzeyde etkilemediğini, tuzluluğun uygulanmadığı K4T1 uygulamasında bitki taç sıcaklığının hala ortam sıcaklığından düşük olduğunu ve bitkinin hala terleme yapabildiğini söylemek mümkündür. K4 sulama suyu miktarında

uygulanan tuzluluk düzeylerine göre CTD değerindeki değişimler Şekil 4.51.'de gösterilmiştir.

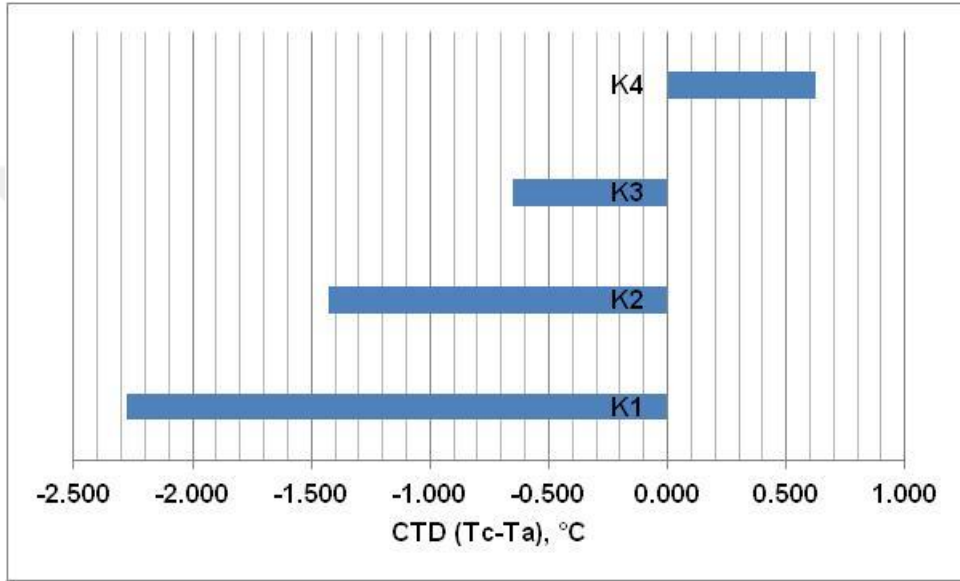


Şekil 4.51. K4 sulama suyu miktarında uygulanan tuzluluk düzeylerine göre CTD değerindeki değişimler

İstatistiksel olarak K4 sulama suyu miktarında tuzluluk seviyesindeki değişimlerin CTD üzerine etkileri değerlendirildiğinde, şebeke suyu ile sulanan tuzluluğun uygulanmadığı konu olan ve K4 uygulamaları içinde sıfırdan küçük değere tek sahip olan T1 tuzluluk konusu diğer tüm tuzluluk uygulamalarından farklılık göstermiştir. T1 tek başına bir grup oluştururken, diğer grupta T2, T3 ve T4 tuzluluk düzeyleri yer almıştır. K4 sulama suyu miktarında T1 konusu dışında tuzluluğun artması ile CTD değerindeki değişimler arasında önemli bir fark yoktur.

Sulama suyu miktarı konularının ortalamalarına genel olarak bakıldığında uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça bitki taç sıcaklığı artmakta buna bağlı olarak CTD değeri de artmaktadır. En düşük CTD değerini K1 konularının ortalamasından -2.277°C olarak elde edilmiştir. Kuraklık stresinin artmasıyla birlikte CTD değeri artarak K4 konularının ortalamalarından 0.626°C değerini

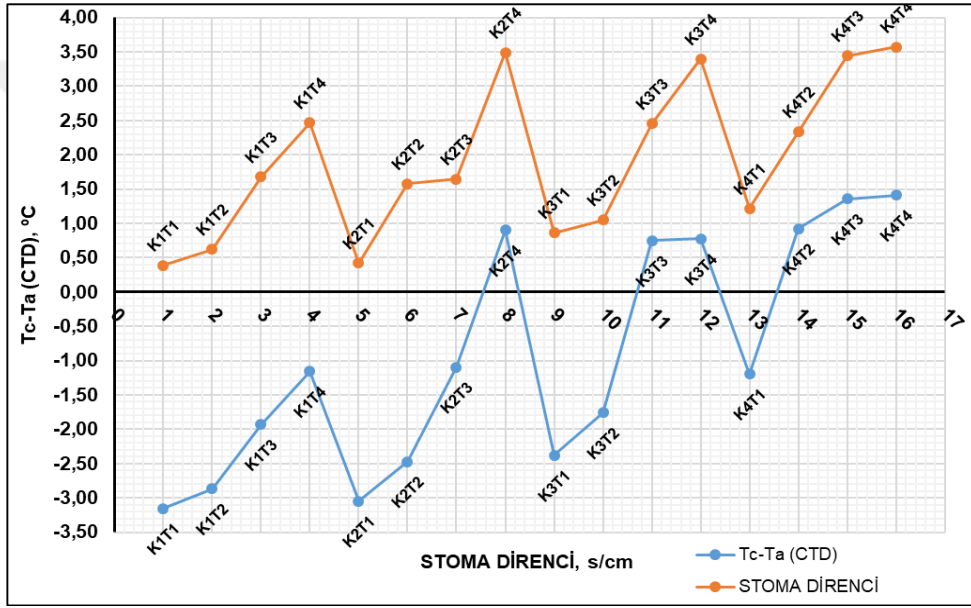
almıştır. İstatistiksel açıdan bakıldığında da her bir sulama suyu miktarı uygulaması arasında önemli farklar bulunmuş, hepsi ayrı gruplarda yer almıştır. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak CTD değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.52.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.52. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak CTD değerinde meydana gelen değişimler

Köksal (2007), sulama suyu yönetiminde kullanım potansiyeline sahip, infrared yüzey sıcaklığı ve spektral yansıma oranı verileri (uzaktan algılanmış veriler) ile belirlenen su stresi ve vejetasyon indekslerine ilişkin çalışmaların bir kısmını bir araya getirdiği makalesinde, uzaktan algılama tekniklerinin sulama suyu yönetiminde kullanım olanakları hakkında tartışmıştır. Bu makalede değindiğine göre, bitkilerde yeteri kadar terlemenin oluşması ile bitki örtü sıcaklığı hava sıcaklığından ($T_c - T_a$) daha düşük (yaklaşık -5 ile -10°C arasında) gerçekleşmektedir. Su stresi bitki örtü sıcaklığının hava sıcaklığına yaklaşmasına ve üzerine çıkmasına neden olmaktadır (Walker ve Hatfield, 1979). Jackson ve ark, (1986)'na göre, radyometrik bir biçimde ölçülen bitki örtü sıcaklığı referans bir

sıcaklık ile karşılaştırıldığında (hava sıcaklığı), su stresine ilişkin önemli bir gösterge niteliğindedir. Bu araştırmalara dayanarak denemenin sonunda elde edilen kinoa bitkisi stoma dirençleri ile bitki taç sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark değerleri (CTD) arasındaki ilişki incelendiği zaman, yaprak stoma direnci arttıkça CTD değerinde de artış meydana gelmiştir. Stoma direnci ve CTD değerleri arasındaki ilişkiye ait grafik Şekil 4.53' te verilmiştir.



Şekil 4.53. Stoma direnci ve CTD değerleri arasındaki ilişkiye ait grafik

Kinoa bitkisinde uygulanan stres koşulları nedeniyle yaprak stomalarında kapanmalar meydana gelmiş ve stoma direncinde artış olduğu gözlenmiştir. Toprak kuraklığı ve tuzluluğun neden olduğu toprak su potansiyelindeki azalmanın, terlemeyi azalttığı bilinmektedir. Terlemenin azalması nedeniyle yaprak taç sıcaklığında artış meydana gelerek ortam sıcaklığı değerine yaklaşmıştır. Hatta bazı uygulamalarda stres koşullarının artması nedeniyle yaprak taç sıcaklığı değeri ortam sıcaklığından fazla bulunmuştur.

Siddique ve ark (2000), dört farklı buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşidinde kuraklığın yaprak su potansiyeli, fotosentez miktarı ve bitki örtüsü sıcaklıkları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar denemenin sonunda, kuraklık stresinin bitki örtüsü sıcaklığında artışa neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca, yüksek bitki örtüsü sıcaklığındaki bitkilerin düşük bitki örtüsü sıcaklığındakilere göre daha az fotosentez yaptığını bildirmişlerdir.

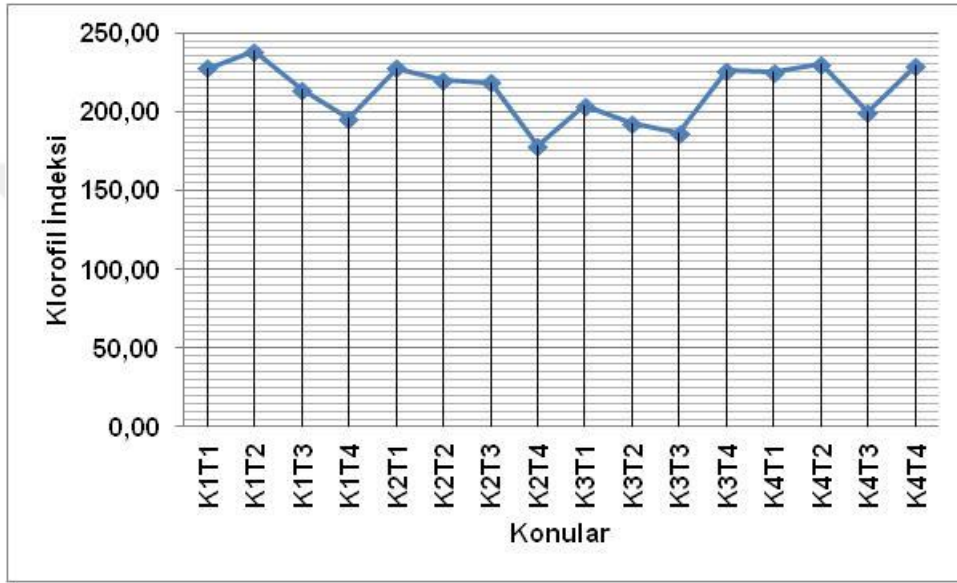
4.10. Klorofil İndeksi

Denemede kinoa bitkisinin klorofil indeksini belirlemek amacıyla klorofilmetre cihazıyla arazi koşullarında, hasattan önce yapraklar henüz yeşil iken, her bir saksıdan genç ve tam gelişmiş iki yapraktan alınmıştır. Daha sonra ölçülen iki yaprağın ortalaması alınarak her bir konunun klorofil indeksi bulunmuştur. En düşük klorofil indeksi K2T4 konusuna ait tekerrürden 166.00 olarak ölçülürken, en yüksek klorofil indeksi 239.00 olarak K1T2 ve K3T4 uygulamalarına ait tekerrürlerden elde edilmiştir. Diğer konular bu iki değer arasında Çizelge 4.22.'de verildiği gibi değişmektedir.

Çizelge 4.22. Konulara göre kinoa bitkisi klorofil içeriği

Klorofil İndeksi				
KONULAR	I	II	III	ORTALAMA
K1T1	229.00	223.00	231.00	227.67
K1T2	239.00	239.00	237.00	238.33
K1T3	210.00	224.00	207.00	213.67
K1T4	197.00	196.00	194.00	195.67
K2T1	237.00	229.00	217.00	227.67
K2T2	230.00	210.00	220.00	220.00
K2T3	210.00	225.00	220.00	218.33
K2T4	166.00	170.00	198.00	178.00
K3T1	209.00	200.00	202.00	203.67
K3T2	193.00	196.00	188.00	192.33
K3T3	188.00	177.00	195.00	186.67
K3T4	212.00	228.00	239.00	226.33
K4T1	231.00	222.00	221.00	224.67
K4T2	223.00	230.00	237.00	230.00
K4T3	202.00	196.00	200.00	199.33
K4T4	230.00	236.00	221.00	229.00

Uygulama konularının ortalama klorofil indeksi dikkate alındığında, en yüksek değer K1T2 konusundan 238.33 olarak, en düşük değer ise K2T4 konusundan 178.00 olarak bulunmuştur. Uygulama konularına göre ortalama klorofil indeksinde meydana gelen bu değişimler Şekil 4.54.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.54. Uygulama konularına göre ortalama klorofil indeksinde meydana gelen değişimler

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda kinoa bitkisi yapraklarında klorofil indeksini tuzluluk seviyesinin ve sulama suyu miktarının hem ayrı ayrı hem de birlikte etkilediği bulunmuştur. Ölçümlerde kinoa bitkisi yapraklarından elde edilen klorofil indeksi değerlerine uygulanan Bonferroni testi sonuçları Çizelge 4.23.'te verilmiştir.

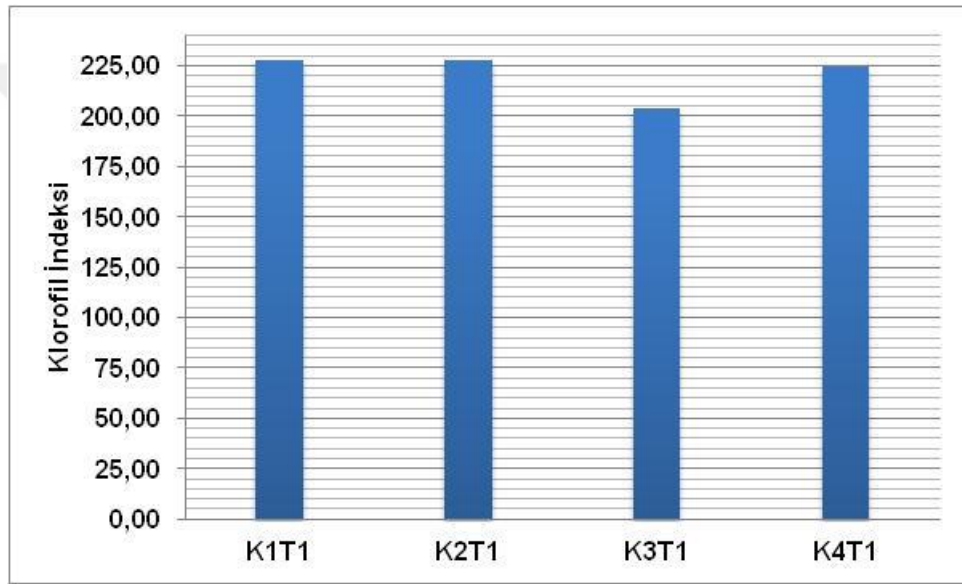
Çizelge 4.23. Kinoa bitkisinde yaprak klorofil indeksine ait Bonferroni testi sonuçları

	T1	T2	T3	T4	ORTALAMA
K1	227.667 a AB	238.333 a A	213.667 a BC	195.667 b C	218.833 ac
K2	227.667 a A	220.000 a A	218.333 a A	178.000 b B	211.000 cb
K3	203.667 b A	192.333 b A	186.667 b A	226.333 a B	202.250 b
K4	224.667 a A	230.000 a A	199.333 ab B	229.000 a A	220.750 a
ORTALAMA	220.917 A	220.167 A	204.500 B	207.250 B	

Tuz Konuları: $p<0.0001$; **Kuraklık Konuları:** $p<0.0001$; **Tuz Konuları* Kuraklık Konuları:** $p<0.0001$ (Aynı tuzluluk seviyesinde farklı sulama suyu miktarlarında: a↓; Aynı sulama suyu miktarlarında farklı tuzluluk seviyesinde: A→)

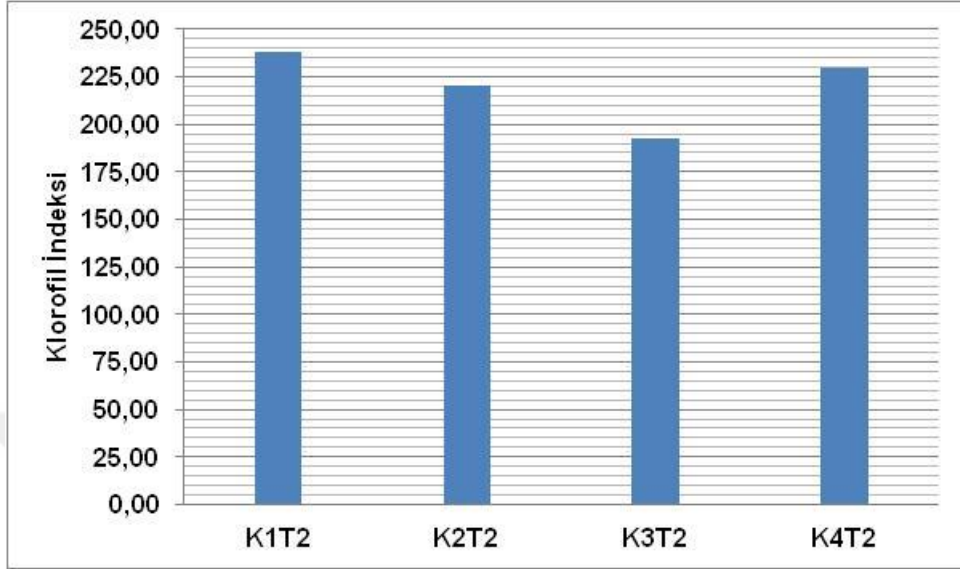
Şebeke suyu ile sulanan ve tuzluluk seviyeleri içinde kontrol konusu olan T1 uygulamasında sulama suyu miktarının azalmasıyla birlikte kuraklığın uygulandığı K3 konusunda tam sulama konularına ve K4 kuraklık konusuna göre klorofil indeksi bakımından bir azalma söz konusudur. Ancak K4 konusunda K3 uygulamasına göre klorofil indeksi bakımından artış söz konusu olurken K1 ve K2 sulama seviyelerine göre klorofil indeksi azalmıştır. T1 tuzluluk seviyesinde en yüksek klorofil indeksi K1 ve K2 konularından 227.667 olarak elde edilirken K4 konusunda 224.667 elde edilmiştir. En düşük klorofil indeksi ise K3 konusundan 203.667 olarak bulunmuştur. İstatistiksel açıdan T1 tuzluluk seviyesinde; K1, K2 ve K4 sulama suyu miktarları arasında bir fark bulunamadığı için aynı grupta yer almıştır, ancak K3 sulama suyu seviyesi ile bu grup arasında fark bulunduğu için ayrı bir grupta yer almaktadır. İstatistiksel açıdan da aynı grupta yer alan %120 sulama suyu miktarı konusu olan K1 ile %100 sulama suyu miktarı olan K2

konularında klorofil indeksi aynı çıkmıştır. Bu konular ile aynı grupta yer alan %50 sulama suyu miktarı olan K4 konusunu kıyaslarsak, K4 uygulamasında K1 ve K2 uygulamalarına göre klorofil indeksinde %1.3 oranında azalma olmuştur. K3 konusun da ise K1 ve K2 konularına göre %10.5 oranında klorofil indeksinde düşüş meydana gelmiştir. T1 konusunda uygulanan sulama suyuna bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişim Şekil 4.55.'te verilmiştir.



Şekil 4.55. T1 konusunda uygulanan sulama suyuna bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişim

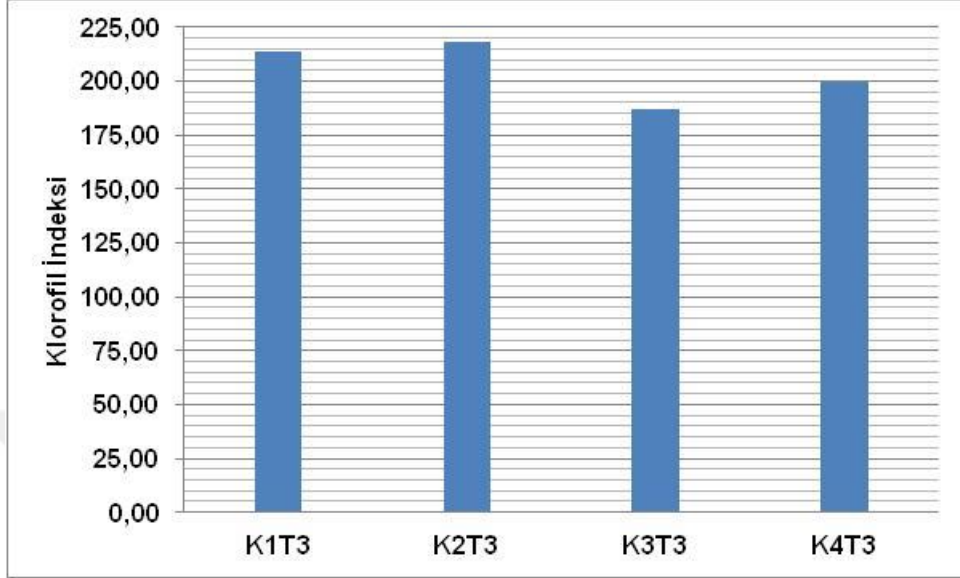
5 dS/m tuzluluk düzeyinde olan T2 konularında en yüksek klorofil indeksi K1 sulama suyu miktarı konusundan 238.333 olarak elde edilirken onu 230.000 ile K4 ve 220.00 ile K2 takip etmiştir. En düşük klorofil indeksi ise K3 konusundan 192.333 olarak elde edilmiştir. T2 tuzluluk düzeyinde K3 sulama suyu miktarına kadar sürekli bir azalma olsa da K4 düzeyinde yeniden klorofil indeksinde artma meydana gelmiştir. Şekil 4.56.'da T2 tuzluluk düzeyinde sulama suyu miktarlarına bağlı olarak klorofil indeksinde meydana gelen değişimler gösterilmektedir.



Şekil 4.56. T2 tuzluluk düzeyinde sulama suyu miktarlarına bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler

İstatistiksel açıdan T2 tuzluluk düzeyinde uygulanan sulama suyu miktarındaki değişimlerin klorofil indeksine etkisinde K1, K2 ve K4 konuları arasında bir fark bulunamamış ve aynı grupta yer almıştır. K3 sulama suyu miktarı ise bunlardan farklılık göstermiş ve ayrı bir grupta yer almıştır. En yüksek klorofil indeksine sahip K1T2 konusu ile diğer konular olan K2T2, K3T2 ve K4T2 konularını kıyaslanırsa K1T2 konusuna göre sırasıyla; %7.7, %19.3 ve %3.5 oranlarında klorofil indeksinde azalma meydana gelmiştir.

10 dS/m tuzluluk düzeyinde olan T3 konularında en yüksek klorofil indeksi K2 sulama suyu miktarında 218.333 olarak bulunurken En düşük ise K3 sulama suyu miktarında 186.667 olarak bulunmuştur.T3 konusunda sulama suyuna bağlı klorofil indeksi hakkında düzenli bir artış ya da azalış olduğunu söylemek mümkün değildir. Şekil 4.57.'de T3 tuzluluk düzeyinde sulama suyu miktarlarına bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler gösterilmektedir.

