

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FASULYE BİTKİSİNDE SULAMA SUYU KAYNAKLI TUZLULUK
STRESİNİN AZALTILMASINDA SELENYUM VE SİLİSYUM
UYGULAMALARININ ETKİLERİ**

**Mulat Asmamaw ADMASIE
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

OCAK 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FASULYE BİTKİSİNDE SULAMA SUYU KAYNAKLI TUZLULUK
STRESİNİN AZALTILMASINDA SELENYUM VE SİLİSYUM
UYGULAMALARININ ETKİLERİ**

Mulat Asmamaw ADMASIE

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

OCAK 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FASULYE BİTKİSİNDE SULAMA SUYU KAYNAKLI TUZLULUK
STRESİNİN AZALTILMASINDA SELENYUM VE SİLİSYUM
UYGULAMALARININ ETKİLERİ**

**Mulat Asmamaw ADMASIE
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**Bu tez proje numarası ile Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Yönetim Birimi tarafından FBA-2019-4759 nolu proje ile desteklenmiştir.**

OCAK 2022

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FASULYE BİTKİSİNDE SULAMA SUYU KAYNAKLI TUZLULUK
STRESİNİN AZALTILMASINDA SELENYUM VE SİLİSYUM
UYGULAMALARININ ETKİLERİ**

Mulat Asmamaw ADMASIE
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 12 / 01 / 2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ (Danışman)

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Doç. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ

ÖZET

FASULYE BİTKİSİNDE SULAMA SUYU KAYNAKLI TUZLULUK STRESİNİN AZALTILMASINDA SELENYUM VE SİLİSYUM UYGULAMALARININ ETKİLERİ

Mulat Asmamaw ADMASIE

Doktora Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Ocak 2022; 152 sayfa

Aşırı tuzluluk, ozmotik stres, toksik iyonların ve iyon dengesizliğinin zararlı etkileri bitki büyümesini ve gelişimini olumsuz etkiler. Fasulye dâhil baklagiller, abiyotik stres faktörleri arasında özellikle tuz stresinden önemli düzeyde etkilendiklerinden tuza duyarlı bitki türleri olarak sınıflandırılırlar. Son yıllarda silisyum ve selenyum gibi elementlerin tuzluluk stresinin azaltılması amacıyla kullanımı konusunda yapılan araştırmalar giderek artmaktadır. Ancak, dünya literatüründe bu elementlerin fasulye bitkisinde tuzluluk stresinin azaltılmasına yönelik araştırma sonuçlarını içeren bir çalışmaya rastlanılmamış olması bilimsel kaynaklarda önemli bir eksiklikler. Bu çalışmanın temel amacı tuzluluk stresinin fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisinde büyüme, verim ve kalite parametrelerine olumsuz etkisinin silisyum veya selenyum uygulamaları ile azaltılabilirliğinin belirlenmesidir. Araştırma, Akdeniz Üniversitesinde Mart-2019 ve Mart-2021 tarihleri arasında yağıştan korunaklı bir alanda tartılabilen lizimetrelerde iki yetiştirme döneminde olmak üzere toplam 24 ayda tamamlanmıştır. Çalışmada birbirine benzer ikişer faktörlü (sulama suyu tuzluluğu ve silisyum veya selenyum) iki ayrı deneme oluşturulmuştur. Kontrol (0.6 dS/m), düşük (1.6 dS/m), orta (3.0 dS/m) ve yüksek (4.8 dS/m) olmak üzere dört farklı sulama suyu tuzluluk düzeyi konusu her iki denemede de araştırılan ilk faktör konuları, buna ek olarak fasulye bitkisinin tuzluluk stresine dayanımını arttıracak düşünölen silisyum ve selenyumun iki hafta aralıklarla üç farklı yaprak uygulama dozları (sırasıyla 0, 56 ve 112 mg Si /L ve 0, 5 ve 20 mg Se/L) ise denemelerde ikinci faktör olarak ele alınmıştır. Denemeler sonunda bitki su tüketimi, toprak tuzluluğu ve drenaj suyu tuzlulukları ile verim parametreleri olarak bakla boyu, bakla sayısı, tohum sayısı, yaş ve kuru biyolojik verim vejetatif kuru ağırlık, bakla kuru ağırlığı ve tohum kuru ağırlığı belirlenmiştir. Bunlara ek olarak bitkide organik asit bileşenlerinin (tartarik asit, okzalik asit, malik asit, maloik asit, şikimik asit, askorbik asit, asetik asit, sitrik asit, maleik asit, fumarik asit ve süksinik asit) analizleri yapılmıştır. Çalışmada son olarak silisyum ve selenyumun her bir yaprak uygulama düzeyi için ayrı ayrı tuzluluk eşik ve oransal verim azalması değerleri de belirlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, her iki yılda da tuzluluk ana faktörünün fasulye bitkisinde bitki su tüketimi, büyüme ve verim gibi parametreleri önemli düzeylerde olumsuz etkilediği ancak, birçok bitkide tuzluluk stresini azaltmada kullanılabileceği önerilen silisyum ve selenyum yaprak uygulamasının fasulye bitkisinde hemen

hemen tüm parametreler için genel olarak ifade edilebilecek istatistiksel anlamda olumlu bir eğilim göstermediği ortaya konulmuştur. Kontrol tuzluluk konusu ile karşılaştırıldığında fasulye bitkisine 112 mg Si /L uygulama konusunun tuzluluk eşik değerini bir miktar arttırdığı, 20 mg Se/L uygulama konusunun ise tuzluluk eşik değeri önemli sayılabilecek düzeyde etkilemediği ancak bu uygulamanın eşik sonrası meydana gelen verim azalmasını ifade eden eğim değerini düşük düzeyde de olsa olumlu etkilediği ortaya konulmuştur. Tüm bunlar değerlendirildiğinde, gerek silisyum ve gerekse selenyumun araştırılan uygulama dozlarında dışsal yaprak uygulamalarının fasulye bitkisinde tuzluluk stresinin büyüme, verim ve kalite parametrelerine toleransını geliştirmede beklenenden daha az bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELE: Fasulye, Selenyum, Silisyum, Su kalitesi, Tuz stresi, Tuzluluk eşik değeri

JÜRİ: Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Doç. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ

ABSTRACT

THE EFFECTS OF SELENIUM AND SILISIUM APPLICATIONS ON REDUCING IRRIGATION WATER-INDUCED SALINITY STRESS IN BEAN PLANT

Mulat Asmamaw ADMASIE

PhD Thesis in Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

January 2022; 152 pages

Excess salinity, osmotic stress, harmful effects of toxic ions and ion imbalance negatively affect plant growth and development. Legumes, including beans, are classified as salt-sensitive plant species as they were significantly affected by salt stress, one of the abiotic stress factors. In recent years, researches on the use of elements such as silisium and selenium to reduce salinity stress have been increasing. However, no study has been found in the world literature that shows the effects of these elements on reducing salinity stress in bean plants. The main purpose of this study was to determine whether the negative effects of salinity stress on growth, yield and quality parameters of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plant could be reduced by silisium or selenium applications. The research was realized for two growing seasons between March-2019 and March-2021, in weighing lysimeters under a rain-out shelter at Akdeniz University. In the study, two different experiments with similar two factors (irrigation water salinity and silisium or selenium) were set up. Four different irrigation water salinity levels including control (0.6 dS/m), low (1.6 dS/m), medium (3.0 dS/m) and high (4.8 dS/m) as the first factor treatments were investigated in both experiments. In addition, three different foliar application dosage of silisium (0, 56 and 112 mg Si/L) and selenium (0, 5 and 20 mg Se/L) which were thought to increase the response of the bean plant to salinity stress, were considered as the second factor in the experiments. At the end of the experiment, plant water consumption, soil salinity and drainage water salinity and yield parameters as pod length, number of pod, number of seed, wet and dry biological yield, vegetative dry weight, pod dry weight and seed dry weight were determined. In addition to these, organic acid components (tartaric acid, oxalic acid, malic acid, malonic acid, shikimic acid, ascorbic acid, acetic acid, citric acid, maleic acid, fumaric acid and succinic acid) of the plant samples were analyzed. Finally, salinity threshold and relative yield decrease values were determined separately for each foliar application dose of silisium and selenium. In general, salinity, as the main factor, has a significant negative effect on parameters including plant water consumption, growth and yield in bean plants in both years. However, it has been shown that foliar application of silisium and selenium, which are suggested to be used to reduce salinity stress in many plants, did not show, in general, a statistically positive trend for almost all growth, yield and quality

parameters in bean. Compared to the control salinity treatment, it was revealed that the application of 112 mg Si/L to the bean plant slightly increased the salinity threshold, while the application of 20 mg Se/L did not affect the salinity threshold value at a significant level, but this application had a very low positive effect on the slope value, which expresses the decrease in yield after the threshold salinity. When evaluated in general, it was concluded that foliar application of silisium and selenium under studied concentrations had minor effect than expected in improving the tolerance of salinity stress to growth, yield and quality parameters in bean plants.

KEYWORDS: Beans, Selenium, Silisium, Water quality, Salt stress, Salinity threshold value

COMMITTEE: Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fatih CENGİZ

ÖNSÖZ

Özellikle son yıllarda tuzluluk stresine dayanımını arttırmak için önemli sayıda bitki çeşidinde silisyum ve/veya selenyum uygulamalarının etkinlikleri araştırılmasına rağmen, literatürde tuzluluk stresi altında yetişen fasulye bitkisi için silisyum veya selenyum uygulamalarının bitkinin büyüme, verim ve kalite parametrelerine etkilerinin ortaya konulduğu bilimsel bir çalışma bulunmamaktadır. Buna ek olarak fasulye bitkisi ile ilgili tuzluluk çalışmalarında tuz kaynağı olarak genellikle yalnızca sodyum klorür kullanıldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda, bu tez çalışmasında farklı tuzluluk düzeyleri ile farklı silisyum ve selenyum dozu uygulamaları altında baklagil bitkisi olarak yetiştirilen fasulye bitkisinde büyüme, verim, sulama suyu kullanım randımanı, tuzluluk eşik ve eğim değerleri ile önemli kalite parametrelerine etkisi araştırılmıştır.

Doktora eğitimim boyunca bana her zaman yardımcı olan ve destek veren saygıdeğer hocam ve danışmanım Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ'a, arazi çalışmalarında yardımlarda bulunan hocam Prof. Dr. Faik KANTAR'a, toprak analizleri konusunda yardımlarda bulunan hocam Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Ece ASLAN'a, yine laboratuvar çalışmalarında kalite analizlerinin gerçekleştirilmesinde katkı sağlayan hocalarım Doç. Dr. M. Fatih CENGİZ'e ve Prof. Dr. Taner AKAR'a ve bölümümüzdeki tüm hocalarıma ve araştırma görevlilerine teşekkürlerimi sunarım. Denemeler boyunca arazi işlerinde bana yardımcı olan değerli dostum doktora öğrencisi Nurlykhan BIMURZAYEV'e de ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	9
2.1. Tuzluluk ve Nedenleri.....	9
2.2. Tuzlu Topraklarda Yıkama Gereksinimi	10
2.3. Tuzluluk-Verim Fonksiyonu.....	11
2.4. Bitkisel Üretimde Tuzluluk.....	11
2.4.1. Tuzluluğun toprakta su potansiyeline ve fasulye bitkisinde su ve klorofil içeriği ile fotosentez hızına etkisi	12
2.4.2. Tuzluluğun fasulye bitkisinde iyon fitotoksisitesi ve besin maddesi dengesizliklerine etkisi	14
2.4.3. Tuzluluğun fasulyede bitkisinde büyüme parametrelerine etkisi	14
2.4.4. Tuzluluğun fasulye bitkisinde verim parametrelerine etkisi.....	16
2.4.5. Tuzluluğun fasulye bitkisinde kalite parametrelerine etkisi	18
2.5. Silisyum ve Selenyum Elementleri	19
2.5.1. Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında mineral alımının dengelenmesine ve toksik iyon zararının azaltılmasına etkisi.....	20
2.5.2. Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında oksidatif hasarın azaltılmasına etkisi	22
2.5.3. Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında fotosenteze etkisi	23
2.5.4. Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında bitki büyümesine etkisi.....	25
2.5.5. Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında biyolojik verime etkisi.....	27

2.5.6.	Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında verim ve hasat indeksine etkisi.....	29
2.5.7.	Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında bitkilerde bazı kalite parametrelerine etkisi	31
3.	MATERYAL VE METOT	34
3.1.	Materyal	34
3.1.1.	Araştırma alanı.....	34
3.1.2.	İklim özellikleri.....	35
3.1.3.	Bitki yetiştirme ortamı	35
3.1.4.	Bitkisel materyal	37
3.2.	Metot	38
3.2.1.	Deneme deseni ve deneme konuları.....	38
3.2.2.	Tohum ekimi ve kültürel uygulamalar.....	40
3.2.3.	Sulama ve selenyum veya silisyum uygulamalarının planlanması	41
3.2.4.	Toprak örnekleme ve analizleri	43
3.2.5.	Bitki büyüme, verim ve verim kalite parametreleriyle ilgili ölçüm ve analizler.	45
3.2.6.	Tuz toleransı modeli ve su kullanım randımanı.....	47
3.2.7.	İstatistiksel analiz	48
4.	BULGULAR	49
4.1.	Tuzluluk Düzeyi ve Silisyum Dozu Denemesi	49
4.1.1.	Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozunun toprak ve drenaj suyu tuzluluğu ile yıkama oranı ve bitki su tüketimine etkisi	49
4.1.1.1.	Yıkama oranı.....	49
4.1.1.2.	Bitki su tüketimi.....	49
4.1.1.3.	Toprak tuzluluğu	51
4.1.1.4.	Drenaj suyu tuzluluğu	53
4.1.2.	Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozunun fasulyede bitki gelişim parametrelerine etkisi	55
4.1.2.1.	Bitki boyu.....	55

4.1.2.2. Gövde çapı	57
4.1.3. Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozunun fasulyede verim parametrelerine etkisi	58
4.1.3.1. Bakla uzunluğu	58
4.1.3.2. Bakla sayısı	60
4.1.3.3. Tohum sayısı	61
4.1.3.4. Biyolojik yaş verim	63
4.1.3.5. Biyolojik kuru verim	64
4.1.3.6. Vejetatif kuru ağırlık	66
4.1.3.7. Bakla kuru ağırlık	68
4.1.3.8. Tohum kuru ağırlık	70
4.1.4. Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozunun fasulye bitkisinde protein ve organik asit içeriğine etkisi	71
4.1.4.1. Protein içeriği	72
4.1.4.2. Tartarik asit	73
4.1.4.3. Okzalik asit	73
4.1.4.4. Malik asit	76
4.1.4.5. Şikimik asit	76
4.1.4.6. Sitrik asit	77
4.1.4.7. Maleik asit	78
4.1.4.8. Fumarik asit	79
4.1.4.9. Süksinik asit	80
4.1.5. Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozunun fasulye bitkisinde su kullanım randımanına etkisi	80
4.1.6. Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozunun fasulye bitkisinde tuz toleransına etkisi	82
4.2. Tuzluluk Düzeyi ve Selenyum Dozu Denemesi	84
4.2.1. Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozunun toprak ve drenaj suyu tuzluluğu ile yıkama oranı ve bitki su tüketimine etkisi	84
4.2.1.1. Yıkama oranı	84

4.2.1.2. Bitki su tüketimi.....	85
4.2.1.3. Toprak tuzluluğu.....	86
4.2.1.4. Drenaj suyu tuzluluğu.....	88
4.2.2. Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozunun fasulyede bitki gelişim parametrelerine etkisi	91
4.2.2.1. Bitki boyu.....	91
4.2.2.2. Gövde çapı	92
4.2.3. Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozunun fasulyede verim parametrelerine etkisi... ..	94
4.2.3.1. Bakla uzunluğu	94
4.2.3.2. Bakla sayısı	95
4.2.3.3. Tohum sayısı	97
4.2.3.4. Biyolojik yaş verim.....	99
4.2.3.5. Biyolojik kuru verim.....	100
4.2.3.6. Vejetatif kuru ağırlık.....	102
4.2.3.7. Bakla kuru ağırlık	104
4.2.3.8. Tohum kuru ağırlık	105
4.2.4. Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozunun fasulye bitkisinde protein ve organik asit içeriğine etkisi	107
4.2.4.1. Protein içeriği.....	107
4.2.4.2. Tartarik asit	108
4.2.4.3. Okzalik asit	109
4.2.4.4. Malik asit	110
4.2.4.5. Maloik asit	111
4.2.4.6. Şikimik asit	112
4.2.4.7. Askorbik asit	113
4.2.4.8. Asetik asit.....	114
4.2.4.9. Sitrik asit	115
4.2.4.10. Maleik asit.....	117
4.2.4.11. Fumarik asit	117

4.2.4.12. Süksinik asit	118
4.2.5. Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozunun fasulye bitkisinde su kullanım randımanına etkisi	119
4.2.6. Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozunun fasulye bitkisinde tuz toleransına etkisi	121
5. TARTIŞMA	123
5.1. Tuzluluk Düzeyi ve Silisyum Dozunun Fasulye Bitkisine Etkileri	123
5.2. Tuzluluk Düzeyi ve Selenyum Dozunun Fasulye Bitkisine Etkileri.....	127
6. SONUÇLAR	132
7. KAYNAKLAR	134
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Fasulye Bitkisinde Sulama Suyu Kaynaklı Tuzluluk Stresinin Azaltılmasında Selenyum ve Silisyum Uygulamalarının Etkileri” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

12/01/2022

Mulat Asmamaw ADMASIE

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
<	: Küçük
>	: Büyük
≤	: Küçük eşit
°C	: Santigrat derece
AW	: Her sulamada uygulanan su miktarını
b	: Eşik sonrası birim tuzluluk artışı için oransal verim azalması
Ca	: Kalsiyum
CaCl ₂	: Kalsiyum klorür
Cl	: Klor
cm	: Santimetre
cm ³	: Santimetreküp
da	: Dekar
dS	: Desi Siemens
EC _{dr}	: Drenaj suyu elektriksel iletkenliği
EC _e	: Toprak saturasyon çamuru süzüğü elektriksel iletkenliği
EC _i	: Sulama suyu elektriksel iletkenlik
gr	: Gram
ha	: Hektar
K	: Potasyum
K ₂ O ₃ Si	: Potasyum silikat
kg	: Kilogram

L	: Litre
m	: Metre
m ²	: Metrekare
mg	: Miligram
Mg	: Magnezyum
MgSO ₄	: Magnezyum sülfat
mm	: Milimetre
mM	: Milimol
N	: Azot
Na	: Sodyum
NaCl	: Sodyum klorür
Na ₂ CO ₃	: Sodyum karbonat
Na ₂ SO ₄	: Sodyum sülfat
NO ₃	: Nitrat
pH _e	: Toprak saturasyon süzüğü pH değeri
SeO ₄	: Selenat
SeO ₃	: Selenit
Si(OH) ₄	: Silisik asit
W _a	: Sulama öncesi lizimetre ağırlığı
Y _a	: Gerçek verim
Y _m	: Maksimum depo-kök verimi
ρ _w	: Suyun yoğunluğu
μM	: Mikromol

Kısaltmalar

APX	: Askorbat peroksidaz
CAT	: Katalaz
CL	: Killi tın
ET	: Bitki su tüketimi
HA	: Hacim ağırlığı
LF	: Yıkama oranı
MDA	: Malondialdehit
MSI	: Stabilite indeksini
POD	: Peroksidazlar
SA	: Salisilik asit
SAR	: Sodyum adsorpsiyon oranı
SeD	: Selenyum dozu
SiD	: Silisyum dozu
SN	: Solma noktası
SKR	: Su kullanım randımanı
SOD	: Süperoksit dismutaz
SPSS	: İstatistiksel analiz paketi
TD	: Tuz düzeyi
TK	: Tarla kapasitesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Bitkilerin tuza dayanım grafiği.....	11
Şekil 3.1. Kısmen kontrollü deneme alanının görünüşü.....	34
Şekil 3.2. Yetiştirme ortamı olarak kullanılan lizimetrelerin a) tabanına tül serilmesi; b) tarla kapasitesi ağırlıklarının belirlenmesi.....	37
Şekil 3.3. a) Lizimetrelere fasulye tohumu ekimi; b) Her bir lizimetredeki bitki sayısı üç olacak şekilde seyreltme	41
Şekil 3.4. Farklı selenyum veya silisyumun düzeyleri püskürtücü yardımıyla uygulaması	43
Şekil 3.5. a) Denemelerde toprak örneklerinin alınması; b) Saturasyon çamuru süzüğünün hazırlanması; c) Saturasyon çamuru süzümü analizleri.....	44
Şekil 3.6. Yetiştirme periyodu boyunca bitkilerde a) kök boğazı kalınlığı; b) sürgün uzunluğu ölçümleri	45
Şekil 3.7. Hasat sonrasında a) biyolojik yaş verim; b) kuru verim; c) bakla ağırlığı; d) bakla boyu ve bakla sayısı; e) baklada tane sayısı; f) 100-tane ağırlığı değerlerinin belirlenmesi.....	46
Şekil 4.1. Yetiştirme sezonu boyunca silisyum denemesinde drenaj suyu tuzluluklarındaki değişim a) birinci yıl; b) ikinci yıl	54
Şekil 4.2. Organik asit analizine ait örnek bir kromatogram	72
Şekil 4.3. Birinci ve ikinci yıl silisyum dozları için tuz tolerans modelleri	83
Şekil 4.4. Yetiştirme sezonu boyunca selenyum denemesinde drenaj suyu tuzluluklarındaki değişim a) birinci yıl; b) ikinci yıl.....	89
Şekil 4.5. Birinci ve ikinci yıl selenyum dozları için tuz tolerans modelleri.....	122

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1. Çalışma dönemleri (2019 ve 2020) ve uzun yıllara (1930-2020) ait bazı iklim verileri.....	35
Çizelge 3. 2. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	37
Çizelge 3. 3. Çalışmada gerçekleştirilen denemeler, ele alınan konular ve açıklamaları.....	39
Çizelge 3. 4. HPLC çalışma şartları.....	47
Çizelge 4. 1. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama yıkama oranı (%) değerlerinin istatistiksel analizi.....	50
Çizelge 4. 2. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama yıkama oranı (%) değerlerinin istatistiksel analizi.....	50
Çizelge 4. 3. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki su tüketimi (mm/mevsim) değerlerinin istatistiksel analizi.....	51
Çizelge 4. 4. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki su tüketimi değerlerinin (mm/mevsim) istatistiksel analizi.....	51
Çizelge 4. 5. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluğu (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi.....	52
Çizelge 4. 6. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında hesapla belirlenen toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluğu (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi.....	52
Çizelge 4. 7. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama drenaj suyu tuzluluk (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi.....	55
Çizelge 4. 8. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama drenaj suyu tuzluluk (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi.....	55
Çizelge 4. 9. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki boyu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi.....	56
Çizelge 4. 10. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki boyu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi.....	57

Çizelge 4. 11. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama gövde çapı (mm) değerlerinin istatistiksel analizi	58
Çizelge 4. 12. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama gövde çapı (mm) değerlerinin istatistiksel analizi	58
Çizelge 4. 13. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla uzunluğu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi	59
Çizelge 4. 14. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla uzunluğuna (cm) değerlerinin istatistiksel analizi.....	59
Çizelge 4. 15. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama bakla sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	60
Çizelge 4. 16. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama bakla sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	61
Çizelge 4. 17. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama tohum sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	62
Çizelge 4. 18. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama tohum sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	62
Çizelge 4. 19. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama biyolojik yaş verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	64
Çizelge 4. 20. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama biyolojik yaş verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	64
Çizelge 4. 21. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama biyolojik kuru verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	66
Çizelge 4. 22. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama biyolojik kuru verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	66
Çizelge 4. 23. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama vejetatif kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	67
Çizelge 4. 24. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama vejetatif kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	68
Çizelge 4. 25. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama bakla kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	69

Çizelge 4. 26. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	69
Çizelge 4. 27. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama tohum kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	71
Çizelge 4. 28. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama tohum kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	71
Çizelge 4. 29. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama danede protein (%) değerlerinin istatistiksel analizi	73
Çizelge 4. 30. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama tartarik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	74
Çizelge 4. 31. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama tartarik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	74
Çizelge 4. 32. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama okzalik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	75
Çizelge 4. 33. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama okzalik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	75
Çizelge 4. 34. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama malik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi.....	76
Çizelge 4. 35. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama şikimik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi.....	77
Çizelge 4. 36. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama sitrik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi.....	78
Çizelge 4. 37. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama sitrik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi.....	78
Çizelge 4. 38. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama maleik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	79
Çizelge 4. 39. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama fumarik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	79
Çizelge 4. 40. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama süksinik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi.....	80

Çizelge 4. 41. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkinin su kullanım randımanı (g/mm) değerlerinin istatistiksel analizi	81
Çizelge 4. 42. İkinci yıl (2020) tuz düzeyi ve silisyum dozlarının su kullanım randımanına (g/mm) etkisi	82
Çizelge 4. 43. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama yıkama oranı (%) değerlerinin istatistiksel analizi.....	84
Çizelge 4. 44. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama yıkama oranı (%) değerlerinin istatistiksel analizi.....	85
Çizelge 4. 45. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki su tüketimi (mm/mevsim) değerlerinin istatistiksel analizi.....	86
Çizelge 4. 46. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki su tüketimi (mm/mevsim) değerlerinin istatistiksel analizi.....	86
Çizelge 4. 47. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluğu (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi	87
Çizelge 4. 48. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında hesapla belirlenen toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluğu (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi	87
Çizelge 4. 49. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama drenaj suyu tuzluluk (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi.....	90
Çizelge 4. 50. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama drenaj suyu tuzluluk (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi.....	90
Çizelge 4. 51. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki boyu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi.....	92
Çizelge 4. 52. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki boyu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi.....	92
Çizelge 4. 53. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama gövde çapı (mm) değerlerinin istatistiksel analizi	93
Çizelge 4. 54. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama gövde çapı (mm) değerlerinin istatistiksel analizi	93

Çizelge 4. 55. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla uzunluğu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi	95
Çizelge 4. 56. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında ortalama bakla uzunluğu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi	95
Çizelge 4. 57. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında ortalama bakla sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	96
Çizelge 4. 58. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	97
Çizelge 4. 59. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında ortalama tohum sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	98
Çizelge 4. 60. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama tohum sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	98
Çizelge 4. 61. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında ortalama biyolojik yaş verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	100
Çizelge 4. 62. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama biyolojik yaş verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	100
Çizelge 4. 63. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında ortalama biyolojik kuru verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	102
Çizelge 4. 64. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama biyolojik kuru verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	102
Çizelge 4. 65. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama vejetatif kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	103
Çizelge 4. 66. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama vejetatif kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	103
Çizelge 4. 67. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	105
Çizelge 4. 68. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi	105
Çizelge 4. 69. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama tohum kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	106

Çizelge 4. 70. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama tohum kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi.....	106
Çizelge 4. 71. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında ortalama danede protein (%) değerlerinin istatistiksel analizi	107
Çizelge 4. 72. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama tartarik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	108
Çizelge 4. 73. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama tartarik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	109
Çizelge 4. 74. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama okzalik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	110
Çizelge 4. 75. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama okzalik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	110
Çizelge 4. 76. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama malik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi.....	111
Çizelge 4. 77. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama maloik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi.....	112
Çizelge 4. 78. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama şikimik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi.....	113
Çizelge 4. 79. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama askorbik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	114
Çizelge 4. 80. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama asetik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi.....	115
Çizelge 4. 81. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama sitrik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi.....	116
Çizelge 4. 82. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama sitrik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi.....	116
Çizelge 4. 83. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama maleik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	117
Çizelge 4. 84. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama fumarik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi	118

Çizelge 4. 85. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama süksinik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi.....	119
Çizelge 4. 86. Birinci yıl (2019) tuz düzeyi ve selenyum dozlarının su kullanım randımanına (g/mm) etkisi.....	120
Çizelge 4. 87. İkinci yıl (2020) tuz düzeyi ve selenyum dozlarının su kullanım randımanına (g/mm) etkisi.....	121



1. GİRİŞ

Küresel nüfus artışı ve mevcut gıda tüketimi eğilimlerinin devam etmesi durumunda, 2050 yılında günümüzdekinden %60 daha fazla gıdaya ihtiyaç duyulacaktır. Daha fazla gıda ihtiyacını karşılamak ve yoksulluk sorunuyla mücadele etmek için en makul araç tarımsal üretimin arttırılmasıdır. Ekilebilir arazi sınırlı olduğu için tarımsal üretimin arttırılması, üretim altındaki mevcut alanlarda verimliliğinin artırılması veya sorunlu alanların iyileştirilmesi ve geliştirilmesi yoluyla sağlanabilir (Dibaba, 2015). Bununla birlikte, tarımsal üretimin yapıldığı doğal ortamlar aynı zamanda karmaşık bir şekilde abiyotik ve biyotik stres faktörlerinin etkisi altında kalmaktadır. Bu streslere verilen bitki tepkileri de aynı derecede karmaşık olabilmektedir (Cramer, 2010). Özellikle yüksek sıcaklık, kuraklık ve tuzluluk bitkisel üretimi önemli düzeyde etkileyen abiyotik stres faktörleridir (FAO, 2013, Parveen vd., 2016, Rameshwaran vd., 2016, Shekari vd., 2017).

Tuzluluk, kuraklıktan sonra bitki büyümesini olumsuz etkileyen en yaygın ikinci abiyotik streştir (Pessarakli, 1991). Dünya toplam arazi varlığının %6'sından fazlasına denk gelen 830 milyon ha alanın tuzluluk (%47.8) veya sodiklikten (%52.2) etkilendiği tahmin edilmektedir (FAO, 2005). Her ne kadar tuzluluk ve sodisite problemlerinin çoğunluğu doğal nedenlerle meydana gelse de, özellikle ekilen arazilerin önemli bir kısmı yanlış tarımsal uygulamalar nedeniyle sorunlu topraklar haline gelmiştir (Yaghubi vd., 2016). Toprak tuzluluğu esas olarak, tuz konsantrasyonu yüksek su kaynaklarının sulamada kullanılması sonucunda, toprakta tuzların biriktirildiği kurak ve yarı kurak bölgelerde görülmektedir (Rameshwaran vd., 2016, Shekari vd., 2017). Buna ek olarak, sulanan bölgeler boyunca ilerleyen akarsularda tuz ve diğer maddelerin konsantrasyonları genellikle suyun akış yönünde arttığından, aşağı akarsu alanlarındaki sulamalarda düşük kaliteli suların kullanılması da uzun vadede toprakların tuzlulaşmasına neden olabilmektedir (Qadir vd., 2010).

Dünyada tarımsal üretim yapılan alanların yaklaşık olarak %20'den fazlasının tuzluluk etkisi altında olduğu bildirilmektedir (Hasanuzzaman vd., 2013, Yazar ve Kaya, 2014, Kang vd., 2017). Yine diğer kaynaklarda, dünyadaki 230 milyon hektarlık

sulanan alanın yaklaşık 45 milyon ha'nın (%20) ve yağışa dayalı tarım alanının 32 milyon ha'nın (%2) tuzluluktan etkilendiğinin tahmin edildiği belirtilmektedir (FAO, 2005, Morales vd., 2012, Aydınşakir vd., 2015). Sulanan arazilerin her yıl yaklaşık 10 milyon hektarı yüksek tuzluluk nedeniyle üretim dışı kalmaktadır (Szabolcs, 1989). Tuzluluk artışına bağlı olarak sürdürülebilir tarım alanlarının 2030 yılına kadar %30'unun, 21. yüzyılın ortalarında ise %50'sinin tahrip olabileceği bildirilmektedir (Wang vd., 2003, Ahmadi vd., 2009). Türkiye'de de yanlış sulama yönetimi ve yetersiz drenaj başta olmak üzere değişik faktörler nedeniyle 1.5 milyon ha tarım alanında tuzluluk problemi bulunmaktadır (FAO, 2007).

Bitki kök bölgesindeki aşırı tuz birikimi iyon toksisitesi ve ozmotik stresin bir sonucu olarak büyüme ve verimde azalmalara neden olabilmektedir (Qadir vd., 2010). Genel olarak tuzluluğun olumsuz etkileri bitkilerde sodyum (Na) ve klor (Cl) iyonlarındaki artışa atfedilmiştir (Yaghubi vd., 2016). Tuzluluk stresi altında bitkiler tarafından Na ve Cl iyonlarının daha fazla alınması ve birikmesi kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve potasyum (K) gibi diğer gerekli besin maddelerinin alımını azaltabilmektedir. Tuz stresi sadece ozmotik stres ve iyon toksisitesine değil, aynı zamanda bitkide besin dengesizliklerine, hücre bölünmelerinde azalmaya, hücre zarlarında hasarlara ve fotosentez ve solunum gibi metabolik süreçlerde de değişikliklere neden olabilmektedir (Osman vd., 2017). Bunlara ek olarak, tuzluluk bitkilerde reaktif oksijen türlerinin oluşumunu arttırabilmekte ve lipitlere, proteinlere ve nükleik asitlere oksidatif hasar vererek normal hücresel metabolizmayı değiştirebilen oksidatif strese yol açabilmektedir (Bybordi, 2016, Shekari vd., 2017).

Birçok araştırmacı, artan tuzluluğun bitkilerde çimlenme yüzdesi, çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu ile taze kök ve sürgün ağırlıklarında önemli bir azalmaya neden olduğunu bildirmiştir (Chen vd., 2014, Bybordi, 2016, Kang vd., 2017, Kouam vd., 2017, Lotfi vd., 2018). Tuzluluk zararının şiddeti, tuz türüne, tuz konsantrasyonuna, uygulanan miktarlara ve uygulama sürelerine bağlı olarak değişir (Tas vd., 2016). Buna ek olarak, bitkilerin toprak tuzluluğuna tepkisi ve toleransları da geniş çapta değişiklik göstermektedir. Bir bitkinin tuz toleransı o bitkinin kök bölgesindeki aşırı tuzların olumsuz etkilerinden korunma yeteneğine bağlıdır. Tarımcılar tuz toleransını ortalama

kök bölgesi için ifade edilen farklı toprak tuz konsantrasyonlarında oransal büyüme veya verim azalması olarak tanımlamaktadırlar. Bitkilerin tuz toleransı farklı toprak tuzluluk düzeylerine karşılık oransal verim değerlerinin grafiklenmesiyle belirlenebilmektedir (Hanson vd., 2006).

Bitkilerin topraktaki yüksek tuz konsantrasyonlarına tolerans mekanizmalarının anlaşılması bu bitkilerin tuzlu alanlardaki verimlerini artırmada yol gösterici olabilmektedir (Zhu ve Gong, 2014). Her ne kadar tuzluluk probleminin etkileri su ve drenaj yönetimi ve ekim öncesi bazı ön-işlemlerle (örneğin, ozmo-priming, halo-priming, hidro-priming) en aza indirilse de, bunların maliyeti oldukça yüksektir. Bu nedenle tuzdan etkilenmiş alanlarda bitkisel üretimi arttırmak için maliyet etkin stratejilerin araştırılması günümüzün öncelikli araştırma konusu haline gelmiştir. Özellikle son yıllarda araştırmacılar bitkilerde tuzluluk toleransını geliştirmek için birtakım yaklaşımlar kullanılmaya başlamıştır. Bu yaklaşımlar arasında melatonin (Jiang vd., 2016), silisyum (Si) (Kochanova vd., 2014, Lotfi ve Ghassemi-Golezani, 2015, Mahmood, Daur, vd., 2016, Manivannan vd., 2016, Ouzounidou vd., 2016, Yaghubi vd., 2016, Bybordi, 2016, Garg ve Bhandari, 2016, Abdel-Haliem vd., 2017, Osman vd., 2017, Salah vd., 2017, Saleh vd., 2017, Shekari vd., 2017, Mahmood vd., 2017, Alzahrani vd., 2018, Oztekin vd., 2018, Bybordi vd., 2018, Khan vd., 2018, Lotfi vd., 2018), brasinolid (El-Mashad ve Mohamed, 2012), poliamin (Shu vd., 2015), nitrik oksit (Zhang vd., 2006) ve selenyum (Se) (Banuelos vd., 1990, 1996, Wang vd., 2005, Ardebili vd., 2014, Mozafariyan vd., 2016, Bybordi, 2016, Jiang vd., 2017, Shekari vd., 2017, Badawy vd., 2017, Boghdady vd., 2017, Habibi, 2017, Ashraf vd., 2018, Astaneh vd., 2018, Bybordi vd., 2018) uygulamaları yer almaktadır.

Van Bockhaven vd. (2013) tuzluluk stresi altındaki bitkilere yapraktan mikro besin elementleri uygulanmasının bitkinin toleransını artırabileceğini öne sürmüşlerdir. Bitkiler tarafından ihtiyaç duyulan mikro besin elementi olmaları yanında silisyum ve selenyumun tuzluluk gibi abiyotik streslerin azaltılmasında etkin ve yararlı olduğu bildirilmektedir (Sabaghnia ve Janmohammadi, 2019). Günümüzde hızlı nüfus artışı, iklim değişikliği ve artan tuzluluk da dahil olmak üzere karşı karşıya kaldığımız çoklu

tehditler silisyum ve selenyumun üretim artışına katkısının araştırılmasını daha da önemli hale getirmektedir (Coskun vd., 2016).

Silisyum yerkabuğunda %25 ortalama ile en bol bulunan ikinci elementtir. Topraktaki silisyum %23 ila %35 arasında değişmektedir. Bitkiler için "mutlak gerekli olmayan" bir mineral besin maddesi olarak kabul edilmesine rağmen, silisyumun özellikle tuzluluk ve kuraklık da dahil olmak üzere (Coskun vd., 2016) besin toksisitesi veya eksikliği (Janislampi, 2012, Saleh vd., 2017, Das vd., 2019) gibi abiyotik streslere karşı bitki direncinin geliştirilmesinde kanıtlanmış yararlı etkileri olduğu belirtilmektedir. Silisyumun tuz stresinin hafifletilmesindeki olası mekanizmaları bitki su durumunu koruması, iyon toksisitesini ve oksidatif hasarı azaltması, bitki hormon düzeylerini ve uyumlu çözünen maddelerin biyosentezini düzenlemesidir (Tantawy vd., 2015). Sapre ve Vakharia (2017) silisyumun bağıl su içeriğini, membran stabilite indeksini, peroksidaz ve katalaz gibi antioksidan enzim aktivitelerini arttırmada ve prolin içeriğini azaltmadaki yüksek etkinliği nedeniyle tuz stresi nedeniyle oluşabilecek zararı azaltma yeteneğine sahip olduğunu, bu nedenle silisyumun sıvı formda yaprak uygulamalarının bitkilerde abiyotik stres kaynaklı hasarın azaltılması için ümit verici bir alternatif olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Ancak bitki büyümesi ve gelişimi için silisyumun önemi, bitkilerin bu elementi alma yeteneklerindeki büyük farklılıklar nedeniyle tartışmalıdır. Silisyum “mutlak gerekli olmayan” olarak sınıflandırılmasından bugüne kadar bitki-silisyum araştırmalarından önemli bulgular elde edilmiştir. Bu element günümüzde de çoğu bitki büyüme ortamı formülasyonunda yer almaz iken, tarımsal olarak önemli birçok bitki türüne katkı sağladığı yaygın bir şekilde kabul edilmektedir (Coskun vd., 2016). Bu faydalar özellikle kuraklık ve tuzluluk gibi stresler altında belirlenebilirken, artan kanıtlar silisyumun nispeten stressiz koşullar altında da büyümeyi geliştirebildiğini göstermektedir. Ahmad vd. (2013) bitkiler tarafından özümlenen tüm mikro besinler arasında, silisyumun tek başına sürekli olarak makro besin elementlerine benzer konsantrasyonlarda bitkilerde bulunduğunu bildirmişlerdir.

Bitkiler tarafından ihtiyaç duyulduğu henüz onaylanmamış olmasına rağmen, silisyuma benzer şekilde, bazı çalışmalar düşük konsantrasyonlarda selenyumun da bitki büyümesini arttırarak (Kong vd., 2005), fotosentetik pigmentleri ve uyumlu çözücülerini

biriktirerek (Hawrylak-Nowak, 2009) ve antioksidan mekanizmasını aktive ederek (Hasanuzzaman *vd.*, 2011) tuz toleransının iyileştirilmesinde pozitif etkilere sahip olduğu ifade edilmektedir (Bybordi, 2016, Astaneh *vd.*, 2018). Jiang *vd.* (2017) bitkilerde antioksidan işlevi nedeniyle selenyumun abiyotik stres toleransını iyileştirdiği ve böylece oksidatif hasarı azalttığını iddia etmiştir. Tüm bunlara rağmen, bitkide selenyum kaynaklı tuz tolerans mekanizmasının hala tam olarak anlaşılamadığı bildirilmektedir (Jiang *vd.*, 2017). Ashraf *vd.* (2018) selenyumun bitki tuz toleransına olumlu etkisinin klorofil konsantrasyonu ve antioksidan savunma sisteminin düzenlenmesindeki rolüne atfedildiğini, bununla birlikte, fenolojik selenyum uygulamalarının tuzluluk stresi altında bitki tepkilerini nasıl modifiye ettiği konusunda sınırlı bilgi bulunduğunu bildirmişlerdir.

Silisyum ve selenyumun aracılık ettiği tuz stresinin hafifletilmesinin olası mekanizmalarının; artan bitki hücre suyu durumu (Romero-Aranda *vd.*, 2006, Habibi *vd.*, 2014), fotosentetik aktivitenin artırılması ve yaprak organelinin ultra yapısının korunması (Bybordi, 2016, Xu *vd.*, 2016, Shekari *vd.*, 2017), enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma mekanizmasının artırılması (Sattar *vd.*, 2009, Zhu ve Gong, 2014) ve bitkilerde sodyum alımının azaltılarak potasyum alımının artırılması (Hasanuzzaman *vd.*, 2013, Habibi *vd.*, 2014, Montesano *vd.*, 2016, Hajiboland *vd.*, 2017) olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, silisyum ve selenyum uygulanan birçok bitkide yaygın olarak büyüme parametrelerinin, fizyolojik fonksiyonlarının ve verimin artırılabilirdiği bildirilmiştir (Khalifa *vd.*, 2016, Mahmood, Ahmad, *vd.*, 2016, Elberth Hernando *vd.*, 2017, Shekari *vd.*, 2017). Özellikle son yıllarda tuzluluk stresine dayanımını arttırmak için mısır (Kochanova *vd.*, 2014, Khan *vd.*, 2018), buğday (Tuna *vd.*, 2008, Tahir *vd.*, 2011, Chen *vd.*, 2014, Osman *vd.*, 2017, Saleh *vd.*, 2017, Alzahrani *vd.*, 2018), arpa (Liang *vd.*, 1996), domates (Romero-Aranda *vd.*, 2006, Haghighi ve Pessarakli, 2013, Li *vd.*, 2015, Oztekin *vd.*, 2018), çeltik (Abdel-Haliem *vd.*, 2017), nohut (Garg ve Bhandari, 2016, Zamani *vd.*, 2017), patates (Salah *vd.*, 2017), çilek (Yaghubi *vd.*, 2016), hıyar (Hawrylak-Nowak, 2009, Khoshgoftarmanesh *vd.*, 2014, Ouzounidou *vd.*, 2016), kanola (Hashemi *vd.*, 2010, Bybordi, 2016), biber (Tantawy *vd.*, 2015, Manivannan *vd.*, 2016), çim (Esmaeili *vd.*, 2015), semizotu (Kafi ve Rahimi,

2011), soya (Hamayun vd., 2010, Lee vd., 2010), cin börülcesi (Ghassemi-Golezani ve Lotfi, 2015, Lotfi ve Ghassemi-Golezani, 2015, Mahmood, Daur, vd., 2016, Mahmood vd., 2017, Lotfi vd., 2018), soğan (Bybordi vd., 2018), dereotu (Shekari vd., 2017) ve kabak (Savvas vd., 2009) bitkilerinde silisyum uygulamalarının; mısır (Jiang vd., 2017, Ashraf vd., 2018), domates (Mozafariyan vd., 2016), soğan (Bybordi vd., 2018), sarımsak (Astaneh vd., 2018), maydanoz (Habibi, 2017), kolza (Badawy vd., 2017), kanola (Bybordi, 2016), soya (Wang vd., 2005, Ardebili vd., 2014), bakla (Boghdady vd., 2017), çim (Banuelos vd., 1996), dereotu (Shekari vd., 2017) ve yabani hardal (Banuelos vd., 1990) bitkilerinde ise selenyum uygulamalarının etkinlikleri araştırılmıştır.

Hemen her tür toprakta yetiştirilebilmesine rağmen, fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisinin gelişimi ve üretkenliği birçok biyotik ve abiyotik stres faktöründen olumsuz etkilenmektedir. Abiyotik stres faktörleri arasında tuzluluk bu bitkinin gelişimi ve verimini sınırlayan ana faktörler arasında ilk sıralarda gelmektedir. Gerek su ve gerekse toprak kaynaklarında tuzluluk problemlerindeki artış nedeniyle, tuzluluk stresi gelecekte fasulye üretimi için en önemli tehditlerden biri olmaya adaydır (Cokkizgin, 2012). Fasulye bitkisinin tuzluluk eşik değerinin ($EC_{e \text{ threshold}}$) 1.0 dS/m gibi düşük, eşik sonrası birim tuzluluk artışında meydana gelen verim kaybının (b) ise %19 gibi yüksek olması nedeniyle bitkinin tuzluluğa oldukça hassas olduğu bildirilmektedir (Ayers ve Westcot, 1985, Hanson vd., 2006). Ayers ve Westcot (1985) 0.7, 1.0, 1.5, 2.4 ve 4.2 dS/m sulama suyu tuzluluklarında (EC_i) diğer bir deyişle 1.0, 1.5, 2.3, 3.6 ve 6.3 dS/m toprak saturasyon ekstraktı tuzluluk (EC_e) değerlerinde fasulye bitkisinde verim kaybının sırasıyla %0, %10, %25, %50 ve %100 olduğunu bildirmişlerdir.

Fasulye baklagiller (*Fabaceae*) familyasının *Phaseolus* cinsinden Orta Amerika menşeli, tek yıllık otsu bir bitki olup, hem taze bakla hem de kuru dane için dünya çapında yaygın olarak yetiştirilen en önemli ürünlerden biridir. Yaklaşık 76 türü bulunan fasulye dünya çapında tüketilen baklagillerinin %50'sini oluşturmaktadır. Dünyada beş farklı fasulye türünün tarımı yapılmakta (Celmeli vd., 2018) olup, bunlardan *P. vulgaris* L. ve *P. cocineous* L. olmak üzere iki türü Türkiye'de de yetiştirilmektedir (Smýkal vd., 2015). Bu bitki zengin bir vitamin (A, B9 ve C) ve

mineral (demir ve magnezyum) deposu olmasına ek olarak, diyetle temel bir protein kaynağı olarak kullanılabildiğinden insan beslenmesinde önemli bir role sahiptir (Hernandez vd., 2007). Eskiden önemli bir fasulye ihracatçısı olan Türkiye, son yıllarda daha çok kendine kendine yeten bir ülke olmaya çalışmaktadır (FAOSTAT, 2018). Coğrafi yapısından dolayı Türkiye fasulye genotiplerinde geniş bir çeşitliliğe sahiptir. Kuru fasulye Türkiye'nin her bölgesinde yetiştirilebilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre fasulye gerek ekiliş alanı ve gerekse üretim miktarı bakımından tane baklagiller arasında nohut ve mercimekten sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye'de 2020 yılında yaklaşık 103 bin ha alanda toplam kuru fasulye üretim miktarı 280 bin ton olup, verim yaklaşık olarak 2.71 ton/ha civarındadır (TÜİK, 2021).

