

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**NANO SİLİKON VE HÜMİK ASİT UYGULAMALARININ *Lolium perenne*
VE *Festuca arundinacea* SERİN İKLİM ÇİM TÜRLERİNDE TUZ STRESİ İLE
İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Zeynep Benan COŞKUNYEL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PEYZAJ MİMARLIĞI

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



NANO SİLİKON VE HÜMİK ASİT UYGULAMALARININ *Lolium perenne*
VE *Festuca arundinacea* SERİN İKLİM ÇİM TÜRLERİNDE TUZ STRESİ İLE
İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Zeynep Benan COŞKUNYEL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PEYZAJ MİMARLIĞI

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NANO SİLİKON VE HÜMİK ASİT UYGULAMALARININ *Lolium perenne*
VE *Festuca arundinacea* SERİN İKLİM ÇİM TÜRLERİNDE TUZ STRESİ İLE
İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Zeynep Benan COŞKUNYEL

PEYZAJ MİMARLIĞI

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2024

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NANO SİLİKON VE HÜMİK ASİT UYGULAMALARININ *Lolium perenne*
VE *Festuca arundinacea* SERİN İKLİM ÇİM TÜRLERİNDE TUZ STRESİ İLE
İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Zeynep Benan COŞKUNYEL

PEYZAJ MİMARLIĞI

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 20/02/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ceren SELİM (Danışman)

Prof. Dr. Songül SEVER MUTLU

Dr. Öğr. Üye. Mert ÇAKIR

ÖZET

NANO SİLİKON VE HÜMİK ASİT UYGULAMALARININ *Lolium perenne* VE *Festuca arundinacea* SERİN İKLİM ÇİM TÜRLERİNDE TUZ STRESİ İLE İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Zeynep Benan COŞKUNYEL

Yüksek Lisans Tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ceren SELİM

Şubat 2024; 51 Sayfa

Bu çalışmanın amacı biyostimulant olarak son yıllarda kullanımı yaygınlaşan nano silikon (NS) ve hümit asidin (H) Akdeniz ikliminde çim alanlarda sıklıkla kullanılan serin iklim çim türleri olan *Festuca arundinacea* “Bizem” ve *Lolium perenne* “Ringles” türlerinde tuz stresinin etkilerinin giderilmesinde kullanım olanakları ve etkilerinin belirlenmesidir. Çalışma kapsamında Kasım 2021-Temmuz 2022 ayları arasında, 2x2x4 (Tür x NaCl x Biyostimulant) (Tuz+ Biyostimulant-, Tuz+ NS 1.doz+, Tuz- NS 1.doz+, Tuz+ NS 2.doz+, Tuz- NS 2.doz+, Tuz- Biyostimulant- (Kontrol), Tuz+ H+, Tuz- H +) faktöriyel deneme desenine göre Akdeniz Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Süs Bitkileri Araştırma serasında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre yüksek doz NS uygulamasının tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türünün kalite, renk, yaprak yanma oranı, klorofil içeriği ve haftalık biçim artıkları yaş ve kuru ağırlıkları açısından tuzun olumsuz etkilerini azaltıcı bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sürgün kuru ağırlıkları açısından *F. arundinacea*’de düşük doz, *L. perenne*’de yüksek doz NS uygulaması tuz stresinin olumsuz etkilerini gideren en iyi biyostimulant olduğunu göstermiştir. Kök kuru ağırlığı açısından ise türlerin, uygulamaların ve tür x uygulama interaksyonunun istatistiki olarak önemli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Tüm parametreler açısından H uygulaması etkinliğinin NS uygulamasına göre yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında, çalışılan türlerde NS uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerini gidermede oldukça uygun bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Bu kapsamda özellikle tuz stresi altındaki çim alanların yönetiminde NS kullanımının yaygınlaştırılması önerilmektedir.

ANAHTAR KELİMELE: Biyostimulant, Çim alan yönetimi, Çim bitkileri, Peyzaj bakımı, Tuz stresi

JÜRİ: Doç. Dr. Ceren SELİM

Prof. Dr. Songül SEVER MUTLU

Dr. Öğr. Üye. Mert ÇAKIR

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN NANO SILICONE AND HUMIC ACID APPLICATIONS AND SALT STRESS IN *Lolium perenne* and *Festuca arundinacea* COOL SEASON TURFGRASS SPECIES

Zeynep Benan COŞKUNYEL

MSc Thesis in Landscape Architecture

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ceren SELİM

February 2024; 51 pages

The aim of this study was to determine the usage possibilities and effects of nano silicon (NS) and humic acid (H), which have been widely used as biostimulants in recent years, in eliminating the effects of salt stress in *Festuca arundinacea* "Bizem" and *Lolium perenne* "Ringles" species, which are cool season turfgrass species frequently used in lawns in the Mediterranean climate. The study was carried out between November 2021 and July 2022 in the ornamental plants research greenhouse of the Department of Landscape Architecture, Akdeniz University, according to 2x2x4 (Species x NaCl x Biostimulant) (Salt + Biostimulant-, Salt + NS 1st dose +, Salt - NS 1st dose +, Salt - NS 2nd dose +, Salt - NS 2nd dose +, Salt - Biostimulant- (Control), Salt + H +, Salt - H +) factorial experiment design. According to the results obtained, it was concluded that high dose NS application had a mitigating effect on the negative effects of salt in terms of quality, color, leaf firing rate, chlorophyll content, and weekly clipping wet and dry weights of *F. arundinacea* and *L. perenne* species under salt stress. In terms of shoot dry weights, low dose NS application in *F. arundinacea* and high dose NS application in *L. perenne* showed that it was the best biostimulant that eliminated the negative effects of salt stress. In terms of root dry weight, it was concluded that species, treatments and species x treatment interactions were not statistically significant. In terms of all parameters, it was determined that the efficiency of H treatment was insufficient compared to NS treatment. In the light of the findings obtained, it was concluded that NS application is a very suitable method to eliminate the negative effects of salt stress in the studied species. In this context, it is recommended that the use of NS should be expanded especially in the management of grass areas under salt stress.

KEYWORDS: Biostimulant, Turfgrass management, Turfgrasses, Landscape maintenance, Salt stress

COMMITTEE: Assoc. Prof. Ceren SELİM

Prof. Dr. Songül SEVER MUTLU

Asst. Prof. Dr. Mert ÇAKIR

ÖNSÖZ

İklim değışikliği ve küresel ısınma nedeniyle; halihazırda dünyadaki su kaynaklarımızın üzerindeki baskı giderek arttığından dolayı çim alanların sulanmasında ikincil kalitedeki suların kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle tuza dayanıklı türler/çeşitlerin kullanımı ve aynı zamanda tür/çeşitlerin tuza dayanım potansiyelinin artırılmasına yönelik çözüm arayışları önemlidir.

Yapılan çalışmalarla nano silikon ve hümit asidin birçok stres faktörüne karşı dayanıklılığı artıran biyostimulantlardan olduğu ortaya koyulmuştur. Bu çalışma, nano silikon ve hümit asidin uygulmasının tuz stresine maruz bırakılmış serin iklim çim bitkilerinden *Festuca arundinacea* “Bizem” ve *Lolium perenne* “Ringles”, türleri üzerinde etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

“Nano silikon ve hümit asit uygulamalarının *Lolium perenne* ve *Festuca arundinacea* serin iklim çim türlerinde tuz stresi ile ilişkilerinin belirlenmesi” isimli yüksek lisans tezimin ortaya çıkmasında, tüm aşamalarda bana yol gösteren, bütün desteğini ve imkanlarını sunan, tecrübesiyle çalışmada ve hayatıma yön veren Akdeniz Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Ceren SELİM’e sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca katkılarından dolayı Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Songül SEVER MUTLU’ya çok teşekkür ederim.

Tez kapsamında kullanılan nano silikonun temini ve önerileri için Ziraat Mühendisi Öznur Derya SADİOĞLU’na teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca sera çalışmalarında emeği geçen İbrahim KURT ve İbrahim Mert SÖNMEZ’e teşekkür ederim.

Tez kapsamında elde edilen verilerin istatistik analizlerinde yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Dr. Ayşe DURAK’a teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi tez sürecimde de maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bana inanan, güvenen ve hep yanımda olan başta canım annem Meliha İNANOĞLU’na ve tüm aileme kalbimin en derin sevgisiyle sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımdaki mevcut imkanlar doğrultusunda tüm zorluklara karşı pes etmeden tezimi tamamlayabildiğim ve tüm emeklerim için en çok kendime teşekkür ederim.

Bu tezi sevgili anneannem Hatice İNANOĞLU ve büyükbabam Arslan İNANOĞLU’na ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
AKADEMİK BEYAN.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	4
3. MATERYAL VE METOT.....	12
3.1. Materyal.....	12
3.1.1. <i>Lolium perenne</i> türünün genel özellikleri.....	12
3.1.2. <i>Festuca arundinaceae</i> türünün genel özellikleri.....	12
3.2. Metot.....	13
3.2.1. Denemenin planlanması ve genel bakım uygulamaları.....	13
3.2.2. Tuzlu su, nanosilikon ve hümkik asit uygulamaları.....	14
3.2.3. Deneme süresince alınan gözlemler.....	15
3.2.4. Verilerin analizi.....	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	17
4.1. Renk.....	17
4.2. Kalite.....	19
4.3. Yaprak Yanma Oranı.....	23
4.4. Klorofil İçeriği.....	28
4.5. Haftalık Biçim Artıkları Yaş Ağırlığı.....	31
4.6. Haftalık Biçim Artıkları Kuru Ağırlığı.....	34
4.7. Deneme Sonlandırıldığında Alınan Veriler.....	37
4.7.1. Sürgün yaş ağırlığı.....	39
4.7.2. Sürgün kuru ağırlığı.....	41
4.7.3. Kök kuru ağırlığı.....	42
5. SONUÇLAR.....	43

6. KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Nano silikon ve hümik asit uygulamalarının *Lolium perenne* ve *Festuca arundinacea* serin iklim çim türlerinde tuz stresi ile ilişkilerinin belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

20/02/2024

Zeynep Benan COŞKUNYEL

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

APX	: Askorbat peroksidaz
Ca	: Kalsiyum
CaCl ₂	: Kalsiyum klorür
CAT	: Katalaz
Cl	: Klor
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
H ₄ SiO ₄	: Ortosilik asit
K	: Potasyum
K ₂ O ₃ Si	: Potasyum silikat
MDA	: Malondialdehit
Mg	: Magnezyum
MgSO ₄	: Magnezyum Sülfat
Mn	: Mangan
N	: Azot
Na	: Sodyum
Na ₂ SiO ₃	: Sodyum silikat
Na ₂ SO ₄	: Sodyum sülfat
NaCl	: Sodyum klorür
NO ₃	: Nitrat
P	: Fosfor
S	: Kükürt
Si	: Silisyum
SiO ₂	: Silisyum dioksit

SOD : Süperoksit dismutaz

Zn : Çinko

% : Yüzde

Kısaltmalar

B : Biyostimulant

°C : Santigrat derece

Cc : Santimetre küp

dS : Desisimens

EL : Elektrolit sızıntı

F. arundinacea : *Festuca arundinacea*

g : Gram

ha : Hektar

HA : Hümik asit

KDK : Katyon değişim kapasitesi

Kg : Kilogram

L. perenne : *Lolium perenne*

m : Metre

m² : Metrekare

ml : Mililitre

mM : Mikromol

nm : Nanometre

NP : Nanopartikül

NS : Nanosilikon

ROS : Reaktif oksijen türevleri

RWC : Bağlı su içeriği

T : Tuz

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. a) <i>L. perenne</i> türünün genel görünüşü; b) <i>L. perenne</i> türünün çiçek kurulu; c) <i>L. perenne</i> türünün kök, yaprak ve çiçek yapısı.....	12
Şekil 3.2. a) <i>F. arundinaceae</i> türünün genel görünüşü; b) <i>F. arundinaceae</i> türünün çiçek kurulu; c) <i>F. arundinaceae</i> türünün kök, yaprak ve çiçek yapısı.....	13
Şekil 3.3. a) Bitki yetiştirme ortamının hazırlanması; b) Eşit miktarda yetiştirme ortamının saksılara konulması c) Tohum ekimi yapılmış saksılar.....	14
Şekil 3.4 a) Tuzlu suyun hazırlanması b) 4 cm'den itibaren biçim yapılması c) Sürgün biçiminin yapılması.....	15
Şekil 4.1. <i>F. arundinacea</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında renk üzerine etkisinin zamana göre değişimi.....	17
Şekil 4.2. <i>L. perenne</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında renk üzerine etkisinin zamana göre değişimi	18
Şekil 4.3. <i>F. arundinacea</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında kalite değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi..	20
Şekil 4.4. <i>L. perenne</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında kalite değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi	21
Şekil 4.5. Deneme grupların 29 Nisan 2022 tarihine (3.Hafta) ait genel görünüşü..	22
Şekil 4.6. <i>F. arundinacea</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında yaprak yanma oranı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi.....	24
Şekil 4.7. <i>L. perenne</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında yaprak yanma oranı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi.....	25
Şekil 4.8. Deneme grupların 9 Mayıs 2022 tarihine (4.Hafta) ait genel görünüşleri	26
Şekil 4.9. <i>F. arundinacea</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında klorofil miktarı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi.....	28
Şekil 4.10. <i>L. perenne</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında klorofil miktarı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi.....	29
Şekil 4.11. Deneme grupların 6 Haziran 2022 tarihine (7.Hafta) ait genel görünüşleri.....	29
Şekil 4.12. <i>F. arundinacea</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında haftalık biçim artışı yaş ağırlığı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi.....	32

Şekil 4.13. <i>L. perenne</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında haftalık biçim artışı yaş ağırlığı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi	33
Şekil 4.14. <i>F. arundinacea</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında haftalık biçim artışı kuru ağırlığı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi	35
Şekil 4.15. <i>L. perenne</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında haftalık biçim artışı kuru ağırlığı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi	36
Şekil 4.16. <i>F. arundinacea</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında kök kuru ağırlığı, sürgün kuru ve sürgün yaş ağırlığı değerleri üzerine etkisi	38
Şekil 4.17. <i>L. perenne</i> türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında kök kuru ağırlığı, sürgün kuru ve sürgün yaş ağırlığı değerleri üzerine etkisi.....	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan türlere göre saksı başına düşen tohum ve gübre miktarları.....	14
Çizelge 4.1. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki <i>F. arundinacea</i> ve <i>L. perenne</i> türlerinin renk değerleri üzerindeki etkileri.....	19
Çizelge 4.2. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki <i>F. arundinacea</i> ve <i>L. perenne</i> türlerinin kalite değerleri üzerindeki etkileri.....	23
Çizelge 4.3. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki <i>F. arundinacea</i> ve <i>L. perenne</i> türlerinin yaprak yanma oranı üzerindeki etkileri.....	27
Çizelge 4.4. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki <i>F. arundinacea</i> ve <i>L. perenne</i> klorofil miktarı üzerindeki etkileri.....	31
Çizelge 4.5. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki <i>F. arundinacea</i> ve <i>L. perenne</i> türlerinin haftalık biçim artıkları yaş ağırlığı üzerindeki etkileri.....	34
Çizelge 4.6. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki <i>F. arundinacea</i> ve <i>L. perenne</i> türlerinin haftalık biçim artıkları kuru ağırlığı üzerindeki etkileri.....	37
Çizelge 4.7. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki <i>F. arundinacea</i> ve <i>L. perenne</i> türlerinin kök kuru ağırlığı üzerindeki etkileri.....	40
Çizelge 4.8. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki <i>F. arundinacea</i> ve <i>L. perenne</i> türlerinin sürgün kuru ağırlığı üzerindeki etkileri.....	42
Çizelge 4.9. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki <i>F. arundinacea</i> ve <i>L. perenne</i> türlerinin sürgün yaş ağırlığı üzerindeki etkileri.....	42

1. GİRİŞ

Küresel ısınma, günümüzde tüm dünyanın gündemini meşgul eden ve gereken önlemlerin doğru zamanda uygulanmaması durumunda ilerleyen senelerde çeşitli felaketlerin kaynağı olarak gösterilecek çok önemli bir çevre problemi olarak ifade edilebilir. Küresel ısınmanın ana kaynağı olarak gelişen koşullarla beraber insanların yeryüzündeki kaynaklardan gereğinden çok yararlanmak istemesi ve tamamen kendi çıkarlarına göre çevreyi şekillendirme gayretleri gösterilebilir (Koçoğlu vd. 2021).

Artan küresel ısınma, beraberinde iklim değişikliğini, kuraklığı, çölleşmeyi ve en nihayetinde ürün gruplarında dalgalanmaları getirmektedir. Bu sebeple gelecek için bazı senaryolar hazırlanmaktadır. Bunlardan bazıları; artan ısınmayla birlikte buharlaşmanın daha fazla olması, su kaynaklarının azalması ve ayrıca mevcut kaynakların bilinçsiz kullanımıyla gerçekleşen su kıtlığı nedeniyle ülkeler arasında su savaşları çıkabilme olasılığıdır (Bilgin Yıldırım 2007).

Toplumda su kaynaklarının korunması hususunda gerekli bilincin gerçekleşmemiş olması, olağan üretim sistemlerinin duyarsızlığı, sanayileşme ve kentleşme süreçleri ile beraber suya dair problemler de ivmeyle artmıştır. Öte yandan giderek büyüyen dünya nüfusu ve ekonomideki büyüme hem dünyanın ekolojik dengesini hem de su kaynaklarını tehdit edecek aşamaya ulaşmıştır. Mevcut kısıtlı kaynaklarla sonsuz bir büyüme hırsına kapılan üretim sistemleri, doğal kaynaklar üzerine aşırı yük olduğu için atmosferde sıcaklık artışına sebep olmuştur. Fakat, küresel ısınma ile ortaya çıkan iklim değişikliği, canlılar bakımından büyük tehlike oluşturmaktadır. Çok daha önemlisi küresel iklim değişikliği ile birlikte su kaynaklarının yok olması ve kapasitelerinin düşmesi söz konusudur (Kılıç 2008). Bu sebeple dünyanın birçok yerinde su kaynaklarına olan talep günbegün artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılayabilecek su kaynakları ise kısıtlıdır. Su temininde artan zorluklar yanlış bitki seçimi ile birlikte insanları suyun randımanlı kullanımı için yeni çareler bulmaya zorlamaktadır. Özellikle park ve bahçe gibi dış mekanlarda su kullanımı önemli ölçüde artabilmektedir. Bu durum sonucunda peyzajda suyun mümkün mertebe az kullanıldığı yeni peyzaj biçimleri geliştirilmesi çabasına müdahil olunmuştur. Bu kapsamda “Su Etkin Peyzaj Düzenlemesi” (Water-Efficient Landscaping), “Suyun Akılcı Kullanımı” (Water-Wise, Water-Smart), “Az Su Kullanımı” (Low-Water), “Doğal Peyzaj Düzenleme” (Natural Landscaping) ve Xeriscape (Kurakçıl peyzaj) gibi klasik peyzaj düzenleme anlayışlarından farklı peyzaj düzenleme ilkeleri geliştirilmiştir (Bayramoğlu vd. 2012). Su kaynakları üzerinde baskı yaratan faaliyetler ve tarımsal sulama sistemlerine ilişkin araştırmalar, kapasitenin artırılması, optimum kullanım ve yönetim esasına dayanmaktadır. Su yönetimi ve kullanımı ülkelere, coğrafi bölgelere, üretim kalıplarına ve ayrıca her ülkenin ekonomik, politik ve sosyal yapısına bağlıdır. Su kaynakları ve sulamada artan talep nedeniyle ek su kaynakları sağlamayı amaçlayan çalışmaların aksine, sulamada yönetim, kontrol, eşitlik ve verimliliğin su politikası ve yönetim reformları yoluyla daha iyi sonuçlar ürettiği kanıtlanmıştır. Bu kapsamda ikincil kalitedeki suların tarımsal ürünlerin ve peyzaj alanlarının sulanması amacıyla kullanıldığı bilinmektedir (WCA 2006; Aydoğdu vd. 2015). İkincil kalite sular, evlerimizde veya tarımsal alanlarında kullanılan atık sulardır. Bu sular yüksek tuzluluk oranına sahiptir. Küresel iklim değişikliği ile günümüzde toprakta veya suda ortaya çıkan tuzluluk bitki gelişmesini ve kalitesini etkileyen en önemli çevresel kısıtlamalardan biridir (Sürmen vd. 2020). Özellikle kurak ve yarı kurak iklimlerde önemli düzeyde etkisi olan tuzluluğun

topraktaki seviyesi arttıkça bitkide toksik etki yaratarak bitki kayıplarına neden olmaktadır. Tuzluluğa karşı bitki direnci, stresin süresine ve şiddetine ve ayrıca bitkinin stresle başa çıkma yeteneğinden sorumlu olan genetik özelliklere bağlıdır. Sulama suyundaki ve sulama sonucu toprakta biriken tuz miktarı genel tuz toleransı düşük olarak tanımlanan çim bitkilerinin de büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Kozłowska vd. 2021).

Toprak tuzlanması, topraktaki tuz konsantrasyonu bitki büyümesini ve üretkenliğini olumsuz yönde etkileyebilecek seviyelere çıktığında ortaya çıkan karmaşık bir olgudur. Bu durum doğal ya da insan kaynaklı olabilir ve etkileri hem tarım hem de ekosistemler için yıkıcı olabilir. Toprak tuzlanmasının ana nedenlerinden biri, kayaların ve minerallerin ayrışmasından kaynaklanan tuz birikimidir. Zamanla tuz, su sızması yoluyla toprak yüzeyine taşınabilir ve alçak alanlarda birikebilir. İklim değişikliği, yağış modellerinde değişikliklere neden olarak buharlaşmanın ve tuz birikiminin artmasına neden olduğundan toprak tuzlanmasında da rol oynar. Bununla birlikte, insan faaliyetleri de toprak tuzlanmasının nedenlerindendir. Tarımsal mahsullere su sağlamak için kullanılan su toprak yüzeyinde su birikimine sebep olduğundan beraberinde çeşitli problemleri de getirebilmektedir. Aşırı sulama veya yetersiz drenaj gibi yanlış sulama uygulamaları bu sorunları daha da şiddetlendirebilir (Saruhan vd. 2008; Gong vd. 2010).

Toprakta veya sudaki yüksek tuz seviyeleri, bitki büyümesini engelleyebilir, mahsul verimini azaltabilir ve hatta bitki ölümüne yol açabilir. Pek çok ekilebilir alan sulama ve iklim değişikliği nedeniyle tuz birikiminden etkilendiğinden, tuz stresi tarım için önemli bir sorundur. Tuz stresi bitkileri çeşitli şekillerde etkiler. Yüksek tuz seviyeleri, sodyum (Na^+) ve klorür (Cl^-) dâhil olmak üzere topraktaki iyon konsantrasyonunda artışa yol açarak bitkinin su ve iyon alımında dengesizliğe yol açmaktadır. Bu durum kök büyümesinin engellenmesine ve bitki tarafından su alımının azalmasına yol açmaktadır. Bitki, hücrelerinde su ve iyon dengesini korumak için daha fazla çaba sarfetmek zorunda olduğundan, tuz stresi de ozmotik strese yol açmaktadır (Mahajan ve Tuteja, 2005; Köşkeroğlu 2006).