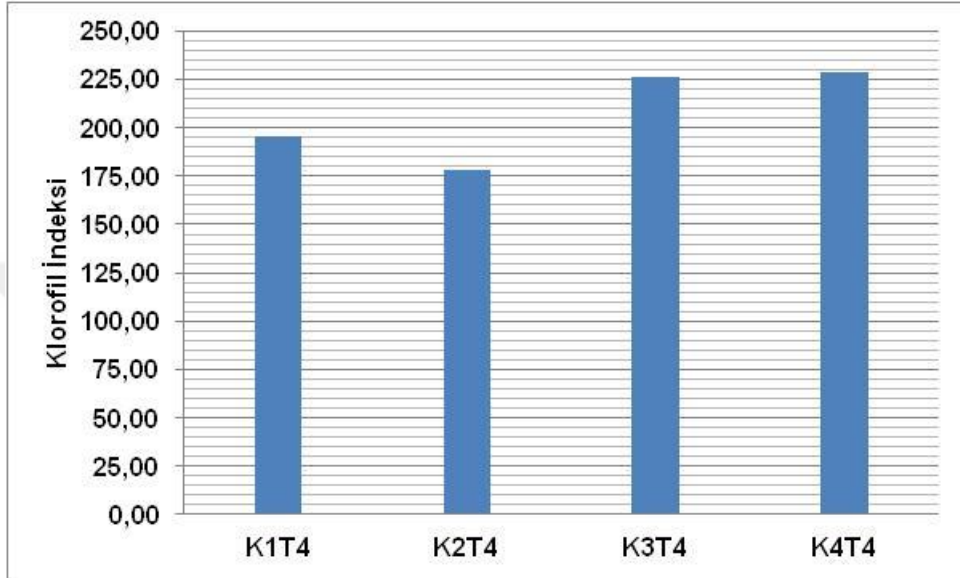


Şekil 4.57. T3 tuzluluk düzeyinde sulama suyu miktarlarına bağlı olarak klorofil indeksinde meydana gelen değişimler

İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde; T3 tuzluluk düzeyinde K1, K2 ve K4 sulama suyu miktarları arasında fark bulunamamış ve aynı grupta yer almıştır. K3 konusu ise K4 konusu ile farklı bir grupta yer almıştır. K4 konusu her iki grupta da yer almış ve istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. Ancak en yüksek klorofil indeksine sahip K2T3 konusu ile diğer sulama suyu miktarı konuları olan K1T3, K3T3 ve K4T3 konularını kıyaslırsak K2T3 uygulamasına göre sırasıyla; %2.1, %14.5 ve %8.7 oranlarında klorofil indeksinde azalma olmuştur. Yani, %120 sulama uygulanarak yıkama yapılan K1 konusunda fazla sulama suyu da klorofil indeksinde azalmaya neden olmuştur.

En yüksek tuzluluk seviyesi olan 20 dS/m seviyesindeki T4 uygulamasında en yüksek klorofil indeksi K4 konusundan 229.00 elde edilmiştir ve onu 226.333 değeriyle K3 konusu takip etmiştir. En düşük klorofil indeksi ise K2 konusunda 178.00 olarak bulunmuştur. T4 tuzluluk düzeyinde yıkama yapılmadığı koşullar altında uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça klorofil indeksi olumlu etkilenecek artmaktadır. Şekil 4.58.'de T4 tuzluluk düzeyinde sulama suyu

miktarlarına bağlı olarak klorofil indeksinde meydana gelen değişimler gösterilmektedir.

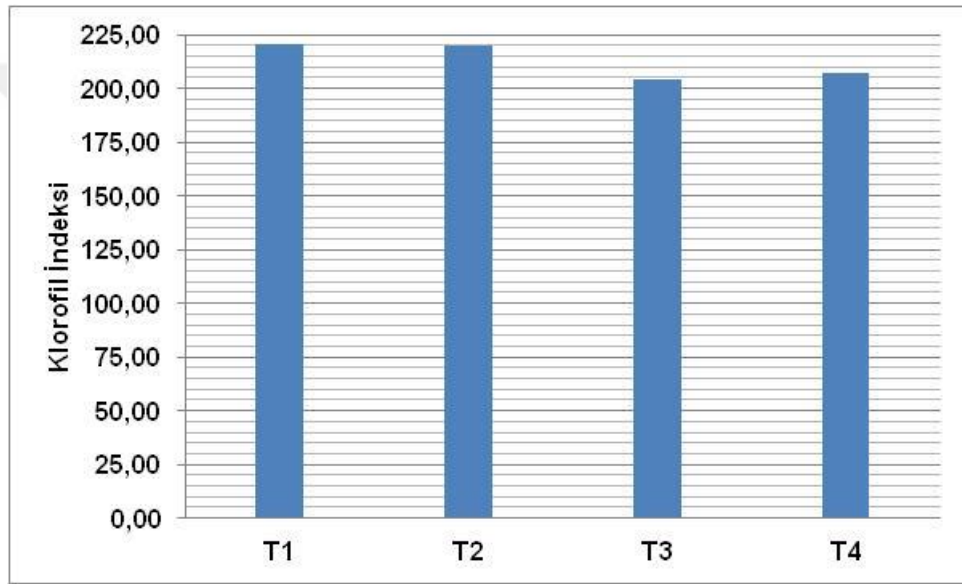


şekil 4.58. T4 tuzluluk düzeyinde sulama suyu miktarlarına bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler

İstatistiksel açıdan T4 tuzluluk seviyesinde K1 ve K2 sulama suyu miktarları arasında fark bulunamamış ve aynı grupta yer almıştır. K3 ve K4 konuları arasında da fark bulunamamıştır ve onlar da ayrı bir grupta yer almışlardır. En yüksek klorofil indeksine sahip K4 konusu ile artan sulama suyu miktarları olan K3, K2 ve K1 konularını kıyaslırsak sulama suyu arttıka klorofil indeksinde K4 konusuna göre sırasıyla; %1.2, %22.3 ve %14.6 oranlarında azalma meydana gelmiştir.

Tuzluluk seviyelerinde genel ortalamaları değerlendirdiğimizde T1 ve T2 tuzluluk seviyelerindeki klorofil indeksi hemen hemen birbirine benzer değerler çıkmıştır. Sırasıyla bu değerler; 220.917 ve 220.167'dir. İstatistiksel açıdan da bu iki konu arasında fak bulunamamış ve aynı grupta yer almışlardır. Ancak T2 uygulamasında T1 uygulamasına kıyasla artan tuzlulukla beraber klorofil

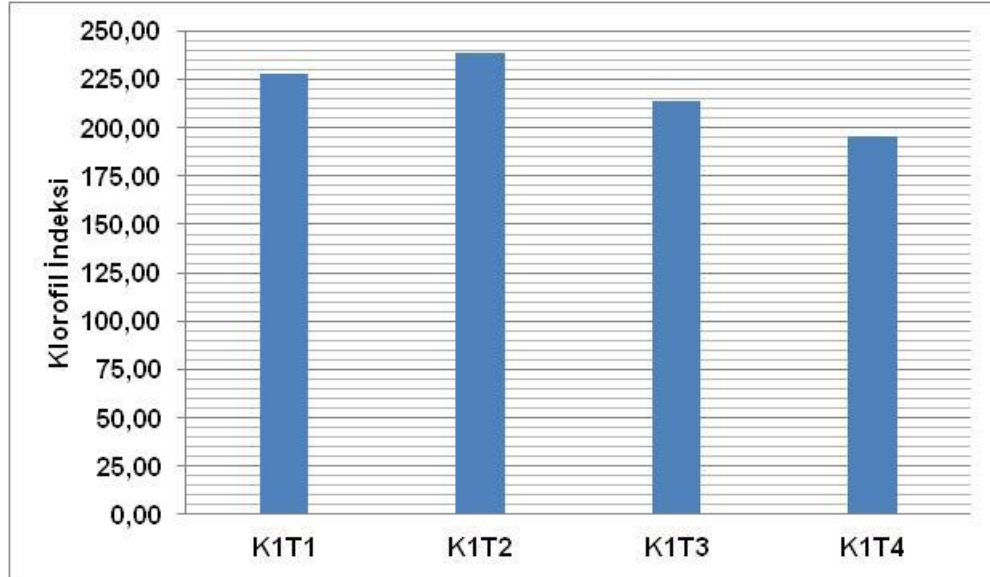
indeksinde %0.3 oranın küçük bir azalma meydana gelmiştir. T3 ve T4 konuları arasında da istatistiksel olarak fark bulunamamıştır ve bu iki konu da diğerlerinden farklı bir grup oluşturmuştur. Ancak, T4 konusunda T3 konuna göre artan tuzlulukla beraber klorofil indeksinde %1.3 oranında artış olmuştur. Tuzluluk düzeyine bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler Şekil 4.59.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.59. Tuzluluk düzeyine bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler

Long (2016), yaptığı çalışmada; orta ve şiddetli tuzluluk seviyelerinde, SPAD klorofilmetre değerlerinin önemli ölçüde azaldığını bildirmiştir. Tuzluluk stresi nedeniyle SPAD klorofilmetre değerlerinin azalması, klorofil içeriğinin azalmasından kaynaklanmış olabileceğini (Eisa ve ark, 2012), bunun da kinoa bitkisinde fotosentezde azalmaya neden olduğunu (Morales ve ark, 2011; Eisa ve ark, 2012); sonuç olarak ise, kinoa bitkisinin büyüme ve veriminin tuzluluk stresi koşulları altında azaldığını belirtmiştir (Long, 2016).

Bitkiye ihtiyaç duyduğu sulama suyu miktarı %120 oranında verilerek yıkama yapılan K1 sulama suyu miktarı konusunda artan tuzluluk seviyesiyle beraber bitki klorofil indeksinde T1 uygulamasına göre T2 konusunda artış olurken diğer konularda tuzluluğun artmasıyla beraber azalma söz konusudur. K1 konusunda en yüksek klorofil indeksine 238.333 değeriyle K1T2 uygulaması, en düşük ise 195.667 değeriyle K1T4 uygulaması sahiptir. K1 sulama suyu miktarı konusunda uygulanan tuzluluk düzeyine bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler Şekil 4.60.'da verilmiştir.

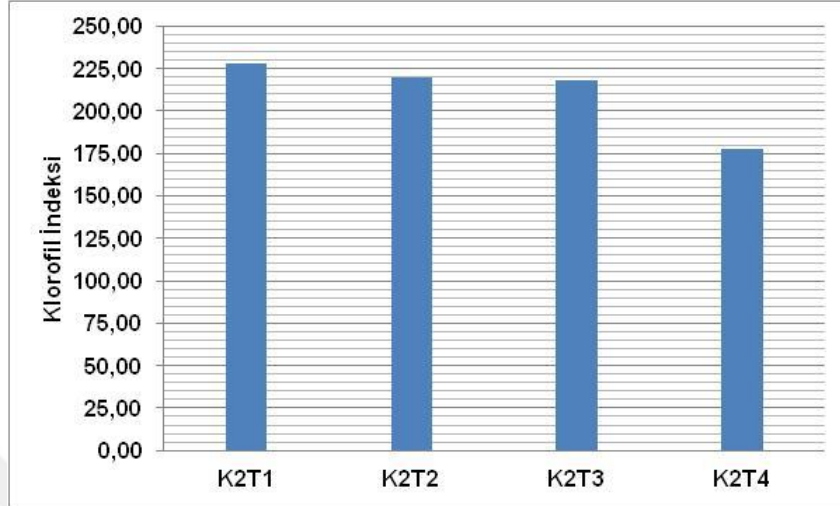


Şekil 4.60. K1 sulama suyu miktarı konusunda uygulanan tuzluluk düzeyine bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler

İstatistiksel açıdan K1 uygulamalarında tuzluluk seviyelerindeki değişimden kaynaklı klorofil indeksinde birbirinden farklı üç grup oluşmuştur. İlk grupta K1T1 ve K1T2; ikinci grupta K1T1 ve K1T3; üçüncü grupta ise K1T3 ve K1T4 konuları yer almıştır. İlk grupta yer alan ve aralarında istatistiksel açıdan fark bulunmayan K1T1 ve K1T2 konuları kıyaslanırsa tuzluluğun artmasıyla birlikte klorofil indeksinde %4.5 oranında artış meydana gelmiştir. İkinci grupta yer

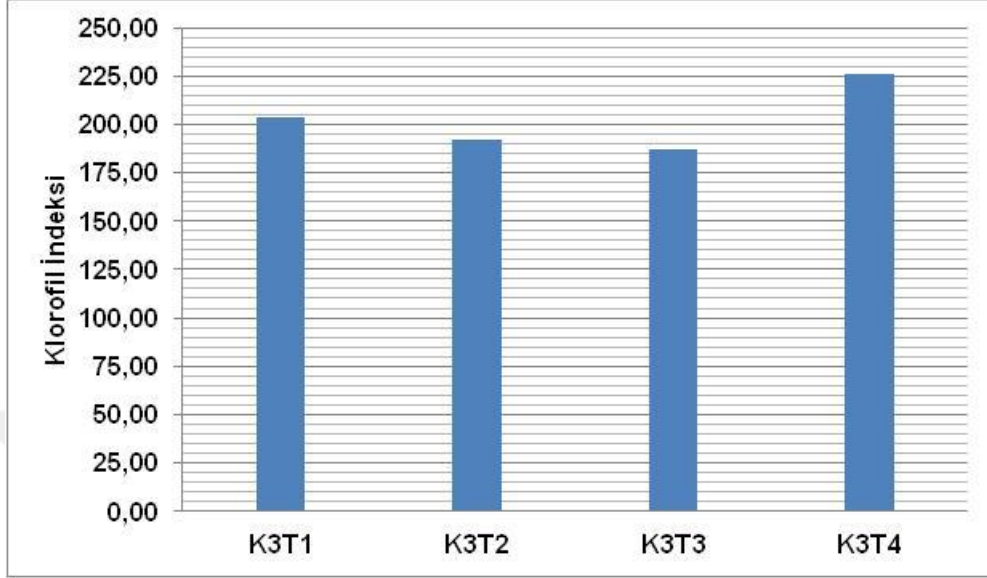
alan ve aralarında istatistiksel açıdan fark bulunmayan K1T1 ve K1T3 konuları kıyaslanırsa tuzluluğun artmasıyla beraber klorofil indeksinde %6.2 oranında azalma meydana gelmiştir. İstatistiksel açıdan fark bulunmayan ve üçüncü grubu oluşturan K1T3 ve K1T4 konuları kıyaslandığında ise artan tuzlulukla beraber klorofil indeksindeki düşüş %8.4 oranında olmuştur. K1 sulama konusunda değişen tuzluluk düzeylerinde en yüksek klorofil indeksine sahip K1T2 konusu ile ve en düşük klorofil indeksine sahip K1T4 konusu kıyaslandığında artan tuzlulukla beraber oluşan azalma %18 oranındadır.

Bitkiye ihtiyaç duyduğu suyun tamamının verildiği %100 sulama suyu miktarı konusu olan K2 konusunda tuzluluk seviyelerinin artmasıyla beraber klorofil indeksinde sürekli azalma söz konusudur. En yüksek klorofil indeksi T1 uygulamasından 227.667 olarak elde edilmiştir, en düşük ise T4 konusundan 178.00 olarak bulunmuştur. Ancak istatistiksel açıdan T1, T2 ve T3 tuzluluk düzeyleri arasında fark bulunamamıştır. Sadece T4 seviyesi ise diğer gruptakilerden farklılık göstermiştir. En fazla klorofil indeksi kontrol konusu olan, K2T1 konusunda bulunmuştur. K2T2, K2T3 ve K2T4 uygulamalarını K2T1 konusuna göre kıyaslırsak sırasıyla; %3.4, %4.1 ve %21.8 oranlarında klorofil indeksinde azalma olmuştur. Sulama suyu miktarının %100 oranında uygulandığı, su kısıtı olmayan, K2 konusunda uygulanan tuzluluk düzeyine bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişim Şekil 4.61.'de verilmiştir.



Şekil 4.61. K2 konusunda uygulanan tuzluluk düzeyine bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişim

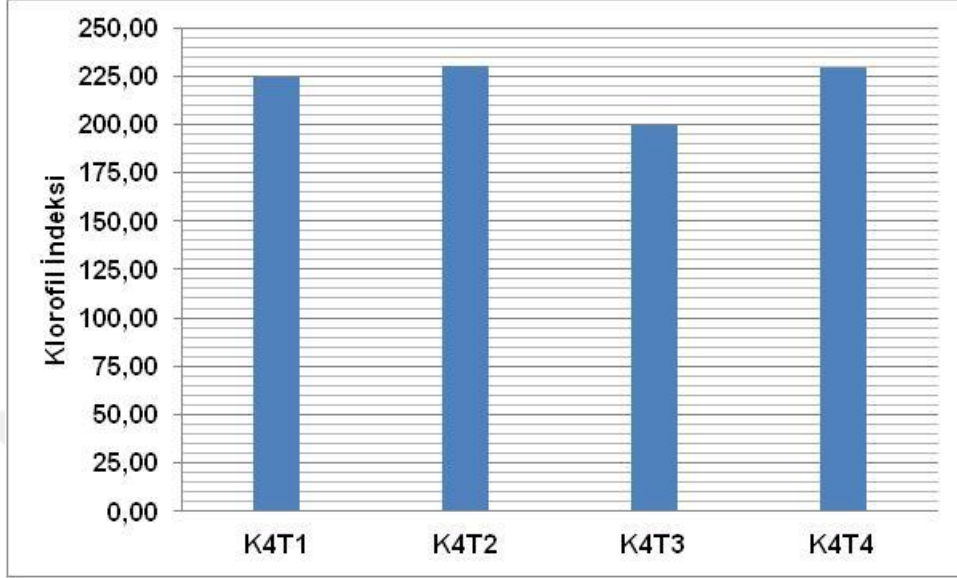
Bitkinin ihtiyaç duyduğu sulama suyunun %70'inin karşılandığı K3 sulama suyu miktarında tuzluluğun artmasıyla klorofil indeksinde en düşük değer olan 186.667 ile T3 konusuna kadar azalma meydana gelmiştir. T4 konusunda ise en yüksek değer olan 226.333 değerine çıkmıştır. K3 konusunda uygulanan tuzluluk düzeyine bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişim Şekil 4.62.'de verilmiştir.



Şekil 4.62. K3 konusunda uygulanan tuzluluk düzeyine bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişim

İstatistiksel açıdan K3 sulama suyu miktarı konusunda birbirinden farklı ve önemli iki grup oluşmuştur. İlk grupta K3T1, K3T2 ve K3T3 yer almıştır ve istatistiksel olarak bu uygulamalar arasında fark bulunamamıştır. K3T4 ise diğerlerinden istatistiksel açıdan ayrılarak farklı bir grup oluşturmuştur. En yüksek klorofil indeksine sahip K3T4 konusu ile K3T1, K3T2 ve K3T3 konularını klorofil indeksi bakımından karşılaştırsak K3T4 konusuna diğer konularda sırasıyla; %10, %15 ve %17.5 oranlarında klorofil indeksinde azalma meydana gelmiştir.

Bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun %50 oranında uygulandığı K4 sulama suyu miktarı uygulamasında K4T2 konusu 230.00 değeriyle en yüksek klorofil indeksine sahipken en düşük 199.33 değeriyle K4T3 konusudur. K4 sulama suyu uygulamalarında tuzluluk düzeyine bağlı olarak bitki klorofil indeksindeki değişimler Şekil 4.63.'te verilmiştir.

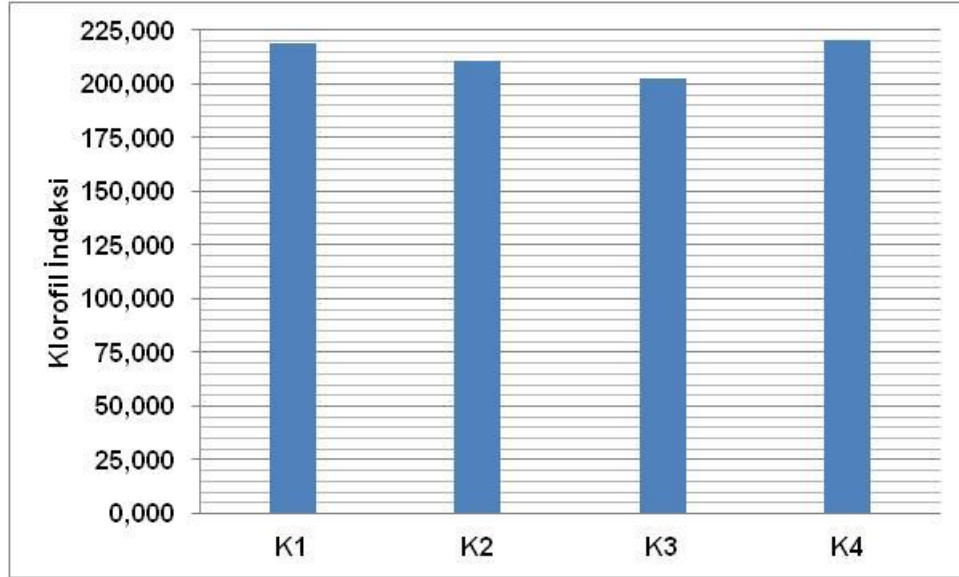


Şekil 4.63. K4 sulama suyu uygulamalarında tuzluluk düzeyine bağlı olarak bitki klorofil indeksindeki değişimler

İstatistiksel açıdan K4 uygulamasında birbirinden farklı iki grup oluşmuştur. İlk grupta K4T1, K4T2 ve K4T4 yer alarak aralarında önemli farklar bulunamamıştır. K4T3 konusu diğerlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuş ve ikinci grubu oluşturmuştur. İstatistiksel olarak aralarında fark bulunmayan ve aynı grupta yer alan K4T1, K4T2 ve K4T4 konularını birbiri ile kıyaslırsak tuzluluğun olmadığı K4T1 konusuna göre K4T2 konusunda tuzluluğun artmasıyla beraber %2.3 oranında artış meydana gelmiştir, K4T4 konusunda ise bu artış %22.5 oranında olmuştur. Farklı grupta yer alan K4T3 konusu ile K4T1 konusunu karşılaştıracak olursak tuzluluğun artması klorofil indeksinde %11.3 oranında azalmaya sebep olmuştur.

Kuraklık seviyelerinde genel ortalamaları değerlendirdiğimizde K1 ve K4 kuraklık seviyelerindeki klorofil indeksi hemen hemen birbirine benzer değerler çıkmıştır. Sırasıyla bu değerler; 218.833 ve 220.750'dir. İstatistiksel açıdan da bu iki konu arasında fark bulunamamış ve aynı grupta yer almışlardır. Ancak K4 konusunda K1 uygulamasına göre %0.9 oranında küçük bir artış meydana

gelmiştir. Ortalamalar arasında istatistiksel açıdan önemli üç grup oluşmuştur. İlk grupta K1 ve K2 konuları; ikinci grupta K1 ve K4 konuları; üçüncü grupta ise K2 ve K3 konuları yer almıştır ve aralarında istatistiksel açıdan önemli fark bulunamamıştır. K3 konusu en düşük klorofil indeksi değeri olan 202.250 sahipken, K4 konusunda bu değer 220.750 olarak en yüksek değeri almıştır. K3 konusunda K4 konusuna oranla klorofil indeksinde %8.4 azalma meydana gelmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler Şekil 4.64.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.64. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı klorofil indeksinde meydana gelen değişimler

Long (2016), Vietnam Ulusal Tarım Üniversitesi'nde, yaptığı çalışmada iki farklı kinoa genotipine dört farklı NaCl tuz seviyesini (0, 50, 150 ve 300 mM) sulama suyu ile uygulanmıştır. Araştırmacı bu çalışmayı, farklı gelişim aşamalarında tuzluluk stresi altında yetiştirilen kinoa genotiplerinin büyüme ve verim özelliklerini değerlendirmek ve araştırmak amacıyla yürütmüştür. Araştırmada ekimden 55 gün sonraki klorofilmetre okumalarını şu şekilde; 0 mM'

de 44.43, 50 mM' de 43.05, 150 mM' de 42.44 ve 300 mM' de 33.54 olarak okunmuştur. İstatistiksel olarak 0 ve 50 mM tuz konsantrasyonu arasında fark bulunamamış olmasına rağmen, 150 mM ve 300 mM' tuz konsantrasyonlarından elde edilen değerler hem kendi aralarında hem de diğer tuz konsantrasyonlarından farklı bulunmuştur. Araştırmacı denemenin sonunda, kinoa bitkisinde orta ve şiddetli tuzluluk seviyelerinde klorofil okumalarının önemli ölçüde azaldığını bildirmiştir.

Tuzluluk stresi nedeniyle klorofil miktarının azalması, kinoa bitkisinde fotosentezin azaltılması amacıyla klorofil içeriğinin (Eisa ve ark, 2012) azaltılmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Morales ve ark, 2011; Eisa ve ark, 2012; Long, 2016).