Özellikle son yıllarda tuzluluk stresine dayanımını arttırmak için önemli sayıda bitki çeşidinde silisyum ve/veya selenyum uygulamalarının etkinlikleri araştırılmasına rağmen, literatürde tuzluluk stresi altında yetişen fasulye bitkisi için silisyum veya selenyum uygulamalarının bitkinin büyüme, verim ve kalite parametrelerine etkilerinin ortaya konulduğu bilimsel bir çalışma bulunmamaktadır. Buna ek olarak fasulye bitkisi ile ilgili tuzluluk çalışmalarında tuz kaynağı olarak genellikle yalnızca sodyum klorür (NaCl) kullanıldığı belirlenmiştir (WOS, 2021). Tuzluluk çalışmalarında yalnızca sodyum klorür kullanılması ozmotik etki yanında özel iyon toksisitesi, bitki besin maddesi alımında dengesizlikler ve ek olarak toprak yapısının bozulması gibi olumsuzluklara da neden olmaktadır. Yine bu bitki ile ilgili yapılan çalışmaların bir çoğunun çimlenme, fide gelişimi ve kök büyümesi ile sınırlı olduğu ve tuzluluğun kuru fasulye verim ve verim kalite parametrelerine etkilerinin detaylı araştırılmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle tez çalışmasının temel amaçları; farklı sulama suyu tuzluluk düzeyleri ile farklı silisyum ve selenyum dozları altında baklagil bitkisi olarak yetiştirilen fasulyenin Antalya koşullarında tuzluluk eşik değerini ve eşik sonrası birim tuzluluk artışında oransal verim azalmalarını belirlemek, silisyum ve selenyumun materyal olarak seçilen bitkinin tuz stresine dayanımını arttırmada olası etkinliğini ortaya koymak ve konu olarak seçilen farklı tuzluluk, farklı tuzluluk düzeyleri – silisyum dozları ve farklı tuzluluk düzeyleri-selenyum dozları altında bitkinin su

tüketimi, sulama suyu kullanım randımanı, tuzluluk stresine bağlı olarak verim tepki faktörü, gelişme, verim ve kalite ile stres parametrelerine etkilerini belirleyerek literatüre katkı sağlamaktır.



2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Tuzluluk ve Nedenleri

Kültür bitkilerin çoğunun topraktaki yüksek tuz konsantrasyonlarının neden olduğu stres koşullarına duyarlı olması nedeniyle tuzluluk, bitkisel üretimini sınırlayan en ciddi çevresel sorunlardan biridir. Tuzluluktan etkilenen arazi alanı günden güne artmaktadır (Shrivastava ve Kumar, 2015). Sulama suyu kalitesi de tuzluluğa neden olarak tarımsal üretim üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Tüm sulama suları çözünmüş mineral tuzlar içerir, ancak çözünmüş tuzların konsantrasyonu ve bileşimi sulama suyu kaynağına bağlı olarak değişir (Esmaeili vd., 2015). Tuzluluk, esas olarak, buharlaşmanın yıllık yağış miktarını aştığı ve sulamanın tarımsal üretim için temel araç olduğu yarı kurak ve kurak bölgelerde meydana gelir (Ondrasek vd., 2010). Bu koşullar altında, önemli miktarlarda sodyum, kalsiyum, magnezyum ve potasyum gibi katyonlar ve klor, sülfat (SO_4), karbonat (HCO_3), bikarbonat (CO_3) ve nitrat (NO_3) gibi anyonlar toprakta birikerek bitkisel üretimi olumsuz etkileyebilir (Ndakidemi ve Makoi, 2009). Tuzlu toprakların toprak suyu çözeltisi, her biri tuzluluk stresine katkıda bulunan Na_2SO_4 , $MgSO_4$, $CaSO_4$, $NaCl$, $CaCl_2$, $MgCl_2$, KCl ve Na_2CO_3 gibi bir dizi çözünmüş tuzlardan oluşur (Tavakkoli vd., 2010).

Tuzluluk toprakta çözünmüş tuzların birikmesine neden olan doğal ve/veya insan kaynaklı süreçlerle gerçekleşir (Ahmad ve Qureshi, 2011). Toprak tuzluluğu çeşitli iyonların toprak çözeltisine bırakıldığı ana kayaların ve minerallerin toprakta ayrışması gibi doğal nedenlerle de oluşabilmektedir. Ayrıca, kıyı bölgelerde tuzlu deniz suyu girişi toprak ve yerüstü su kaynaklarında (Plaut vd., 2013), ve benzer şekilde, yine kıyı yeraltı suyu akiferlerinin aşırı kullanıldığı alanlarda da deniz suyu girişi nedeniyle yeraltı su kaynaklarında (Sharma vd., 2016) meydana gelen tuzluluk artışı da toprak tuzluluğundan sorumlu diğer bir önemli faktördür. Bununla birlikte, tuzlu toprakların oluşumu genellikle yoğun tarımsal üretime atfedilmektedir. Çok yıllık doğal bitki örtüsünün uzaklaştırılması ve yıllık tarımsal ürünlerle değiştirilmesi insan kaynaklı tuzluluğun en önemli nedenlerinden birisidir. İkincil tuzlanma olarak bilinen su tablasının yükselmesine neden olabilen yanlış sulama uygulamaları ve/veya zayıf drenaj koşulları da toprak tuzluluğunu arttıran önemli etkenlerdir (Plaut vd., 2013). Tüm

bunlara ek olarak, yetiştirme mevsimi boyunca su kaynağının özelliklerine bağlı olarak sulama uygulamalarıyla da arazilere önemli miktarda tuz eklenmektedir (Grattan, 2002).

İnsan aktivitesi yoluyla tuzluluktan etkilenen arazi alanının giderek arttığına ve son zamanlarda dünya çapında 70 milyon ha'dan fazla tarım arazisinin tuzluluktan etkilendiğine dair tahminler bulunmaktadır (FAO, 2005, Khurmizi vd., 2015). Ayrıca, dünyadaki sulanan arazinin en az %20'sinin tuzluluktan etkilendiği ve/veya yüksek tuz seviyeleri içeren su kaynaklarıyla sulandığı bilinmektedir (Morales vd., 2012, Plaut vd., 2013, Aydınşakir vd., 2015, Sabagh vd., 2016). Çalışmalar, ayrıca, her yıl 2 milyon hektardan daha fazla tarım arazisinin tuzluluktan etkilendiğini ortaya koymaktadır. Bu tuzluluk artışının 21. yüzyılın ortalarında ekilebilir arazilerin %50'sinin tuzluluk nedeniyle üretim dışı kalmasına neden olabileceği belirtilmektedir (Plaut vd., 2013).

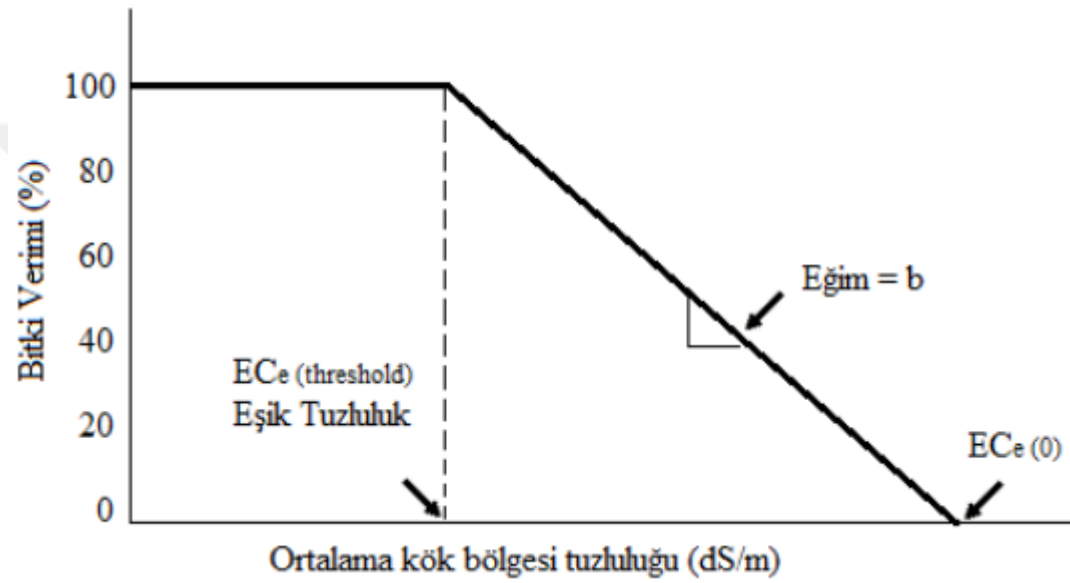
2.2. Tuzlu Topraklarda Yıkama Gereksinimi

Toprak çözeltisindeki tuz konsantrasyonunun artışı temel olarak buharlaşma ve terleme süreçleri ile topraktan suyun saf veya safa yakın olarak uzaklaşmasından kaynaklanır. Her bitki çeşidi farklı su kullanım desenine sahiptir, ancak tüm bitkiler ihtiyaç duyduğu suyu bitki kök derinliği içinde öncelikle en kolay alabileceği bölümden karşılar. Sulama yöntemine bağlı olarak değişiklik göstermesine karşın, genelde, her sulamada üst kök bölgesi yıkandığından, sulama sonrasında en düşük tuzluluk genellikle bu bölümdedir. Tuzluluk genel olarak derinlikle artar ve kök bölgesinin alt kısmında en fazladır. Toprağa uygulanan fazla su, toprağın yeterli drenaja sahip olması koşuluyla, tuzları kök bölgesinden uzaklaştırır (Maas ve Hoffman, 1977).

Yıkama gereksinimi (LR), sulama suyuyla uygulanan tuzların bitki kök bölgesinde birikmesi sonucu ortaya çıkabilecek verim kaybını önlemek için gereken yıkama miktarını ifade eder. Yıkama gereksinimi kavramı, tuzluluk sorunlarından kaçınma açısından sulama ve drenaj sistemlerinin uygunluğunu değerlendirmek ve ayrıca sulanan tuzlu topraklarla ilişkili ekstra su gereksinimlerini tahmin etmek için kullanılmaktadır (Maas ve Hoffman, 1977, Ayers ve Westcot, 1985).

2.3. Tuzluluk-Verim Fonksiyonu

Çoğu kültür bitkisi için tipik bir tuz tolerans eğrisi Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Bu şekil, genel olarak, bitki verimlerinin belirli bir eşik tuzluluk seviyesi aşılmaya kadar önemli ölçüde azalmadığını ancak daha sonra bu eşik değerin üzerinde tuzluluk arttıkça verimlerin yaklaşık olarak doğrusal olarak azaldığını göstermektedir. Her bitki için tuz tolerans eğrisi, eşik noktasının ötesindeki verim değerleri için doğrusal bir regresyon denklemi hesaplanarak elde edilir (Maas ve Hoffman, 1977).



Şekil 2.1. Bitkilerin tuza dayanım grafiği

2.4. Bitkisel Üretimde Tuzluluk

Tarım sektörü bugün çeşitli tehditlerle karşı karşıyadır; bunların en önemlilerinden biri, yüksek sıcaklık, daha az yağış, düşük kaliteli su ve toprak yönetimi ve nihayetinde yüksek buharlaşma yoluyla oluşan tuzluluktur (Parveen vd., 2016). Genel olarak, topraktaki fazla tuzlar kök bölgesinde bitki tarafından ihtiyaç duyulan su ve besin maddelerinin alımına müdahale ettiğinden, tuzluluk daha düşük tarımsal üretime ve verime neden olmaktadır (Hadrach, 2011). Bitkilerin tuzluluğa tepkisi çok yönlü olup, bu durum bitkinin morfolojisi, fizyolojisi ve metabolizmasındaki değişikliklerle ilgilidir (Shekari vd., 2017). Bitkilerdeki verim kaybının orta ve yüksek

tuzlu topraklarda %50'ye ulaşan oranlarda olduğu, en kötü durumlarda ise bitkisel üretiminden hiçbir şekilde verim alınamayabileceği belirtilmiştir (Hadrich, 2011).

Tuzluluk bitkilere temel olarak ozmotik stres ve iyon toksisitesi olmak üzere iki şekilde etki eder (Ndakidemi ve Makoi, 2009). Ozmotik stres toprak çözeltisindeki iyonlardan kaynaklanır ve bitkinin su alımını engeller (Sabagh vd., 2015). İyon toksisitesi ise bitki tarafından aşırı miktarlarda Na ve/veya Cl alındığı durumlarda, bu iyonların yapraklarda zararlı seviyelerde birikmesiyle oluşur. İyon toksisitesi ayrıca, iyon dengesizlikleri ve besin eksikliğini de ortaya çıkarabilir (Lluch vd., 2007). Birçok çalışma tuzluluğun toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile toprak mikroorganizmalarının aktivitesi üzerindeki olumsuz etkilerini de doğrulamaktadır (Khurmizi vd., 2015). Bu durum bitki büyümesinin fizyolojik yönleri üzerinde olumsuz etki oluşturabilmektedir (Sabagh vd., 2015). Tuzluluk kök bölgesindeki su potansiyelini azaltarak bitkide fizyolojik su stresine, Na ve Cl gibi iyonların fitotoksisitesine ve besin dengesizliğine de neden olabilmektedir (Gama vd., 2007).

Tuzluluğun ayrıca solunum hızını ve iyon toksisitesini arttırdığı, yaprak net CO₂ asimilasyon oranını azalttığı bildirilmiştir (Sabagh vd., 2015). Bu fotosentetik elektron zincirlerinin aşırı azalmasına, dolayısıyla bitki büyümesi ve gelişmesi için zararlı olan reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimine neden olmaktadır (Bayram vd., 2014). Süperoksit radikalleri, hidrojen peroksit ve hidroksil radikalleri dâhil olmak üzere ROS oldukça reaktiftir ve membran lipitleri, proteinleri ve nükleik asitler gibi hedef maddeler üzerinde bozulmaya neden olabilmektedir (Keshavarz ve Sanavy, 2015). Tuzluluğun bitki hücrelerinde oksidatif stresi tetiklediği (Bayram vd., 2014) ve ayrıca, yaprak rengi pigmentlerin hasar görmesine, dolayısıyla yapraklarda renk değişimine neden olduğu ortaya konulmuştur (Kaymakanova ve Stoeva, 2008, Ndakidemi ve Makoi, 2009, Khalifa vd., 2016, Mahmood, Ahmad, vd., 2016).

2.4.1. Tuzluluğun toprakta su potansiyeline ve fasulye bitkisinde su ve klorofil içeriği ile fotosentez hızına etkisi

Tuzluluk metabolik işlemlerde değişikliklerin yanı sıra, bitkilerin kökleri aracılığı ile su alımını azaltarak büyüme hızında bir azalmaya neden olur. Tuzluluktan dolayı bitki büyümesinde azalmanın en önemli nedeni, ozmotik etki olarak adlandırılan

tuzun neden olduğu toprak su potansiyelindeki azalmadır (Kaymakanova ve Stoeva, 2008, Shekari vd., 2017). Geçmişte yapılan başarılı çalışmalar farklı tuzluluk koşullarının değişik bitki türlerinin hücre suyu potansiyeli üzerinde stres oluşturduğunu ortaya koymuştur (Kouam vd., 2017, Mahmood vd., 2017, Shekari vd., 2017). Zhu ve Gong (2014) tuz stresi altında bitkilerin, genellikle, normal metabolizmayı bozabilen ve plazma membranında ve endomembran sistemlerinde hasara yol açabilen reaktif oksijen türlerinin aşırı üretilmesine yol açan bir su stresine maruz kaldığını açıklamışlardır. Benzer şekilde, Mahmood vd. (2017) tuz stresinin bağıl su içeriğinde belirgin bir düşüşe neden olduğunu, dolayısıyla daha yüksek tuzluluk seviyelerinde daha fazla hücre zarı hasarı meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bazı bitkilerde tuzlu koşullar altında büyüme performansındaki azalmanın, artan ozmotik basınca bağlı olarak bitkilerin suyu absorbe edememesi ve bazı fizyolojik aktivitelerinde azalma meydana gelmesine bağlı olabileceği öne sürülmüştür (Metwali vd., 2015).

Fasulye bitkisinde artan tuzlulukla birlikte kök bölgesinde su potansiyelinin azalması durumunda yaprak su potansiyeli ve yaprak ozmotik potansiyelinin azaldığı (Gama vd., 2007), kökten sürgüne bir sinyal gönderilmesi nedeniyle transpirasyon oranında azalmalar olduğu (Kaymakanova ve Stoeva, 2008) bildirilmiştir. Kouam vd. (2017) tuz stresi altında fasulye tohumlarının çimlenmesi için gerekli olan suyun alımını sınırlayan ozmotik etkinin çimlenmenin gecikmesine neden olduğunu ifade etmişlerdir. Bayram vd. (2014) 300 mM NaCl uygulamasının fasulye bitkisinde bağıl su içeriğini toprak ve topraksız kültürlerde sırasıyla %31 ve %59 oranında azalttığını, su içeriğindeki azalmanın besin çözeltisindeki tuzların ozmotik basıncı arttırması ve dolayısıyla suyun kökler tarafından alınabilirliğinin doğrudan azaltılması nedeniyle meydana geldiğini belirtmişlerdir. Kaymakanova ve Stoeva (2008) sodyum klorür ve sodyum sülfat uygulamaları altında bazı fasulye çeşitlerinde su potansiyelindeki azalmanın tuzluluğun hücrel su kaybını arttırmasından kaynaklandığını, 100 mM NaCl uygulanan bitkilerde su potansiyelinde yaklaşık %200 azalma olduğunu ve bu azalmanın transpirasyon hızında düşüşe, dolayısıyla da biyokütlede azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Bitki büyümesi yapraklardaki klorofil içeriği ile doğru orantılı olan fotosentez hızı ile ilgilidir. Tuzluluktaki artış fotosentez oranını ve mezofil iletkenliğini önemli

ölçüde azaltmaktadır. Klorofil içeriğinin tuzluluk stresine karşı çok hassas olduğunu ve bu bağlamda, tuzlu koşullar altında bitkilerde en çok fotosentez hızının etkilendiği, bunun nedeninin de klorofil pigmentinin azalması (Metwali *vd.*, 2015) ve stomaların kapanması olduğu bildirilmiştir (Kaymakanova ve Stoeva, 2008).

2.4.2. Tuzluluğun fasulye bitkisinde iyon fitotoksitesitesi ve besin maddesi dengesizliklerine etkisi

Özellikle sodyum klorür kaynaklı yüksek tuzluluk düzeylerinde Na ve Cl iyonlarının toksik seviyelerinin zararlı etkileri nedeniyle bitki büyümesi ve gelişimi etkilenir. Sodyum ve klor bitkiler için toksik olabildiği için fitotoksitesite açısından en önemli iyonlar olarak kabul edilir ve özellikle sodyum toprağın fiziksel yapısının da bozulmasına neden olur. İyon toksitesitesi yapraklarda tuz birikimi ile başlar, bu kloroz ve nekrozda bir artışa neden olur; böylece fotosentez oranı klorofil pigmentindeki azalma nedeniyle etkilenir (Bayram *vd.*, 2014).

Cokkizgin (2012) tuzluluk stresinin fasulyede tohum çimlenmesini ozmotik etkiler veya iyon toksitesitesi nedeniyle azalttığını ve ayrıca sodyum ve klor birikimlerinin besin alımında bir dengesizliğe neden olduğunu bildirmişlerdir. Dokuda yüksek sodyum konsantrasyonu ve düşük K/Na oranları, kök uzamasının engellenmesi ve sürgünlerde kalsiyum eksikliği sodyum toksitesitesinin özellikli semptomları arasında sayılabileceği bildirilmektedir (Tejera *vd.*, 2005). Metwali *vd.* (2015) tuzlu koşullar altında fasulyede bitki büyüme ve klorofil içeriğindeki azalmanın bazı fizyolojik aktivitelerin kısıtlanmasına neden olan sodyum ve klorun toksik etkisine atfedilebileceğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Ndakidemi ve Makoi (2009) yüksek NaCl kaynaklı tuz stresine maruz kalan bitkilerde daha düşük tuzluluk düzeylerine oranla daha şiddetli yaprak zararlanması belirtilerinin ortaya çıktığını ve bu etkilerin en azından kısmen Na ve/veya Cl toksitesitesinin doğrudan etkisine bağlı olabileceğini ifade etmişlerdir.

2.4.3. Tuzluluğun fasulyede bitkisinde büyüme parametrelerine etkisi

Birçok araştırmacı artan tuzluluğun bitkilerin çimlenme yüzdesi, çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunlukları ile kök ve sürgün ağırlıklarında önemli bir azalmaya

neden olduğunu bildirmişlerdir (Chen vd., 2014, Kouam vd., 2017, Lotfi vd., 2018). Kouam vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen 6 haftalık denemede fasulye bitkisinde artan tuzluluklarda kök uzunluğu dışında yaş ve kuru gövde ağırlıkları, yaş ve kuru kök ağırlıkları ve yaprak sayısı gibi tüm büyüme parametrelerinin azaldığı, yaprakta Na birikiminin önemli düzeylerde arttığı ve K birikiminin ise azaldığı sonucuna varılmıştır. Aynı araştırmacılar ayrıca, bitki boyunun sadece 200 mM NaCl tuzluluk düzeyinden önemli ölçüde etkilendiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Kaymakanova ve Stoeva (2008) tuzluluğun fasulyede bitki boyu, yaprak sayısı ve kök uzunluğu gibi morfolojik parametreler üzerinde olumsuz etkileri olduğunu rapor etmişlerdir. Ndakidemi ve Makoi (2009) dört farklı fasulye çeşidinin (Lyamungo 90, Jesca, Flora de Mayo ve CAB 19) NaCl kaynaklı tuz stresine tepkilerini belirlemek amacıyla fide oluşumu aşamasından sonra 10 ve 20 günlük zaman aralıklarında farklı tuzluluk düzeylerine (0, 2.5, 5.0, 10.0 mM) maruz bırakılan bitkilerde yüksek NaCl tuz konsantrasyonlarının bitki boyunu ve kuru madde verimini azalttığı, yaprak rengini değiştirdiği, yaprak yaralanmalarını teşvik ettiği, ayrıca kontrol konusuyla karşılaştırıldığında >5 mM NaCl uygulanan konularda Lyamungo 90 ve CAB 19 çeşitlerinin NaCl tuzundan daha fazla etkilendiği ve bazı çeşitlerin yüksek tuzluluklara diğerlerinden daha toleranslı olduğu sonucuna varmışlardır.

Sabagh vd. (2016) tuzluluğun soya fasulyesinde bitki büyümesinin fizyolojik açıdan olumsuz etkiler oluşturduğunu ve bu nedenle artan tuzluluk konsantrasyonları ile yaprak sayısı ve bitki boyu parametrelerinin önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde diğer çalışmalarda da, sodyum klorürün soya fasulyesinde bitki boyunu (Lee vd., 2010), yine tuz stresinin (7.81 dS/m) maş fasulyesinde bitki boyunu ve yaprak alanını önemli ölçüde azalttığı (Mahmood, Daur, vd., 2016) belirlenmiştir. Gama vd., (2007)'e göre de tuzluluk, fasulyede bitki boyunu önemli ölçüde azaltmıştır. Ayrıca, Metwali vd. (2015) bitki sürgün boyu için en düşük değerin 4000 ve 8000 ppm sulama suyu tuzluluk düzeyi altında kaydedildiğine dikkat çekmiştir. Ancak, Wang vd. (2005) tuzluluk türünden bağımsız olarak, soya fasulyesinde bitki boyunun büyümenin erken vejetatif aşamalarında düşük tuzluluk uygulamaları altında genellikle daha uzun olduğunu, yüksek tuzluluk (11.1 ve 13.0 dS/m) uygulamaları altında sürekli olarak daha düşük, orta tuzluluk düzeylerinde (5.0 ve 7.7 dS/m) ise nispeten daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Qados (2010) da maş fasulyesinin tuzlu sulama suyuyla

(1500 ve 3000 ppm) sulanmasının, kontrol konusu ile karşılaştırıldığında bitki boyunu önemli ölçüde artırdığını ve daha yüksek tuzluluk seviyelerinin (4500 ve 6000 ppm) ise bu parametrede önemli ölçüde azalmalara neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Tuz stresi sadece bitki boyunu değil, büyüme parametrelerinden biri olarak bitkilerin gövde çapı ve ağırlığını da etkileyebilmektedir. Khurmizi *vd.* (2015) fasulyede gövde ve yaprak kuru ağırlıklarının tüm tuzluluk düzeylerinde (20, 40, 60 ve 80 mmol/L) önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. Bhuiyan *vd.* (2007) tuzluluk oranına bağlı olarak kuru fasulyenin büyümesindeki azalmanın, zayıf gelişmiş kök, gövde ve yaprakların sonucu olabileceğini belirtmişlerdir.

2.4.4. Tuzluluğun fasulye bitkisinde verim parametrelerine etkisi

Aşırı tuzluluk düzeyleri bitki kök ve sürgün ağırlıklarını olumsuz şekilde etkileyebilmektedir. Bu kayıpların miktarı aynı bitkinin genotipleri arasında da değişmektedir. Kouam *vd.* (2017) kuru fasulyede yaş ve kuru ağırlıkların en düşük tuzluluk düzeyinde (50 mM NaCl) azaldığını ve artan toprak tuzluluğu ile önemli ölçüde azalmaya devam ettiğini ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde kuru fasulye bitkisinde; kontrol konusuna kıyasla 4000 ve 8000 ppm sulama suyu tuzluluğunun yaş ağırlık ve bitki yaprak alanını (Metwali *vd.*, 2015), yüksek NaCl konsantrasyonlarının kuru madde verimini (Ndakidemi ve Makoi, 2009) ve yine tuzluluk stresinin bitki tohum kuru ağırlığını (Keshavarz ve Sanavy, 2015) önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir. Tejera *vd.* (2005) kuru fasulyede tuzluluğun kuru biyokütle içeriğini, nodül sayısını ve azot fiksasyonunu azalttığı, ancak kök-sürgün oranını ise artırdığını bildirmişlerdir. Mena *vd.* (2015) tuzluluğun (200 mM NaCl) bazı fasulye çeşitlerinde kuru biyokütleyi azalttığını belirtmişlerdir. Şiddetli tuzluluk altında pinto fasulyesinde biyokütle, bakla sayısı, bitki başına tane ağırlığı, bakla ağırlığı, tahıl ağırlığı ve hasat indeksinde önemli azalmalar olduğu rapor edilmiştir (Ghassemi-golezani *vd.*, 2012). Ayrıca, 100 mM NaCl tuz konsantrasyonunda bazı fasulye çeşitlerinde bitki başına bakla veriminin %85 (Hassan *vd.*, 2016), 5.0 dS/m toprak tuzluluk düzeylerinde ise %50 azaldığı ortaya konulmuştur. Diğer yandan, Osman ve Salim (2016) sulama suyunda 2000 mg/L NaCl konsantrasyonunun kuru fasulyede kapsül uzunluğu ve genişliği üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını, ancak kuru madde içeriğini arttırırken kapsül ortalama ağırlığını azalttığını rapor etmişlerdir.

Maş fasulyesinde biyokütle ağırlığının 7.81 dS/m sulama suyu tuzluluk düzeyi altında önemli ölçüde azaldığı (3.99 t/ha), 5.46 dS/m tuzluluk düzeyinde ise 10.09 t/ha olduğu rapor edilmiştir (Mahmood, Ahmad, vd., 2016). Benzer şekilde, tuz stresinin maş fasulyesinde kuru biyokütleyi, tohum verimini ve tuz tolerans endeksini önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir (Mahmood, Daur, vd., 2016). Bhuiyan vd. (2007) tarafından yapılan araştırmada maş fasulyesinde bitki başına en fazla bakla sayısının kontrol konusunda kaydedildiğini, bunun istatistiksel olarak 2 dS/m tuzluluk seviyesinde de benzer olduğunu, en düşük değerin ise 6 dS/m toprak tuzluluğu seviyesinde belirlendiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada, NaCl tuzluluğunun etkisine bağlı olarak fasulyenin en yüksek 1000 tohum ağırlığının kontrol ve 4 dS/m tuzluluk düzeylerinden istatistiksel olarak farklılık göstermeyen 2 dS/m tuzluluk düzeyinde, en düşük 1000 tohum ağırlığının ise 6 dS/m tuzluluk seviyesinde kaydedildiği rapor edilmiştir. Bir başka çalışmada bitki başına bakla sayısının, bakla ağırlığının ve bitki başına biyolojik verimin, tüm tuzluluk seviyeleri altında (4500 ve 6000 ppm) önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir (Qados, 2010). Bourgault vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada da, tuzluluğun hem maş fasulyesi hem de kuru fasulyede bitki başına bakla sayısını, tohum sayısını, ve 100 tohum ağırlığını önemli ölçüde azalttığı ortaya konulmuştur. Yine maş fasulyesinde tuz stresinin biyolojik verimi ve hasat indeksi önemli ölçüde azalttığı ve maksimum ve minimum biyolojik verim ve hasat indeksinin sırasıyla kontrol ve yüksek tuzluluk koşulları altında yetiştirilen bitkilerden elde edildiği rapor edilmiştir (Lotfi vd., 2018). Benzer şekilde, tuz stresinin maş fasulyesinde bakla uzunluğunu önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Ahmed, 2009).

Assimakopoulou vd. (2015) tuzluluk altında yetiştirilen “Romano”, “Corallo” ve “Starazagorski” taze fasulye çeşitlerinde toplam biyokütlenin sırasıyla %47, %30 ve %36; hasat edilen pazarlanabilir bakla verimlerinin ise yine sırasıyla %35, % 45 ve %46 oranında bir düşüş gösterdiğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, yeşil fasulye bitkilerinin bakla uzunluğu ve besin içeriklerinin farklı tuzluluk seviyelerinden etkilendiği ve 0.5, 2 ve 3 dS/m tuzluluk seviyelerinde sırasıyla 8.52, 10.02 ve 11.84 cm bakla uzunluklarının elde edildiği bildirilmiştir (Abdel-Mawgoud vd., 2010).

Hamayun vd., (2010) soya fasulyesinde yaş ağırlığın tuzluluk ve kuraklık stresi altında azaldığını bildirmiştir. Yine, Lee vd. (2010) NaCl tuzunun soya fasulyesinde yaş

ağırlığı önemli ölçüde azalttığını belirlemiştir. Tuzluluk stresinin No. 62, No. 13, William ve Ajmeri olmak üzere dört soya fasulyesi genotipinde yaş ve kuru biyokütleyi azalttığı bildirilmiştir (Parveen vd., 2016). Başka bir çalışmada artan tuzluluk seviyeleri ile farklı soya fasulyesi çeşitlerinin (Giza-35, Giza-82 ve Giza-111) taze ve kuru sürgün ağırlıklarının önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir (Sabagh vd., 2015). Wang vd. (2005) ise yüksek tuzluluk düzeylerinde (11.1 ve 13.0 dS/m) soya fasulyesinde yaprak alanı ve kuru ağırlığın azaldığını ancak, ara tuzluluk seviyeleri (5.0 ve 7.7 dS/m) altında diğer konulara göre daha yüksek yaprak alanı ve kuru sürgün ağırlık değerleri elde edildiğini rapor etmişlerdir. Lee vd. (2010) NaCl tuzunun soya fasulyesinde kuru ağırlığı önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Khan vd. (2014) tuz ve su stresi koşullarına maruz kaldığında bütün soya fasulyesi genotiplerinde kuru ağırlığın keskin bir şekilde azaldığını ve bu azalmanın kontrol konusuna göre Galarsum, BD 2331 ve Bari genotiplerinde sırasıyla %39.7, 38.6 ve 39.43 olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, soya fasulyesinin kuru ağırlığının tek NaCl veya polietilen glikol uygulaması ile önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Hamayun vd., 2010).

2.4.5. Tuzluluğun fasulye bitkisinde kalite parametrelerine etkisi

Bitkiler tuz stresine bir adaptasyon stratejisi olarak genellikle sitoplazmada organik asitler, çözünür şeker, prolin, diğer bazı daha küçük moleküler organik bileşikleri biriktirir (Mu vd., 2015). Organik asitler, özellikle şekerler, ozmotik ve tuzluluk stresine maruz kalan bazı bitkilerde ozmotik ayarlamaya dâhil olan ana çözünenlerdir (Rady vd., 2011). Tuzluluk stresinin dolaylı etkileri rizosferde bulunan çeşitli yararlı mikroorganizmaların da aktivitelerini büyük ölçüde engeller ve organik madde birikimini azaltır (Khan vd., 2019). Bununla uyumlu olarak, uygulanan iki tuzluluk seviyesinin (3.85 ve 7.69 dS/m), kontrol konusuna göre toplam karbonhidrat ve indol asetik asit içeriğinde önemli ve kademeli olarak azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (Dawood ve Mohamed, 2015).

Yüksek tuzlulukta bitki başına protein ve yağ veriminde azalmanın, genellikle tuzlu ortamda bitki başına tane veriminde azalma ile ilişkili olduğu bildirilmektedir (Parveen vd., 2016). Tuz stresi membran lipidlerine, proteinlere ve nükleik asitlere zarar verebilecek zararlı aktif oksijen türlerinin hücresel birikimini artırır (Kaymakanova ve Stoeva, 2008). Metwali vd. (2015) tuz stresinin bitkide çözünür proteinlerde önemli bir

azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Tuz uygulamasıyla simbiyoz nodüllerde toplam serbest amino asit içeriğinin arttığı ve protein içeriğinin azaldığı göz önüne alındığında, amino asit içeriğindeki artışın muhtemelen protein bozulmasının bir sonucu olabileceği düşünülmektedir (Tejera *vd.*, 2005). Keshavarz ve Sanavy (2015) tuzluluk stresinin fasulyede kök uzunluğunu, sürgün ve kök kuru ağırlığını ve kök protein içeriğini önemli ölçüde azalttığını rapor etmişlerdir. Qados (2010) ise kontrol konusuna göre farklı sulama suyu tuzluluk seviyeleri altında maş fasulyesinde toplam çözünür karbonhidratların, polisakkaritlerin, toplam karbonhidratların, toplam amino asit içeriklerinin ve protein yüzdesinin azaldığını bildirmiştir.

2.5. Silisyum ve Selenyum Elementleri

Silisyum toprak minerallerinin ana elementi olup yer kabuğunda %25 ortalama ile oksijenden sonra en bol bulunan elementtir (Garg ve Bhandari, 2016, Kang *vd.*, 2017). Silisyum %23 ila %35 arasında değişik formlarda topraklarda bulunur ancak en yaygın çözelti formu silisik asit $[\text{Si}(\text{OH})_4]$ olup bitki tarafından doğrudan alımı da bu formdadır (Parveen *vd.*, 2016). Bu element aynı zamanda bitki dokularında en bol bulunan mineral elementlerden biridir. Her ne kadar silisyum, bitkiler için temel bir besin elementi olarak görülme de, bitki büyümesi, gelişmesi ve verimi üzerinde yararlı bir etkiye sahip olan ve tahıl ürünleri için büyük miktarlarda gerekli olan bir element olarak tanımlanır (Bybordi, 2016). Ayrıca, özellikle tuzluluk ve kuraklık da dâhil olmak üzere, bitkinin stres dayanımının arttırılmasında da faydalı olabilmektedir.

Selenyumun bitkiler tarafından ihtiyaç duyulduğu henüz onaylanmamış olmasına rağmen, bazı çalışmalar düşük konsantrasyonlarda faydalı etkiler ortaya koyabileceğini göstermiştir. Selenyum antioksidan aktivite, enzimatik aktiviteler, fotosentez, uygun ozmotik durum ve membran yapısının simülasyonu gibi fizyolojik süreçlerde önemli bir rol oynayan bitki gelişimi ve üretimi için yararlı bir element olarak kabul edilir (Hasanuzzam *vd.*, 2010, Sieprawska *vd.*, 2015). Selenyumun topraktaki içeriği bu elementin bitkilerde birikme durumunu belirler. Bitkilerin selenyumdan yararlanması ayrıca, selenyumun kimyasal formu, pH, redoks potansiyeli, organik madde, rekabetçi iyonlar ve toprağın mikrobiyolojik aktivitesi gibi etmenlerden etkilenir. Selenat (SeO_4), alkali koşullarda baskın olan form olup, asidik ve nötr koşullarda ise selenyum esas olarak selenit (SeO_3) olarak bulunur. Ayrıca, kuvvetli

redoks koşulları altındaki topraklarda, selenyum selenit olarak da ortaya çıkabilir. Bu inorganik bileşiklere ek olarak, bitkiler selenyumunu organik formlarda da topraktan alabilmektedirler (Sieprawska *vd.*, 2015).

Bitkilerde temel bir mikro besin maddesi olduğu doğrulanmadığı halde son yirmi yıl boyunca, bitkilerde silisyum ve selenyumun fizyolojik rolleri birçok araştırmacı tarafından incelenmektedir. Silisyum gibi selenyumun da düşük konsantrasyonlarda bitki büyümesi ve üretkenliği üzerindeki olumlu etkisine dair çeşitli kanıtlar vardır (Hasanuzzaman *vd.*, 2013, Bybordi, 2016, Shekari *vd.*, 2017, Bybordi *vd.*, 2018). Ayrıca, günümüzde, silisyum ve selenyumun tuzluluk ve kuraklık da dâhil birçok abiyotik ve biyotik stres etkisinin giderilmesi ve/veya azaltılmasında önemli bir rol oynadığı bildirilmektedir (Zhu ve Gong, 2014, Shekari *vd.*, 2017). Ancak birçok bitkide selenyum kaynaklı tuz tolerans mekanizması hala tam anlaşılamamıştır (Jiang *vd.*, 2017). Silisyum ve selenyumun tuz stresinin hafifletilmesindeki olası mekanizmaları bitki su içeriğini koruması, iyon toksisitesini azaltması, oksidatif hasarı azaltması ve bitki hormon seviyelerini ve uyumlu çözünenlerin biyosentezini düzenlemesi olduğu belirtilmektedir (Tantawy *vd.*, 2015).

2.5.1. Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında mineral alımının dengelenmesine ve toksik iyon zararının azaltılmasına etkisi

Artan tuz konsantrasyonu uygulamaları genellikle Na ve Cl birikiminde bir artışa ve K ve Ca gibi bazı diğer katyonlarda bir azalmaya neden olur. Silisyum ve selenyum uygulamasının taze ve kuru yaprak ağırlıklarının azalması gibi tuzluluktan kaynaklanan bitki büyümesindeki azalmayı önlediği, K/Na oranını arttırarak Na alımını ve ayrıca diğer ağır metallerin toksisitesini azalttığı gözlenmiştir (Zhu ve Gong, 2014). Silisyum uygulaması köklerde ve/veya sürgünlerde de Na birikimini azaltabilir (Lee ve Iersel, 2008, Shekari *vd.*, 2017). Silisyumun faydalı etkisinin tuz stresi altındaki yetiştirme koşullarında bazı bitkilerde sürgünlerdeki Na içeriğinin azalmasından kaynaklandığı, dolayısıyla bu elementin biriken sodyuma karşı doku toleransını arttırarak iyona özgü toksisiteyi hafifletebildiği bildirilmiştir (Ahmadi *vd.*, 2009, Chen *vd.*, 2014, Zhu ve Gong, 2014).

Gama vd. (2007) silisyum uygulamasının fasulye fidelerindeki etkisini araştırdıkları bir çalışmada tuzluluk stresi altındaki bitki köklerinde, silisyum uygulamasının Na ve K konsantrasyonunun bütün kök kısmı üzerinde daha dengeli bir dağılımını sağlayarak, Na birikimini azalttığını ve K birikimini arttırdığını belirtmişler ve bu durumun söz konusu bitki çeşidinde silisyumun tuz toleransını arttırmadaki kilit mekanizması olduğunu öne sürmüşlerdir. Aynı şekilde, silisyum uygulamasının tuzlu koşullarda buğday genotiplerinin yapraklarında K konsantrasyonu önemli ölçüde (2 ile 2.6 kat arasında) arttırdığı, kök ortamına silisyum uygulanması yapılmadığında tuzluluğun K konsantrasyonunda belirgin bir düşüşe neden olduğu, her iki genotipte de tuzluluk nedeniyle %50'den fazla azalan tane veriminin, toprağa Si uygulanmasıyla %50 ile %225 oranında arttırıldığı belirlenmiştir (Tahir vd., 2007). Silisyum uygulaması nohut genotiplerinde de, tuz stresi altında azot (N), fosfor ve magnezyumun daha fazla alımına yol açarak bitkinin besin içeriğini önemli ölçüde geliştirmiştir (Garg ve Bhandari, 2016). Silisyum uygulamasından dolayı Na içeriğinin azaldığı ve K içeriğinin arttığı Bybordi vd. (2018) tarafından da bildirilmiştir. Khoshgoftarmanesh vd. (2014) silisyum uygulamasıyla iki hıyar çeşidinin (Negin ve Süper dominus) sürgünlerinde K ve Ca konsantrasyonlarının önemli ölçüde arttığını, Na konsantrasyonunun ise azaldığını bildirmiştir. Khan vd. (2018) silisyum uygulamasının tuzluluk stresi altındaki mısır bitkisinin kökleri dışında diğer tüm bitki organlarındaki K konsantrasyonunu arttırdığını özellikle genç yapraklarda bu artışın iki kat olduğunu ortaya koymuşlardır.

Selenyum da sodyumun toksik etkisini azaltmada ve K alımını arttırmada önemli rol oynayan, bitki büyümesi ve üretimi için faydalı bir element olarak kabul edilmektedir (Sieprawska vd., 2015). Selenyum uygulamasının tuzluluk stresi altındaki dereotu bitkisinde hem sürgün ve hem de köklerde K konsantrasyonunu önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir (Shekari vd., 2017). Benzer şekilde, tuzlu koşullarda yetişen soya fasulyesinde selenyum yaprak uygulamasının yaprak Na/K oranında azalmaya ve Mg içeriğinde artışa neden olduğu ortaya konulmuştur (Ardebili vd., 2014). Ek olarak, Jiang vd. (2017) NaCl ve Se etkileşiminin sürgünde K içeriğini önemli ölçüde ($p \leq 0.05$) arttırdığını ve kökte ise Na içeriğini azalttığını bildirmiştir. Öte yandan, Boghdady vd. (2017) selenyum uygulamasına bağlı olarak bakla bitkisinin tohumlarında N, P, K ve ham protein içeriklerinde önemli bir artış olduğunu ortaya koymuştur. Söz konusu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, bu parametrelerin en yüksek değerleri 10 ppm

selenyum uygulamasından elde edilmiştir. Bybordi vd. (2018) de yapraktaki K içeriğindeki artış ile Na içeriği ve enzim aktivitesindeki azalmanın Se uygulamasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

2.5.2. Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında oksidatif hasarın azaltılmasına etkisi

Sodyum klorür membran stabilite indeksini (MSI) azaltmasının yanı sıra malondialdehit (MDA) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) içeriğini arttırdığı için hücreye oksidatif hasarlar verir. Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX) ve peroksidazlar (POD) reaktif oksijen türlerinin ortamdan uzaklaştırılması ile ilişkili ana antioksidan enzimlerdir (Shekari vd., 2017). Tuz stresi altında gaz alışverişinin engellenmesi üzerindeki hafifletici etkiye çeşitli mekanizmalar katkı sağlamaktadır. Savvas vd. (2009) silisyumun bu mekanizmalardan birisi olarak süperoksit dismutaz, guaiol peroksidaz, askorbat peroksidaz, katalaz ve glutatyon redüktaz gibi temel antioksidan enzimler üzerinde koruyucu bir etkisinin olabileceğini belirtmişlerdir. Bu ana antioksidan enzimler, reaktif oksijen türlerinin ortamdan uzaklaştırılması için önemlidir (Shekari vd., 2017). Peroksidazlar bitki dokularında H_2O_2 'yi temizler ve bu nedenle oksidatif stresin neden olduğu zararları azaltır. Yaghubi vd. (2016) POD ve SOD enzimlerinin aktif hale gelmesinin MDA ve H_2O_2 konsantrasyonunda bir düşüşe neden olabileceğini, ayrıca, tuzlulukla tetiklenen oksidatif hasarın silisyum ilavesiyle hafifletildiğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada, Saleh vd. (2017) silisyumun sürgün büyümesi ve yaprak klorofil içeriği üzerinde göze çarpan iyileştirici bir etkiye neden olan bazı antioksidan enzim aktivitelerini geliştirerek, buğday bitkisinde tuzluluk kaynaklı oksidatif hasarı hafiflettiği sonucuna varmışlardır. Silisyumun SOD ve CAT anti-oksidatif enzimlerinin artışına bağlı olarak, plazma zarlarının geçirgenliğini geliştirmek suretiyle hücre formunu koruyarak tuz stresini hafiflettiği de açıklanmıştır (Haghighi ve Pessarakli, 2013). Chen vd. (2014) da silisyum uygulamasının tüm tuzluluk seviyelerinde buğdayda CAT aktivitesinin artmasına neden olduğunu ortaya koymuşlardır.

Selenyumun antioksidan özelliklere sahip olduğu ve çevresel stres koşulları altında, özellikle su ve tuzluluk stresi altında reaktif oksijen türlerini uzaklaştırabileceği bildirilmiştir. Membran lipid peroksidasyonu stres durumuna bağlı olarak ROS

nedeniyle oluşur ve hücre zarı elektriksel iletkenliğini önemli ölçüde azaltır (Bybordi, 2016). Ardebili vd. (2014) selenyum ve salisilik asit (SA) uygulamalarında tetiklenmiş bir antioksidan sistem ile arttırılmış fotosentez pigmentlerinin ve muhtemelen daha yüksek fotosentezin, kök dokularında daha iyi nodülasyon ve azot metabolizmasından sorumlu olabileceğini ve böylece tuz stresini azaltabildiğini bildirmişlerdir. Keling vd. (2013) NaCl tuzu stresi altında kontrol konusuna göre tüm selenyum uygulamalarında kavun fidelerinde MDA içeriklerinin azaldığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde, (Nawaz vd. (2016) kontrol ile karşılaştırıldığında, 40 mg/L selenyum uygulamasının mısır bitkisinde süperoksit dismutaz (%53), katalaz (%30), peroksidaz (%27) ve askorbat peroksidazda (%27) bir artışa yol açtığını bildirmişlerdir. Selenyum uygulamasıyla tuz stresi altında POD ve CAT aktivitesindeki artış, kanola (Haghighi ve Pessarakli, 2013, Hashem vd., 2013) dereotu (Shekari vd., 2017), soğan (Bybordi vd., 2018) ve domates (Mozafariyan vd., 2016) bitkilerinde de gözlenmiştir. Shekari vd. (2017) silisyum ve selenyum uygulamasının tuzlu koşullarda yetiştirilen dereotu bitkisinde SOD ve CAT aktivitelerini anlamlı şekilde arttırdığını; ancak antioksidan enzimlerin uyarılmasına rağmen MDA içeriğinin yüksek olduğu, bu nedenle, ROS üretiminin antioksidanlar tarafından uzaklaştırılanlardan daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır.