Kamusal yeşil alanlarda, sahil bantlarında, otel peyzajlarında, golf sahalarında ve ev bahçelerinde bitkisel tasarımın vazgeçilmez bir parçası olan çim alanlar, fonksiyonelliğinin yanında estetik olarak da çekici olması nedeniyle peyzaj uygulamalarında sıklıkla karşılaşılan bitkisel unsurlardır. Kaliteli ve işlevsel bir çim alan tesisinde sulamanın önemi yadsınamaz. Çim alanların sulamasında ikincil kalite suların kullanılabilmesi, halihazırda kısıtlı olan su kaynaklarımızın üzerindeki baskıyı hafifletmede yardımcı olacaktır. Ayrıca tuza dayanıklı türler/çeşitlerin kullanımı ve aynı zamanda tür/çeşitlerin tuza dayanım potansiyelinin artırılmasına yönelik çözüm arayışları önemlidir. Bu kapsamda bitkilerde tuzluluğun etkilerini azaltmak için kullanılan çözüm önerilerinden biri olan biyostimulanlar belirli formülasyonlarda tohumlara veya büyümekte olan bitkilere uygulandığında bitkilerdeki fizyolojik süreçleri büyüme, gelişme veya stres tepkisine potansiyel faydalar sağlayacak şekilde değiştirme kapasitesine sahip olan maddeler veya malzemelerdir (Du Jardin 2012).

Yukarıda bahsedilen tüm bu durumlardan dolayı Akdeniz iklim koşullarında tuzluluk etkisi altında olan *Festuca arundinacea* ve *Lolium perenne* çim türlerinin tuz stresinden minimum düzeyde etkilenmesi için nanosilikon ve hümik asit gibi biyostimulant uygulamaları potansiyel bir araç olarak görülmektedir. Bu çalışmanın

amacı biyostimulant olarak son yıllarda kullanımı yaygınlaşan nano silikon (NS) ve hümik asidin (H) Akdeniz ikliminde çim alanlarda sıklıkla kullanılan serin iklim çim türleri olan *Festuca arundinacea* “Bizem” ve *Lolium perenne* “Ringles” türlerinde tuz stresinin etkilerinin giderilmesinde kullanım olanakları ve etkilerinin belirlenmesidir.



2. KAYNAK TARAMASI

Bitkide metabolizmayı etkileyen büyüme ve gelişmeye etki eden veya mani olan, elverişli olmayan herhangi bir koşul stres olarak adlandırılmaktadır. Biyolojik terim olarak stres; ortam koşullarının, bir bitkinin normal büyüme ve gelişmesine olumsuz etki edecek düzeyde değişmesidir (Kılınç ve Kutbay 2004). Başka bir söyleyişle bitkinin doğal yaşam alanı içinde metabolik iç dengeyi değiştiren veya bozan, büyüme durumundaki herhangi bir farklılık olarak açıklanabilir. (Shulaeva vd. 2008). Canlıların en uygun sınırlar dışındaki çevresel faktörlere, nasıl yanıt verdiğinin aydınlığa kavuşturulması, ekofizyolojinin bir alt bölümü olan stres ekolojisinin ana araştırma dalını oluşturur. Bitkilerin stres fizyolojilerinin araştırılması, biyocoğrafik açıdan türlerin yayılış alan sınırlarını anlamamıza, kültür bitkilerinin verimliliğinin artırılması çalışmalarına ve bitki metabolizması hakkındaki bilgilere olanak sağlar (Korkmaz ve Durmaz 2017). Bitkiler birçok abiyotik veya biyotik kaynağın sebep olduğu çeşitli stres türlerine maruz kalmaktadır. Biyotik faktörler; mikroorganizmaların (fungus, bakteri ve virüs) enfeksiyonu ve zararlı hayvanların saldırıları sonucunda ortaya çıkan stres unsurlarıdır. Abiyotik unsurlar ise su, sıcaklık, radyasyon, kimyasallar, manyetik ve elektriksel alanlar gibi çevre faktörleri (Lichtenhaler 1996) şeklinde sıralanabilir. Bu stres faktörleri bitkilerde verim kaybına, bitki kalitesinin azalmasına, morfolojik ve fizyolojik bozukluklara ve ölümlere yol açmaktadır. Bu streslerden biri de tuz stresidir.

Bitkiyi direkt veya indirekt olarak etkileyen tuz stresi bitki büyüme noktasında hücre bölünme ve genişlemesini engelleyebilmektedir. Tuzluluktan etkilenen bitkilerin yaprakları ve sapları bodur görünmektedir. Tuzluluk, su potansiyelini azaltarak, iyon dengesizliğine sebep olmakta veya iyon denge sistemlerine zarar vererek olumsuz etkiler göstermektedir (Oummu Kulthum 2018). Tuz stresi bitkilerin fizyolojik yapıları üzerinde önemli bozukluklara neden olmaktadır. Tuzluluğun bitkilerin büyümesini ve gelişmesini, yaprak alanını, tomurcuk oluşumunu, stomaları üzerinde olumsuz etkilere sahip olmasının yanında döllenme bozukluğu, meyvelerin gelişmemesi gibi negatif etkilerinin de olduğu öngörülmüştür. (Önder ve Uçar 2021).

Bikarbonat tuzları, sülfat tuzları, borat ve klorür tuzları tuz stresine sebep olan tuzların başında gelmektedir. Doğada en fazla görülen tuz sodyum klorürdür (NaCl). Bitkilerde karşılaşılan tuzluluk sorunu üç şekilde gerçekleşebilir. Birincisi, kök bölgesindeki bol miktarda bulunan çözünmüş tuzlar toprakta yeterince su olmasına rağmen bitki köklerinin su alamamasına neden olabilmektedir. Bu durum fizyolojik kuraklık olarak tanımlanmaktadır. İkincisi, glikofit (tatlı su bitkileri) bitkilerinde yüksek miktarda klorür ve sodyum (Cl ve Na^+) iyonlarının toprakta yüksek oranda bulunması sonucu bitkide zehirli etki yaparak NO_3^- , K^+ ve Ca^+ alımını azaltmaktadır. Tuz stresi altında osmotik stresin bitki üzerindeki etkisi yüksek hızda ortaya çıkar. Ancak iyonik etki yavaş bir şekilde ortaya çıkmaktadır (Zambi 2019). Tuz stresinin, osmotik stres ve sodyum klorür iyonlarının toksik etkileri sebebiyle bitkinin büyümesinde ve gelişiminde olumsuzluklar ortaya çıktığı bilinmektedir. Yaprak klorür konsantrasyonunun yükselmesi bitkinin besin dengesini ve su potansiyelini değiştirmekte ve karbondioksit asimilasyonunu etkileyerek büyümeyi azaltmaktadır. Baklagil bitkilerinde 50 mM ile 200 mM sodyum klorür arasında tuz stresi altında iken bitki gelişiminin engellenerek önemli oranda verimde azalmalar olduğu saptanmıştır (Turhan 2020).

Tuz, evrendeki yaşamın evrimi boyunca karşılaşılan ilk kimyasal stres unsurudur.

Bu sebeple en baştan beri canlılar, iyonların düzenlenmesi ve protoplazmik yapıların stabilizasyonu için tesirli sistemleri geliştirmek zorunda kalmışlardır. Tuzlar bitkinin vejetasyon devresi boyunca, evaporasyon ve transpirasyondan kalan artıklar olarak bitki bünyesinde birikmektedir. Yaprak ve diğer kısımların toprak yüzeyine düşmesinden sonra da tuzlar, yağışlarla tekrar toprağa geri dönebilmektedir (Kılınç ve Kutbay 2004). Tuzluluk, oluşma nedenlerine göre primer (doğal) ve sekonder tuzluluk olarak ikiye gruba ayrılabilir. Ana kayaların ayrışması, tuz deposu okyanuslar ve iklimsel sebepler primer tuzluluğun sebepleridir (Munns ve Tester 2008). Sekonder tuzluluğun oluşma nedenleri ise; tarımsal alanlarda aşırı sulama ile çeşitli tuzlar bakımından zengin yer altı suyu derecesinin toprak yüzeyine kadar yükselmesi, aşırı otlatma, bir bölgenin doğal vejetasyonunu yok ederek tarım arazilerinin açılması ve toprakların tuzluluğa sebep olan kimyasalların biriktirilmesi olarak sıralanabilir (Pessarakli ve Szabolcs 1999).

Çim bitkileri, bitkisel taban örtüsü vazifesi olan yeşil alanlardır. Çim bitkileri kökleri, yerüstü ve yeraltı organlarıyla toprağa bağlanır. Çimler çok yıllık bitkilerdir ve daimi bir toprak örtüsü sağlar. Uygun olarak yönetilen bir çim saha uzun seneler boyunca tatmin edici bir performans sergileyebilmektedir. (Emmons 1945). Çim bitkileri çok sayıda işleve sahiptir. Çimler kök sisteminin bağlanma etkisiyle, rüzgar ve su ile ortaya çıkabilecek erozyonu önler, toprağın sabitlenmesini sağlar, yeşil alanlarının havayı iyileştirme niteliğiyle, sıcak havaların soğutulmasında rol oynar, yol kenarları boyunca, çim sahaları araçlardan gelen toksik maddelerinin emisyonunu sağlar, hava üzerine temizleyici bir tesire sahip olmakla beraber, tozu azaltma ve motor ömrünü uzatma vazifesini üstlenirler (Turgeon 1991).

Tuzluluk stresi, çim tür ve çeşitlerinde büyümenin azalması, bitkinin solgunluk belirtisi, besin maddesi dengesizlikleri, spesifik iyon toksisitesi (Na ve Cl gibi), uzun süreli hayatta kalma yeteneğinin azalması gibi durumlara sebep olmaktadır (Carrow ve Duncan 1998).

Tuzluluk tohumlarda çimlenmenin azalmasına veya çimlenmenin oluşmasında (Önal 2011), bitkilerde ise randıman kayıplarına ve ölümlere sebep olabilmektedir. Çim alanlarında tuzun yarattığı negatif etkilerin yok edilmesinde en önemli faktör tuza dirençli çeşitlerin tercihi olmaktadır. Bununla beraber tuza dirençli çeşitlerin geliştirilmesi oldukça komplike bir iş olduğundan, basit bir mesele olarak değerlendirilmemelidir (Holmberg ve Bulow 1998, Cushman ve Bohnert 2000).

Küresel ısınma, doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı, su kaynaklarının azalması, doğal felaketler ve diğer biyotik etmenlerle beraber bitkilerin maruz kaldığı stres zaman içerisinde giderek artmaktadır. Gelişen teknoloji ile, bitkilerin stresle mücadele etmedeki alternatif çözüm yollarını aramak önemli bir konu haline gelmiştir. Bundan dolayı stresle mücadele etmek için çeşitli sentetik maddeler geliştirilmiştir. Bu maddeler bazı bitkilerde kendiliğinden üretilen biostimülantlar (Glisin betain, prolin vb), hormonlar, çeşitli asitler ve bitki büyüme düzenleyicileri olabilmekle beraber tamamen yapay (sentetik) maddeler de olabilmektedir. Biostimulantların kullanımı, tarımda yaygın bir uygulama haline gelmiş olup bitki büyümesini teşvik etme ve stresle mücadelede bir dizi fayda sağlamaktadır. Biyostimulant, besin alımını artırmak, büyümeyi uyarıcı, stres toleransını artırıcı veya ürün kalitesini iyileştirmek amacıyla uygulanan organik malzeme ve/veya mikroorganizma olarak geniş bir şekilde tanımlanmaktadır (Van Oosten vd. 2017).

Abiyotik ve biyotik streslerin ortadan kaldırılmasına yardımcı biyostimulantlardan biri olan hümik maddeler doğal olarak ortaya çıkan, renkleri sarıdan siyaha farklılık gösterebilen, yüksek moleküler ağırlığa sahip, bozulmaya dirayetli, heterojen maddeler olarak tanımlanmaktadır. Hümik maddeler şekilsiz, kısmen aromatik ve çok iyi bir şekilde tanımlanan organik bileşikler gibi kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olmayan maddelerdir. Hümik maddeler asit ve bazlardaki çözünürlüklerine göre hümik asit, fulvik asit ve hümin olarak üç gruba ayrılırlar (Akıncı 2011). Hümik maddelerin yapılarında bulunan önemli orandaki karboksilik asit grupları, fenolik ve alkolik hidroksil keton ve kinon gibi ögeler, onlara negatif elektriksel yük kazandırarak katyonları absorbe etmelerine olanak vermektedir. Hümik maddeler toprakların katyon değişim kapasitelerini (KDK) yükseltir ve toprak randımanını artırır. Hümik maddelerin katyon değişim gücü, kil minerallerinden oldukça fazladır (Akıncı 2011). Hümik asidin (HA) bir biyostimulant olarak bitki büyümesinin desteklenmesinde önemli bir rolü olduğuna inanılmaktadır. HA, abiyotik stres toleransına bağlı bitki birincil ve ikincil metabolizmasında değişikliğe neden olabilir, bu da bitki büyümesinin iyileşmesine ve abiyotik strese karşı direncin artmasına neden olur (Canellas vd. 2015; Canellas ve Olivares 2014). Yukarıda bahsedilen etkilerden dolayı HA birçok araştırma konusunun ana materyali olmuştur.

Çimrin vd. (2010) biber (*Capsicum annuum*) fide sürgünlerine uygulanan farklı hümik asit dozlarının tuza dayanıklılık açısından bitki büyüme parametreleri ve besin alımına pozitif bir tesir yaptığını belirterek, N, P, K, Ca, Mg, S, Mn ve Cu içeriklerinin arttığını bildirmişlerdir. Aynı bitkinin köklerinde N, P, K, Ca, S, Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri artmış, Na içeriği ise hem sürgünlerde hem de köklerde artan hümik asit dozları ile birlikte azalma göstermiştir.

Jarosova vd. (2016) tarafından yürütülen bir başka çalışmada, 100 mM NaCl uygulanmış arpa (*Hordeum vulgare* cv. Radegast) fidelerinde, hümik asidin alanin, prolin, askorbik asit, glutatyon gibi organik metabolitlerin içeriklerinin artırdığını bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar, tuzluluğun arpa kök uçlarında reaktif oksijen ürünlerini (ROS) artırdığını ancak hümik asit ilavesinin bu oluşumu tersine çevirdiğini ortaya koymuşlardır.

Rady vd. (2016), tuz stresi altında yetiştirilen pamuk bitkisi (*Gossypium barbadense* L.) fidelerinde hümik asidin fotosentez verimliliğini artırdığını, toprak suyunun etkili olarak alınmasına olanak sağladığını, bitkide besin miktarını dengelediğini, tohum gelişimi ile tüylerinde ve pamuk liflerinin kalitesinde artışlara yol açtığını göstermişlerdir. Hümik asit, pamuk fidelerinin toprak tuzluluğu ile mücadelesinin kazanmasında potansiyel bir iyileştirici olarak değerlendirilmektedir.

Mazhar vd. (2012), hümik asit bileşiklerinin birçok besin elementi içerdiğini, hümik asidin tuzluluğun negatif etkilerini azaltmanın yanı sıra toprak verimliliğini geliştirdiğini ve bitki gelişimini artırdığını bildirmişlerdir.

Demir vd. (1997) tarafından yapılan bir çalışmada, üç farklı tuzluluk seviyesinde (0, 28 ve 56 mM NaCl / kg toprak) büyütülen salatalık (*Cucumis sativus*) bitkisinin besin maddesi alımı ve randımanı üzerine 0,1 ve 0,2 g/kg toprak dozlarındaki hümik asidin etkisini bir sera denemesiyle araştırmışlardır. Deneme sonucunda hümik asit uygulamalarının NaCl'nin toksik etkisini azalttığını, bunun da daha fazla meyve verimine

sebepler olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Yapılan literatür araştırmasında hümit asidin buğdaygiller üzerine etkilerinin değeriendirildiği araştırmalara da rastlanmıştır.

Aşık vd. (2009), tuzlu koşullarda yetiştirilen buğday bitkileri üzerinde yaptıkları bir araştırmada, toprağa humus uygulamasının N alımını artırdığını ve yapraklara HA uygulamasının P, K, Mg, Na, Cu ve Zn alımını artırdığını göstermişlerdir.

Kazemi vd. (2019) *Festuca arundinacea* türünün ekim aşamasındaki özelliklerine HA ve seçilmiş malçların etkisini araştırmak için bir deneme gerçekleştirmişlerdir. Birinci faktör, tohumları örtmek için kullanılan solucan gübresi, yaprak kompostu, inek gübresi ve kum (kontrol) içeren malç türleridir. İkinci faktör, deney süresi boyunca aylık olarak püskürtülen bir HA çözeltisidir (100 ml). Bitki boyu, çim biçim artıklarının yaş ve kuru ağırlığı, fotosentetik indeks, yaprak dokusu ve genel çim kalitesi ölçülmüştür. HA püskürtme, bitkilerin kuru ağırlığı ve fotosentetik indeksi dışında ölçülen faktörleri önemli ölçüde iyileştirmiştir. Malçlar arasında vermikompost, taze ağırlıkta %48 artış, boyda %18 artış, toplam kalitede %48 artış ve çimin yaprak genişliğinde %10 azalma dahil olmak üzere bu çim türlerinin özelliklerini iyileştirmede daha iyi özelliğe sahip olduğu belirlenmiştir.

Lindsey vd. (2021) hümit maddelerin gübrelerle birleştirilmesinin çim bitkisinde trafik (basılma) toleransını ve performansını iyileştirip iyileştiremeyeceğini ve trafikten sonra çimin iyileşmesini araştırmak için *Poa pratensis* L. ile tesis edilmiş spor sahasında iki yıllık bir arazi denemesi yapmışlardır. Uygulamalar, hümit kaplı üre, poli-kaplı hümit kaplı üre, siyah alçılı sentetik gübre, siyah kalsiyum sülfat dihidrat, stabilize nitrojen, poli-kaplı kükürt kaplı üre, üre ve kontrol grubudur. Gübre uygulamalarına hümit maddelerin eklenmesi, trafik toleransını ve performansını iyileştirmemiştir. Gübre uygulamaları toprak nemi, yüzey sertliği ve kesme mukavemeti üzerinde bir etkiye yol açmamıştır. Çimde trafik sonrası iyileşme yıllar arasında değişiklik göstermiştir. Denemenin ikinci yılında, dört gübre uygulaması, rejenerasyon açısından kontrol grubuna göre %136 artırmıştır. Ayrıca, hümit maddelerin dahil edilmesi, tek başına gübrelerle karşılaştırıldığında, çimin rejenerasyon yeteneğinin artmasıyla sonuçlanmamıştır. Genel olarak, hümit maddeler içeren gübre uygulamaları, tek başına gübrelere kıyasla trafikten etkilenen sahayı iyileştirebilir olduğu belirlenmiş, ancak sonuçların yıllar arasında değişken olduğu saptanmıştır.

Yapılan literatür araştırmasında hümit asidin tuz stresi altında çim bitkilerinde etkilerinin araştırıldığı az sayıda araştırma ile karşılaşmıştır. Sharifiasl vd. (2019), tuz stresi altındaki Bermuda çimine (*Cynodon dactylon*) nanosilikon (NS) ve HA uygulamalarının etkilerini araştırdıkları çalışmalarında sera ve arazi koşullarında dört farklı tuzluluk seviyesi (0, 5, 7 ve 9 dS/m), dört farklı seviye NS (0, 1, 2 ve 3 mm/l) ve ayrıca dört farklı seviye HA (0, 50, 100 ve 150 mg) uygulamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, artan tuzluluk seviyeleri ile klorofil içeriğinde bir azalma ve prolin, malondialdehit (MDA), katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve elektrolit sızıntısında (EL) artış olduğunu göstermiştir. Sera ve dış mekandaki klorofil içeriği de artan NS ve HA seviyeleri ile artarken, iki ortamda prolin, artan NS ve HA seviyeleri ile azalmıştır. Artan NS seviyeleri ile EL dalgalanmış, ancak artan HA seviyeleri ile iki ortamda azalmıştır. Artan NS seviyeleri ile, her iki ortamda da CAT, salınımdan sonra nihayetinde azalmıştır,

ancak HA seviyelerinde özel bir eğilim olmadığı görülmüştür. Artan NS ve HA seviyeleri ile seradaki MDA azalmış ve dış mekanda artışı belirlenmiştir.

Maibodi vd. (2015) dört farklı dozda (0, 100, 400 ve 1000 mg L⁻¹) hümik asidin *Lolium perenne* bitkisine uygulamışlardır. Hümik asit uygulaması, 1000 mg L⁻¹'de bitki yapraklarını görsel kalitelerini ve kanopi uzunluğunu sırasıyla %13 ve %7,9 oranında artmasını sağladığı bildirilmiştir. Ayrıca hümik asit uygulamasının kök yaş ağırlığı dışında kök ve sürgün gelişimini de iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Sadece 100 mg L⁻¹ kanopi uzunluğunu, görsel kaliteyi, azot içeriğini, kök uzunluğunu ve kökleri iyileştirirken, hümik asit konsantrasyonlarının tümü demir içeriği üzerinde etkili olduğunu saptamışlardır. Bu sonuçlar, hümik asidin yapraktan uygulamasının bazı besin maddelerinin alımını ve *Lolium perenne*'nin kök gelişimini artırmada faydalı olabileceğini göstermiştir.

Pooya vd. (2016) yaptıkları araştırmada *Lolium perenne* 'Chadegan' ve 'Yarand' çeşitlerinde üç farklı tuzluluk seviyesinin altında (0, 150, 300 mM) dört farklı konsantrasyonda HA (0, 5, 10, 15 g kg⁻¹) denemişlerdir. Çeşit x tuz etkileşimi türün renk, doku, pürüzsüzlük, homojenlik, RWC (P<0.01) ve toplam kaliteyi (P<0.05) önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. HA x tuzluluk etkileşimlerinin düzgünlük ve homojenlik üzerinde önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiş, ancak diğer özellikler (P< 0.05) ve RWC (P<0.01) üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca, üçlü etkileşimin etkisi tekstür, biçim sonrası kalite, tekdüzellik ve bağıl su içeriği ve bitki boyu üzerinde önemli olduğu saptanmıştır. HA uygulaması, tuzluluk stresi altında yaprakların bağıl su içeriği ve biçim sonrası doku ve kalite üzerindeki tuzluluk etkisini azaltabileceği belirlenmiştir. Ayrıca tuzluluk şiddetinin artması, HA uygulaması ile bile bitki boyunu ve toplam kaliteyi azaltıcı etki yapmıştır.