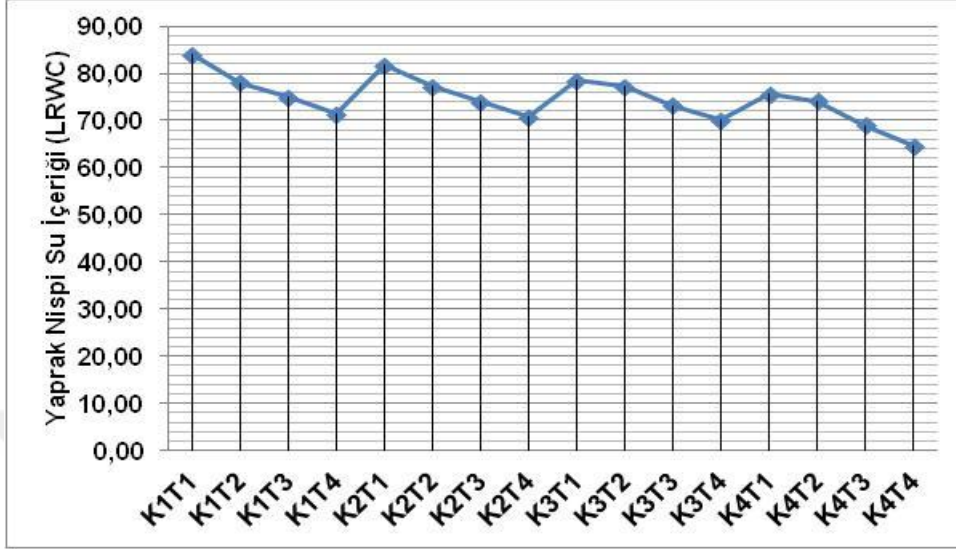
4.11. Yaprak Nispi Su İçeriği (LRWC)

Uygulamalar içinde elde edilen en düşük yaprak nispi su içeriği 63.64 değeri ile K4T4 konusuna ait iken en yüksek yaprak nispi su içeriği 84.62 değeri ile K1T1 konusuna aittir. Elde edilen diğer konulara ait değerler bu iki değer arasında değişmektedir. Uygulamalara göre değişen LRWC değerlerinden elde edilen sonuçlar deneme konularına göre Çizelge 4.24.'te verilmiştir.

Çizelge 4.24. Uygulama konularına göre elde edilen LRWC değerleri

Yaprak Nispi Su İçeriği (LRWC)				
KONULAR	I	II	III	ORTALAMA
K1T1	83.87	83.33	84.62	83.94
K1T2	78.73	76.29	79.00	78.01
K1T3	74.91	75.44	74.23	74.86
K1T4	71.29	70.44	72.29	71.34
K2T1	80.00	83.33	82.05	81.79
K2T2	77.76	77.27	76.47	77.17
K2T3	73.09	74.79	73.74	73.87
K2T4	70.29	71.64	70.46	70.80
K3T1	78.95	77.78	78.95	78.56
K3T2	78.13	75.42	78.13	77.23
K3T3	73.27	74.38	72.00	73.22
K3T4	69.68	70.32	70.05	70.02
K4T1	74.19	75.00	77.55	75.58
K4T2	75.51	72.73	74.12	74.12
K4T3	69.01	69.44	68.57	69.01
K4T4	65.79	64.71	63.64	64.71

Çizelge 4.24.'te denemedeki her bir konuya ait ortalama LRWC değerleri de belirtilmiştir. Uygulanan koşullara göre değişen ortalama LRWC değerlerinin değişimleri Şekil 4.65.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.65. Her konunun ortalama LRWC değerinin uygulamalara göre değişimi

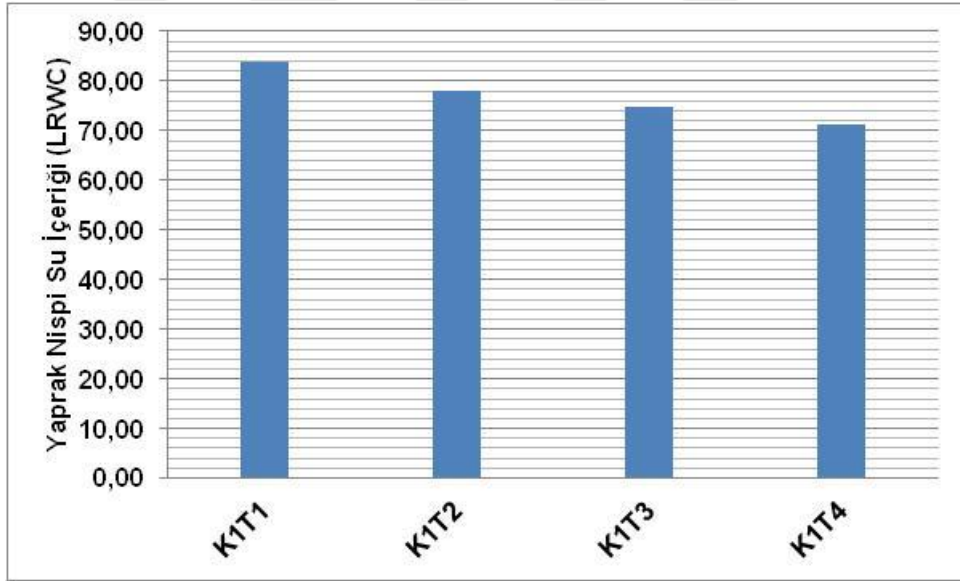
Yapılan istatistiksel analizlere göre sulama suyu miktarı konuları ve tuzluluk konuları kinoa bitkisinde hem ayrı ayrı hem de ikisi birlikte yaprak nispi su içeriği (LRWC) değeri üzerine önemli etkileri olmuştur ve uygulamalar sonucunda elde edilen kinoa bitkisinde yaprak nispi su içeriği (LRWC) değeri verilerine ait Bonferroni testi sonuçları Çizelge 4.25.'te verilmiştir.

Çizelge 4.25. Kinoa bitkisinde elde edilen yaprak nispi su içeriği (LRWC) değerlerine ait Bonferroni testi sonuçları

	T1	T2	T3	T4	ORTALAMA
K1	83.940 a A	78.007 a B	74.860 a C	71.340 a D	77.037 a
K2	81.793 a A	77.167 a B	73.873 a C	70.797 a D	75.907 ab
K3	78.560 b A	77.227 a A	73.217 a B	70.017 a C	74.755 b
K4	75.580 c A	74.120 b A	69.007 b B	64.713 b C	70.855 c
ORTALAMA	79.968 A	76.630 B	72.739 C	69.217 D	

Tuz Konuları: $p < 0.0001$; **Kuraklık Konuları:** $p < 0.0001$; **Tuz Konuları* Kuraklık Konuları:** $p < 0.05$ (Aynı tuzluluk seviyesinde farklı sulama suyu miktarlarında: a↓; Aynı sulama suyu miktarlarında farklı tuzluluk seviyesinde: A→)

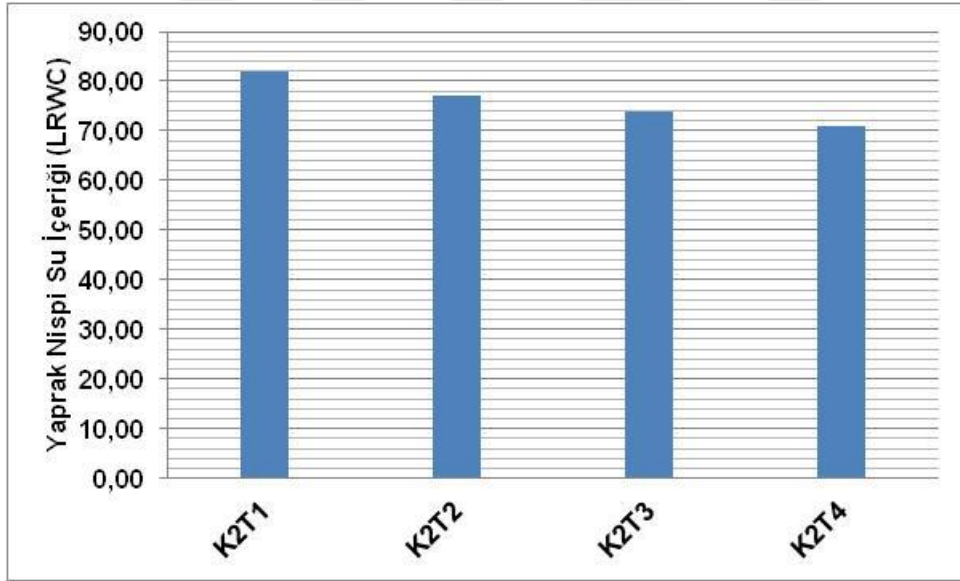
Denemede yıkama konusu olan ve kinoa bitkisine ihtiyacı olan suyun %120 oranında uygulandığı K1 sulama suyu miktarı konusunda artan tuzluluk seviyesi LRWC değerinde azalmaya sebep olmuştur. K1 sulama suyu miktarı konusunda en yüksek LRWC değeri 83.940 olarak K1T1 konusundan elde edilirken tuzluluk konsantrasyonunun artmasıyla beraber K1T4 konusunda 71.340 değerine kadar azalarak en düşük değerini almıştır. K1 sulama suyu konusunda artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.66.'da gösterilmiştir. İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde ise her bir tuzluluk seviyesi arasındaki farklar önemli bulunmuş ve birbirinden farklı önemli dört grup oluşmuş, her tuzluluk seviyesi ayrı grupta yer almıştır.



Şekil 4.66. K1 sulama suyu konusunda artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler

Tam sulama suyu konusu olan K2 sulama suyu miktarında tuzluluğun artmasıyla beraber K1 konusuna benzer şekilde LRWC değerinde azalma meydana gelmiştir. En yüksek LRWC değeri K2T1 konusundan 81.793 olarak elde edilirken tuzluluğun artmasıyla beraber LRWC değeri K2T4 konusunda en düşük değerini

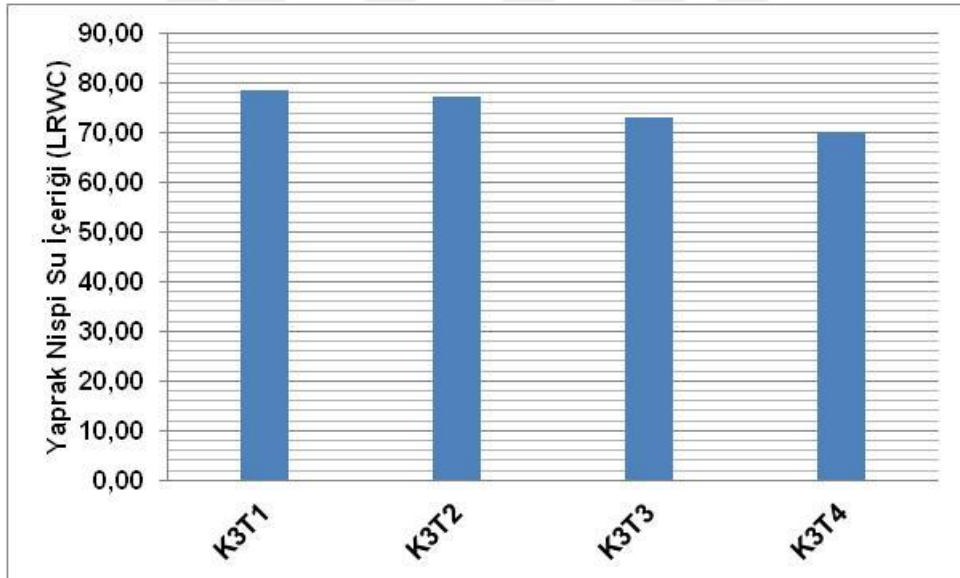
olarak 70.797 değerine kadar düşmüştür. K2 sulama suyu miktarı konuları kinoa bitkisinin ihtiyaç duyduğu suyun tamamının karşılandığı, %100 oranında sulama suyu verilen, uygulama olması nedeniyle bitki su stresine girmemiş ve sulama suyu miktarı konuları içerisinde kontrol grubu kabul edilmiştir. Bu konuda bitki sadece artan tuzluluk seviyesinden etkilenerek tuzluluk stresine girmiştir. Bu nedenle, K2 sulama suyu miktarı konusunda, sadece sulama suyundaki tuzluluk konsantrasyonlarına bağlı olarak LRWC değerinin nasıl etkilendiğini görmek mümkündür. K2 sulama suyu konusunda artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.67.'de verilmiştir. İstatistiksel olarak da K1 konusuna benzer şekilde her tuzluluk seviyesi ayrı grupta yer almış her biri arasında önemli fark bulunmuştur. Bu nedenle, K2 sulama suyu miktarı konusunda birbirinden farklı önemli dört grup oluşmuştur.



Şekil 4.67. K2 sulama suyu konusunda artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler

Kinoa bitkisinin ihtiyaç duyduğu suyun %70 oranında sağlandığı K3 sulama suyu miktarı konusunda da tuzluluk konsantrasyonuyla beraber LRWC

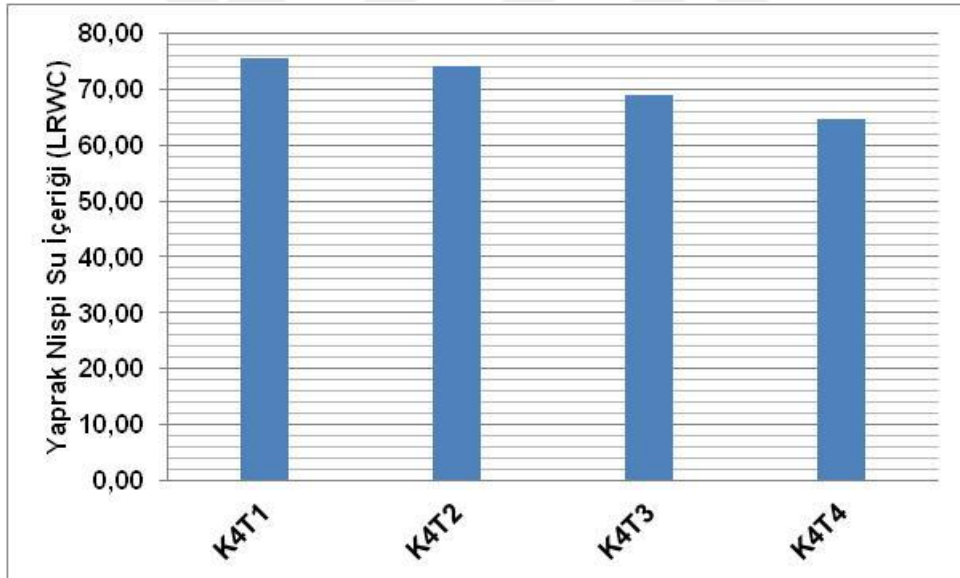
değerinde düşüş meydana gelmiştir. Diğer sulama konularına benzer şekilde en yüksek LRWC değeri K3T1 konusundan 78.560 olarak elde edilmiş, en düşük ise K3T4 konusundan 70.017 olarak elde edilmiştir. K3 sulama suyu konusunda artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.68.'de gösterilmiştir. İstatistiksel açıdan K3 sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk konsantrasyonlarının LRWC değeri üzerine etkileri değerlendirildiğinde ise birbirinden farklı önemli üç grup oluşmuştur. Birinci grupta K3T1 ve K3T2 konuları; ikinci grupta K3T3 konusu; üçüncü grupta ise K3T4 konusu yer almıştır. K3 sulama suyu miktarında T1 tuzluluk seviyesi ile T2 tuzluluk seviyesi arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunamamıştır ve bu nedenle, aynı grupta yer almışlardır.



Şekil 4.68. K3 sulama suyu konusunda artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler

Sulama suyu kısıt konularından biri olan ve kinoa bitkisinin ihtiyacı olan suyun %50 oranında sağlandığı K4 konusunda da tuzluluk seviyesinin artmasıyla birlikte LRWC değerinde azalma olduğu gözlenmiştir. K4 konusunda da en yüksek

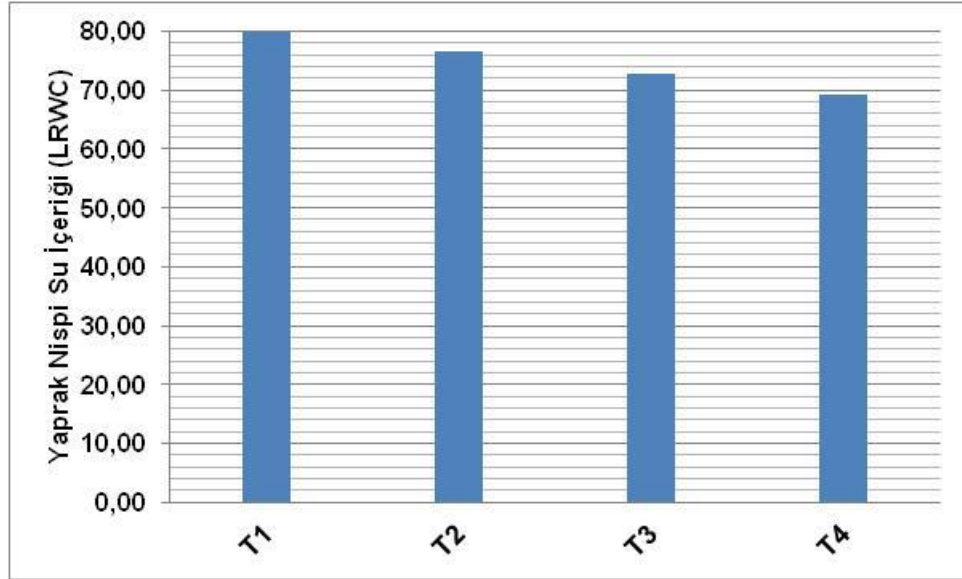
LRWC değeri K4T1 uygulamasından 75.580 olarak, en düşük LRWC değeri ise K4T4 konusundan 64.713 olarak bulunmuştur. K4 sulama suyu konusunda artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.69.'da verilmiştir. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde ise K3 konusuna benzer olduğu görülmüştür ve K4 sulama suyu miktarı konularında tuzluluk düzeylerine bağlı olarak LRWC değerlerinde farklı önemli üç grup oluşmuştur. Oluşan gruplar da K3 konusundaki gibi meydana gelmiştir. Yani, K3 konusunda olduğu gibi birinci grupta K4T1 ve K4T2 konuları, ikinci grupta K4T3 konusu, üçüncü grupta ise K4T4 konusu yer almıştır. K4 sulama suyu miktarında da T1 tuzluluk seviyesi ile T2 tuzluluk seviyesi arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunamamıştır ve bu nedenle, aynı grupta yer almışlardır.



Şekil 4.69. K4 sulama suyu konusunda artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler

Tuzluluk seviyelerinde genel olarak ortalamaları değerlendirdiğimizde tuzluluk konsantrasyonu arttıkça LRWC değerinde azalma söz konusudur. Çizelge 4.25.'te genel olarak tuzluluk konsantrasyonlarına bağlı olarak değişen ortalama

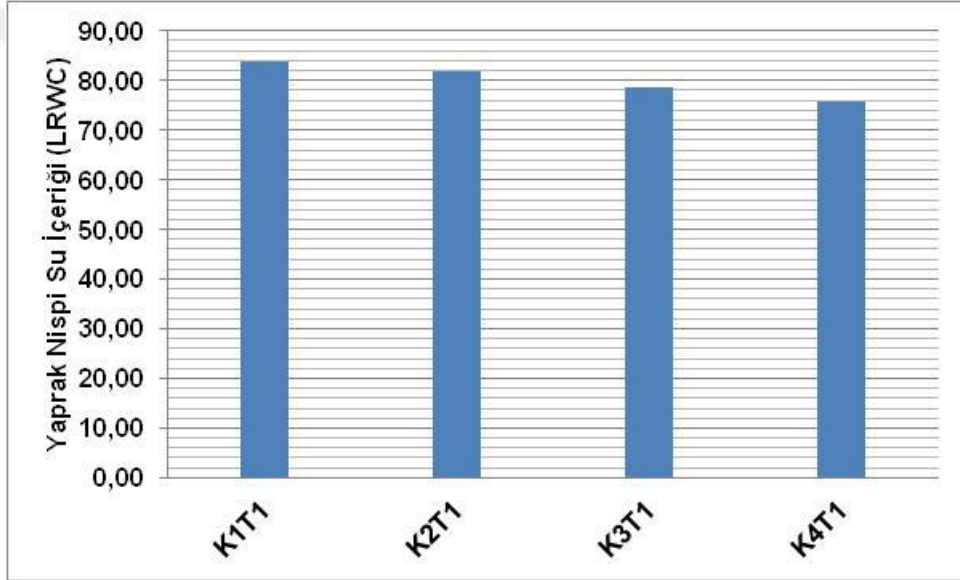
LRWC değerleri konularına göre gösterilmiştir. Tuzluluk ortalama değerleri göz önüne alındığı zaman en yüksek ortalama LRWC değeri T1 tuzluluk seviyesinde 79.968 olarak elde edilirken, en düşük ortalama LRWC değeri 69.217 ile T4 tuzluluk düzeyinden elde edilmiştir. Artan tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak ortalama LRWC değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.70.'te verilmiştir. İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde ise tüm tuzluluk konuları arasında fark bulunmuş, her bir tuzluluk seviyesi ayrı grupta yer almıştır. Bu nedenle istatistiksel olarak farklı önemli dört grup oluşmuştur.



Şekil 4.70. Uygulanan sulama suyunda artan tuzluluk düzeyine bağlı olarak ortalama LRWC değerinde meydana gelen değişimler

Şebeke suyu ile sulanan T1 konusu tuzluluk konuları içinde kontrol konusudur. Bu nedenle sadece sulama suyu miktarının LRWC değeri üzerine etkilerini bu konuda gözlemlemek mümkündür. Çizelge 4.25.'te görüldüğü gibi T1 tuzluluk düzeyinde sulama suyu miktarı azaldıkça LRWC değerinde azalma meydana gelmiştir. T1 tuzluluk düzeyinde en yüksek LRWC değeri 83.940 olarak K1T1 uygulamasından elde edilirken sulama suyu miktarı azaldıkça LRWC değeri

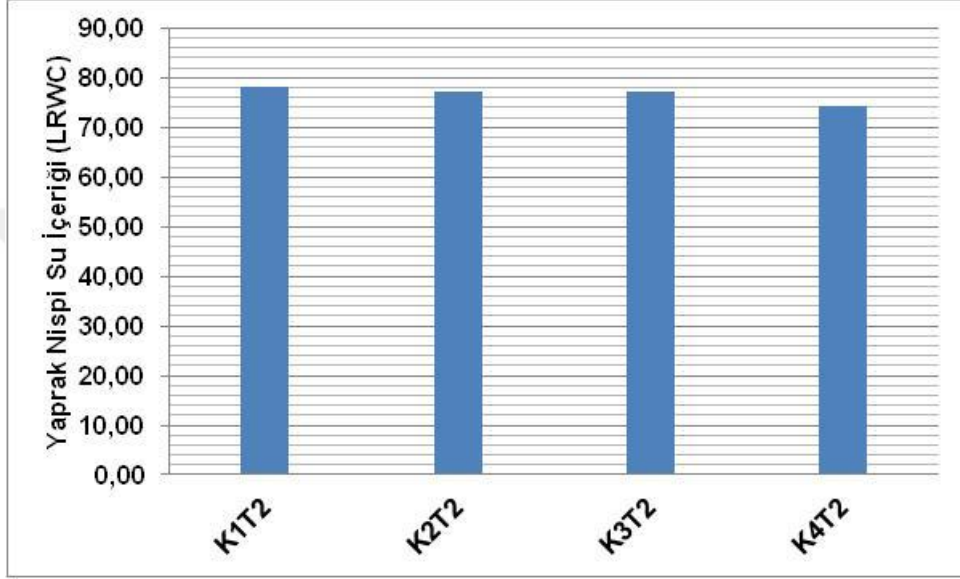
de azalarak en düşük değeri olan 75.580 değerini K4T1 uygulamasında almıştır. T1 tuzluluk konsantrasyonu konusunda uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.71’de gösterilmiştir. T1 tuzluluk konsantrasyonunda sulama suyu miktarının değişiminin LRWC değeri üzerine etkileri istatistiksel açıdan değerlendirildiği zaman ise, birbirinden farklı önemli üç grup oluşmuştur. Birinci grupta K1T1 ve K2T1 konuları, ikinci grupta K3T1 konusu, üçüncü grupta ise K4T1 konusu yer almıştır.