2.5.3. Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında fotosenteze etkisi

Bitkiler tuz stresine maruz kaldıklarında yaprak su potansiyeli, su içeriği ve fotosentez hızı önemli ölçüde azalır (Zhu ve Gong, 2014, Bybordi vd., 2018). Tuz stresi altındaki bitkilerde fotosentezdeki azalma, esas olarak, kloroplastlarda yüksek Na ve/veya Cl konsantrasyonlarına ek olarak su potansiyelindeki düşüşe bağlıdır. Kökler tarafından su alımının artırılması, yapraklardan su kaybının azaltılması ve fotosentetik hızın artırılması silisyum ve selenyum kaynaklı tuzluluk toleransının fizyolojik mekanizmaları arasında sayılabilir. Bu bağlamda, bitkilerde silisyum ve selenyumun fizyolojik rolleri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Shekari vd., 2017). Marul bitkisinde yaprak bağıl su içeriği (LRWC) ve klorofil içeriğinin, kontrol uygulamaları ile karşılaştırıldığında, silisyum ve selenyum uygulamalarından olumlu etkilendiği bildirilmiştir (Khalifa vd., 2016). Aynı şekilde, silisyum ve selenyum yaprak uygulamasının tuzlu koşullar altında buğday fidelerinin su ilişkilerini, fotosentetik özelliklerini ve klorofil içeriğini de iyileştirdiği bildirilmiştir (Sattara vd., 2018). Aynı

araştırmacılara göre, silisyum ve selenyumun beraber uygulanması klorofil a, b ve a+b ile bağıl su içeriğinde sırasıyla %33, 19, 30 ve 12 artışa neden olmuştur. Hamayun vd., (2010) tuzlu su koşulları altında soya fasulyesinde silisyum ilavesiyle yaprak ultra yapısı ve klorofil içeriği ile ilişkili fotosentez oranının iyileştirilebildiğini açıklamışlardır. Ek olarak, Shekari vd. (2017) kontrol bitkilerine göre silisyum uygulanan bitkilerde klorofil a ve klorofil b içeriği sırasıyla %28 ve %14 daha fazla olurken, Se uygulamasında ise bu değerlerin sırasıyla %15 ve %11 olarak belirlendiğini, dolayısıyla, bitkilerin tuzluluk altında azalan yaprak klorofil içeriğinin silisyum veya selenyum uygulamasıyla geri kazanılabileceğini bildirmişlerdir.

Besin çözeltisine silisyum eklenmesi çeri domatesinde klorofil içeriği, fotosentez hızı ve yaprak su içeriğini artırarak tuzluluğun olumsuz etkilerini hafifletmiştir (Haghighi ve Pessarakli, 2013). Benzer şekilde, Ghassemi-Golezani ve Lotfi (2015) dış kaynaklı silisyum yaprak uygulamasının, cin börülcesinin klorofil floresansını önemli ölçüde geliştirdiğini bildirmiştir. Yaghubi vd. (2016) de besin çözeltisine potasyum silikat (K_2SiO_3) ilavesinin sodyum klorürün yaprak bağıl su ve klorofil içerikleri üzerindeki olumsuz etkilerini önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur.

Uygun selenyum düzeyi uygulamaları kloroplastların hasarını önleyebilir ve klorofil ve bağıl su içeriklerini artırabilir (Bybordi, 2016). Dış kaynaklı 40 mg/L selenyum uygulamasının su eksikliği koşullarında kontrol konusuna göre, daha az yaprak negatif su potansiyeli (%41) ve daha fazla bağıl su içeriği (%30), toplam klorofil (%53) ve karotenoid içeriği (%60) ile sonuçlandığını ve bu nedenle selenyum uygulamasından sonra stresli bitkilerde fotosentezin iyileştirilmesi kısmen su durumunun korunması ve hasarlı kloroplastların geri kazanılmış yapısı ile ilgili olabileceği belirtilmiştir (Nawaz vd., 2016). Benzer şekilde, Bybordi (2016) zeolit ve selenyum uygulamalarının tuz stresi altındaki kanola bitkisinde yaprak bağıl su içeriği, klorofil içeriği ve fotosentezi arttırdığını bildirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek bağıl su içeriği ve fotosentez oranları, 10 ton/ha zeolit ve 4 g/L selenyum uygulamasında ortaya çıkmıştır. Ayrıca, Mozafariyan vd. (2016) da selenyum uygulamasının stres koşullarında hücre zarlarının bütünlüğünü ve yaprak bağıl su içeriğini arttırarak tuzluluğun olumsuz etkisini hafiflettiği sonucuna varmışlardır.

2.5.4. Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında bitki büyümesine etkisi

Farklı konsantrasyonlardaki silisyum ve selenyum uygulamalarının bitki büyümesi ve verimine olumlu etkisine dair kanıtlar vardır (Hasanuzzam *vd.*, 2010, Khalifa *vd.*, 2016, Sattara *vd.*, 2018). Silisyum ve selenyum uygulanması bitki boyu, kök uzunluğu, bitki başına yaprak sayısı gibi büyüme parametrelerini arttırabilmektedir (Khalifa *vd.*, 2016). Tuzluluk stresi altında yetiştirilen birçok bitkinin gövde kalınlığı da silisyum ve selenyum uygulanmasından olumlu etkilenmiştir (Kamenidou *vd.*, 2010, Keling *vd.*, 2013).

Tuz stresinin vejetatif büyüme ve bağıl su içeriği üzerindeki zararlı etkisi, bitki boyunda önemli artışlara neden olan silisyum ve nano-silisyum ilavesiyle de azaltılmıştır (Qados ve Moftah, 2015). Benzer şekilde, tüm silisyum ve nano-silisyum uygulamalarının tuz stresinin olumsuz etkilerini azalttığı ve bitki boyunun iyileştirildiği, ancak nano-silisyum uygulamasının etkilerinin silisyum uygulamalarına kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bildirilmiştir (Tantawy *vd.*, 2015). Yine, kontrol konusu için saf su uygulaması ile karşılaştırıldığında, yaprak silikat uygulamasının fasulyede bitki boyunu önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir (Abou-Baker *vd.*, 2011). Diğer bir çalışmada, soya fasulyesinin bitki boyu, tuzlu su koşulunda 2.5 mM silisyum uygulanmasıyla arttığı belirlenmiştir (Lee *vd.*, 2010). Tuz stresi altında domates fidelerinin bitki boyu uygulanan silisyum ile önemli ölçüde artmıştır (Li *vd.*, 2015). Mahmood, Ahmad, *vd.* (2016) yapraklara silisyum uygulamasının, maş fasulyesinin büyüme ve fizyolojik özelliklerinde, kontrolle karşılaştırıldığında tüm Si düzeylerinde önemli bir iyileşmeye neden olduğunu, yine artan silisyum dozlarıyla (1 ila 2 kg/ha) bitki boyunun da, önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir. Silisyumun tuzluluk stresi altında (7 dS/m) yetiştirilen nohutta bitki boyu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir (Zamani *vd.*, 2017). Silisyumun tuz-stresli dereotu bitkisinde de büyümeyi 2.7 kat arttırdığı belirlenmiştir (Shekari *vd.*, 2017).

Haghighi ve Pessarakli (2013) tarafından yapılan araştırmada silisyum ve nano-silisyum uygulamasının çeri domateste gövde çapını ve su alımını önemli ölçüde etkilemediği bildirilmiştir. Diğer taraftan, sadece 1.0 mM silisyumun uygulanmasında, şeker kamışı bitkisinin gövde çapının kontrol uygulamasına göre %18 arttığı rapor edilmiştir (Herrera *vd.*, 2018). Sonobe *vd.* (2011) 1.78 mM SiO₂ uygulamasının

hidroponik kültürde yetiştirilen süpürge darısı bitkilerinin kuru ağırlık ve kök çapını arttırdığını bildirmişlerdir. Silisyumun kütikülde birikerek ve hücre duvarı polisakarit ve lignin polimerlerini koruyarak yaprak ve gövde mukavemetini arttırdığı bildirilmiştir (Ashraf vd., 2010). Aynı kaynak, ayrıca, hücre duvarındaki silisyum birikiminin hücre duvarının sertliğini arttırdığını ve tuz alımında ortaya çıkan bir azalmayla terleme yoluyla su kaybını azalttığını açıklamışlardır. Benzer şekilde, Ma ve Yamaji (2006) ortaya çıkan stres faktörüne karşı dayanıklılığın, silisyum uygulamasıyla sapların, köklerin ve yaprakların hücre duvarlarının sertliğinin artırılmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Kamenidou vd. (2010) silisyumun gerbera çiçeklerinin morfolojik ve gelişimsel özelliklerine etkilerini araştırdığı bir çalışmada, bu elementin gövde kalınlığı, çiçek büyüklüğü ve çiçeklenme zamanı üzerindeki olumlu etkilerini rapor etmişlerdir. Mateos-naranjo vd (2013) da silisyumun bitki hidrasyon durumu üzerindeki iyileştirici etkisinin, kütikül tabakaları yoluyla su kaybını azaltabilecek yaprak ve sapın epidermal hücrelerinin altında terleme veya fitolit birikiminin azalmasına katkıda bulunabileceği sonucuna varmışlardır.

Hawrylak-Nowak (2009)'ye göre 5 ve 10 μM Se uygulamaları, tuzlu su koşulu altında hıyar fidelerinin büyüme oranını önemli ölçüde geliştirmiştir. Boghdady vd. (2017) tüm dış kaynaklı selenyum uygulamasının (2.5, 5, 10 ppm) iki yetiştirme döneminde de (2014/2015 ve 2015/2016) Giza 716 bakla çeşidinde bitki boyu ve gövde çapında önemli bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. En yüksek bitki boyu değerleri 2014/2015 ve 2015/2016 sezonlarında kontrol uygulamalarına göre göre sırasıyla %43.6 ve %40.7 artışla 10 ppm selenyum konsantrasyonunda kaydedilmiştir. Ayrıca, 10 ppm selenyum yaprak uygulaması yapılmış bakla bitkisinde gövde çapının kontrol konusuna göre %12.0 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Keling vd. (2013) kontrol uygulamalarıyla karşılaştırıldığında, özellikle 2–8 μM selenyum uygulamasının NaCl tuz stresi altında yetiştirilen kavun bitkisinde fide büyümesini (bitki boyu ve kök çapını) daha iyi desteklediğini, ancak 16 μM gibi yüksek konsantrasyonda bu elementin büyüme üzerindeki olumsuz etkisinin ortaya çıktığını rapor etmişlerdir. Yine selenyum uygulamasına bağlı olarak kanolada bitki büyümesinde de artış olduğu bildirilmiştir (Bybordi, 2016). Ayrıca, Jiang vd. (2017) tuz stresi altında yetiştirilen bitkilerde 1 μM selenyum uygulanmasının mısır bitkisinde de bitki boyunu önemli ölçüde arttırdığını belirtmişlerdir.

2.5.5. Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında biyolojik verime etkisi

Yapraktan 2 kg/ha silisyum uygulanması tuzlu sulama koşullarında maş fasulyesinin taze ve kuru ağırlığını sırasıyla 12.94 ve 5.62 ton/ha kadar önemli ölçüde arttırmıştır (Mahmood, Ahmad, *vd.*, 2016). Benzer şekilde, nano-Si1 (1mM) ve nano-Si2 (2mM) uygulamaları, tuz stresi altındaki soya fasulyesinde taze ve kuru biyolojik verimde belirgin artışlara neden olduğu, ancak daha yüksek nano-Si düzeylerinde değişmediği rapor edilmiştir (Qados ve Moftah, 2015). Ayrıca, tuzlu koşullar altında yetiştirilen tatlı biber bitkisinde, kontrol konusuna kıyasla tüm silisyum uygulamalarının taze ve kuru sürgün ağırlığını arttırdığı, 1 cm³/L nano-silisyum uygulamasının sürgün ağırlık parametresi üzerinde tuzluluk etkisini hafifletmede en yüksek etkinliği gösterdiğini ve bunu sırasıyla nano-Si 2.0, Si 4.0 ve Si 5 cm³/L uygulamalarının izlediği rapor edilmiştir (Tantawy *vd.*, 2015). Hamayun *vd.* (2010) da ayrıca, silisyumun tek başına veya tuz stresi ile uygulandığında soya fasulyesinde taze ve kuru sürgün ağırlığını önemli ölçüde arttırdığını ortaya koymuştur. Mahdieh *vd.* (2015)'e göre silisyum uygulamasının, silisyum uygulanmayan kontrol konusuna göre, taze ve kuru ağırlıkları artırarak tuzluluğun olumsuz etkilerini bertaraf ettiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, Esmaili *vd.* (2015) tarafından yapılan araştırmaya göre, silisyum farklı tuzluluk seviyeleri (0, 5, 10, 15, 20 dS/m) altında çim bitkisinde kuru madde birikimini önemli ölçüde arttırmıştır. Silisyumun tek başına veya tuzla uygulanmasının yine soya fasulyesinde yaş ağırlığı önemli ölçüde arttırdığı ortaya konulmuştur (Hamayun *vd.*, 2010). Soya fasulyesinde taze ve kuru ağırlıkların NaCl uygulaması ile önemli ölçüde azaldığı, ayrıca 2.5 mM Na₂SiO₃ uygulaması ile 80 mM NaCl tuz stresinin soya fasulyesinde biyokütleyle olumsuz etkisinin önemli ölçüde hafifletilebildiği de rapor edilmiştir (Lee *vd.*, 2010). Silisyum uygulamasının tuzlu su koşullarında buğday bitkisinin sürgün ağırlığını arttırdığı, ayrıca, silisyumun sürgün kuru ağırlığı ve klorofil konsantrasyonu üzerindeki uyarıcı etkilerinin daha yüksek tuzluluk seviyelerinde (12 dS/m) daha belirgin hale geldiği sonucuna varılmıştır (Saleh *vd.*, 2017). Silisyumun yine buğday bitkisinde bitki kuru ağırlığını tuz stresine karşı %30.51, kuraklığa stresine karşı %13.67 ve kolektif strese (tuzluluk ve kuraklık) karşı %34.91 arttırdığı belirlenmiştir (Sattar *vd.*, 2009). Öte yandan, Habibi *vd.* (2014) tuz stresinin hem silisyum uygulanan hem de uygulanmayan antepfıstığında büyümeyi önemli ölçüde azalttığı; bununla birlikte, tuzluluk koşulları altında silisyum uygulamasının, kontrol

konusuna göre, daha yüksek bir kök ve sürgün kuru ağırlığına neden olduğunu belirlemişlerdir. Silisyumun büyüme ortamına uygulanması hem normal hem de tuzlu ortamlarda yetiştirildiğinde buğday çeşitlerinde (Auqab-2000 ve SARC-5) kuru madde üretimini önemli ölçüde arttırmıştır (Tahir *vd.*, 2007). Abou-Baker *vd.* (2011) potasyum silikatın fasulye bitkisine yaprak uygulamasının sürgün ve kök kuru ağırlığını arttırdığını belirlemişlerdir. Ayrıca, normal ve tuzlu koşullarda silisyum uygulamasının mısır bitkisinde kuru madde içeriğinde önemli bir artışa neden olduğu ortaya konulmuştur (Khan *vd.*, 2018). Tuzlu ve tuzlu olmayan koşullar altında, besin çözeltisine silisyum ilavesi, hıyar bitkisinin sürgün kuru madde içeriğini önemli ölçüde arttırmıştır (Khoshgoftarmanesh *vd.*, 2014). Fasulye bitkisinde kuru biyokütlenin silisyum ve rizobakteriyel aşılama ile arttığı, en yüksek kuru biyokütlenin düşük tuzlu sulama koşulları altında 2 kg Si/ha uygulamasında, en düşük kuru biyokütlenin ise silisyum içermeyen 7.81 dS/m uygulamasından elde edildiği rapor edilmiştir (Mahmood, Daur, *vd.*, 2016). Yüksek tuzluluk düzeylerinde (100 mM, NaCl) silisyum uygulamasının (0.5 mM, Na₂SiO₃) buğday bitkisinde her ne kadar kuru biyokütleyi önemli ölçüde arttırsa da, bu artışın kontrol konusu değerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir (Tuna *vd.*, 2008).

Tuz stresi altında buğdayda sürgün kuru ağırlığının %48.30, kök kuru ağırlığının %45.95 ve toplam biyokütle üretiminin %47.31 oranında azaldığını, ancak gerek bireysel silisyum ve selenyum uygulamaları ve gerekse bunların kombinasyonunun kuru ağırlıkta artışına neden olduğu rapor edilmiştir (Sattar *vd.*, 2017). Shekari *vd.* (2017)'e göre silisyum ve selenyum uygulaması, tuzluluğun bitkide kuru madde ve klorofil içeriği üzerindeki olumsuz etkilerini iyileştirmiştir. Manaf (2016) tuzluluk olmadan 5 µM selenyum ve 50 mM NaCl tuz stresi altında 10 µM selenyum yaprak uygulamasının, börülce bitkisinde en yüksek taze ve kuru ağırlık ile sonuçlandığını belirtmiştir. Mozafariyan *vd.* (2016) 50 mM NaCl tuz stresi koşullarında 5 veya 10 µM selenyum uygulanmasının, kontrol konusuna kıyasla, domatesin sürgün taze ve kuru ağırlığında önemli artışlara neden olduğunu bildirmiştir. Öte yandan, Jiang *vd.* (2017) tuz stresi altındaki bitkilerde, 1 µM selenyum uygulamasının sürgün ve kök kuru ağırlıklarını sırasıyla %17 ve %18 oranında artırdığını, buna karşılık, 100 mM NaCl tuz stresi altında 25 µM selenyum uygulamasının ise bitki boyunda ve kuru ağırlıkta azalmaları engelleyemediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, tuzluluk altında 1 µM

selenyum uygulanması ile mısırın biyokütlesi önemli ölçüde artmış, ancak 25 μ M selenyum uygulanması bitki boyu, yaprak uzunluğu ve biyokütle birikiminde önemli azalmalar ile sonuçlanmıştır.

2.5.6. Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında verim ve hasat indeksine etkisi

Rizwan *vd.* (2015) kuraklık veya tuz stresi koşullarında silisyum uygulamasının bitki verimini ve kaliteyi arttırdığını bildirmişlerdir. Kanola bitkisinde en yüksek tohum ağırlığı ve tohum verimi, 4 g/L selenyum ve yine 4 g/L silisyum uygulamalarından elde edildiği gözlenmiştir (Bybordi, 2016). Bakla sayısının kontrol konusuna kıyasla (12 ± 0.4 adet) 900 kg/ha magnezyum silikat uygulamasıyla (18.25 ± 0.75 adet) arttırılabileceği ortaya konulmuştur (Elberth Hernando *vd.*, 2017). Özellikle 1 ve 2 mM silisyum ve nano-silisyum uygulamalarının kontrol ve tuzlu koşullar altında yetiştirilen baklada verim parametrelerin arttırdığı, bu bağlamda, Si2 (2mM) uygulamasının tuz stresi altında bitki başına tohum sayısında, 100 tohum ağırlığında, bitki başına bakla sayısında ve tohum kuru ağırlığında, kontrole kıyasla sırasıyla %32, 12, 46 ve 28 oranında bir artışa neden olduğu belirlenmiştir (Qados ve Moftah, 2015). Tuzluluk koşullarında yetiştirilen baklaya uygulanan silisyumun bakla sayısını, bakla başına tohum sayısını, 100 tohum ağırlığını ve verimi önemli ölçüde arttırdığı; en yüksek verimin 1 dS/m tuzluluk düzeyi + 1 mM Si konsantrasyonunda, en düşük ise 5 dS/m tuzluluk stresinde silisyum uygulaması yapılmayan konudan elde edildiği rapor edilmiştir (Kardoni *vd.*, 2017). Silisyum ve arbuscular mikorhizanın NaCl stresi altında yetiştirilen nohut bitkisinde çiçeklenme, bakla oluşumu ve tohum gelişiminde dikkate değer bir pozitif etkisi olduğu bildirilmiştir (Garg ve Bhandari, 2016). Hem salisilik asit hem de silisyumun uygulaması maş fasulyesinde bitki başına bakla ve tohum ağırlığını önemli ölçüde arttırmıştır (Lotfi *vd.*, 2018). Zamani *vd.* (2017) 1 mM silisyum uygulamasıyla en yüksek sağlıklı nohut baklası yüzdesinin (92.8 ± 4.1) 5 dS/m ve en düşük ise (65.2 ± 10.6) ise 7 dS/m tuzluluk konularında gözlendiğini; ayrıca, en yüksek nohut tane veriminin (0.63 ± 0.1 g/bitki) tuzluluk stresi olmayan + 1 mM Si uygulamasıyla, en düşük tane veriminin (0.33 ± 0.0 g/bitki) ise 0.5 mM Si + 7 dS/m tuzluluk düzeyinde elde edildiğini bildirmişlerdir. Mısır bitkisinde koçan uzunluğu, koçan başına tohum sayısı ve 100 tohum ağırlığı, 150 kg/ha silisyum uygulamasıyla önemli ölçüde artmıştır (Xu *vd.*, 2016). Tantawy *vd.* (2015) tuzluluk koşullarında

yetişen tatlı biberin ortalama meyve ağırlığının, tüm silisyum uygulamaları (normal silisyum için 4.0 ve 5.0 cm³/L ve nano-silisyum için 1.0 ve 2.0 cm³/L) ile arttığını; ayrıca, en düşük nano-Si konsantrasyonunun diğer tüm silisyum uygulamalarına kıyasla tuzluluk stresini azaltmada daha yüksek bir etki gösterdiğini rapor etmişlerdir. Tuzluluk altında kontrol konusuna göre potasyum silikat (K₂O₃Si) uygulamasıyla, iki çilek çeşidinde (Kürdistan ve Paros) verim kaybının yaklaşık olarak %50'sinin geri kazanabileceğini belirtilmiştir (Yaghubi vd., 2016). Benzer şekilde başka bir çalışmada, iki buğday genotipinde (Auqab-2000 ve SARC-5) tuzluluğun tane veriminde yaklaşık %50 azalmaya neden olduğu, ancak silisyum uygulaması ile her iki genotipte de tane veriminin %225 arttığı rapor edilmiştir (Tahir vd., 2007). Artan silisyum ve rizobakteriyel aşılama oranlarının maş fasulyesinde tohum verimini arttırdığı, bu bağlamda en yüksek tohum veriminin (3.45 t/ha) 3.12 dS/m tuzluluk altında 2 kg/ha silisyum, en düşük verimin (0.46 t/ha) ise 7.81 dS/m tuzluluk altında silisyum uygulaması yapılmayan konulardan elde edildiği bildirilmiştir (Mahmood, Daur, vd., 2016).

Selenyumun 1, 2.5 ve 5 mg/kg uygulama düzeylerinin maş fasulyesinde tuzluluk stresini hafifleterek, bitki başına bakla sayısını ve tohum verimini arttırdığı bildirilmiştir (Saha vd., 2017). Manaf (2016) tuzluluk stresi olmadan 5 µM selenyum ve 50 mM NaCl tuzluluğu altında 10 µM selenyum uygulamalarının bürölcede 100 tohum ağırlığı, tohum sayısı ve bakla sayısında önemli bir artışa neden olduğunu; en yüksek 100 tohum ağırlıklarının birinci (21.7 ve 20.7 g) ve ikinci yılda (22.07 ve 20.61 g) sırasıyla bu konularda kaydedildiğini bildirmişlerdir. Boghdady vd. (2017) yüksek konsantrasyon (20 ppm) hariç, uygulanan diğer selenyum konsantrasyonlarının (5, 10 ve 15 ppm), baklada bitki başına bakla sayısını, bakla ağırlığını, tohum sayısını ve tohum ağırlığını arttırdığını; bu bağlamda, 10 ppm selenyum konsantrasyonu altında her iki mevsimde de tohum veriminin kontrol konusuna göre %132.8 ve % 117.6 daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, Hashem vd. (2013) tuz stresi altında kanola bitkisinde, uygulama yapılmayan kontrol konularına göre, 2.5 ve 5.0 mg/L selenyum uygulamalarının verimi önemli ölçüde artırdığı, dolayısıyla selenyumun kanola bitkileri üzerinde tuz stresini hafifletmede etkin bir rol oynadığı sonucuna varmışlardır.

Lotfi vd. (2018) salisilik asit (1 mM) ve silisyum (2 mM) uygulamalarının maş fasulyesinde hasat indeksini önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir. Tuzluluk ve silisyum uygulaması etkileşimin nohut bitkisinin hasat indeksi üzerinde etkili olduğu; en yüksek ($30.3 \pm 2.5\%$) ve en düşük ($19.4 \pm 7.0\%$) hasat indeksi değerleri, sırasıyla 5 dS/m tuz stresi altında 0.5 mM silisyum ve tuz stresi olmadan 0.5 mM silisyum uygulamalarında ortaya çıktığı rapor edilmiştir (Zamani vd., 2017). Qados ve Moftah (2015) bakla bitkisinde artan tuzluluk düzeylerinin hasat indeksi değerlerini olumsuz etkilediğini; 200 mM NaCl tuzluluğunda silisyum uygulanmayan bitkilerin hasat indeksinin, kontrol tuzluluk konusuna kıyasla yaklaşık %38.5 azaldığını; silisyum ve nano-silisyum uygulamalarının baklanın tohum verimi üzerinde önemli bir arttırıcı etkiye sahip olduğu, dolayısıyla hasat indeksi değerlerinin, farklı tuz uygulamaları altında silisyum ve nano-Si ile arttırıldığını belirlemişlerdir. Tuzlu su koşullarında dereotu bitkisinde verimliliğini korumak ve hasat indeksi değerini arttırmak için silisyum uygulamasının iyi bir strateji olduğu Shekari vd. (2017) tarafından bildirilmiştir. Ayrıca, silisyum uygulaması ve mikorizal aşılmasının bireysel ve kombine etkilerinin stres etkilerini azaltarak tohum verimini ve hasat indeksini iyileştirdiği belirtilmiştir (Garg ve Bhandari, 2016).

Kanola bitkisi için hasat indeksinin 4 g/L selenyum uygulamasına olumlu yanıt verdiği bildirilmiştir (Bybordi, 2016). Börülce bitkisi üzerinde yapılan bir araştırma, tuzluluk olmadan 5 μ M selenyum ve 50 mM NaCl altında 10 μ M selenyum yaprak uygulamasının tüm verim parametrelerini arttırdığı, buna karşılık tüm verim parametrelerinin en düşük değerinin selenyum uygulanmayan 50 mM NaCl tuzluluğu konusunda ortaya çıktığı rapor edilmiştir (Manaf, 2016). Yine, Boghdady vd. (2017) selenyum yaprak uygulamasının bakla bitkilerinin tane verimini arttırdığını belirlemişlerdir.

2.5.7. Silisyum ve selenyumun tuz stresi altında bitkilerde bazı kalite parametrelerine etkisi

Silisyum veya selenyum ile zeolitin soğandaki protein içeriğini artırabildiği bildirilmiştir (Bybordi vd., 2018). Li vd. (2015) silisyum uygulamasının tuzluluk stresi altında yetiştirilen domates fidelerinin çözünür protein konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırırken, silisyum uygulanmayan konularda tuzluluk stresi nedeniyle bu

parametrenin önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Khan *vd.* (2018) tuzluluk stresinin mısırdaki toplam protein içeriğini önemli ölçüde azalttığını, bununla birlikte silisyum uygulamasının hem normal hem de tuzluluk konuları altında mısırın protein içeriğinde önemli bir artışa (>%50) neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Ek olarak, Manivannan *vd.* (2016) silisyum uygulamasının biber bitkisinde yaprak proteinlerinin düzenlenmesinde ve tuzluluk stresinin neden olduğu fotosentez ve hücre metabolizmaya olumsuz etkilerin ve oksidatif hasarın hafifletilmesinde önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, Salah *vd.* (2017) tarafından yapılan çalışmada, uygun miktarda (50 mg/L) SiO₂ uygulamasının tuzluluk stresi altında patates bitkilerinde protein içeriğini önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir. Potasyum humat ve potasyum silikat uygulamasının da buğday bitkisinde tanedeki protein ve karbonhidratların biyosentezini arttırdığı ortaya konulmuştur (Osman *vd.*, 2017).

Manaf (2016), tuzlu su kullanımında 5 ve 10 µM selenyum uygulamasının kontrol konusuna göre börülcenin protein içeriğinde en yüksek artışlara neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde, Nawaz *vd.* (2016) selenyum yaprak uygulamasının (40 mg/L), akut su kıtlığı ile karşı karşıya kalan dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde mısır bitkisinde verimi ve kaliteyi arttırmak için kullanışlı, uygulanabilir ve uygun maliyetli bir yaklaşım olduğunu ileri sürmüşlerdir. Aynı çalışmada, selenyum uygulamasının bitki verimini %15, ham protein içeriğini %47, lif miktarını %10 ve selenyum içeriğini %36 arttırdığı rapor edilmiştir. Vejetatif büyüme ve çiçeklenme aşamalarında 2 mg/L bor ile 2 mg/L selenyumun yaprak uygulaması, düşük sulama suyu tuzluluk seviyesi (2.5 dS/m) altında yetiştirilen kolza bitkisinde toplam çözünür fenoller ve protein konsantrasyonunu arttırdığı açıklanmıştır (Badawy *vd.*, 2017). Öte yandan selenyumun yaprak uygulaması, her iki mevsimde (2014/ 2015 and 2015 / 2016) bakla tohumlarında ham protein yüzdesinde önemli bir artış sağlamıştır. En iyi ham protein yüzdesi, her iki mevsimde 10 ppm selenyum uygulanan bitki tohumlarında kaydedildiği bildirilmiştir (Boghdady *vd.*, 2017).

Aynı şekilde, birçok araştırmacı, tuzluluk stresi altında farklı silisyum ve selenyum uygulamalarının farklı bitkilerin kök ve sürgünlerindeki organik asit içeriğini değiştirdiğini bildirmişlerdir (Li *vd.*, 2015, Badawy *vd.*, 2017, Das *vd.*, 2019). Rizwan *vd.* (2015) silisyum uygulamasının kuraklık stresli buğday yapraklarında askorbik asit

konsantrasyonunu arttırdığını gözlemlemişlerdir. Benzer şekilde, 25, 50 ve 100 mM NaCl konsantrasyonu altında iki pirinç çeşidinin fidelerinde piruvik asit, sitrik asit, malik asit ve süksinik asit içeriklerinin silisyum uygulamasıyla önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. Özellikle cv. Nonabokra çeşidinde, silisyum ile takviye edilmiş 25, 50, 100 mM NaCl tuzluluklarında kök ve sürgünlerde piruvik asit seviyelerinin sırasıyla %18, 29, 37'ye ve %6, 12, 22'ye yükseltildiği, aynı çeşitte kontrol konusuna göre malik asit içeriğinin de sırasıyla köklerde %8, 17 ve 24 ve sürgünlerde %4, 12 ve 20 arttığı, ayrıca tuz stresi nedeniyle cv. MTU 1010 çeşidinde sitrit asit içeriğinde meydana gelen azalmaların silisyum takviyesi ile sürgünlerde %12, 31 ve 37 ve köklerde %5, 25 ve 36 oranında önlendiği belirlenmiştir (Das *vd.*, 2019). Li *vd.* (2015) de tuz stresi altında yetiştirilen domates fidelerinde askorbik asit seviyelerinin azaldığını, ancak, silisyum uygulamasının tüm bu stres kaynaklı durumu tersine çevirdiğini bildirmişlerdir. Soundararajan *vd.* (2014) silisyum uygulamasının hücrelerdeki giberalik asit seviyelerini artırabildiğini ve bu organik asidin hücre bölünmesinde hayati bir rol oynayabilecek ve sonuç olarak uzamayı artırabilecek bir bitki hormonu benzeri özelliğe sahip olabileceği tezini ileri sürmüşlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanı

Bu çalışma farklı silisyum ve selenyum konsantrasyonu yaprak uygulamalarının farklı sulama suyu tuzluluk düzeyleri altında yetişen fasulye bitkisinde büyüme, verim ve kalite parametreleri ile bitkide organik asit düzeylerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisi'nde kısmen kontrollü şartlarda iki yetiştirme döneminde (2019-2020) gerçekleştirilmiştir. Denizden yüksekliği 54 m olan araştırma alanı, 30°38'30"- 30°39'45" doğu boylamları ve 36°53'15"- 36°54'15" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Arazi denemeleri boyunca, farklı düzeylerde elektriksel iletkenliğe sahip sulama suyu uygulamaları sonucu lizimetre topraklarında oluşturulacak tuzluluğun ve yapraktan silisyum veya selenyum uygulamalarının olası yağışlarla yıkanmasını önlemek amacıyla araştırma alanının yalnızca üzeri yüksek ışık geçirgenliğine sahip plastik örtü ile kaplanmış olup dört bir tarafı açık bırakılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kısmen kontrollü deneme alanının görünüşü

3.1.2. İklim özellikleri

Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü araştırma alanında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Uzun yıllık verilerine göre ortalama sıcaklık 18.6°C olup, en soğuk ay 9.9°C ile Ocak, en sıcak ay ise 34.1°C ile Temmuz'dur. Yıllık ortalama toplam yağış, buharlaşma ve bağıl nem değerleri ise sırasıyla 1066.9 mm, 1886.3 mm ve %63 (Anonim, 2020) olup çalışmanın yürütüldüğü dönem olan 2019-2020 yılları ve 1930-2020 yılları arasına ait bazı iklim verileri Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3. 1. Çalışma dönemleri (2019 ve 2020) ve uzun yıllara (1930-2020) ait bazı iklim verileri

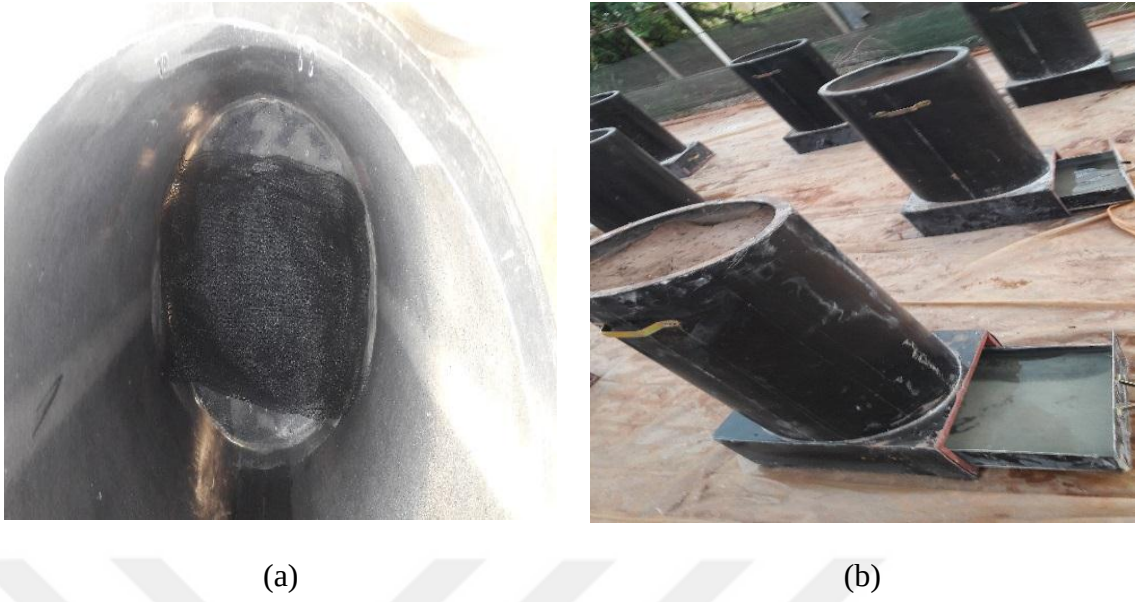
Yıl	İklim Parametreleri	AYLAR					
		Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
2019	Ort. Sıcaklık (°C)	26.3	28.9	30.0	36.4	23.2	17.3
	Ort. Maksimum Sıcaklık (°C)	39.5	40.5	41.5	35.3	36.2	29.0
	Ort. Minimum Sıcaklık (°C)	15.6	20.8	22.3	17.7	13.9	8.6
	Ort. Rüzgâr Hızı (ms ⁻¹)	3.4	3.6	3.6	3.4	3.1	2.7
	Ort. Toplam Yağış (mm)	16.4	0.2	0.2	30.4	11.6	111.8
	Ort. Bağıl Nem (%)	61.4	53.2	52.8	58.4	58.9	65.6
2020	Ort. Sıcaklık (°C)	24.0	29.5	29.8	28.4	23.2	16.8
	Ort. Maksimum Sıcaklık (°C)	39.4	40.7	40.6	41.0	37.3	27.3
	Ort. Minimum Sıcaklık (°C)	13.9	21.6	21.3	20.7	14.6	7.0
	Ort. Rüzgâr Hızı (ms ⁻¹)	3.3	3.1	3.3	3.2	2.9	3.8
	Ort. Toplam Yağış (mm)	2.0	0.0	0.0	1.4	35.8	22.8
	Ort. Bağıl Nem (%)	61.9	61.3	54.1	58.3	62.0	52.3
Uzun Yıllık (1930-2020)	Ort. Sıcaklık (°C)	25.3	28.5	28.4	25.2	20.5	15.5
	Ort. Maksimum Sıcaklık (°C)	44.8	45.0	44.6	42.5	38.7	33.0
	Ort. Minimum Sıcaklık (°C)	11.1	14.8	13.6	10.3	4.9	0.0
	Ort. Rüzgâr Hızı (ms ⁻¹)	2.7	2.6	2.5	2.6	2.6	2.6
	Ort. Toplam Yağış (mm)	10.8	4.5	4.6	16.8	68.7	131.6
	Ort. Bağıl Nem (%)	60.5	57.8	59.5	58.9	61.1	65.4

3.1.3. Bitki yetiştirme ortamı

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

uygulamasında sulama suyuyla birlikte yıkama gerçekleştirilmiştir (Maas ve Hoffman, 1977, Ayers ve Westcot, 1985). Çalışmada, sulamaların ölçülü ve sağlıklı yapılabilmesi, yıkama nedeniyle ortaya çıkan drenaj suyu miktarının ölçülmesi ve örneklenerek analiz edilmesi ve ayrıca su bütçesi yardımıyla bitki su tüketiminin daha sağlıklı belirlenebilmesi amacıyla; tartılabilen, drenaj suyunun toplanmasına ve ölçümüne olanak veren özel olarak yaptırılmış lizimetreler yetiştirme ortamı olarak kullanılmıştır. Bitki gelişimini engellemeyecek şekilde yeterli büyüklükte fiberglas materyalden özel olarak imal edilmiş lizimetreler 3 mm et kalınlığında, 70 cm yüksekliğinde, 48 cm çapa sahip yaklaşık 125 litre hacim ve 180 kg hava kurusu toprak alabilecek kapasiteye sahiptir. Deneme boyunca yıkama suyunun drenajını sağlamak amacıyla lizimetre tabanlarına eşit sayıda delikler açılmıştır. Açılan bu deliklerin toprakla tıkanmasını önlemek ve yıkama suyu çıkışı kolaylaştırmak amacıyla seralarda gölgeleme ağı olarak kullanılan tül 4 kat olmak üzere lizimetrelerin tabanına serilmiştir (Şekil 3.2a). Denemede kullanılacak topraklar 4 mm'lik elekten geçirilmiş ve hava kurusu haline getirilip homojenliği sağlandıktan sonra 15 cm katmanlar halinde sıkıştırılarak üstten 5 cm boşluk kalıncaya kadar lizimetrelere doldurulmuştur. Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından arazi denemesinden farklı olmaması için ayrıca torf veya perlit malzemesi kullanılmamıştır. Her bir lizimetrenin toprak tarla kapasitesi ağırlığını belirlemek amacıyla lizimetre toprakları suyla doymun hale getirilerek üzerleri kapatılmış ve drenajın sonlanması için 24 saat beklenmiştir. Saksılardan meydana gelen drenaj tamamen bittikten sonra her bir lizimetre tartılarak tarla kapasitesinde lizimetre ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 3.2b) (Duzdemir vd., 2009, Kurunç ve Ünlükara, 2009, Ünlükara vd., 2015).

Deneme başlangıcında fazladan oluşturulan üç adet lizimetreden alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analizleri “Metot” bölümünde verilen esaslara göre yapılmış olup sonuçlar ortalama değerler şeklinde Çizelge 3.2’de sunulmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde, deneme toprakları kumlu tın bünyelerine sahip olduğu ve tarla kapasitelerinin %19.88.-23.14, solma noktalarının %9.85-10.04, hacim ağırlıklarının 1.34-1.50 g/cm³, saturasyon çamuru süzüğü elektriksel iletkenliklerinin 0.68-0.74 dS/m ve pH değerlerinin 7.95-8.05 arasında olduğu belirlenmiştir.



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

Çizelge 3. 2. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Yıl	Derinlik (cm)	TK (%)	SN (%)	HA (g/cm ³)	EC _e (dS/m)	pH _e	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Tekstür
2019	0-30	19.88	9.95	1.34	0.72	8.05	56.56	17.88	25.56	Kumlu tın
	30-60	20.23	9.88	1.42	0.68	7.95	57.84	16.88	25.28	Kumlu tın
2020	0-30	22.77	10.04	1.46	0.74	8.03	57.84	16.24	25.92	Kumlu tın
	30-60	23.14	9.85	1.50	0.70	7.99	55.84	16.88	27.28	Kumlu tın
TK : tarla kapasitesi				EC _e : toprak saturasyon çamuru süzüğü elektriksel iletkenliği						
SN : solma noktası				pH _e : toprak saturasyon çamuru süzüğü pH değeri						
HA : hacim ağırlığı										

3.1.4. Bitkisel materyal

Çalışmada Elkoca-05 fasulye çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. Yaklaşık 92-102 günde olgunlaşan, makineli hasada elverişli ve geniş alanlarda fasulye tarımı yapılan tüm bölgelere tavsiye edilen, yemeklik kuru fasulye çeşididir. Bodur gelişme formunda olup, sülük oluşturmeyan çeşidin bitki boyu 53 cm ve ilk bakla yüksekliği 15 cm'dir. Çiçek rengi beyaz, yaprak rengi yeşil ve yaprağın şekli oval ve ucu sivridir. Baklada tane sayısı 4 adettir. Baklalar kılçıklı olup, ortalama 1000 tane ağırlığı 425 g'dir. Çeşidin en önemli özelliği bakteriyel ve virüs hastalıklarına karşı toleranslı

olmasıdır. Baklalar olgunlaştığında bakla açılma özelliği yoktur. Çeşidin ortalama tohum verimi 226.4 kg/da'dır (Elkoca ve Kantar, 2005).

3.2. Metot

3.2.1. Deneme deseni ve deneme konuları

Bu çalışmada farklı sulama suyu tuzluluk düzeyleri altında yetişen fasulye bitkisinin tuz toleransına silisyum ve selenyumun etkileri ayrı ayrı araştırıldığından, arazide birbirine benzer iki ayrı deneme oluşturulmuştur. Birinci denemede farklı sulama suyu tuzluluk düzeyleri ile silisyumun farklı yaprak uygulama dozları; ikinci denemede ise yine farklı sulama suyu tuzluluk düzeyleri ile selenyumun farklı yaprak uygulama dozları arasındaki ilişki ve etkileşimlerin varlığı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Her iki deneme de tesadüf bloklarında iki faktörlü (sulama suyu tuzluluk düzeyleri ve farklı dozlarda silisyum veya selenyum yaprak uygulamaları) olarak faktöriyel deneme deseninde yürütülmüştür. Bu amaçla, (Ayers ve Westcot, 1985) tarafından verilen literatür bilgisine dayanarak, farklı tuzluluk düzeylerinde fasulye bitkisinde meydana gelen % verim kayıpları dikkate alınarak stratejik olarak kontrol ($T_0 = 0.6$ dS/m), düşük ($T_1 = 1.6$ dS/m), orta ($T_2 = 3.0$ dS/m) ve yüksek ($T_3 = 4.8$ dS/m) olmak üzere dört farklı sulama suyu tuzluluk düzeyi konusu her iki denemede de birinci faktör konuları olarak belirlenmiştir. Buna ek olarak farklı tuzluluk düzeylerinde fasulye bitkisinin tuzluluk stresine dayanımını arttıracak düşünülen silisyum veya selenyumun üç farklı yaprak uygulama dozları ise denemelerde ikinci faktörü oluşturmuştur. Silisyum için değişik bitkilerde yapılan çalışmalar (Romero-Aranda vd., 2006, Hamayun vd., 2010, Esmaeili vd., 2015, Ghassemi-Golezani ve Lotfi, 2015, Manivannan vd., 2016, Mahmood vd., 2017, Shekari vd., 2017, Bybordi vd., 2018, Lotfi vd., 2018, Oztekin vd., 2018) dikkate alınarak silisyum uygulama dozları (SiD) $SiD_0 = 0$ (kontrol), $SiD_1 = 56$ mg Si/L (2 mM) ve $SiD_2 = 112$ mg Si/L (4 mM) ve yine farklı araştırmacıların çalışmaları (Banuelos vd., 1990, Wang vd., 2005, Hawrylak-Nowak, 2009, Mozafariyan vd., 2016, Jiang vd., 2017, Shekari vd., 2017) dikkate alınarak selenyum uygulama dozları (SeD) için ise $SeD_0 = 0$ (kontrol), $SeD_1 = 5$ mg Se/L (63.3 μ M) ve $SeD_2 = 20$ mg Se/L (253.2 μ M) olarak planlanmıştır (Çizelge 3.3). Her bir deneme konusu 3 tekerürlü olarak yinelenmiştir. Buna göre her bir denemede 4 (sulama suyu tuzluluk düzeyleri) x 3 (silisyum (birinci deneme) veya selenyum (ikinci deneme))

yaprak uygulama dozları) x 3 (tekerrür) = 36 adet lizimetre kullanılmıştır. Arazide toplamda 72 adet lizimetrede çalışılmıştır.