Zhu ve Li (2018) golf sahalarında humusun granül gübreleme veya püskürtme yoluyla kullanılmasının toprak tuzluluğu sorunlarını hafifletip hafifletemeyeceğini ve çim kalitesini iyileştirip iyileştiremeyeceğini araştırdıkları çalışmalarında uygulanan humus oranlarının çim sağlığı ve çim kalitesi üzerindeki etkinliğini ortaya koymuştur. Araştırma Amerika'nın Kolorado ve Montana eyaletlerinde *Poa pratensis*, *Poa annua* ve *Lolium perenne* türleriyle tesis edilmiş golf sahalarının fairway kısımlarında gerçekleştirilmiştir. Humus uygulamasının toprağın mikrobiyal biyokütlesini artırdığını ve toprak tuzluluğu sorunu olan veya geri dönüştürülmüş su ile sulanan çim sahalarındaki çim kalitesini iyileştirdiğini göstermiştir.

Nanopartiküller (NP), boyut olarak 100 nm veya daha küçük olan küçük parçacıklara sahiptirler (Khan vd. 2019). NP'ler yüksek yüzey alanı, yüksek reaktivite, değişebilen gözenek boyutu ve parçacık morfolojisi gibi fiziko-kimyasal özellikleri sebebiyle birçok alanda farklı şekillerde kullanılabilirler. Silikon (Si) ise bitki yaşamı için faydalı kabul edilen maddelerden birisidir (Karimi ve Mohsenzadeh 2016). Si, toprakta sıvı, katı veya adsorbe edilmiş olarak farklı fraksiyonlarda bulunabilmektedir. Si'nin sıvı ve adsorbe fazları topraktaki esas silikon formu olan ortosilik asit (H₄SiO₄) içerdiğinden bitki tarafından kullanılabilen formlardır (Seleiman vd. 2019). Çeşitli çalışmalarda NP'lerin dışarıdan uygulamasının güçlü kök dokusunun oluşmasına, antioksidan enzim aktivitesinin ve hücre sel su dengesini düzenlenmesine katkıda bulunduğu bildirilmektedir (Siddiqui vd. 2014). Si gibi elementler fosfor kullanımını teşvik etmesi sebebiyle bitki büyüme ve gelişmesini aynı zamanda bitki dayanıklılığını

artırabilmektedir. Bu durumda Si gübrelemesi ile bitki verimliliği de artırılabilir (Rosmarkam ve Yuwono 2002).

Bao-shan vd. (2004) nano-SiO₂'nin tuz stresine maruz kalan *Larix olgensis* türünde yaprak yaş ve kuru ağırlığını, klorofil içeriğini ve prolin birikimini artırdığı bildirmişlerdir. Araştırmacılar prolinin birikiminde, serbest amino asitlerde, besin içeriklerinde, antioksidan enzim aktivitelerindeki artışın nano-SiO₂'den kaynaklandığını bu sebepten NP'lerin abiyotik stres altında bitkilerin toleransını artırdığı raporlanmıştır. *Larix olgensis* bitkisine eksojen nano-SiO₂ uygulandığında bitkinin boyunun, kök çapının, ana kök uzunluğunun, yan köklerin gelişiminin ve klorofil sentezinin artırdığını belirtmişlerdir.

Torabi vd. (2015)'nin yaptığı bir araştırmada, tuz stresine maruz kalan *Borago officinalis* L. bitkisine eksojen uygulanan Si'nin (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 mM) etkileri incelenmiştir. Tuz stresi, yaş ve kuru ağırlığı, protein içeriğini ve katalaz aktivitesini azaltmıştır. Aksine, tuz stresi altındaki bitkilerde prolin, glisin betain, MDA, SOD ve APX aktivitesi artmıştır. Sadece tuz uygulanan bitkilerle karşılaştırıldığında, Si uygulamasının, özellikle 1.5 mM konsantrasyonunda fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerde bir iyileşme sağladığını raporlamışlardır.

Bir başka araştırmada ise pirinç (*Oryza sativa* L. var. Hashemi) bitkisinde dört tuzluluk düzeyinin (0.46, 2, 4 ve 8 dS m⁻¹), iki tuz bileşiminin (NaCl ve dört-tuz kombinasyonu) ve dört silisik asit (H₄SiO₄) oranının (8, 100, 200 ve 300 mg/kg toprak) büyüme özellikleri ve SOD aktivitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Tuz bileşimi, 4:2:2:1 mol oranında NaCl, Na₂SO₄, CaCl₂ ve MgSO₄ içermektedir. Toprağın tuzluluk düzeyinin artırılması kuru maddeyi (yaklaşık %40), sürgün adedini (yaklaşık %12), yaprak alanını (yaklaşık %55), yaprak klorofil konsantrasyonlarını (yaklaşık %45) ve Si içeriğini (yaklaşık %40) ciddi oranda azalttığı, prolin konsantrasyonunda (%200'den fazla) ve SOD enzim aktivitesinde (%65'e kadar) ise önemli bir artışa sebep olduğu bildirilmiştir. Tuzluluğun pirinç büyüme özellikleri üzerindeki baskılayıcı etkisinin Si uygulaması ile azaltılabileceği ve pirinç bitkilerinin tuzdan etkilenen topraklarda yetiştirileceği zaman bitkilere yeterli Si verilmesi önerilmiştir (Saleh vd. 2018).

Yapılan literatür araştırmasında silikonun çim bitkileri üzerine etkilerinin araştırıldığı araştırmalara da rastlanmıştır. Esmaili vd. (2015) potasyum silikatın (K₂O₃Si) yapraktan uygulanmasının *Cynodon dactylon* [L.] Pers., *Lolium perenne* L., *Festuca arundinacea* Schreb. üzerindeki etkisini değerlendirmek için bir deneme yapmışlardır. *Lolium perenne* L. artan tuzluluk seviyesiyle, klorofil içeriği ve bağıl su içeriği, bu üç çim türünde kontrol ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Silikonun, tuzluluğun klorofil içeriği üzerindeki olumsuz etkilerini iyileştirdiği saptanmıştır. Silikon uygulamaları tüm tuzluluk seviyelerinde prolin içeriğini azaltmıştır. Ayrıca Si ilavesi tüm çimlerde sürgün uzunluğunu ve sürgün sayısını artırmıştır. Sodyum konsantrasyonu, yüksek tuzluluk düzeyinde çimlerin hem yapraklarında hem de köklerinde artmış; bununla birlikte, Si uygulaması, tüm deneme gruplarında Na konsantrasyonunu önemli ölçüde azaltmıştır. Si, çoğu durumda sürgünlerde ve köklerde potasyum konsantrasyonunu artırmıştır. Si'nin tüm çimlerde tuz stresinin olumsuz etkilerini hafiflettiği sonucuna varılabileceği ortaya konmuştur.

Silikon aynı zamanda Japon çimi (*Zoysia sp.*), Yengeç çimi (*Stenotaphrum sp.*),

Tavus otu (*Agrostis sp.*), İngiliz çimi (*Lolium sp.*) ve Bermuda çimi (*Cynodon sp.*) gibi sıcak ve serin iklim çim bitkilerinde hastalık stresinin azaltılmasında da etkili olmuştur (Saigusa vd. 2000; Gussack, 1998; NCSU, 1997; Rondeau, 2001; Uriarte vd. 2004; Datnoff ve Nagata, 1999; Brecht vd. 2004; Nanayakkara vd. 2005).

Linjuan vd. (1999) üç farklı silikon konsantrasyonu (0 mM, 1.7 mM ve 5.0 mM) içeren besin solüsyonunda yetişen *Agrostis stolonifera* ve *Zoysia japonica* bitkilerinin büyümesine silikonun etkisinin araştırmak amacıyla bir sera denemesi yapmışlardır. Sonuçlar silikonun sertliği, elastikliği ve trafik toleransını artırdığını ortaya çıkarmıştır. Silikon uygulamaları ayrıca gündüz 45°C ve gece 35°C'yi geçen sıcaklıklarda *Agrostis stolonifera* bitkisinin sıcaklık toleransını da artırmıştır. Besin solüsyonu silikon içeren bitkiler kontrol bitkilerine kıyasla daha fazla biyokütle oluşturmuşlardır. 5.0 mM silikon içeren besin solüsyonu her iki türde de kök uzunluğu, kök ve yaprak yaş ağırlığını artırmıştır. 1.7 mM ve 5.0 mM silikon uygulaması *Zoysia japonica*'nın kök büyümesine önemli derecede etki etmemiştir. Fakat aynı uygulama *Agrostis stolonifera*'nın kök büyümesini önemli derecede artırmıştır. Yapılan analizler sonucu silikon uygulaması yapılan bitkilerin kontrol bitkilerine göre daha fazla P ve silikon alımı yaptığı gözlenmiştir. Yazarlar bu sonuçların çimlere silikon uygulamasının stres toleransı artırmak için iyi bir bakım yöntemi olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir.

Saigusa vd. (2000) *Zoysia japonica* 'Miyako'ya kalsiyum silikat uygulamasının yıpranma, böcek ve hastalık toleransı üzerine etkisini saptamak gayesiyle Japonya'da bir araştırma yapmışlardır. Yazarlar 100 ve 300 g/m² kalsiyum silikat uygulaması yapılan çim yapraklarının kontrol uygulamalarına göre sırasıyla %18 ve %26 daha fazla silikon içerdiği belirtmişlerdir. Yine, 300 g/m² kalsiyum silikat uygulamasıyla *Rusidrina depravata* larvalarının çim yapraklarını yeme miktarı kontrole kıyasla %41 oranında azalmıştır. Kahverengi yamadan (*Rusidrina depravata*) etkilenen hastalık şiddetinin kalsiyum silikat uygulamasıyla azaldığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, yazarlar kalsiyum silikatın *Zoysia japonica* 'Miyako'nun yıpranma, böcek ve hastalık toleransını artırmak için etkili bir materyal olduğunu belirtmişlerdir.

Başka bir çalışmada, Ma ve Takahashi (2002) yapraktan 1,1 kg/ha ve 2,2 kg/ha ve topraktan 22,4 kg/ha potasyum silikat uygulamasının *Paspalum vaginatum* türünde yıpranma toleransını yaklaşık %20 oranında azalttığını belirtmiştir. *Agrostis palustris* 'Pennecross' bitkisinde, 50 ve 100 mg/l silikon uygulamasına cevap olarak kuru ağırlığını artırmıştır (Gussack vd. 1998). Yazarlar silikon uygulamasının *Agrostis palustris*'in büyüme ve gelişiminin arttığını belirtmişlerdir.

Çakır (2020) silikon kaynağı olarak potasyum silikatın farklı oranlarını ve azot uygulamalarını Japon çiminin (*Zoysia japonica* Steud.) sonbahar-kış dönemi yeşil çim rengini koruyabilme ve genel çim performansı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirdiği doktora tez çalışmasında bazı çim karakteristiklerinde olumlu etkiler olduğunu gözlemlemiştir. Azot ve potasyum silikatın birlikte uygulaması kalite, renk, çim yoğunluğu, çim indeks değeri, klorofil içeriği, ilkbaharda yeşillenme oranı ve kök kuru kuru ağırlığı değerlerini kontrole göre sırasıyla %51, %71, %38, %15, %48, %48 ve %123'e kadar artırmış, dormansi oranlarını %78'e kadar azaltmıştır. Elde edilen sonuçlara göre azotla birlikte potasyum silikat uygulamasının sonbaharda daha geç dormansiye girme ve ilkbaharda daha erken yeşillenmeye neden olarak Japon çiminin dormansi süresini kısalttığı belirlenmiştir.

Yapılan literatür araştırmasında nanosilikonun tuzluluk stresi altında çim bitkilerinde etkilerinin araştırıldığı az sayıda araştırma ile karşılaşılmıştır. Chai vd. (2010), yaptıkları çalışmanın amacı, tuzluluk stresi altında *Poa pratensis* L. fidelerinde Na_2SiO_3 'ün artan konsantrasyonlarının çim büyümesi ve Na^+ ve K^+ dağılımı üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Bu büyüme odası deneyi, 10 g kg^{-1} tuzluluk koşulları altında bir kontrol ve beş farklı Si dozundan (0, 0.24, 0.48, 0.72 ve 0.96 g Si/kg tuzlu toprak) oluşmaktadır. Tohum çimlenme oranının, 0.48 g kg^{-1} Si uygulaması altında 12 gün sonra önemli ölçüde arttığı saptanmıştır. 0.48 ila 0.96 g kg^{-1} arasında Si ilavesi ile, tuzlu koşullarda Si'ye kıyasla sürgünlerdeki Na^+ / K^+ oranı azalmış ve bireysel yaprak alanı artmıştır. Bireysel yaprak alanındaki artışın, esas olarak yaprak kını uzunluğundaki artışın sonucu olduğu belirlenmiştir. Sürgünlerdeki K^+ konsantrasyonu önemli ölçüde artarken, köklerdeki Na^+ konsantrasyonları tüm Si uygulamaları altında önemli ölçüde azalmıştır. Sonuçlar, tuzlu koşullar altında Si'nin köklerden sürgünlere K^+ transferini indüklediğini, ancak Na^+ 'nın emilimini ve transferini engellediğini, bunun da tuzlu koşullar altında Si uygulaması ile daha iyi çim kalitesine ve büyümesine katkıda bulunabileceğini göstermektedir.

Taher vd. (2023) golf ve futbol sahalarında sıklıkla kullanılan *Paspalum vaginatum* ve Tifway Hibrit Bermuda çimi (*Cynodon transvaalensis* × *C. dactylon*) türlerinde soğuk ve tuz stresi altında farklı dozlarda hümkik asit, demir sülfat, farklı silikon kaynaklarının (silika, diatomit) etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, ele alınan tüm parametreler açısından, kontrole kıyasla her iki türün büyümesini iyileştirdiğini, silikonla karşılaştırıldığında demir sülfat ve hümkik asit kullanıldığında daha büyük bir gelişme gözlemlendiğini göstermiştir.

Rahimi vd. (2021) tuzluluk stresi altındaki *Lolium perenne* türünde silikon açısından zengin bir mineral olan iki farklı klinoptilolit zeolit (orijinal klinoptilolit zeolit ve potasyumca zenginleştirilmiş klinoptilolit zeolit) tuzun olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında tuz stresi altında, her iki zeolit uygulamasının sürgünlerde Na içeriğini %44,36 ve %21,31 oranında önemli ölçüde azalttığı, ancak K içeriğini %272,34 ve %81,59 oranında artırdığı, ayrıca K/Na oranını da sırasıyla %590,47 ve %129,43 artırdığı belirlenmiştir. Benzer şekilde sürgünlerdeki Si içeriği de %28,33 oranında artmıştır. Toprak karışımına zeolit, özellikle potasyumca zenginleştirilmiş klinoptilolit zeolit eklenmesi, bağl su içeriğini, membran stabilite indeksini, toplam klorofil içeriğini, toplam çözünür proteinleri, peroksidaz ve süperoksit dismutaz aktivitelerini artırmış, ancak tuz stresi altında alınan sudan alınan toplam çözünür karbonhidrat, hidrojen eroksit ve malondialdehit içeriğini azaltmıştır. Sürgün ve kök kuru ağırlığı, kök hacmi ve kök/sürgün oranının da iyileştiği belirlenmiştir. Böylelikle Si açısından zengin bir mineral olan zeolit her iki formuyla yapılan yetiştirme ortamı iyileştirmesi, tuzluluğun çok yıllık çimler üzerindeki olumsuz etkilerini kısmen azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Literatür araştırmaları hümkik asit ve nano silikon etkilerinin, uygulanan türlere, uygulama yöntemine, konsantrasyonlarına, sıklığına ve bitkinin büyüme safhasına göre farklılık gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın amacı; tuzluluk stresi altındaki *Festuca arundinacea* ve *Lolium perenne* çim türleri üzerinde, biyostimulant olarak son yıllarda kullanımı yaygınlaşan nano silikon ve hümkik asidin tuz stresinin etkilerinin giderilmesindeki kullanım olanaklarının belirlenmesidir.

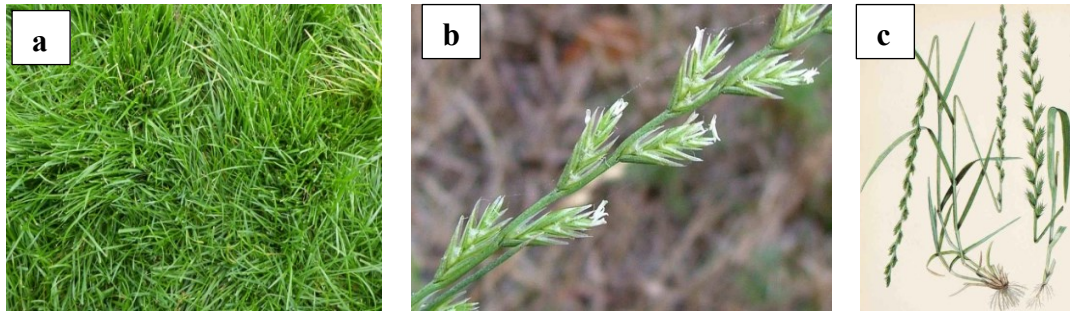
3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini serin iklim çim bitkilerinden *Lolium perenne* “Ringles” ve *Festuca arundinacea* “Bizem” çeşitleri oluşturmuştur. Deneme kapsamında kullanılan türlere ait genel özellikler aşağıda özetlenmiştir.

3.1.1. *Lolium perenne* türünün genel özellikleri

Çok yıllık bir yeşil alan çim bitkisi olan *Lolium perenne*’nin (İngiliz çimi) bazı çeşitleri, yazları nemli ve serin, kışları ılıman geçen bölgelerde daha uzun ömürlüdür. Çok yıllık çim esas olarak serin-nemli iklimlerin, kış ayları sert olmayan ve serin-nemli yazlara sahip bulunan yörelerine adapte olmuştur. Sıcaklığın aşırı yüksek veya aşırı düşük olmaması şartıyla, çok yıllık olan ömrü daha da uzayan türün, sıcaklığa dayanıksız olduğu belirtilmiştir. Günümüzde sektörde sıklıkla tercih edilen ve değişik ülkelerin farklı ekolojilerinde kullanılan onlarca cins, yüzlerce tür ve çeşit çim bulunduğu bir gerçektir (Avcıoğlu, 1997). Ilıman bölgede yayılış gösteren *Lolium* cinsinin 10 türü bulunmaktadır (Turgeon, 1999). Hubbard (1982)’a göre, *Lolium perenne* dünyada en yaygın olarak kullanılan çok yıllık bir çim türüdür. Orta dokulu, sık kardeşli (yumak formu, üniform ve saçak köklü bir yapıya sahip olup ısıya karşı dayanıksızdır. Çim alanların oluşturulması *Lolium perenne* L. (İngiliz çimi) basılmaya dayanıklı olması, orta bir doku oluşturması ve sık kardeşlenme niteliğinin tek düze bir örtü oluşturması özellikleri nedeni ile en yaygın ve en yoğun kullanılan bir çim bitkisi türüdür (Yazıcı vd. 2014). *Lolium perenne* park ve bahçeler, spor alanları, karayolları refüjlerinde ve değişik amaçlı çim alanların yapımında kullanılmakta ve tohumla üretilmektedir. Oldukça iri olan tohumları kolayca çimlenmekte ve gelişmektedir. Çim alanları için özel olarak ıslah edilen, birim alanda bol kardeş geliştiren, ince yapraklı ve kısa boylu çeşitler basılmaya ve çiğnenmeye karşı çok dayanıklıdır. Bu nedenle de futbol sahaları gibi aşırı kullanılan ve yıpranan alanlar için ideal bir bitki olarak kabul edilir (Açıkgöz, 1993).



Şekil 3.1. a) *L. perenne* türünün genel görünüşü; b) *L. perenne* türünün çiçek kurulu; c) *L. perenne* türünün kök, yaprak, çiçek yapısı

3.1.2. *Festuca arundinacea* türünün genel özellikleri

Festuca arundinacea Schreb. (Kamışsı yumak), çim bitkisi olarak yaygın şekilde kullanılan, serin iklimde yetişen çok yıllık bir çim türüdür (Burns and Chamblee, 1979; Saha vd. 2015,). Çimlenme hızı nispeten yüksek olan, kuraklık, sıcak hava, gölge, aşınma

toleransı gibi çok çeşitli çevre koşullarıyla uyumlu, spor alanlarında kullanılabilen çok amaçlı bir çimdir türüdür (Aldous ve Chivers 2002). *Festuca* türlerinden en önemlisi ve üzerine en çok araştırmanın yapıldığı bilinen türün anavatanı Avrupa ve Asya'nın serin, ılıman ve nemli bölgeleri, Kuzey Afrika, Kuzey ve Güney Amerika, Yeni Zelanda ve Avustralya'nın ıslak ve bataklık çayırlar alanlarıdır (Hoover vd. 1948). Amerika'ya Avrupalı göçmenler aracılığı ile götürülmüştür. Yetiştiriciliği 19. yüzyılda ABD'de başlamış, ancak 20. yüzyılda yaygınlaşmıştır. Kamışsı yumağın doğal yayılma alanı Avrupa, Kuzey Afrika, Kuzey ve Güney Amerika, Yeni Zelanda ve Avustralya'nın ıslak ve bataklık çayırlar alanlarıdır (Hoover vd. 1948; Buckner vd. 1979).). Derin köklü, çok yıllık uzun ömürlü, koyu yeşil renge sahiptir. Toprakta pH=4,7- 9,5 olduğu durumda çok rahat gelişebilen varyeteleri vardır (Manga ve Acar, 1988; Açıkgoz, 1991). *Festuca arundinacea* orta ve ağır yapılı topraklara uyum sağlar. Ekstrem koşullara uyumlu olduğu için toprak koruma kabiliyeti olan bir türdür (Eraç ve Ekiz, 1985; Manga ve Acar, 1988; Woodle ve Turner, 1949).