Şekil 4.71. T1 tuzluluk konsantrasyonu konusunda uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler

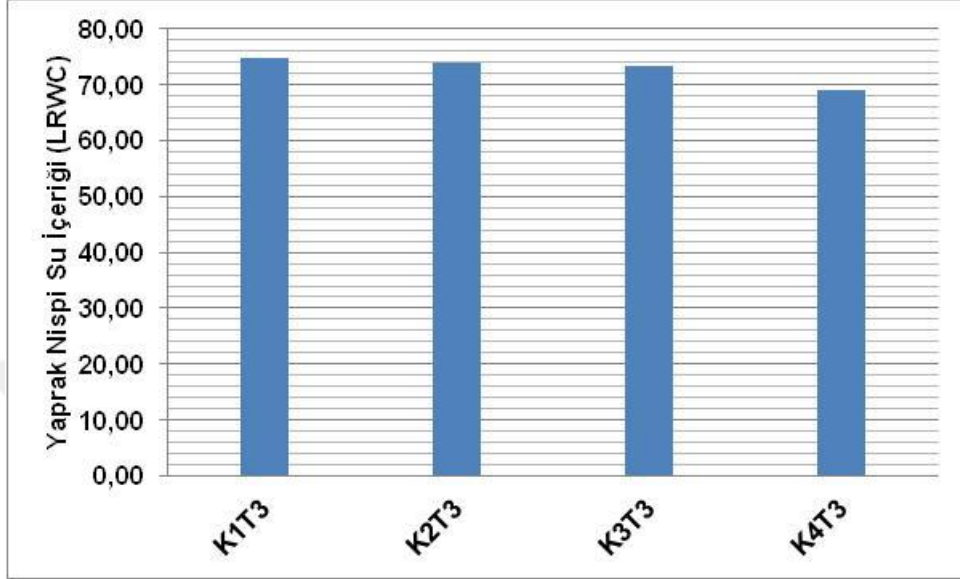
5 dS/m tuzluluk konsantrasyonunda olan T2 konusunda uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça LRWC değerinde azalma görülmüştür. K3T2 konusunda küçük bir miktar K2T2 konusuna göre LRWC değerinde artış olmuştur. Elde edilen en yüksek LRWC değeri K1T2 konusundan 78.007 iken, uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça K4T2 konusunda en düşük değeri olan 74.120 değerini almıştır. Şekil 4.72.’de T2 tuzluluk düzeyinde uygulanan sulama suyu miktarının LRWC değeri üzerine etkileri gösterilmiştir. Her ne kadar sulama suyu miktarı azaldıkça

LRWC değerinde de azalma olsa da istatistiksel açıdan incelendiğinde farklı önemli iki grup oluşmuştur. Birinci grupta K1T2, K2T2 ve K3T2 konuları yer alırken ikinci grupta K4T2 konusu yer almıştır.



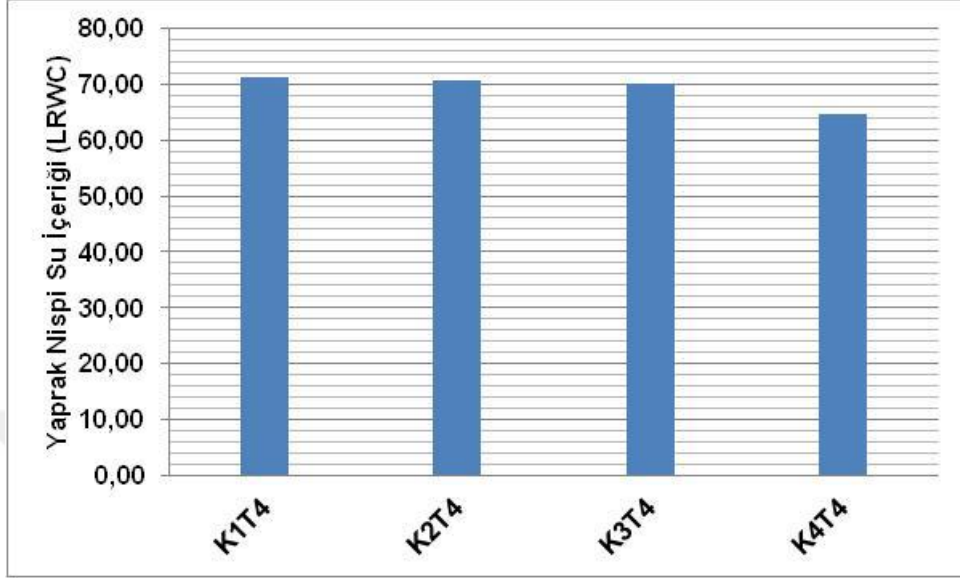
Şekil 4.72. T2 tuzluluk konsantrasyonu konusunda uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler

10 dS/m tuzluluk konsantrasyonunda olan T3 tuzluluk konusunda uygulanan sulama suyu miktarının azalmasıyla birlikte LRWC değerinde de azalma meydana gelmiştir. T3 tuzluluk düzeyinde en yüksek LRWC değeri 74.860 ile K1T3 konusundan; en düşük LRWC değeri ise 69.007 ile K4T3 konusundan elde edilmiştir. Şekil 4.73.'te T3 tuzluluk seviyesi konusunda uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler gösterilmiştir. İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde ise T2 konusuna benzer şekilde olduğu gözlenmiştir. Her ne kadar sulama suyu miktarı azaldıkça LRWC değerinde de azalma olsa da Bonferroni testi sonuçlarına göre farklı önemli iki grup oluşmuştur. Birinci grupta K1T3, K2T3 ve K3T3 konuları yer alırken ikinci grupta K4T3 konusu yer almıştır.



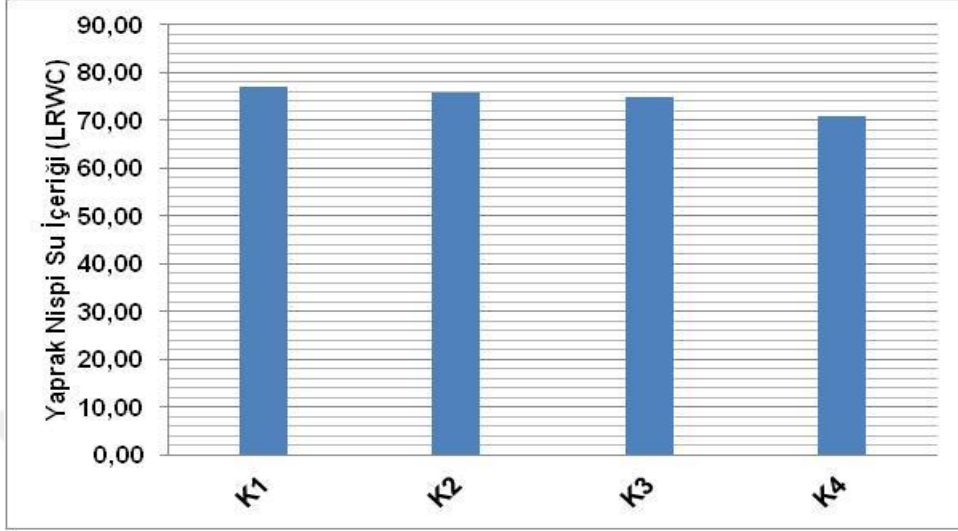
Şekil 4.73. T3 tuzluluk konsantrasyonu konusunda uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak LRWC değerinde meydana gelen değişimler

20 dS/m tuzluluk konsantrasyonunda olan T4 tuzluluk konularında da diğer tuzluluk konularına benzer şekilde sulama suyu miktarının azalması LRWC değerinde düşüğe sebep olmuştur. En yüksek LRWC değeri bu uygulamada da K1T4 konusundan 71.340 olarak elde edilirken, en düşük LRWC değeri K4T4 konusundan 64.713 olarak bulunmuştur. T4 tuzluluk konsantrasyonunda değişen sulama suyu miktarlarının LRWC değeri üzerine etkileri Şekil 4.74.'te gösterilmiştir. Sulama suyu miktarının azalmasıyla birlikte LRWC değerlerinde de azalma olsa da istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde diğer tuzluluk konularında olduğu gibi farklı önemli iki grup oluşmuştur. Birinci grupta K1T4, K2T4 ve K3T4 konuları yer alırken ikinci grupta K4T4 konusu yer almıştır.



Şekil 4.74. T4 tuzluluk konsantrasyonunda değişen sulama suyu miktarlarının LRWC değeri üzerine etkileri

Değişen sulama suyu miktarlarında genel olarak ortalama LRWC değerlerini incelediğimizde sulama suyu miktarı azaldıkça ortalama LRWC değerinde de azalma söz konusudur. Çizelge 4.25.'te genel olarak sulama suyu miktarlarına bağlı olarak değişen ortalama LRWC değerleri konularına göre verilmiştir. Sulama suyu miktarı ortalama değerleri göz önüne alındığı zaman en yüksek ortalama LRWC değeri K1 sulama suyu miktarından 77.037 olarak elde edilirken, en düşük ortalama LRWC değeri 70.855 ile K4 sulama suyu miktarından elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak ortalama LRWC değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.75.'te verilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça ortalama LRWC değerinde düşüş meydana gelse de istatistiksel açıdan farklı önemli üç grup oluşmuştur. Birinci grupta K1 ve K2 konuları, ikinci grupta K2 ve K3 konuları, üçüncü grupta ise K4 konusu yer almıştır.



Şekil 4.75. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak ortalama LRWC değerinde meydana gelen değişimler

Siddique ve ark (2000), dört farklı buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşidinde yaptığı çalışmada, kuraklık stresinin çeşitlerin yaprak su potansiyelini ve nispi nem içeriğini azalttığını bulmuşlardır.

Killi ve Haworth (2017), kinoa bitkisine şu konuları; kontrol (tarla kapasitesinin %80'i oranında sulama), kuraklık (tarla kapasitesinin %30'u oranında sulama), tuzluluk (300 mmol tuzlu su kullanılarak tarla kapasitesinin %80'i oranında sulama) ve tuzluluk-kuraklık (300 mmol tuzlu su kullanılarak tarla kapasitesinin %30'u oranında sulama) beş tekerrürlü olarak uygulamışlardır. Araştırmacılar denemenin sonunda, kuraklık ve tuz stresinin yaprak nispi su içeriğinde, % 17.0 ve % 19.3 oranlarında önemli bir düşüşe yol açtığını; kuraklık ve tuzluluk stresinin bir arada uygulandığı konularda ise, yaprak nispi su içeriğinde %36.9 daha büyük bir düşüş meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Kinoa bitkisinin stres koşullarında hızlı bir şekilde stomalarını kapatması 'izohidrik' davranışının karakteristiği olduğu (Jacobsen ve ark, 2009) ve bu davranışı yaprak su potansiyeli ve RWC değerini korumak amacıyla gerçekleştirdiği bildirilmiştir (Sade ve ark, 2012). Kuraklık nedeniyle kinoa bitkisi

yaprak RWC değerinde meydana gelen önemli azalmalar, bu stresin belirgin olduğunu ifade etmektedir (Killi ve Haworth, 2017). Bununla birlikte, çevre şartlarının altında CO₂' ye uzun süre maruz bırakılarak stoma kısıtlamalarının ortadan kaldırılması (Centritto ve ark, 2003), kinoa'nın fotosentetik kapasitesini koruduğunu göstermektedir (Killi ve Haworth, 2017).

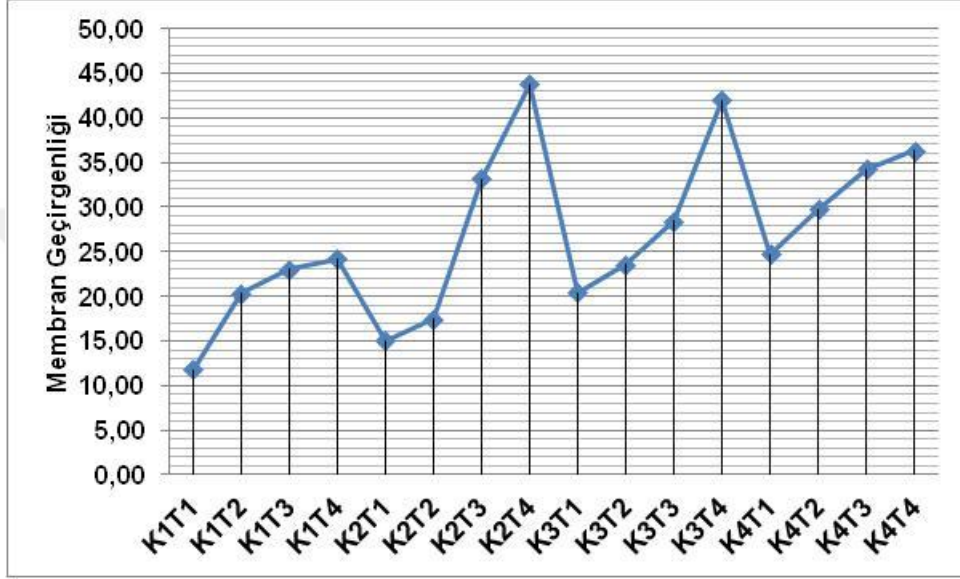
4.12. Membran Geçirgenliği (Eloktrolit sızıntı)

Denemede membran geçirgenliğini (elöktrolit sızıntı) hesaplamak amacıyla örnekler arazi koşullarında bitki henüz yeşil iken alınmıştır. Uygulamalardan en yüksek membran geçirgenliği değeri 48.04 ile K2T4 konusundan elde edilirken en düşük membran geçirgenliği 10.40 değeri ile K1T1 konusundan elde edilmiştir. Elde edilen diğer konulara ait değerler bu iki değer arasında değişmektedir. Uygulamalara göre değişen membran geçirgenliği değerlerinden elde edilen sonuçlar deneme konularına göre Çizelge 4.26.'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Uygulama konularına göre elde edilen membran geçirgenliği değerleri

Membran Geçirgenliği (Eloktrolit Sızıntı)				
KONULAR	I	II	III	ORTALAMA
K1T1	10.40	14.07	10.93	11.80
K1T2	19.53	21.66	19.75	20.31
K1T3	23.92	21.31	23.77	23.00
K1T4	23.33	25.68	23.39	24.13
K2T1	12.48	16.52	15.96	14.99
K2T2	16.24	19.77	16.37	17.46
K2T3	33.37	35.88	30.08	33.11
K2T4	38.85	48.04	44.29	43.73
K3T1	20.49	18.22	22.44	20.38
K3T2	24.03	22.00	24.59	23.54
K3T3	28.70	28.41	28.08	28.40
K3T4	42.94	44.15	38.87	41.99
K4T1	23.56	22.24	28.21	24.67
K4T2	30.17	29.73	29.46	29.79
K4T3	35.15	34.42	33.32	34.30
K4T4	35.58	36.94	36.39	36.30

Çizelge 4.26.'da denemedeki her bir konuya ait ortalama membran geçirgenliği değerleri de belirtilmiştir. Uygulanan koşullara göre değişen ortalama membran geçirgenliği değerlerinin değişimleri Şekil 4.76.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.76. Uygulama konularına göre ortalama membran geçirgenliği değerlerinde meydana gelen değişimler

Yapılan istatistiksel analizlere göre sulama suyu miktarı konuları ve tuzluluk konuları kinoa bitkisinde hem ayrı ayrı hem de ikisi birlikte membran geçirgenliği değeri üzerine önemli etkileri olmuştur ve uygulamalar sonucunda elde edilen kinoa bitkisinde membran geçirgenliği değeri verilerine ait Bonferroni testi sonuçları Çizelge 4.27.'de verilmiştir.

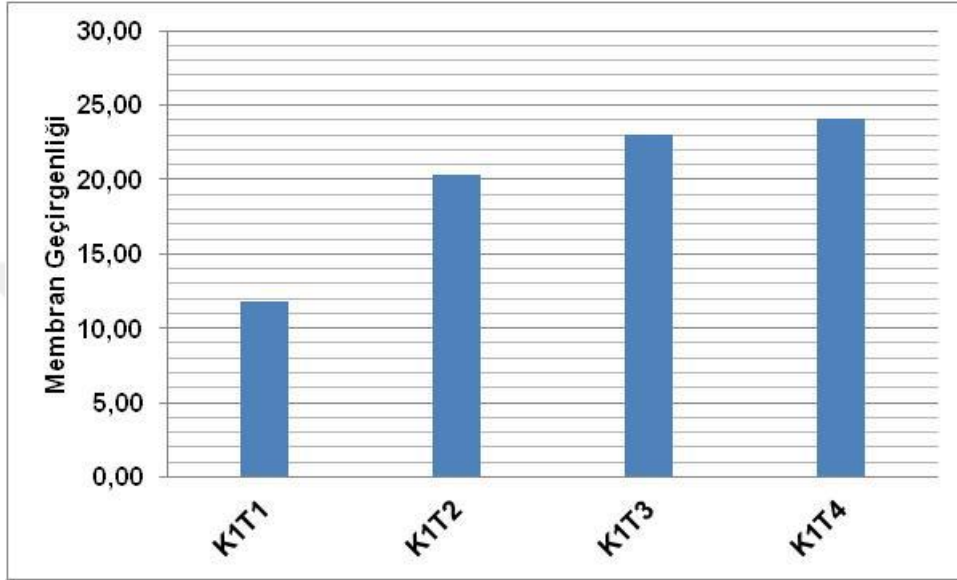
Çizelge 4.27. Kinoa bitkisinde elde edilen membran geçirgenliği değerlerine ait Bonferroni testi sonuçları

	T1	T2	T3	T4	ORTALAMA
K1	11.800 b B	20.310 bc A	23.000 c A	24.136 c A	19.811 c
K2	14.986 b C	17.457 c C	33.108 ab B	43.723 a A	27.319 b
K3	20.385 a C	23.541 b BC	28.397 b B	41.988 a A	28.578 b
K4	24.667 a C	29.786 a B	34.296 a AB	36.302 b A	31.263 a
ORTALAMA	17.960 D	22.774 C	29.700 B	36.537 A	

Tuz Konuları: $p<0.0001$; **Kuraklık Konuları:** $p<0.0001$; **Tuz Konuları* Kuraklık Konuları:** $p<0.0001$ (Aynı tuzluluk seviyesinde farklı sulama suyu miktarlarında: a↓; Aynı sulama suyu miktarlarında farklı tuzluluk seviyesinde: A→)

Denemede yıkama konusu olan ve kinoa bitkisine ihtiyacı olan suyun %120 oranında uygulandığı K1 sulama suyu miktarı konusunda artan tuzluluk seviyesi membran geçirgenliği değerinde de artışa sebep olmuştur. İstatistiksel olarak K1T1 konusu diğer tuzluluk konularından farklı bulunmuştur. Her ne kadar ortalamalar arasında tuzluluk seviyesinin artışıyla membran geçirgenliği değerinde de artış olsa da istatistiksel olarak K1T2, K1T3 ve K1T4 konuları arasında bir fark bulunamamıştır. K1 sulama suyu miktarı konularında en yüksek membran geçirgenliği değeri K1T4 konusundan 24.136 olarak elde edilirken, en düşük membran geçirgenliği değeri 11.800 ile K1T1 konusundan elde edilmiştir. İstatistiksel olarak farkın ilk gözlemlendiği konu olan K1T2 konusunda ise membran geçirgenliği değeri 20.310 olarak bulunmuştur. Bu konuda yıkama yapılması tuzluluğun etkisini azaltmış olması tuzluluk konuları arasında fark çıkmamasına neden olmuştur. K1T1 konusu zaten şebeke suyu ile sulandığı için diğer konulardan farklı çıkmıştır. Yıkma yapılması durumunda sulama suyunun tuzluluk düzeyinin belirlenen koşullar altında membran geçirgenliğine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. K1 sulama suyu miktarı konusunda

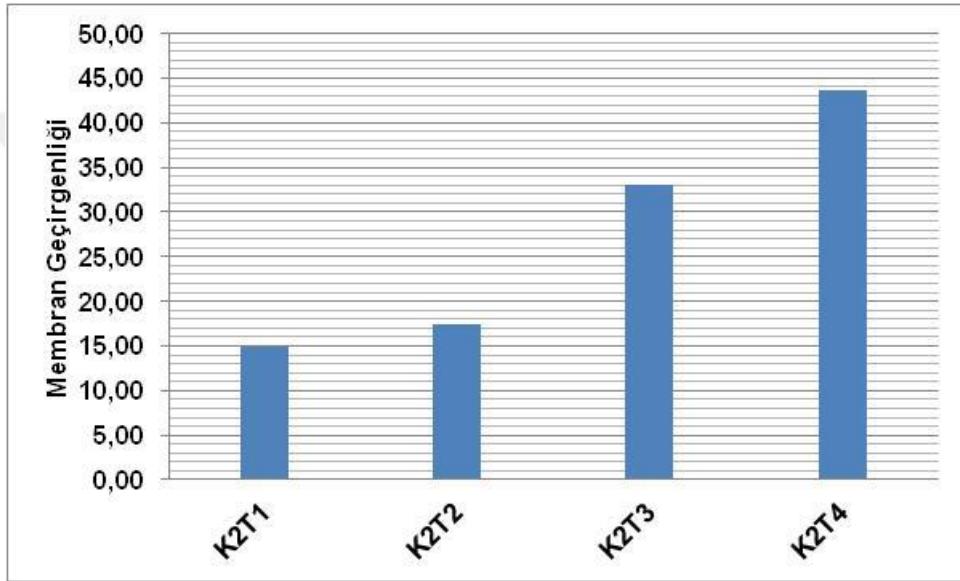
tuzluluk düzeyine bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.77.'de verilmiştir.



Şekil 4.77. K1 sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk düzeyine bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler

Kinoa bitkisinin ihtiyacı olan sulama suyunun tamamının karşılandığı tam sulama suyu miktarı konusu olan K2 konusunda tuzluluk seviyesi arttıkça membran geçirgenliğinde artış olmuştur. Ancak bu artışlar K1 sulama suyu miktarı konusuna göre daha sert geçişlerle olmuştur. En düşük membran geçirgenliği değeri K2T1 konusundan 14.986 olarak elde edilirken en yüksek K2T4 konusundan 43.723 olarak elde edilmiştir. İstatistiksel olarak K2T1 ve K2T2 konusu arasında fark bulunamamıştır. K2T3 konusu ise diğer konulardan istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Aynı şekilde K2T4 konusu da diğer konulardan farklı bulunmuştur. Böylece tam sulama suyu uygulamasında istatistiksel olarak tuzluluk seviyesine bağlı olarak önemli üç farklı grup oluşmuştur. K2 konusu tam sulama suyu uygulaması olduğu için kuraklık konuları içinde kontrol grubu kabul edilmiştir. Yani, K2 konusunda kinoa bitkisi kuraklık

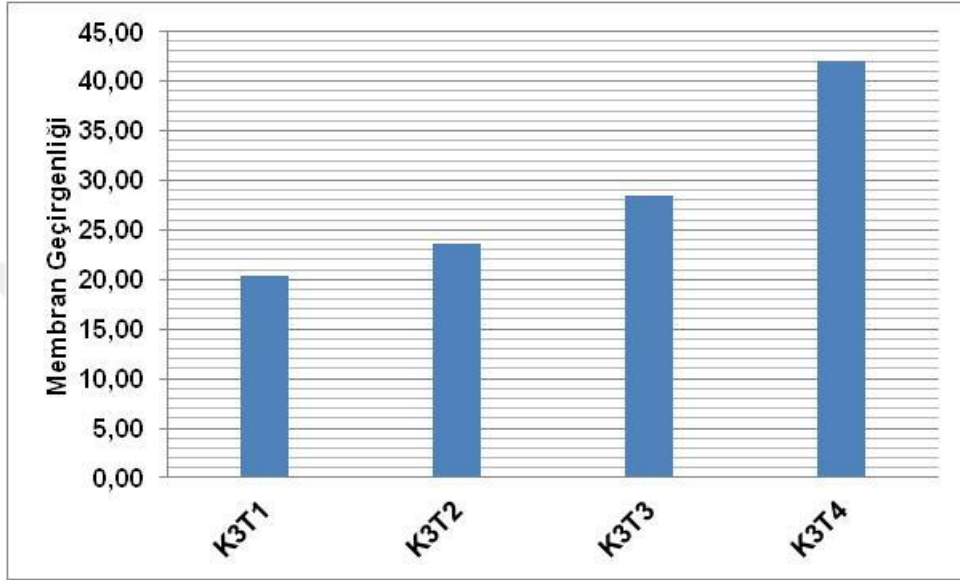
stresi uygulanmamış, sadece sulama suyu tuzluluk düzeyindeki değişimlerden etkilenmiştir. Bu nedenle bu konuda sadece tuzluluk konsantrasyonundaki değişimin membran geçirgenliği değerine olan etkisi gözlenmiştir. K2 sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk düzeyine bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.78.'de verilmiştir.