Çizelge 3. 3. Çalışmada gerçekleştirilen denemeler, ele alınan konular ve açıklamaları

Deneme	Faktör 1	Açıklama	Faktör 2	Açıklama
D1 Tuzluluk- silisyum	TD ₀	Kontrol (EC _i =0.6 dS/m)	SiD ₀	Kontrol (Si uygulaması yapılmayan)
			SiD ₁	56 mg Si/L (2 mM K ₂ SiO ₃) yaprak uygulama dozu
			SiD ₂	112 mg Si/L (4 mM K ₂ SiO ₃) yaprak uygulama dozu
	TD ₁	Düşük tuz stresi (EC _i =1.6 dS/m)	SiD ₀	Kontrol (Si uygulaması yapılmayan)
			SiD ₁	56 mg Si/L (2 mM K ₂ SiO ₃) yaprak uygulama dozu
			SiD ₂	112 mg Si/L (4 mM K ₂ SiO ₃) yaprak uygulama dozu
	TD ₂	Orta tuz stresi (EC _i =3.0 dS/m)	SiD ₀	Kontrol (Si uygulaması yapılmayan)
			SiD ₁	56 mg Si/L (2 mM K ₂ SiO ₃) yaprak uygulama dozu
			SiD ₂	112 mg Si/L (4 mM K ₂ SiO ₃) yaprak uygulama dozu
	TD ₃	Yüksek tuz stresi (EC _i =4.8 dS/m)	SiD ₀	Kontrol (Si uygulaması yapılmayan)
			SiD ₁	56 mg Si/L (2 mM K ₂ SiO ₃) yaprak uygulama dozu
			SiD ₂	112 mg Si/L (4 mM K ₂ SiO ₃) yaprak uygulama dozu
D2 Tuzluluk- selenyum	TD ₀	Kontrol (EC _i =0.6 dS/m)	SeD ₀	Kontrol (Se uygulaması yapılmayan)
			SeD ₁	5 mg Se/L (63.3 µM K ₂ SeO ₄) yaprak uygulama dozu
			SeD ₂	20 mg Se/L (253.2 µM K ₂ SeO ₄) yaprak uygulama dozu
	TD ₁	Düşük tuz stresi (EC _i =1.6 dS/m)	SeD ₀	Kontrol (Se uygulaması yapılmayan)
			SeD ₁	5 mg Se/L (63.3 µM K ₂ SeO ₄) yaprak uygulama dozu
			SeD ₂	20 mg Se/L (253.2 µM K ₂ SeO ₄) yaprak uygulama dozu
	TD ₂	Orta tuz stresi (EC _i =3.0 dS/m)	SeD ₀	Kontrol (Se uygulaması yapılmayan)
			SeD ₁	5 mg Se/L (63.3 µM K ₂ SeO ₄) yaprak uygulama dozu
			SeD ₂	20 mg Se/L (253.2 µM K ₂ SeO ₄) yaprak uygulama dozu
	TD ₃	Yüksek tuz stresi (EC _i =4.8 dS/m)	SeD ₀	Kontrol Se uygulaması yapılmayan
			SeD ₁	5 mg Se/L (12.66 µM K ₂ SeO ₄) yaprak uygulama dozu
			SeD ₂	20 mg Se/L (25.32 µM K ₂ SeO ₄) yaprak uygulama dozu

Denemelerde tuzlu suların hazırlanmasında CaCl_2 , MgSO_4 ve NaCl tuzları kullanılmıştır. Böylece sulama sularının Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) değerlerini kontrol altında tutmak suretiyle belirli bir iyonun baskın etkisi önlenmeye çalışılmış ve sadece toplam tuzluluğun oluşturduğu etkiler incelenmiştir. Tüm sulama suyu tuzluluk konularında SAR değeri <5 ve Ca/Mg oranı 1/1 olacak şekilde istenilen elektriksel iletkenlik değerlerini oluşturmak için gerek duyulan her bir tuzun miktarları birim sulama suyu hacmi için bir excell programı yardımıyla hesaplanarak bulunmuştur. Daha sonra konulara göre 1 L olarak hazırlanan tuzlu suların elektriksel iletkenlik değerleri laboratuarda kontrol edilerek ve hedeflenen tuzluluk değerlerine ulaşılması için ihtiyaç duyulduğunda gerekli düzeltmeler yapılmıştır (Ünlükara vd., 2008, 2015, Duzdemir vd., 2009, Kurunç ve Ünlükara, 2009). Her bir sulama suyu tuzluluk konusu için hesapla bulunan tuz miktarları dikkate alınarak deneme alanına yerleştirilen 8 adet (her bir sulama suyu tuzluluk konusu için 2 adet) 200 litrelik plastik dikey su depolarında hazırlanan tuzlu sular denemeler için kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Denemelerde silisyum ve selenyumun istenen konsantrasyonları sırasıyla potasyum silikat (Romero-Aranda vd., 2006, Esmaeili vd., 2015, Bybordi, 2016, Mahmood, Daur, vd., 2016, Manivannan vd., 2016, Bybordi vd., 2018, Oztekin vd., 2018) veya potasyum selenat (Bybordi, 2016, Bybordi vd., 2018) tuzlarının hesaplanan miktarlarının saf suda eritilmesiyle elde edilmiştir. Çözeltilere yüzey etkin madde olarak tween-20 (%0.1) eklenmiştir.

3.2.2. Tohum ekimi ve kültürel uygulamalar

Fasulye bitkisi için tarla koşullarında dekara atılacak olan 2 kg azot, 6 kg fosfor ve 6-8 kg K yeterli olmaktadır (Sepetoğlu, 1994). Bu kapsamda deneme başlangıcında saksı büyüklüklerine bağlı olarak azot, fosfor ve potasyum gübreleri yetiştirme ortamına verilmiştir. Azot dilimler halinde, fosfor ve diğer besin elementleri ise ekimle birlikte uygulanmıştır.

Her iki denemede, birinci yıl ağustos ayı ortasında ikinci yıl ise ağustos ayı sonunda her bir lizimetrenin orta bölümde 3 cm derinliklere beşer adet fasulye tohumu ekilmiştir ve can suyu verilmiştir (Şekil 3.3a). Tohum çimlenmesinden sonra fide aşamasına kadar bitkiler kontrol konusu sulama suyu ile sulanmıştır. Fide aşamasından

(3-5 gerçek yaprak) sonra her bir lizimetredeki bitki sayısı üç olacak şekilde seyreltme yapılarak sulama suyu tuzluluk konusu uygulamalarına başlanmıştır (Şekil 3.3b). Deneme boyunca bitkilerde gözlemler yapılarak hastalık ve zararlılara karşı gerekli önlemler alınmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.3. a) Lizimetrelere fasulye tohumu ekimi; **b)** Her bir lizimetredeki bitki sayısı üç olacak şekilde seyreltme

3.2.3. Sulama ve selenyum veya silisyum uygulamalarının planlanması

Her iki deneme için sulama zamanına karar vermede kontrol konuları dikkate alınmıştır. Literatürlerde genel bir yaklaşımla toplam kullanılabilir nemin %50 si tüketildiğinde sulamalara başlanması gerektiği bildirilmektedir (Doorenbos ve Kassam, 1986). Bu çalışmada da sulama yöntemi ve denemenin özelliği dikkate alınarak kontrol konusu (T_0Si_0 ve T_0Se_0) lizimetrelere toplam kullanılabilir nemin yaklaşık %40-50'si tüketildiğinde tüm konularda sulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Denemelerde her sulamada lizimetrelere uygulanan sulama suyu miktarları lizimetrelerin tartım değerlerinden yararlanılarak Eşitlik (3.1) yardımıyla hesaplanmıştır (Ünlükara vd., 2008, Duzdemir vd., 2009, Kurunç ve Ünlükara, 2009).

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

Eşitlikte; AW her sulamada uygulanan su miktarını (L), W_{fc} tarla kapasitesindeki lizimetre ağırlıklarını (kg), W_a sulama öncesi lizimetre ağırlığını (kg), ρ_w suyun yoğunluğunu (1 kg/L) ve LF yıkama oranını ifade etmektedir. Lizimetrelerde aşırı tuz birikimini önlemek ve her bir tuzluluk konusu için belirli bir toprak tuzluluk seviyesini yakalayabilmek amacıyla yıkama oranı %18 alınmıştır (Maas ve Hoffman, 1977, Ayers ve Westcot, 1985).

Sulamadan yaklaşık 24 saat sonra lizimetre altına sızan ve lizimetre altlıklarında biriken su miktarları ölçülerek drenaj suyu elektriksel iletkenlik (EC_d) değerleri yerinde analiz edilmiştir. Lizimetrelerdeki toprak tarla kapasitesinde bitki gelişimi nedeniyle zamanla oluşabilecek değişimler lizimetrelere verilen sulama suyu miktarı, yıkama oranı ve ortaya çıkan drenaj hacmi dikkate alınarak geri beslemeyle düzeltilmiştir. Her iki denemede de ardışık iki sulama arasındaki bitki su tüketimi (evapotranspirasyon, ET) Eşitlik (3.2)'de verilen su bütçesi yardımıyla her bir lizimetre için belirlenmiştir (Ünlükara vd., 2008, 2015, Duzdemir vd., 2009, Kurunç ve Ünlükara, 2009):

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

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

Tuzlu su uygulamalarını müteakiben konularına göre farklı silisyum veya selenyumun dozları lizimetredeki bitkilere elle çalışan püskürtücü yardımıyla (Şekil 3.4) yaprak spreylemesi şeklinde (Esmaeili vd., 2015) uygulanmıştır. Silisyum ve selenyumun kontrol konularına ait bitkilerin yapraklarına ise yalnızca saf su spreylemesi yapılmıştır (Esmaeili vd., 2015, Osman vd., 2017). Bunların dışında diğer agronomik uygulamalar deneme boyunca aynı olmuştur.



Şekil 3.4. Farklı selenyum veya silisyumun düzeyleri püskürtücü yardımıyla uygulaması

3.2.4. Toprak örnekleme ve analizleri

Deneme başlangıcında fazladan oluşturulan üç adet lizimetreden alınan toprak örneklerinde toprak bünyesi, (Bouyoucos, 1951) tarafından belirlenen esaslara göre hidrometre yöntemiyle ve toprak bünyesi sınıflandırma üçgeninden yararlanılarak belirlenmiştir. Ayrıca bu örneklerde, elektriksel iletkenlik ve pH, (Richards, 1954) tarafından belirtilen esaslara göre saturasyon çamuru süzüğü hazırlanarak yapılmıştır. Deneme sonunda ise her bir silisyum ve selenyum yaprak uygulama düzeyi için hem tuzluluk eşik ve hem de oransal verim azalması değerlerinin ayrı ayrı belirlenebilmesi için her bir lizimetreden hemen hasat sonrasında, kök bölgesini temsil edecek şekilde burgu yardımıyla toprak profili boyunca toplam 72 adet toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.5a). Alınan örnekler gölgede kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten elenmiş ve saf suyla hazırlanan saturasyon çamurları (Şekil 3.5.b) 72 saat bekletildikten sonra bir vakum cihazıyla elde edilen süzüklerde saturasyon çamuru elektriksel iletkenlik (EC_e) ve pH (pH_e) değerleri EC-pH metre cihazı yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 3.5c)

(Richards, 1954). Ancak önemle belirtmek gerekir ki, ikinci yıl hem tuzluluk-silisyum hem de tuzluluk-selenyum denemelerinde hasat sonrasında alınan toprak örneklerinin laboratuvar analiz sonuçlarının EC-pH metre cihazından kaynaklandığı düşünülen bir problem nedeniyle gerçek sonuçları yansıtmadığı düşünüldüğünden, bu döneme ait her bir deneme konusu tekerrürleri için EC_e değerleri Ayers ve Westcot (1985) tarafından verilen Eşitlik (3.3) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$EC_{e(h)} = EC_i \times X \quad (3.3)$$

Eşitlikte; $EC_{e(h)}$ hesaplama yoluyla tahmin edilen EC_e (dS/m) değerini, EC_i ilgili tekerrür konusuna ait sulama suyu tuzluluk düzeyini (dS/m), ve X ise Ayers ve Westcot (1985) tarafından bildirilen konsantrasyon faktörünü ($LF = \%15$ için $X = 0.16$ ve $LF = \%20$ için $X = 1.3$) ifade etmektedir. Eşitlikteki konsantrasyon faktörü ikinci yetiştirme dönemi boyunca her bir tekerrürde gerçekleşen sezonluk ortalama yıkama oranı değerleri için enterpolasyon yoluyla belirlenmiştir. Metodun yeterliliğini test etmek amacıyla, belirtilen hesaplama birinci yıl verilerinde denemiş ve küçük farklılıklara rağmen bu yöntemin kullanılabileceği ortaya konulmuştur.



(a)



(b)



(c)

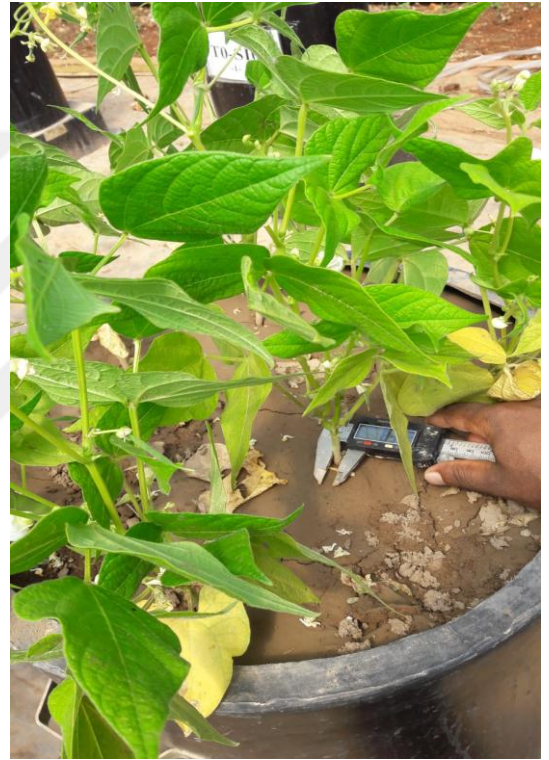
Şekil 3.5. a) Denemelerde toprak örneklerinin alınması; **b)** Saturasyon çamuru süzüğünün hazırlanması; **c)** Saturasyon çamuru süzüğü analizleri.

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

Çalışmada, her iki yılda da yetiştirme mevsimi boyunca, on dört günlük periyotlarda bitki büyüme parametreleri olarak bitki boyu (Şekil 3.6a) cep şerit metresi, kök boğazı kalınlığı (Şekil 3.6b) ise dijital kumpas yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir. Denemeler süresince bitkilerde belirgin fizyolojik değişiklikler de ayrıca kaydedilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.6. Yetiştirme periyodu boyunca bitkilerde **a)** kök boğazı kalınlığı; **b)** sürgün uzunluğu ölçümleri

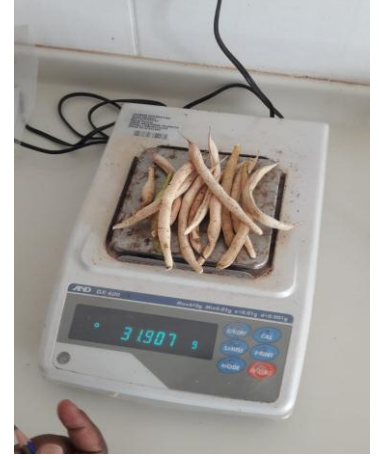
Verim parametreleri olarak her iki yılda, her iki denemede hasat sonrasında biyolojik yaş (Şekil 3.7a) ve kuru verim (Şekil 3.7b), bakla ağırlığı (Şekil 3.7c), bakla boyu ve bakla sayısı (Şekil 3.7d), baklada tane sayısı (Şekil 3.7e) ve 100-tane ağırlığı (Şekil 3.7f) belirlenerek hasat indeksi değerleri hesaplanmıştır.



(a)



(b)



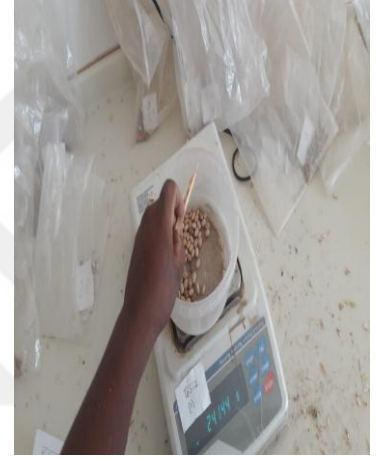
(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 3.7. Hasat sonrasında **a)** biyolojik yaş verim; **b)** kuru verim; **c)** bakla ağırlığı; **d)** bakla boyu ve bakla sayısı; **e)** baklada tane sayısı; **f)** 100-tane ağırlığı değerlerinin belirlenmesi

Verim kalite parametreleri olarak bitki örneklerinde organik asit bileşenleri (tartarik asit, okzalik asit, malik asit, maloik asit, şikimik asit, askorbik asit, asetik asit, sitrik asit, maleik asit, fumarik asit ve süksinik asit) belirlenmiştir. Belirtilen analizler kromatografik yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla bitki örnekler etüvde düşük sıcaklık şartlarında (40°C) bekletilerek kurutulmuş ve kurutma sonrasında laboratuvar tipi bir değirmen kullanılarak öğütülmüştür. Öğütme sonrası homojen halde 1 gram örnek santrifüj tüpüne alınarak üzerine 5 ml 0.2 mM KH_2PO_4 (pH=2) ilave edilmiş ve 5000 devir/dak dönüş hızında santrifüj edilerek örnekteki organik asitlerin çözeltiye geçmesi sağlanmıştır. Santrifüjleme işlemini takiben üst fazdan 2 ml alınarak 0.45 μm

şırınga ucu filtreden geçirilerek HPLC vialine alınmış ve Çizelge 3.4’de belirtilen şartlar altında HPLC cihazında analiz edilmiştir (Fougere *vd.*, 1991).

Çizelge 3. 4. HPLC çalışma şartları

Cihaz	Agilent 1200 Series
Dedektör	Diode Array Detector (DAD)
Kolon	ODS3 Intersil (4.6x250 mm) 5µm
Akış oranı	0.7 mL/dak
Kolon sıcaklığı	30°C
Enjeksiyon hacmi	20 µL
Dalga boyu	220 nm
Hareketli faz	İzokratik 25 mM KH ₂ PO ₄ (pH 3.5 H ₃ PO ₄ kullanılarak)
Hareketli faz profili	%100 A

Yine kalite parametrelerinden olan protein analizleri DUMAS metoduna göre çalışan VELP marka Azot/Protein Analizörü ile gerçekleştirilmiştir. Cihaz açılıp 1 saat beklendikten sonra kör (boş) yakma yapılarak 2-3 saat daha bekletilmiş ve cihazın standartlara ulaşp ulaşmadığı kontrol edildikten sonra analiz işlemine başlanılmıştır. Örnekler 0.20-0.25 g arası olacak şekilde hassas terazide tartılıp print butonu ile ağırlığın cihaza kaydedilmesi sağlanmış ve kapsül damlacık görünümünde kapatılıp hazır haldeki numune cihaza verilmiştir. Her bir numunenin analiz süresi 4 dakika olmuştur. Analiz bitiminde “% nitrojen” olarak elde edilen değerler 5.74 faktörüyle çarpılarak “% Protein” oranı belirlenmiştir (Qados, 2010).

3.2.6. Tuz toleransı modeli ve su kullanım randımanı

Denemeler sonunda elde edilen bazı verim parametreleri ve toprak EC_e değerleri yardımıyla tuzluluk stresi nedeniyle bitkide meydana gelen verim azalmalarını ve ayrıca silisyum ve selenyum uygulama dozlarının tuzluluk stresinin azaltılmasındaki olası etkilerini belirlemek amacıyla (Maas ve Hoffman, 1977) tarafından geliştirilen tuz toleransı modeli kullanılmıştır (Eşitlik 3.4). Bu model;

$$\frac{Y_a}{Y_m} = 1 - \left(EC_e - EC_{e \text{ eşik}} \right) \frac{b}{100} \quad (3.4)$$

eşitliği ile gösterilmektedir. Eşitlikte, Y_m $EC_e < EC_{e \text{ eşik}}$ durumunda elde edilen maksimum verimi, Y_a $EC_e > EC_{e \text{ eşik}}$ durumunda elde edilen verimi, EC_e bitki kök bölgesindeki toprağın saturasyon çamuru süzüğünün elektriksel iletkenlik değerini (dS/m), $EC_{e \text{ eşik}}$ verim kaybının ilk meydana geldiği andaki saturasyon çamuru süzüğünün elektriksel iletkenlik değerini (dS/m), ve b ise eşik sonrası birim tuzluluk artışı için verim düşüşünü ifade etmektedir (Allen vd., 1998). Böylece model yardımıyla, her bir silisyum ve selenyum yaprak uygulama dozları için hem tuzluluk eşik hem de oransal verim azalması (b) değerleri ayrı ayrı belirlenmeye çalışılmıştır.

Denemelerde farklı sulama suyu tuzluluk düzeyleri altında her bir silisyum ve selenyum uygulama düzeyi için su kullanım randımanlarının belirlenmesinde ise (Howell vd., 1990) tarafından önerilen aşağıdaki Eşitlik (3.5) kullanılmıştır:

$$SKR = \frac{Y}{ET} \times 100 \quad (3.5)$$

Eşitlikte; SKR su kullanım randımanı (g/mm), Y tohum verimi (g), ve ET bitki su tüketimini (mm) ifade etmektedir.

3.2.7. İstatistiksel analiz

Araştırmadan elde edilmiş tüm verilerin analizi SPSS istatistik analiz paketi yardımıyla (IBM SPSS Inc., 2012) yapılmıştır. İncelenen tüm parametreler için ana faktör ve olası faktörler arası interaksiyon etkileri tek değişkenli regresyon şeklinde Genel Lineer Model (GLM) prosedürü uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Bütün istatistiksel testler 0.01 önemlilik düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Ortalamalar arasında olası farklılıklar için grupların belirlenmesi amacıyla da 0.05 önem seviyesinde Duncan testi kullanılmıştır. Ek olarak değişkenler arasındaki lineer ilişkilerin derecesi (R) Pearson Korelasyonu yardımıyla belirlenmiş ve Peck ve Devore (2012) tarafından önerildiği şekilde R değeri dikkate alınarak; kuvvetli ($R \geq 0.8$), orta ($0.5 < R < 0.8$) ve zayıf ($R \leq 0.5$) olarak değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Tuzluluk Düzeyi ve Silisyum Dozu Denemesi

4.1.1. Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozunun toprak ve drenaj suyu tuzluluğu ile yıkama oranı ve bitki su tüketimine etkisi

4.1.1.1. Yıkama oranı

Tuz düzeyi (TD) x silisyum dozu (SiD) karşılıklı etkileşimi düzeyinde, yıkama oranı (LF) verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları birinci yıl istatistiksel olarak anlamlı değilken, ikinci yıla ait veriler için bu interaksiyon %5 ($P<0.05$) önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Bu nedenle, LF değerlerinin yorumlanmasında birinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, ikinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Yıkama oranı verilerine ilişkin ana faktör TD ve SiD ortalamaları ile her bir TD veya SiD faktör düzeyindeki istatistiksel analiz sonuçları birinci yıl için Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Birinci yılda LF değerleri, aralarında istatistiksel anlamda bir farklılık olmaksızın, hem TD hem de SiD ana faktörü altında %17.2 ile %17.6 arasında olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak, LF değerleri hem TD konuları arasında hiçbir SiD ve hem de SiD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.1). Ana faktörler arasında interaksiyonu önemli bulunan ikinci yıl LF değerleri %16.3 (TD_0-SiD_2) ile %20.0 (TD_0-SiD_0) arasında değişim göstermiş, ancak yalnızca TD_2-SiD_1 , TD_0-SiD_2 ve TD_3-SiD_2 kombinasyon konularına ait LF değerleri en yüksek LF değerinden istatistiksel anlamda farklı bulunmuştur (Çizelge 4.2).

4.1.1.2. Bitki su tüketimi

TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitki su tüketimi (ET) verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Ana faktör olarak TD dikkate alındığında, ET verilerinin her iki yılda da istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P<0.01$) ancak bu parametre değerlerinin yine her iki yılda da SiD ana faktör düzeyi altında farklılık göstermediği belirlenmiştir (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4). Bitki su tüketimi değerleri TD ana faktörü altında birinci

yıl 197.90 (yüksek tuz stresi) ile 246.79 (kontrol) mm/mevsim, ikinci yıl ise 184.99 (yüksek tuz stresi) ile 290.21 (kontrol) mm/mevsim arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre ET değerlerindeki azalma birinci yılda orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %12.2 ve %19.8, ikinci yılda ise düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %9.5, %26.9 ve %36.3 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SiD altında ise ortalama ET değerlerinin aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın birinci yıl için 220.26 ile 226.83 mm/mevsim, ikinci yıl ise 236.07 ile 238.44 mm/mevsim arasında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. 1. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama yıkama oranı (%) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	0.177 [†]	0.163	0.173	0.173	öd	0.172
SiD ₁ (56)	0.173	0.180	0.173	0.177	öd	0.176
SiD ₂ (112)	0.177	0.173	0.180	0.173	öd	0.176
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SiD _{Ort.}	0.176	0.172	0.176	0.174	öd	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 2. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama yıkama oranı (%) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	0.200 [†] a [#]	0.190 ab	0.190 ab	0.193 ab
SiD ₁ (56)	0.180 abcd	0.193 ab	0.173 bcd	0.193 ab
SiD ₂ (112)	0.163 d	0.180 abcd	0.187 abc	0.167 cd

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Her iki yılda da ET değerleri SiD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, birinci yıl SiD₁ (P<0.01) ve SiD₂ (P<0.05); ikinci yıl ise her bir SiD altında %1 veya %5 önem seviyesinde sulama suyu tuzluğu arttıkça ET değerlerinin genel olarak azaldığı belirlenmiştir. En yüksek ET değerleri birinci yıl SiD₁ altında kontrol; SiD₂ altında ise yüksek tuz stresi hariç diğer konularda, ikinci yıl ise SiD₀ altında kontrol; SiD₁ ve SiD₂ altında ise kontrol ve düşük tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. 3. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki su tüketimi (mm/mevsim) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	233.57 [†]	249.37	218.90	205.50	öd	226.83
SiD ₁ (56)	260.80 A [‡]	222.23 B	204.97 BC	193.03 C	**	220.26
SiD ₂ (112)	246.00 A	239.53 A	226.53 A	195.17 B	*	226.80
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SiD _{Ort.}	246.79 A	237.04 A	216.80 B	197.90 B	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 4. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki su tüketimi değerlerinin (mm/mevsim) istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	293.10 [†] A [‡]	256.17 B	220.83 C	183.67 D	**	238.44
SiD ₁ (56)	281.03 A	253.03 AB	220.50 BC	197.33 C	*	237.98
SiD ₂ (112)	296.50 A	278.30 A	195.50 B	173.97 B	**	236.07
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SiD _{Ort.}	290.21 A	262.50 B	212.28 C	184.99 D	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.1.3. Toprak tuzluluğu

TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde, birinci yıl hasat sonrası analizle belirlenen toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluk (EC_e) ve ikinci yıl sulama suyu tuzluluk düzeyi ile yıkama oranları dikkate alınarak hesaplanan EC_e verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları sırasıyla %5 ve %1 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu nedenle, EC_e verilerinin yorumlanmasında hem birinci hem de ikinci yıl için yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Ana faktörler arasında interaksyonu önemli bulunan birinci yıl EC_e verileri arasında en yüksek değer aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın TD₃-SiD₂

(9.84 dS/m) ve TD₃-SiD₀, (7.15 dS/m), en küçük değer ise yine aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın TD₀ ve TD₁ altındaki her bir SiD konusunda (0.52 ile 2.28 dS/m arasında) ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Uygulanan sulama suyu tuzluluk konularına bağlı olarak, en yüksek EC_e değerinin (9.84 dS/m), kontrol, düşük ve orta tuz stresi altındaki SiD konulara ait değerlerden sırasıyla 14.9-18.9, 4.3-5.7 ve 2.1-3.6 kat arasında değişen oranlarda daha yüksek tuzluluk değerine sahip olduğu hesaplanmıştır.

Benzer şekilde ikinci yılda ana faktörler arasında interaksyonu anlamlı bulunan hesaplama yoluyla elde edilen EC_e verileri arasında en yüksek değer TD₃-SiD₂ (7.24 dS/m), en küçük değer ise aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın TD₀ altındaki her bir SiD konusunda (0.78 ile 0.91 dS/m arasında) ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Uygulanan sulama suyu tuzluluk konularına bağlı olarak, en yüksek EC_e değerinin (7.24 dS/m), kontrol, düşük ve orta tuz stresi altındaki SiD konulara ait değerlerden sırasıyla 8.0-9.3, 3.2-3.4 ve 1.7-1.8 kat arasında değişen oranlarda daha yüksek tuzluluk değerine sahip olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 5. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluğu (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	0.66 [†] e [#]	2.28 de	3.76 cd	7.15 ab
SiD ₁ (56)	0.52 e	2.10 de	4.68 c	6.98 b
SiD ₂ (112)	0.53 e	1.73 de	2.75 cd	9.84 a

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 6. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında hesapla belirlenen toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluğu (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	0.78 [†] e [#]	2.16 d	4.11 c	6.37 b
SiD ₁ (56)	0.85 e	2.17 d	4.37 c	6.48 b
SiD ₂ (112)	0.91 e	2.28 d	4.16 c	7.24 a

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

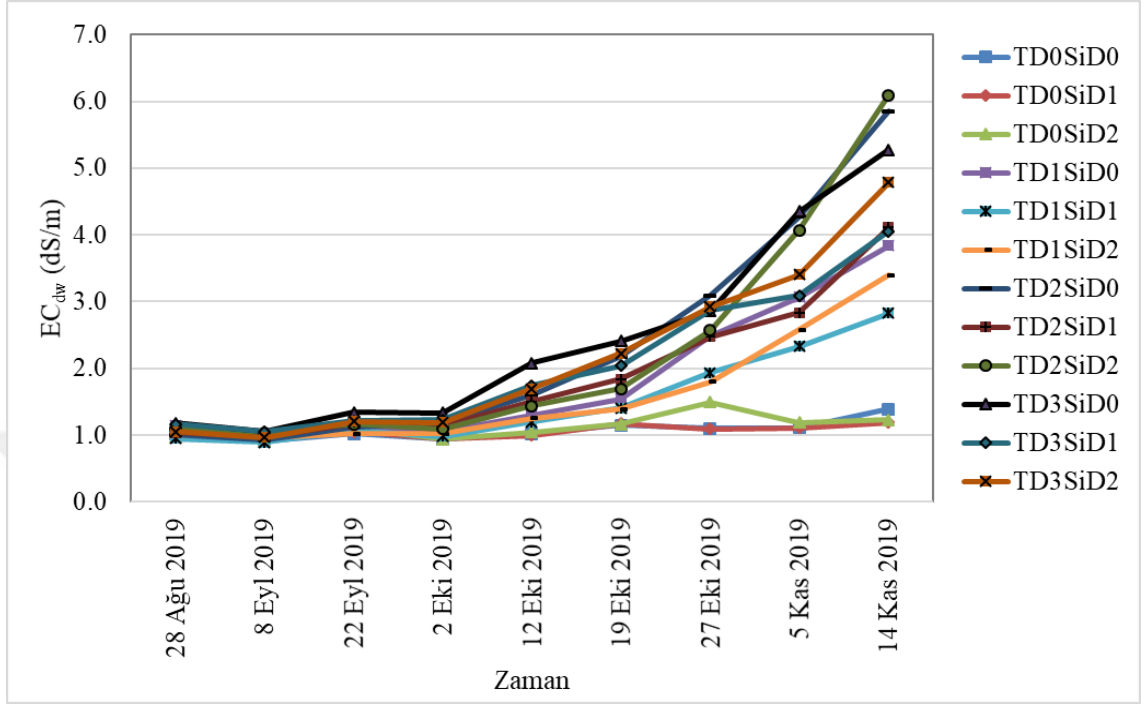
4.1.1.4. Drenaj suyu tuzluluğu

Her iki yılda da her bir sulama sonrasında lizimetre topraklarında belirlenen düzeyde yıkama yapılması nedeniyle altlıklarda biriken drenaj sularının miktarları ve elektriksel iletkenlik değerleri (EC_{dr}) EC-pH metre cihazı yardımıyla deneme alanında ölçülmüştür. Uygulanan sulama suyu düzeylerindeki farklılıklar nedeniyle birinci yıl dördüncü, ikinci yıl ise beşinci sulamadan sonra deneme konularının drenaj suyu tuzlulukları arasındaki farklılıklar oluşmaya başlamıştır. Her iki yılda da özellikle TD_0 altındaki tüm SiD konularında EC_{dr} değerleri yetiştirme dönemi boyunca yatay bir seyir izlerken, artan tuzluluk düzeyine bağlı olarak diğer TD altındaki SiD konularına ait EC_{dr} değerleri genel olarak sulama suyu tuzluluk düzeyi ile orantılı olarak dönem sonuna kadar artış göstermiştir (Şekil 4.1).

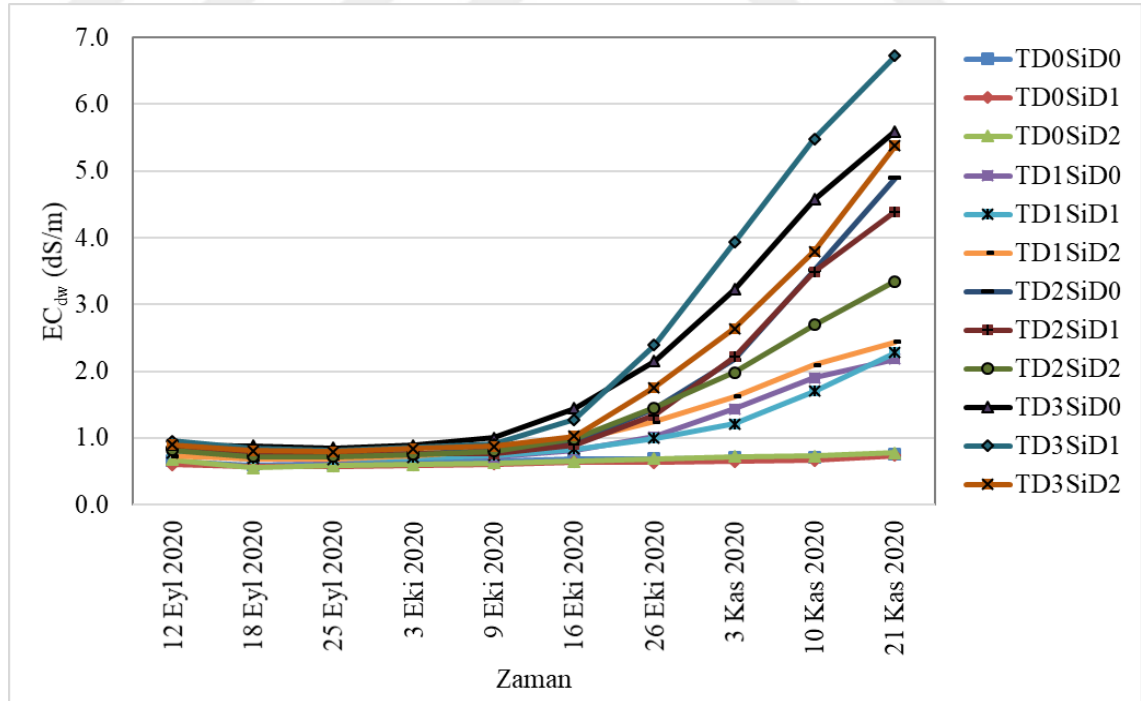
TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde yetiştirme dönemi boyunca ölçülen sezonluk ortalama EC_{dr} değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Ana faktör olarak TD dikkate alındığında, EC_{dr} verilerinin her iki yılda da istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P<0.01$) ancak bu parametre değerlerinin yine her iki yılda da SiD ana faktör düzeyi altında farklılık göstermediği belirlenmiştir (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8). Sezonluk ortalama drenaj suyu tuzluluğu değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 1.09 (kontrol) ile 2.21 (yüksek tuz stresi) dS/m, ikinci yıl ise 0.65 (kontrol) ile 2.15 (yüksek tuz stresi) dS/m arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre sezonluk ortalama EC_{dr} değerlerinin düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla birinci yılda 1.50 1.98 ve 2.03 kat, ikinci yılda ise 1.72, 2.43 ve 3.31 kat daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Ana faktör SiD altında ise sezonluk ortalama EC_{dr} değerlerinin aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın birinci yıl için 1.63 ile 1.93 dS/m, ikinci yıl ise 1.29 ile 1.43 dS/m arasında olduğu belirlenmiştir.

Her iki yılda da sezonluk ortalama EC_{dr} değerleri SiD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, her iki yılda da her bir SiD altında %1 veya %5 önem seviyesinde sezonluk ortalama EC_{dr} değerlerinin TD konuları arasında istatistiksel anlamda farklılık gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek sezonluk ortalama EC_{dr} değerleri birinci yıl SiD_0 ve SiD_2 altında kontrol hariç diğer TD konularında; SiD_1 altında ise orta ve yüksek tuz stresi konusunda, ikinci yıl ise SiD_0

altında orta ve yüksek; SiD₁ ve SiD₂ altında ise yalnızca yüksek tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır.



(a)



(b)

Şekil 4.1. Yetiştirme sezonu boyunca silisyum denemesinde drenaj suyu tuzluluklarındaki değişim a) birinci yıl; b) ikinci yıl

Çizelge 4. 7. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama drenaj suyu tuzluluk (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)			
SiD ₀ (0)	1.07 [†] B [‡]	1.84 AB	2.36 A	2.43 A	*		1.93
SiD ₁ (56)	1.06 C	1.51 BC	1.90 AB	2.05 A	**		1.63
SiD ₂ (112)	1.12 B	1.61 AB	2.25 A	2.16 A	*		1.78
P > F	öd	öd	öd	öd			öd
SiD _{Ort.}	1.09 C	1.65 B	2.16 A	2.21 A	**		

†: Her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır.

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 8. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama drenaj suyu tuzluluk (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)			
SiD ₀ (0)	0.67 [†] B [‡]	1.09 B	1.69 A	2.15 A	**		1.40
SiD ₁ (56)	0.63 C	1.06 C	1.62 B	2.42 A	**		1.43
SiD ₂ (112)	0.66 C	1.20 B	1.43 B	1.88 A	**		1.29
P > F	öd	öd	öd	öd			öd
SiD _{Ort.}	0.65 D	1.12 C	1.58 B	2.15 A	**		

†: Her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır.

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

**: 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.2. Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozunun fasulyede bitki gelişim parametrelerine etkisi

4.1.2.1. Bitki boyu

TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitki boyu verilerine ait varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Silisyum dozları dikkate alınmaksızın TD ana faktör düzeyinde her iki yılda da bitki boyu verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P < 0.01$) belirlenmiştir. Buna karşın, tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın SiD ana faktör düzeyinde bitki boyu değerlerinin birinci yılda istatistiksel anlamda bir farklılık göstermeyip, ikinci yılda ise

bu faktör altında da farklılık gösterdiği ($P < 0.01$) ortaya konulmuştur (Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10). Ortalama bitki boyu değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 13.8 (yüksek tuz stresi) ile 88.8 (kontrol) cm, ikinci yıl ise 65.9 (yüksek tuz stresi) ile 104.5 (kontrol) cm arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre bitki boyu değerlerindeki azalma birinci yılda yüksek tuz stresi konusunda %84.5, ikinci yılda ise düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %13.9, %24.3 ve %36.9 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SiD altında ise ortalama bitki boyu değerlerinin birinci yıl için aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 60.8 ile 69.9 cm arasında olduğu belirlenmiştir. İkinci yıl ise silisyum uygulaması yapılmayan konu (74.0 cm) ile karşılaştırıldığında bitki boylarının SiD₁ (92.1 cm) ve SiD₂ (88.5 cm) konularında sırasıyla %24.4 ve %19.6 oranında arttığı hesaplanmıştır.

Her iki yılda da bitki boyu değerleri SiD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, hem birinci yıl ($P < 0.01$) ve hem de ikinci yıl ($P < 0.05$) her bir SiD altında TD konuları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın en yüksek bitki boyu değerleri birinci yıl her bir SiD altında kontrol, düşük ve orta, ikinci yıl ise kontrol ve düşük tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. 9. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki boyu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	86.17 [†] A [‡]	85.17 A	66.33 A	23.00 B	**	65.17
SiD ₁ (56)	88.00 A	78.00 A	77.33 A	0.00 B	**	60.83
SiD ₂ (112)	92.17 A	82.33 A	86.66 A	18.33 B	**	69.87
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SiD _{Ort.}	88.78 A	81.83 A	76.78 A	13.77 B	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** : 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 10. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki boyu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	88.44 [†] A [‡]	78.22 AB	69.11 B	60.22 B	*	74.00 b [#]
SiD ₁ (56)	111.67 A	98.72 AB	85.06 BC	72.89 C	*	92.08 a
SiD ₂ (112)	113.33 A	92.89 AB	83.11 BC	64.67 C	*	88.50 a
P > F	öd	öd	öd	öd		**
SiD _{Ort.}	104.48 A	89.94 B	79.09 B	65.92 C	**	

†: Her bir değer üç tekrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.2.2. Gövde çapı

TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde gövde çapı verilerine ait varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Silisyum dozları dikkate alınmaksızın TD ana faktör düzeyinde her iki yılda da gövde çapı verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği (P<0.01) belirlenmiştir. Buna karşın, tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın SiD ana faktör düzeyinde gövde çapı değerlerinin her iki yılda da istatistiksel anlamda bir farklılık göstermediği ortaya konulmuştur (Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12). Ortalama gövde çapı değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 1.91 (yüksek tuz stresi) ile 7.03 (düşük tuz stresi) mm, ikinci yıl ise 6.33 (yüksek tuz stresi) ile 7.13 (düşük tuz stresi) mm arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre gövde çapı değerlerindeki azalma birinci yılda yüksek tuz stresi konusunda %72.6, ikinci yılda ise yüksek tuz stresi konusunda %9.2 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SiD altında ise ortalama gövde çapı değerlerinin her iki yılda da istatistiksel anlamda fark olmaksızın birinci yıl 5.21 ile 6.01 mm arasında ikinci yıl ise 6.70 ile 6.90 mm arasında olduğu belirlenmiştir.

Her iki yılda da gövde çapı değerleri SiD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, en yüksek gövde çapı değerleri birinci yılda SiD₁ (P<0.01) ve SiD₂ (P<0.05) ve ikinci yılda ise SiD₂ (P<0.05)

altında aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın kontrol, düşük ve orta tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. 11. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama gövde çapı (mm) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	6.41 [†]	7.10	6.73	3.77	öd	6.01
SiD ₁ (56)	7.46 A [‡]	7.10 A	6.31 A	0.00 B	**	5.21
SiD ₂ (112)	7.09 A	6.89 A	7.05 A	1.96 B	*	5.75
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SiD _{Ort.}	6.98 A	7.03 A	6.70 A	1.91 B	**	

†: Her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 12. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama gövde çapı (mm) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	7.03 [†]	6.91	6.79	6.52	öd	6.81
SiD ₁ (56)	6.64	7.31	6.88	6.78	öd	6.90
SiD ₂ (112)	7.22 A [‡]	7.17 A	6.73 A	5.69 B	*	6.70
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SiD _{Ort.}	6.97 A	7.13 A	6.80 A	6.33 B	**	

†: Her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.3. Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozunun fasulyede verim parametrelerine etkisi

4.1.3.1. Bakla uzunluğu

TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde verim parametrelerinden bakla uzunluğu verilerine ait varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Silisyum dozları dikkate alınmaksızın TD ana faktör düzeyinde her iki yılda da sırasıyla %1 veya %5 önem seviyesinde bakla uzunluğu verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Buna karşın, tuzluluk

düzeyleri dikkate alınmaksızın SiD ana faktör düzeyinde bakla uzunluğu değerlerinin her iki yılda da istatistiksel anlamda bir farklılık göstermediği ortaya konulmuştur (Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14). Ortalama bakla uzunluğu değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 1.41 (yüksek tuz stresi) ile 12.13 (kontrol) cm, ikinci yıl ise 10.29 (yüksek tuz stresi) ile 11.19 (kontrol) cm arasında değişim göstermiştir. Kontrol konusuna göre bakla uzunluğu değerlerindeki azalma orta ve yüksek tuz stresi konularında birinci yılda sırasıyla %47.5 ve %88.4, ikinci yılda ise yüksek tuz stresi konusunda %6.4 ve %8.0 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SiD altında ise ortalama bakla uzunluğu değerlerinin her iki yılda da istatistiksel anlamda fark olmaksızın birinci yıl 6.62 ile 7.31 cm, ikinci yıl ise 10.41 ile 10.79 cm arasında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. 13. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla uzunluğu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	11.84 [†] A [‡]	11.31 A	3.33 B	0.00 B	**	6.62
SiD ₁ (56)	13.27	4.78	8.98	0.00	öd	6.76
SiD ₂ (112)	11.26	6.93	6.91	4.22	öd	7.31
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SiD _{Ort.}	12.13 A	7.67 AB	6.37 B	1.41 C	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 14. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla uzunluğuna (cm) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	11.08 [†]	10.40 b [#]	10.33	9.81	öd	10.41
SiD ₁ (56)	11.00	11.10 a	10.87	10.04	öd	10.75
SiD ₂ (112)	11.48	10.45 b	10.21	11.01	öd	10.79
P > F	öd	*	öd	öd		öd
SiD _{Ort.}	11.19 A [‡]	10.65 AB	10.47 B	10.29 B	*	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

* 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Bakla uzunluğunun yalnızca birinci yılda SiD₀ altında artan sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak önemli ($P<0.01$) azalmalar gösterdiği ortaya konulmuştur. Birinci yılda hiç bir tuzluluk düzeyi altında farklılık göstermeyen bakla uzunluğu değeri, ikinci yılda yalnızca TD₁ altında SiD₁ konusunda önemli bir artış göstermiştir (Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14).

4.1.3.2. Bakla sayısı

Bakla sayısı değerleri için her iki yılda da TD x SiD interaksyonu önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Bu nedenle, bu parametrenin yorumlanmasında her bir ana faktör ayrı ayrı ele alınmamış fakat faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar birinci ve ikinci yıl için sırasıyla Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da verilmiştir. Birinci yılda en fazla bakla sayısı değeri TD₀-SiD₁ kombinasyon konusundan elde edilirken en az değer ise aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın TD₀-SiD₁ ve TD₂-SiD₂ hariç diğer tüm TD-SiD, konularında (0.00 ile 4.5 adet/bitki arasında) ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

İkinci yılda en fazla bakla sayısı TD₀-SiD₂ (14.11 adet/bitki) ve TD₁-SiD₂ (15.0 adet/bitki), en az ise aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın TD₃ altındaki tüm SiD kombinasyon konularında belirlenmiştir (Çizelge 16). En fazla bakla sayısına sahip konular ile karşılaştırıldığında, bu konulardan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın birinci yılda %47.0 ile %100, ikinci yılda ise %20.0 ile %77.8 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 15. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama bakla sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	3.83 [†] bc [#]	4.33 bc	1.00 bc	0.00 c
SiD ₁ (56)	11.33 a	1.00 bc	3.50 bc	0.00 c
SiD ₂ (112)	4.50 bc	4.00 bc	6.00 b	1.00 bc

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 16. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama bakla sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	11.56 [†] bcd [#]	9.22 de	6.55 ef	4.77 fg
SiD ₁ (56)	12.00 bc	11.11 cd	7.67 e	4.44 fg
SiD ₂ (112)	14.11 ab	15.00 a	8.22 e	3.33 g

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

4.1.3.3. Tohum sayısı

TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde, fasulye bitkisinin tohum sayısı verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları birinci yıl istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P < 0.01$), ikinci yıla ait değerler için bu interaksyon anlamlı bulunmamıştır. Bu nedenle, tohum sayısı verilerinin yorumlanmasında ikinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, birinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Ana faktörler arasında interaksyonu önemli bulunan birinci yılda tohum sayısı en fazla, TD₀-SiD₁ (34.50 adet/bitki), en az ise TD₀-SiD₁ ve TD₂-SiD₂ hariç aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın diğer TD-SiD kombinasyon konularının (0.0 ile 12.66 adet/bitki arasında) tamamında ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.17). En fazla tohum sayısına sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %58.4 ile %100 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Faktörler arasında herhangi bir interaksyon belirlenmeyen ikinci yılda, tohum sayısı değerlerinin ana faktör olarak gerek TD ve gerekse SiD dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P < 0.01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.18). TD ana faktörü altında aralarında en az tohum sayısı değeri yüksek tuz stresi (9.41 adet/bitki), en fazla ise kontrol (36.30 adet/bitki) konularında belirlenmiştir. Kontrol konusuna göre tohum sayısı değerlerindeki azalma ikinci yılda düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %19.5, %46.8 ve %74.1 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör olarak SiD dikkate alındığında artan silisyum uygulamalarına bağlı olarak tohum sayısı

değerleri de artmıştır. En az tohum sayısı aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın SiD₀ (20.13 adet/bitki) ve SiD₁ (22.97 adet/bitki), en fazla ise SiD₂ konusunda ortaya çıkmıştır. Silisyum uygulaması yapılmayan konuya göre SiD₂ konusunda tohum sayısının %36.9 arttığı hesaplanmıştır.