Şekil 3.2. a) *F. arundinacea* türünün genel görünüşü; b) *F. arundinacea* türünün çiçek kurulu; c) *F. arundinacea* türünün kök, yaprak, çiçek yapısı

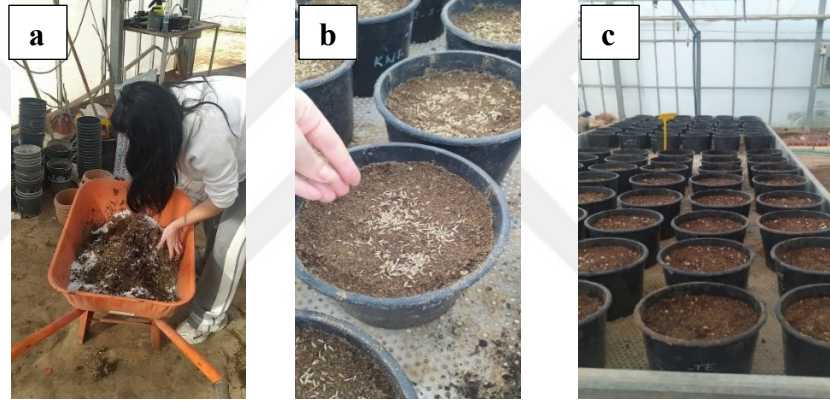
3.2. Metot

3.2.1. Denemenin planlanması ve genel bakım uygulamaları

Deneme 30.11.2021 tarihinde Akdeniz Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Süs Bitkileri Araştırma ve Uygulama Arazisinde bulunan cam serada kurulmuştur. Deneme 18 cm çap ve 16 cm boyundaki (3 litre) plastik saksılar kullanılmıştır. Bitki yetiştirme ortamı olarak otoklavlanmış steril kum, steril torf ve perlit 5:4:1 oranında hazırlanmıştır. Her saksıya tartılarak 5,5 kg yetiştirme ortamı konulmuştur. Her bir çim türünün 1 metrekare için gerekli olan miktarın saksı ebatlarına göre hesaplanması sonucunda saksı başına düşmesi gereken tohum miktarı; *Lolium perenne* 35 gr/m², *Festuca arundinacea* ise 45 gr/m² olmak üzere saksılara tohum ekimi yapılmış ve üzerine tohumun maksimum 2 katı (yaklaşık 1-1,5 katı) kadar kapak toprağı serpilmiştir. Saksılara düzenli, eşit miktarda tarla kapasitesinde sulama gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.1). Deneme, 2x2x4 (Tür x NaCl x Biyostimulant) (Tuz+ Biyostimulant-, Tuz+ NS 1.doz+, Tuz- NS 1.doz+, Tuz+ NS 2.doz+, Tuz- NS 2.doz+, Tuz- Biyostimulant- (Kontrol), Tuz+ H+, Tuz- H+) faktörlü ve 3 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre tasarlanmıştır.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan türlere göre saksı başına düşen tohum ve gübre miktarları

Çim tür ve çeşidi	m ² 'ye ekilmesi önerilen tohum miktarı (gr/m ²)	Saksı ebatları ve harcın yüzey alanı	Saksı başına ekilen tohum miktarı (gr)	m ² 'ye öerilen azot miktarı (gr/m ²)	Saksı başına verilen gübre miktarı (gr)
<i>Lolium perenne</i> “Ringles”	35	18 cm x 16 cm 254,34 cm ²	0.9	2.5 gr/m ²	0.31 gr
<i>Festuca arundinacea</i> “Bizem”	45	18 cm x 16 cm 254,34 cm ²	1,15	2.5 gr/m ²	0.31 gr



Şekil 3.3. a) Bitki yetiştirme ortamının hazırlanması; b) Eşit miktarda yetiştirme ortamının saksılara konulması; c) Tohum ekimi yapılmış saksılar

Tohum ekimi gerçekleştirildikten sonra iki gün aralıklarla düzenli olarak her saksıya eşit tarla kapasitesinde olacak şekilde sulama yapılmıştır. Saksılarda gelişen çimler kardeşlenmeyi teşvik etmek amacıyla toprak yüzeyinden 4 cm olacak şekilde biçim uygulaması yapılmıştır. Biçim ilk olarak 11.12.2021 tarihinde başlayıp her hafta, haftada bir olacak şekilde düzenli olarak devam etmiştir. İlk gübreleme tohum ekimden itibaren 1 ay sonra 31.12.2021 tarihinde yapılmıştır. 18-18-18 (N-P-K) kompoze gübreden m²'ye saf 2,5 gr azot gelecek şekilde iki haftada bir, her saksıya 0,31 gr gübreleme yapılmıştır (Çizelge 3.1).

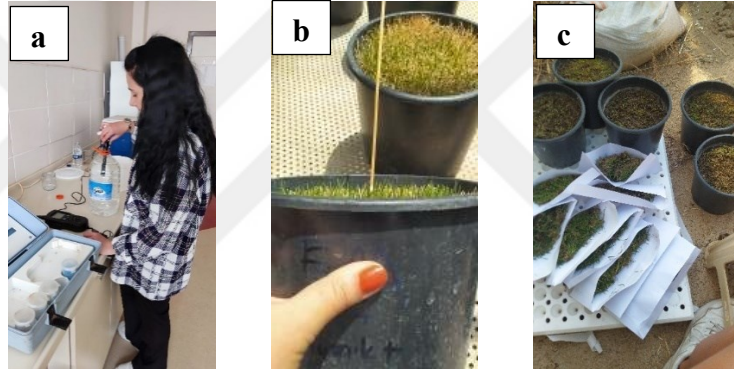
3.2.2. Tuzlu su, nanosilikon ve hümkik asit uygulamaları

Tuzlu su uygulamasına öncelikle bitkinin ihtiyacı olan su miktarı belirlenerek başlamıştır. Totalde verilecek su miktarı içerisinde NaCl eklenerek tuzlu su elde edilmiştir. Elde edilen tuzlu suyun tuz konsantrasyonu ölçülerek istenilen konsantrasyon elde edilmiştir. Tuzlu su uygulaması ilk olarak 18.03.2022 tarihinde uygulanmıştır. Bitkilere herhangi ani bir toksisiteye mahal vermemek için tuzlu su konsantrasyonu

kademeli olarak artırılarak uygulanmıştır. Uygulamada çözeltinin tuz konsantrasyonu 1 ds/mol⁻¹'den başlanarak 6 ds/mol⁻¹'e kadar bir hafta içerisinde kademeli yükseltilmiştir. Deneme bitene kadar yapılan su uygulamalarının tamamı 6 ds/mol⁻¹ tuzlu su ile gerçekleştirilmiştir.

Nanosilikon olarak ticari ismiyle Eckosil (Unittar-Asfestglobal) kullanılmıştır. Eckosil'in madde içeriği %1,2 w/w suda çözünür demir, %0,0035 w/w suda çözünür molibden, %1 suda çözünür çinko ve %5,4 orto-orto silisik asit içeren nano partikül formunda SiO₂'dir. Nanosilikon uygulaması üç ayrı doz olarak; dekara 0 -100 cc ve 200 cc oranlarında yapılmıştır.

Belirtilen dozlara karşılık gelen Nanosilikon miktarı her bitkiye 200 ml su ile yapraktan püskürtme yolu ile uygulanmıştır. Nanosilikon çözeltisi saf su ile hazırlandığından deneme şartlarını bozmamak için nanosilikon verilmeyen saksılara 200 ml yapraktan püskürtme yolu ile saf su uygulaması yapılmıştır. Nanosilikon uygulaması ilk olarak tuz stresi başlatıldığından yaklaşık 4 hafta önce, 22.02.2022 tarihinde başlamış olup 04.04.2022 (tuz stresi başladığı tarihten yaklaşık 3 hafta sonra) tarihinde bir kere daha tekrarlanmış, toplamda 2 iki defa uygulanmıştır.



Şekil 3.4. a) Tuzlu suyun hazırlanması; b) 4 cm'den itibaren biçim yapılması; c) Sürgün biçiminin yapılması

Denemede hümik asit olarak ticari ismiyle Blackjack SC (Altıntar tarım) kullanılmıştır. Blackjack madde içeriği olarak %15 toplam organik madde, %15 toplam hümik ve fulvik asit ve %0,03 suda çözünür potasyum oksit içermektedir. Hümik asit uygulamasında dekara 0 ve 300 cc hesabı ile iki doz uygulama yapılmıştır. Hümik asit uygulaması ilk olarak tuz stresi başlatıldığından yaklaşık 4 hafta önce, 22.02.2022 tarihinde başlamış olup 04.04.2022 (tuz stresi başladığı tarihten yaklaşık 3 hafta sonra) tarihinde bir kere daha tekrarlanmış, toplamda 2 iki defa uygulanmıştır.

3.2.3. Deneme süresince alınan gözlemler

Yaprak yanma oranının, çim kalitesi ve kök-sürgün gelişimi ölçümlerinin, çimlerde tuzluluğa karşı toleransın belirlenmesinde en iyi kriterler olduğu bildirilmiştir (Marcum ve Kopeck 1997, Marcum vd. 2005, Marcum ve Pessarakli 2006, Qian vd. 2007, Alshammary vd. 2008). Deneme boyunca haftalık olarak alınan çim rengi, çim kalitesi, haftalık bitki biçim artıkları miktarı (yaş ve kuru ağırlıkları), klorofil içeriği belirlenmiştir. Deneme sonlandırıldığında ise sürgün ve kökün yaş ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür.

- **Çim rengi;** Gerek aktif büyüme sezonunda alınan renk ve gerekse sonbahar ve kış aylarında ve stres altında rengini muhafaza edebilme değerlendirmesi bitkinin genetik renginin değil, genel olarak parsel renginin bir bütün olarak değerlendirilmesidir. Görsel olarak, 1-9 renk skalası kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu skalada 1.0 değeri tamamen sararmayı, 6.0 değeri açık yeşil ve 9.0 değeri koyu yeşil rengi ifade etmektedir. Veriler haftada bir alınmıştır.

-**Çim kalitesi:** Çim kalitesinin değerlendirilmesi; çim dokusuna ait renk, yoğunluk, doku ve streslere olan tepkinin bir kombinasyonudur (Turgeon 1999). Görsel olarak 1-9 kalite puanlama skalası kullanılarak değerlendirilmiştir. Çimin renk, homojenlik, birim alandaki sürgün sayısı ve görünüm gibi bileşenleri dikkate alınarak yapılan bu değerlendirmelerde, 1.0 değeri tamamen sararmayı (dormansi veya ölüm), 6.0 değeri kabul edilebilir minimum çim kalitesini, 9.0 değeri ise ideal sürgün yoğunluğu, doku, renk, homojenlik ile mükemmel veya ideal kaliteyi ifade etmektedir. Veriler haftada bir alınmıştır.

-**Biçim artıkları yaş ve kuru ağırlıkları:** Saksılar haftalık 4 cm. den biçilmiş ve biçim artıkları ivedilikle laboratuvarında hassas terazide tartılarak yaş ağırlıklar belirlenmiştir. Biçim artıkları 72°C'de 48 saat etüvde kurutularak tartılmış ve kuru ağırlıklar belirlenmiştir.

-**Klorofil içeriği:** Klorofil, klorofil metre (FIELDSCOUT CM 1000) kullanılarak bitkilerin tuz stersine maruz bırakıldığı dönemde haftada bir her saksıdan ölçüm yapılmıştır. Klorofil metre saksıların üstünden konik olarak 30 cm-183 cm mesafeden tutularak her saksıdan on ölçüm yapılmıştır. Belirtilen klorofil ölçüm cihazı çim kanopisinden yansıtan 700 nm ve 840 nm dalga boyundaki ışığı kullanarak realitif klorofil içeriğini ölçmektedir.

- **Sürgün ve kök yaş ve kuru ağırlıkları:** Kontrol bitkileri ile kıyaslandığında, tuzlu sulama suyu ile sulanan bitkilerdeki sürgün ve kök kuru ağırlıklarındaki değişim tuzluluk toleransının göstergesi olarak kullanılan en önemli ölçütlerden birisidir (Maas 1990). Deneme sona erdirildiğinde bitkiler toprağıyla birlikte saksıdan dikkatlice çıkarılmış, tüm sürgünler ve kökler kendilerini bir araya getiren kök tacı kısmından birbirlerinden ayrılarak hasat edilmiştir. Sürgünler ve kökler dikkatli bir şekilde yıkanarak topraklarından tamamen arındırılmış ve hemen kâğıt zarflar içinde yaş ağırlıkları ölçülmüş, sonrasında 72 C⁰ de 48 saat kurutulmak suretiyle kuru ağırlıkları ölçülerek tartılmıştır.

3.2.4. Verilerin analizi

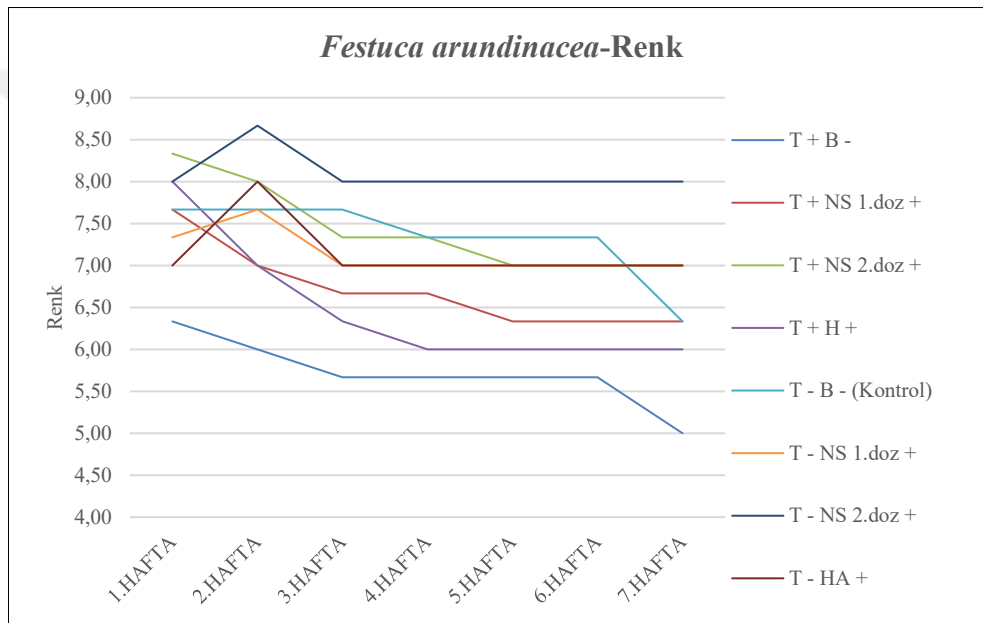
Çalışmaya ait alınan haftalık gözlemlerden elde edilen verilerden zamana bağlı değişim gösteren özelliklere ait grafikler Microsoft Excel'de elde edilmiştir. Tüm verilere ait ortalamalar SPSS 17 programında varyans analizine tabi tutulmuş, analiz sonuçlarına göre istatistiki olarak farklı çıkan parametreler %5 önem düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Renk

Deneme süresince tuz stresi altındaki *Festuca arundinacea* ve *Lolium perenne* türlerine uygulanan farklı biyostimulantların her 7 günde bir renk değerleri skorlanarak zamana göre değişimi belirlenmiştir (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).

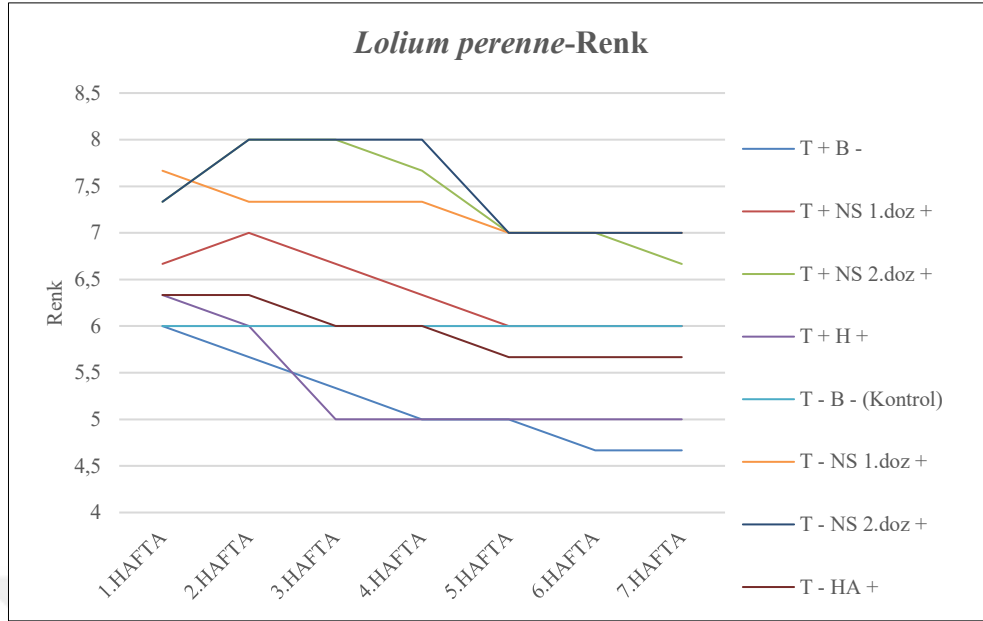
Tuz stresi altındaki *F. arundinacea* türünün renk değerleri incelendiğinde en düşük değerin tuz uygulaması ile birlikte hiçbir biyostimulant uygulanmayan grupta olduğu görülmektedir. Bu uygulamayı sırasıyla; tuz ile beraber hümkik asit uygulaması, tuz ile birlikte nanosilikon 1. doz uygulaması takip etmektedir. En yüksek renk değerin ise; tuz uygulamasıyla birlikte nanosilikon 2.doza uygulamasının yapıldığı deneme grubunda olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doza: Tuz var nanosilikon 1.doza var, T+ NS 2.doza: Tuz var nanosilikon 2.doza var, T+ H+: Tuz var hümkik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doza: Tuz yok nanosilikon 1.doza var, T- NS 2.doza: Tuz yok nanosilikon 2.doza var, T- H+: Tuz yok hümkik asit var)

Şekil 4.1. *F. arundinacea* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında renk üzerine etkisinin zamana göre değişimi

Tuz stresi altındaki *L. perenne* türünün renk değerleri incelendiğinde beklendiği gibi en düşük değerin tuz uygulaması ile birlikte hiçbir biyostimulant uygulanmayan grupta olduğu görülmektedir. Bu uygulamayı sırasıyla; tuz ile beraber hümkik asit uygulaması, tuz yok hümkik asit var uygulaması takip etmektedir. En yüksek değerin ise; tuz yok nanosilikon 2.doza uygulamasının yapıldığı deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altında en iyi kaliteyi ise; nanosilikon 2.doza uygulamasında görülmüştür (Şekil 4.2).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümik asit var)

Şekil 4.2. *L. perenne* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında renk üzerine etkisinin zamana göre değişimi

Çizelge 4.1’de belirtildiği üzere renk değerleri açısından sonuçlar türlerin ($P \leq 0,001$), uygulamaların ($P \leq 0,001$) ve tür x uygulama interaksiyonunun ($P \leq 0,001$) istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir.

Renk değerleri açısından uygulama ortalamaları ele alındığında değerlerin 5,45 ile 7,78 arasında değiştiği Çizelge 4.1’de belirtilmiştir. En düşük renk değeri ortalamasının tuz uygulanan ve herhangi bir biyostimulant uygulanmayan deneme grubunda, en yüksek renk değerinin ise tuz uygulaması yapılmamış ama nanosilikon 2. doz uygulanmış deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarına bakıldığında en yüksek değere sahip olan grubun nanosilikon 2. doz uygulanan (7,38) grup olduğu görülmektedir. Kontrole göre artış oranı yaklaşık %12’dir. Hümik asit uygulamasına bakıldığında kontrole göre hümik asit ve tuz uygulanan grupta yaklaşık %12’lik bir düşüş yaşandığı gözlemlenmiştir.

Renk değerleri açısından türler tek başına değerlendirildiğinde ise; *F. arundinacea* türünde ortalamanın 7,01 olduğu, en düşük renk değerine sahip uygulamanın tuz uygulanan ve kimyasal uygulanmayan grupta olduğu (5,71) ve bu uygulamanın diğer uygulamalardan istatistiki olarak ayrıldığı belirlenmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde renk açısından *F. arundinacea* türünde uygulamaların istatistiki olarak 5 grup oluşturduğu görülmektedir. En yüksek renk değerinin ise 8,09 ile tuz uygulanmayıp nanosilikon 2.doz uygulanan grupta olduğu belirlenmiştir. Tuz uygulanan ve nanosilikon 1. doz uygulaması (6,71) ise diğer tüm uygulamalardan istatistiki olarak ayrılmaktadır (Çizelge 4.1). Tuz stresi altındaki gruplarda en yüksek değere sahip olan grubun nanosilikon 2.doz uygulanan deneme grubu olduğu görülmektedir. Kontrol grubuna göre %10,21’lik bir

artış söz konusudur. Görüldüğü üzere *F. arundinacea* türünde yapılan uygulamalar arasında renk açısından nanosilikon uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı bir biyostimulant olduğu belirlenmiştir.

Renk değerleri açısından türler tek başına değerlendirildiğinde ise; *L. perenne* türünde ortalamanın 6,37 olduğu, en düşük renk değerine sahip uygulamanın tuz uygulanan ve biyostimulant uygulanmayan grupta olduğu (5,19) belirlenmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde renk açısından *L. perenne* türünde uygulamaların istatistiki olarak 4 grup oluşturduğu görülmektedir. En yüksek renk değerlerinin sırasıyla tuz yok nanosilikon 2. doz (7,48), Tuz var nanosilikon 2. doz (7,38) olduğu belirlenmiştir. Kontrolle kıyaslandığında 2 doz nanosilikon uygulamasının %3,31'lik artış olduğu belirlenmiştir. Buradan anlaşıldığı üzere *L. perenne* türünde yapılan uygulamalar arasında renk açısından nanosilikon uygulaması tuz stresinin azaltılmasına yardımcı olan bir biyostimulant olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Taher vd. (2023) *Paspalum vaginatum* ve Tifway hibrit Bermuda çiminde tuz ve soğuk stresi altında görsel çim kalitesi parametrelerinden renk için en yüksek skora sahip grubun demir sülfat ve hümkik asit uygulamalarında olduğunu tespit ederken, silikon uygulamalarının daha düşük değerlere sahip olduğunu belirlemiştir. Tez kapsamında elde edilen bulgular tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerinde literatürden farklı olarak nanosilikon uygulamalarının renk açısından daha yüksek değerlere sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Çizelge 4.1. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerinin renk değerleri üzerindeki etkileri

Uygulama	Tür		Uygulama Ort.
	<i>F. arundinacea</i>	<i>L. perenne</i>	
Tuz var Kimyasal yok	5,71 ^z A e ^x	5,19 B d	5,45 e ^y
Tuz var Nanosilikon 1.Doz	6,71 A cd	6,38 B b	6,55 c
Tuz var Nanosilikon 2.Doz	7,43 A b	7,38 B a	7,41 b
Tuz var Hümkik Asit var	6,48 A d	5,33 B d	5,91 d
Tuz yok Kimyasal yok (Kontrol)	7,34 A b	6,00 B c	6,67 c
Tuz yok Nanosilikon 1.Doz	7,14 A bc	7,24 B a	7,19 b
Tuz yok Nanosilikon 2.Doz	8,09 A a	7,48 B a	7,78 a
Tuz yok Hümkik Asit var	7,14 A bc	5,95 B c	6,55 c
Tür Ortalama	7,01 a	6,37 b	
Önemlilik			
Tür (T)	***		
Uygulama (U)	***		
TxU	***		

^x İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların, küçük harfler ise dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir. ^y Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortamlar ayrı harflerle gösterilmiştir.