Şekil 4.78. K2 sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk düzeyine bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler

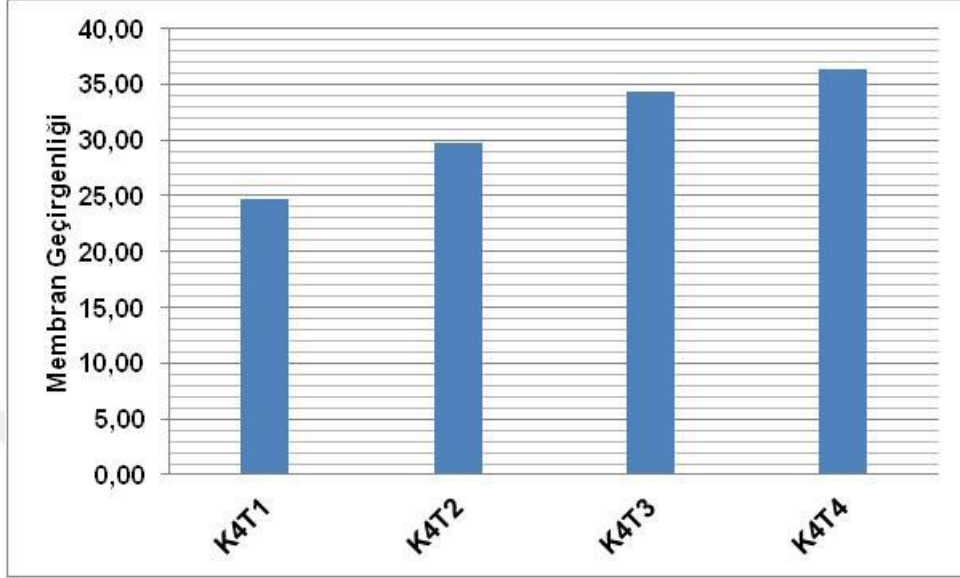
Kinoa bitkisinin ihtiyacı olan suyun %70 oranında verildiği K3 konusunda da benzer şekilde tuzluluk düzeyi arttıkça membran geçirgenliği değerinde artış olmuştur. Ancak, K3T4 uygulamasına kadar bu artış miktarı hafif seyrederken K3T4 konusunda sert bir artış meydana gelmiştir (Şekil 4.78.). En düşük membran geçirgenliği değeri K3T1 konusundan 20.385 olarak elde edilirken K3T4 konusunda bu değer 41.988 ile en yüksek değerini almıştır. K3 sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk düzeyine bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.79.'da verilmiştir. İstatistiksel olarak

değerlendirildiğinde birbirinden farklı önemli üç grup oluşmuştur. Birinci grupta K3T1 ve K3T2; ikinci grupta K3T2 ve K3T3; son grupta ise K3T4 yer almıştır.



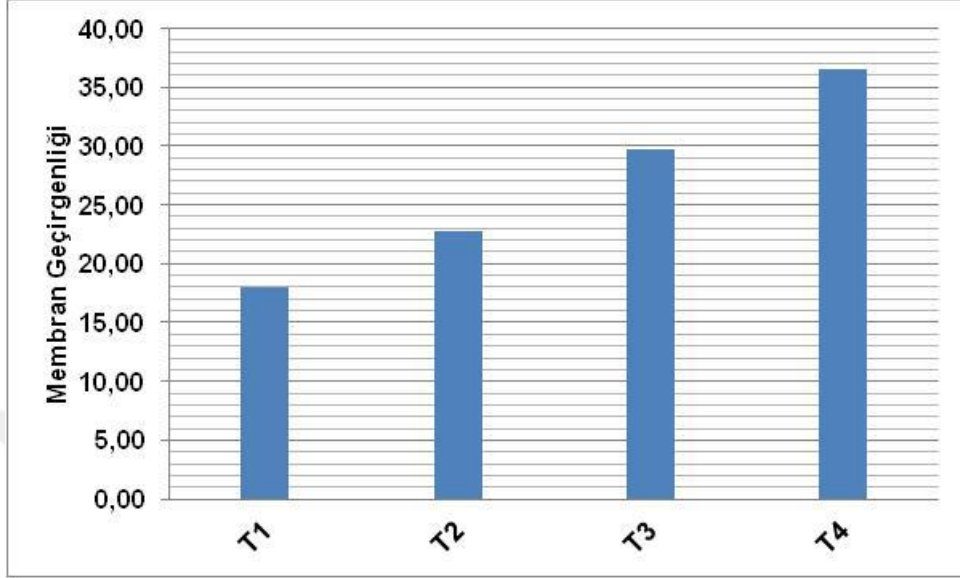
Şekil 4.79. K3 sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk düzeyine bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler

Denemede bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun %50 oranında uygulandığı K4 konusunda da tuzluluk düzeyi arttıkça membran geçirgenliği değerinde artış gözlenmiştir. Membran geçirgenliğindeki bu artışlar diğer konuların aksine tüm tuzluluk seviyelerinde hafif artışlar olarak seyretmiştir (Şekil 4.79.). Membran geçirgenliği değeri 24.667 ile en düşük K4T1 konusundan elde edilirken, en yüksek değeri K4T4 konusundan 36.302 olarak elde edilmiştir. K4 sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk düzeyine bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.80.'de verilmiştir. Ancak, istatistiksel olarak önemli birbirinden farklı üç grup oluşmuştur. Birinci grupta sadece K4T1; ikinci grupta K4T2 ve K4T3; üçüncü grupta ise K4T3 ve K4T4 konuları yer almıştır.



Şekil 4.80. K4 sulama suyu miktarı konusunda tuzluluk düzeyine bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler

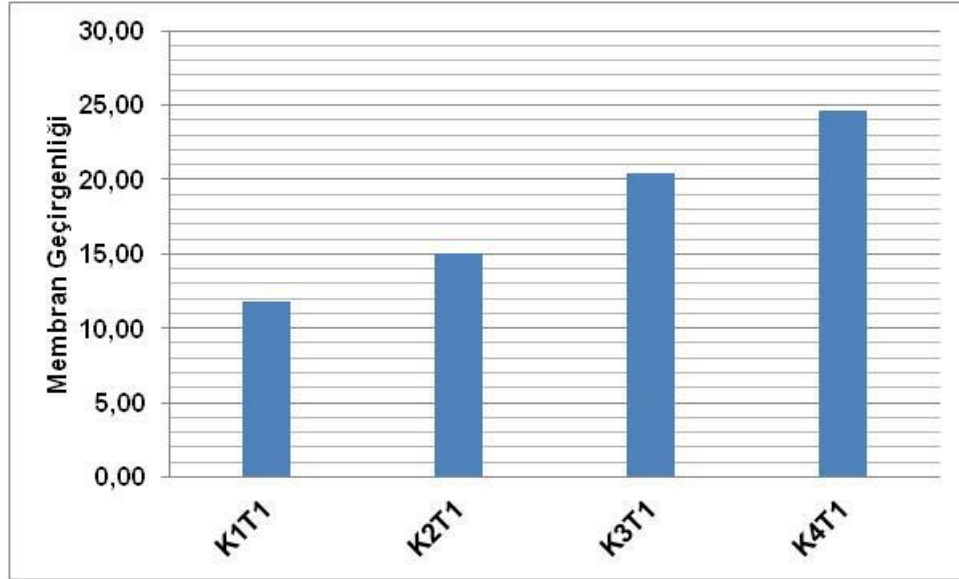
Tuzluluk seviyelerinde genel olarak ortalamaları değerlendirdiğimizde tuzluluk düzeyi arttıkça membran geçirgenliği değerinde de artış meydana gelmiştir. En düşük ortalama membran geçirgenliği T1 konusundan 17.960 olarak elde edilirken, en yüksek ise 36.537 değeri olarak T4 tuzluluk düzeyinden elde edilmiştir (Çizelge 4.27.). Uygulanan sulama suyunda artan tuzluluk seviyelerine bağlı olarak ortalama membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.81.'de gösterilmiştir. İstatistiksel açıdan da her bir tuzluluk seviyesi önemli seviyede birbirinden farklılık göstermiştir, bu nedenle her bir tuzluluk düzeyi istatistiksel açıdan ayrı grupta yer almıştır.



Şekil 4.81. Uygulanan sulama suyu tuzluluk seviyelerine bağlı olarak ortalama membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler

Şebeke suyu ile sulanan ve tuzluluk konuları içinde kontrol grubu kabul edilen T1 tuzluluk seviyesinde uygulanan sulama suyu miktarının azalması membran geçirgenliği değerinde sürekli bir artışa sebep olmuştur. T1 tuzluluk düzeyinde en düşük membran geçirgenliği K1T1 konusundan 11.800 değerinde elde edilirken, K4T1 konusunda bu 24.667 değerine çıkarak en yüksek membran geçirgenliği değerine ulaşmıştır. T1 konusu şebeke suyu ile sulandığı için kinoa bitkisi tuzluluk stresine maruz kalmadığı dolayısıyla; T1 uygulama konularında membran geçirgenliği değeri üzerine sadece uygulanan sulama suyu miktarının etkisi olduğunu söylemek mümkündür. T1 tuzluluk düzeyi konularında değişen sulama suyu miktarlarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.82.'de gösterilmiştir. İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde T1 tuzluluk düzeyinde değişen sulama suyu miktarının membran geçirgenliği değeri üzerine etkileri bakımından birbirinden farklı önemli iki grup oluşmuştur. Birinci grupta K1T1 ve K2T1 konuları yer alırken; ikinci grupta ise K3T1 ve K4T1 uygulama konuları yer almıştır. Birinci grupta yer alan

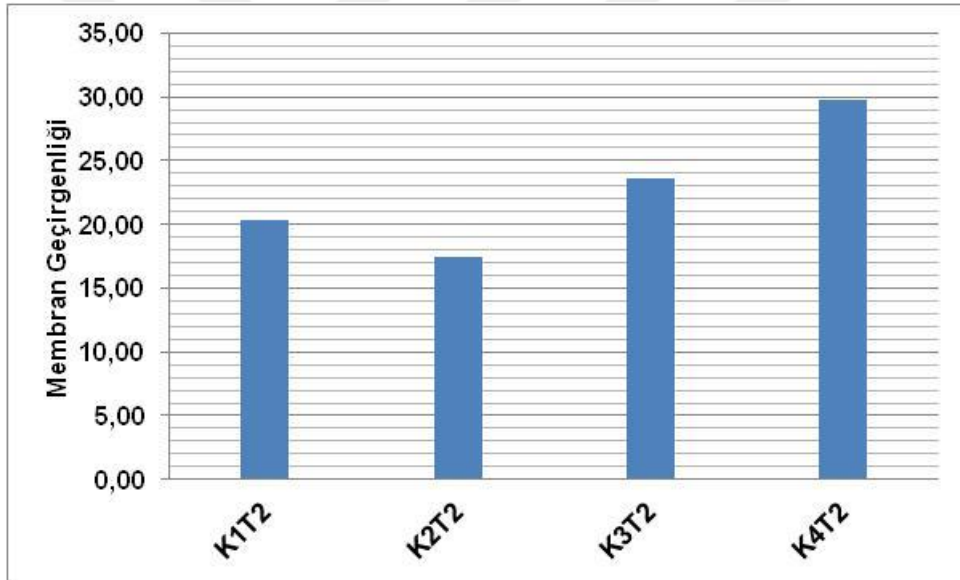
K1 sulama suyu miktarı konusu bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun %120 oranında uygulanılarak yıkama yapılan; K2 sulama suyu miktarı konusu ise bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun %100 oranında verilmesi ile uygulanan sulama suyu miktar konuları olmasından dolayı bu iki konu da ne kuraklık stresi ne de tuzluluk stresi yaratılmamıştır. Ancak, azalan sulama suyu miktarı konuları olan ve ikinci grupta yer alan K3 (%70) ve K4 (%50) su kısıtlı konuları membran geçirgenliği üzerine kısıt uygulanmayan konulardan önemli derecede farklı bulunmuştur fakat kısıt konuları arasında önemli bir fark bulunamamıştır.



Şekil 4.82. T1 tuzluluk düzeyi konularında değişen sulama suyu miktarlarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler

5 dS/m düzeyinde tuzluluğa sahip T2 tuzluluk konusunda yıkama yapılan K1 konusu hariç tutulursa %100 oranında tam sulama konusu olan K2 konusundan itibaren sulama suyu miktarı azaldıkça membran geçirgenliği değerinde artış meydana gelmiştir. T2 tuzluluk düzeyi konuları içerisinde en düşük membran geçirgenliği değeri 17.457 olarak K2T2 konusundan elde edilirken, bu değer K4T2 konusunda en yüksek değerini alarak 29.786 olmuştur. Yıkama yapılan K1T2

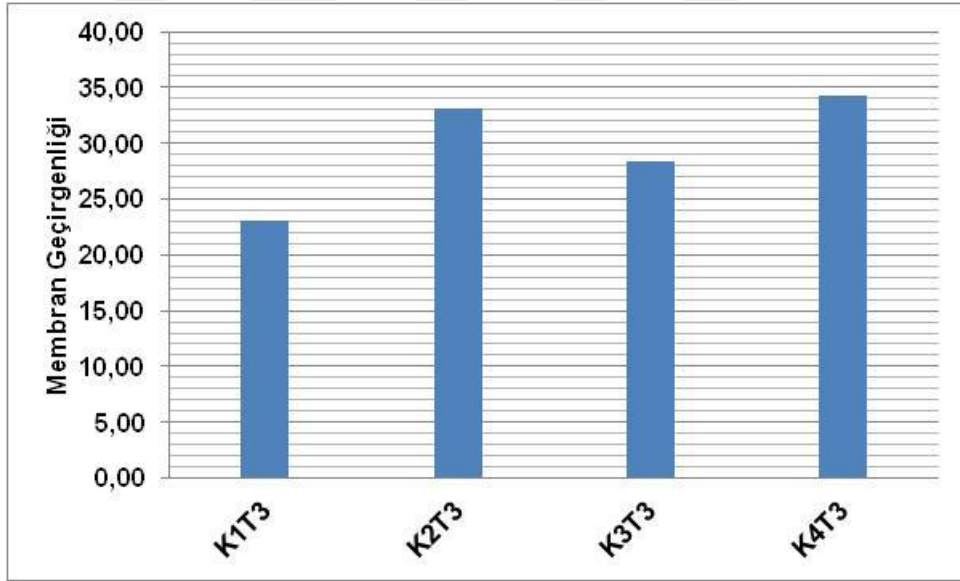
konusunda ise, membran geçirgenliği değeri 20.310 olarak bulunmuştur. T2 tuzluluk düzeyi konularında değişen sulama suyu miktarlarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.83.'de gösterilmiştir. İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde ise T2 tuzluluk düzeyinde değişen sulama suyu miktarına bağlı olarak birbirinden farklı önemli üç grup oluşmuştur. K1T2 konusu hem K2T2 konusu hem de K3T2 konusu ile benzer çıkarak aynı grupta yer alırken K2T2 ve K3T2 konuları birbirlerinden farklılık göstererek ayrı gruplarda yer almışlardır. K4T2 konusu ise diğer T2 konularından farklı bulunmuş ve diğer konulardan ayrılarak farklı bir grupta yer almıştır.



Şekil 4.83. T2 tuzluluk düzeyi konularında değişen sulama suyu miktarlarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler

10 dS/m tuzluluk seviyesinde olan T3 tuzluluk konusunda ise K3T3 konusu hariç tutulursa diğer sulama suyu miktarı konularında sulama suyu miktarı azaldıkça membran geçirgenliği değerinde artış meydana gelmiştir. T3 tuzluluk düzeyinde en düşük membran geçirgenliği değeri 23.000 ile K1T3 konusundan elde edilirken K4T3 konusunda bu en yüksek değerine ulaşarak 34.296 değerine

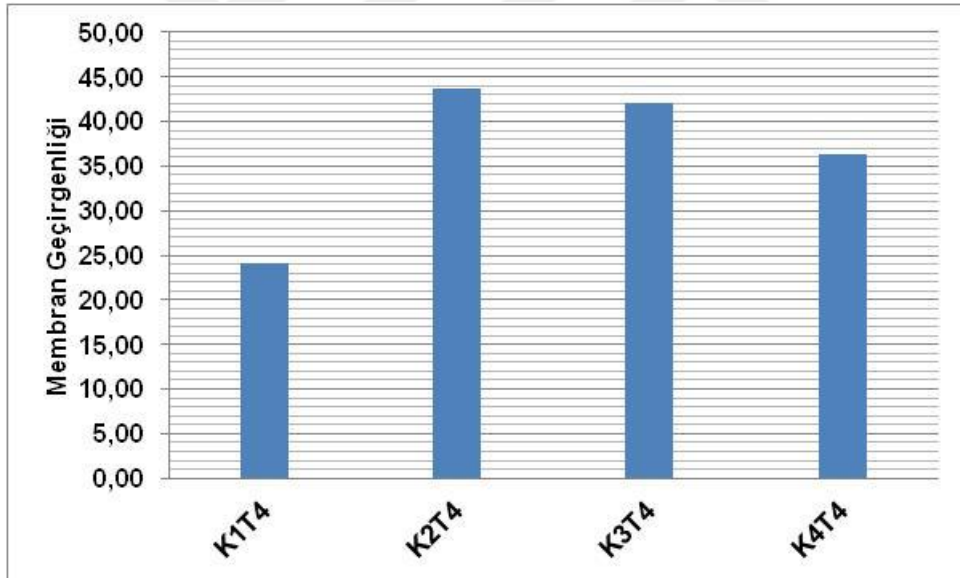
yükselmiştir. Genellemenin dışında tutulan K3T3 konusunda ise membran geçirgenliği değeri 28.397 olarak bulunmuş ve K2T3 konusuna göre düşüş gözlenmiştir. Ancak, K4T3 konusuna gelindiğinde tekrar bir artış meydana gelmiştir. T3 tuzluluk düzeyi konularında değişen sulama suyu miktarlarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.84.'te verilmiştir. İstatistiksel açıdan T3 tuzluluk düzeyinde değişen sulama suyu miktarları değerlendirildiğinde ise birbirinden farklı önemli üç grup oluşmuştur. K1T3 konusu diğer tüm uygulamalardan farklı bulunmuştur. K2T3 konusu hem K3T3 hem de K4T3 konusu ile benzer çıkmıştır ancak K3T3 ve K4T3 konuları arasında önemli farklar bulunmuş bu sebeple ayrı gruplarda yer almışlardır.



Şekil 4.84. T3 tuzluluk düzeyi konularında değişen sulama suyu miktarlarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler

20 dS/m tuzluluk konsantrasyonunda olan T4 konusuna gelindiğinde ise yıkama uygulaması yapılan K1T4 konusu hariç tutulduğunda sulama suyu miktarının azalması membran geçirgenliği değerinin de azalmasına neden olmuştur. En düşük membran geçirgenliği değeri K1T4 konusunda 24.136 olarak

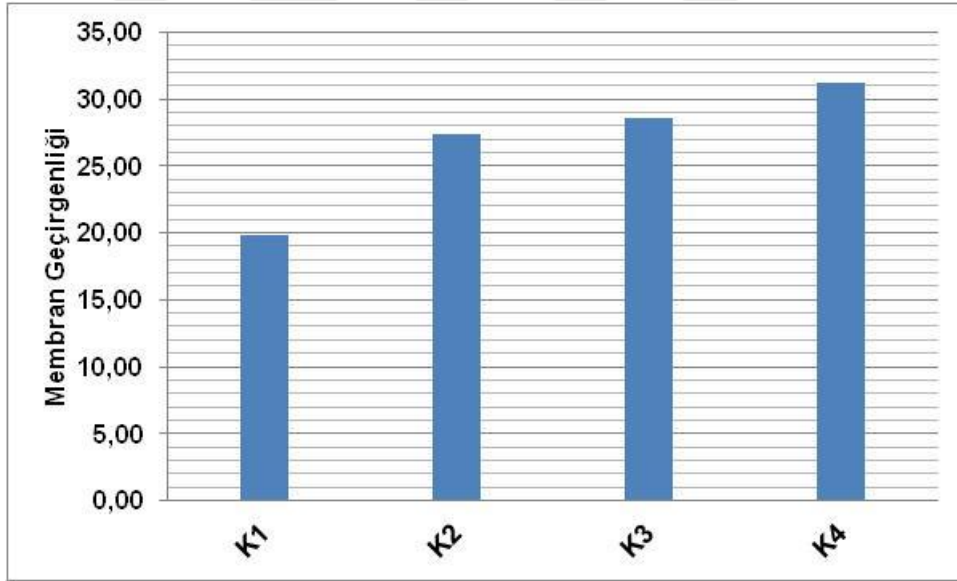
elde edilmiştir. Ancak bitkinin ihtiyacı olan sulama suyunun %100 oranında sağlandığı tam sulama konusu olan K2T4 uygulamasında membran geçirgenliği 43.723 değerine yükselerek T4 tuzluluk konuları içerisinde en yüksek değerine çıkmıştır. Daha sonra sulama suyu miktarının azalmasıyla beraber K3T4 konusunda 41.988 değerine, K4T4 konusunda ise 36.302 değerine düşmüştür. T4 tuzluluk düzeyi konularında değişen sulama suyu miktarlarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.85.'te gösterilmiştir. İstatistiksel açıdan T4 tuzluluk düzeyinde değişen sulama suyu miktarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerleri incelendiğinde birbirinden farklı önemli üç grup oluşmuştur. Birinci grupta K1T4 konusu; ikinci grupta K2T4 ve K3T4 konuları; üçüncü grupta ise K4T4 konusu yer almıştır.



Şekil 4.85. T4 tuzluluk düzeyi konularında değişen sulama suyu miktarlarına bağlı olarak membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler

Genel olarak sulama suyu miktarlarının membran geçirgenliği değeri üzerine etkilerine bakacak olursak, uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça membran geçirgenliği ortalama değerinde artış olduğu görülmektedir (Çizelge

4.27.). Sulama suyu miktarındaki değişimlerin membran geçirgenliği değeri üzerinde etkileri incelendiğinde; ortalama membran geçirgenliği değeri en düşük 19.811 olarak K1 sulama suyu miktarı konusundan elde edilirken; K4 konusunda 31.263 değerine yükselerek en yüksek membran geçirgenliği değerine ulaşmıştır (Çizelge 4.27.). Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak ortalama membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.86.'da gösterilmiştir. İstatistiksel açıdan ortalama membran geçirgenliği değerleri incelendiğinde uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak birbirinden farklı önemli üç grup oluşmuştur. Birinci grupta; K1 uygulaması, ikinci grupta; K2 ve K3 uygulamaları, üçüncü grupta ise; K4 uygulaması yer almıştır.