İkinci yılda, tohum sayısı değerleri SiD konuları arasında yalnızca TD₀ altında istatistiksel anlamda farklılık ($P < 0.05$) göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusu altında en az tohum sayısı SiD₀ ve SiD₁; en fazla ise SiD₂ konusunda belirlenmiştir. TD konuları arasında ise her bir SiD altında genel olarak sulama suyu tuzluğu arttıkça tohum sayısı değerlerinin önemli miktarlarda ($P < 0.01$) azaldığı belirlenmiştir. En fazla tohum sayısı SiD₀ altında kontrol; SiD₁ ve SiD₂ altında ise kontrol ve düşük tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.18).

Çizelge 4. 17. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama tohum sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	8.83 [†] bc [#]	12.66 bc	1.00 bc	0.00 c
SiD ₁ (56)	34.50 a	4.00 bc	10.67 bc	0.00 c
SiD ₂ (112)	12.00 bc	10.00 bc	14.33 b	2.00 bc

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 18. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama tohum sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	31.11 [†] A [‡] b [#]	22.67 B	16.67 C	10.11 D	**	20.13 b
SiD ₁ (56)	35.00 Ab	28.89 A	18.67 B	9.34 B	**	22.97 b
SiD ₂ (112)	42.78 Aa	36.11 A	22.55 B	8.78 C	**	27.56 a
P > F	*	öd	öd	öd		**
SiD _{Ort.}	36.30 A	29.22 B	19.30 C	9.41 D	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.3.4. Biyolojik yaş verim

Birinci yılda TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde biyolojik yaş verim değerlerine ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak önemli ($P<0.01$) bir farklılık gösterirken ikinci yıla ait değerler için bu interaksiyon anlamlı bulunmamıştır. Bu nedenle, biyolojik yaş verim değerlerinin yorumlanmasında ikinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, birinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Ana faktörler arasında interaksiyonu önemli bulunan birinci yıl biyolojik yaş verim verileri arasında en yüksek değer, TD_0-SiD_1 (122.6 g/bitki), en küçük değer ise aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın TD_3 altındaki tüm SiD (0.0 ile 11.7 g/bitki arasında) ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.19). En yüksek biyolojik yaş verime sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %42.7 ile %100 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Faktörler arasında herhangi bir interaksiyon belirlenmeyen ikinci yılda, biyolojik yaş verim değerlerinin ana faktör olarak gerek TD ($P<0.01$) ve gerekse SiD ($P<0.05$) dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.20). TD ana faktörü altında en düşük biyolojik yaş verim değerleri aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın orta (29.9 g/bitki) ve yüksek (20.1 g/bitki) tuz stresi konularında bulunurken, en yüksek ise kontrol (81.4 g/bitki) konusunda belirlenmiştir. Kontrol konusuna göre biyolojik yaş verim değerlerindeki azalma ikinci yılda düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %31.6, %63.3 ve %75.4 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör olarak SiD dikkate alındığında artan silisyum uygulamalarına bağlı olarak biyolojik yaş verim değerlerinin de arttığı ortaya çıkmıştır. En düşük biyolojik yaş verim aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın SiD_0 (41.7 g/bitki) ve SiD_1 (42.2 g/bitki), en yüksek ise SiD_2 (56.3 g/bitki) konusunda ortaya çıkmıştır. Silisyum uygulaması yapılmayan konuya göre SiD_2 konusunda biyolojik yaş verimin %35.1 arttığı hesaplanmıştır.

İkinci yılda, biyolojik yaş verim değerleri SiD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. TD konuları arasında ise her bir

SiD altında genel olarak sulama suyu tuzluğu arttıkça biyolojik yaş verimin önemli miktarlarda azaldığı belirlenmiştir. Tohum sayısına benzer şekilde, en yüksek biyolojik yaş verim SiD₀ altında kontrol; SiD₁ ve SD₂ altında ise kontrol ve düşük tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4. 19. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama biyolojik yaş verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	63.07 [†] b [#]	44.55 bc	30.03 cd	11.67 de
SiD ₁ (56)	122.61 a	30.61 cd	50.95 bc	0.00 e
SiD ₂ (112)	70.24 b	52.73 bc	61.53 b	7.41 de

†: Her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 20. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama biyolojik yaş verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	80.53 [†] A [‡]	39.54 B	27.14 BC	19.51 C	**	41.68 b [#]
SiD ₁ (56)	71.58 A	51.44 AB	26.08 B	19.72 B	*	42.20 b
SiD ₂ (112)	92.02 A	75.95 A	36.38 B	20.93 B	**	56.32 a
P > F	öd	öd	öd	öd		*
SiD _{Ort.}	81.38 A	55.64 B	29.87 C	20.05 C	**	

†: Her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.3.5. Biyolojik kuru verim

TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde, fasulye bitkisinin biyolojik kuru verim verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları birinci yıl istatistiksel olarak önemli bulunurken (P<0.01), ikinci yıla ait değerler için bu interaksyon anlamlı bulunmamıştır. Bu nedenle, biyolojik kuru verim verilerinin yorumlanmasında ikinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, birinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Ana faktörler arasında interaksyonu önemli bulunan birinci yılda en yüksek biyolojik kuru verim TD_0-SiD_1 (60.5 g/bitki), en küçük ise aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın TD_1-SiD_1 , TD_2-SiD_0 , ve TD_3 altındaki tüm SiD konularında ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.21). En yüksek biyolojik kuru verime sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %54.9 ile %100 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Faktörler arasında herhangi bir interaksiyon belirlenmeyen ikinci yılda, biyolojik kuru verim değerlerinin ana faktör olarak gerek TD ve gerekse SiD dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P<0.01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.22). TD ana faktörü altında en düşük biyolojik kuru verim değerleri (14.4 g/bitki) yüksek tuz stresi konularında bulunurken, en yüksek ise kontrol (41.6 g/bitki) konusunda belirlenmiştir. Kontrol konusuna göre biyolojik kuru verim değerlerindeki azalma ikinci yılda düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %22.2, %48.8 ve %65.4 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör olarak SiD dikkate alındığında artan silisyum uygulamalarına bağlı olarak biyolojik kuru verim değerlerinin de arttığı ortaya çıkmıştır. En düşük biyolojik kuru verim aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın SiD_0 (23.2 g/bitki) ve SiD_1 (27.1 g/bitki), en yüksek ise SiD_2 (31.9 g/bitki) konusunda ortaya çıkmıştır. Silisyum uygulaması yapılmayan konuya göre SiD_2 konusunda biyolojik kuru verimin %37.4 arttığı hesaplanmıştır.

İkinci yılda, biyolojik kuru verim değerleri SiD konuları arasında yalnızca TD_0 altında istatistiksel anlamda farklılık ($P<0.05$) göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusu altında en düşük biyolojik kuru verim SiD_0 ve SiD_1 ; en fazla ise SiD_2 konusunda belirlenmiştir. TD konuları arasında ise her bir SiD altında genel olarak sulama suyu tuzluğu arttıkça biyolojik kuru verim değerlerinin önemli miktarlarda azaldığı belirlenmiştir. En yüksek biyolojik kuru verim SiD_0 altında kontrol; SiD_1 ve SD_2 altında ise kontrol ve düşük tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.22).

Çizelge 4. 21. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama biyolojik kuru verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	21.43 [†] b [#]	19.14 bc	10.44 bcd	3.95 cd
SiD ₁ (56)	60.51 a	16.49 bcd	27.30 b	0.00 d
SiD ₂ (112)	26.13 b	17.78 bc	26.30 b	3.66 cd

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 22. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama biyolojik kuru verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	35.79 [†] A [‡] b [#]	24.97 B	18.21 C	13.93 D	**	23.22 b
SiD ₁ (56)	39.64 Ab	31.05 AB	22.30 BC	15.26 C	*	27.06 b
SiD ₂ (112)	49.25 Aa	41.02 A	23.35 B	14.01 C	**	31.91 a
P > F	*	öd	öd	öd		**
SiD _{Ort.}	41.56 A	32.35 B	21.29 C	14.40 D	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.
#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.
** ve *: sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.
öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.3.6. Vejetatif kuru ağırlık

Tuz düzeyi (TD) x silisyum dozu (SiD) karşılıklı etkileşimi düzeyinde, vejetatif kuru ağırlık verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları birinci yıl istatistiksel olarak anlamlı değilken, ikinci yıla ait veriler için bu interaksiyon %1 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Bu nedenle, vejetatif kuru ağırlık değerlerinin yorumlanmasında birinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, ikinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Faktörler arasında herhangi bir interaksiyon belirlenmeyen birinci yılda, vejetatif kuru ağırlık değerlerinin ana faktör olarak TD dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar ($P < 0.01$) gösterirken SiD dikkate alındığında istatistiksel olarak önemli bir farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Ortalama vejetatif kuru ağırlık değerleri TD ana faktörü altında 2.27 (yüksek tuz stresi) ile 21.20 (kontrol tuz stresi) g/bitki arasında

değişim göstermiştir (Çizelge 4.23). Kontrol tuzluluk konusuna göre vejetatif kuru ağırlık değerlerindeki azalma birinci yılda düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %37.1, %27.5 ve %89.3 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SiD altında ise ortalama vejetatif kuru ağırlık değerlerinin birinci yıl için istatistiksel anlamda fark olmaksızın 10.26 ile 16.07 g arasında olduğu belirlenmiştir.

Birinci yılda, vejetatif kuru ağırlık değerleri SiD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, her bir SiD altında özellikle yüksek tuz stresinde vejetatif kuru verimin önemli miktarlarda azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.23).

Ana faktörler arasında interaksiyonu önemli bulunan ikinci yıl vejetatif kuru ağırlık verileri arasında en yüksek değeri, TD₀-SiD₂ (21.63 g/bitki), en küçük değerleri ise aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın TD₁-SiD₀, TD₂-SiD₀, TD₂-SiD₂ ve TD₃ altındaki tüm SiD konularında ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.24). En yüksek vejetatif kuru ağırlığa sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %21.0 ile %61.4 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 23. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama vejetatif kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)				P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)		
SiD ₀ (0)	16.10 [†] A [‡]	11.93 AB	9.04 AB	3.94 B	*	10.26
SiD ₁ (56)	28.66 A	14.64 AB	20.99 A	0.00 B	*	16.07
SiD ₂ (112)	18.82 A	13.43 A	16.09 A	2.87 B	**	12.80
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SiD _{Ort.}	21.20 A	13.33 B	15.37 B	2.27 C	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 24. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama vejetatif kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	15.72 [†] bc [#]	11.45 efg	9.62 fg	8.36 g
SiD ₁ (56)	15.18 bcd	13.45 cde	12.09 def	10.06 fg
SiD ₂ (112)	21.63 a	17.08 b	10.83 efg	8.67 g

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

4.1.3.7. Bakla kuru ağırlık

TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde, fasulye bitkisinin bakla kuru ağırlık verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları birinci yıl istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P < 0.01$), ikinci yıla ait değerler için bu interaksiyon anlamlı bulunmamıştır. Bu nedenle, bakla kuru ağırlık verilerinin yorumlanmasında ikinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, birinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Ana faktörler arasında interaksyonu önemli bulunan birinci yıl bakla kuru ağırlık verileri arasında en yüksek değer TD₀-SiD₁ (31.85 g/bitki), en düşük değer ise TD₀-SiD₁ ve TD₂-SiD₂ hariç aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın diğer tüm TD-SiD konularında (0.0 ile 7.30 g/bitki arasında) ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.25). En yüksek bakla kuru ağırlığına sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %67.9 ile %100 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Buna karşın, faktörler arasında herhangi bir interaksiyon belirlenmeyen ikinci yılda, bakla kuru ağırlık değerlerinin ana faktör olarak gerek TD ve gerekse SiD dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P < 0.01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.26). TD ana faktörü altında en düşük bakla kuru ağırlık değeri yüksek tuz stresi (5.37 g/bitki), en yüksek ise yine kontrol (24.05 g/bitki) konularında belirlenmiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre bakla kuru ağırlık değerlerindeki azalma ikinci yılda düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %23.7, % 56.6 ve %77.7 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör olarak SiD dikkate alındığında artan silisyum

uygulamalarına bağı olarak bakla kuru ağırlık değerlerinin de arttığı ortaya çıkmıştır. En düşük bakla kuru ağırlığı aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın SiD₀ (11.9 g/bitki) ve SiD₁ (14.4 g/bitki), en yüksek ise SiD₂ (17.4 g/bitki) konusunda ortaya çıkmıştır. Silisyum uygulaması yapılmayan konuya göre SiD₂ konusunda bakla kuru ağırlığının %45.4 arttığı hesaplanmıştır.

İkinci yılda, bakla kuru ağırlık değerleri SiD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. TD konuları arasında ise her bir SiD altında genel olarak sulama suyu tuzluğu arttıkça bakla kuru ağırlık değerlerinin önemli miktarlarda azaldığı belirlenmiştir. En yüksek bakla kuru ağırlıkları SiD₀ altında kontrol; SiD₁ ve SD₂ altında ise kontrol ve düşük tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.26).

Çizelge 4. 25. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama bakla kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	5.33 [†] bc [#]	7.22 bc	1.40 bc	0.00 c
SiD ₁ (56)	31.85 a	1.87 bc	6.31 bc	0.00 c
SiD ₂ (112)	7.30 bc	4.36 bc	10.21 b	0.80 bc

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 26. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	20.07 [†] A [‡]	13.52 B	8.59 C	5.57 D	**	11.94 b [#]
SiD ₁ (56)	24.46 A	17.59 AB	10.21 BC	5.20 C	**	14.37 b
SiD ₂ (112)	27.62 A	23.94 A	12.51 B	5.34 B	**	17.36 a
P > F	öd	öd	öd	öd		**
SiD _{Ort.}	24.05 A	18.35 B	10.44 C	5.37 D	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** : 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.3.8. Tohum kuru ağırlık

Birinci yılda, TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde tohum kuru ağırlık verilerine ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak önemli ($P<0.01$) bir farklılık gösterirken ikinci yıla ait değerler için bu interaksiyon anlamlı bulunmamıştır. Bu nedenle, tohum kuru ağırlık verilerinin yorumlanmasında ikinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, birinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Ana faktörler arasında interaksiyonu önemli bulunan birinci yıl tohum kuru ağırlık verileri arasında en yüksek değer TD_0-SiD_1 (19.61 g/bitki), en küçük değer ise TD_0-SiD_1 , TD_0-SiD_2 ve TD_2-SiD_2 hariç aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın diğer tüm TD-SiD kombinasyon konularında (0.0 ile 3.80 g/bitki arasında) ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.27). En yüksek tohum kuru ağırlığına sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %80.6 ile %100 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Buna karşın, faktörler arasında herhangi bir interaksiyon belirlenmeyen ikinci yılda, tohum kuru ağırlık değerlerinin ana faktör olarak gerek TD ve gerekse SiD dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P<0.01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.28). TD ana faktörü altında en düşük tohum kuru ağırlık değeri yüksek tuz stresi (3.77 g/bitki), en yüksek ise yine kontrol (17.43 g/bitki) konularında belirlenmiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre tohum kuru ağırlık değerlerindeki azalma ikinci yılda düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla % 23.4, % 59.0 ve %78.7 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör olarak SiD dikkate alındığında artan silisyum uygulamalarına bağlı olarak tohum kuru ağırlık değerlerinin de arttığı ortaya çıkmıştır. En düşük tohum kuru ağırlığı aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın SiD_0 (8.5 g/bitki) ve SiD_1 (10.2 g/bitki), en yüksek ise SiD_2 (12.6 g/bitki) konusunda ortaya çıkmıştır. Silisyum uygulaması yapılmayan konuya göre SiD_2 konusunda tohum kuru ağırlığının %48.4 arttığı hesaplanmıştır.

İkinci yılda, tohum kuru ağırlık değerleri SiD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. TD konuları arasında ise her bir SiD altında genel olarak sulama suyu tuzluğu arttıkça tohum kuru ağırlık değerlerinin

önemli miktarlarda azaldığı belirlenmiştir. En yüksek tohum kuru ağırlıkları SiD₀ altında kontrol; SiD₁ ve SD₂ altında ise kontrol ve düşük tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.26).

Çizelge 4. 27. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama tohum kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	2.45 [†] bcd [#]	3.80 bcd	0.50 d	0.00 d
SiD ₁ (56)	19.61 a	1.01 cd	2.57 bcd	0.00 d
SiD ₂ (112)	6.70 bc	2.78 bcd	6.26 bc	0.17 d

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 28. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında ortalama tohum kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)				
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F
SiD ₀ (0)	14.43 [†] A [‡]	9.69 B	5.98 C	3.92 D	**
SiD ₁ (56)	17.55 A	12.43 AB	7.00 BC	3.71 C	**
SiD ₂ (112)	20.33 A	17.97 A	8.46 B	3.67 B	**
P > F	öd	öd	öd	öd	**
SiD _{Ort.}	17.43 A	13.36 B	7.15 C	3.77 D	**

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

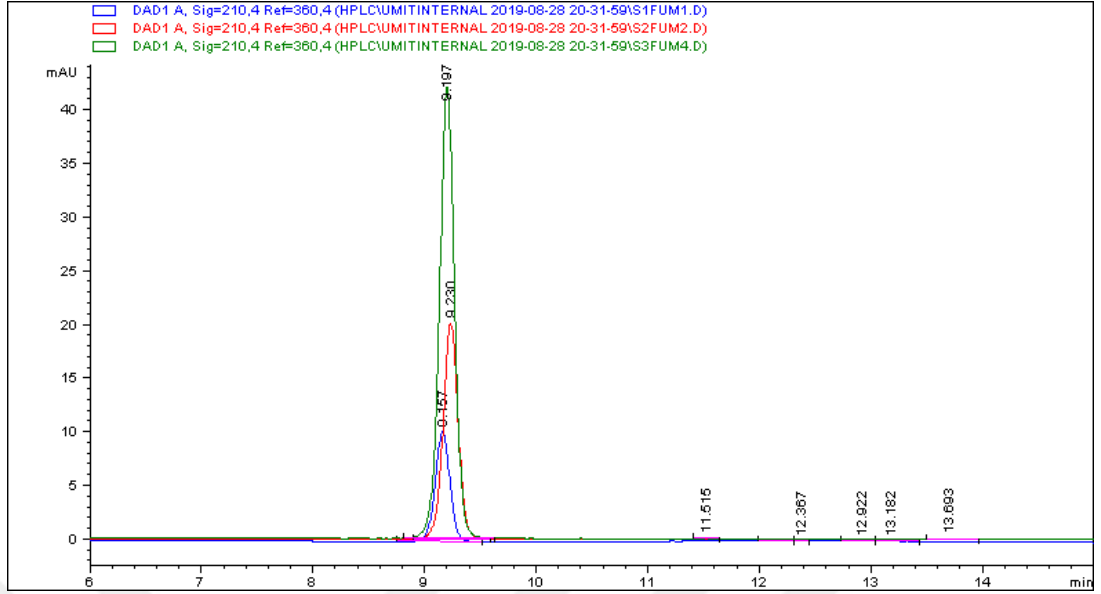
#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.4. Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozunun fasulye bitkisinde protein ve organik asit içeriğine etkisi

Çalışmalar kapsamında gerçekleştirilen protein analizleri DUMAS yönetim ile protein analiz cihazında, organik asitler ise HPLC cihazı kullanılarak yapılmıştır. İlgili organik asitlere ait örnek bir kromatogram Şekil 4.2’de sunulmuştur.



Şekil 4.2. Organik asit analizine ait örnek bir kromatogram

4.1.4.1. Protein içeriği

Denemede danede protein analizi yalnızca ikinci yılda yapılabilmektedir. Söz konusu dönemdeki danede protein değeri için TD x SiD interaksyonu önemli bulunmuştur. Bu nedenle, bu parametrelerin yorumlanmasında her bir ana faktör ayrı ayrı ele alınmamış fakat faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar Çizelge 4.29’da verilmiştir. Danede protein değeri aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın en yüksek (%22.29 ile 23.66 arasında) TD₁-SiD₂, TD₂-SiD₂ ve TD₃ altındaki tüm SiD kombinasyon konularında belirlenirken, en düşük değerler (%19.08 ile %19.26 arasında) ise TD₀-SiD₁, TD₁-SiD₀ ve TD₁-SiD₁ kombinasyon konularından elde edilmiştir. En yüksek danede protein içeriğine sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %9.6 ile %19.4 arasında olduğu hesaplanmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, protein içeriğinin yüksek tuzluluklarda bir miktar artış gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4. 29. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında ortalama danede protein (%) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	21.56 [†] b [#]	19.08 c	21.33 b	23.66 a
SiD ₁ (56)	19.18 c	19.26 c	21.40 b	22.57 ab
SiD ₂ (112)	21.25 b	23.49 a	22.29 ab	22.45 ab

†: Her bir değer üç tekrerrür ortalamasıdır
#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

4.1.4.2. Tartarik asit

Bitkide organik asit parametreleri arasında tartarik asit için TD x SiD interaksyonu birinci yıl %1 ikinci yıl ise %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Bu nedenle, sözkonusu parametrenin yorumlanmasında her bir ana faktör ayrı ayrı ele alınmayıp faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar değerlendirilmiştir. Birinci yılda en yüksek tartarik asit içeriği (8116 mg/kg) TD₀-SiD₀ kombinasyon konusundan elde edilirken, bitki ölümlerinin gerçekleştiği TD₃-SiD₁ konusu dikkate alınmaz ise, en düşük tartarik asit içeriğinin TD₀-SiD₀ hariç tüm diğer konularda ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.30). En yüksek tartarik asit içeriğine sahip konu ile karşılaştırıldığında, diğer kombinasyon konularındaki (TD₃-SiD₁ hariç) azalmanın %35.2 ile %55.8 arasında olduğu hesaplanmıştır.

İkinci yılda ise en yüksek tartarik asit içeriği (21911 mg/kg) TD₃-SiD₂ kombinasyon konusunda belirlenirken, en düşük tartarik asit içerikleri (3690 ile 6745 mg/kg arasında) ise TD₀-SiD₀ ve SiD₁ altındaki tüm TD kombinasyon konularından elde edilmiştir (Çizelge 4.31). En yüksek tartarik asit içeriğine sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %28.2 ile %83.2 arasında olduğu hesaplanmıştır.

4.1.4.3. Okzalik asit

Birinci yılda TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide okzalik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak önemli (P<0.01) bir farklılık gösterirken, ikinci yıla ait değerler için bu interaksyon anlamlı

bulunmamıştır. Bu nedenle, okzalik asit verilerinin yorumlanmasında ikinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, birinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Çizelge 4. 30. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama tartarik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	8115.8 [†] a [#]	5207.8 b	4218.0 b	3591.2 b
SiD ₁ (56)	4928.8 b	4470.6 b	4460.8 b	0.0 c
SiD ₂ (112)	5262.0 b	4843.3 b	4338.5 b	4569.7 b

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 31. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama tartarik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	6745.0 [†] c [#]	12371.1 b	12123.7 b	15174.3 b
SiD ₁ (56)	5334.9 c	4344.9 c	3690.3 c	4327.8 c
SiD ₂ (112)	12039.2 b	12081.3 b	15727.4 b	21910.7 a

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Ana faktörler arasında interaksyonu önemli bulunan birinci yıl okzalik asit içeriğinin en yüksek (12351 mg/kg) TD₀-SiD₀, bitki ölümlerinin gerçekleştiği TD₃-SiD₁ konusu dikkate alınmaz ise, en düşük aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın (1852 ile 2471 mg/kg arasında) TD₀-SiD₂ ve SiD₁ altındaki tüm TD kombinasyon konularında ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.32). En yüksek okzalik asit içeriğine sahip konu ile karşılaştırıldığında, diğer kombinasyon konularındaki (TD₃-SiD₁ hariç) azalmanın %34.3 ile %85.0 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Buna karşın, faktörler arasında herhangi bir interaksyon belirlenmeyen ikinci yılda, okzalik asit içerikleri ana faktör olarak TD dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılık (P<0.05) gösterirken, SiD dikkate alındığında istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir (Çizelge 4.33). TD ana faktörü altında en düşük

okzalik asit içerikleri aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın orta (2591.2 mg/kg) ve yüksek (2958.3 mg/kg) tuz streslerinde, en yüksek ise yine aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın kontrol (4405.1 mg/kg), düşük (4321.9 mg/kg) ve yüksek tuz stresi konularında belirlenmiştir. Kontrol konusuna göre okzalik asit içeriğindeki azalma orta tuz stresi konusunda %41.2 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SiD altında ise ortalama okzalik asit içeriklerinin aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 3441.3 ile 3710.8 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir.

İkinci yılda, okzalik asit içerikleri SiD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. TD konuları arasında ise yalnızca SiD₂ altında sulama suyu tuzluğu arttıkça okzalik asit içeriğinin genel olarak azaldığı belirlenmiştir. En yüksek okzalik asit içerikleri SiD₀ altında aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın kontrol ve düşük tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.33).

Çizelge 4. 32. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama okzalik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	12350.8 [†] a [#]	5318.4 bcd	6313.8 bc	4943.3 bcd
SiD ₁ (56)	2122.2 cde	1852.4 de	2471.2 cde	0.0 e
SiD ₂ (112)	2448.2 cde	4902.6 bcd	8116.7 b	5410.3 bcd

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 33. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama okzalik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	5611.5 [†]	2654.7	2683.9	2815.1	öd	3441.3
SiD ₁ (56)	2962.3	6033.9	2386.9	2837.8	öd	3555.2
SiD ₂ (112)	4641.5 A [‡]	4276.9 AB	2702.9 BC	3221.9 B	*	3710.8
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SiD _{Ort.}	4405.1 A	4321.9 A	2591.2 B	2958.3 AB	*	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.4.4. Malik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide malik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide malik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçlarının istatistiksel olarak önemli ($P<0.01$) bir farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle, söz konusu dönem için malik asit içeriklerinin yorumlanmasında ana faktörler ayrı ayrı değerlendirilmeyip, yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır. Malik asit içeriğinin en yüksek (8272 mg/kg) TD₀-SiD₀, bitki ölümlerinin gerçekleştiği TD₃-SiD₁ konusu dikkate alınmaz ise, en düşük aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın (5.4 ile 2257 mg/kg arasında) TD₀-SiD₀ ve TD₁-SiD₂ hariç diğer tüm TD-SiD kombinasyon konularında ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.34). En yüksek malik asit içeriğine sahip konu ile karşılaştırıldığında, diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %68.2 ile %100 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 34. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama malik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	8272.4 [†] a [#]	1398.2 bc	55.3 c	5.4 c
SiD ₁ (56)	2257.1 bc	513.7 bc	757.5 bc	0.0 c
SiD ₂ (112)	1137.2 bc	2630.5 b	675.9 bc	4.53 c

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

4.1.4.5. Şikimik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide şikimik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide şikimik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Söz konusu dönem için şikimik asit içeriklerinin aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın ana faktör SiD altında 1716 ile 3606 mg/kg ve ana faktör TD altında ise 1899 ile 3497 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, bu parametre SiD konuları arasında TD₁ ($P<0.05$) ve TD₃ ($P<0.01$) altında istatistiksel anlamda farklılık

göstermiştir. En yüksek şikimik asit içeriği TD₁ altında aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın SiD₀ (3431 mg/kg) ve SiD₂ (3709 mg/kg) konularından elde edilirken, TD₃ altındaki ise yalnızca SiD₂ (4827 mg/kg) konusunda ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.35).

Çizelge 4. 35. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama şikimik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	3054.9 [†]	3430.8 a [#]	1398.9	1033.3 b	öd	2229.4
SiD ₁ (56)	4460.1	1002.9 b	1398.8	0.0 c	öd	1715.5
SiD ₂ (112)	2975.6	3709.4 a	2898.9	4827.4 a	öd	3603.0
P > F	öd	*	öd	**		öd
SiD _{Ort.}	3496.9	2714.6	1898.9	1953.6	öd	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.
** ve *: sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.
öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.4.6. Sitrik asit

Sitrik asit için TD x SiD interaksyonu her iki yılda da anlamlı (P>0.01) bulunmuştur. Bu nedenle, sözkonusu parametrenin yorumlanmasında her bir ana faktör ayrı ayrı ele alınmayıp faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar değerlendirilmiştir. Birinci yılda en yüksek sitrik asit içeriği aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın TD₀-SiD₂ (21177 mg/kg) ve TD₂-SiD₂ (34574 mg/kg) kombinasyon konularından elde edilirken, bitki ölümlerinin gerçekleştiği TD₃-SiD₁ konusu dikkate alınmaz ise, en düşük sitrik asit içeriklerinin (2321 ile 14869 mg/kg arasında) TD₀-SiD₂, TD₂-SiD₂ ve TD₃-SiD₀ hariç diğer kombinasyon konularında ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.36). En yüksek sitrik asit içeriğine sahip konu ile karşılaştırıldığında, diğer kombinasyon konularındaki (TD₃-SiD₁ hariç) azalmanın %57.0 ile %93.3 arasında olduğu hesaplanmıştır.

İkinci yılda ise en yüksek sitrik asit içerikleri aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın TD₀-SiD₀ (15217 mg/kg) ve TD₀-SiD₂ (13116 mg/kg) kombinasyon konusunda belirlenirken, en düşük sitrik asit içerikleri (4403.4 ile 6728.2 mg/kg arasında) ise TD₁-SiD₁, TD₂-SiD₀, TD₂-SiD₁ ve TD₃ altındaki tüm SiD kombinasyon

konularından elde edilmiştir (Çizelge 4.37). En yüksek tartarik asit içeriğine sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %28.0 ile %71.1 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 36. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama sitrik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	10537.3 [†] bcd [#]	4509.8 cd	3068.0 cd	19055.4 bc
SiD ₁ (56)	14869.4 Bcd	3146.6 cd	2321.1 d	0.0 d
SiD ₂ (112)	21177.2 Ab	6919.4 bcd	34574.0 a	2705.2 cd

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 37. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama sitrik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	15217.0 [†] a [#]	8519.4 c	4840.8 de	6029.5 cde
SiD ₁ (56)	7130.2 cd	5755.5 de	4403.4 e	6728.2 cde
SiD ₂ (112)	13116.9 ab	10952.6 b	7281.0 cd	6696.9 cde

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

4.1.4.7. Maleik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide maleik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide maleik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçlarının istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) bir farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle, söz konusu dönem için maleik asit içeriklerinin yorumlanmasında ana faktörler ayrı ayrı değerlendirilmeyip, yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır. En yüksek maleik asit içeriğinin TD₁-SiD₀ (180.5 mg/kg), TD₂-SiD₁ (353.1 mg/kg) ve TD₃-SiD₂ (277.8 mg/kg) kombinasyon konularında belirlendiği, bunların dışındaki kombinasyon konularının tamamının ise aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın en düşük maleik asit içeriğine sahip oldukları ortaya konulmuştur. En yüksek maleik asit içeriğine sahip konu ile

karşılaştırıldığında, diğer kombinasyon konularındaki (TD₃-SiD₁ hariç) azalmanın %56.1 ile %86.3 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 38. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama maleik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	85.3 [†] bc [#]	180.5 ab	80.6 bc	48.4 c
SiD ₁ (56)	88.7 bc	135.8 bc	353.1 a	0.0 c
SiD ₂ (112)	118.9 bc	114.0 bc	154.9 bc	277.8 ab

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

4.1.4.8. Fumarik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide fumarik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide fumarik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Söz konusu dönem için fumarik asit içeriklerinin aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın ana faktör SiD altında 55.0 ile 103.0 mg/kg ve ana faktör TD altında ise 28.8 ile 134.1 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, bu parametre SiD konuları arasında yalnızca TD₃ altında istatistiksel anlamda farklılık (P<0.01) göstermiştir. TD₃ altında en yüksek fumarik asit içeriği SiD₂ (56.8 mg/kg) konusunda ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.39).

Çizelge 4. 39. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama fumarik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	138.4 [†]	35.4	16.5	29.6 b [#]	öd	55.0
SiD ₁ (56)	103.6	136.0	49.5	0.0 c	öd	72.3
SiD ₂ (112)	160.3	91.9	103.0	56.8 a	öd	103.0
P > F	öd	öd	öd	**		öd
SiD _{Ort.}	134.1	87.8	56.3	28.8	öd	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** : 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.4.9. Süksinik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide süksinik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda TD x SiD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide süksinik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Söz konusu dönem için süksinik asit içeriklerinin aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın ana faktör SiD altında 58114 ile 74237 mg/kg ve ana faktör TD altında ise 42640 ile 78429 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, bu parametre SiD konuları arasında yalnızca TD₃ altında (P<0.01) ve TD konuları arasında ise yalnızca SiD₀ altında istatistiksel anlamda farklılık (P<0.01) göstermiştir. En yüksek süksinik asit içeriği TD₃ altında SiD₀, konusunda, SiD₀ altında aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın kontrol, düşük ve yüksek tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.40).

Çizelge 4. 40. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama süksinik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	67077.9 [†] A [‡]	57771.9 AB	34794.0 B	80377.4 Aa [#]	*	60005.3
SiD ₁ (56)	72612.0	51495.3	108347.7	0.0 c	öd	58113.7
SiD ₂ (112)	92115.0	65147.4	92144.7	47541.0 b	öd	74237.0
P > F	öd	öd	öd	**		öd
SiD _{Ort.}	77268.3	58138.2	78428.8	42639.5	öd	

†: Her bir değer üç tekrerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.5. Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozunun fasulye bitkisinde su kullanım randımanına etkisi

Birinci yıl yetiştirme döneminde bitki su tüketimi ve tohum verimi dikkate alındığında su kullanım randımanı (SKR) değeri için TD x SiD interaksyonu önemli bulunmuş ancak ikinci yıl için bu interaksyonun anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, birinci yıl için SKR parametresinin yorumlanmasında her bir ana faktör ayrı

ayrı değerlendirilmeyip, yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Birinci yılda en yüksek SKR değerleri TD₀-SiD₁ (22.7 g/mm) en küçük (0.0 – 4.5 g/mm arasında) ise TD₀-SiD₁, TD₀-SiD₂ ve TD₂-SiD₂ hariç aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın diğer kombinasyon konulardan elde edilmiştir (Çizelge 4.41). En yüksek SKR değerine sahip konu ile karşılaştırıldığında, diğer kombinasyon konularındaki (TD₃-SiD₂ hariç) azalmanın %80.2 ile %100.0 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 41. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında bitkinin su kullanım randımanı (g/mm) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	3.12 [*] bc [#]	4.50 bc	0.75 c	0.00 c
SiD ₁ (56)	22.69 a	1.41 bc	3.58 bc	0.00 c
SiD ₂ (112)	7.83 b	3.48 bc	8.05 b	0.25 c

*: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Genel olarak ana faktör olarak TD dikkate alındığında artan tuzluluklara bağlı olarak SKR değerlerinin azaldığı buna karşın ana faktör olarak SiD dikkate alındığında ise artan silisyum dozlarında SKR değerlerinin arttığı ortaya konulmuştur.

Buna karşın, faktörler arasında herhangi bir interaksiyon belirlenmeyen ikinci yılda, SKR değerlerinin ana faktör olarak gerek TD ve gerekse SiD dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği (P<0.01) belirlenmiştir (Çizelge 4.42). TD ana faktörü altında en düşük SKR değeri yüksek tuz stresi (6.1 g/mm), en yüksek ise kontrol (18.0 g/mm) konularında belirlenmiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre SKR değerlerindeki azalma ikinci yılda düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %16.2, %43.1 ve %65.9 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör olarak SiD dikkate alındığında artan silisyum uygulamalarına bağlı olarak SKR değerlerinin de arttığı ortaya çıkmıştır. En düşük SKR değeri aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın SiD₀ (10.2 g/mm) ve SiD₁ (12.1 g/mm), en yüksek ise SiD₂ (14.8 g/mm) konusunda ortaya çıkmıştır. Silisyum uygulaması yapılmayan konuya göre SiD₂ konusunda SKR değerinin %44.6 arttığı hesaplanmıştır.

İkinci yılda, SKR değerleri SiD altında TD konuları arasında %1 veya %5 önem seviyesinde istatistiksel anlamda farklılık göstermiş, ancak yalnızca TD₀ altında SiD konuları arasında farklılık ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.42). En yüksek SKR değeri SiD₀ altında kontrol; SiD₁ ve SD₂ altında ise kontrol ve düşük tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır. TD₀ altında ise en yüksek SKR değeri SiD₂, en düşük ise aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın SiD₀ ve SiD₁ konularında belirlenmiştir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4. 42. İkinci yıl (2020) tuz düzeyi ve silisyum dozlarının su kullanım randımanına (g/mm) etkisi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SiD ₀ (0)	14.78 [†] A [‡] b [#]	11.44 B	8.17 C	6.42 C	**	10.20 b
SiD ₁ (56)	18.74 Ab	14.46 AB	9.61 BC	5.62 C	*	12.11 b
SiD ₂ (112)	20.41 Aa	19.27 A	12.95 B	6.35 C	**	14.75 a
P > F	*	öd	öd	öd		**
SiD _{Ort.}	17.98 A	15.06 B	10.24 C	6.13 D	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

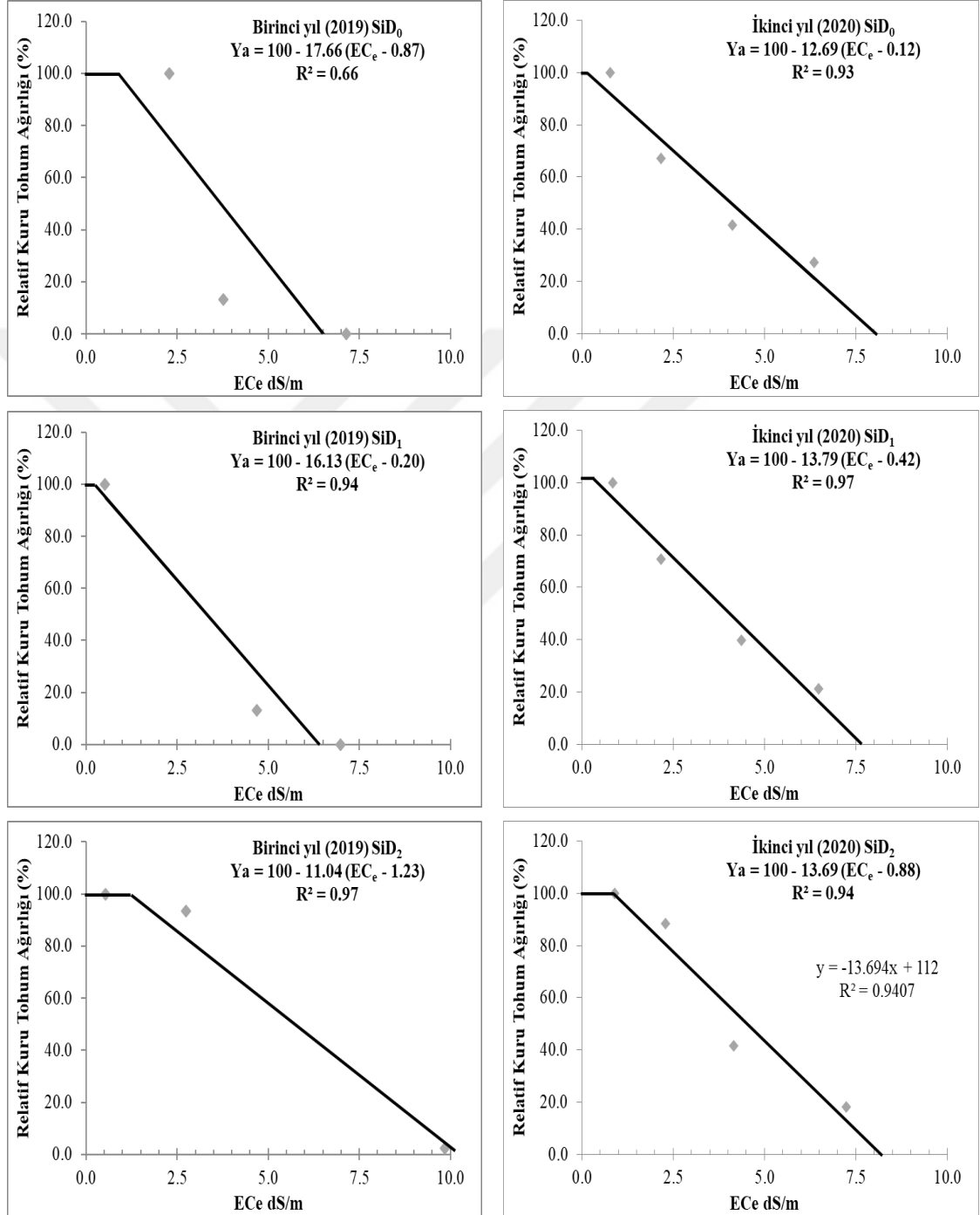
** ve *: sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.1.6. Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozunun fasulye bitkisinde tuz toleransına etkisi

Tuzluluk düzeyi ve silisyum dozu denemesi için elde edilen verilerden toprak örneklerinin ortalama kök bölgesi toprak saturasyon ekstraktı tuzluluğu (ikinci yıl için ECe değerleri metot bölümünde ifade edildiği gibi hesaplama yoluyla tahmin edilmiştir) ve kuru tohum verimleri yardımıyla birinci yıl ve ikinci yıl için oluşturulan tuz tolerans modellerinin grafikleri Şekil 4.3’de sunulmuştur. Modellerin oluşturulmasında model yapısını bozduğundan birinci yıl SiD₀ altında TD₀, SiD₁ ve SiD₂ altında ise TD₁ konuları dikkate alınmadan modeller oluşturulmuştur. Bu durumda, fasulye bitkisinin tohum verimi için elde edilen tuzluluk eşik değerleri SiD₀, SiD₁ ve SiD₂ uygulamaları altında birinci yıl sırasıyla 0.87, 0.20 ve 1.23 dS/m ve ikinci yıl ise yine sırasıyla 0.12, 0.42 ve 0.88 dS/m olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde tuz tolerans modelleri yardımıyla eşik sonrası birim tuzluluk artışı için verim düşüşünü ifade eden eğim

değerleri ise yine SiD₀, SiD₁ ve SiD₂ uygulamaları altında birinci yıl sırasıyla 17.66, 16.13 ve 11.04 % / dS/m ve ikinci yıl 12.69, 13.79 ve 13.69 % / dS/m olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.3. Birinci ve ikinci yıl silisyum dozları için tuz tolerans modelleri

4.2. Tuzluluk Düzeyi ve Selenyum Dozu Denemesi

4.2.1. Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozunun toprak ve drenaj suyu tuzluluğu ile yıkama oranı ve bitki su tüketimine etkisi

4.2.1.1. Yıkama oranı

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde LF verilerine ait varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Bu nedenle, yıkama oranı verilerinin yorumlanmasında her iki yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilmiştir. Her iki yılda da LF değerlerinin ana faktör olarak hem TD hem de SeD dikkate alındığında da istatistiksel olarak farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Yıkama oranı değerlerinin aralarında istatistiksel anlamda bir farklılık olmaksızın, birinci yılda ana faktör TD altında %17.9 ile %19.4, ana faktör SeD altında %18.2 ile %19.0 arasında; ikinci yıl ise ana faktör TD altında %17.9 ile %18.9, ana faktör SeD altında %17.8 ile %18.8 arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.43 ve Çizelge 4.44).

Birinci yılda LF değerleri hiçbir TD altında SeD ve yine hiçbir SeD altında TD konuları arasında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.43). İkinci yılda yine hiçbir SeD altında TD konuları arasında istatistiksel anlamda farklılık bulunmamış ancak yalnızca TD₃ altında SeD konuları arasında %5 önem seviyesinde farklılık olduğu belirlenmiştir. TD₃ altında en yüksek LF değeri aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın SiD₀ ve SiD₁, en düşük ise SiD₂ ve SiD₁ konularında belirlenmiştir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4. 43. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama yıkama oranı (%) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	0.193 [†]	0.177	0.193	0.197	öd	0.190
SeD ₁ (5)	0.173	0.173	0.187	0.193	öd	0.182
SeD ₂ (20)	0.173	0.187	0.180	0.190	öd	0.183
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	0.180	0.179	0.187	0.194	öd	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 44. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama yıkama oranı (%) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	0.177 [†]	0.183	0.193	0.200 a [#]	öd	0.188
SeD ₁ (5)	0.173	0.187	0.193	0.187 ab	öd	0.186
SeD ₂ (20)	0.180	0.183	0.180	0.167 b	öd	0.178
P > F	öd	öd	öd	*		öd
SeD _{Ort.}	0.177	0.184	0.189	0.184	öd	

†: Her bir değer üç tekrür ortalamasıdır

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

*: 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.1.2. Bitki su tüketimi

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde ET verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Ana faktör olarak TD dikkate alındığında, ET verilerinin her iki yılda da istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P < 0.01$) ancak bu parametre değerlerinin yine her iki yılda da SeD ana faktör düzeyi altında farklılık göstermediği belirlenmiştir (Çizelge 4.45 ve Çizelge 4.46). Bitki su tüketimi değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 180.69 (yüksek tuz stresi) ile 254.61 (kontrol) mm/mevsim, ikinci yıl ise 185.21 (yüksek tuz stresi) ile 291.74 (kontrol) mm/mevsim arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre ET değerlerindeki azalma birinci yılda orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %24.2 ve %29.0, ikinci yılda ise düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %7.9, %32.0 ve %36.5 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SeD altında ise ortalama ET değerlerinin aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın birinci yıl için 209.80 ile 226.48 mm/mevsim, ikinci yıl ise 233.88 ile 239.82 mm/mevsim arasında olduğu belirlenmiştir.