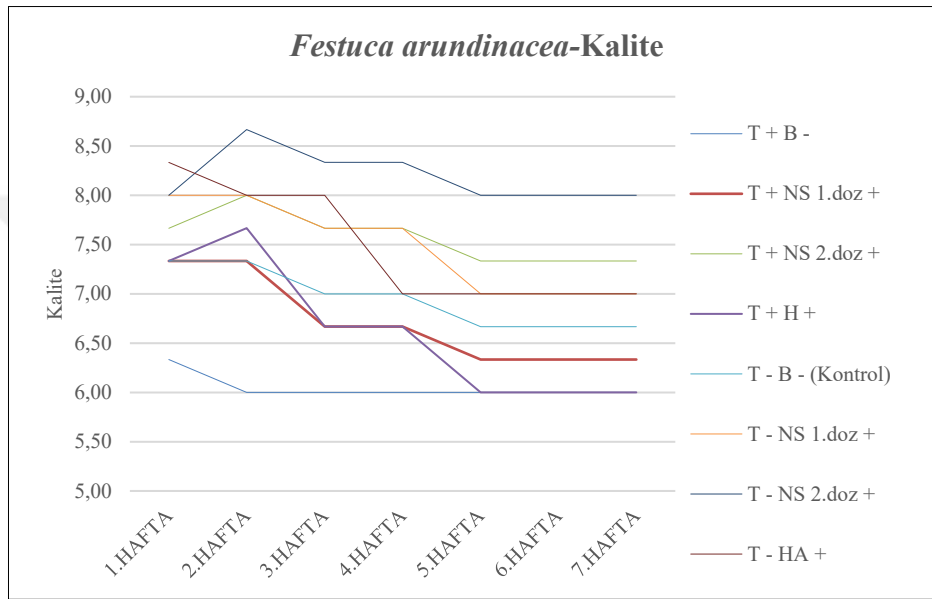
^z Değerler tüm haftaların ortalamasıdır.

4.2. Kalite

Deneme süresince tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerine uygulanan farklı biyostimulant uygulamalarının her 7 günde bir kalite değerlerinin

skorlanarak zamana göre değişimi belirlenmiştir (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4). Deneme grupların 29 Nisan 2022 (3.Hafta) tarihine ait genel görünüşü Şekil 4.5'te sunulmuştur.

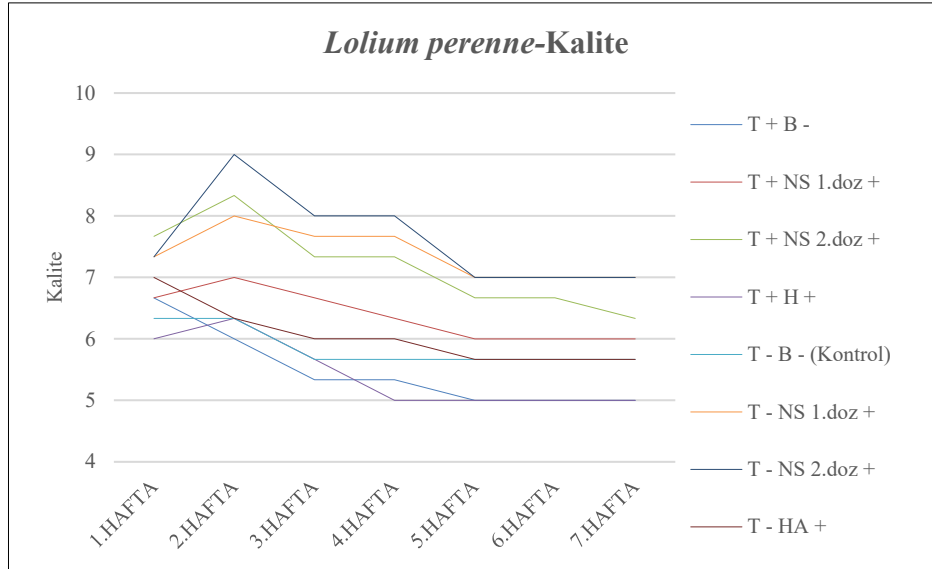
Tuz stresi altındaki *F. arundinacea* türünün kalite değerleri incelendiğinde beklendiği gibi en düşük değerlerin önceleri tek başına tuz ile beraber hiçbir biyostimulant uygulanmayan grupta olduğu görülürken, beşinci haftadan itibaren buna tuzla birlikte hümitik asit uygulaması da eklenmiştir. Bu uygulamaları sırasıyla; tuzla birlikte 1. doz nanosilikon uygulaması, kontrol grubu takip etmektedir. En yüksek kalite değerini ise; tuz yok nanosilikon 2. doz uygulamasında görülmüştür. Tuz stresi altında en iyi kaliteyi ise; nanosilikon 2. doz uygulamasında görülmüştür (Şekil 4.3).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümitik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümitik asit var)

Şekil 4.3. *F. arundinacea* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında kalite değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi

Tuz stresi altındaki *L. perenne* türünün kalite değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin tuz stresi altındaki hümitik asit uygulaması yapılan grupta ve onunla birlikte tuz uygulanan hiç biyostimulant uygulanmayan grupta olduğu görülmüştür. Bunları kontrol grubu ve tuz uygulanmayan hümitik asit uygulanan grup izlemektedir. Başta en yüksek kalite değerine tuz stresi altında nanosilikon 2. doz uygulanan deneme grubunda görülürken, tuz uygulanmayan ve nanosilikon 2. doz uygulanan deneme grubu ona yakın bir kalite verisi sunmuştur. *L. perenne* türünde kalite açısından tüm deneme grupları bir arada incelendiğinde nanosilikon 2. doz uygulamasının tuz stresini bertaraf etme açısından olumlu etki yarattığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.4 ve Çizelge 4.2).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümik asit var)

Şekil 4.4. *L. perenne* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında kalite değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi



a
L. perenne Soldan sağa (1) T+ NS 1.doz+, (2) T+ NS 2.doz+, (3) T+ H+, (4) T+ BS-



b
L. perenne Soldan sağa (1)T- BS- (kontrol) (2) T- NS 1.doz+, (3) T- NS 2.doz+, (4) T- H+



c
F. arundinacea Soldan sağa (1) T- BS- (kontrol) (2) T- NS 1.doz+, (3) T- NS 2.doz+, (4) T- H+



d
F. arundinacea Soldan sağa (1) T+ NS 1.doz+, (2) T+ NS 2.doz+, (3) T+ H+, (4) T+ BS-

(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümik asit var)

Şekil 4.5. Deneme grupların 29 Nisan 2022 (3.Hafta) tarihine ait genel görünüşü; **a)** *L. perenne* Soldan sağa (1) T+ NS 1.doz+, (2) T+ NS 2.doz+, (3) T+ H+, (4) T+ BS-; **b)** *L. perenne* Soldan sağa (1)T- BS-(kontrol) (2) T- NS 1.doz+, (3) T- NS 2.doz+, (4) T- H+; **c)** *F. arundinacea* Soldan sağa (1) T- BS-(kontrol) (2) T- NS 1.doz+, (3) T- NS 2.doz+, (4) T- H+; **d)** *F. arundinacea* Soldan sağa (1) T+ NS 1.doz+, (2) T+ NS 2.doz+, (3) T+ H+, (4) T+ BS-

Çizelge 4.2’de belirtildiği üzere kalite değerleri açısından sonuçlar türlerin ($P \leq 0,001$), uygulamaların ($P \leq 0,001$) ve tür x uygulama interaksyonunun ($P \leq 0,05$) istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir.

Kalite değerleri açısından uygulama ortalamaları ele alındığında değerlerin 5,76 ile 7,91 arasında değiştiği Çizelge 4.2’de belirtilmiştir. En düşük kalite değeri ortalamasının tuz uygulaması ile herhangi bir biyostimulant uygulaması yapılmayan (5,76) uygulama grubunda, en yüksek kalite değerinin ise tuz uygulaması yapılmamış ama nanosilikon 2. doz uygulanmış (7,91) deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubuna göre %23 artış görülmüştür.

Kalite değerleri açısından türler tek başına değerlendirildiğinde ise; *F. arundinacea* türünde ortalamanın 7,13 olduğu, en düşük kalite değerine sahip uygulamanın tuz uygulanan ve biyostimulant uygulanmayan grupta olduğu (6,05) ve bu uygulamanın diğer uygulamalardan istatistiki olarak ayrıldığı belirlenmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde kalite açısından *F. arundinaceae* türünde uygulamaların istatistiki olarak 5 grup oluşturduğu görülmektedir. En yüksek renk değerinin ise 8,19 ile tuz uygulanmayıp nanosilikon 2. doz uygulanan grupta olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altında en yüksek kalite değerini de yine nanosilikon 2. doz uygulanan deneme grubunda olduğu görülmektedir (7,57.) (Çizelge 4.2). Kontrol grubu ile kıyaslandığında % 9 oranında bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Görüldüğü üzere *F. arundinacea* türünde yapılan uygulamalar arasında kalite açısından nanosilikon uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı bir biyostimulant olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde *Poa pratensis* türünde, tuzlu koşullar altında Si’nin köklerden sürgünlere K⁺ transferini tetiklediğini ve Na⁺ emilimini ve transferini engellediğini, bunun da tuzlu koşullar altında Si uygulamasıyla daha iyi çim kalitesine ve büyümeye katkıda bulunabileceğini göstermiştir (Chai vd. 2010).

Kalite değerleri açısından türler tek başına değerlendirildiğinde; *L. perenne* türünde ortalamanın 6,42 olduğu, en düşük kalite değerine sahip uygulamanın tuz uygulanan ve hümkik asit uygulanan deneme grubunda olduğu (5,43) belirlenmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde kalite açısından *F. arundinaceae* türünde uygulamaların istatistiki olarak 4 grup oluşturduğu görülmektedir. En yüksek kalite değerlerinin sırasıyla tuz uygulanmayan nanosilikon 2. doz (7,62), tuz uygulanmayan nanosilikon 1. doz (7,38) ve tuz uygulanan nanosilikon 2.doz (7,19) olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en yüksek değere sahip olan nanosilikon 2. doz kontrol grubu ile kıyaslandığında %22 oranında bir artış olduğu gözlemlenmiştir. *L. perenne* türünde de yapılan uygulamalar arasında kalite açısından nanosilikon 2. doz uygulaması tuz stresinin azaltılmasına yardımcı olan bir uygulama olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 4.2).

Her iki türde de kalite değerleri açısından öncelikle nanosilikon uygulamalarının en yüksek kalite değerlerine ulaşılmasında işe yaradığı sonucuna ulaşılmıştır. Benzer

şekilde Trenholm vd. (2004) şiddetli kuraklık stresi altında, Si ile gübrelenmiş yengeç çimini kontrol grubuna olanlardan daha yüksek kaliteye sahip olduğunu bildirmiştir. Si ile gübrelenmiş bitkilerde yaprak yanma oranı ve bitki yoğunluğu sırasıyla %13 ve %23,5 oranında önemli ölçüde daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Si ile gübrelendiğinde çim kalitesi, renk ve yoğunluk oranları da kontrollere göre önemli ölçüde artış göstermiştir.

Çizelge 4.2. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerinin kalite değerleri üzerindeki etkileri

Uygulama	Tür		Uygulama Ort.
	<i>F. arundinacea</i>	<i>L. perenne</i>	
Tuz var Kimyasal yok	6,05 ^z A e ^x	5,48 B d	5,76 e ^y
Tuz var Nanosilikon 1.Doz	6,72 A d	6,38 B b	6,55 cd
Tuz var Nanosilikon 2.Doz	7,57 A b	7,19 B a	7,38 b
Tuz var Hümik Asit var	6,62 A d	5,43 B d	6,02 e
Tuz yok Kimyasal yok (Kontrol)	6,95 A cd	5,86 B cd	6,41 d
Tuz yok Nanosilikon 1.Doz	7,48 A bc	7,38 B a	7,43 b
Tuz yok Nanosilikon 2.Doz	8,19 A a	7,62 B a	7,91 a
Tuz yok Hümik Asit var	7,48 A bc	6,05 B bc	6,76 c
Tür Ortalama	7,13 a	6,42 b	
Önemlilik			
Tür (T)	***		
Uygulama (U)	***		
TxU	**		

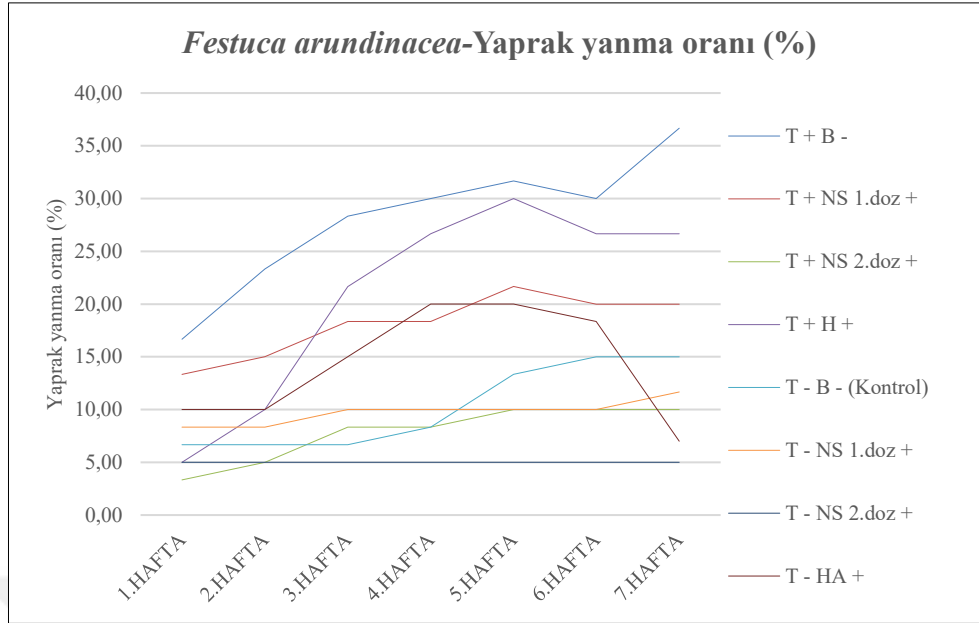
^x İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların, küçük harfler ise dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir. ^y Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortamlar ayrı harflerle gösterilmiştir.

^z Değerler tüm haftaların ortalamasıdır.

4.3. Yaprak yanma oranı

Deneme süresince tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerine uygulanan farklı biyostimulantların her 7 günde bir yaprak yanma oranları yüzde olarak skorlanarak zamana göre değişimi belirlenmiştir (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7). Deneme grupların 9 Mayıs 2022 (4.hafta) tarihine ait genel görünüşleri Şekil 4.8’de sunulmuştur.

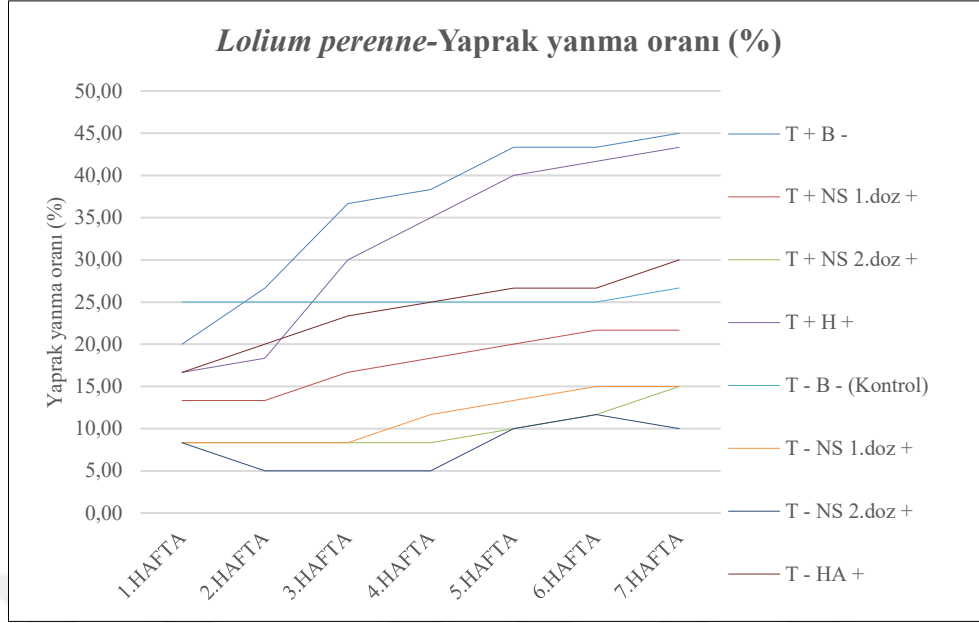
Tuz stresi altındaki *F. arundinacea* türünün yaprak yanma oranları incelendiğinde ilk hafta en düşük oranın tuz stresi altındaki nanosilikon 2. doz ve tuz uygulanmayan nanosilikon 2.doz olduğu görülmektedir. 7.Haftaya gelindiğinde ise en düşük yaprak yanma oranlarının sırasıyla tuz uygulanmayan nanosilikon 2. doz ve tuz uygulanmayan hümik asit uygulanan deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarında ise en düşük yaprak yanma oranının nanosilikon 2. doz uygulaması olduğu görülmektedir. En yüksek yaprak yanma oranı ise tuz stresi altında biyostimulant uygulanmayan deneme grubunda olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.6).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümik asit var)

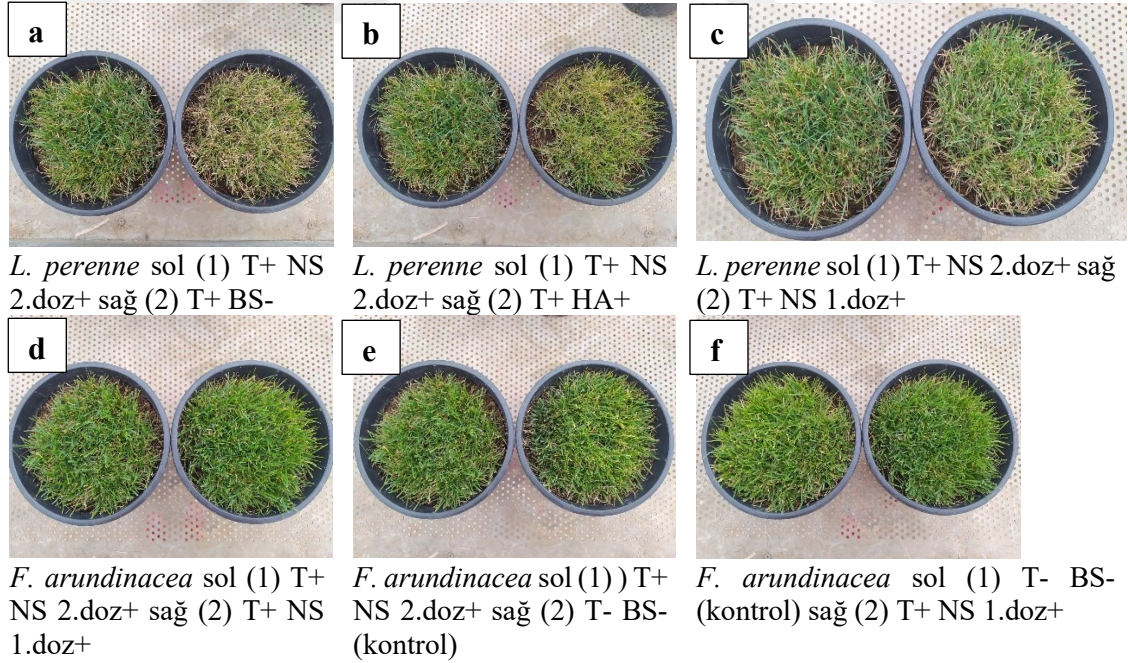
Şekil 4.6. *F. arundinacea* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında yaprak yanma oranı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi

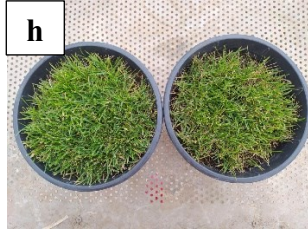
Tuz stresi altındaki *L. perenne* türünün yaprak yanma oranları incelendiğinde ilk hafta en düşük oranın tuz uygulanmamış nanosilikon 2. doz uygulanmış, tuz uygulanmamış nanosilikon 1. doz uygulanmış ve deneme grubunda, tuz stresi altında nanosilikon 2. doz uygulaması olduğu görülmektedir. 7. Haftaya gelindiğinde yine en az yaprak yanma oranına bu üç deneme grubunda rastlanmıştır. En yüksek yaprak yanma oranlarının ise tuz stresi altında biyostimulant uygulanmayan deneme grubunda ve tuz stresi altında hümik asit uygulaması yapılan deneme grubunda olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümik asit var)

Şekil 4.7. *L. perenne* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında yaprak yanma oranı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi





h
F. arundinacea sol (1) T-
BS- (kontrol) sağ (2) T+
HA+

(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümik asit var)

Şekil 4.8. Deneme grupların 9 Mayıs 2022 (4.Hafta) tarihine ait genel görünüşleri; **a)** *L. perenne* sol (1) T+ NS 2.doz+ sağ (2) T+ BS-; **b)** *L. perenne* sol (1) T+ NS 2.doz+ sağ (2) T+ HA+; **c)** *L. perenne* sol (1) T+ NS 2.doz+ sağ (2) T+ NS 1.doz+; **d)** *F. arundinacea* sol (1) T+ NS 2.doz+ sağ (2) T+ NS 1.doz+; **e)** *F. arundinacea* sol (1) T+ NS 2.doz+ sağ (2) T- BS- (kontrol); **f)** *F. arundinacea* sol (1) T- BS- (kontrol) sağ (2) T+ NS 1.doz+; **h)** *F. arundinacea* sol (1) T- BS- (kontrol) sağ (2) T+ HA+

Çizelge 4.3'te belirtildiği üzere yaprak yanma oranları açısından sonuçlar türlerin ($P \leq 0,001$), uygulamaların ($P \leq 0,001$) ve tür x uygulama interaksyonunun ($P \leq 0,001$) istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir.

Yaprak yanma oranları açısından uygulama ortalamaları ele alındığında değerlerin %6,43 ile %32,5 arasında değiştiği Çizelge 4.3'te belirtilmiştir. Uygulama ortalamalarına göre en düşük yaprak yanma oranının tuz uygulanmayan nanosilikon 2.doz uygulamasında, en yüksek yaprak yanma oranının ise tuz stresi altında hiçbir kimyasal uygulanmayan deneme grubuna ait olduğu görülmektedir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en düşük yaprak yanma oranına nanosilikon 2.doz uygulanan grupta (%8,93) olduğu görülmüştür. Kontrol grubuna oranla %50'lik bir düşüş olduğu belirlenmiştir.