Şekil 4.86. Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak ortalama membran geçirgenliği değerinde meydana gelen değişimler

Nayyar ve ark (2006), bakla dolum döneminde kuraklık stresinin Desi ve Kabuli nohut çeşitlerinin fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri üzerine etkilerini incelenmişlerdir. Stres uygulanan bitkilerin yapraklarında elektrolit

sızıntısının bariz şekilde arttığını, fotosentez oranı ve klorofil içeriğinin ise azaldığını bulmuşlardır.

Tas ve Tas (2007), buğday çeşitlerinin kuraklık stresine karşı verdikleri fizyolojik tepkileri araştırmak amacıyla yaptıkları bu çalışmada, farklı düzeylerde kuraklık stresinin çeşitlere bağlı olarak nispi nem içeriği, membran stabilite indeksi ve klorofil içeriğinde meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Araştırmacılar denemenin sonunda çeşitlere bağlı olarak kuraklık stresi altında tüm çeşitlerde nispi nem içeriği, membran stabilite indeksi ve klorofil içeriğinde belirgin azalmaların meydana geldiği, ayrıca stres altında dayanıklı çeşidin klorofil içeriğinin de hassas çeşitlere göre daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

4.13. Drenaj Suyunda Yapılan Ölçümler

Denemede su kalitesi konularında yıkama uygulaması da yapılmıştır. Her sulamadan sonra bu konulara ait saksıların altında bulunan plastik kaplarda biriken drenaj suları toplanılarak bu suların; hacim (litre), EC (dS/m) ve pH değerleri ölçülmüştür. Drenaj sularına ait elde edilen ölçüm değerleri Çizelge 4.28.'de verilmiştir.

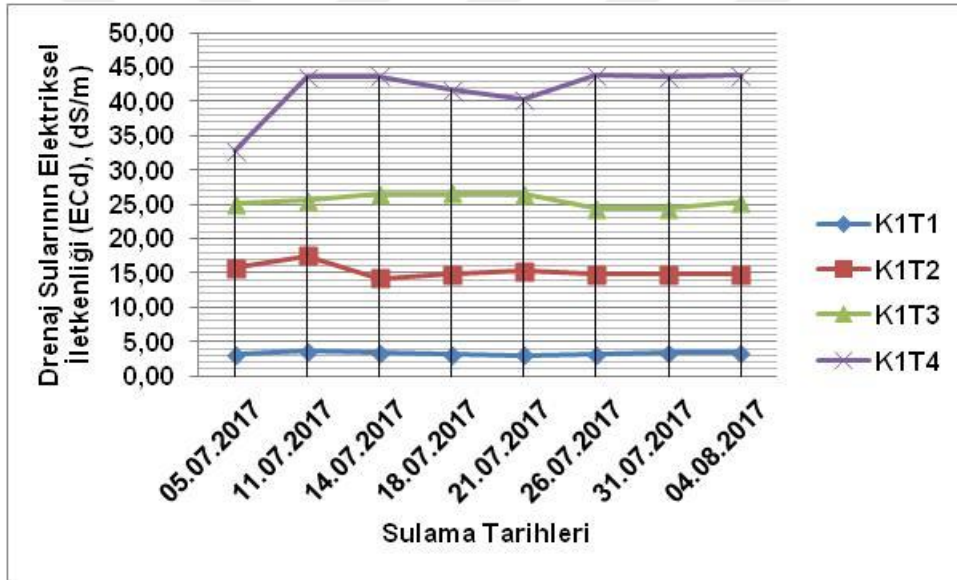
Çizelge 4. 28. Drenaj sularından elde edilen hacim (litre), EC_d (dS/m) ve pH değerleri

Sulama Tarihi	Yıkama Konusu	Tuz Düzeyi	Hacim (Litre)	EC _d (dS/m)	pH
05.07.2017	K1	T1	2.12	3.15	7.05
		T2	1.88	15.86	7.02
		T3	1.65	25.10	7.18
		T4	1.51	32.81	7.14
11.07.2017	K1	T1	1.18	3.58	7.09
		T2	1.18	17.55	7.06
		T3	1.10	25.62	7.15
		T4	1.37	43.53	7.03
14.07.2017	K1	T1	1.56	3.35	7.07
		T2	1.32	14.27	7.19
		T3	1.21	26.44	7.25
		T4	1.10	43.66	7.25
18.07.2017	K1	T1	0.98	3.20	7.28
		T2	1.25	14.90	7.44
		T3	0.75	26.66	7.66
		T4	1.57	41.62	7.63
21.07.2017	K1	T1	1.14	3.04	6.81
		T2	1.00	15.31	6.86
		T3	1.05	26.54	7.18
		T4	1.01	40.28	7.26
26.07.2017	K1	T1	1.30	3.08	6.27
		T2	1.38	14.80	6.60
		T3	1.37	24.38	6.74
		T4	1.50	43.87	6.85
31.07.2017	K1	T1	1.33	3.41	6.40
		T2	1.40	14.82	6.62
		T3	1.38	24.38	6.74
		T4	1.38	43.54	6.90
04.08.2017	K1	T1	1.34	3.41	6.34
		T2	1.38	14.81	6.58
		T3	1.52	25.40	6.78
		T4	1.55	43.87	6.83

4.13.1. Drenaj Suyu Elektriksel İletkenliği

Toprak tuzluluğunun bir göstergesi drenaj suyu elektriksel iletkenlik değerleri olarak ölçülmüştür (Kesmez, 2003). Kullanılan suyun tuzluluk seviyesi

arttıkça yıkama oranına bağlı olarak drenaj suyunun elektriksel iletkenlik değeri de artar (Ayers ve Westcot, 1989; Kesmez, 2003). Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, toprak tuzluluk düzeyi yeterli yıkama yapılmadığı sürece sulama mevsimi boyunca artış göstermektedir. Yeterli yıkama yapıldığında ise toprak tuzluluk değerleri önce bir artış ardından da tekrar bir azalma ve daha sonrada sabit bir seyir izlemektedir (Van Hoorn ve Van Alphen, 1991; Kesmez, 2003). Bu durumu ortaya koyabilmek amacıyla yetiştirme dönemi boyunca toplanan drenaj sularından ölçülen EC değerleri Çizelge 4.28.'de verilmiştir. Belirtilen çizelgedeki değerlere göre EC değerlerinin zamanla ve uygulama konularına göre değişimleri Şekil 4.87.'de gösterilmiştir.



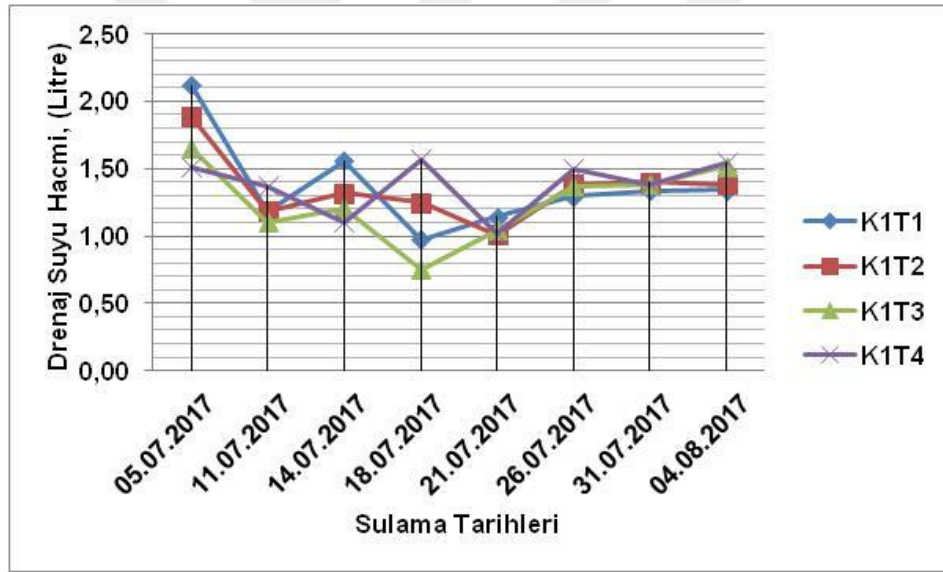
Şekil 4.87. Sulamalardan sonra elde edilen drenaj sularının EC_d değerinin zamanla ve uygulama konularına göre değişimi

Şekil 4.87. ve Çizelge 4.28.'de verilen değerler incelendiğinde K1T1 konusuna ait EC_d değerlerinde zamanla önce bir miktar artış, daha sonra tekrar azalma ve artış gösterdikten sonra değer sabitlenmiştir. Ancak, K1T1 konusu şebeke suyu olmasından dolayı zamanla meydana gelen bu değişimlerin değerlerinin küçük olması sebebiyle Şekil 4.86.'da net gözlenmemektedir.

Yıkama suyundaki tuzluluğun artmasıyla beraber K1T2 konusunda EC_d değerindeki artış daha sonrasında yeniden azalış ve sabitlenmesi daha net şekilde görülmektedir. K1T2 düzeyinden itibaren daha yüksek seviyelerdeki tuzluluk seviyelerinde de Şekil 4.87.'de bu değişim ve sabitlenmeler net bir şekilde görülebilmektedir.

4.13.2. Drenaj Suyunun Hacmi

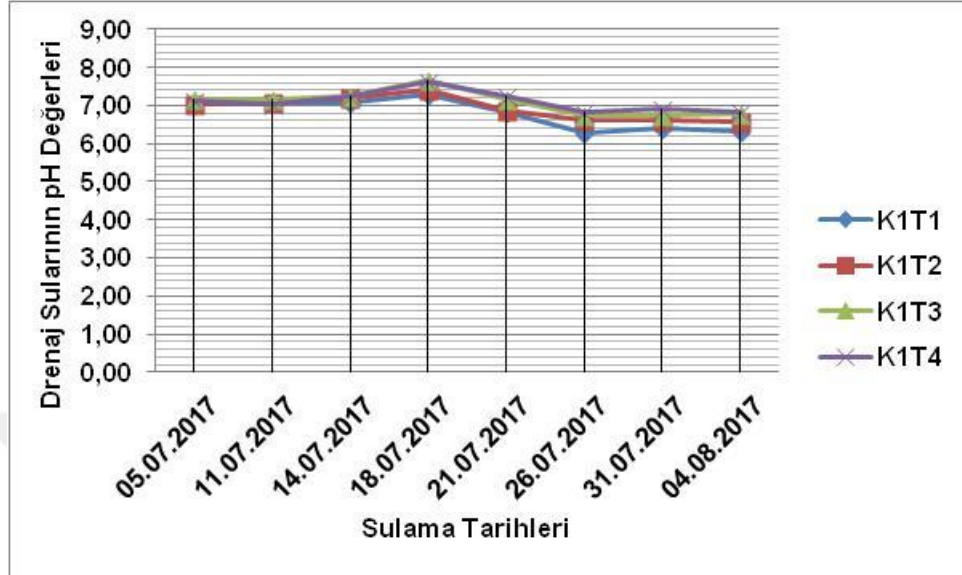
Denemede yetiştirme mevsimi boyunca yapılan sulamaların ardında toplanan drenaj sularının hacimlerinin zamanla ve uygulama konularına göre değişimi Şekil 4.88.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.88. Sulamalardan sonra elde edilen drenaj sularının hacimlerinin zamanla ve uygulama konularına göre değişimi, (litre)

4.13.3. Drenaj Suyunun pH Değeri

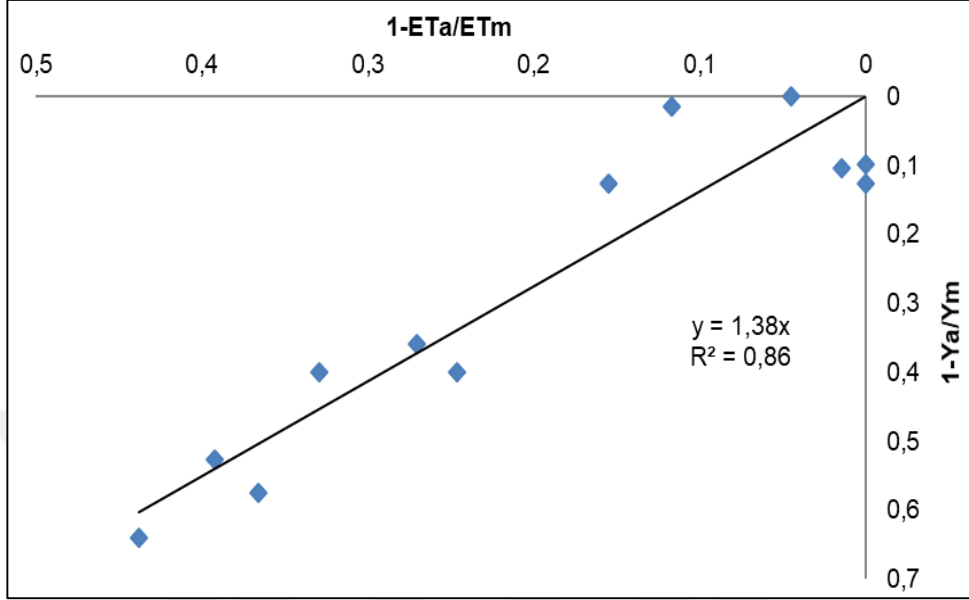
Denemede yetiştirme mevsimi boyunca yapılan sulamaların ardında toplanan drenaj sularının ölçülen pH değerlerinin zamanla ve uygulama konularına göre değişimi Şekil 4.89.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.89. Sulamalardan sonra elde edilen drenaj sularının pH değerlerinin zamanla ve uygulama konularına göre değişimi

4.14. Verim Tepki Faktörü (Ky)

Denemenin sonunda kinoa bitkisinin su stresine olan duyarlılığı belirlemek amacıyla verim tepki faktörü (Ky) değeri hesaplanmıştır. 2017 yılında Ankara koşullarında yetiştirilen kinoa bitkisinin mevsimlik verim tepki faktörü $Ky = 1.38$ olarak bulunmuştur. Verim tepki faktörüne ilişkin grafik Şekil 4.90.'da verilmiştir.



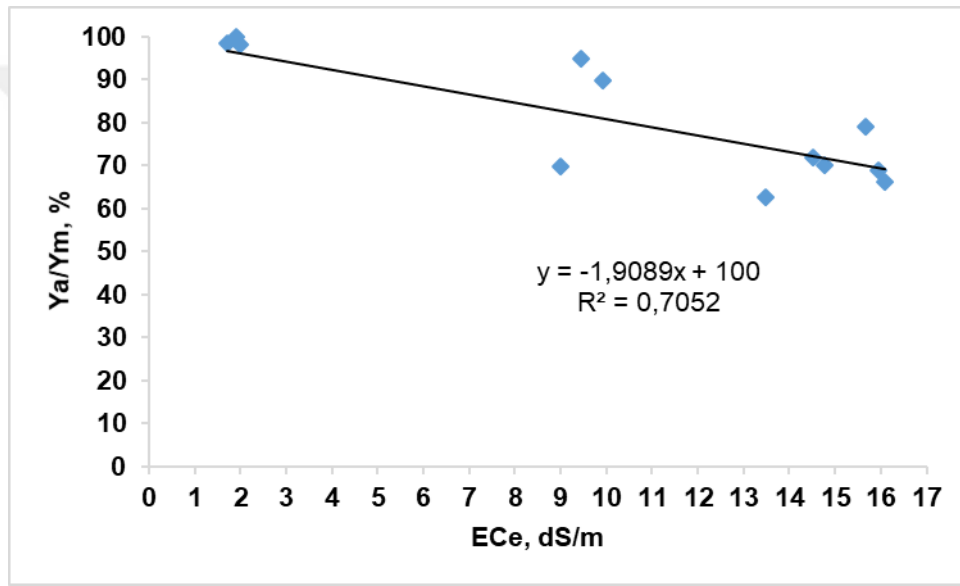
Şekil 4.90. Verim tepki faktörü (Ky) değerine ilişkin grafik

Sezen ve ark (2018), 2014 ve 2015 yıllarında Adana şartlarında yaptıkları çalışmalarda; Doorenbos ve Kassam (1986), şekerpancarı ve yonca bitkilerinde olduğu gibi kinoa bitkisinde belli oranda su stresine karşı doğrusal tepki gösterirken, belli sınır değerinden sonra su stresine karşı duyarlılığının arttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarının sonunda, 2014 yılı için oransal su tüketimi 0.33 değerinde $K_y = 0.80$ olduğunu ancak, bu değerden sonra bitkinin su stresine olan hassasiyetinin arttığını ve mevsimlik K_y değerinin 1.17'ye çıktığını bulmuşlardır. 2015 yılında ise, benzer şekilde oransal su tüketimi 0.36 değerine kadar $K_y=0.79$ olarak bulunurken, bu sınırdan sonra hassasiyet artmış ve mevsimlik $K_y=1.06$ olarak elde edilmişlerdir.

İnce Kaya (2015), Adana şartlarında yetiştirilen kinoa bitkisi için K_y değerini 0.96 olarak belirlerken; Garcia (2003), tarafından Bolivya'nın Altiplano bölgesinde yetiştirilen kinoa bitkisi için K_y değerini 0.67 olarak bulunmuştur.

4.15. Tuz Tolerans Eğrisi

Denemenin sonunda kinoa bitkisinin verim kaybına neden olan tuzluluk seviyesinin eşik değerinin elektriksel iletkenliği ($EC_{etreshold}$) ve bulunan bu eşik değeri üzerindeki her birim tuzluluk artışındaki verim kaybını gösteren doğrunun eğimi (b) bulunmuştur. Tuz tolerans eğrisine ait bulunan bu grafik Şekil 4.91.'de verilmiştir.



Şekil 4.91. Kinoa bitkisi tuz tolerans eğrisine ait grafik

Bulunan bu tuz tolerans eğrisi grafiğine göre elde edilen denklem şu şekildedir;

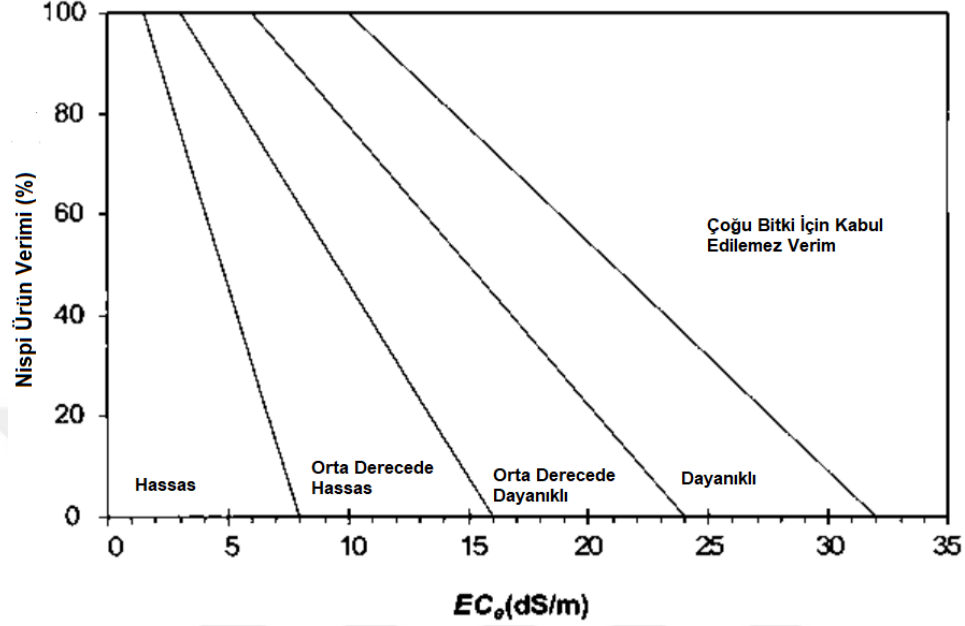
$$\frac{Y_a}{Y_m} = -1,9089EC_e + 100$$

Verim potansiyelinin %50'nin altına düştüğü durumlarda elde edilen verim değerleri ekonomik olarak kabul edilememektedir. Bulunan bu denkleme göre; EC_e değerinin 26.2 dS/m olduğu koşulda verim potansiyelinin %50 olduğu, EC_e değerinin 52.4 dS/m ve üzeri olduğu durumlarda ise kinoa bitkisinden hiç verim alınamayacağı dolayısıyla verim potansiyelinin %0 olacağı sonucu bulunmuştur.

Razzaghi ve ark (2015), yaptıkları araştırmada tarla koşullarında yetiştirdikleri kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bitkisini, çiçeklenme döneminden beş farklı sulama suyu tuzluluğuna (0, 10, 20, 30 ve 40 dS/m; 4: 1 molar oranı NaCl:CaCl₂) maruz bırakmışlar ve tohum doldurma sırasında tam sulama ve artan kuraklık (PD) uygulamaları arasında bölünmüşlerdir. Araştırmacılar denemenin sonunda tuz tolerans eğrisi grafiğine ait denklemi; $Y_a/Y_m = -1.88EC_e + 96.77$ ve $R^2=0.87$ olarak elde etmişlerdir. Araştırmacılar buldukları denkleme göre %50 verim potansiyelini elektriksel iletkenlik (EC_e) değeri 25 dS/m olduğu koşullarda elde edebileceklerini EC_e değerinin 51.5 dS/m olduğu koşullarda ise verim alınamayacağını dolayısıyla verim potansiyelinin bu elektriksel iletkenlik değerinde %0 olduğunu belirtmişlerdir.

Razzaghi ve ark (2011c), beş farklı sulama suyu tuzluluğunda (0, 10, 20, 30 ve 40 dS/m) ve ardından tohum dolum süresi boyunca şebeke suyu ile birlikte tam sulama (FI) veya artan kuraklık (PD) uygulamışlardır. araştırmacılar denemenin sonunda tuz tolerans eğrisini $Y_a/Y_m = -1.878EC_e + 96.77$ ve $R^2=0.870$ olarak elde etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar kinoa'nın EC_e eşliğinin 3-6 dS/m arasında olduğu tahmin etmişlerdir. 24 dS/m'lik EC_e 'de FI40 ve PD40 işlemlerinin tohum veriminde% 50 azalma olduğunu bulmuşlardır. Ekonomik tohum verimi sağlamayan EC_e değerini ise, 51.5 dS/m olarak tahmin etmişlerdir.

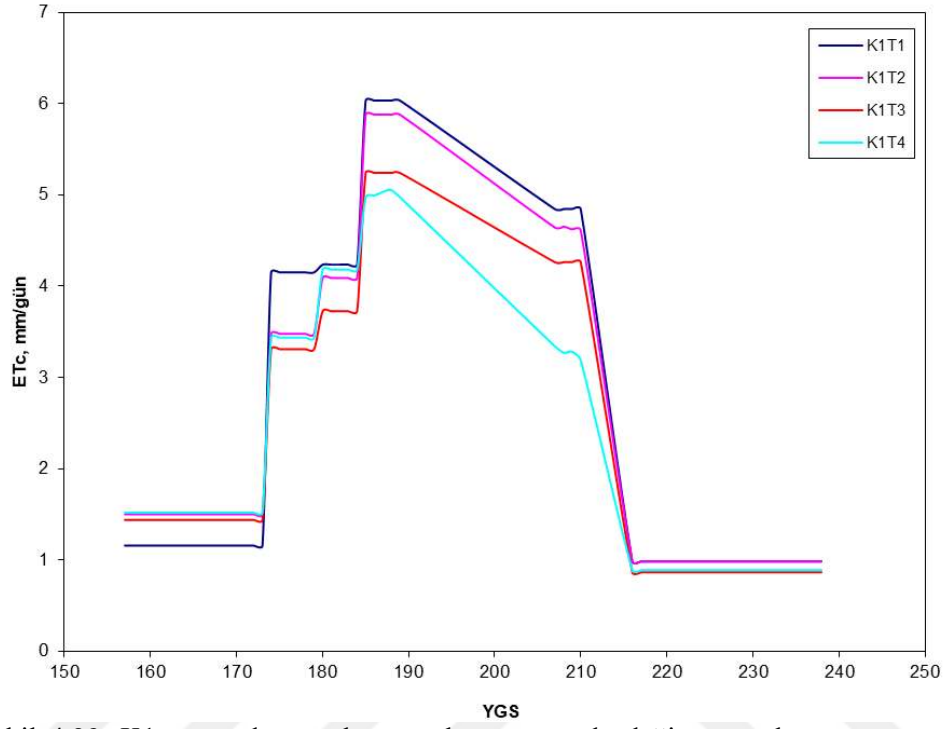
Bulunan ve yapılan diğer araştırmalardan elde edilen sonuçlar Mass ve Hoffmann (1977), sınıflandırmasına göre kinoa bitkisi tuza toleranslı olarak bulunmuştur (Şekil 4.92.).