Her iki yılda da ET değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, birinci yıl SeD₁ ve SeD₂ ($P < 0.01$) ikinci yıl ise her bir SeD altında sulama suyu tuzluğu arttıkça ET değerlerinin genel olarak azaldığı ($P < 0.01$) belirlenmiştir. En yüksek ET değerleri birinci yılda SeD₁

altında kontrol ve düşük; SeD₂ altında kontrol konusunda, ikinci yıl ise SeD₀ ve SeD₁ altında kontrol ve düşük, SeD₂ altında ise kontrol tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. 45. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki su tüketimi (mm/mevsim) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)			
SeD ₀ (0)	230.17 †	240.90	185.13	183.03		öd	209.80
SeD ₁ (5)	274.60 A ‡	258.10 A	194.00 B	179.23 B		**	226.48
SeD ₂ (20)	259.07 A	208.70 B	200.00 BC	179.80 C		**	211.89
P > F	öd	öd	öd	öd			öd
SeD _{Ort.}	254.61 A	235.90 A	193.04 B	180.69 B		**	

†: Her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** : 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 46. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki su tüketimi (mm/mevsim) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)			
SeD ₀ (0)	285.30 † A ‡	276.53 A	190.83 B	182.83 B		**	233.88
SeD ₁ (5)	286.50 A	269.53 A	192.20 B	189.63 B		**	234.47
SeD ₂ (20)	303.43 A	260.23 B	212.43 C	183.17 C		**	239.82
P > F	öd	öd	öd	öd			öd
SeD _{Ort.}	291.74 A	268.77 B	198.49 C	185.21 C		**	

†: Her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** : 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.1.3. Toprak tuzluluğu

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde ortalama EC_e vejetatif kuru ağırlık verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları birinci yıl istatistiksel olarak anlamlı değilken, ikinci yıla ait veriler için bu interaksiyon %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Bu nedenle, EC_e değerlerinin yorumlanmasında birinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, ikinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır (Çizelge 4.47 ve Çizelge 4.48).

Çizelge 4. 47. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluğu (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	0.61 [†] C [‡]	2.26 BC	4.19 B	6.34 A	**	3.35
SeD ₁ (5)	0.50 C	1.56 C	3.46 B	5.70 A	**	2.81
SeD ₂ (20)	0.45 C	2.11 BC	4.07 B	8.24 A	**	3.71
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	0.52 D	1.98 C	3.91 B	6.76 A	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** : 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 48. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x silisyum dozu interaksyonu altında hesapla belirlenen toprak saturasyon çamuru süzüğü tuzluluğu (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi

Silisyum Dozu (mg Si/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SiD ₀ (0)	0.86 [†] e [#]	2.23 d	4.02 c	6.14 b
SiD ₁ (56)	0.87 e	2.20 d	4.10 c	6.57 b
SiD ₂ (112)	0.86 e	2.27 d	4.28 c	7.23 a

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Faktörler arasında herhangi bir interaksyon belirlenmeyen birinci yılda, EC_e değerlerinin ana faktör olarak TD dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar (P<0.01) gösterirken SeD dikkate alındığında istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir. Toprak tuzluluğu değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 0.52 (kontrol) ile 6.79 (yüksek tuz stresi) dS/m arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.47). Kontrol tuzluluk konusuna göre EC_e değerlerinin düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla birinci yılda 3.81, 7.52 ve 13.0 kat daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Ana faktör SeD altında ise ortalama EC_e değerlerinin aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın birinci yıl için 2.81 ile 3.71 dS/m arasında olduğu belirlenmiştir.

Birinci yılda EC_e değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, her bir SeD altında %1 önem

seviyesinde EC_e değerlerinin TD konuları arasında istatistiksel anlamda farklılık gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek EC_e değerleri her bir SeD altında yalnızca yüksek tuz stresi (TD_3) konusunda ortaya çıkmıştır.

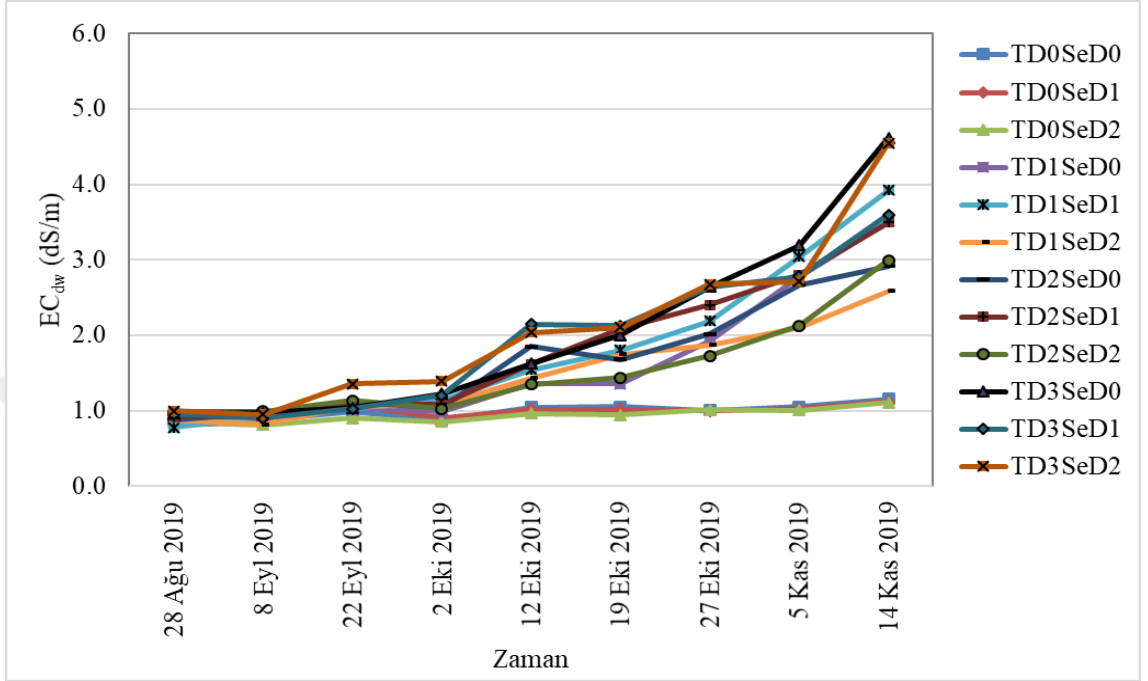
Ana faktörler arasında interaksiyonu önemli bulunan ikinci yılda hesaplama yoluyla elde edilen EC_e verileri arasında en yüksek değer TD_3 -SiD₂ (7.23 dS/m), en küçük değer ise aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın TD_0 altındaki her bir SiD konusunda (0.86 ile 0.87 dS/m arasında) ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.48). Uygulanan sulama suyu tuzluluk konularına bağlı olarak, en yüksek EC_e değerinin (7.23 dS/m), kontrol, düşük ve orta tuz stresi altındaki SiD konulara ait değerlerden sırasıyla 8.3-8.4, 3.2-3.3 ve 1.7-1.8 kat arasında değişen oranlarda daha yüksek tuzluluk değerine sahip olduğu hesaplanmıştır.

4.2.1.4. Drenaj suyu tuzluluğu

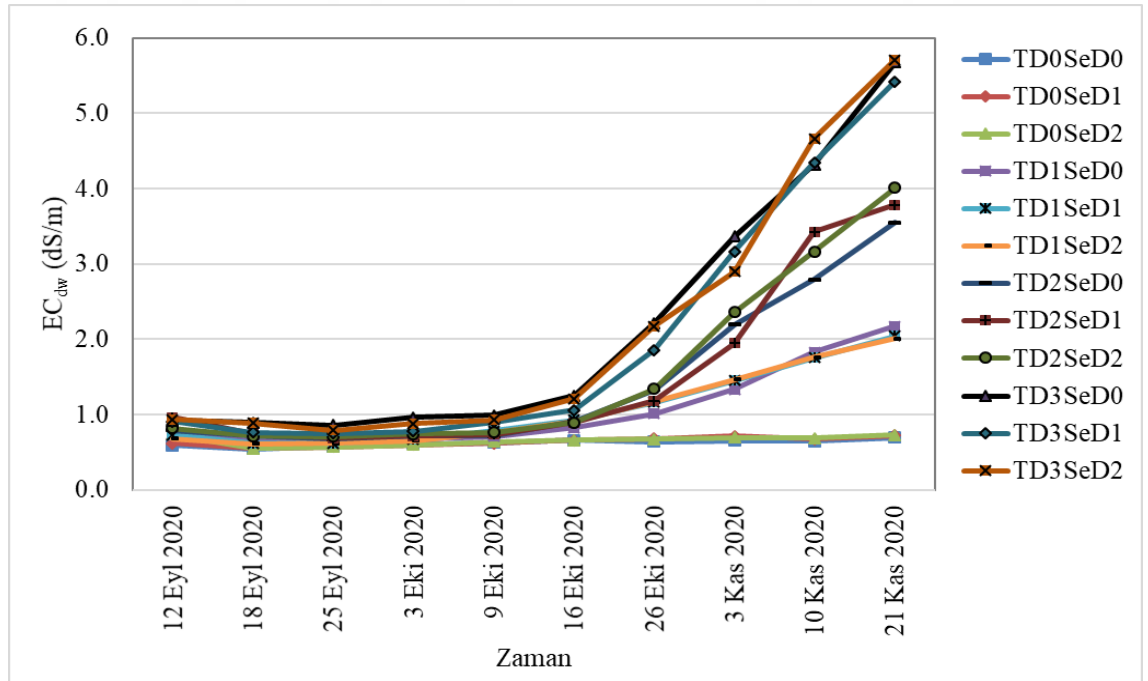
Silisyum denemesinde olduğu gibi, uygulanan sulama suyu düzeylerindeki farklılıklar nedeniyle birinci yıl dördüncü, ikinci yıl ise beşinci sulamadan sonra deneme konularının drenaj suyu tuzlulukları arasındaki farklılıklar oluşmaya başlamıştır. Her iki yılda da özellikle TD_0 altındaki tüm SeD konularında EC_{dr} değerleri yetiştirme dönemi boyunca yatay bir seyir izlerken, artan tuzluluk düzeyine bağlı olarak diğer TD altındaki SeD konularına ait EC_{dr} değerleri genel olarak sulama suyu tuzluluk düzeyi ile orantılı olarak dönem sonuna kadar artış göstermiştir (Şekil 4.4).

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde yetiştirme dönemi boyunca ölçülen sezonluk ortalama EC_{dr} değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Ana faktör olarak TD dikkate alındığında ise, sezonluk ortalama EC_{dr} verilerinin her iki yılda da istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P<0.01$) ancak bu parametre değerlerinin yine her iki yılda da SeD ana faktör düzeyi altında farklılık göstermediği belirlenmiştir (Çizelge 4.49 ve Çizelge 4.50). Sezonluk ortalama drenaj suyu tuzluluğu değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 0.97 (kontrol) ile 2.02 (yüksek tuz stresi) dS/m, ikinci yıl ise 0.64 (kontrol) ile 2.08 (yüksek tuz stresi) dS/m arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre sezonluk ortalama EC_{dr} değerlerinin düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla birinci yılda 1.71 1.73 ve 2.08 kat, ikinci yılda ise 1.67, 2.34 ve 3.25 kat daha

yüksek olduğu hesaplanmıştır. Ana faktör SeD altında ise sezonluk ortalama EC_{dr} değerlerinin aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın birinci yıl için 1.51 ile 1.64 dS/m, ikinci yıl ise 1.30 ile 1.34 dS/m arasında olduğu belirlenmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4.4. Yetiştirme sezonu boyunca selenyum denemesinde drenaj suyu tuzluluklarındaki değişim **a)** birinci yıl; **b)** ikinci yıl

Her iki yılda da sezonluk ortalama EC_{dr} değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, her iki yılda da her bir SeD altında %1 veya %5 önem seviyesinde sezonluk ortalama EC_{dr} değerlerinin TD konuları arasında istatistiksel anlamda farklılık gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek sezonluk ortalama EC_{dr} değerleri birinci yıl SeD₀ ve SeD₁ altında kontrol hariç diğer TD konularında; SeD₂ altında ise yalnızca yüksek tuz stresi konusunda, ikinci yıl ise SeD₀ altında yüksek ve orta; SeD₁ ve SeD₂ altında yalnızca yüksek tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. 49. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama drenaj suyu tuzluluk (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)			
SeD ₀ (0)	1.00 [†] B [‡]	1.65 A	1.68 A	2.03 A	*		1.59
SeD ₁ (5)	0.98 B	1.82 A	1.83 A	1.93 A	*		1.64
SeD ₂ (20)	0.94 C	1.51 B	1.53 B	2.09 A	**		1.51
P > F	öd	öd	öd	öd			öd
SeD _{Ort.}	0.97 C	1.66 B	1.68 B	2.02 A	**		

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 50. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama drenaj suyu tuzluluk (dS/m) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)			
SeD ₀ (0)	0.62 [†] B [‡]	1.06 B	1.44 AB	2.14 A	*		1.32
SeD ₁ (5)	0.64 D	1.07 C	1.51 B	1.99 A	**		1.30
SeD ₂ (20)	0.65 C	1.06 BC	1.55 B	2.11 A	**		1.34
P > F	öd	öd	öd	öd			öd
SeD _{Ort.}	0.64 D	1.07 C	1.50 B	2.08 A	**		

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.2. Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozunun fasulyede bitki gelişim parametrelerine etkisi

4.2.2.1. Bitki boyu

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitki boyu verilerine ait varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Selenyum dozları dikkate alınmaksızın TD ana faktör düzeyinde her iki yılda da bitki boyu verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P<0.01$) belirlenmiştir. Buna karşın, tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın SeD ana faktör düzeyinde bitki boyu değerlerinin birinci yılda istatistiksel anlamda bir farklılık göstermeyip, ikinci yılda ise bu faktör altında da farklılık gösterdiği ($P<0.01$) ortaya konulmuştur (Çizelge 4.51 ve Çizelge 4.52). Ortalama bitki boyu değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 22.66 (yüksek tuz stresi) ile 86.66 (kontrol) cm, ikinci yıl ise 63.41 (yüksek tuz stresi) ile 113.33 (kontrol) cm arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre bitki boyu değerlerindeki azalma birinci yılda orta ve yüksek tuz stresi konularında %45.6 ve %73.9, ikinci yılda ise düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %18.9, %27.2 ve %44.1 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SeD altında ise ortalama bitki boyu değerlerinin birinci yıl için aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 58.95 ile 62.58 cm arasında olduğu belirlenmiştir. İkinci yıl ise silisyum uygulaması yapılmayan konu (78.53 cm) ile karşılaştırıldığında bitki boylarının SeD₁ (92.28 cm) ve SeD₂ (92.53 cm) konularında sırasıyla %17.5 ve %17.8 oranında arttığı hesaplanmıştır.

Her iki yılda da bitki boyu değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, birinci yılda SeD₀ ($P<0.05$) ve SeD₂ ($P<0.01$) altında ve ikinci yıl ise her bir SeD altında ($P<0.01$) istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. En yüksek bitki boyu değerleri birinci yılda SeD₀ altında kontrol ve düşük tuz stresi konularında; SeD₂ altında yüksek tuz stresi hariç tüm TD konularında, ikinci yıl ise SeD₀ altında kontrol; SeD₁ altında kontrol ve düşük; SeD₂ altında ise yüksek tuz stresi hariç tüm TD konularında ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. 51. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki boyu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	87.00 [†] A [‡]	99.67 A	24.00 B	39.67 B	*	62.58
SeD ₁ (5)	74.67	89.17	51.00	21.00	öd	58.95
SeD ₂ (20)	98.33 A	69.83 A	66.50 A	7.33 B	**	60.50
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	86.66 A	86.22 A	47.17 B	22.66 C	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 52. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bitki boyu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	113.89 [†] A [‡]	74.44 B	64.44 B	61.33 B	**	78.53 b [#]
SeD ₁ (5)	118.45 A	99.44 AB	87.22 B	64.00 C	**	92.28 a
SeD ₂ (20)	107.67 A	101.78 A	95.78 A	64.89 B	**	92.53 a
P > F	öd	öd	öd	öd		**
SeD _{Ort.}	113.33 A	91.89 B	82.48 B	63.41 C	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.2.2. Gövde çapı

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde gövde çapı verilerine ait varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. TD ana faktör düzeyinde her iki yılda da gövde çapı verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği (P<0.01) belirlenmiştir. Buna karşın, SeD ana faktör düzeyinde gövde çapı değerlerinin her iki yılda da istatistiksel anlamda bir farklılık göstermediği ortaya konulmuştur (Çizelge 4.53 ve Çizelge 4.54). Ortalama gövde çapı değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 2.42 (yüksek tuz stresi) ile 6.91 (düşük tuz stresi) mm, ikinci yıl ise 6.22 (yüksek tuz stresi) ile 7.01 (düşük tuz stresi) mm arasında değişim

göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre gövde çapı değerlerindeki azalma birinci ve ikinci yılda yüksek tuz stresi konusunda sırasıyla %65.0 ve %11.3 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SeD altında ise ortalama gövde çapı değerlerinin her iki yılda da istatistiksel anlamda fark olmaksızın birinci yıl 5.34 ile 5.59 mm arasında ikinci yıl ise 6.54 ile 6.89 mm arasında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. 53. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama gövde çapı (mm) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	6.33 [†]	7.26	3.73	4.02	öd	5.34
SeD ₁ (5)	6.91 A [‡]	7.28 A	6.06 A	1.64 B	**	5.47
SeD ₂ (20)	7.48 A	6.44 A	6.88 A	1.59 B	**	5.59
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	6.91 A	6.99 A	5.56 A	2.42 C	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.
*: 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.
öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 54. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama gövde çapı (mm) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	6.97 [†] A [‡]	6.82 A	6.48 AB	5.88 Bb [#]	*	6.54
SeD ₁ (5)	6.85	7.08	7.01	6.62 a	öd	6.89
SeD ₂ (20)	7.21	7.18	6.82	6.17 b	öd	6.85
P > F	öd	öd	öd	*		öd
SeD _{Ort.}	7.01 A	7.03 A	6.77 A	6.22 B	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.
#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.
*: 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.
öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Birinci yılda hiç bir TD altında farklılık göstermeyen gövde çapı değeri, ikinci yılda yalnızca TD₃ altında SeD₁ konusunda önemli bir artış göstermiştir (Çizelge 4.53 ve Çizelge 4.54). Gövde çapının en yüksek değerleri birinci yılda SeD₁ ve SeD₂ (P<0.01) ve ikinci yılda ise yalnızca SeD₀ (P<0.05) altında aralarında istatistiksel

anlamda farklılık olmaksızın kontrol, düşük ve orta tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır.

4.2.3. Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozunun fasulyede verim parametrelerine etkisi

4.2.3.1. Bakla uzunluğu

Tuz düzeyi (TD) x selenyum dozu (SeD) karşılıklı etkileşimi düzeyinde, bakla uzunluğu verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları birinci yıl istatistiksel olarak anlamlı değilken, ikinci yıla ait veriler için bu interaksiyon %5 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Bu nedenle, bakla uzunluğu değerlerinin yorumlanmasında birinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, ikinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Faktörler arasında herhangi bir interaksiyon belirlenmeyen birinci yılda, ana faktör olarak TD dikkate alındığında bakla uzunluğu değerleri istatistiksel olarak farklılıklar ($P<0.01$) gösterirken, ana faktör olarak SeD dikkate alındığında ise istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir. Ortalama bakla uzunluğu değerleri TD ana faktörü altında 1.61 (yüksek tuz stresi) ile 11.05 (kontrol tuz stresi) cm arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.55). Kontrol tuzluluk konusuna göre bakla uzunluğu değerlerindeki azalma birinci yılda yüksek tuz stresi konusunda %85.4 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SeD altında ise ortalama bakla uzunluğu değerlerinin birinci yıl için istatistiksel anlamda fark olmaksızın 7.05 ile 8.10 cm arasında olduğu belirlenmiştir. Birinci yılda, bakla uzunluğu değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, SeD₁ altında orta ve yüksek tuz stresinde ve SeD₂ altında ise yüksek tuz stresinde bakla uzunluğu değerinin önemli miktarlarda azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.55).

Ana faktörler arasında interaksiyonu önemli bulunan ikinci yıl bakla uzunluğu verileri arasında en yüksek (10.53 ile 11.27 arasında) TD₀ altındaki tüm SeD, TD₁-SeD₁, TD₁-SeD₂, TD₂-SeD₁ ve TD₃-SeD₀ kombinasyon konularında belirlenirken, en düşük değerler (9.84 ile 10.24 arasında) ise TD₁-SeD₀, TD₂-SeD₀, TD₂-SeD₂ TD₃-SeD₁ ve TD₃-SeD₂ kombinasyon konularından elde edilmiştir (Çizelge 4.56). En yüksek bakla

uzunluğa sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %9.1 ile %12.7 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 55. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla uzunluğu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	8.11 [†]	12.33	3.83	4.83	öd	7.28
SeD ₁ (5)	12.43 A [‡]	12.09 A	3.68 B	0.00 B	**	7.05
SeD ₂ (20)	12.63 A	8.34 A	11.40 A	0.00 B	*	8.10
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	11.05 A	10.92 A	6.31 A	1.61 B	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 56. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında ortalama bakla uzunluğu (cm) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SeD ₀ (0)	10.53 [†] abcd [#]	10.13 bcd	9.84 d	10.55 abcd
SeD ₁ (5)	10.61 abcd	11.05 ab	11.27 a	10.03 cd
SeD ₂ (20)	10.71 abcd	10.92 abc	10.24 bcd	10.13 bcd

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

4.2.3.2. Bakla sayısı

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde, fasulye bitkisinin bakla sayısı verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları birinci yıl istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P < 0.05$), ikinci yıla ait değerler için bu interaksyon anlamlı bulunmamıştır. Bu nedenle, bakla sayısı verilerinin yorumlanmasında ikinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, birinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Ana faktörler arasında interaksyonu önemli bulunan birinci yılda bakla sayısı en fazla TD₀-SeD₁ (13.00 adet/bitki) ve TD₁-SeD₁ (9.83 adet/bitki), en az ise TD₀-SeD₀, TD₀-SeD₁ ve TD₁-SeD₁ hariç aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın diğer TD-SeD kombinasyon konularının (0.0 ile 5.50 adet/bitki arasında) tamamında ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.57). En fazla bakla sayısına sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %56.5 ile %100 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Faktörler arasında herhangi bir interaksiyon belirlenmeyen ikinci yılda, bakla sayısı değerlerinin ana faktör olarak TD dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar ($P<0.01$) gösterirken, SeD dikkate alındığında istatistiksel olarak önemli bir farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Ortalama bakla sayısı değerleri TD ana faktörü altında 4.22 (yüksek tuz stresi) ile 12.63 (kontrol tuz stresi) adet/bitki arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.58). Kontrol tuzluluk konusuna göre bakla sayısı değerlerindeki azalma ikinci yılda orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %40.8 ve %66.6 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SeD altında ise ortalama bakla sayısı değerlerinin ikinci yıl için istatistiksel anlamda fark olmaksızın 8.17 ile 9.50 adet/bitki arasında olduğu belirlenmiştir.

İkinci yılda, bakla sayısı değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, TD konuları arasında ise her bir SeD altında genel olarak sulama suyu tuzluğu arttıkça bakla sayısı değerlerinin önemli miktarlarda ($P<0.01$) azaldığı belirlenmiştir. En fazla bakla sayısı SeD₀ ve SeD₂ altında kontrol ve düşük; SeD₁ ve altında ise yalnızca kontrol tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.58).

Çizelge 4. 57. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında ortalama bakla sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SeD ₀ (0)	5.66 [†] bc [#]	5.50 bcd	1.67 cd	0.67 cd
SeD ₁ (5)	13.00 a	9.83 ab	2.50 cd	0.00 d
SeD ₂ (20)	5.50 bcd	4.33 cd	5.33 bcd	0.00 d

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 58. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)			
SeD ₀ (0)	11.67 [†] A [‡]	10.55 A	6.78 B	3.67 B		**	8.17
SeD ₁ (5)	12.67 A	11.11 B	7.33 C	4.78 D		**	8.97
SeD ₂ (20)	13.56 A	11.89 AB	8.33 B	4.22 C		**	9.50
P > F	öd	öd	öd	öd			öd
SeD _{Ort.}	12.63 A	11.19 A	7.48 B	4.22 C		**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** : 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.3.3. Tohum sayısı

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde, fasulye bitkisinin tohum sayısı verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları birinci yıl istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P < 0.05$), ikinci yıla ait değerler için bu interaksiyon anlamlı bulunmamıştır. Bu nedenle, tohum sayısı verilerinin yorumlanmasında ikinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, birinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Ana faktörler arasında interaksiyonu önemli bulunan birinci yılda tohum sayısı en fazla, TD₀-SeD₁ (44.33 adet/bitki), en az ise TD₀-SeD₁ ve TD₁-SeD₁ hariç aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın (0.0 ile 14.33 adet/bitki arasında) diğer TD-SeD kombinasyon konularının tamamında ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.59). En fazla tohum sayısına sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %41.7 ile %100 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Faktörler arasında herhangi bir interaksiyon belirlenmeyen ikinci yılda, tohum sayısının ana faktör olarak gerek TD ve gerekse SeD dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar ($P < 0.01$) gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.60). TD ana faktörü altında en az tohum sayısı değerleri aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın yüksek (10.37 adet/bitki) tuz stresi konularında bulunurken, en fazla ise kontrol (34.15

adet/bitki) konusunda belirlenmiştir. Kontrol konusuna göre tohum sayısı değerlerindeki azalma ikinci yılda düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %12.0, %41.0 ve %69.6 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör olarak SeD dikkate alındığında artan selenyum uygulamalarına bağlı olarak tohum sayısı verim değerlerinin de arttığı ortaya çıkmıştır. En az tohum sayısı SeD₀ (20.25 adet/bitki), en fazla ise aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın SeD₁ (25.39 adet/bitki) ve SiD₂ (25.42 adet/bitki) konularında ortaya çıkmıştır. Selenyum uygulaması yapılmayan konuya göre SeD₁ ve SeD₂ konularında tohum sayısı %25.4 ve %25.5 arttığı hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 59. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında ortalama tohum sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SeD ₀ (0)	14.33 bc	14.33 bc	2.33 c	1.33 c
SeD ₁ (5)	44.33 a	25.83 b	7.67 c	0.00 c
SeD ₂ (20)	13.17 bc	13.00 bc	14.00 bc	0.00 c

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 60. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama tohum sayısı (adet/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	30.56 [†] A [‡]	25.33 B	16.55 C	8.56 D	**	20.25 b [#]
SeD ₁ (5)	35.11 A	32.45 A	22.34 B	11.67 C	**	25.39 a
SeD ₂ (20)	36.78 A	32.44 AB	21.55 BC	10.89 C	**	25.42 a
P > F	öd	öd	öd	öd		**
SeD _{Ort.}	34.15 A	30.07 B	20.15 C	10.37 D	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** : 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

İkinci yılda, tohum sayısı değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. TD konuları arasında ise her bir SeD altında genel olarak sulama suyu tuzluğu arttıkça tohum sayısı verimin önemli

miktarlarda azaldığı belirlenmiştir. En fazla tohum sayısı verim SeD_0 altında kontrol; SeD_1 ve SeD_2 altında ise kontrol ve düşük tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.60).

4.2.3.4. Biyolojik yaş verim

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde, fasulye bitkisinin biyolojik yaş verim verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları birinci yıl istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P<0.05$), ikinci yıla ait değerler için bu interaksiyon anlamlı bulunmamıştır. Bu nedenle, biyolojik yaş verim verilerinin yorumlanmasında ikinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, birinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Ana faktörler arasında interaksiyonu önemli bulunan birinci yılda biyolojik yaş verim en yüksek, TD_0-SeD_1 (112.83 g/bitki), TD_0-SeD_2 (93.23 g/bitki) ve TD_1-SeD_1 (103.24 g/bitki) en düşük ise TD_2-SeD_0 , TD_2-SeD_1 ve TD_3 altındaki tüm SeD kombinasyon konularında aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın (2.62 ile 31.96 g/bitki arasında) ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.61). En yüksek biyolojik yaş verimine sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %36.5 ile %97.7 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Faktörler arasında herhangi bir interaksiyon belirlenmeyen ikinci yılda, biyolojik yaş veriminin ana faktör olarak gerek TD ($P<0.01$) ve gerekse SeD ($P<0.05$) dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.62). TD ana faktörü altında en düşük biyolojik yaş verim değerleri aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın orta (31.81 g/bitki) ve yüksek (21.19 g/bitki) tuz stresi konularında bulunurken, en yüksek ise kontrol (93.05 g/bitki) konusunda belirlenmiştir. Kontrol konusuna göre biyolojik yaş verim değerlerindeki azalma ikinci yılda düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %40.9, %65.8 ve %77.2 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör olarak SeD dikkate alındığında artan selenyum uygulamalarına bağlı olarak biyolojik yaş verim değerlerinin de arttığı ortaya çıkmıştır. Aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın, en düşük biyolojik yaş verim SeD_0 (43.18 g/bitki) ve SeD_1 (51.44 g/bitki), en yüksek ise SeD_1 ve SeD_2 (56.14 g/bitki)

konularında ortaya çıkmıştır. Selenyum uygulaması yapılmayan konuya göre SeD₂ konusunda biyolojik yaş verimin %30.0 arttığı hesaplanmıştır.

İkinci yılda, biyolojik yaş verim değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. TD konuları arasında ise her bir SeD altında genel olarak sulama suyu tuzluğu arttıkça biyolojik yaş verimin önemli miktarlarda azaldığı belirlenmiştir. En yüksek biyolojik yaş verimler her bir SeD altında kontrol tuz stresi konusunda ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.62).

Çizelge 4. 61. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında ortalama biyolojik yaş verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SeD ₀ (0)	71.62 [†] bc	50.35 cd	19.76 de	18.34 de
SeD ₁ (5)	112.83 a	103.24 ab	31.96 de	2.62 e
SeD ₂ (20)	93.23 ab	51.70 cd	39.00 cd	2.92 e

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 62. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama biyolojik yaş verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	83.77 [†] A [‡]	44.29 B	27.31 BC	17.36 C	**	43.18 b [#]
SeD ₁ (5)	96.95 A	54.13 B	31.54 BC	23.13 C	**	51.44 ab
SeD ₂ (20)	98.43 A	66.47 B	36.58 C	23.07 C	**	56.14 a
P > F	öd	öd	öd	öd		*
SeD _{Ort.}	93.05 A	54.96 B	31.81 C	21.19 C	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.3.5. Biyolojik kuru verim

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde, fasulye bitkisinin biyolojik kuru verim verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları birinci yıl istatistiksel olarak önemli bulunurken (P<0.05), ikinci yıla ait değerler için bu interaksyon anlamlı bulunmamıştır.

Bu nedenle, biyolojik kuru verim verilerinin yorumlanmasında ikinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, birinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Ana faktörler arasında interaksyonu önemli bulunan birinci yılda biyolojik kuru verim en yüksek, TD₀-SeD₁ (54.34 g/bitki), en düşük ise aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın TD₂ ve TD₃ altındaki tüm SeD kombinasyon konularında (1.20 ile 15.80 g/bitki arasında) ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.63). En yüksek biyolojik kuru verimine sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %28.8 ile %97.8 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Faktörler arasında herhangi bir interaksiyon belirlenmeyen ikinci yılda, biyolojik kuru veriminin ana faktör olarak gerek TD ($P<0.01$) ve gerekse SeD ($P<0.05$) dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.64). TD ana faktörü altında en düşük biyolojik kuru verim değeri yüksek (15.25 g/bitki) tuz stresi konusunda bulunurken, en yüksek ise kontrol (40.85 g/bitki) konusunda belirlenmiştir. Kontrol konusuna göre biyolojik kuru verim değerlerindeki azalma ikinci yılda düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %19.0, %45.1 ve %62.7 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör olarak SeD dikkate alındığında artan selenyum uygulamalarına bağlı olarak biyolojik kuru verim değerlerinin de arttığı ortaya çıkmıştır. En düşük biyolojik kuru verim SeD₀ (24.85 g/bitki), en yüksek ise aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın SeD₁ (28.56 g/bitki) ve SeD₂ (30.29 g/bitki) konularında ortaya çıkmıştır. Selenyum uygulaması yapılmayan konuya göre SeD₁ ve SeD₂ konularında biyolojik kuru verim %14.9 ve %21.9 arttığı hesaplanmıştır.

İkinci yılda, biyolojik kuru verim değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. TD konuları arasında ise her bir SeD altında genel olarak sulama suyu tuzluğu arttıkça biyolojik kuru verimin önemli miktarlarda azaldığı belirlenmiştir. En yüksek biyolojik kuru verim SeD₀ ve SeD₂ altında kontrol ve düşük tuz stresi konularında; SeD₀ altında ise yalnızca kontrol tuz stresi konusunda ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.64).

Çizelge 4. 63. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında ortalama biyolojik kuru verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SeD ₀ (0)	26.42 bcd	22.80 bcde	5.51 fg	7.70 efg
SeD ₁ (5)	54.34 a	38.71 b	12.06 defg	1.51 g
SeD ₂ (20)	29.86 bc	19.83 cdef	15.80 cdefg	1.20 g

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4. 64. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama biyolojik kuru verim (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)			
SeD ₀ (0)	36.22 [†] A [‡]	29.57 A	19.69 B	13.93 B	**		24.85 b [#]
SeD ₁ (5)	41.79 A	32.35 B	23.81 C	16.27 D	**		28.56 a
SeD ₂ (20)	44.55 A	37.31 A	23.75 B	15.57 B	**		30.29 a
P > F	öd	öd	öd	öd			*
SeD _{Ort.}	40.85 A	33.08 B	22.42 C	15.25 D	**		

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.3.6. Vejetatif kuru ağırlık

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde verim parametrelerinden vejetatif kuru ağırlık verilerine ait varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. TD ana faktör düzeyinde her iki yılda da %1 önem seviyesinde vejetatif kuru ağırlık verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Buna karşın, tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın SeD ana faktör düzeyinde vejetatif kuru ağırlık değerlerinin birinci yılda istatistiksel anlamda bir farklılık göstermeyip, ikinci yılda ise bu faktör altında da farklılık gösterdiği (P<0.05) ortaya konulmuştur (Çizelge 4.65 ve Çizelge 4.66). Ortalama vejetatif kuru ağırlık değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 2.86 (yüksek tuz stresi) ile 19.51 (kontrol) g/bitki, ikinci yıl ise 9.76 (yüksek tuz stresi) ile 17.09 (kontrol) g/bitki arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre vejetatif kuru ağırlık değerlerindeki

azalma birinci yılda düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %30.5, %64.2 ve %85.3, ikinci yılda ise %21.8, %32.7 ve %42.9 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SeD altında ise ortalama vejetatif kuru ağırlık değerlerinin birinci yıl için aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 9.21 ile 12.81 g/bitki arasında olduğu belirlenmiştir. İkinci yıl ise selenyum uygulaması yapılmayan konu (11.90 g/bitki) ile karşılaştırıldığında vejetatif kuru ağırlığın SeD₂ (14.25 g/bitki) altında %19.7 oranında arttığı hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 65. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama vejetatif kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	14.39 [†] A [‡]	12.85 AB	3.74 C	5.87 BC	*	9.21
SeD ₁ (5)	23.75 A	17.59 A	8.40 B	1.51 B	**	12.81
SeD ₂ (20)	20.40 A	10.28 B	8.79 B	1.20 C	**	10.16
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	19.51 A	13.57 B	6.98 C	2.86 D	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 66. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama vejetatif kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	15.62 [†] A [‡]	12.32 AB	10.32 B	9.34 B	*	11.90 b [#]
SeD ₁ (5)	16.58 A	11.86 B	12.14 B	10.00 B	*	12.64 ab
SeD ₂ (20)	19.06 A	15.92 AB	12.08 BC	9.94 C	**	14.25 a
P > F	öd	öd	öd	öd		*
SeD _{Ort.}	17.09 A	13.37 B	11.51 BC	9.76 C	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Her iki yılda da vejetatif kuru ağırlık değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, hem birinci yıl hem

de ikinci yıl her bir SeD altında vejetatif kuru ağırlık değerleri için %1 veya %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın en yüksek vejetatif kuru ağırlık değerleri birinci yıl SeD₀ ve SeD₁ altında kontrol ve düşük; SeD₂ altında yalnız kontrol, ikinci yıl ise SeD₀ ve SeD₂ altında kontrol ve düşük, SeD₁ altında ise yalnız kontrol tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır.

4.2.3.7. Bakla kuru ağırlık

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde verim parametrelerinden bakla kuru ağırlık verilerine ait varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Buna karşın her iki yılda da gerek SD dikkate alınmaksızın TD ($P < 0.01$) ve gerekse TD dikkate alınmaksızın SiD ($P > 0.05$) ana faktör düzeyinde bakla kuru ağırlık verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.67 ve Çizelge 4.68). Ortalama bakla kuru ağırlık değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 0.61 (yüksek tuz stresi) ile 17.36 (kontrol) g/bitki, ikinci yıl ise 5.50 (yüksek tuz stresi) ile 23.77 (kontrol) g/bitki arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre bakla kuru ağırlık değerlerindeki azalma birinci yılda orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %76.2, %96.5, ikinci yılda ise düşük orta ve yüksek tuz stresi konularında %17.1, %54.1 ve %76.9 olarak hesaplanmıştır. Birinci yılda selenyum uygulaması yapılmayan konu (6.39 g/bitki) ile karşılaştırıldığında bakla kuru ağırlıklarının SeD₁ (12.64 g/bitki) altında %116.6 oranında arttığı hesaplanmıştır. İkinci yıl ise selenyum uygulaması yapılmayan konu (12.96 g/bitki) ile karşılaştırıldığında bakla kuru ağırlıklarının SeD₁ (15.92 g/bitki) ve SeD₂ (16.04 g/bitki) altında sırasıyla %22.8 ve %23.8 oranında arttığı hesaplanmıştır.

Her iki yılda da bakla kuru ağırlık değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, birinci yılda SeD₁ altında ve ikinci yılda ise her bir SeD altında bakla kuru ağırlık değerleri için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($P < 0.01$) olduğu belirlenmiştir. Aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın en yüksek bakla kuru ağırlık değerleri birinci yıl SeD₁ altında kontrol ve düşük, ikinci yıl ise SeD₀ ve SeD₂ altında kontrol ve düşük, SeD₁ altında ise yalnız kontrol tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. 67. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)			
SeD ₀ (0)	12.03 [†]	9.96	1.76	1.83	öd		6.39 b [#]
SeD ₁ (5)	30.59 A [‡]	21.12 A	3.66 B	0.00 B	**		13.84 a
SeD ₂ (20)	9.46	9.55	7.00	0.00	öd		6.50 b
P > F	öd	öd	öd	öd			*
SeD _{Ort.}	17.36 A	13.54 A	4.14 B	0.61 B	**		

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 68. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama bakla kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)			
SeD ₀ (0)	20.61 [†] A [‡]	17.25 A	9.37 B	4.59 C	**		12.96 b [#]
SeD ₁ (5)	25.41 A	20.50 B	11.68 C	6.27 D	**		15.92 a
SeD ₂ (20)	25.48 A	21.39 A	11.67 B	5.62 B	**		16.04 a
P > F	öd	öd	öd	öd			*
SeD _{Ort.}	23.77 A	19.71 B	10.91 C	5.50 D	**		

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.3.8. Tohum kuru ağırlık

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde verim parametrelerinden tohum kuru ağırlık verilerine ait varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Gerek TD (P<0.01) ve gerekse SeD (P<0.05) ana faktör düzeyinde her iki yılda da tohum kuru ağırlık verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.69 ve Çizelge 4.70). Ortalama tohum kuru ağırlık değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 0.17 (yüksek tuz stresi) ile 10.97 (kontrol) g/bitki, ikinci yıl ise 3.88 (yüksek tuz stresi) ile 17.71 (kontrol) g/bitki arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre tohum kuru ağırlık değerlerindeki azalma

birinci yılda orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %80.9, %98.5, ikinci yılda ise düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %18.1, %56.3 ve %78.1 olarak hesaplanmıştır. Selenyum uygulaması yapılmayan konu ile karşılaştırıldığında tohum kuru ağırlıklarının birinci yılda SeD₁ (8.95 g/bitki) konusunda %139.9 ikinci yıl ise SeD₁ (11.57 g/bitki) ve SeD₂ (11.77 g/bitki) konularında sırasıyla %21.3 ve %23.4 oranında arttığı hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 69. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama tohum kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	8.24 [†]	5.69	0.47	0.50	öd	3.73 b [#]
SeD ₁ (5)	19.50 A [‡]	14.33 A	1.98 B	0.00 B	**	8.95 a
SeD ₂ (20)	5.18	6.68	3.97	0.00	öd	3.96 b
P > F	öd	öd	öd	öd		*
SeD _{Ort.}	10.97 A	8.90 A	2.13 B	0.17 B	**	

†: Her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 70. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında ortalama tohum kuru ağırlık (g/bitki) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	15.42 [†] A [‡]	12.79 A	6.77 B	3.18 C	**	9.54 b [#]
SeD ₁ (5)	19.07 A	14.53 B	8.23 C	4.46 D	**	11.57 a
SeD ₂ (20)	18.63 A	16.21 A	8.22 B	4.01 B	**	11.77 a
P > F	öd	öd	öd	öd		*
SeD _{Ort.}	17.71 A	14.51 B	7.74 C	3.88 D	**	

†: Her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Her iki yılda da tohum kuru ağırlık değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, birinci yılda yalnızca SeD₁ altında ve ikinci yılda ise her bir SeD altında istatistiksel olarak anlamlı

farklılıklar ($P<0.01$) olduğu belirlenmiştir. Aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın en yüksek tohum kuru ağırlık değerleri birinci yıl SeD_1 altında kontrol ve düşük, ikinci yıl ise SeD_0 ve SeD_2 altında kontrol ve düşük, SeD_1 altında ise yalnız kontrol tuz stresi konularında ortaya çıkmıştır.

4.2.4. Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozunun fasulye bitkisinde protein ve organik asit içeriğine etkisi

4.2.4.1. Protein içeriği

Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu denemesinde de danede protein analizi yalnızca ikinci yılda yapılabilmektedir. Söz konusu dönemdeki danede protein değeri için TD x SeD interaksyonu önemli bulunmuştur. Bu nedenle, bu parametrelerin yorumlanmasında her bir ana faktör ayrı ayrı ele alınmamış fakat faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar Çizelge 4.71’de verilmiştir. Danede protein değeri aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın en yüksek (%23.21 ile 24.13 arasında) TD_1-SeD_0 ve TD_0 altındaki tüm SeD kombinasyon konularında belirlenirken, en düşük değerler ise TD_1-SeD_1 (%18.82) ve TD_2-SeD_2 (%18.82) kombinasyon konularından elde edilmiştir. En yüksek danede protein içeriğine sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %6.4 ile %22.9 arasında olduğu hesaplanmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, protein içeriğinin yüksek tuzluluklarda ve artan selenyum uygulamalarında bir miktar azalma gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4. 71. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında ortalama danede protein (%) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD_0 (0.6)	TD_1 (1.6)	TD_2 (3.0)	TD_3 (4.8)
SeD_0 (0)	24.13 [†] a [#]	23.21 abc	22.18 cd	20.47 e
SeD_1 (5)	23.67 ab	18.82 f	20.23 e	22.58 bc
SeD_2 (20)	23.62 ab	20.36 e	18.60 f	20.98 de

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

4.2.4.2. Tartarik asit

Bitkide organik asit parametreleri arasında tartarik asit için TD x SeD interaksyonu birinci yıl %5 ikinci yıl ise %1 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Bu nedenle, sözkonusu parametrenin yorumlanmasında her iki yıl için de her bir ana faktör ayrı ayrı ele alınmayıp faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar değerlendirilmiştir. Birinci yılda en yüksek tartarik asit içeriği TD₀-SeD₀ (7786 mg/kg) ve TD₃-SeD₁ (6382 mg/kg) kombinasyon konularından elde edilirken, en düşük tartarik asit içeriğinin ise aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın diğer konularda ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.72). En yüksek tartarik asit içeriğine sahip konu ile karşılaştırıldığında, diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %31.1 ile %52.5 arasında olduğu hesaplanmıştır.

İkinci yılda ise en yüksek tartarik asit içeriği (21911 mg/kg) TD₃-SeD₂ kombinasyon konusunda belirlenirken, en düşük tartarik asit içerikleri ise TD₀-SeD₀ (8102 mg/kg) ve TD₃-SeD₁ (4328 mg/kg) kombinasyon konularından elde edilmiştir (Çizelge 4.73). En yüksek tartarik asit içeriğine sahip konu ile karşılaştırıldığında, diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %23.0 ile %80.3 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 72. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama tartarik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SeD ₀ (0)	7786.1 [†] a [#]	4483.3 bc	4686.3 bc	4857.7 bc
SeD ₁ (5)	5113.5 bc	3702.1 c	5008.7 bc	6381.9 ab
SeD ₂ (20)	5076.3 bc	5365.8 bc	5035.4 bc	4725.0 bc

[†]: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

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

Çizelge 4. 73. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama tartarik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SeD ₀ (0)	8101.8 [†] ef [#]	8493.3 e	9561.5 de	15174.3 bc
SeD ₁ (5)	9190.0 de	12080.4 cde	16880.2 b	4327.8 f
SeD ₂ (20)	11534.0 cde	9901.6 de	13186.1 bcd	21910.7 a

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

4.2.4.3. Okzalik asit

TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde verim parametrelerinden okzalik asit verilerine ait varyans analiz sonuçları her iki yılda da istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Benzer şekilde, selenyum dozları dikkate alınmaksızın TD ana faktör düzeyinde her iki yılda da okzalik asit verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Buna karşın, tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın SeD ana faktör düzeyinde okzalik asit değerlerinin birinci yılda ($P<0.01$) istatistiksel olarak farklılıklar gösterirken ikinci yılda göstermediği ortaya konulmuştur (Çizelge 4.74 ve Çizelge 4.75). Ortalama okzalik asit değerleri TD ana faktörü altında birinci ve ikinci yıl için aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın sırasıyla 5978 ile 7952 mg/kg ve 2742 ile 5667 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir.

Ana faktör SeD altında ortalama okzalik asit değerlerinin birinci yıl için selenyum uygulaması yapılmayan konu (5373 mg/kg) ile karşılaştırıldığında okzalik asit değerlerinin SeD₂ (8433.1 mg/kg) konusunda %57.0 oranında arttığı hesaplanmıştır. İkinci yıl için ise aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın okzalik asit içeriğinin 3313 ile 3787 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir.