Yaprak yanma açısından türler tek başına değerlendirildiğinde ise; *F. arundinacea* türünde ortalamanın %14,3 olduğu, en düşük yaprak yanma oranına sahip uygulamanın tuz uygulanmayan ve nanosilikon 2.doz uygulamasında (%5) olduğu görülmektedir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en düşük yaprak yanma oranına sahip olan grubun nanosilikon 2.doz uygulaması (%7,86) olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.3 incelendiğinde yaprak yanma oranı açısından *F. arundinaceae* türünde uygulamaların istatistiki olarak 5 grup oluşturduğu görülmektedir. En yüksek yaprak yanma oranının ise %28,10 ile tuz stresi altında hiç kimyasal uygulanmayan deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altında en yüksek yaprak yanma oranının da hümik asit uygulanan deneme grubunda (%20,97) olduğu görülmektedir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en düşük yaprak yanma oranına ise nanosilikon 2.doz (7,86) olduğu görülmektedir. Kontrol grubuna oranla değerlerin % 23 oranında düşüş gözlemlenmiştir. Görüldüğü üzere *F. arundinacea* türünde uygulamalar arasında yaprak yanma oranı açısından 2. doz nanosilikon uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı bir biyostimulant olduğu belirlenmiştir.

Yaprak yanma oranları açısından türler tek başına değerlendirildiğinde; *L. perenne* türünde ortalamanın %20,6 olduğu, en düşük yaprak yanma oranına sahip uygulamanın tuz uygulanmayan ve nanosilikon 2.doza uygulamasında (%7,87) görülürken bu uygulamanın diğer uygulamalardan istatistiki olarak ayrıldığı belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en düşük yaprak yanma oranına sahip olan grubun nanosilikon 2.doza uygulaması (%10,00) olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubuna göre yaprak yanma oranı % 60 azalmıştır. Çizelge 4.3 incelendiğinde yaprak yanma oranı açısından *L. perenne* türünde uygulamaların istatistiki olarak 5 grup oluşturduğu görülmektedir. En yüksek yaprak yanma oranının ise %36,20 ile tuz stresi altında hiç biyostimulant uygulanmayan deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altında en yüksek yaprak yanma oranının ise hümitik asit uygulanan deneme grubunda (%32,17) olduğu görülmektedir. Benzer şekilde *L. perenne* türünde uygulamalar arasında yaprak yanma oranı açısından 1. doz nanosilikon uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı bir biyostimulant olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan her iki türde de yaprak yanma oranları açısından nanosilikon uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı bir biyostimulant olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular *Stenotaphrum secundatum* (Yengeç çimi) (Trenholm vd. 2004) ve *Agrostis palustris* çim türünde (Gussack vd. 1998) elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir. Si gübrelemesi ile çim kalitesi, renk ve yoğunluk oranları da kontrollere göre önemli ölçüde artış göstermiş, yaprak yanma oranı büyük ölçüde azalmıştır (Datnoff 2005).

Çizelge 4.3. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerinin yaprak yanma oranı üzerindeki etkileri

Uygulama	Tür		Uygulama Ort.
	<i>F. arundinacea</i>	<i>L. perenne</i>	
Tuz var Kimyasal yok	28,10 ^a A a ^x	36,20 B a	32,5 a ^y
Tuz var Nanosilikon 1.Doza	18,10 A bc	17,83 B d	17,97 c
Tuz var Nanosilikon 2.Doza	7,86 A de	10,00 B e	8,93 de
Tuz var Hümitik Asit var	20,97 A b	32,17 B b	26,57 b
Tuz yok Kimyasal yok (Kontrol)	10,23 A d	25,23 B c	17,73 c
Tuz yok Nanosilikon 1.Doza	9,77 A d	11,46 B e	10,62 d
Tuz yok Nanosilikon 2.Doza	5,00 A e	7,87 B e	6,43 e
Tuz yok Hümitik Asit var	14,37 A c	24,03 B c	19,2 c
Tür Ortalama	14,3 a	20,6 b	
Önemlilik			
Tür (T)	***		
Uygulama (U)	***		
TxU	***		

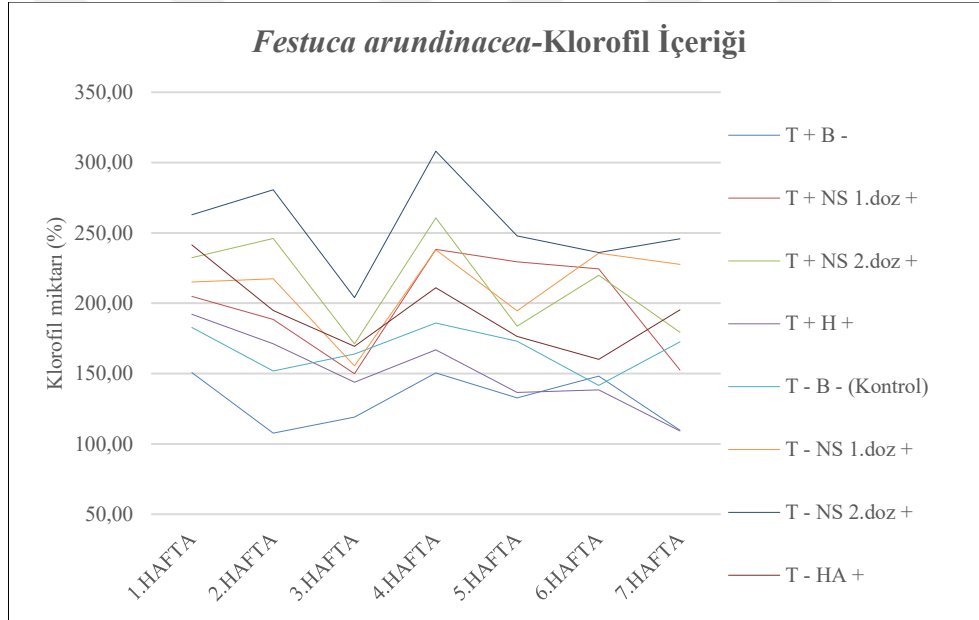
^x İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler yatay (sıra boyunca) verilen ortalamaların, küçük harfler ise dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir. ^y Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortamlar ayrı harflerle gösterilmiştir.

^z Değerler tüm haftaların ortalamasıdır.

4.4. Klorofil İçeriği

Deneme süresince tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerine uygulanan farklı biyostimulant uygulamalarının her 7 günde bir klorofil miktarları klorofilmetre ile ölçülerek zamana göre değişimi belirlenmiştir (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10). Deneme grupların 6 Haziran 2022 (7.Hafta) tarihine ait genel görünüşleri Şekil 4.11’de sunulmuştur.

Deneme gruplarında alınan veriler incelendiğinde klorofil içeriği dalgalanmalar olsa da tuzun olumsuz etkilerinin ve birikimin artmasıyla genel olarak 3. hafta klorofil miktarlarında keskin bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir. *F. arundinacea* türünün klorofil miktarları incelendiğinde en düşük miktarın tuz stresi altında hiç biyostimulant uygulanmamış deneme grubunda olduğu görülmektedir. Onu tuz stresi altında hümkik asit uygulaması ve kontrol grubu takip etmektedir. Denemenin son haftasına gelindiğinde en yüksek klorofil miktarı tuz uygulanmayan nanosilikon 2. doz uygulamasında görülmüştür. Tuz stresi altındaki deneme gruplarında en yüksek klorofil içeriği ise; nanosilikon 1. doz ve nanosilikon 2. doz uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9).

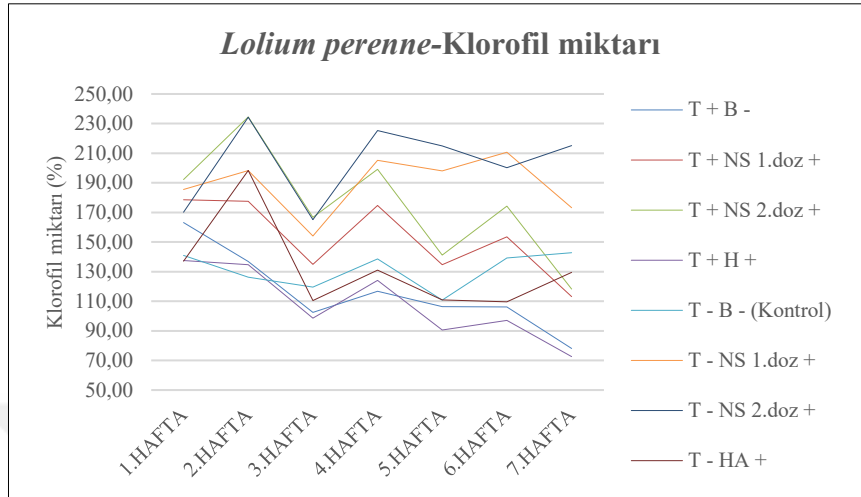


(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümkik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümkik asit var)

Şekil 4.9. *F. arundinacea* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında klorofil miktarı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi

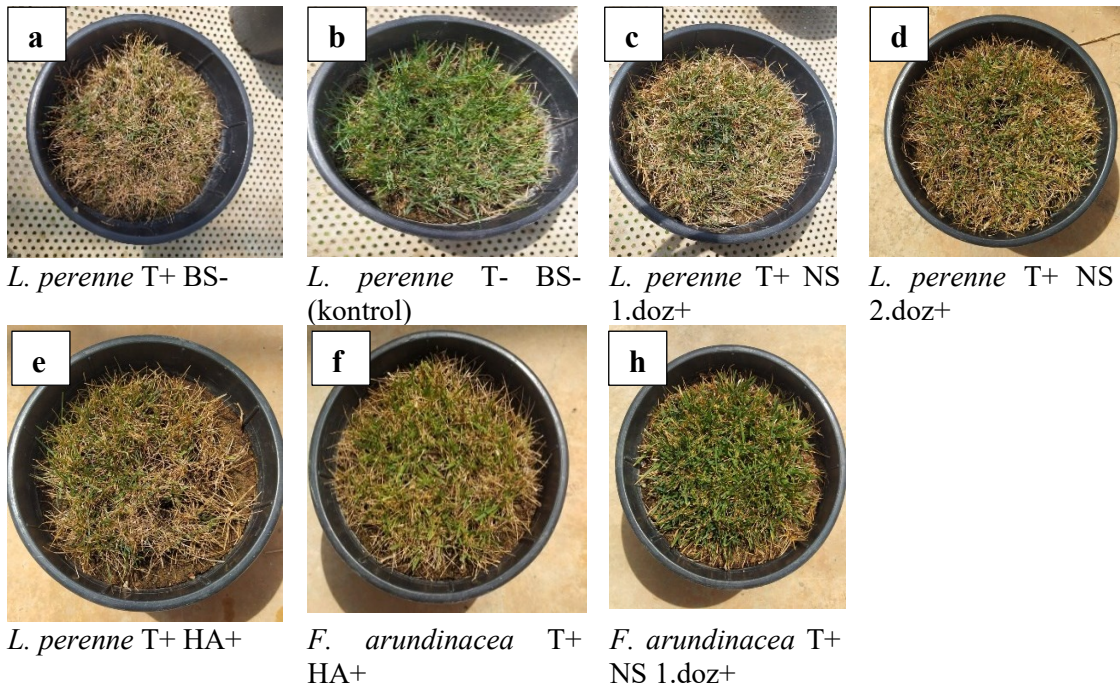
Benzer şekilde *L. perenne* türünde de klorofil miktarlarında dalgalanmalar olsa da tuzun olumsuz etkilerinin ve bitki bünyesi içerisinde birikiminin artmasıyla genel olarak 3. hafta klorofil miktarlarında keskin bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Haftalık klorofil miktarları verileri incelendiğinde en düşük miktarın tuz stresi altında hümkik asit uygulanmış ve hiç biyostimulant uygulanmamış deneme grubunda olduğu görülmektedir. Denemenin son haftasına gelindiğinde en yüksek klorofil miktarı tuz uygulanmayan

nanosilikon 2. doz ve tuz uygulanmayan nanosilikon 1.doz uygulamasında olduğu görülmüştür. Tuz stresi altındaki deneme gruplarında en yüksek klorofil içeriği ise yine benzer şekilde nanosilikon 1. doz ve nanosilikon 2. doz uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.10).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümkik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümkik asit var)

Şekil 4.10. *L. perenne* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında klorofil miktarı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi



Şekil 4.11. Deneme grupların 6 Haziran 2022 (7.Hafta) tarihine ait genel görünüşleri; **a)** *L. perenne* T+ BS-; **b)** *L. perenne* T- BS-(kontrol); **c)** *L. perenne* T+ NS 1.doz+; **d)** *L.*

perenne T+ NS 2.doz+; e) *L. perenne* T+ HA+; f) *F. arundinacea* T+ HA+; h) *F. arundinacea* T+ NS 1.doz+

Çizelge 4.4'te belirtildiği üzere klorofil içeriği açısından sonuçlar türlerin ($P \leq 0,001$) ve uygulamaların ($P \leq 0,001$) istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir.

Klorofil içeriği açısından deneme gruplarının ortalamaları ele alındığında değerlerin 123,45 ile 229,31 arasında değiştiği Çizelge 4.4'te belirtilmiştir. Uygulama ortalamalarına göre en yüksek klorofil miktarının tuz uygulanmayan nanosilikon 2.doz uygulamasında, en düşük klorofil miktarının ise tuz stresi altında hiçbir kimyasal uygulanmayan deneme grubuna ait olduğu görülmektedir. Kontrol grubuna göre 2.doz nanosilikon uygulanan deneme grubunda klorofil miktarı açısından %30 oranında bir artış olduğu belirlenmiştir.

Klorofil içeriği açısından türler tek başına değerlendirildiğinde; *F. arundinacea* türünde ortalamanın 190,13 olduğu, en yüksek klorofil miktarına sahip uygulamanın tuz uygulanmayan ve nanosilikon 2.doz uygulamasında (255,03) görülürken bu uygulamanın diğer uygulamalardan istatistiki olarak ayrıldığı belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en yüksek klorofil içeriğine sahip olan grubun nanosilikon 2.doz uygulaması (213,32) olduğu belirlenirken, en düşük klorofil içeriğine sahip grubun ise hümkik asit uygulamasında (151,18) olduğu görülmektedir. Kontrol grubuna göre %28'lik bir artış olduğu görülmektedir. Çizelge 4.4 incelendiğinde klorofil içeriği açısından *F. arundinaceae* türünde uygulamaların istatistiki olarak 5 grup oluşturduğu belirlenmiştir. En düşük klorofil içeriği tuz stresi altında hiç biyostimulant uygulanmayan (131,21) deneme grubunda olduğu görülmektedir. Sonuçlar pirinç (Yeo vd. 1990), arpa (Belkhodja vd. 1994), domates (Al-Aghabary vd. 2005), mısır (Moussa 2006), buğday (Tuna vd. 2008), *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne* ve *Cynodon dactylon* çim türlerinde (Esmaili vd. 2015) yapılan çalışmalarla paralellik göstermektedir. *F. arundinacea* türünde uygulamalar arasında klorofil içeriği açısından 2. doz nanosilikon uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı bir biyostimulant olduğu belirlenmiştir. Silikon, tuz stresi altındaki türlerde indüklenen aktif oksijeni etkisiz hale getirmek için bitki savunma sistemini iyileştirmekte ve bu da klorofil içeriğinin ve fotosentetik aktivitenin artmasına yardımcı olmaktadır (Liang 1998).

L. perenne türünde ise klorofil içeriği ortalamasının 150,94 olduğu, en düşük klorofil miktarına sahip uygulamanın tuz stresi altında hümkik asit uygulanmış (107,89) deneme grubunda olduğu görülmüştür. Yaprak klorofil içeriği genel bitki sağlığının bir göstergesidir ve tuz stresi altında yaprak klorofil içeriğinin düşmesi beklenen durumdur (Sharifiasl vd. 2019). Amirjani (2011) yaprakların Klorofil a ve b içeriklerinin tuzluluk stresi ile azaldığını bildirmiştir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en yüksek yaprak klorofil içeriğine sahip olan grubun nanosilikon 2.doz uygulaması (175,15) olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubuna göre yaklaşık %34'lük bir artış olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde klorofil içeriği açısından *L. perenne* türünde uygulamaların istatistiki olarak 6 grup oluşturduğu görülmektedir. En yüksek klorofil içeriğine tuz uygulanmamış nanosilikon 2. doz uygulanmış (203,59) deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde *L. perenne* türünde uygulamalar arasında klorofil içeriği açısından 1. doz ve 2. doz nanosilikon uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı bir biyostimulant olduğu görülmektedir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular Esmaili vd. (2015) ile paralellik göstermektedir.

Cynodon dactylon, *Festuca arundinacea* ve *Lolium perenne* türlerinde artan tuzluluk seviyesi, klorofil içeriğini kontrolle karşılaştırıldığında önemli ölçüde azaltmıştır. Silikon uygulaması, tuzluluğun klorofil içeriği üzerindeki olumsuz etkilerini iyileştirdiği bildirilmiştir (Esmaili 2015). Benzer şekilde Sharifiasl vd. (2019) *Cynodon dactylon* türünde nanosilikon ve hümik asit uygulamalarının türün klorofil a, b ve t içeriğini artırdığını bildirmiştir. Özellikle nanosilikonun klorofil içeriğini artırdığını bildirilmektedir. Si olgun yaprakların direncini artırır, dokularını daha sağlam hale getirir ve daha sağlam durmalarını sağladığı; daha fazla klorofil içeriğine, karboksilaz aktivitesine ve gecikmiş yaşlanmaya sahip oldukları rapor edilmiştir (Zhu 2003). Al-aghaby vd (2005) domatestte Si uygulamasından sonra fotosentetik etkinlikte bir iyileşme gösterdiğini bilirmiş olup çalışma kapsamında elde edilen bulgular literatürler paralellik göstermektedir.

Hümik asit uygulamasına bakıldığında ise Sharifiasl1 vd. (2019) tuz stresi altında Bermuda çiminde hümik asit uygulamasının klorofil içeriğini iyileştirdiğini doğrulamıştır. Benzer şekilde Neri vd. (2002) çeşitli zamanlarda HA ile muamele edilen çilekler daha yüksek klorofil konsantrasyonuna sahip olduğunu bildirmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular hümik asit uygulamasının da kontrol grubuna göre daha düşük klorofil içeriğine sahip olmasını sağladığından bulgular literatürler paralellik göstermemektedir.

Çizelge 4.4. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* klorofil içeriği üzerindeki etkileri

Uygulama	Tür		Uygulama Ort.
	<i>F. arundinacea</i>	<i>L. perenne</i>	
Tuz var Kimyasal yok	131,21 ^z A e ^x	115,69 B f	123,45 e ^y
Tuz var Nanosilikon 1.Doç	198,27 A bc	152,42 B d	175,34 c
Tuz var Nanosilikon 2.Doç	213,32 A b	175,15 B c	194,24 b
Tuz var Hümik Asit var	151,18 A de	107,89 B f	129,53 e
Tuz yok Kimyasal yok (Kontrol)	167,38 A cd	131,13 B e	149,25 d
Tuz yok Nanosilikon 1.Doç	211,98 A b	189,26 B b	200,62 b
Tuz yok Nanosilikon 2.Doç	255,03 A a	203,59 B a	229,31 a
Tuz yok Hümik Asit var	192,65 A bc	132,38 B e	162,52 cd
Tür Ortalama	190,13 a	150,94 b	
Önemlilik			
Tür (T)	***		
Uygulama (U)	***		
TxU	-		

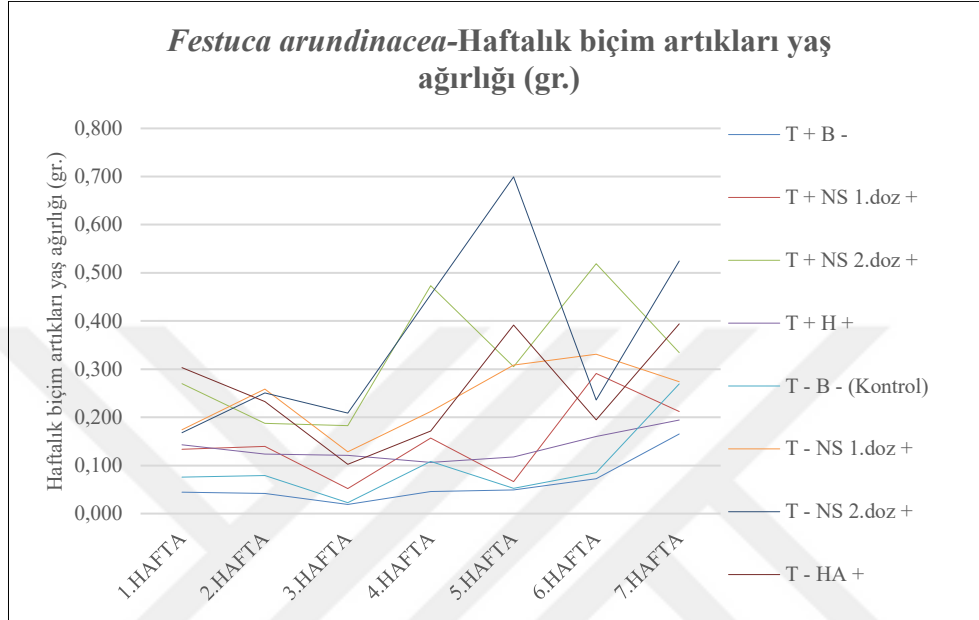
^x: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların, küçük harfler ise dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir. ^y: Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortamlar ayrı harflerle gösterilmiştir.

^z: Değerler tüm haftaların ortalamasıdır.

4.5. Haftalık Biçim Artıkları Yaş Ağırlığı (gr.)

Deneme süresince tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerine uygulanan farklı biyostimulant uygulamalarının her 7 günde bir biçim artıkları kesilip tartılmış ve büyümenin zamana göre değişimi belirlenmiştir (Şekil 4.12 ve Şekil 4.13).