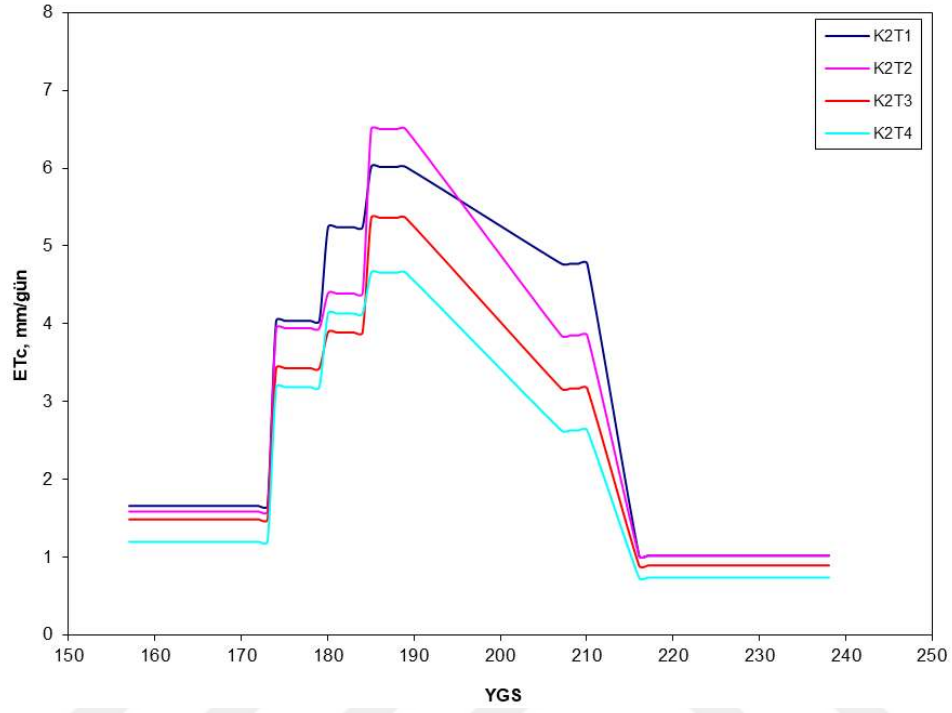
Şekil 4.92. Bitkileri için oransal tuza dayanımlar (Mass ve Hoffmann, 1977)

4.16. Evapotranspirasyonun Belirlenmesi (ET_C)

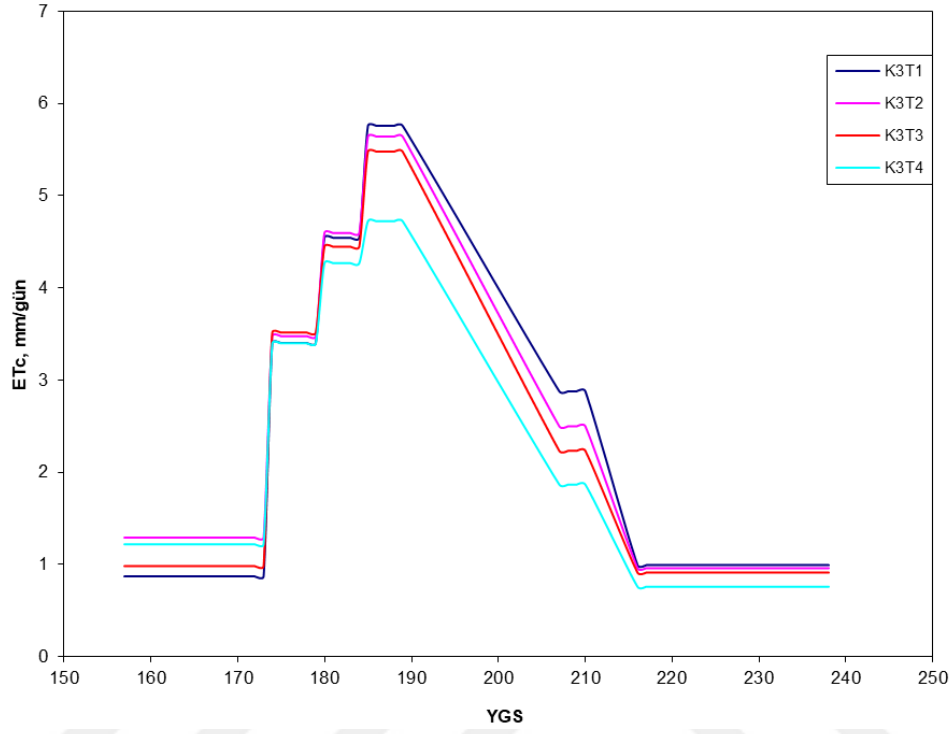
Denemede uygulamalara göre bitki su tüketiminde değişimler meydana gelmiştir. Uygulanan sulama suyu oranı sabit tutulduğunda tuz konsantrasyonuna bağlı olarak evapotranspirasyonda meydana gelen değişimler; K1 oranında uygulanan sulama suyunda değişen tuz konsantrasyonu için Şekil 4.93., K2 oranında uygulanan sulama suyunda değişen tuz konsantrasyonu için Şekil 4.94., K3 oranında uygulanan sulama suyunda değişen tuz konsantrasyonu için Şekil 4.95. ve K4 oranında uygulanan sulama suyunda değişen tuz konsantrasyonu için Şekil 4.96.' da gösterilmiştir.



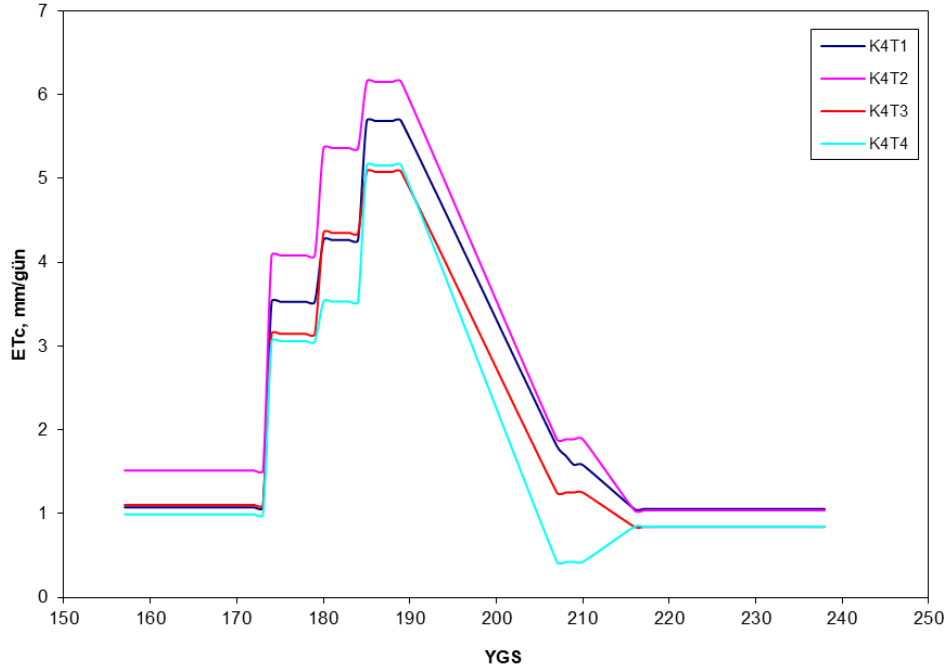
Şekil 4.93. K1 oranında uygulanan sulama suyunda değişen tuz konsantrasyonu için evapotranspirasyonda meydana gelen değişimler



şekil 4.94. K2 oranında uygulanan sulama suyunda değişen tuz konsantrasyonu için evapotranspirasyonda meydana gelen değişimler



Şekil 4.95. K3 oranında uygulanan sulama suyunda değişen tuz konsantrasyonu için evapotranspirasyonda meydana gelen değişimler

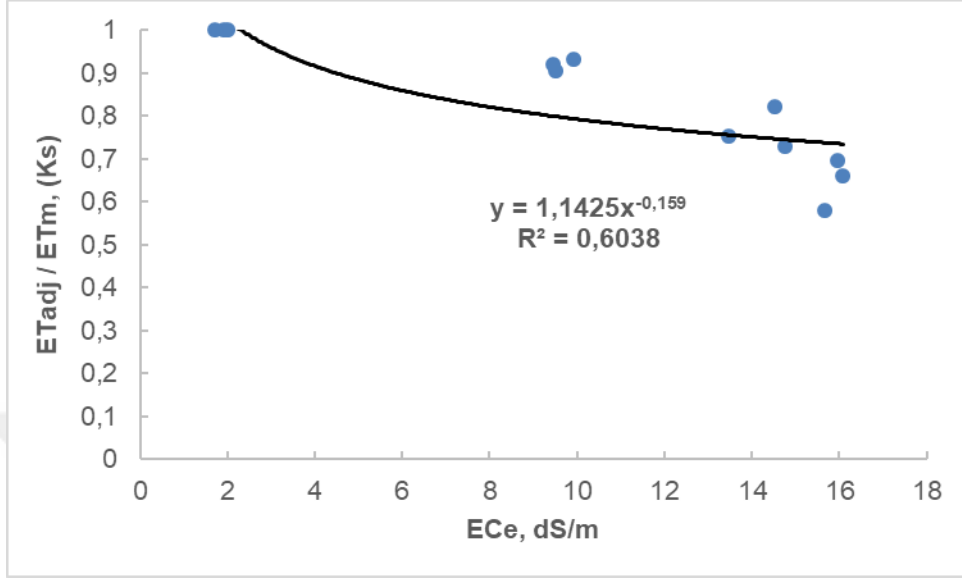


Şekil 4.96. K4 oranında uygulanan sulama suyuunda değişen tuz konsantrasyonu için evapotranspirasyonda meydana gelen değişimler

Yukarıdaki grafikler incelendiğinde aynı sulama suyu oranları uygulanan konularda tuzluluk seviyesi arttıkça genel olarak bitki su tüketimi yani evapotranspirasyon azalmıştır. Artan tuz stresi bitki su tüketimini önemli düzeyde etkilemiştir.

4.17. Bitki Stres Katsayısı (Ks)

Bitki stres katsayısı yani Ks veya diğer bir deyişle ET_{adj}/ET_m ile toprak saturasyon çamuru ekstraktından elde edilen toprak tuzluluğu yani EC_e arasında eğrisel bir ilişki bulunmuştur. Ks ile EC_e arasında belirtilen bu ilişki Şekil 4.97.'de verilmiştir.



Şekil 4.97. Toprak tuzluluğunun kinoanın bitki su tüketimi üzerine etkisi, K_s

Bu grafiğe göre K_s değerine ait denklem aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$\frac{ET_{adj}}{ET_m} = K_s = 1.1425 \times (EC_e^{-0.159})$$

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Çoklu stres koşullarının kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) su kullanım ve verim parametrelerine etkisi konulu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özet halinde verilmiştir.

- Büyüme meysimi boyunca uygulanan sulama suyu miktarları saksı ağırlığı ile tarla kapasitesindeki ağırlığı arasındaki farka göre hesaplanmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarları; ihtiyaç duyulan suyun (tarla kapasitesindeki saksı ağırlığı) %120 oranında verildiği K1 konusu, %100 oranında verildiği K2 konusu, %70 oranında verildiği K3 konusu ve %50 oranında verildiği K4 konusu olmak üzere dört farklı sulama suyu miktarı konusu uygulanmıştır. Sulama suyu tuzluluk düzeyleri ise NaSO₄, NaCl, CaCl₂, MgSO₄ tuzları ile; 0.25 dS/m konsantrasyonunda T1 konusu, 5 dS/m konsantrasyonunda T2 konusu, 10 dS/m konsantrasyonunda T3 konusu ve 20 dS/m konsantrasyonunda T4 konusu şekilde dört farklı düzeyde hazırlanmıştır. Çoklu stres koşulunda bitkilere hem kuraklık hem de tuzluluk stresi beraber uygulanmıştır. Yetiştirme dönemi boyunca uygulanan ortalama toplam sulama suyu miktarlarına bakıldığında ise, 274.61 mm ile 102.31 mm arasında değişmektedir. En fazla ortalama toplam sulama suyu miktarı K1T2 konusuna uygulanırken; en düşük ortalama toplam sulama suyu miktarı K4T3 konusuna uygulanmıştır. Denemede uygulanan sulama suyu bakımından tuzluluğun etkisi kuraklığın etkisini örttüğü gözlenmiştir.
- Uygulamalara göre ortalama dane verimlerine bakıldığında ise, en yüksek değerini 0.695 g/saksı olarak K1T1 uygulamasından alırken bu

en düşük değeri olan 0.420 g/saksı ile K3T3 uygulaması arasında değişmektedir. Denemede eğer sulama suyu kısıtlıysa su kalitesinin bitki dane verimi açısından öneminin olmadığı bulunmuştur.

- Su kullanım etkinliğine ait değerler 15.21 g/m³ ile 34.74 g/m³ arasında değişmektedir. En düşük su kullanım etkinliği değeri K1T3 konusundan elde edilirken; en yüksek su kullanım etkinliği, K4T3 konusundan elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça su kullanım etkinliğinde (WUE) artış meydana gelmiştir.
- Denemede farklı uygulamalara göre kinoa bitkisinin toplam kuru madde ağırlığı en fazla 33.90 g/saksı olarak K1T4 uygulamasından elde edilirken, en az 18.73 g/saksı ağırlığı ile K4T4 uygulamasından elde edilmiştir. Uygulama konularından elde edilen bitki boylarının ortalamaları dikkate alındığında, en kısa ortalama bitki boyu K4T4 konusundan 39.39 cm olarak ölçülürken en uzun ortalama bitki boyu 70.50 cm olarak K2T1 konusundan ölçülmüştür. Konuların ortalamalarından elde edilen bin dane ağırlığı değerleri ise 1.027 g ile 1.460 g arasında değişmektedir. En düşük ağırlık K3T2 konusundan elde edilirken en yüksek K2T1 konusundan elde edilmiştir. Ortalama dal-salkım sayıları hesaplandığında en az K4T4 konusundan 14.67, en fazla ise K2T1 konusundan 25.22 olarak bulunmuştur.
- Denemede kinoa bitkilerine uygulanan stres koşulları arttıkça bitki taç sıcaklığında (Tc) artış meydana gelmiştir. Diğer bir deyişle, artan kuraklık ve tuz konsantrasyonu stomaların kapanmasına, dolayısıyla stoma direncinin artmasına ve buna bağlı olarak da bitki taç sıcaklığının (Tc) artmasına neden olmuştur. Bitki taç sıcaklığındaki (Tc) artış artan stres koşullarıyla birlikte ortam sıcaklığına (Ta) yaklaşmış hatta bazı uygulamalarda ortam sıcaklığını (Ta) geçmiştir. Bitki stres belirtisi olan bitki taç sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki

fark, CTD, (Tc-Ta), uygulanan stres koşulları arttıkça birbirine ve 0 °C'ye yaklaşmıştır. Hatta K2T4, K3T3, K3T4, K4T2, K4T3, K4T4 konularında bitki taç sıcaklığı ortam sıcaklığından daha yüksek çıktığı için belirtilen konularda CTD (Tc-Ta) değeri pozitif değerler almıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, kuraklık ve tuzluluk stresi beraber uygulanan konularda bitki taç sıcaklığı daha fazla artmıştır.

- Uygulama konularına göre kinoa bitkisinde klorofil indeksi verileri incelenecek olursa, genel olarak, artan stres koşulları klorofil indeksinde azalmaya neden olmuştur.
- Denemede kinoa bitkisinde yaprak nispi su içeriği (LRWC) değerleri kuraklık, tuzluluk ve ikisinin beraber uygulandığı konularda bitkiye uygulanan stres koşullarındaki artışa bağlı olarak azalmıştır. Uygulama konularının ortalama LRWC değerleri incelendiği zaman en yüksek ortalama LRWC değeri 83.94 ile K1T1 konusundan elde edilirken, uygulanan stres koşulları arttıkça bu değer 64.71 değerine kadar azalmıştır ve en düşük LRWC değeri K4T4 konusundan bulunmuştur.
- Membran geçirgenliği (elktrolit sızıntı) değerlerinde ise; uygulanan stres şartlarının artmasıyla birlikte artış meydana gelmiştir. Uygulama konularının ortalama membran geçirgenliği değerlerine bakıldığında en düşük ortalama membran geçirgenliği değeri 11.80 ile K1T1 konusundan bulunur iken en yüksek ortalama membran geçirgenliği değeri ise 43.73 ile K2T4 konusundan elde edilmiştir. Aynı sulama suyu miktarındaki farklı tuzluluk seviyesi konularında tuzluluk stresi arttıkça membran geçirgenliği değerinde de artış olduğu gözlenmiştir.
- Denemenin sonunda kinoa bitkisinin su stresine olan duyarlılığını belirten verim tepki faktörü (Ky), 2017 yılında Ankara koşulları için hesaplanmış ve mevsimlik Ky= 1.38 olarak bulunmuştur.

5.2. Öneriler

- Kinoa bitkisinin stres faktörlerine gösterdiği tepkiler ve savunma mekanizmaları hakkında ilerleyen zamanlarda daha fazla araştırma yapılmalıdır.
- Ayrıca, kinoa bitkisinin stres veya çoklu stres faktörlerine bağlı olarak bitkide meydana gelen fizyolojik değişimler ve stres katsayıları üzerine daha fazla araştırmaların yapılması önerilebilir.
- Bitki taç sıcaklığı, stoma direnci gibi bitkinin arazi koşullarındaki fizyolojik ölçümleri yapılırken gökyüzünün bulutsuz olduğu öğle vakti zamanları dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abu-Sharar, T.M., 1998. Crop Salt Tolerance. Advanced Short Course on Sustainable Use of Non Conventional Water Resources in the Mediterranean Region. Aleppo-Syria, April 18-30, pp: 597–633.
- Acar, O., 1999. Kuraklığa dayanıklı bazı arpa (*Hordeum* spp.) çeşitlerinde süperoksit dismutaz (SOD) aktivitelerinin araştırılması., Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir.
- Ache, P., Becker, D., Ivashikina, N., Dietrich, P., Roelfsema, M.R.G., Hedrich, R., 2000. A delayed outward rectifier expressed in guard cells of *Arabidopsis thaliana*, is a K⁺-selective, K⁺-sensing ion channel. FEBS Lett., 486: 93-98.
- Aguilar, P.C., Jacobsen, S.E., 2003. Cultivation of quinoa on the Peruvian Altiplano. Food Rev. Int., 19: 31–41.
- Algosaibi, A.M., El-Garawany, A.E., Badran, A.M., Almadin., 2015. Effect of irrigation water salinity on the growth of quinoa plant seedlings. Journal of Agricultural Science, 7(8): 205-214.
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998. Crop Evapotranspiration — Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Al-Naggar, A.M., Abd El-Salam, R.M., Badran, A., El-Moghazi, M., 2017. Genotype and drought effects on morphological, physiological and yield traits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Asian J. Adv. Agric. Res., 3:1–15.
- Anonymous, 2018a. <http://www.kappadokiatohum.com/kinoa-tarimi/>
- Anonymous, 2018b. <http://www.kappadokiatohum.com/kinoa/>
- Anonymous, 2013. Ana tahıl: Kinoa, Tübitak Bilim Teknik Dergisi, Haziran 2013, 547:34-35.

- USSLS, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Dept. of Agric., USA, No.60.
- Araghi, G.S., Assad, M.T., 1998. Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. *Euphytica*, 103:293-299.
- Auge, R.M., Moore, J.L., 2002. Stomatal response to nonhydraulic root-to-shoot communication of partial soil drying in relation to foliar dehydration tolerance. *Environ. Exp. Bot.*, 47: 217-229.
- Aydınoşakir, K., Gürbüz, E., Karagüzel, Ö., Kaya, A. S., 2014. Kısıntılı sulamanın çim kalitesi üzerine etkileri. *Derim*, 31(2), 23-36.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1985. Water quality for agriculture. FAO, Rome Irrigation and Drainage Paper 29, Rev.1.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1989. Water quality for agriculture. FAO, Rome Irr. and Drainage paper 29:1-174.
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 1196, Ders Kitabı: 344, Ankara. s.1-282.
- Bacon, M.A., Wilkinson, S., Davies, W. J., 1998. pH regulated leaf cell expansion in droughted plants is abscisic acid dependent. *Plant Physiol.*, 118: 1507–1515.
- Bahrin, A., Jensen, C.R., Asch, F., Mongensen, V.O., 2002. Drought-induced changes in xylem pH, ionic composition, and ABA concentration act as early signals in field-grown maize (*Zea mays* L.). *J. Exp. Bot.*, 53:251-263.
- Barbe, D., 1998. Droogtetolerantie van zes quinoacultivars *Chenopodium quinoa* Willd. Thesis Ind. Ingenieur, Hogescholl Gent.
- Bertero, H.D., de la Vega, A.J., Correa, G., Jacobsen, S.E., Mujica, A., 2004. Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by

- pattern analysis of international multi-environment trials. *Field Crops Res.*, 89: 299-318.
- Bhargava, A., Shukla, S., Ohri, D., 2007. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Research*, 101: 104–116.
- Blum, A., 2011. Drought resistance—is it really a complex trait?. *Functional Plant Biology*, 38(10): 753-757.
- Bouyoucos, G.S., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agron. J.*, 43: 434-438.
- Bray, E.A., 1997. Plant responses to water deficit. *Trends Plant Sci.*, 2: 48-54.
- Burke, J.J., Hatfield, J.L., 1987. Plant morphological and biochemical responses to field water deficit. III. Effect of Foliage Temperature on the potential activity of Glutathione reductase. *Plant Physiol.*, 85: 100-103.
- Centritto, M., Loreto, F., Chantzoulakis, K., 2003. The use of low [CO₂] to estimate diffusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt-stressed olive saplings. *Plant Cell Environ.*, 26: 585–594.
- Chetal, S., Wagle, D.S., Nainawater, H., 1982. Alterations in glycolipids of wheat and barley leaves under water stress. *Phytochemistry*, 21: 51-53.
- Clark, D.R., Green, J.C., Gordon, J.A., 2000. Laboratory Exercises to Demonstrate Effects of Salts on Plants and Soils. *J. Nat. Resour. Life Sci. Educ.*, 29: 41-45.
- Cocozza, C., Pulvento, C., Lavini, A., Riccardi, M., d'Andria, R., Tognetti, R., 2013. Effects of Increasing Salinity Stress and Decreasing Water Availability on Ecophysiological Traits of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown in a Mediterranean-Type Agroecosystem. *Journal of agronomy and crop science*, 199(4): 229-240.
- Comai, S., Bertazzo, A., Bailoni, L., Zancato, M., Costa, C.V.L., Allegri, G., 2007. The content of proteic and nonproteic (free and protein bound) tryptophan in quinoa and cereal flours, *Food Chem.*, 100: 1350-1355.