Birinci yılda okzalik asit değerleri SeD konuları arasında yalnızca TD₃ altında istatistiksel anlamda farklılık ($P<0.05$) gösterirken, ikinci yılda SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, okzalik asit içerikleri birinci yılda TD konuları arasında hiçbir SeD altında istatistiksel anlamda istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermezken, ikinci yılda ise SeD₀ ve SeD₁ altında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($P<0.05$) göstermiştir. Birinci yılda okzalik asit

değerleri TD₃ altında en yüksek SeD₂ konusunda bulunurken, ikinci yılda ise SeD₀ ve SeD₁ altında kontrol tuz stresi konusunda ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. 74. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama okzalik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	7267.0 [†]	3817.1	5525.3	4882.0 b [#]	öd	5372.8 b
SeD ₁ (5)	7774.7	6608.7	5270.6	4441.1 b	öd	6023.8 b
SeD ₂ (20)	8814.0	7509.2	7949.2	9459.8 a	öd	8433.1 a
P > F	öd	öd	öd	*		**
SeD _{Ort.}	7951.9	5978.3	6248.4	6261.0	öd	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 75. İkinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama okzalik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	6252.7 [†] A [‡]	2993.8 B	2716.7 B	2815.1 B	*	3694.6
SeD ₁ (5)	4379.9 A	2861.4 B	3172.7 B	2837.8 B	*	3312.9
SeD ₂ (20)	6369.6	3221.5	2335.9	3221.9	öd	3787.2
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	5667.4	3025.5	2741.8	2958.3		3598.2

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

*: 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.4.4. Malik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide malik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda malik asit değeri için TD x SeD interaksyonu önemli bulunmuştur. Bu nedenle, bu parametrelerin yorumlanmasında her bir ana faktör ayrı ayrı ele alınmamış fakat faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar çizelge 4.76'da verilmiştir. Malik asit değeri aralarında istatistiksel anlamda farklılık olmaksızın en yüksek (6384 ile 7900

mg/kg arasında) TD₀-SeD₀ (7900 mg/kg) ve TD₀-SeD₁ (6384 mg/kg) kombinasyon konularında belirlenirken, en düşük değerler ise (4.1 ile 1651 mg/kg arasında) TD₀-SeD₀, TD₀-SeD₁ ve TD₀-SeD₂ konuları hariç diğer kombinasyon konularında elde edilmiştir. En yüksek malik asit değerlerine sahip konu ile karşılaştırıldığında, bu konudan istatistiksel anlamda farklılık gösteren diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %79.1 ile %100 arasında olduğu hesaplanmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, malik asit değerleri yüksek tuzluluklarda ve artan selenyum uygulamalarında bir miktar azalma gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4. 76. Birinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama malik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SeD ₀ (0)	7900.0 [†] a [#]	583.6 bc	1650.8 bc	214.3 c
SeD ₁ (5)	6384.0 a	517.6 bc	1353.0 bc	4.1 c
SeD ₂ (20)	3036.8 b	1297.9 bc	806.4 bc	4.23 c

†: Her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

4.2.4.5. Maloik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide maloik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide maloik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Buna karşın TD ana faktör düzeyinde maloik asit verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği (P<0.01) belirlenirken, SeD ana faktör düzeyinde ise farklılıklar göstermediği ortaya konulmuştur (Çizelge 4.77). Ortalama maloik asit değerleri TD ana faktörü altında 450 (yüksek tuz stresi) ile 4795 (kontrol) mg/kg, arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre maloik asit değerlerindeki azalma düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %58.2, %59.1 ve %90.6 olarak hesaplanmıştır. Ortalama maloik asit değerleri SeD ana faktörü altında söz konusu dönem için aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 1782.3 ile 3156.3 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir.

Diğer taraftan, maloik asit içerikleri SeD konuları arasında yalnızca TD₃ altında istatistiksel anlamda farklılık gösterirken, TD konuları arasında ise yalnızca SeD₂ altında istatistiksel anlamda farklılık ($P < 0.01$) göstermiştir. Maloik asit içeriği TD₃ altında en yüksek SiD₂ (621 mg/kg) konusundan elde edilirken, SeD₂ altında ise TD₀ (7728 mg/kg) konusunda ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.77).

Çizelge 4. 77. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama maloik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	2864.8 [†]	1672.2	2845.3	495.5 b [#]	öd	1969.4
SeD ₁ (5)	3792.0	1409.3	1695.5	232.3 c	öd	1782.3
SeD ₂ (20)	7727.8 A [‡]	2937.5 B	1339.1 B	621.1 Ba	**	3156.3
P > F	öd	öd	öd	**		öd
SeD _{Ort.}	4794.8 A	2006.3 B	1959.9 B	449.6 B	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

**: 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.4.6. Şikimik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide şikimik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide şikimik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Buna karşın TD ana faktör düzeyinde şikimik asit verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar ($P < 0.05$) gösterdiği belirlenirken, SeD ana faktör düzeyinde istatistiksel olarak farklılıklar göstermediği ortaya konulmuştur (Çizelge 4.78). Ortalama şikimik asit değerleri TD ana faktörü altında 2481 (orta tuz stresi) ile 9062 (kontrol) mg/kg, arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre şikimik asit değerlerindeki azalma düşük ve orta tuz stresi konularında sırasıyla %62.0, %72.6 olarak hesaplanmıştır. Ortalama şikimik asit değerleri SeD ana faktörü altında söz konusu dönem için aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 4572 ile 5173 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir.

Diğer taraftan, şikimik asit içerikleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermezken, TD konuları arasında ise yalnızca SeD₀ altında istatistiksel anlamda farklılık ($P < 0.05$) göstermiştir. Buna göre, SeD₀ altında en yüksek şikimik asit içeriği TD₀ (13986 mg/kg) konusunda ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.78).

Çizelge 4. 78. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama şikimik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	13986.0 [†] A [‡]	2530.3 B	1734.9 B	2441.0 B	*	5173.1
SeD ₁ (5)	5097.2	2620.7	2887.7	9249.7	öd	4963.8
SeD ₂ (20)	8101.8	5184.0	2820.3	2179.7	öd	4571.5
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	9061.7 A	3445.0 B	2481.0 B	4623.4 AB	*	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.
*: 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.
öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.4.7. Askorbik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide askorbik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide askorbik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Buna karşın TD ana faktör düzeyinde askorbik asit verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P < 0.01$) belirlenirken, SeD ana faktör düzeyinde istatistiksel olarak farklılıklar göstermediği ortaya konulmuştur (Çizelge 4.79). Ortalama askorbik asit değerleri TD ana faktörü altında 77.2 (yüksek tuz stresi) ile 131.2 (orta tuz stresi) mg/kg, arasında değişim göstermiştir. Orta tuz stresi konusuna göre askorbik asit değerlerindeki azalma kontrol, düşük ve yüksek tuzluluk konularında sırasıyla %37.3, %40.6 ve %41.2 olarak hesaplanmıştır. Ortalama askorbik asit değerleri SeD ana faktörü altında söz konusu dönem için aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 83.0 ile 100.9 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir.

Diğer taraftan, askorbik asit içerikleri SeD konuları arasında yalnızca TD₃ altında istatistiksel anlamda farklılık ($P < 0.01$) gösterirken, TD konuları arasında ise hiçbir SeD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna göre, TD₃ altında en yüksek askorbik asit içeriği SeD₂ (116.3 mg/kg) konusunda ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.79).

Çizelge 4. 79. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama askorbik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)			
SeD ₀ (0)	61.09 [†]	84.4	124.9	61.4 b [#]	öd		83.0
SeD ₁ (5)	96.6	95.9	157.2	53.9 b	öd		100.9
SeD ₂ (20)	88.9	53.4	111.3	116.3 a	öd		92.5
P > F	öd	öd	öd	**			öd
SeD _{Ort.}	82.2 B [‡]	77.9 B	131.2 A	77.2 B	**		

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

**: 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.4.8. Asetik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide asetik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide asetik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Buna karşın TD ana faktör düzeyinde asetik asit verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar ($P < 0.01$) gösterdiği belirlenirken, SeD ana faktör düzeyinde istatistiksel olarak farklılıklar göstermediği ortaya konulmuştur (Çizelge 4.80). Ortalama asetik asit değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 3.3 (yüksek tuz stresi) ile 65.2 (kontrol) mg/kg, arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre asetik asit değerlerindeki azalma orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %65.3 ve %94.9 olarak hesaplanmıştır. Ortalama asetik asit değerleri SeD ana faktörü altında söz konusu dönem için aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 26.4 ile 42.4 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir.

Diğer taraftan, asetik asit içerikleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermezken, TD konuları arasında ise SeD₀ altında istatistiksel anlamda farklılık ($P < 0.05$) göstermiştir. Buna göre, SeD₀ altında en yüksek asetik asit içeriği TD₀ (76.8 mg/kg) ve TD₁ (33.8 mg/kg) konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.80).

Çizelge 4. 80. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama asetik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					P > F	TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)			
SeD ₀ (0)	76.8 [†] A [‡]	33.8 AB	15.0 B	2.6 B	*		32.1
SeD ₁ (5)	49.9	20.3	31.9	3.6	öd		26.4
SeD ₂ (20)	68.7	76.3	21.0	3.7	öd		42.4
P > F	öd	öd	öd	öd			öd
SeD _{Ort.}	65.2 A	43.4 AB	22.6 BC	3.3 C	**		

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.
** ve *: sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.
öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.4.9. Sitrik asit

Tuz düzeyi (TD) x selenyum dozu (SeD) karşılıklı etkileşimi düzeyinde, sitrik asit verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları birinci yıl istatistiksel olarak anlamlı değilken, ikinci yıla ait veriler için bu interaksiyon %1 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Bu nedenle, sitrik asit değerlerinin yorumlanmasında birinci yıl için ana faktörler ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilirken, ikinci yıl için ise yalnızca faktöriyel düzeyde etkileşime ilişkin sonuçlar açıklanmıştır.

Faktörler arasında herhangi bir interaksiyon belirlenmeyen birinci yılda, sitrik asit değerlerinin ana faktör olarak TD dikkate alındığında istatistiksel olarak farklılıklar ($P < 0.01$) gösterirken, SeD dikkate alındığında istatistiksel olarak önemli bir farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Ortalama sitrik asit değerleri TD ana faktörü altında 17130 (yüksek tuz stresi) ile 70553 (kontrol tuz stresi) mg/kg arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.81). Kontrol tuzluluk konusuna göre sitrik değerlerindeki azalma birinci yılda orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %51.1 ve %75.7 olarak

hesaplanmıştır. Ana faktör SeD altında ise ortalama sitrik asit değerlerinin birinci yıl için istatistiksel anlamda fark olmaksızın 37870 ile 51125 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir. Birinci yılda, sitrik asit değerleri SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna karşın, SeD₂ altında tuz stresinde artışa bağlı olarak sitrik asit içeriğinin önemli miktarlarda azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.81).

Ana faktörler arasında interaksyonu önemli bulunan ikinci yıl sitrik asit verileri arasında en yüksek değer TD₀-SeD₂ (22402 mg/kg), en düşük değerler ise aralarında istatistiksel anlamda bir fark olmaksızın TD₂-SeD₂ (3781 mg/kg) ve TD₃-SeD₀ (6030 mg/kg) konularında ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.82). En yüksek sitrik asit değerine sahip konu ile karşılaştırıldığında, diğer kombinasyon konularındaki azalmanın %18.0 ile %83.1 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 81. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama sitrik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	94151.1 [†]	53792.1	31131.5	25425.5	öd	51125.1
SeD ₁ (5)	51927.6	50373.3	35308.8	13869.3	öd	37869.7
SeD ₂ (20)	65579.7 A [‡]	41931.9 B	37150.2 B	12096.5 C	**	39189.6
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	70552.8 A	48699.1 AB	34530.1 BC	17130.4 C	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

**: 0.01 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4. 82. İkinci yıl tuzluluk düzeyi x selenyum dozu interaksyonu altında bitkide ortalama sitrik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)			
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)
SeD ₀ (0)	14216.7 [†] c [#]	12058.9 cd	7820.2 ef	6029.5 fg
SeD ₁ (5)	18371.1 b	11216.6 d	6304.5 f	6728.2 f
SeD ₂ (20)	22402.4 a	9686.5 de	3780.8 g	6696.9 f

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

#: Harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir parametre için verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

4.2.4.10. Maleik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide maleik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide asetik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Buna ek olarak, maleik asit değerlerinin ana faktör olarak hem TD hem de SeD dikkate alındığında da istatistiksel olarak farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Ana faktör TD ve SeD altında ortalama maleik asit değerlerinin istatistiksel anlamda fark olmaksızın sırasıyla 29.5 ile 72.1 mg/kg ve 43.7 ile 48.8 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir. Maleik asit değerleri TD konuları arasında yalnızca SeD₂ altında ($P < 0.05$) istatistiksel anlamda farklılık gösterirken, SeD konuları arasında hiçbir TD altında istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir. Buna göre, SeD₂ altında en yüksek maleik asit içeriği TD₀ (54.8 mg/kg) ve TD₁ (93.7 mg/kg) konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.83).

Çizelge 4. 83. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama maleik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	TD _{Ort.}
SeD ₀ (0)	60.8 [†]	43.9	26.0	64.6	öd	48.8
SeD ₁ (5)	39.2	78.6	36.5	30.1	öd	46.1
SeD ₂ (20)	54.8 AB [‡]	93.7 A	26.1 B	0.0 B	*	43.7
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	51.6	72.1	29.5	31.6	öd	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

*: 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.4.11. Fumarik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide fumarik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide fumarik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Buna karşın TD ana faktör düzeyinde fumarik asit verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar

gösterdiği ($P < 0.05$) belirlenirken, SeD ana faktör düzeyinde istatistiksel olarak farklılıklar göstermediği ortaya konulmuştur (Çizelge 4.84). Ortalama fumarik asit değerleri TD ana faktörü altında 25.8 (yüksek tuz stresi) ile 128.2 (orta tuz stresi) mg/kg, arasında değişim göstermiştir. Orta tuz stresi konusuna göre fumarik asit değerlerindeki azalma yüksek tuz stresi konusunda %79.9 olarak hesaplanmıştır. Ortalama fumarik asit değerleri SeD ana faktörü altında söz konusu dönem için aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 54.5 ile 101.4 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir.

Diğer taraftan, fumarik asit içerikleri SeD konuları arasında hiçbir TD konuların altında istatistiksel anlamda farklılık göstermezken, TD konuları arasında ise SeD₀ altında istatistiksel anlamda farklılık göstermiştir ($P < 0.05$). Buna göre, SeD₁ altında en yüksek fumarik asit içeriği TD₀ (117.6 mg/kg) ve TD₂ (218.0 mg/kg) konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.84).

Çizelge 4. 84. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama fumarik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	70.5 [†]	77.1	45.7	24.9	öd	54.5
SeD ₁ (5)	117.6 AB [‡]	66.2 B	218.0 A	3.6 B	*	101.4
SeD ₂ (20)	90.8	64.2	120.8	48.8	öd	81.2
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	92.9 AB	69.2 AB	128.2 A	25.8 B	*	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

*: 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.4.12. Süksinik asit

İkinci yıl yapılan analizlerde bitkide süksinik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda TD x SeD karşılıklı etkileşimi düzeyinde bitkide süksinik asit içeriğine ilişkin verilere ait varyans analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Buna karşın selenyum dozları dikkate alınmaksızın TD ana faktör düzeyinde süksinik asit

verilerinin istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P < 0.01$) belirlenirken, tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın SeD ana faktör düzeyinde istatistiksel olarak farklılıklar göstermediği ortaya konulmuştur (Çizelge 4.85). Ortalama süksinik asit değerleri TD ana faktörü altında 11407 (yüksek tuz stresi) ile 52986 (kontrol) mg/kg arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre süksinik asit değerlerindeki azalma yüksek tuz stresi konusunda %78.5 olarak hesaplanmıştır. Ortalama süksinik asit değerleri SeD ana faktörü altında söz konusu dönem için aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 3920 ile 40732 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir.

Diğer taraftan, süksinik asit içerikleri SeD konuları arasında hiçbir TD konuların altında istatistiksel anlamda farklılık göstermediği belirlenirken, TD konuları arasında ise SeD₁ ($P < 0.01$) ve SeD₂ ($P < 0.05$) altında istatistiksel anlamda farklılık göstermiştir. Buna göre, SeD₁ ve SeD₂ altında en yüksek süksinik asit içerikleri TD₀ (sırasıyla 48127 ve 50859 mg/kg), TD₂ (sırasıyla 45555, 57749 mg/kg) ve TD₂ (sırasıyla 54483, 43402 mg/kg) konularında ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.85).

Çizelge 4. 85. Birinci yıl tuzluluk düzeyi ve selenyum dozu ana faktörleri altında bitkide ortalama süksinik asit içeriği (mg/kg) değerlerinin istatistiksel analizi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	59971.0 [†]	43844.2	25804.1	15029.9	öd	36162.3
SeD ₁ (5)	48127.2 A [‡]	45555.4 A	54482.7 A	8273.2 B	**	3919.7
SeD ₂ (20)	50858.7 A	57749.1 A	43401.8 A	10919.0 B	*	40732.2
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	52985.7 A	49049.6 A	41229.5 A	11407.4 B	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.5. Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozunun fasulye bitkisinde su kullanım randımanına etkisi

Her iki yılda bitki su tüketimi ve tohum verimi dikkate alındığında SKR değeri için TD x SeD interaksyonunun anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Selenyum dozları dikkate alınmaksızın TD ana faktör düzeyinde her iki yılda da SKR verilerinin

istatistiksel olarak farklılıklar gösterdiği ($P < 0.01$) belirlenmiştir. Buna karşın, tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın SeD ana faktör düzeyinde SKR değerlerinin birinci yılda istatistiksel anlamda bir farklılık göstermeyip, ikinci yılda ise bu faktör altında da farklılık gösterdiği ($P < 0.01$) ortaya konulmuştur (Çizelge 4.86 ve Çizelge 4.87). Ortalama SKR değerleri TD ana faktörü altında birinci yıl 0.25 (yüksek tuz stresi) ile 12.50 (kontrol) g/mm, ikinci yıl ise 6.26 (yüksek tuz stresi) ile 18.15 (kontrol) g/mm arasında değişim göstermiştir. Kontrol tuzluluk konusuna göre SKR değerlerindeki azalma birinci yılda orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %74.8 ve %98.0, ikinci yılda ise düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında sırasıyla %10.5, %35.2 ve %65.5 olarak hesaplanmıştır. Ana faktör SeD altında ise ortalama SKR değerlerinin birinci yıl için aralarında istatistiksel anlamda fark olmaksızın 4.42 ile 10.35 g/mm arasında olduğu belirlenmiştir. İkinci yıl ise selenyum uygulaması yapılmayan konu (11.53 g/mm) ile karşılaştırıldığında SKR değerinin SeD₁ (14.02 g/mm) ve SeD₂ (13.76 g/mm) konularında sırasıyla %21.6 ve %19.3 oranında arttığı hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 86. Birinci yıl (2019) tuz düzeyi ve selenyum dozlarının su kullanım randımanına (g/mm) etkisi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	9.40 [†]	6.77	0.76	0.75	öd	4.42
SeD ₁ (5)	21.75 A [‡]	16.83 A	2.85 B	0.00 B	*	10.35
SeD ₂ (20)	6.37	9.61	5.86	0.00	öd	5.45
P > F	öd	öd	öd	öd		öd
SeD _{Ort.}	12.50 A	11.07 A	3.15 B	0.25 B	**	

[†]: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır

[‡]: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

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

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Birinci yılda SKR değerleri yalnızca SeD₁ altında TD konuları arasında %5 önem seviyesinde istatistiksel anlamda farklılık gösterirken, ikinci yıl ise her bir SeD altında TD konuları arasında farklılık ortaya çıkmıştır. Birinci yıl SeD₁ altında en yüksek SKR değeri kontrol ve düşük tuz stresi; ikinci yıl ise SeD₀ ve SeD₂ altında kontrol ve düşük, SeD₁ altında yalnızca kontrol konularında ortaya çıkmıştır. Birinci yılda SeD konuları arasında hiç bir TD altında farklılık göstermeyen SKR değerleri,

ikinci yılda yalnızca TD₁ altında selenyum uygulanan konularda önemli bir artış göstermiştir (Çizelge 4.86 ve Çizelge 4.87).

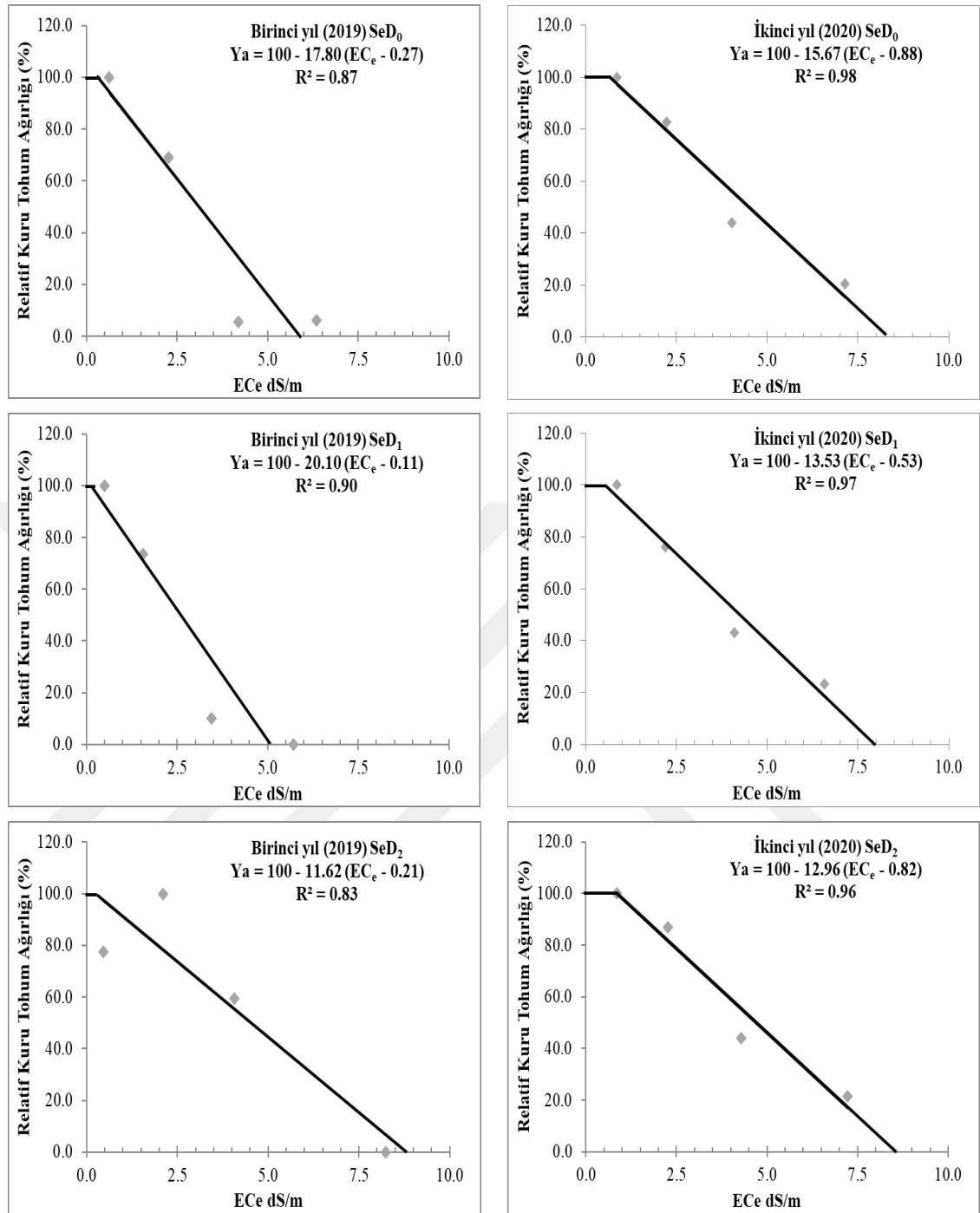
Çizelge 4. 87. İkinci yıl (2020) tuz düzeyi ve selenyum dozlarının su kullanım randımanına (g/mm) etkisi

Selenyum Dozu (mg Se/L)	Tuz Düzeyi (dS/m)					TD _{Ort.}
	TD ₀ (0.6)	TD ₁ (1.6)	TD ₂ (3.0)	TD ₃ (4.8)	P > F	
SeD ₀ (0)	16.24 [†] A [‡]	13.81 ABb [#]	10.85 B	5.22 C	**	11.53 b
SeD ₁ (5)	19.96 A	16.20 Bab	12.85 C	7.05 D	**	14.02 a
SeD ₂ (20)	18.23 A	18.73 Aa	11.57 B	6.51 C	**	13.76 a
P > F	öd	*	öd	öd		**
SeD _{Ort.}	18.15 A	16.25 B	11.76 C	6.26 D	**	

†: Her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır
‡: Büyük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir satır boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.
#: Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde her bir sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.
** ve *: sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.
öd: istatistiksel olarak önemsiz.

4.2.6. Tuzluluk düzeyi ve selenyum dozunun fasulye bitkisinde tuz toleransına etkisi

Tuzluluk düzeyleri ve selenyum dozları denemesi için elde edilen verilerden hasat sonrası toprak örneklerinin ortalama kök bölgesi toprak saturasyon ekstraktı tuzluluğu (ikinci yıl için E_{Ce} değerleri metot bölümünde ifade edildiği gibi hesaplama yoluyla tahmin edilmiştir) ve kuru tohum verimleri yardımıyla birinci yıl ve ikinci yıl için oluşturulan tuz tolerans modellerinin grafikleri Şekil 4.5’de sunulmuştur. Fasulye bitkisinin tohum verimi için elde edilen tuzluluk eşik değerleri SeD₀, SeD₁ ve SeD₂ uygulamaları altında birinci yıl sırasıyla 0.27, 0.11 ve 0.21 dS/m ve ikinci yıl sırasıyla 0.88, 0.53 ve 0.82 dS/m olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde tuz tolerans modelleri yardımıyla eşik sonrası birim tuzluluk artışı için verim düşüşünü ifade eden eğim değerleri ise yine SeD₀, SeD₁ ve SeD₂ uygulamaları altında birinci yıl sırasıyla 17.80, 20.10 ve 11.62 % / dS/m ve ikinci yıl 15.67, 13.53 ve 12.86 % / dS/m olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.5. Birinci ve ikinci yıl selenyum dozları için tuz tolerans modelleri

5. TARTIŞMA

5.1. Tuzluluk Düzeyi ve Silisyum Dozunun Fasulye Bitkisine Etkileri

Sulama suyu tuzluluk düzeyi- silisyum dozu denemesinde, TD ana faktör olarak dikkate alındığında artan tuzluluk düzeylerinin genel olarak fasulye bitkisinde her iki yılda da ET, EC_e, EC_{dr}, bitki boyu, gövde çapı, bakla uzunluğu (ikinci yılda $p < 0.5$), bakla sayısı, tohum sayısı, biyolojik yaş verim, biyolojik kuru verim, vejetatif kuru ağırlık, bakla kuru ağırlığı, tohum kuru ağırlığı gibi su tüketimi, büyüme ve verim parametrelerinin tamamı olumsuz etkilediği ortaya konulmuştur. Literatürde fasulye bitkisinde tuz stresi ile ilgili çalışmaların çoğunluğunda araştırmacılar genellikle sodyum ve klor iyonlarını içeren NaCl tuzu kullanılmış ve çalışmalar sonucunda bitki gelişimi ve veriminde ortaya çıkan azalmaların başlıca olası nedeni olarak ozmotik stres ve iyon toksisitesi olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde, (Tejera vd., 2005, Ndakidemi ve Makoi, 2009, Metwali vd., 2015) yüksek NaCl kaynaklı tuz stresine maruz kalan fasulye bitkilerinde büyüme ve verimdeki düşüşün, bu etkilerin en azından kısmen Na ve/veya Cl toksisitesinin doğrudan etkisinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Diğer taraftan, (Osman vd., 2017) tuz stresinin bitkide besin dengesizliklerine, hücre bölünmelerinde azalmaya, hücre zarlarında hasara ve fotosentez ve solunum gibi metabolik süreçlerde değişikliklere neden olarak fasulye bitkisinin gelişimini ve verimini azaltmış olabileceği rapor edilmiştir. Bu tez çalışmasında tuzluluğun oluşturulmasında yalnızca Na ve Cl iyonları değil, SAR değerinin kontrol altında tutulması (<5) amacıyla NaCl'e ek olarak CaCl₂ ve MgSO₄ tuzları da kullanılmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada tuz stresinin fasulye bitkisinde özellikle bitki su kullanımı, büyüme ve verim parametrelerinde neden olduğu olumsuz etkilerin tuzluluk kaynaklı iyon toksisitesinden ziyade ozmotik stres ve olası besin dengesizlikleri nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Ana faktör olarak SiD dikkate alındığında birinci yıl biyolojik kuru verim ($P < 0.5$), bakla kuru ağırlığı ($P < 0.5$) ve tohum kuru ağırlığı; ikinci yıl ise bitki boyu, bakla sayısı, tohum sayısı, biyolojik yaş verim, biyolojik kuru verim, vejetatif kuru ağırlık, bakla kuru ağırlık ve tohum kuru ağırlık değerlerinin artan silisyum uygulama dozlarından genel olarak kısıtlı da olsa olumlu etkilendiği belirlenmiştir. Coskun vd. (2016) bitki büyümesi ve gelişimi için silisyumun öneminin bitkilerin bu elementi alma

yeteneklerindeki büyük farklılıklar nedeniyle tartışmalı olduğunu, ancak günümüzde de çoğu bitki büyüme ortamı formülasyonunda yer almamasına rağmen silisyumun tarımsal olarak önemli birçok bitki türüne katkı sağladığının yaygın bir şekilde kabul edildiğini ifade etmişlerdir. Hasanuzzam *vd.* (2010), Khalifa *vd.* (2016) ve Sattara *vd.* (2018) farklı konsantrasyonlardaki silisyum uygulamalarının bitki büyümesi ve verimine olumlu etkide bulunduğuna dair kanıtlar olduğunu bildirmişlerdir.

Kontrol tuzluluk konusuna göre özellikle orta ve yüksek tuz streslerinde ET değerlerindeki azalmaların birinci (%12-20) ve ikinci yılda (%27-36) önemli farklılıklar göstermesi genel olarak tohum ekimi tarihlerindeki ve iklim parametrelerindeki farklılıklar nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Çalışmada ana faktör TD ele alındığında kontrol düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında drenaj suyu tuzluluk değerleri her iki yılda da benzerlik göstermiştir. Her iki yılda da toprak tuzluluk değerleri için silisyum uygulama dozu ve tuzluluk düzeyi arasında bir etkileşim ortaya konulmuş ise de artan silisyum dozlarının toprak tuzluluğunu arttırdığı veya azalttığına ilişkin genel bir sonuca varmak mümkün değildir.

Her iki yılda da bitki boyu, gövde çapı ve bakla uzunluğu parametreleri için SiD ve TD faktörleri arasında herhangi bir etkileşimin olmadığı belirlenmiştir. Buna karşın, her iki yılda bakla sayısı ($P < 0.5$) ile birinci yılda tohum sayısı, biyolojik yaş verim, biyolojik kuru verim, bakla kuru ağırlığı ve tohum kuru ağırlığı; ikinci yılda ise yalnızca vejetatif kuru ağırlık parametresi için TD ve SiD faktör etkileşimlerinin anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan bu interaksyonlarda, belirtilen parametrelerde ilgili yıllarda özellikle orta ve yüksek tuz streslerinde yüksek oranlarda azalmalar olduğu görülürken, toprak tuzluluğunda olduğu gibi özellikle birinci yılda anlamlı interaksiyona sahip tüm parametreler için artan silisyum dozlarının etkisiyle ilgili genel bir sonuca varmak mümkün olmamıştır. İkinci yılda ise anlamlı interaksiyona sahip bakla sayısı ve vejetatif kuru ağırlık değerleri genel olarak orta ve yüksek TD altında artan silisyum dozlarından etkilenmezken, kontrol ve düşük tuz streslerinde özellikle en yüksek silisyum dozu uygulamalarına olumlu tepki vermişlerdir. Elde edilen çalışma sonuçları, genel olarak silisyum yaprak uygulamasının fasulye bitkisinde tuz stresinin giderilmesi veya hafifletilmesine önemli bir katkı sağlamadığını ortaya koymaktadır.

Bitkilerde ikinci yıl gerçekleştirilen protein analizi sonuçları her ne kadar TD ve SiD ana faktörleri arasında bir etkileşimin varlığını ortaya koysa da, özellikle tuz stresindeki artışa bağlı olarak protein içeriğinin olumlu etkilendiği, ancak kontrol konusuna göre artan SiD uygulamasının protein içeriğinde artış veya azalmayı açıkça ifade edilebilecek bir sonuç göstermediği belirlenmiştir. Ancak, literatürde soğan (Bybordi *vd.*, 2018), domates (Li *vd.*, 2015), mısır (Khan *vd.*, 2018), biber (Manivannan *vd.*, 2016), patates (Salah *vd.*, 2017) ve buğdayda (Osman *vd.*, 2017) tuzluluk stresi altında farklı miktarlarda silisyum uygulamalarının protein içeriğini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir.

İkinci yıl bitkilerde malik, şikimik, maleik fumarik ve süksinik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin sayısal veriler elde edilememiştir. Birinci yılda şikimik, fumarik ve süksinit ait içeriklerine hem ana faktör olarak TD ve SiD hem de bunların etkileşimlerinin anlamlı bir etkiye sahip olmadığı belirlenirken; malik asit içeriğinin ise hem TD ve SiD ana faktörlerinden önemli düzeylerde etkilendiği, hem de TD x SiD interaksyonun anlamlı olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak artan tuz stresleri bitkide malik asit içeriklerini önemli ölçüde azaltırken diğer parametrelerde olduğu gibi artan silisyum uygulaması için net bir yargıya varılamamıştır. Benzer şekilde, her iki yılda da bitkide tartarik ve sitrik asit içerikleri için ana faktörlerin etkileşimi anlamlı bulunsa da hem tuz stresindeki artış hem de silisyum uygulama dozlarındaki artışın bu parametreye etkisi için yine genel anlamlı bir sonuç ortaya konulamamıştır. Buna karşın, diğer bazı çalışmalarda tuzluluk stresi altında silisyum uygulamalarının farklı bitkilerin kök ve sürgünlerindeki organik asit içeriğini değiştirdiği bildirilmiştir (Li *vd.*, 2015, Badawy *vd.*, 2017). Benzer şekilde, Das *vd.* (2019) NaCl tuz stresi altında iki çeltik çeşidinin fidelerinde piruvik asit, sitrik asit, malik asit ve süksinik asit içeriklerinin silisyum uygulamasıyla önemli ölçüde arttığını; yine Li *vd.* (2015) de tuz stresi altında yetiştirilen domates fidelerinde askorbik asit içeriklerinin, silisyum uygulamasından önemli ölçüde olumlu etkilendiğini bildirmişlerdir.

Su kullanım randımanı için ana faktörlerin etkileşimi birinci yılda anlamlı bulunurken ikinci yılda herhangi bir etkileşimin olmadığı ancak hem TD hem de SiD ana faktör düzeyinde konular arasında farklılıkların olduğu ortaya çıkmıştır. Birinci

yılda SKR değerleri için hem tuz stresindeki artış hem de silisyum uygulama dozlarındaki artışın bu parametreye etkisi için genel anlamlı bir sonuç ortaya konulamamıştır. İkinci yılda SKR değerinin ana faktör olarak TD dikkate alındığında artan tuz streslerinde azalırken, ana faktör SiD altında ise genel olarak arttığı belirlenmiştir.

Tuz tolerans modellerinden elde edilen sonuçlara göre fasulye bitkisinin tohum verimi için elde edilen tuzluluk eşik ve eşik sonrası birim tuzluluk artışı için verim düşüşünü ifade eğim değerleri SiD₀, SiD₁ ve SiD₂ uygulamaları altında her iki yılda da farklı sonuçlar gösterse de, genel olarak değerlendirildiğinde birinci yılda SiD₁ uygulamasının tuzluluk eşik değerini önemli düzeyde olumsuz, eğim değerini ise hafif düzeyde olumlu etkilediği belirlenmiştir. Buna karşın, SiD₂ uygulamasının birinci yılda fasulye bitkisinde hem tuzluluk eşik ve hem de eğim değerini önemli düzeyde olumlu etkilediği ortaya konulmuştur. İkinci yılda ise tuzluluk eşik değerinin SiD₁ ve SiD₂ uygulamalarından sırasıyla orta ve yüksek düzeyde olumlu, eğim değerlerinin ise her iki SD dozu uygulamasından çok düşük düzeyde de olsa olumsuz etkilendiği sonucuna varılmıştır. İkinci yıldaki su kullanım randımanı ile tuzluluk eşik değerlerindeki artış özellikle yüksek silisyum dozunun fasulyede tohum verimindeki az miktardaki olumlu etkisine bağlanabilir. Benzer şekilde, diğer araştırmalarda da, tuz stresi koşullarında silisyum uygulamasının bitki verimini arttırdığı rapor edilmiştir (Li vd., 2015, Sapre ve Vakharia, 2017). Ek olarak, Bybordi (2016) de kanola bitkisinde en yüksek tohum ağırlığı ve tohum veriminin 4 g/L silisyum uygulamalarından elde edildiğini belirlemiştir.

Mutlak gerekli olmayan bir mineral besin maddesi olarak kabul edilmesine rağmen, silisyumun tuz stresi altında mısır (Kochanova vd., 2014, Khan vd., 2018), buğday (Tuna vd., 2008, Tahir vd., 2011, Chen vd., 2014, Osman vd., 2017, Saleh vd., 2017, Alzahrani vd., 2018), arpa (Liang vd., 1996), domates (Romero-Aranda vd., 2006, Haghighi ve Pessarakli, 2013, Li vd., 2015, Oztekin vd., 2018), çeltik (Abdel-Haliem vd., 2017), nohut (Garg ve Bhandari, 2016, Zamani vd., 2017), patates (Salah vd., 2017), çilek (Yaghubi vd., 2016), hıyar (Hawrylak-Nowak, 2009, Khoshgoftarmanesh vd., 2014, Ouzounidou vd., 2016), kanola (Hashemi vd., 2010, Bybordi, 2016), biber (Tantawy vd., 2015, Manivannan vd., 2016), çim (Esmaeili vd., 2015), semizotu (Kafi

ve Rahimi, 2011), soya (Hamayun *vd.*, 2010, Lee *vd.*, 2010), cin börölcesi (Ghassemi-Golezani ve Lotfi, 2015, Lotfi ve Ghassemi-Golezani, 2015, Mahmood, Daur, *vd.*, 2016, Mahmood *vd.*, 2017, Lotfi *vd.*, 2018), soğan (Bybordi *vd.*, 2018), dereotu (Shekari *vd.*, 2017) ve kabak (Savvas *vd.*, 2009) bitkisinde büyüme ve gelişmeye olumlu etkisinin olduğu ifade edilse de, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar silisyumun dış kaynaklı spreyleme şeklinde yaprak uygulanmasının fasulye bitkisinde büyüme ve verim parametrelerini geliştirmede beklenenden daha az bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

5.2. Tuzluluk Düzeyi ve Selenyum Dozunun Fasulye Bitkisine Etkileri

Sulama suyu tuzluluk düzeyi- selenyum dozu denemesinde, TD ana faktör olarak dikkate alındığında artan tuzluluk düzeylerinin genel olarak fasulye bitkisinde her iki yılda da ET, EC_e, EC_{dr}, bitki boyu, gövde çapı, bakla uzunluğu (ikinci yıl hariç), bakla sayısı, tohum sayısı, biyolojik yaş verim, biyolojik kuru verim, vejetatif kuru ağırlık, bakla kuru ağırlığı, tohum kuru ağırlığı gibi su tüketimi, büyüme ve verim parametrelerinin tamamı olumsuz etkilediği ortaya konulmuştur. Silisyum denemesinde olduğu gibi tuzluluğun oluşturulmasında NaCl, CaCl₂ ve MgSO₄ tuzları kullanılmıştır. Bu nedenle, bu denemede de tuz stresinin fasulye bitkisinde özellikle bitki su kullanımı, büyüme ve verim parametrelerinde neden olduğu olumsuz etkilerin tuzluluk kaynaklı iyon toksisitesinden ziyade ozmotik stres ve olası besin dengesizlikleri nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir. Tarımsal üretimde birçok bitki çeşidinin veriminde tuzluluğa bağlı olarak farklı oranlara azalmalar meydana geldiğine dair kanıtlar vardır (Tahir *vd.*, 2007, Metwali *vd.*, 2015, Zamani *vd.*, 2017). Baklagil ailesinin diğer üyeleri ile karşılaştırıldığında, kuru fasulye nispeten daha fazla tuza duyarlı bir bitki çeşidi olarak sınıflandırılmakta olup, özellikle 2 dS/m'nin üzerindeki toprak tuzluluk düzeylerinde %50'den fazla verim kaybı meydana geldiği rapor edilmiştir (Gama *vd.*, 2007). Tuzluluk kaynaklı etkilerin bitkide kuru madde içeriğinde, iyon ilişkilerinde, su durumunda, fizyolojik süreçlerde, biyokimyasal reaksiyonlarda veya tüm bu parametrelerin bir kombinasyonunda değişikliklere neden olabileceği bildirilmektedir (Tejera *vd.*, 2005, Bayram *vd.*, 2014). Tuzluluğun tohum çimlenmesini olumsuz etkilediği, bitki büyümesini geciktirdiği ve verimi azalttığı da bilinmektedir (Kouam *vd.*, 2017). Büyümedeki azalma, genellikle, iyon dengesi, su durumu, mineral beslenme,

stoma davranışı, fotosentetik verimlilik ve karbon tahsisi ve kullanımı gibi çeşitli fizyolojik tepkilerin bir sonucu olarak ortaya çıktığı ifade edilmektedir (Gama vd., 2007, Khalifa vd., 2016, Sattara vd., 2018).

Ana faktör olarak SeD dikkate alındığında birinci yıl bakla sayısı ($P < 0.5$), tohum sayısı, biyolojik yaş verim ($P < 0.5$), biyolojik kuru verim ($P < 0.5$), bakla kuru ağırlığı ($P < 0.5$) ve tohum kuru ağırlığı ($P < 0.5$), ikinci yıl ise bitki boyu ($P < 0.5$), tohum sayısı, biyolojik yaş verim ($P < 0.5$), biyolojik kuru verim ($P < 0.5$), vejetatif kuru ağırlık ($P < 0.5$), bakla kuru ağırlık ($P < 0.5$) ve tohum kuru ağırlık ($P < 0.5$) değerlerinin genel olarak selenyum uygulama dozlarından olumlu etkilendiği ancak bu parametrelerin uygulama dozundaki artışa bağlı olarak benzer tepkiler göstermediği belirlenmiştir. Bu konu ile ilgili yapılan bir çalışmada, tuzluluk stres altında selenyumun 1, 2.5 ve 5 mg/kg uygulama düzeylerinin maş fasulyesinde bitki başına bakla sayısını ve tohum verimini arttırdığı (Saha vd., 2017), 10 μ M selenyum uygulamalarının börülcede 100 tohum ağırlığı, tohum sayısı ve bakla sayısında önemli bir artışa neden olduğu (Manaf, 2016), yüksek konsantrasyon (20 ppm) hariç, uygulanan diğer selenyum konsantrasyonlarının (5, 10 ve 15 ppm), baklada bitki başına bakla sayısını, bakla ağırlığını, tohum sayısını ve tohum ağırlığını arttırdığı (Boghdady vd., 2017), 2.5 ve 5.0 mg/L selenyum uygulamalarının kanola bitkisinde verimi önemli ölçüde artırdığı (Hashem vd., 2013) rapor edilmiştir.

Silisyum denemesinde olduğu gibi, selenyum denemesinde de kontrol tuzluluk konusuna göre özellikle orta ve yüksek tuz streslerinde ET değerlerindeki azalmaların birinci (%24-29) ve ikinci yılda (%32-36.5) önemli farklılıklar göstermesi genel olarak tohum ekimi tarihlerindeki ve iklim parametrelerindeki farklılıklar nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde, bu denemede de ana faktör TD ele alındığında kontrol düşük, orta ve yüksek tuz stresi konularında drenaj suyu tuzluluk değerleri her iki yılda da benzerlik göstermiştir. İkinci yılda toprak tuzluluk değerleri için silisyum uygulama dozu ve tuzluluk düzeyi arasında bir etkileşim ortaya konulmuş ise de artan silisyum dozlarının toprak tuzluluğunu arttırdığı veya azalttığına ilişkin genel bir sonuca varmak mümkün değildir.

Her iki yılda da bitki boyu, gövde çapı, vejetatif kuru ağırlık, bakla kuru ağırlık ve tohum kuru ağırlık parametreleri için SeD ve TD faktörleri arasında herhangi bir etkileşimin olmadığı belirlenmiştir. Buna karşın, birinci yılda bakla sayısı ($P < 0.5$) tohum sayısı ($P < 0.5$), biyolojik yaş verim ($P < 0.5$) ve biyolojik kuru verim ($P < 0.5$); ikinci yılda ise yalnızca bakla uzunluğu ($P < 0.5$) parametresi için TD ve SeD faktör etkileşimlerinin anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. İstatistiksel olarak birinci yılda anlamlı bulunan bu interaksiyonlarda, belirtilen parametrelerde özellikle yüksek tuz stresinde bitki ölümleri nedeniyle yüksek oranlarda azalmalar olduğu görülürken, her iki yılda da anlamlı interaksiyona sahip tüm parametreler için artan selenyum dozlarının etkisiyle ilgili genel bir sonuca varmak mümkün olmamıştır.

Bitkilerde ikinci yıl gerçekleştirilen protein analizi sonuçları TD ve SeD ana faktörleri arasında bir etkileşimin varlığını ortaya koysa da, genel olarak değerlendirildiğinde de, protein içeriğinin yüksek tuzluluklarda ve artan selenyum uygulamalarında bir miktar azalma gösterdiği sonucuna varılmıştır. Buna karşın, selenyum uygulamasının tuzluluk stres altında yetiştirilen kolza bitkisinde toplam çözünür fenoller ve protein konsantrasyonunu arttırdığı açıklanmıştır (Badawy vd., 2017). Benzer şekilde kontrol konusu ile karşılaştırıldığında bakla bitki tohumlarında (Boghdady vd., 2017) ve börülcenin protein içeriğinde protein içeriklerinin selenyum uygulamaları ile arttığı rapor edilmiştir.

Silisyum denemesinde olduğu gibi selenyum denemesinde de ikinci yıl bitkilerde malik, maloik, şikimik, askorbik, asetik, maleik, fumarik ve süksinik asit içerikleri belirlenebilir düzeyin altında olduğundan bu döneme ilişkin değerlendirme yapılamamıştır. Birinci yılda maleik ait içeriklerine hem ana faktörlerin hem de bunların etkileşimlerinin anlamlı bir etkiye sahip olmadığı belirlenirken; malik, maloik, şikimik ($P < 0.5$), askorbik, asetik, sitrik, fumarik ($P < 0.5$) ve süksinik asit içeriklerin TD ana faktör düzeyinde tuzluluk konuları arasında farklılık gösterdiği ortaya konulmuştur. Genel olarak, özellikle en yüksek tuzluluk düzeyinde şikimik, askorbik asit içerikleri hariç diğer tüm asit içeriklerinde azalmalar olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, tuzluluk düzeyleri dikkate alınmaksızın SeD ana faktör düzeyinde, birinci yılda yalnızca okzalik ($P < 0.5$), ikinci yılda ise yalnızca tartarik asit içeriğinin istatistiksel olarak konular arasında farklılık gösterdiği sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde, birinci yılda

tartarik ($P < 0.5$) ve malik asit ($P < 0.5$), ikinci yılda ise tartarik ve sitrik asit içeriklerinin TD x SeD etkileşimi anlamlı bulunsa da hem tuz stresindeki artış hem de selenyum uygulama dozlarındaki artışın bu parametreye etkisi için genel anlamlı bir sonuç ortaya konulamamıştır. Li *vd.* (2015) ve Badawy *vd.* (2017) tuzluluk stresi altındaki selenyum uygulamalarının genellikle farklı bitkilerin kök ve sürgünlerindeki organik asit içeriğini değiştirdiğini bildirilmişlerdir. Benzer şekilde, Soundararajan *vd.* (2014) selenyum uygulamasının bitki hücrelerindeki giberalik asit seviyelerini artırabildiğini ileri sürmüşlerdir.