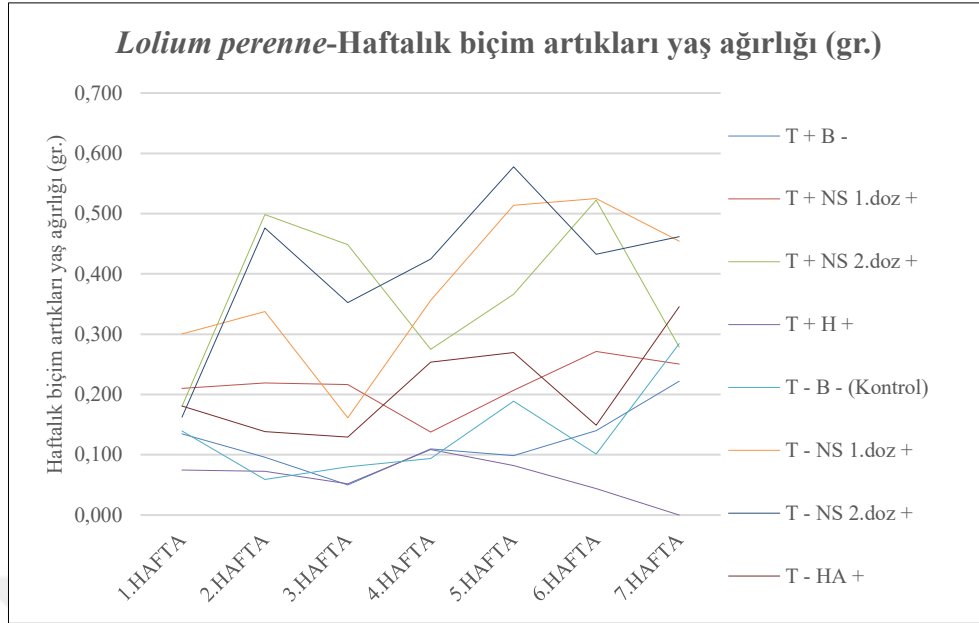
Tuz stresi altındaki *F. arundinacea* türünün haftalık biçim artıkları yaş ağırlıkları incelendiğinde en düşük değerin tuz uygulaması ile birlikte hiçbir biyostimulant uygulanmayan grupta olduğu görülmektedir. Bu uygulamayı sırasıyla; kontrol grubu ve tuz stresi altındaki hümkik asit grubu takip etmektedir. En yüksek biçim artığı değerlerinin ise; tuz uygulanmayan nanosilikon 2. doz uygulanan, tuz stresi altında 1. doz nanosilikon ve 2. doz nanosilikon uygulanan deneme gruplarında olduğu görülmektedir (Şekil 4.12).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümkik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümkik asit var)

Şekil 4.12. *F. arundinacea* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında haftalık biçim artığı yaş ağırlığı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi

Tuz stresi altındaki *L. perenne* türünün haftalık biçim artıkları yaş ağırlığı değerleri incelendiğinde en düşük değerin tuz stresi altındaki hümkik asit uygulaması yapılan grupta ve onunla birlikte tuz uygulanan hiç biyostimulant uygulanmayan grupta olduğu görülmüştür. Bunları kontrol grubu izlemiştir. Başta en yüksek biçim artığı değerine tuz uygulanmayıp nanosilikon 1.doz uygulanan deneme grubunda görülürken, tuz stresi altında olan gruplardan nanosilikon 1. doz uygulanan grupta olduğu belirlenmiştir. *L. perenne* türünde büyüme açısından tüm deneme grupları bir arada incelendiğinde nanosilikon 1. doz uygulamasının tuz stresini bertaraf etme açısından olumlu etki yarattığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.13 ve Çizelge 4.5).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümik asit var)

Şekil 4.13. *L. perenne* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında haftalık biçim artığı yaş ağırlığı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi

Çizelge 4.5’de belirtildiği üzere haftalık biçim artıkları yaş ağırlığı açısından sonuçlar uygulamaların ($P \leq 0,001$) istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir. Türler arası ve tür x uygulama interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Büyüme ve gelişmeyi tanımlayan haftalık biçim artıkları yaş ağırlığı açısından deneme gruplarının ortalamaları ele alındığında değerlerin 0,09 gr. ile 0,39 gr. arasında değiştiği Çizelge 4.5’de belirtilmiştir. Uygulama ortalamalarına göre en yüksek haftalık biçim artığı miktarının tuz uygulanmayan nanosilikon 2.doz uygulamasında (0,39 gr.), en düşük haftalık biçim artığı miktarının ise tuz stresi altında hiçbir biyostimulant uygulanmayan deneme grubuna ait olduğu görülmektedir. Kontrol grubuna göre nanosilikon 2.doz uygulanan deneme grubunda %83 oranında artış olduğu belirlenmiştir.

Haftalık biçim artıkları yaş ağırlığı açısından türler tek başına değerlendirildiğinde; *F. arundinacea* türünde ortalamasının 0,204 gr. olduğu, en yüksek değere sahip uygulamanın kontrol grubu (0,987), en düşük değer ise tuz stresi altında hümik asit (0,138) uygulanan deneme grubunda görüldüğü belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en yüksek haftalık biçim artığı yaş ağırlığı değerinin nanosilikon 2. doz uygulamasında (0,325) olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.5 incelendiğinde haftalık biçim artıkları yaş ağırlıkları açısından *F. arundinaceae* türünde uygulamaların istatistiki olarak 4 grup oluşturduğu belirlenmiştir.

L. perenne türünde ise haftalık biçim artıkları yaş ağırlıkları ortalamasının 0,238 gr. olduğu, en düşük miktara sahip uygulamanın tuz stresi altında hümik asit uygulanmış

(0,062) deneme grubunda, en yüksek miktara sahip uygulamanın ise tuz uygulanmayan ve nanosilikon 2.doz uygulanan (0,413) deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarında en yüksek değerin nanosilikon 2.doz uygulaması (0,367) olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde haftalık biçim artıkları yaş ağırlıkları açısından *L. perenne* türünde uygulamaların istatistiki olarak 4 grup oluşturduğu görülmektedir. Kontrol grubuna göre tuz uygulanmamış nanosilikon 2.doz uygulanan deneme grubunda % 171 oranında artış olduğu belirlenmiştir. *L. perenne* türünde uygulamalar arasında haftalık biçim artıkları yaş ağırlıkları açısından 1. doz ve 2. doz nanosilikon uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı bir biyostimulant olduğu görülmektedir. Benzer şekilde Chai vd. (2010) *Poa pratensis* türünde Si uygulaması tuzlu koşullar altında sürgün büyümesini teşvik ettiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerinin haftalık biçim artıkları yaş ağırlığı üzerindeki etkileri

Uygulama	Tür		Uygulama Ort.
	<i>F. arundinacea</i>	<i>L. perenne</i>	
Tuz var Kimyasal yok	0,627 ^z A d ^x	0,121 A cd	0,09 e ^y
Tuz var Nanosilikon 1.Doz	0,153 A cd	0,216 A b	0,18 cd
Tuz var Nanosilikon 2.Doz	0,325 A ab	0,367 A a	0,34 ab
Tuz var Hümk Asit var	0,138 A cd	0,062 A d	0,10 e
Tuz yok Kimyasal yok (Kontrol)	0,987 A d	0,135 A bcd	0,12 ed
Tuz yok Nanosilikon 1.Doz	0,240 A bc	0,378 A a	0,31 b
Tuz yok Nanosilikon 2.Doz	0,363 A a	0,413 A a	0,39 a
Tuz yok Hümk Asit var	0,256 A abc	0,209 A bc	0,23 c
Tür Ortalama	0,204 a	0,238 a	
Önemlilik			
Tür (T)	-		
Uygulama (U)	***		
TxU	-		

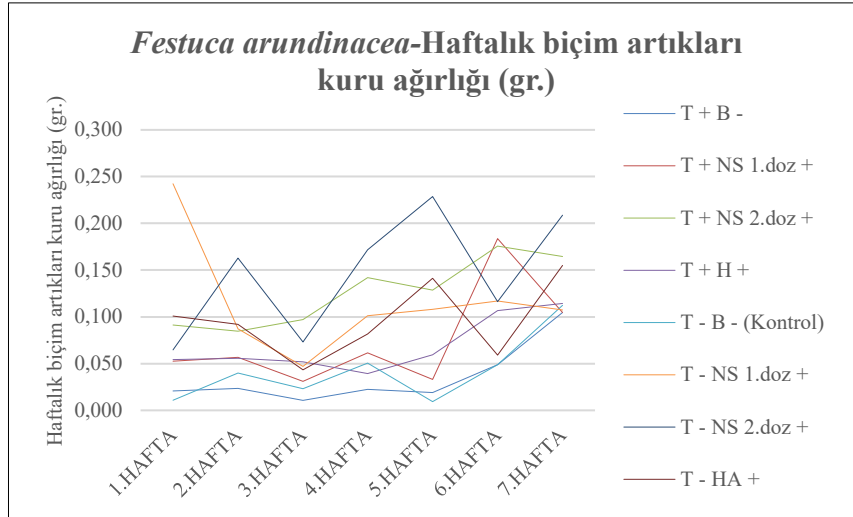
^x İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler yatay (sıra boyunca) verilen ortalamaların, küçük harfler ise dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir. ^y Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortamlar ayrı harflerle gösterilmiştir.

^z Değerler tüm haftaların ortalamasıdır.

4.6. Haftalık biçim artıkları kuru ağırlığı (gr.)

Deneme süresince tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerine uygulanan farklı biyostimulant uygulamalarının her 7 günde bir biçim artıkları kesilip kurutulmuş ve kuru ağırlıkları tartılmıştır. Böylelikle büyümenin zamana göre değişimi belirlenmiştir (Şekil 4.14 ve Şekil 4.15).

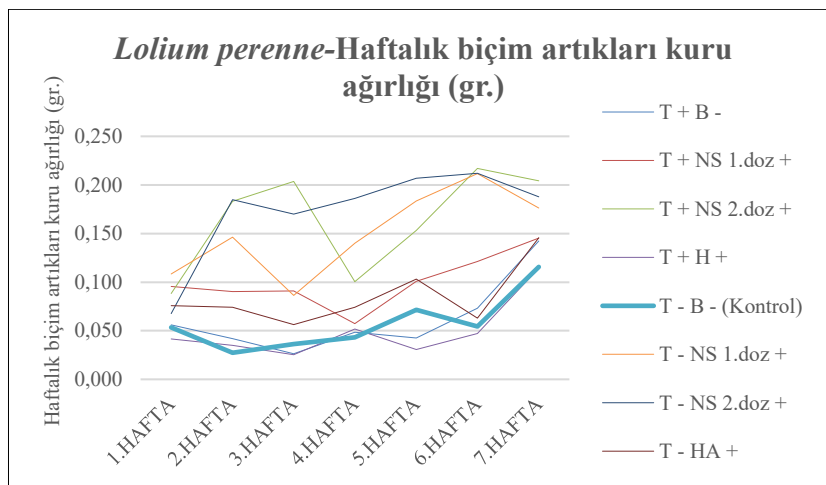
Tuz stresi altındaki *F. arundinacea* türünün haftalık biçim artıkları kuru ağırlıkları incelendiğinde en düşük değerin tuz uygulaması ile birlikte hiçbir biyostimulant uygulanmayan grupta olduğu görülmektedir. Bu uygulamayı sırasıyla; kontrol grubu ve tuz stresi altındaki nanosilikon 1.doz uygulanan grup takip etmektedir. En yüksek değeri ise; tuz uygulanmayan nanosilikon 2. doz uygulanan grup olduğu belirlenmiştir. Denemenin son hafta verileri kıyaslandığında tuz stresi altında en yüksek değerin nanosilikon 2. doz uygulanan deneme gruplarında olduğu görülmektedir (Şekil 4.14).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümik asit var)

Şekil 4.14. *F. arundinacea* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında haftalık biçim artığı kuru ağırlığı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi

Tuz stresi altındaki *L. perenne* türünün haftalık biçim artıkları kuru ağırlığı değerleri incelendiğinde en düşük değerin tuz stresi altındaki hümik asit uygulaması yapılan grupta ve onunla birlikte kontrol grubunda olduğu görülmüştür. Başta en yüksek biçim artığı değerine tuz uygulanmayıp nanosilikon 1.doz uygulanan deneme grubunda görülürken, tuz stresi altında olan gruplardan nanosilikon 2. doz uygulanan grupta olduğu belirlenmiştir. *L. perenne* türünde büyüme açısından tüm deneme grupları bir arada incelendiğinde nanosilikon 2. doz uygulamasının tuz stresini bertaraf etme açısından olumlu etki yarattığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.15).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant

yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümik asit var)

Şekil 4.15. *L. perenne* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında haftalık biçim artışı kuru ağırlığı değerleri üzerine etkisinin zamana göre değişimi

Çizelge 4.6’de belirtildiği üzere haftalık biçim artıkları yaş ağırlığı açısından sonuçlar türlerin ($P \leq 0,05$) ve uygulamaların ($P \leq 0,001$) istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir. Tür x uygulama interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Büyüme ve gelişmeyi tanımlayan haftalık biçim artıkları kuru ağırlığı açısından deneme gruplarının ortalamaları ele alındığında değerlerin 0,049 gr. ile 0,14 gr. arasında değiştiği Çizelge 4.6’de belirtilmiştir. Uygulama ortalamalarına göre en yüksek haftalık biçim artışı miktarının tuz stresi altında nanosilikon 2.doz (0,14 gr.) uygulamasında, en düşük haftalık biçim artışı miktarının ise tuz stresi altında hiçbir biyostimulant uygulanmayan (0,049) deneme grubuna ait olduğu görülmektedir. Kontrol grubuna göre nanosilikon 2.doz uygulanan deneme grubunda %180 oranında artış olduğu belirlenmiştir.

Haftalık biçim artıkları kuru ağırlığı açısından türler tek başına değerlendirildiğinde; *F. arundinacea* türünde ortalamanın 0,088 gr. olduğu, en yüksek değere sahip uygulamanın tuz uygulanmayan nanosilikon 2.doz uygulanan deneme grubu (0,147), en düşük değer ise tuz stresi altında hiç biyostimulant uygulanmayan (0,036) deneme grubunda görüldüğü belirlenmiştir. Kontrol grubuna göre nanosilikon 2.doz uygulanan deneme grubunda % 202 oranında artış olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en yüksek haftalık biçim artışı kuru ağırlığı değerinin nanosilikon 2.doz uygulamasında (0,127) olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.6 incelendiğinde haftalık biçim artıkları kuru ağırlıkları açısından *F. arundinaceae* türünde uygulamaların istatistiki olarak 4 grup oluşturduğu belirlenmiştir.

L. perenne türünde ise haftalık biçim artıkları kuru ağırlıkları ortalamasının 0,105 gr. olduğu, en düşük miktara sahip uygulamanın tuz stresi altında hümik asit uygulanmış (0,049) deneme grubunda, en yüksek miktara sahip uygulamanın ise tuz uygulanmayan 2.doz nanosilikon uygulanan (0,173) deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altında ise en yüksek değer; 2.doz nanosilikon uygulanan (0,103) deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.5 incelendiğinde haftalık biçim artıkları kuru ağırlıkları açısından *L. perenne* türünde uygulamaların istatistiki olarak 3 grup oluşturduğu görülmektedir. Kontrol grubuna göre nanosilikon 2.doz uygulanan deneme grubunda % 81 oranında artış olduğu belirlenmiştir. *L. perenne* türünde uygulamalar arasında haftalık biçim artıkları kuru ağırlıkları açısından 2. doz nanosilikon uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı bir biyostimulant olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.6. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerinin haftalık biçim artıkları kuru ağırlığı üzerindeki etkileri

Uygulama	Tür		Uygulama Ort.
	<i>F. arundinacea</i>	<i>L. perenne</i>	
Tuz var Kimyasal yok	0,036 ^z A d ^x	0,062 B c	0,049 c ^y
Tuz var Nanosilikon 1.Doz	0,075 A cd	0,100 B b	0,090 b
Tuz var Nanosilikon 2.Doz	0,127 A ab	0,103 B a	0,140 a
Tuz var Hümik Asit var	0,068 A cd	0,049 B c	0,060 c
Tuz yok Kimyasal yok (Kontrol)	0,042 A d	0,057 B c	0,050 c
Tuz yok Nanosilikon 1.Doz	0,116 A abc	0,150 B a	0,130 a
Tuz yok Nanosilikon 2.Doz	0,147 A a	0,173 B a	0,160 a
Tuz yok Hümik Asit var	0,096 A bc	0,084 B bc	0,090 b
Tür Ortalama	0,088 a	0,105 b	
Önemlilik			
Tür (T)	**		
Uygulama (U)	***		
TxU	-		

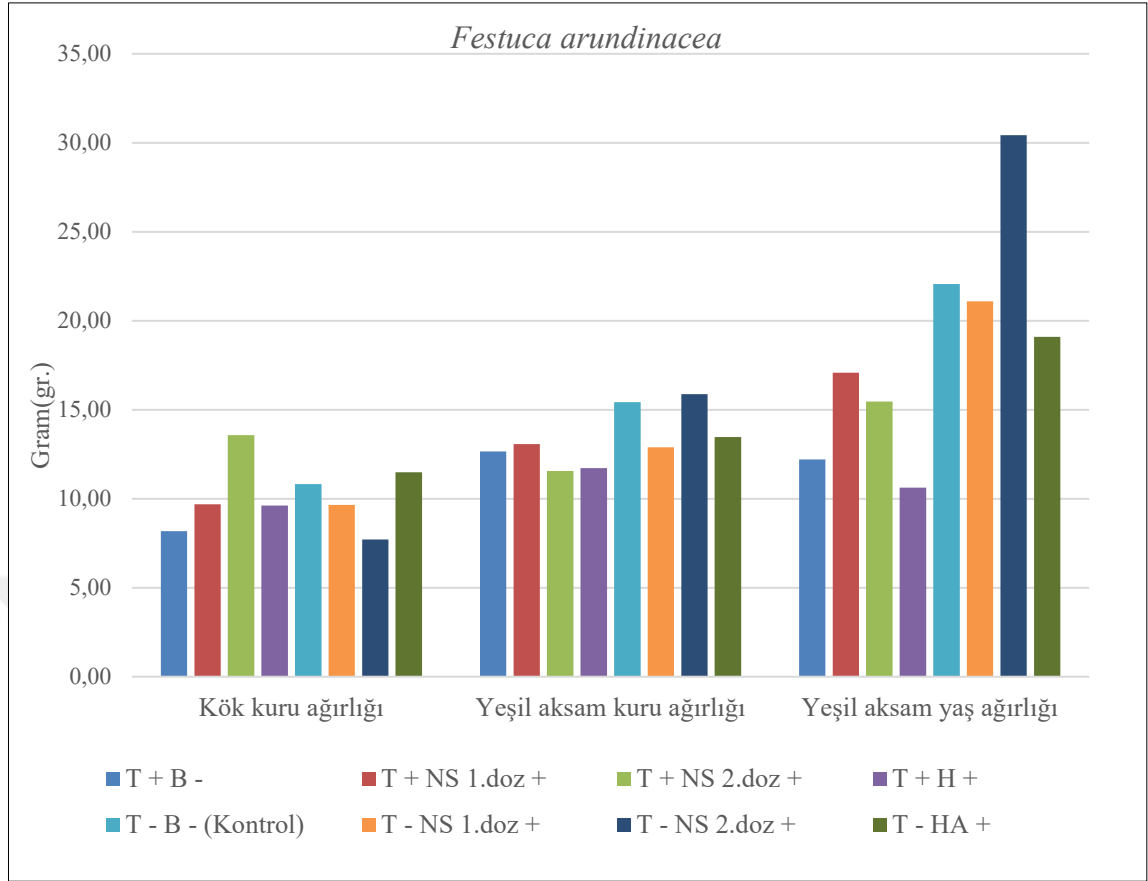
^x İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler yatay (sıra boyunca) verilen ortalamaların, küçük harfler ise dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir. ^y Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortamlar ayrı harflerle gösterilmiştir.

^z Değerler tüm haftaların ortalamasıdır.

4.7. Deneme sonlandırıldığında alınan veriler

Deneme sonlandırıldığında süresince tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerine ait saksılardan bitkiler dikkatlice çıkarılmış, sürgün ve kök kısmı makasla kesilerek ayrılmıştır. Sürgün hızlıca laboratuvarda tartılmış ve yaş ağırlığı ölçülerek kese kağıdına koyulmuştur. Kese kağıdına koyulan sürgün zarfları 48 saat 72⁰ etüvde kurutulmuş, ardından tekrar tartılarak kuru ağırlık verisi ölçülmüştür. Saksıdan çıkarılan kök kısımları saksı harcından dikkatlice yıkanarak arındırılmış ve zarflara konulmuştur. Zarflara konulan kökler 48 saat 72⁰ etüvde kurutulmuş, ardından tartılarak kuru ağırlık verisi ölçülmüştür (Şekil 4.16 ve Şekil 4.17).

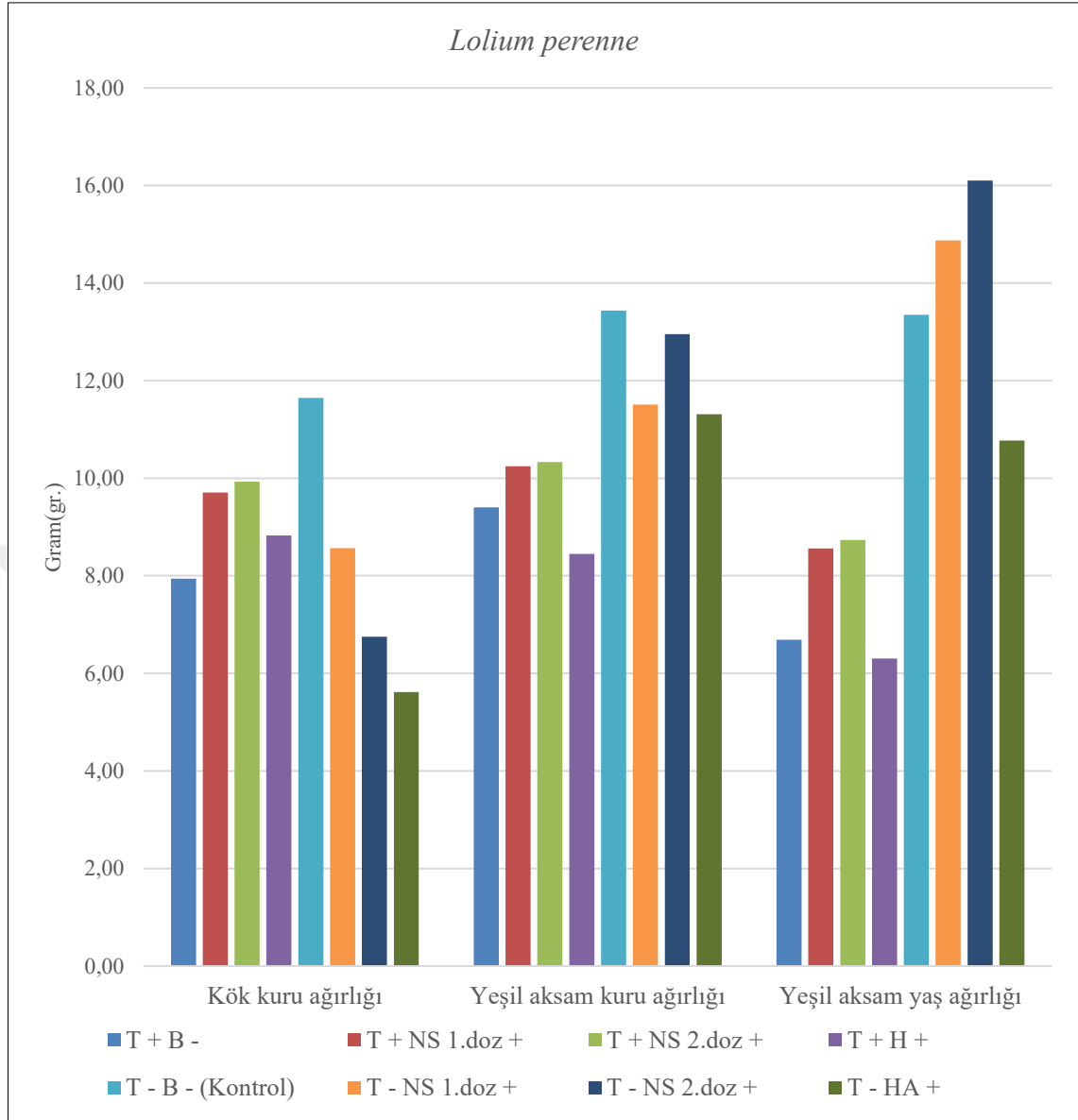
Tuz stresi altındaki *F. arundinacea* türüne ait sürgün kuru ağırlığı, sürgün yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı verilerine ait grafik Şekil 4.13'te sunulmuştur. Kök kuru ağırlığı açısından en yüksek değerin tuz stresi altında nanosilikon 2. doz uygulanan deneme grubunda olduğu, en düşük değerin ise tuz uygulanmayıp nanosilikon 2. doz uygulanan deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Sürgün kuru ağırlığı verisi incelendiğinde en yüksek değerin tuz uygulanmayıp nanosilikon 2. doz uygulanan deneme grubunda, en düşük değerin ise tuz stresi altında nanosilikon 2.doz uygulanan deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altında en yüksek değerin nanosilikon 1. doz uygulamasında olduğu görülmektedir. Sürgün yaş ağırlığı açısından ise; en düşük değerin tuz stresi altındaki hümik asit uygulamasında, en yüksek verinin ise tuz uygulanmayan nanosilikon 2.doz uygulanan deneme grubunda olduğu görülmektedir. Tuz stresi altında en yüksek değerin nanosilikon 1. doz uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.16).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümkik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümkik asit var)

Şekil 4.16. *F. arundinacea* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında kök kuru ağırlığı, sürgün kuru ve sürgün yaş ağırlığı değerleri üzerine etkisi

Tuz stresi altındaki *L. perenne* türüne ait sürgün kuru ağırlığı, sürgün yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı verilerine ait grafik Şekil 4.17’de sunulmuştur. Kök kuru ağırlığı açısından en yüksek değerin kontrol deneme grubunda olduğu, en düşük değerin ise tuz uygulanmayıp hümkik asit uygulanan deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en yüksek değeri 2. doz nanosilikon uygulanan deneme grubunda karşılaşılmıştır. Sürgün kuru ağırlığı verisi incelendiğinde en yüksek değerin yine kontrol deneme grubunda, en düşük değerin ise tuz stresi altında hümkik asit uygulanan deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altında en yüksek değerin nanosilikon 2. doz uygulamasında olduğu görülmektedir. Sürgün yaş ağırlığı açısından ise; en düşük değerin tuz stresi altındaki hümkik asit uygulamasında, en yüksek verinin ise tuz uygulanmayan nanosilikon 2.doz uygulanan deneme grubunda olduğu görülmektedir. Tuz stresi altında en yüksek değerin nanosilikon 2. doz uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.17).