- Comstock, J.P., 2002. Hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and transpiration. *J. Exp. Bot.*, 53: 195–200.
- Davies, W.J., Zhang, J., 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 42: 55–76.
- Davies, W.J., Tardieu, F., Trejo, C.L., 1994. How do chemical signals work in plants that grow in drying soil? *Plant Physiol.*, 104: 309–314.
- Dhanda, S.S., Sethi, G.S., 1998. Inheritance of excised-leaf water loss and relative water content in bread wheat (*Triticum aestivum*). *Euphytica*, 104: 39-47.
- Doorenbos J., Kassam, A.H., 1979. Yield Response to Water. FAO Irrig. Drainage Paper. Rome.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., 1986. Yield Response to Water, FAO Irrigation and Drainage Paper 33, Rome, p. 193.
- Dumanoğlu, Z., Işık, D., Geren, H., 2016. Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)’da Farklı Tuz (NaCl) Yoğunluklarının Tane Verimi ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(2): 153-159.
- Ehrler, W.L., Idso, S.B., Jackson, R.D., Reginato, R.J., 1978. Wheat canopy temperature: Relation to plant water potential. *Argon. J.*, 70: 251-256.
- Eisa, S., Hussin, S., Geisseler, N., Koyro, H.W., 2012. Effects of NaCl salinity on water relations, photosynthesis and chemical composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a potential cash crop halophyte. *Australian J. Crop Sci.*, 6: 357-368.
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 20(3): 118-125.
- Ertek, A., Kanber, R., 2000. Pamukta Uygun Sulama Dozu ve Aralığının Pan-evaporasyon Yöntemiyle Belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24(2): 293-300.

- Essa, T.A., 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars. J. Agron. Crop Sci., 188: 86–93.
- FAO, 2011. Quinoa: An ancient crop to contribute to world food security. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean. http://www.fao.org/alc/file/media/pubs/2011/cultivo_quinoa_en.pdf
- FAO, 2013. Food outlook biannual report on global food markets. ISSN: 0251-1959 <http://www.fao.org/docrep/018/a1999e/a1999e.pdf>
- FAO, 2014. Irrigation in the Middle East region in figures-AQUASTAT Survey 2008. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/tur/TUR-CP_eng.pdf
- FAO-IFAD-WFP, 2014. “The State of Food Insecurity in the World 2014, Strengthening the Enabling Environment for Food Security and Nutrition”, Food and Agriculture Organization.
- Fischer, R.A., Rees, D., Sayre, K.D., Lu, Z.M., Condon, A.G., Saavedra, A.L., 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop science, 38(6):1467-1475.
- Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J., Aranda, M., 2013. Controlled water stress to improve functional and nutritional quality in quinoa seed. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 12(5).
- Fuentes, F., Bhargava, A., 2011. Morphological analysis of quinoa germplasm grown under lowland desert conditions. J. Agron. Crop Sci., 197: 124–134.
- Garcia, M., 2003. Agroclimatic study and drought resistance analysis of quinoa for an irrigation strategy in the Bolivian Altiplano. Dissertationes de Agricultura 556. Faculty of Applied Biological Sciences, Leuven, Belgium.
- Garcia, M., Vacher, J., Hidalgo, J., 1992. Estudio comparativo del comportamiento hidrico de dos variedades de quinua en el altiplano central, Actas del VII Congreso Internacional de Cultivos Andinos. La Paz, Bolivia, 57–61

- Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Vacher, J., Mamani, R., Mendoza, J., Huanca, R., Morales, B., Miranda, R., Cusicanqui, J., Taboada, C., 2008a. Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). European Journal of Agronomy, 28: 427–436.
- Gençoğlu, C., Yazar, A., 1999. Kısıntılı su uygulamalarının mısır verimine ve su kullanım randımanına etkileri. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23: 233-241.
- Geren, H., Kavut, Y.T., Topçu, G. D., Ekren, S., İştıpliler, D., 2014. Effects of Different Sowing Dates on The Grain Yield and Some Yield Components of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown Under Mediterranean Climatic Conditions. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 51(3): 297-305.
- Giorgi, F., Lionello, P., 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. Global and Planetary Change, 63: 90-104
- Gómez-Pando, L.R., Álvarez-Castro, R., Eguiluz-de la Barra, A., 2010. Short Communication: Effect of Salt Stress on Peruvian Germplasm of *Chenopodium quinoa* Willd.: A Promising Crop. Journal of Agronomy and Crop Science, 196(5):3 91-396.
- Gregory, P.J., 2006. Food production under poor, adverse climatic conditions. In 'Proceedings, IX ESA Congress'. 4–7 September 2006. Warsaw. European Society for Agronomy.
- Gupta, B., Huang, B., 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. International journal of genomics.
- Güneri Bağcı, E., 2010. Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinde Kuraklığa Bağlı Oksidatif Stresin Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametrelerle Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.

- Güngör, Y., Erözel, A.Z., Yıldırım, O., 2012. Sulama. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 291s.
- Hamdy, A., Sardo, V., Farrag Ghanem, K.A., 2005. Saline Water in Supplemental Irrigation of Wheat and Barley under Rainfed Agriculture. *Agricultural Water Management* 78, 122-127.
- Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S.E., Shabala, S., 2011. Ionic and Osmotic Relations in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Plants Grown at Various Salinity Levels. *Journal of experimental botany*, 62(1): 185-193.
- Hartung, W., Sauter, A., Hose, E., 2002. Absciscic acid in the xylem, where does it come from, where does it go to? *J. Exp. Bot.*, 53: 27-37.
- Hatfield, J.L., 1979. Canopy temperatures. The usefulness and reliability of remote measurements. *Argon. J.*, 71: 889-892.
- Hinojosa, L., González, J., Barrios-Masias, F., Fuentes, F., Murphy, K., 2018. Quinoa Abiotic Stress Responses: A Review. *Plants*, 7(4): 106.
- Hoffman, G.J., Rawlings, S.L., Garber, M.J., Cullen, E.M., 1971. Water Relations Growth Cotton as Influenced by Salinity and Relative Humidity. *Agron. Jour.*, 63: 822-826.
- Hurd, E.A., 1968. Growth of roots of seven cultivars of spring wheat at high and low moisture levels. *Agron. J.*, 60: 201-205.
- Idso, S.B., Reginate, R.J., Hatfield, J.I., Pinter, Jr., P.J., 1984. Measuring yield reducing plant water potential depression in wheat by infrared thermometry. *Irrig. Sci.*, 2: 205-212.
- Iqbal, M.A., 2015. An assessment of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) potential as a grain crop on marginal lands in Pakistan, *American-Eurasian J. Agric. And Environ. Sci.*, 15(1): 16-23.
- İnce Kaya, Ç., 2010. Akdeniz Bölgesinde damla sistemiyle tatlı ve tuzlu su kullanılarak uygulanan farklı sulama stratejilerinin quinoa bitkisinin verimiyle toprakta tuz birikimine etkileri ve Saltmed Modelinin test

- edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.
- İnce Kaya, Ç., 2015. Akdeniz koşullarında farklı tuzluluk ve sulama düzeylerinde quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) bitkisinin verim fizyolojik tepkilerinin araştırılması ve Saltmed modelinin test edilmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana
- Jackson, R.D., Pinter, Jr., P.J., Reginato, R.J., Idso, S.B., 1986. Detection and evaluation of plant stress for crop management decisions. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 24(1): 99-106.
- Jacobsen, S.E., Mujica, A., Jensen, C.R., 2003. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. Food Reviews International 19: 99–109.
- Jacobsen, S.E., Liu, F., Jensen, C.R., 2009. Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Scientia Horticulturae, 122(2): 281-287.
- Jacobsen, S.E., Quispe, H., Mujica, A., 2001. Quinoa: An alternative crop for saline soils in The Andes, Scientists and Farmer-Partners in Research for the 21st Century, CIP Program Report 1999–2000, 403–408.
- JAMES, D.W., HANKS, R.J., JURINAK, J.J., 1982. Modern Irrigated Soils. John Wiley and Sons, N.y. 235 s.
- Jancurová, M., Minarovičová, L., Dandár, A., 2009. Quinoa – A Review, Czech J. Food Sci., 27(2): 71–79.
- Jensen, C.R., Jacobsen, S.E., Andersen, M.N., Nuñez, N., Andersen, S.D., Rasmussen, L., Mogensen, V.O., 2000. Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. European Journal of Agronomy 13: 11–25.
- Johnson, D.L., 1990. New Grains and Pseudo Grains. Advances in New Crops, Proc. of the First National Symposium New Crops: Research, Development, Economics. Portland, Oregon, pp. 122-127.

- Johnson, R., Aguilera, R., 1980. Processing Varieties of Oilseeds (Lupine and Quinoa). Report to Natural Fibers and Foods Commission of Texas, 1978-1980.
- Kalefetoğlu, T., 2006. Nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşit ve hatlarının kuraklık stresine dayanıklılığının karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2005. The Effect of Drought on Plant and Tolerance Mechanisms. G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, Ankara, 18(4): 723- 740.
- Kanber, R., Ünlü, M., 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Ç.Ü. Ziraat Fak. Gen. Yay. No:281. Ders Kitapları Yay. No:A-87, Adana, 307 s.
- Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Fares, C., Hamdy, A., Mastrorilli, A., Oweis, T., 2005. Salinity Effect on Grain Quality of Two Duru Wheat Varieties Differing in Salt Tolerance. Agricultural Water Management, 75: 85-91.
- Kesmez, D.G., 2003. Tuzluluk Koşulunda Potasyumun Domateste (*Lycopersicon esculentum*) Tuza Dayanıma, Su Kullanımına ve Vejetatif Gelişmeye Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara.
- Kiani, A.R., Abbasi, F., 2009. Assessment of the Water–Salinity Crop Production Function of Wheat Using Experimental Data of the Golestan Province, Irrigation and Drainage, Iran, 58(4): 445-455.
- Killi, D., Haworth, M., 2017. Diffusive and metabolic constraints to photosynthesis in quinoa during drought and salt stress. *Plants*, 6(4): 49.
- King, R.W., 1976. Absciscic acid in developing wheat grains and its relationship to grain growth and maturation. *Planta*, 132: 43–51.
- Konishi, Y., Hirano, S., Tsuboi, H., Wada, M., 2004. Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds, Biosci. Biotechnol. Biochem., 68(1): 231-234.
- Köksal, E., 2007. Sulama Suyu Yönetiminde Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanımı. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 22(3): 306-315.

- Kuslu, Y., Şahin, Ü., Kızıloğlu, M.F., Şengül, M., 2016. Yield and Quality Responses of Drip-Irrigated Spinach to Different Irrigation Quantities in a Semi-arid Region with A High Altitude. *Journal of Central European Agriculture*, 17(3): 763-777
- Levitt, J., 1980. Responses of Environmental Stresses. 2nd edn. Academic Press, New York.
- Lin, K.H., Chao, P.Y., Yang, C.M., Cheng, W.C., Lo, H.F., Chang, T.R., 2006. The effects of flooding and drought stresses on the antioxidant constituents in sweet potato leaves. *Botanical Studies*, 47: 417–426.
- Liu, F., Jensen, C.R. Andersen, M.N., 2003. Hydraulic and chemical signals in the control of leaf expansion and stomatal conductance in soybean exposed to drought stress. *Funct. Plant Biol.*, 30: 65-73.
- Long, N.V., 2016. Effects of salinity stress on growth and yield of quinoa. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, 14(3): 321-27.
- Maas, E.V., Hofmann, G.J., 1977. Crop Salt Tolerance-Current Assessment and Management Manual . K.K. Tanji (ed.) ASCE, Newyork, pp: 262-304.
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses, an overview. *Arch. Biochem. Biophys.*, 444: 139-158.
- Mass, E.V., Hoffmann, G.J., 1977. Crop salt tolerance-current assessment. ASCE J. Irrig. And Drainage Div. 103(IR2): 115-134.
- Meiri, A., Plaut, Z., 1985. Crop Production and management under saline conditions. *Plant and Soil*, 89: 253-271.
- Miller, G.A.D., Suzuki, N., Ciftci Yilmaz, S.U.L.T.A.N., Mittler, R.O.N., 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant, cell and environment*, 33(4): 453-467.
- Morales, A.J., Bajgain, P., Garver, Z., Maughan, P.J., Udall, J.A., 2011. Physiological responses of *Chenopodium quinoa* to salt stress. *Int J Plant Physiol Biochem.*, 3: 219-232.

- Munns, R., Rawson, H., 1999. Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.*, 26: 459–464.
- Munns, R., Gilliam, M., 2015. Salinity tolerance of crops—what is the cost?. *New phytologist*, 208(3): 668-673.
- Nayyar, H., Kaur, S., Singh, S., Upadhyaya, H.D., 2006. Differential sensitivity of Desi (small-seeded) and Kabuli (large-seeded) chickpea genotypes to water stress during seed filling: effects on accumulation of seed reserves and yield. *J Sci. Food Agric.*, 86: 2076-2082.
- Oelka, E.A., Putnam, D.H., Teynor, T.M., Oplinger, E.S., 1992. Alternative Field Crops Manual. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/quinoa.html>
- Oliver, M.J., Tuba, Z., Mishler, B.D., 2000. Evaluation of desiccation tolerance in land plants. *Plant Ecol.*, 151: 85-100.
- Örs, S., Suarez, D.L., 2016. Salt tolerance of Spinach as Related to Seasonal Climate. *Hort. Sci.* Vol. 43(1): 33–41
- Panguluri, S.K., Kumar, A.A., 2013. Phenotyping for Plant Breeding. Applications of Phenotyping Methods for Crop Improvement. Springer, New York, NY.
- Pe’rez, R., Rodríguez, J.L., Ortega, M., 1990. Efecto de la salinidad y sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Agrociencia*, 1: 15–37.
- Pearsall, D.M., 1992. The origins of plant cultivation in South America, In: C.W. Cowan, P. J. Watson (Eds.), *The Origins of Agriculture*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp: 173-205.
- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., d’Andria, R., Iafelice, G., Marconi, E., 2010. Field trial evaluation of two *Chenopodium quinoa* genotypes grown under rain-fed conditions in a typical Mediterranean environment in South Italy. *J. Agr. Crop Sci.*, 196: 407–411
- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., Iafelice, G., Marconi, E., d’Andria, R., 2012. Yield and quality characteristics of quinoa grown in open field under

- different saline and non-saline irrigation regimes. J. Agron. Crop Sci., 198: 254–263.
- Puntamkar, S.S., Kant, K., Mathur, S.K., 1988. Effect of Saline Soil Water Irrigation on Soil Properties. Transaction of Indian Society of Desert Technology, No:2, 69-72, India. and the Future. Encyclopedia Britannia Chicago. Mapping Soil Salinity. Adv. Agron., 49: 201-251.
- Razzaghi, F., Ahmadi, S.H., Jensen, C.R., Jacobsen, S.E., Andersen, M.N., 2011c. The salt tolerance of quinoa measured under field conditions. In IICID 21st International Congress on Irrigation and Drainage.
- Razzaghi, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., Andersen, M.N., 2015. Ionic and photosynthetic homeostasis in quinoa challenged by salinity and drought—mechanisms of tolerance. Functional plant biology, 42(2): 136-148.
- Razzaghi, F., Ahmadi, S.H., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., Andersen, M.N., 2011b. Effects of salinity and soil-drying on radiation use efficiency, water productivity and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). J. Agr. Crop Sci., 197: 348–360.
- Razzaghi, F., Ahmadi, S.H., Adolf, V.I., Jensen, C.R., Jacobsen, S.E., Andersen, M.N., 2011a. Water relations and transpiration of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under salinity and soil drying. J. Agr. Crop Sci., 197: 348–360.
- Rengasamy, P., 2010. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. Functional Plant Biology, 37: 613-620.
- Repo-Carrasco, R.C., Espinoza., Jacobsen, S.E., 2003. Nutritional value and use of The Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), Food Reviews International 19 (1-2): 179-189.
- Rhoades, J.D., 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods. Methods of soil an 3, pp: 417-435.

- Ruiz, K.B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I.S., Antognoni, F., Martínez-Mosqueira, E.A., Coulibaly, A., Canahua-Murillo, A., Pinto, M., Zurita-Silva, A., Bazile D., Jacobsen S.E., Molina- Montenegro, M. A., 2014. Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2): 349-359
- Ruiz-Carrasco, K., Antognoni, F., Coulibaly, A.K., Lizardi, S., Covarrubias, A., Martínez, E.A., Zurita-Silva, A., 2011. Variation in Salinity Tolerance of Four Lowland Genotypes of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as Assessed by Growth, Physiological Traits, and Sodium Transporter Gene Expression. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(11): 1333-1341.
- Sade, N., Gebremedhin, A., Moshelion, M., 2012. Risk-taking plants: Anisohydric behavior as a stress-resistance trait. *Plant Signal. Behav.*, 7: 767–770.
- Sanchez, H.B., Lemeur, R., Damme, P.V., Jacobsen, S.E., 2003. Ecophysiological analysis of drought and salinity stress of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19(1-2): 111-119.
- Schulze, E.D., Beck, E., Müller-Hohenstein, K., 2005. 'Plant ecology.' Springer-Verlag, Heidelberg, p. 702.
- Semiz, G.D., Suarez, D.L., Ünlükara, A., Yurtseven, E., 2014. Interactive Effects of Salinity and N on Pepper (*Capsicum Annuum* L.) Yield, Water Use Efficiency and Root Zone and Drainage Salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 37(4): 595-610.
- Sezen, S.M., Tekin, S., Yıldız, M., 2018. Çukurova bölgesinde drenaj suyu ile sulanan kinoa bitkisinde su-verim ilişkileri ve ekonomik değerlendirme. *DERİM*, 35(2): 173-185.
- Sharma, P., Jha, A.B., Dubey, R.S., Pessarakli, M., 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of botany*.

- Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q., Qian, Q., 2006. Effects of Different Treatments of Salicylic Acid on Heat Tolerance, Chlorophyll Fluorescence, and Antioxidant Enzyme Activity in Seedlings of *Cucumis Sativa* L.. *Plant Growth Regulation*, 48: 127–35.
- Singh, R.B., Chauhan, C.P.S., Minhas, P.S., 2009. Water Production Functions of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Irrigated with Saline and Alkali Waters Using Double-line Source Sprinkler System. *Agricultural Water Management*, 96: 736-744.
- Siddique, M.R.B., Hamid, A., Islam, M.S., 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Botanical Bulletin Academia Sinica*, 41: 35-49.
- Smedema, K., Rycroft, D., 1984. *Land Drainage*. Garnell University Press, Newyork.
- Smirnoff, N., 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist*, 125: 27-58.
- Stewart, J.I., Hagan, R.M., Pruitt, W.O., Hall, W.A., 1973. Water Production Functions and Irrigation Programming for Greater Economy in Project and Irrigation System Design and for Increased Efficiency in Water Use. Final Report, University of California Department of Water Science and Engineering, Davis and Department of Engineering, Riverside.
- Şeflek, A., 2010. Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) çeşitlerinin verim, bazı morfolojik, fenolojik ve fizyolojik özelliklerinin tespiti. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Tan, M., Yöndem. Z., 2013. İnsan ve hayvan beslenmesinde yeni bir bitki: kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Alinteri*, 25(B): 62-66.
- Tas, S., Tas, B., 2007. Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes with different ploidity in Türkiye. *World J. Agri. Sci.*, 3(2): 178-183.
- Teiz, L., Zeiger, S.C.E., 1998. *Plant Physiology*. University of California, Los Angeles Sinauer Associates Inc., Publisher, pp. 726-735.

- Tekin, S., 2011. Tuzlu Sulama Sularının Buğdayda Verim Ve Kaliteye Etkisi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana
- Toraman, E.S., 1999. Characterization of membrane phospholipids and proteins of some wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties under salt and drought stress condition. Master Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of The Middle East Technical University, Department of Biology, Ankara.
- UNICEF, 2013. “Improving Child Nutrition: The Achievable Imperative for Global Progress”.
- Ünlükara, A., Kurunç, A., Kesmez, G.D., Yurtseven, E., Suarez, D.L., 2010. Effects of Salinity on Eggplant (*Solanum Melongena* L.) Growth and Evapotranspiration. *Irrig. and Drain.*, 59: 203–214.
- Üzen, N., 2009. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Koşullarında Yetiştirilen Kimi Pamuk Çeşitlerinin Farklı Seviyelerdeki Tuz Stresine Gösterdikleri Tepkilerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.
- Vacher, J.J., 1998. Responses of two main Andean crops, quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and papa amarga (*Solanum juzepczukii* Buk.) to drought on the Bolivian Altiplano: Significance of local adaptation. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 68: 99–108.
- Van Hoorn, J.W., Van Alphen, J.G., 1991. Salinity control, salt balanced and leaching requiremnt of irrigated soils. Course lectures, International center for advance Mediterranean agronomic studies of Bari. Italy.
- Van Hoorn, J.W., Katerji, N., Hamdy, A., 1997. Long-term Salinity Development in a Lysimeter Experiment. *Agric. Water Manage.*, 34: 47-55.
- Vilche, C., Gely, M., Santalla, E., 2003. Physical properties of quinoa seeds. *Biosystems Engineering*, 86: 59–65.

- Walker, G.K., Hatfield, J.L., 1979. Test of stress-degree-day concept using multiple planting dates of red kidney beans. *Agronomy J.*, 71: 967-971.
- Wang, W.X., Vinocur, B., Altman, A., 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218: 1–14.
- Weber, E.J., 1978. The Inca's ancient answer to food shortage. *Nature*, 272: 486.
- Williams, W.D., 1999. Salinisation: A major threat to water resources in the arid and semi-arid regions of the world. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 4(3-4): 85-91.
- Wilson, C., Read, J.J., Abo-Kassem, E., 2002. Effect of Mixed-Salt Salinity on Growth and Ion Relations of A Quinoa and A Wheat Variety. *Journal of Plant Nutrition*, 25(12): 2689-2704.
- WFP, 2010. World Food Programme, "What Causes Hunger?", Food Programme Fighting Hunger Worldwide.
- WFP, 2015. World Food Programme. Hunger Statistics.
- World Health Organization., UNICEF., Joint Monitoring Programme, 2014. Progress on Drinking Water and Sanitation.
- Yazar, A., İnce Kaya, Ç., Sezen, S.M., Jacobsen, S.E., 2015. Saline Water Irrigation of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) Under Mediterranean Conditions. *Crop and Pasture Science*, 66(10): 993-1002.
- Yazar, A., İnce, Ç., 2014. A New Crop for Salt Affected and Dry Agricultural Areas of Turkey: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri*, 7(7): 1440-1446.
- Yeşilsoy, M.S., Güzeliş, I., 1966. Toprakta özgül ağırlık ve hacim ağırlığı tayin metodları. *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü. Teknik Yayınları*, Sayı: 15, Ankara.
- Yurtseven, E., Kesmez, G.D., Ünlükara, A., 2005. The Effects of Water Salinity and Potassium Levels on Yield, Fruit Quality and Water Consumption of a

Native Central Anatolian Tomato Species (*Lycopersicon esculantum*).
Agricultural Water Management 78: 128–135.

Yurtseven, E., Ünlükara, A., Top, A., Tek, A., 2001. Tuzluluğun ve Sulama Aralığının Kolzada (*Brassica Napus Oleifera*) Verime ve Gelişmeye Etkisi. I. Ulusal Sulama Kongresi Bildirileri Kitabı, 8-11 Kasım 2001, Antalya/Belek, s.215-219.





ÖZGEÇMİŞ

1994 yılında Aksaray’da doğdu. İlkokul ve lise öğrenimini Ankara’da bitirdi.

2012-2016 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde okuyup, bölüm birinciliği ile mezun oldu.

2016 yılında Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında yüksek lisans eğitime başladı.

2018 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Bu nedenle, 2018 yılından itibaren yüksek lisans eğitime Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında devam etmekte.