Su kullanım randımanı için ana faktörlerin etkileşimi her iki yılda da anlamlı bulunmazken, birinci yılda TD ana faktör düzeyinde, ikinci yılda ise hem TD hem de SeD ana faktör düzeyinde konular arasında farklılıkların olduğu ortaya çıkmıştır. Her iki yılda da SKR değeri ana faktör olarak TD dikkate alındığında artan tuz streslerinde azalırken, ikinci yılda ise SKR değerinin ana faktör SeD altında selenyum uygulamasıyla arttığı belirlenmiştir.

Silisyum denemesinde olduğu gibi selenyum denemesinde de tuz tolerans modellerinden elde edilen sonuçlara göre fasulye bitkisinin tohum verimi için elde edilen tuzluluk eşik ve eşik sonrası birim tuzluluk artışı için verim düşüşünü ifade eğim değerleri SeD₀, SeD₁ ve SeD₂ uygulamaları altında her iki yılda da farklı sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, her iki yılda da SeD₁ uygulaması fasulye bitkisinde tuzluluk eşik değerini önemli düzeyde olumsuz etkilerken, SeD₂ uygulamasının bu değeri önemli düzeyde etkilemediği belirlenmiştir. Tuzluluk eşik sonrası verim azalmasını ifade eden eğim değeri ise SeD₁ uygulamasından düşük düzeyde de olsa birinci yıl olumsuz ikinci yıl ise olumlu etkilendiği ortaya konulmuştur. SeD₁ uygulamasının ise her iki yılda da fasulye bitkisinde eğim değerlerini önemli oranda olumlu etkilediği sonucuna varılmıştır. İkinci yılda su kullanım randımanı ile eğim değerlerindeki artış özellikle yüksek selenyum dozunun fasulyede tohum verimindeki düşük olumlu etkisine atfedilebilir. Benzer şekilde, tuz stresi koşullarında selenyum uygulamalarının maş fasulyesinde bitki başına bakla sayısını ve tohum verimini (Saha *vd.*, 2017), börülcede 100 tohum ağırlığı, tohum sayısı ve bakla sayısı (Manaf, 2016), baklada bitki başına bakla sayısını, bakla ağırlığını, tohum sayısını ve

tohum ağırlığını (Boghdady vd., 2017), kanola bitkisinde verimi (Hashem vd., 2013) önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir.

Selenyumun bitkiler tarafından ihtiyaç duyulduğu henüz onaylanmamış olmasına rağmen; mısır (Jiang vd., 2017; Ashraf vd., 2018), domates (Mozafariyan vd., 2016), soğan (Bybordi vd., 2018), sarımsak (Astaneh vd., 2018), maydanoz (Habibi, 2017), kolza (Badawy vd., 2017), kanola (Bybordi, 2016), soya (Wang vd., 2005; Ardebili vd., 2014), bakla (Boghdady vd., 2017), çim (Banuelos vd., 1996), dereotu (Shekari vd., 2017) ve yabani hardal (Banuelos vd., 1990) bitkilerinde düşük konsantrasyonlarda faydalı etkiler ortaya çıkardığı bildirilmektedir. Ancak bu çalışmada elde edilen sonuçlar ise selenyumun dış kaynaklı spreyleme şeklinde yaprak uygulanmasının fasulye bitkisinde büyüme ve verim parametrelerini geliştirmede beklenenden daha az bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur.

6. SONUÇLAR

Tuzluluk, kuraklıktan sonra bitki büyümesini olumsuz etkileyen en yaygın ikinci abiyotik streştir. Bu nedenle, tuzluluk kaynaklı marjinal kaliteye sahip su ve toprak kaynakları altındaki alanlarda, bitkisel üretimi arttırmak için etkin maliyetli stratejilerin araştırılması günümüzün öncelikli araştırma konusu haline gelmiştir. Özellikle son yıllarda, araştırmacılar bitkilerde tuzluluk toleransını geliştirmek için farklı yaklaşımlar kullanmaya başlamıştır. Bu yaklaşımlardan birisi de tuzluluk stresi altındaki bitkilere farklı yöntemlerle bazı elementlerin bitkinin toleransını artırmak amacıyla dışsal olarak uygulanmasıdır. Silisyum ve selenyumun tuzluluk gibi abiyotik streslerin kısmen azaltılması veya tamamen yok edilmesinde etkin ve yararlı olabileceği düşüncesiyle, son yıllarda bu elementlerin farklı kültür bitkilerinde kullanımıyla ilgili araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Ancak literatürde tuzluluk stresi altında yetişen, dünya çapında tüm baklagil tüketiminin yarısına denk fasulye bitkisi için silisyum veya selenyum uygulamalarının bitkinin büyüme, verim ve kalite parametrelerine etkilerinin ortaya konulduğu bilimsel bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında, iki yetiştirme sezonunda, farklı tuzluluk düzeyleri ile farklı silisyum ve selenyum uygulama dozları altında baklagil bitkisi olarak yetiştirilen fasulyenin Antalya koşullarında tuzluluk eşik değeri ve eşik sonrası birim tuzluluk artışında oransal verim azalmaları belirlenerek, silisyum ve selenyumun materyal olarak seçilen bitkinin tuz stresine dayanımını arttırmada olası etkinliği ortaya konulmaya çalışılmış ve konu olarak seçilen farklı tuzluluk düzeyleri, farklı tuzluluk düzeyleri-silisyum dozları ve farklı tuzluluk düzeyleri-selenyum dozları altında bitkinin su tüketimi, sulama suyu kullanım randımanı, tuzluluk stresine bağlı olarak verim tepki faktörü, gelişme, verim ve kalite ile bitkide protein ve organik asit içerikleri belirlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, her ne kadar istatistik açıdan bir karşılaştırması yapılmasa da, gerek tuzluluk düzeyi-silisyum dozu ve gerekse tuzluluk düzeyi-selenyum dozu denemesinde her iki yılda elde edilen veriler önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Buna rağmen, her iki yılda da tuzluluk ana faktörünün fasulye bitkisinde bitki su tüketimi, büyüme ve verim gibi parametreleri önemli düzeylerde olumsuz etkilediği ancak, birçok bitkide tuzluluk stresini azaltmada kullanılabileceği önerilen silisyum ve selenyum yaprak uygulamasının fasulye bitkisinde hemen hemen

tüm parametreler için genel olarak ifade edilebilecek istatistiksel anlamda olumlu bir eğilim göstermediği ortaya konulmuştur. Kontrol tuzluluk konusu ile karşılaştırıldığında fasulye bitkisine SiD_2 uygulama konusunun tuzluluk eşik değerini bir miktar arttırdığı, SeD_2 uygulama konusunun ise tuzluluk eşik değeri önemli sayılabilecek düzeyde etkilemediği ancak bu uygulamanın eşik sonrası meydana gelen verim azalmasını ifade eden eğim değerini düşük düzeyde de olsa olumlu etkilediği ortaya konulmuştur. Tüm bunlar değerlendirildiğinde, gerek silisyum ve gerekse selenyum dışsal yaprak uygulamalarının fasulye bitkisinde tuzluluk stresinin büyüme, verim ve kalite parametrelerine toleransını geliştirmede beklenenden daha az bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Bitki büyümesi ve gelişiminde tuzluluğun olumsuz etkilerinin azaltılması ve/veya giderilmesi için kullanılan elementler, bitkilerin bu elementi alma yeteneklerine bağlı olarak önemli düzeyde farklılıklar gösterebilmektedir. Fasulye bitkisinde silisyum ve selenyumun dışsal spreyleme şeklinde yaprak uygulaması ile karşılaştırıldığında bu elementlerin tohum kaplaması ve/veya direk toprak uygulamalarının etkilerinin daha farklı sonuçlar ortaya çıkarabilmesi söz konusu olabilir. Bu nedenle, fasulye bitkisinde belirtilen bu araştırmaların da yapılması literatüre önemli katkı sağlayacaktır.

7. KAYNAKLAR

- Abdel-Haliem, M.E.F., Hegazy, H.S., Hassan, N.S., ve Naguib, D.M. 2017. Effect of silica ions and nano silica on rice plants under salinity stress. *Ecological Engineering*, 99: 282–289.
- Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Nemr, M.A., Tantawy, A.S., ve Habib, H.A. 2010. Alleviation of salinity effects on green bean plants using some environmental friendly materials. *Journal of Applied Sciences Research*, 6 (7): 871–878.
- Abou-Baker, N.H., M, A.-E., ve Abbas, M.M. 2011. Use of silicate and different cultivation practices in alleviating salt stress effect on bean plants. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5 (9): 769–781.
- Ahmad, A., Afzal, M., Ahmad, A.U.H., ve Tahir, M. 2013. Effect of foliar application of silicon on yield and quality of rice (*Oryza sativa* L). *Cercetari Agronomice in Moldova*, 46 (3): 21–28.
- Ahmad, A.A. ve Qureshi, A.S. 2011. *Understanding the linkages between groundwater table depth , groundwater quality , soil salinity and crop production in Al-Musaib and Al-Dujaila Project areas of Iraq. Iraq Salinity Project. Technical Report 12.*
- Ahmadi, A., Emam, Y., ve Pessarakli, M. 2009. Response of various cultivars of wheat and maize to salinity stress. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7 (1): 123–128.
- Ahmed, S. 2009. Effect of soil salinity on the yield and yield components of mung-bean. *Pakistan Journal of Botany*, 41 (1): 263–268.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., ve Smith, M. 1998. *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.* Irrigation and Drainage. Rome: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Alzahrani, Y., Kuşvuran, A., Alharby, H.F., Kuşvuran, S., ve Rady, M.M. 2018. The defensive role of silicon in wheat against stress conditions induced by drought, salinity or cadmium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 154: 187–196.

- Anonim 2020. *Antalya ili uzun yıllık iklim verileri. Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü. Antalya. Antalya.*
- Ardebili, N.O., Saadatmand, S., Niknam, V., ve Khavari-Nejad, R.A. 2014. The alleviating effects of selenium and salicylic acid in salinity exposed soybean. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36 (12): 3199–3205.
- Ashraf, M., Afzal, M., Ahmad, R., Maqsood, M.A., Shahzad, S.M., Aziz, A., ve Akhtar, N. 2010. Silicon management for mitigating abiotic stress effects in plants. *İçinde: Plant Stress*. 1–11.
- Ashraf, M.A., Akbar, A., Parveen, A., Rasheed, R., Hussain, I., ve Iqbal, M. 2018. Phenological application of selenium differentially improves growth, oxidative defense and ion homeostasis in maize under salinity stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 123: 268–280.
- Assimakopoulou, A., Salmas, I., ve Nifakos, K. 2015. Effect of Salt Stress on Three Green Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars. *Academic Press*, 43 (June): 113–118.
- Astaneh, R.K., Bolandnazar, S., Nahandi, F.Z., ve Oustan, S. 2018. The effects of selenium on some physiological traits and K, Na concentration of garlic (*Allium sativum* L.) under NaCl stress. *Information Processing in Agriculture*, 5 (1): 156–161.
- Aydınşakir, K., Büyüktaş, D., Dİnç, N., ve Karaca, C. 2015. Impact of salinity stress on growing , seedling development and water consumption of peanut (*Arachis hypogaea* cv . NC-7). *Journal of Akdeniz University Agriculture Faculty*, 28 (2): 77–84.
- Ayers, R.S. ve Westcot, D.W. 1985. *Water Quality for Agriculture - FAO Irrigation and Drainage Paper 29*. Rome: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Badawy, E.M., Ahmed, A.H., Aziz, E.E., Ahmed, S.S., Pistelli, L., ve Fouad, H. 2017. Effect of salinity, selenium and boron on chemical composition of *Brassica napus*

- L. plants grown under sandy soil conditions. *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences*, 8 (2): 2645–2655.
- Banuelos, G.S., MeekK, D.W., ve Hoffman, G.J. 1990. The influence of selenium, salinity, and boron on selenium uptake in wild mustard. *Plant and Soil*, 127 (2): 201–206.
- Banuelos, G.S., Zayed, A., Terry, N., Wu, L., Akohoue, S., ve Zambrzuski, S. 1996. Accumulation of selenium by different plant species grown under increasing sodium and calcium chloride salinity. *Plant and Soil*, 183 (1): 49–59.
- Bayram, D., Seckin Dinler, B., ve Tasci, E. 2014. Differential response of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) roots and leaves to salinity in soil and hydroponic culture. *Notule Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42 (1): 219–226.
- Bhuiyan, M.S.I., Rahman, M.S., ve Islam, M. 2007. Response of mungbean genotypes to different levels of sodium chloride salinity. *Journal of Bangladesh Agriculture University*, 5 (2): 189–196.
- Van Bockhaven, J., De Vleeschauwer, D., ve Höfte, M. 2013. Towards establishing broad-spectrum disease resistance in plants: Silicon leads the way. *Journal of Experimental Botany*, 64 (5): 1281–1293.
- Boghdady, M.S., Desoky, E.M., Azoz, S.N., ve Nassar, D.M.A. 2017. Effect of selenium on growth, physiological aspects and productivity of faba bean (*Vicia faba* L.). *Egyptian Journal of Agronomy*, 39 (1): 83–97.
- Bourgault, M., Madramootoo, C.A., Webber, H.A., Stulina, G., Horst, M.G., ve Smith, D.L. 2010. Effects of deficit irrigation and salinity stress on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) grown in a controlled environment. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196 (4): 262–272.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis. *Agronomy Journal*, 43 (9): 434–438.
- Bybordi, A. 2016. Influence of zeolite, selenium and silicon upon some agronomic and

- physiologic characteristics of canola grown under salinity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47 (7): 832–850.
- Bybordi, A., Saadat, S., ve Zargaripour, P. 2018. The effect of zeolite, selenium and silicon on qualitative and quantitative traits of onion grown under salinity conditions. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64 (4): 520–530.
- Celmeli, T., Sari, H., Canci, H., Sari, D., Adak, A., Eker, T., ve Toker, C. 2018. The nutritional content of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in comparison to modern varieties. *Agronomy*, 8 (9): 166.
- Chen, D., Yin, L., Deng, X., ve Wang, S. 2014. Silicon increases salt tolerance by influencing the two-phase growth response to salinity in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 36 (9): 2531–2535.
- Cokkizgin, A. 2012. Salinity stress in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed germination. *Notule Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40 (1): 177–182.
- Coskun, D., Britto, D.T., Huynh, W.Q., ve Kronzucker, H.J. 2016. The role of silicon in higher plants under salinity and drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 7 (article 1072): 1–7.
- Cramer, G.R. 2010. Abiotic stress and plant responses from the whole vine to the genes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16: 86–93.
- Das, P., Manna, I., Sil, P., Bandyopadhyay, M., ve Biswas, A.K. 2019. Exogenous silicon alters organic acid production and enzymatic activity of TCA cycle in two NaCl stressed indica rice cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry*, 136 (December 2018): 76–91.
- Dawood, G. ve Mohamed, E. 2015. Alleviation of salinity stress on *vicia faba* l . plants via seed priming with melatonin. *Acta Biológica Colombiana*, 20 (2): 223–235.
- Dibaba, D.G. 2015. The impact of improved haricot bean variety on income among farming households in Southern Ethiopia. *International Journal of Multidisciplinary Advanced Research Trends*, 2 (3): 10–19.

- Doorenbos, J. ve Kassam, A. 1986. *Yield response to water*. FAO Irrigation and Drainage Paper 33. Rome: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Duzdemir, O., Kurunc, A., ve Unlukara, A. 2009. Response of pea (*Pisum sativum*) to salinity and irrigation water regime. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15 (5): 400–409.
- El-Mashad, A.A.A. ve Mohamed, H.I. 2012. Brassinolide alleviates salt stress and increases antioxidant activity of cowpea plants (*Vigna sinensis* L.). *Protoplasma*, 249 (3): 625–635.
- Elberth Hernando, P.-S., Quintana-Blanco, W.A., ve German Eduardo, C.-R. 2017. Effect of magnesium silicate in cv. ‘ICA Cerinza’ common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under field conditions. *Revista Facultad Nacional de Agronomia*, 70 (3): 8285–8293.
- ELKOCA, E. ve F. KANTAR. 2005. Erkençi ve yüksek verimli iki yeni fasulye çeşidi: Kantar-05 ve Elkoc-05, 226-229, 911 Kasım, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Esmaili, S., Salehi, H., ve Eshghi, S. 2015. Silicon ameliorates the adverse effects of salinity on turfgrass growth and development. *Journal of Plant Nutrition*, 38 (12): 1885–1901.
- FAO 2005. *Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable use of Salt-affected Soils*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- FAO 2007. *Advances in The Assessment and Monitoring of Salinization and Status of Biosaline Agriculture*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- FAO 2013. *Sustainable Water Use Securing Food Production in Dry area of the Mediterranean Region*.
- FAOSTAT 2018. Crop Statistics [online]. Available from: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx> [Erişim 5 Mar 2018].

- Fougere, F., Rudulier, D. Le, ve Streeter, J.G. 1991. Effects of salt stress on amino acid, organic acid, and carbohydrate composition of roots, bacteroids, and cytosol of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plant Physiology*, 96 (September 1991): 1228–1236.
- Gama, P.B.S., Inanaga, S., Tanaka, K., ve Nakazawa, R. 2007. Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. *African Journal of Biotechnology*, 6 (2): 79–88.
- Garg, N. ve Bhandari, P. 2016. Silicon nutrition and mycorrhizal inoculations improve growth, nutrient status, K⁺/Na⁺ ratio and yield of *Cicer arietinum* L. genotypes under salinity stress. *Plant Growth Regulation*, 78 (3): 371–387.
- Ghassemi-Golezani, K. ve Lotfi, R. 2015. The impact of salicylic acid and silicon on chlorophyll a fluorescence in mung bean under salt stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 62 (5): 611–616.
- Ghassemi-golezani, K., Nikpour-rashidabad, N., ve Zehtab-salmasi, S. 2012. Effect of salinity on yield and yield components of pinto bean cultivars. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Science*, 2 (2): 47–51.
- Grattan, S.R. 2002. *Irrigation Water Salinity and Crop Reproduction. The Regents of the University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.*
- Habibi, G. 2017. Selenium ameliorates salinity-stress in petroselinum crispum by modulation of photosynthesis and by reducing shoot Na accumulation. *Russian Journal of Plant Physiology*, 64 (3): 368–374.
- Habibi, G., Norouzi, F., ve Hajiboland, R. 2014. Silicon alleviates salt stress in pistachio plants. *Progress in Biological Sciences Vol.*, 4 (2): 189–202.
- Hadrach, J.C. 2011. *Managing the Economics of Soil Salinity.*
- Haghighi, M. ve Pessarakli, M. 2013. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. *Scientia Horticulturae*, 161: 111–117.
- Hajiboland, R., Cherghvareh, L., ve Dashtebani, F. 2017. Effects of silicon

- supplementation on wheat plants under salt stress. *Journal of Plant Process and Function*, 5 (18): 6–9.
- Hamayun, M., Sohn, E.-Y., Khan, S.A., Shinwari, Z.K., Khan, A.L., ve Lee, I.-J. 2010. Silicon alleviates the adverse effects of salinity and drought stress on growth and endogenous plant growth hormones of soybean (*Glycine max* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 42 (3): 1713–1722.
- Hanson, B.R., Grattan, S.R., ve Fulton, A. 2006. *Agricultural Salinity and Drainage*. Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3375. Davis: Department of Land, Air and Water Resources, University of California.
- Hasanuzzam, M., Hossain, M.A., ve Fujita, M. 2010. Selenium in higher plants: Physiological role, antioxidant metabolism and abiotic stress tolerance. *Journal of Plant Sciences*, 5 (4): 354–375.
- Hasanuzzaman, M., Hossain, M.A., ve Fujita, M. 2011. Selenium-induced up-regulation of the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system reduces salinity-induced damage in rapeseed seedlings. *Biological Trace Element Research*, 143 (3): 1704–1721.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., ve Fujita, M. 2013. *Plant Response to Salt Stress and Role of Exogenous Protectants to Mitigate Salt-Induced Damages*.
- Hashem, H.A., Hassanein, R. fa A., Bekheta, M.A., ve -Kady, F.A. El 2013. Protective role of selenium in canola (*Brassica napus* L.) plant subjected to salt stress. *Egyptian Journal of Experimental Biology*, 9 (2): 199–211.
- Hashemi, A., Abdolzadeh, A., ve Sadeghipour, H.R. 2010. Beneficial effects of silicon nutrition in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L., plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, 56 (2): 244–253.
- Hassan, M. Al, Morosan, M., López-gresa, M.P., ve Prohens, J. 2016. Salinity-induced variation in biochemical markers provides insight into the mechanisms of salt tolerance in common (*Phaseolus vulgaris* L.) and runner (*Phaseolus coccineus* L.) beans. *International Journal of Molecular Science*, 17 (1582): 1–16.

- Hawrylak-Nowak, B. 2009. Beneficial effects of exogenous selenium in cucumber seedlings subjected to salt stress. *Biological Trace Element Research*, 132 (1–3): 259–269.
- Hernandez, G., Ramirez, M., Valdes-Lopez, O., Tesfaye, M., Graham, M.A., Czechowski, T., Schlereth, A., Wandrey, M., Erban, A., Cheung, F., Wu, H.C., Lara, M., Town, C.D., Kopka, J., Udvardi, M.K., ve Vance, C.P. 2007. Phosphorus stress in common bean: Root transcript and metabolic responses. *Plant Physiology*, 144 (2): 752–767.
- Herrera, H.E.S., Volke-Haller, V.H., Trejo-Téllez, L.I., ve Cadena-Iñiguez, J. 2018. Iodine, silicon, and vanadium differentially affect growth, flowering, and quality components of stalks in sugarcane. *An International Journal of Sugar Crops and Related Industries*, 20 (5): 518–533.
- Howell, T., Cuenca, R., ve Solomon, K. 1990. Crop yield response. *Içinde: G.J. Hoffman, T.A. Howell, ve K.H. Soloman, ed. Management of Farm Irrigation Systems*. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, 93–122.
- IBM SPSS Inc. 2012. *SPSS Statistics for Windows*. IBM Corp. Released 2012.
- Janislampi, K.W. 2012. Effect of Silicon on Plant Growth and Drought Stress Tolerance. *All Graduate Theses and Dissertations*.
- Jiang, C.Q., Cui, Q.R., Feng, K., Xu, D.F., Li, C.F., ve Zheng, Q.S. 2016. Melatonin improves antioxidant capacity and ion homeostasis and enhances salt tolerance in maize seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38 (article 82): 1–9.
- Jiang, C.Q., Zu, C.L., Lu, D.J., Zheng, Q.S., Shen, J., Wang, H.Y., ve Li, D.C. 2017. Effect of exogenous selenium supply on photosynthesis, Na⁺ accumulation and antioxidative capacity of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress. *Scientific Reports*, 7 ((article 42039)): 1–14.
- Kafi, M. ve Rahimi, Z. 2011. Effect of salinity and silicon on root characteristics, growth, water status, proline content and ion accumulation of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Soil Science and Plant Nutrition*, 57 (2): 341–347.

- Kamenidou, S., Cavins, T.J., ve Marek, S. 2010. Silicon supplements affect floricultural quality traits and elemental nutrient concentrations of greenhouse produced gerbera. *Scientia Horticulturae journal*, 123: 390–394.
- Kang, J.S., Singh, H., Singh, G., ve Kang, H. 2017. Abiotic stress and its amelioration in cereals and pulses : A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (3): 1019–1045.
- Kardoni, F., Jalil, S., Mosavi, S., Parande, S., ve Eskandari, M. 2017. Effect of salinity stress and silicon application on yield and component yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6 (12): 814–818.
- Kaymakanova, M. ve Stoeva, N. 2008. Physiological reaction of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) to salt stress. *General Applied Plant Physiology*, 34 (3–4): 177–188.
- Keling, H., Ling, Z., JiTao, W., ve Yang, Yo. 2013. Influence of selenium on growth, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activity in melon (*Cucumis melo* L.) seedlings under salt stress. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 82 (3): 193–197.
- Keshavarz, H. ve Sanavy, S.A.M.M. 2015. Biochemical and morphological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to salinity stress and vitamin B12. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 4 (7): 585–593.
- Khalifa, G.S., Abdelrassoul, M., Hegazi, A., ve Elsherif, M.H. 2016. Mitigation of saline stress adverse effects in lettuce plant using selenium and silicon. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 05 (03): 347–361.
- Khan, M.A., Asaf, S., Khan, A.L., Adhikari, A., Jan, R., Ali, S., Imran, M., Kim, K., ve Lee, I. 2019. Halotolerant rhizobacterial strains mitigate the adverse effects of NaCl stress in soybean seedlings. *BioMed Research International*, 2019: 15.
- Khan, S.A., Abdullah-Al-Mamun, M., Abdullah-Al-Mahmud, Bazzaz, M., Hossain, A., Alam, M.S., Shamimuzzaman, M., ve Karim, M.A. 2014. Effects of salt and water stress on leaf production, sodium and potassium ion accumulation in soybean. *Journal of Plant Sciences*, 2 (5): 209–214.
- Khan, W.U.D., Aziz, T., Maqsood, M.A., Farooq, M., Abdullah, Y., Ramzani, P.M.A.,

- ve Bilal, H.M. 2018. Silicon nutrition mitigates salinity stress in maize by modulating ion accumulation, photosynthesis, and antioxidants. *Photosynthetica*, 56 (4): 1047–1057.
- Khoshgoftarmanesh, A.H., Khodarahmi, S., ve Haghghi, M. 2014. Effect of silicon nutrition on lipid peroxidation and antioxidant response of cucumber plants exposed to salinity stress. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60 (5): 639–653.
- Khurmizi, A.B., Abrishamchi, P., ve Mahdi, A.G. 2015. Effect of vermicompost on some morphological , physiological and biochemical traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 4167 (November): 1532–4087.
- Kochanova, Z., Jaskova, K., Sedlakova, B., ve Luxova, M. 2014. Silicon improves salinity tolerance and affects ammonia assimilation in maize roots. *Biologia*, 69 (9): 1164–1171.
- Kong, L., Wang, M., ve Bi, D. 2005. Selenium modulates the activities of antioxidant enzymes, osmotic homeostasis and promotes the growth of sorrel seedlings under salt stress. *Plant Growth Regulation*, 45 (2): 155–163.
- Kouam, E.B., Ndo, S.M., Mandou, M.S., Chotangui, A.H., ve Tankou, C.M. 2017. Genotypic variation in tolerance to salinity of common beans cultivated in western cameroon as assessed at germination and during early seedling growth. *Open Agriculture*, 2 (1): 600–610.
- Kurunç, A. ve Ünlükara, A. 2009. Growth, yield, and water use of okra (*Abelmoschus esculentus*) and eggplant (*Solanum melongena*) as influenced by rooting volume. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37 (3): 201–210.
- Lee, M.K. ve Iersel, M.W. Van 2008. Sodium chloride effects on growth , morphology , and physiology of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*). *HortScience*, 43 (6): 1888–1891.
- Lee, S.K., Sohn, E.Y., Hamayun, M., Yoon, J.Y., ve Lee, I.J. 2010. Effect of silicon on

- growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. *Agroforestry Systems*, 80 (3): 333–340.
- Li, H., Zhu, Y., Hu, Y., Han, W., ve Gong, H. 2015. Beneficial effects of silicon in alleviating salinity stress of tomato seedlings grown under sand culture. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37 ((article 71)): 1–10.
- Liang, Y.C., Shen, Q.R., Shen, Z.G., ve Ma, T.S. 1996. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 19 (1): 173–183.
- Lluch, C., Tejera, N., A., J., Herrera-Cervera, M.L., R., J., Barranco-Gresa, F.J.P., Gozávez, M., Iribarne, C., Moreno, E., ve Ocaña, A. 2007. Saline stress tolerance in legumes. *Workshop held at Valencia, 6-7 September 2007*, ss. 76–77.
- Lotfi, R. ve Ghassemi-Golezani, K. 2015. Influence of salicylic acid and silicon on seed development and quality of mung bean under salt stress. *Seed Science and Technology*, 43 (1): 52–61.
- Lotfi, R., Ghassemi-Golezani, K., ve Najafi, N. 2018. Grain filling and yield of mung bean affected by salicylic acid and silicon under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 41 (14): 1778–1785.
- Ma, J.F. ve Yamaji, N. 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*, 11 (8): 6–11.
- Maas, E. V. ve Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance - current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103 (2): 115–134.
- Mahdieh, M., Habibollahi, N., Amirjani, R., Abnosi, M.H., ve Ghorbanpour, M. 2015. Exogenous silicon nutrition ameliorates salt-induced stress by improving growth and efficiency of PSII in *Oryza sativa* L. cultivars. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15 (4): 1050–1060.
- Mahmood, S., Ahmad, S., Ihsanullah, D., Al-Solaimani, S.G., ve Madkour, M.H. 2016. Amelioration of salinity stress in mung bean by combined application of PGPR and silicon. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 4 (5): 950–954.

- Mahmood, S., Daur, I., Al-Solaimani, S.G., Ahmad, S., Madkour, M.H., Yasir, M., Hirt, H., Ali, S., ve Ali, Z. 2016. Plant growth promoting rhizobacteria and silicon synergistically enhance salinity tolerance of mung bean. *Frontiers in Plant Science*, 7 ((article 876)): 1–14.
- Mahmood, S., Daur, I., Hussain, M.B., Nazir, Q., Al-Solaimani, S.G., Ahmad, S., Bakhshwain, A.A., ve Elsafor, A.K. 2017. Silicon application and rhizobacterial inoculation regulate mung bean response to saline water irrigation. *Clean Soil Air Water*, 45 (8): 1–10.
- Manaf, H.H. 2016. Beneficial effects of exogenous selenium , glycine betaine and seaweed extract on salt stressed cowpea plant. *Annals of Agricultural Sciences*, 61 (1): 41–48.
- Manivannan, A., Soundararajan, P., Muneer, S., Ko, C.H., ve Jeong, B.R. 2016. Silicon mitigates salinity stress by regulating the physiology, antioxidant enzyme activities, and protein expression in *Capsicum annuum* 'Bugwang'. *BIomed Research International*, ((article 3076357)): 1–14.
- Mateos-naranjo, E., Andrades-moreno, L., ve Davy, A.J. 2013. Silicon alleviates deleterious effects of high salinity on the halophytic grass *Spartina densiflora*. *Plant Physiology et Biochemistry*, 63: 115–121.
- Mena, E., Leiva-Mora, M., Kasuni Dilhara Jayawardana, E., García, Lourdes, Veitía, N., Bermúdez-Carabaloso, I., Collado, R., ve Cárdenas Ortiz, R. 2015. Effect of salt stress on seed germination and seedlings growth of *Phaseolus vulgaris* L. *Cultivos Tropicales*, 36 (3): 71–74.
- Metwali, E.M.R., Abdelmoneim, T.S., Bakheit, M.A., ve Kadasa, N.M.S. 2015. Alleviation of salinity stress in faba bean (*Vicia faba* L .) plants by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). *Plant Omics Journal*, 8 (5): 449–460.
- Montesano, F.F., Imp, M.D., Parente, A., Car, A., Renna, M., ve Serio, F. 2016. *Green bean biofortification for Si through soilless cultivation : plant response and Si bioaccessibility in pods.*

- Morales, S.G., Trejo-téllez, L.I., Carlos, F., Merino, G., Espinosa-victoria, D., Edgar, B., ve Cabrera, H. 2012. Growth, photosynthetic activity, and potassium and sodium concentration in rice plants under salt stress. *Acta Scientiarum*, 34 (3): 317–324.
- Mozafariyan, M., Kamelmanesh, M.M., ve Hawrylak-Nowak, B. 2016. Ameliorative effect of selenium on tomato plants grown under salinity stress. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62 (10): 1368–1380.
- Mu, Y., Lin, J., Mu, C., ve Gao, Z. 2015. Effects of NaCl Stress on the Growth and Physiological Changes in Oat (*Avena sativa*) Seedlings. *Academic Press*, 43 (June): 468–472.
- Nawaz, F., Naeem, M., Ashraf, M.Y., Tahir, M.N., Zulfiqar, B., Salahuddin, M., Shabbir, R.N., ve Aslam, M. 2016. Selenium supplementation affects physiological and biochemical processes to improve fodder yield and quality of maize (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. *Frontiers in Plant Science*, 7 (September): 1–13.
- Ndakidemi, P.A. ve Makoi, J.H.J.R. 2009. Effect of NaCl on the productivity of four selected common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientific Research and Essays*, 4 (10): 1066–1072.
- Ondrasek, G., Rengel, Z., ve Veres, S. 2010. Soil salinisation and salt stress in crop production. *İçinde: Abiotic Stress in Plants – Mechanisms and Adaptations*. 172–185.
- Osman, H.S. ve Salim, B.B.M. 2016. Influence of exogenous application of some phytoprotectants on growth, yield and pod quality of snap bean under NaCl salinity. *Annals of Agricultural Sciences*, 61 (1): 1–13.
- Osman, M.E., Mohsen, A., Elfeky, S., ve Mohamed, W. 2017. Response of salt-stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) to potassium humate treatment and potassium silicate foliar application. *Egyptian Journal of Botany*, 57 (7th International Conf.): 85–102.
- Ouzounidou, G., Giannakoula, A., Ilias, I., ve Zamanidis, P. 2016. Alleviation of

- drought and salinity stresses on growth, physiology, biochemistry and quality of two *Cucumis sativus* L. cultivars by Si application. *Brazilian Journal of Botany*, 39 (2): 531–539.
- Oztekin, G.B., Tuzel, Y., Tuzel, I.H., ve Tepecik, M. 2018. Effects of silicon on tomato grown in substrate culture under salinity stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (8): 5520–5530.
- Parveen, Anwar-ul-Haq, M., Akhtar, J., ve Basra, S.M.A. 2016. Interactive effect of salinity and potassium on growth, biochemical parameters, protein and oil quality of soybean genotypes. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53 (1): 69–78.
- Peck, R. ve Devore, J. 2012. *Statistics: The Exploration & Analysis of Data*. 7. baskı. Boston: Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Pessarakli, M. 1991. Dry matter yield, nitrogen-15 absorption, and water uptake by green bean under sodium chloride stress. *Crop Science*, 31 (6): 1633–1640.
- Plaut, Z., Edelstein, M., Ben-Hur, M., ve To 2013. Overcoming salinity barriers to crop production using traditional methods. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 32 (4): 250–291.
- Qadir, M., Wichelns, D., ve Oster, J. 2010. *Sustainable Management of Saline Waters and Salt-Affected Soils for Agriculture. Proceedings of the Second Bridging Workshop, 15-18 Nov 2009, Aleppo, Syria. International. International Water Management Institute*.
- Qados, A.M.S.A. 2010. Effect of arginine on growth , nutrient composition , yield and nutritional value of mung bean plants grown under salinity stress. *Nature and Science*, 8 (7): 30–42.
- Qados, A.M.S.A. ve Moftah, A.E. 2015. Influence of silicon and nano-silicon on germination, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.) under salt stress conditions. *American Journal of Experimental Agriculture*, 5 (6): 509–524.
- Rady, M.M., Sadak, M.S., El-Bassiouny, H.M., ve Abd El-Monem, A.A. Botany 2011. Alleviation the adverse effects of salinity stress in sunflower cultivars using

- nicotinamide and α -tocopherol. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5 (10): 342–355.
- Rameshwaran, P., Qadir, M., Ragab, R., ve Arslan, A. 2016. Tolerance of faba bean, chickpea and lentil to salinity: accessions' salinity response functions. *Irrigation and Drainage*, 65 (May 2015): 49–60.
- Richards, L. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA Handbook No:60. Washington D.C.
- Rizwan, M., Ali, S., Ibrahim, M., Farid, M., Adrees, M., Bharwana, S.A., Zia-ur-rehman, M., Qayyum, M.F., ve Abbas, F. 2015. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of drought and salt stress in plants : a review. *Environmental Science*, ((2015)): 1–16.
- Romero-Aranda, M.R., Jurado, O., ve Cuartero, J. 2006. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology*, 163 (8): 847–855.
- Sabagh, A. El, Omar, A.E., Saneoka, H., ve Barutçular, C. 2016. Physiological performance of soybean germination and seedling growth under salinity stress. *Dicle University Institute of Natural and Applied Science Journal*, 4 (1): 6–15.
- Sabagh, A.E.L., Omar, A.E., Saneoka, H., ve Barutçular, C. 2015. Comparative physiological study of soybean (*Glycine max* L.) cultivars under salt stress. *YYU Journal of agriculturre*, 25 (3): 269–284.
- Sabaghnia, N. ve Janmohammadi, M. 2019. Effect of nano-silicon particles application on salinity tolerance in early growth of some lentil genotypes. *Pobrane z czasopisma Annales C - Biologia*, 9 (6): 40–55.
- Saha, U., Fayiga, A., ve Sonon, L. 2017. Selenium in the soil-plant environment : a review. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*, 3 (1): 1–18.
- Salah, M.H.G., Al-Zahrani, H.S.M., ve Metwali, E.M.R. 2017. Improving the salinity tolerance in potato (*Solanum tuberosum*) by exogenous application of silicon dioxide nanoparticles. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19 (1):

183–192.

- Saleh, J., Najafi, N., ve Oustan, S. 2017. Effects of silicon application on wheat growth and some physiological characteristics under different levels and sources of salinity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48 (10): 1114–1122.
- Sapre, S. ve Vakharia, D. 2017. Silicon induced physiological and biochemical changes under polyethylene glycol-6000 water deficit stress in wheat seedlings. *Journal of Environmental Biology*, 38 (2): 313–319.
- Sattar, A., Cheema, M.A., Abbas, T., Sher, A., Ijaz, M., ve Hussain, M. 2017. Separate and combined effects of silicon and selenium on salt tolerance of wheat plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 64 (3): 341–348.
- Sattar, A., Cheema, M.A., Sher, A., Abbas, T., Irfan, M., Ijaz, M., ve Ali, Q. 2009. Foliage applied silicon alleviates the combined effects of salinity and drought stress on wheat seedlings. *Internationa Journal of Agriculture and Biology*, (00): 000–000.
- Sattara, A., Cheemab, M.A., Abbasa, T., Shera, A., Ijaza, M., ve Hussain, M. 2018. Separate and combined effects of silicon and selenium on salt tolerance of wheat plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 64 (3): 341–348.
- Savvas, D., Giotis, D., Chatzieustratiou, E., Bakea, M., ve Patakioutas, G. 2009. Silicon supply in soilless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. *Environmental and Experimental Botany*, 65 (1): 11–17.
- Sepetoğlu, H. 1994. *Yemeklik Dane Baklagiller*. İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:24.
- Sharma, A., Rana, C., Singh, S., ve Katoch, V. 2016. Soil salinity causes, effects, and management in cucurbits. In: *Handbook of Cucurbits: Growth, Cultural Practices, and Physiology*. 419–434.
- Shekari, F., Abbasi, A., ve Mustafavi, S.H. 2017. Effect of silicon and selenium on enzymatic changes and productivity of dill in saline condition. *Journal of the Saudi*

- Society of Agricultural Sciences*, 16 (4): 367–374.
- Shrivastava, P. ve Kumar, R. 2015. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22 (2): 123–131.
- Shu, S., Yuan, Y., Chen, J., Sun, J., Zhang, W., Tang, Y., Zhong, M., ve Guo, S. 2015. The role of putrescine in the regulation of proteins and fatty acids of thylakoid membranes under salt stress. *Scientific Reports*, 5 (article 14390): 1–16.
- Sieprawska, A., Kornaś, A., ve Filek, M. 2015. Involvement of selenium in protective mechanisms of plants under environmental stress conditions - Review. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 57 (1): 9–20.
- Smýkal, P., Coyne, C.J., Ambrose, M.J., Maxted, N., Schaefer, H., Blair, M.W., Berger, J., Greene, S.L., Nelson, M.N., Besharat, N., Vymyslický, T., Toker, C., Saxena, R.K., Roorkiwal, M., Pandey, M.K., Hu, J., Li, Y.H., Wang, L.X., Guo, Y., Qiu, L.J., Redden, R.J., ve Varshney, R.K. 2015. Legume crops phylogeny and genetic diversity for science and breeding. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34 (1–3): 43–104.
- Sonobe, K., Hattori, T., An, P., Tsuji, W., Eneji, A.E., Kobayashi, S., Kawamura, Y., Tanaka, K., ve Inanaga, S. 2011. Effect of silicon application on sorghum root responses to water stress. *Journal of Plant Nutrition*, 34 (January): 71–82.
- Soundararajan, P., Sivanesan, I., Jana, S., ve Jeong, B.R. 2014. Influence of silicon supplementation on the growth and tolerance to high temperature in *salvia splendens*. *Hort. Environ. Biotechnol*, 55 (4): 271–279.
- Szabolcs, I. 1989. *Salt-affected Soils*. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.
- Tahir, M.A., Aziz, T., ve Rahmatullah 2011. Silicon-induced growth and yield enhancement in two wheat genotypes differing in salinity tolerance. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42 (4): 395–407.
- Tahir, M.A., Rahmatullah, Aziz, T., Ashraf, M., Kanwal, S., ve Maqsood, M.A. 2007. Beneficial effects of silicon in wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress.

- Pakistan Journal of Botany*, 38 (5): 1715–1722.
- Tantawy, A.S., Salama, Y., El-Nemr, M.A., ve Abdel-Mawgoud, A. 2015. Nano silicon application improves salinity tolerance of sweet pepper plants. *International Journal of ChemTech Research*, 8 (10): 11–17.
- Tas, İ., Kirnak, H., Karaman, S., ve Gökalp, Z. 2016. Effect of irrigation water quality (different salinity levels and boron cincentration) on morphological characteristics of grafted and non-grafted eggplants. *Current Trends in Natural Sciences*, 5 (9): 179–186.
- Tavakkoli, E., Rengasamy, P., ve McDonald, G.K. 2010. High concentrations of Na⁺ and Cl⁻ ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. *Journal of Experimental Botany*, 61 (15): 4449–4459.
- Tejera, N.A., Campos, R., Sanjuan, J., ve Lluch, C. 2005. Effect of sodium chloride on growth, nutrient accumulation, and nitrogen fixation of common bean plants in symbiosis with isogenic strains. *Journal of Plant Nutrition*, 28 (11): 1907–1921.
- TÜİK 2021. Bitkisel Üretim İstatistikleri [online]. *Türkiye İstatistik Kurumu*. Available from: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> [Erişim 29 Eyl 2021].
- Tuna, A.L., Kaya, C., Higgs, D., Murillo-Amador, B., Aydemir, S., ve Girgin, A.R. 2008. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. *Environmental and Experimental Botany*, 62 (1): 10–16.
- Ünlükara, A., Kurunc, A., ve Cemek, B. 2015. Green long pepper growth under different saline and water regime conditions and usability of water consumption in plant salt tolerance. *Journal of Agricultural Sciences*, 21 (2): 167–176.
- Ünlükara, A., Kurunc, A., Kesmez, G.D., ve Yurtseven, E. 2008. Growth and evapotranspiration of Okra (*Abelmoschus Esculentus* L.) as influenced by salinity of irrigation water. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 134 (2): 160–166.
- Wang, D., Grieve, C.M., ve Suarez, D.L. 2005. Composition of irrigation water salinity

- affects growth characteristics and uptake of selenium and salt ions by soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 28 (6): 1073–1088.
- Wang, W., Vinocur, B., ve Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: Towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218 (1): 1–14.
- WOS 2021. Web of Science [online]. Available from: <http://apps.webofknowledge.com/WOS>.
- Xu, H., Lu, Y., ve Xie, Z. 2016. Effects of silicon on maize photosynthesis and grain yield in black soils. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28 (11): 779–785.
- Yaghubi, K., Ghaderi, N., Vafaei, Y., ve Javadi, T. 2016. Potassium silicate alleviates deleterious effects of salinity on two strawberry cultivars grown under soilless pot culture. *Scientia Horticulturae*, 213: 87–95.
- Yazar, A. ve Kaya, C.I. 2014. A New crop for salt affected and dry agricultural areas of Turkey : quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .). *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 2 (2014): 1440–1446.
- Zamani, G.R., Shaabani, J., ve Izanloo, A. 2017. Silicon effects on the growth and yield of chickpea under salinity stress. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19 (6): 1475–1482.
- Zhang, Y., Wang, L., Liu, Y., Zhang, Q., Wei, Q., ve Zhang, W. 2006. Nitric oxide enhances salt tolerance in maize seedlings through increasing activities of proton-pump and Na⁺/H⁺ antiport in the tonoplast. *Planta*, 224 (3): 545–555.
- Zhu, Y. ve Gong, H. 2014. Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. *Agronomy for Sustainable Development*, 34 (2): 455–472.

ÖZGEÇMİŞ

MULAT ASMAMAW ADMASIE

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2016-2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans 2011-2013	Hawassa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi Bölümü, Hawassa
Lisans 2005-2008	Jimma Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Jimma

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Öğretim Görevlisi 2013-2016	Samara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samara
Araştırma Görevlisi 2011-2013	Samara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samara

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- Asmamaw M., Kurunc A., Doganay K. H., Kantar F. & Bimurzayev N. (2021).
Emergence, photosynthesis, and seedling growth of bean genotypes, as affected

by salt sources and salinity levels, Journal of Crop Improvement, <https://doi.org/10.1080/15427528.2021.1974634>.

- 2- Bimurzayev N., Sari H., Kurunc A., Doganay K.H., Asmamaw M. (2021) Effects of different salt sources and salinity levels on emergence and seedling growth of faba bean genotypes, Scientific Reports, 11(1), Article 18198. doi.org/10.1038/s41598-021-97810-6.
- 3- Asmamaw M., Kurunc A. (2020). The impacts of improving water management of smallholder agriculture in ethiopia. International Journal of Innovative Science and Research Technology 5(6), 2456-2165.
- 4- Asmamaw M., Haile A. and Abera G. (2018). Characterization and classification of salt affected soils and irrigation water in tendaho sugarcane production farm, north-eastern rift valley of Ethiopia. African Journal of Agricultural Research, 13(9), 404-411.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- Asmamaw M., Wolde G., Yohannes M., Yigrem S., Wolde-meskel E., Chala A. and Davis J. G. (2013). Comparison of cyanobacterial bio-fertilizer with urea on two soils and three crops. Crop Science Society of America and the Soil Science Society of America. 1602. Hawassa University, Hawassa, Ethiopia.