(*T+ B-: tuz var biyostimulant yok, T+ NS 1.doz+: Tuz var nanosilikon 1.doz var, T+ NS 2.doz+: Tuz var nanosilikon 2.doz var, T+ H+: Tuz var hümkik asit var, T- B-: Tuz yok biyostimulant yok(kontrol), T- NS 1.doz+: Tuz yok nanosilikon 1.doz var, T- NS 2.doz+: Tuz yok nanosilikon 2.doz var, T- H+: Tuz yok hümkik asit var)

Şekil 4.17. *L. perenne* türünde farklı biyostimulant uygulamalarının kontrol ve tuz stresi koşullarında kök kuru ağırlığı, sürgün kuru ve sürgün yaş ağırlığı değerleri üzerine etkisi

4.7.1. Sürgün yaş ağırlığı

Çizelge 4.7’de belirtildiği üzere haftalık biçim artıkları yaş ağırlığı açısından sonuçlar türlerin ($P \leq 0,05$) ve uygulamaların ($P \leq 0,05$) istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir. Tür x uygulama interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Sürgün yaş ağırlığı açısından deneme gruplarının ortalamaları incelendiğinde değerlerin 8,470 gr. ile 23,270 gr arasında değiştiği Çizelge 4.7’de belirtilmiştir. Uygulama ortalamalarına göre en yüksek ağırlığa sahip uygulamanın tuz uygulanmamış nanosilikon 2. doz uygulamasında, en düşük değerin ise tuz stresi altında hümitik asit uygulanan deneme grubuna ait olduğu görülmektedir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en yüksek değeri nanosilikon 1.doz (12,82 gr.) uygulanan deneme grubunda olduğu belirlenmiştir.

Sürgün yaş ağırlık açısından türler tek başına değerlendirildiğinde; *F. arundinacea* türünde ortalamanın 18,507 gr. olduğu, en yüksek değere sahip uygulamanın tuz uygulanmayan nanosilikon 2.doz uygulanan deneme grubu (30,436), en düşük değerin ise tuz stresi altında hümitik asit uygulanan (10,631) deneme grubunda görüldüğü belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en yüksek ağırlık değerine nanosilikon 1.doz uygulamasında (17,073) rastlanmıştır. Çizelge 4.7 incelendiğinde sürgün yaş ağırlık açısından *F. arundinaceae* türünde uygulamaların istatistiki olarak 3 grup oluşturduğu belirlenmiştir.

L. perenne türünde ise sürgün yaş ağırlık ortalamasının 10,670 gr. olduğu, en düşük miktara sahip uygulamanın tuz stresi altında hümitik asit uygulanmış (6,302) deneme grubunda, en yüksek miktara sahip uygulamanın ise tuz uygulanmayan 2. doz nanosilikon uygulanan (16,097) deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altında ise en yüksek değer; 2.doz nanosilikon uygulanan (8,732) deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde sürgün yaş ağırlık açısından *L. perenne* türünde uygulamaların istatistiki olarak 4 grup oluşturduğu görülmektedir. *L. perenne* türünde uygulamalar arasında sürgün yaş ağırlık açısından nanosilikon uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı bir biyostimulant olduğu söylenebilir.

Elde edilen bulgular Esmaeili vd. (2015) ile paralellik göstermektedir. Sürgün yaş ağırlığı açısından *F. arundinacea*’nin türü 5 dS m⁻¹ tuz konsantrasyonunda azalırken, *L. perenne*’nin sürgün yaş ağırlığı 10 dS m⁻¹’de önemli ölçüde azalmıştır. Taher vd. (2023) tuzluluk stresi altındaki Tifway Hibrit Bermuda çimi ve *Paspalum vaginatum* sıcak iklim çim türlerinde bu çalışmanın bulgularından farklı olarak kontrole kıyaslandığında ölçülen fizyolojik ve kimyasal parametreler (bitki boyu, parsel başına taze ve kuru ağırlık; toplam klorofil içeriği, nitrojen, fosfor, demir ve potasyum içeriği) açısından hümitik asit uygulamalarının silikon uygulamalarından daha etkin sonuç verdiğini belirtmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerinin sürgün yaş ağırlığı üzerindeki etkileri

Uygulama	Tür		Uygulama Ort.
	<i>F. arundinacea</i>	<i>L. perenne</i>	
Tuz var Kimyasal yok	12,201 ^z A bc ^x	6,689 B cd	9,440 cd ^y
Tuz var Nanosilikon 1.Doz	17,073 A bc	8,562 B cd	12,820 bcd
Tuz var Nanosilikon 2.Doz	15,456 A bc	8,732 B cd	12,090 cd
Tuz var Hümitik Asit var	10,631 A c	6,302 B d	8,470 d
Tuz yok Kimyasal yok (Kontrol)	22,059 A ab	13,351 B ab	17,700 b
Tuz yok Nanosilikon 1.Doz	21,101 A abc	14,874 B a	17,990 b
Tuz yok Nanosilikon 2.Doz	30,436 A a	16,097 B a	23,270 a
Tuz yok Hümitik Asit var	19,101 A bc	10,774 B bc	14,940 bc

Çizelge 4.7'nin devamı

Tür Ortalama	18,507 a	10,670 b
<i>Önemlilik</i>		
Tür (T)	**	
Uygulama (U)	**	
TxU	-	

^x İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların, küçük harfler ise dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir. ^y Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortamlar ayrı harflerle gösterilmiştir.

4.7.2. Sürgün kuru ağırlığı

Çizelge 4.8'de belirtildiği üzere haftalık biçim artıkları yaş ağırlığı açısından sonuçlar türlerin ($P \leq 0,05$) ve uygulamaların ($P \leq 0,05$) istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir. Tür x uygulama interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Sürgün kuru ağırlığı açısından deneme gruplarının ortalamaları incelendiğinde değerlerin 10,080 gr. ile 14,430 gr. arasında değiştiği Çizelge 4.8'de belirtilmiştir. Uygulama ortalamalarına göre en yüksek ağırlığa sahip uygulamanın kontrol grubunda, en düşük değer ise tuz stresi altında hümitik asit uygulanan deneme grubuna ait olduğu görülmektedir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en yüksek değeri nanosilikon 1. doz uygulanan deneme grubunda olduğu belirlenmiştir.

Sürgün kuru ağırlık açısından türler tek başına değerlendirildiğinde; *F. arundinacea* türünde ortalamaların 13,33 gr. olduğu, en yüksek değere sahip uygulamanın kontrol grubunda (15,871), en düşük değerin ise tuz stresi altında nanosilikon 2. doz uygulanan (11,556) deneme grubunda görüldüğü belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki deneme gruplarından en yüksek ağırlık değerine nanosilikon 1.doz uygulamasında (13,070) rastlanmıştır. Çizelge 4.8 incelendiğinde sürgün kuru ağırlık açısından *F. arundinaceae* türünde uygulamaların istatistiki olarak ayrılmamış, tek grup altında değerlendirilmiştir.

L. perenne türünde ise sürgün kuru ağırlık ortalamasının 10,95 gr. olduğu, en düşük değere sahip uygulamanın tuz stresi altında hümitik asit uygulanmış (8,45) deneme grubunda, en yüksek değere sahip uygulamanın ise tuz uygulanmayan 2. doz nanosilikon uygulanan (12,955) deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altında ise en yüksek değer; 2. doz nanosilikon uygulanan (10,332) deneme grubunda olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.8 incelendiğinde sürgün kuru ağırlık açısından *L. perenne* türünde uygulamaların istatistiki olarak 2 grup oluşturduğu görülmektedir. *L. perenne* türünde uygulamalar arasında sürgün kuru ağırlık açısından nanosilikon uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı bir biyostimulant olduğu söylenebilir.

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular *Agrostis stolonifera* L., *P. trivialis* L. ve *L. perenne*'nin tuzluluk ve kuraklık stresi altında (Pessarakli ve Kopeck, 2008) ve tuzluluk stresi altında *C. dactylon*, *F. arundinacea*, *L. perenne* türlerine ait (Esmaili vd. 2015) rapor edilen bulgularıyla uyumludur. Si bu çalışmada sürgüne ait kuru ve yaş ağırlıklarını kısmen artırmıştır.

Çizelge 4.8. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerinin sürgün kuru ağırlığı üzerindeki etkileri

Uygulama	Tür		Uygulama Ort.
	<i>F. arundinacea</i>	<i>L. perenne</i>	
Tuz var Kimyasal yok	12,652 ^z A	9,402 B b ^x	11,030 b ^y
Tuz var Nanosilikon 1.Doç	13,070 A	10,248 B ab	11,660 ba
Tuz var Nanosilikon 2.Doç	11,556 A	10,332 B ab	10,940 b
Tuz var Hümik Asit var	11,712 A	8,450 B b	10,080 b
Tuz yok Kimyasal yok (Kontrol)	15,432 A	13,435 B a	14,430 a
Tuz yok Nanosilikon 1.Doç	12,882 A	11,510 B ab	12,200 ba
Tuz yok Nanosilikon 2.Doç	15,871 A	12,955 B a	14,410 a
Tuz yok Hümik Asit var	13,472 A	11,310 B ab	12,390 ba
Tür Ortalama	13,33 a	10,95 b	
Önemlilik			
Tür (T)	**		
Uygulama (U)	**		
TxU	-		

^x: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların, küçük harfler ise dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir. ^y: Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortamlar ayrı harflerle gösterilmiştir.

4.7.3. Kök kuru ağırlığı

Çizelge 4.9’de belirtildiği üzere kök kuru ağırlığı açısından sonuçlar türlerin, uygulamaların ve tür x uygulama interaksyonu istatistiki olarak önemli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde tuz stresi altında silikon uygulanan *C. dactylon* türünde de kök yaş ağırlığında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken, *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerinde 5 dS m⁻¹ tuzluluk seviyesinde daha anlamlı bir düşüş olduğu tespit edilmiştir (Esmaceli vd. 2015).

Çizelge 4.9. Farklı uygulamaların kontrol ve tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerinin kök kuru ağırlığı üzerindeki etkileri

Uygulama	Tür		Uygulama Ort.
	<i>F. arundinacea</i>	<i>L. perenne</i>	
Tuz var Kimyasal yok	8,179 ^z A	7,942 A ab ^x	8,060 ba ^y
Tuz var Nanosilikon 1.Doç	9,689 A	9,703 A ab	9,700 ba
Tuz var Nanosilikon 2.Doç	13,587 A	9,929 A ab	11,750 a
Tuz var Hümik Asit var	9,621 A	8,825 A ab	9,220 ba
Tuz yok Kimyasal yok (Kontrol)	10,820 A	11,643 A a	11,230 a
Tuz yok Nanosilikon 1.Doç	9,653 A	8,567 A ab	9,110 ba
Tuz yok Nanosilikon 2.Doç	7,703 A	6,749 A ab	7,230 b
Tuz yok Hümik Asit var	11,492 A	5,617 A ab	8,550 ba
Tür Ortalama	10,092 a	8,622 a	
Önemlilik			
Tür (T)	-		
Uygulama (U)	-		
TxU	-		

^x: İtalik yazılmış bölümde; büyük harfler yatay (satır boyunca) verilen ortalamaların, küçük harfler ise dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir. ^y: Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortamlar ayrı harflerle gösterilmiştir.

5. SONUÇLAR

Tuzluluk, toprak tuz içeriğinin doğal olarak yüksek olduğu ve yağışların toprağın yıkanması için yetersiz olduğu dünyanın pek çok yerindeki kurak bölgelerde ürün verimliliğini sınırlayan önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Chinnusamy vd. 2005; Flowers, 2004; Matoh vd. 1988). Özellikle, çim türleri, tuzlu sulama suyunun kullanımından kaynaklanan tuzluluk sorunlarının ortaya çıkabileceği kentsel gelişimin hızlandığı topraklarda giderek daha fazla tercih edilmektedir (Qian vd. 2001).

Si bitki büyümesi için gerekli bir element olarak kabul edilmemektedir (Crusciol vd. 2009; Epstein, 1994, 1999), ancak Si uygulaması ile *Poaceae* üyelerinin tuzluluk stresine tepkileri arasındaki etkileşim olduğunu kanıtlayan bilimsel yayınlar sınırlıdır (Dai vd. 2005; Liang, 1999). Literatürde var olan araştırmalar Si takviyesinin birçok tarla bitkisinde beslenmesinde önemli bir rol oynadığı ve bitki gelişimini artırma ve bitki hastalıklarını etkili bir şekilde kontrol etme yeteneğine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Önceki çalışmalar, yetiştirme ortamına Si eklenmesinin arpanın (*Hordeum vulgare* L.) (Liang, 1999; Liang vd. 1999), mısırın (*Zea mays* L.) (Shu ve Liu, 2001), pirinçin (*Oryza sativa* L.) (Kraska ve Breitenbeck, 2010; Yeo vd. 1999), ve buğdayın (*Triticum aestivum* L.) (Ahmad vd. 1992) tuz toleransını artırabildiğini göstermiştir.

Bununla birlikte, sınırlı sayıda araştırma Si takviyesinin çim bitkilerinin tuz toleransı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Si takviyesinin çim türlerinde tuz stresi toleransı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi, Si'nin tuz stresi hasarını hafifletmedeki rolünü daha iyi anlamamızı sağlaması açısından önemlidir (Chai vd. 2010). Yeni teknoloji ile üretilmiş, son yıllarda kullanımı yaygınlaşan nanosilikonun, daha küçük partikül boyutuna sahip olmasından dolayı yaprak yüzeyine püskürtüldüğünde standart silikon kaynaklarına göre daha fazla etki gösterdiği, böylece stres faktörlerinin hafifletilmesinde daha etkili olduğu belirtilmektedir (Wang vd. 2015; Çakır 2020). Gerçekleştirilen literatür araştırmasında nanosilikonun tuz stresi altında çim bitkileri üzerinde etkilerinin incelendiği araştırmaların kısıtlı olması bu çalışmanın özgün yanını oluşturmaktadır.

Bu araştırma kapsamında nanosilikon uygulamasının tuz stresi altındaki *F. arundinacea* ve *L. perenne* türünün kalite, renk, yaprak yanma oranı, klorofil içeriği, haftalık biçim artıkları yaş ve kuru ağırlıkları açısından tuzun olumsuz etkilerini azaltıcı bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Her iki türde de deneme sonlandırılırken alınan verilerden sürgün yaş ağırlığı açısından düşük doz nanosilikon uygulaması en yüksek değeri verirken, *L. perenne*'de yüksek doz nanosilikon uygulaması tuz stresinin olumsuz etkilerini gideren en iyi biyostimulanat olduğunu göstermiştir. Kök kuru ağırlığı açısından ise türlerin, uygulamaların ve tür x uygulama interaksiyonun istatistiki olarak önemli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Elde edilen bulgular ışığında, çalışılan türlerde nanosilikon takviyesinin tuz stresinin olumsuz etkilerini gidermek için oldukça uygun bir yol olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bilgiden yola çıkarak, çim alan yönetiminde Si kullanımı yaygınlaştırılmalı, kullanım için etkili, pratik uygulama araçları geliştirilmeli, uygun fiyatlı Si kaynaklarına ve Si gübrelemesinin faydalı olacağı koşulları belirlemeye yönelik yöntemlerin geliştirilmesi desteklenmelidir. Serada kontrollü ortamda gerçekleştirilmiş bu çalışmadan hareketle gelecekte yapılacak çalışmalarda daha yüksek Si dozları, hem

kontrollü ortamda hem arazi ortamında denenebilir. Ayrıca bitki dokusunda Si birikimi ile ilgili içerik analizlerinin yapılmasında fayda olacağı düşünülmektedir. Bitki besleme uygulamalarında temel bitki besin elementi eksikliklerinin belirlenirken mevcut dokulardaki Si miktarın tespiti de önemli bir parametre olarak değerlendirilmelidir. Bununla birlikte, abiyotik ve biyotik stresin yönetimi için çevre dostu stratejilere olan ihtiyaç arttıkça Si bitkilerde kullanım için değerli bir araç olabilir. Çimlerdeki bitki hastalıklarını kontrol ederken fungusit kullanımını azaltarak bitki performansını iyileştirmek için Si'nin kullanılması, entegre zararlı yönetimi stratejilerine dahil edilmesi açısından oldukça uygun bir bakım uygulaması olacaktır. Araştırmacılar ve çim alan sorumluları çim bitkilerinin Si açısından potansiyelini anladıkça gözden kaçırılan bu unsurun çim sağlığını ve performansını artırmanın geçerli bir yolu olduğunu görmesi ve gelecekte gereken değeri görmesi muhtemeldir (Datnoff 2005). Yetiştirme ortamlarına çözümler Si takviyesinin basit ve ucuz bir yöntem olarak değerlendirilmesi özellikle sürdürülebilir tarım bağlamında bitki sağlığının korunmasına veya geliştirilmesine yardımcı olması açısından akıllıca bir yöntem olarak görünmektedir. (Zelner vd. 2021).

Hümkik asit bitkide fosforun biyoyararlanımını artırabilen ve mikro besinlerin mevcudiyeti ve ayrıca organik-demir kompleksleri oluşturarak bitki büyüme uyarıcısı olarak da görev yapabilen bir maddedir (Chen vd. 2004; Taher vd. 2023). *Festuca arundinaceae* ve *Agrostis stolonifera* türlerinde elde edilen sonuçlar bu bilgiyi doğrulamıştır (Hunter ve Butler 2005; Chen vd. 2004). Hümkik maddeler tuzluluk, toprağın iyileştirilmesi, kuraklık gibi birçok biyotik stres faktörü altında bitki büyümesini ve gelişimini desteklemektedir. Tez kapsamında ele alınan *F. arundinacea* ve *L. perenne* türlerinde tuz stresi altında gözlemlenen parametreler açısından hümkik asit uygulamasının etkinliği nanosilikon uygulamasına göre yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Bu durumun uygulanan tuzluluk seviyesi altında denenen hümkik asit dozunun yetersiz kalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Hem sera hem arazi ortamında daha yüksek hümkik asit dozları ve farklı hümkik asit kaynaklarının çalışılması daha sonra yapılması planlanan bilimsel araştırmaların konusu olmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Ahmad, R., Zaheer, S.H. and Ismail, S. 1992. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Sci.*, 85: 43-50.
- Akıncı, Ş. 2011. Hüyük Asitler, Bitki Büyümesi ve Besleyici Alımı. *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23 (1): 46-56.
- Al-Aghabary, K., Zhu, Z. and Shi, Q. 2005. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 2101-2115.
- Amirjani, M.R. 2011. Effect of salinity stress on growth, sugar content, pigments and enzyme activity of rice. *Int. J. Bot.*, 7 (1): 73-81.
- Asik, B.B., Turan, M.A., Celik, H.A. ve Katkat, V. 2009. Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) under conditions of salinity. *Asian Journal of Crop Science*, 1: 87-95
- Aydoğdu, M.H., Mancı, A.R. ve Aydoğdu, M. 2015. Tarımsal su yönetiminde değişimler; sulama birlikleri, fiyatlandırma ve özelleştirme süreci. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 14 (52): 146-160.
- Bao-shan, L., Chun-hui, L., Li-jun, F., Shu-chun, Q. and Min, Y. 2004. Effect of TMS (nanostructured silicon dioxide) on growth of Changbai larch seedlings. *J. For. Res.*, 15: 138-140.
- Bayramoğlu, E., Demirel, Ö. ve Özdemir Işık, B. 2012. Peyzaj alanlarında randımanlı su kullanımda damla sulamanın önemi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 2: 5, 235-244.
- Belkhodja, R., Morales, F., Abadia A., Gomez-Aparisi J. and Abadia. J. 1994. Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiology*, 104: 667-673.9
- Brecht, M.O., Datnoff, L.E., Kucharek, T.A. and Nagata, R.T. 2004. Influence of silicon and chlorothalonil on the suppression of gray leaf spot and increase plant growth in St. Augustinegrass. *Plant Disease*, 88: 338-344.
- Bilgin Yıldırım, H. 2007. Küresel ısınma, iklim değişikliği ve Türkiye. *Ziraat Mühendisliği*, (349): 22-29.
- Chai, Q. and Shao, X. 2010. Silicon Effects on *Poa pratensis* responses to salinity. *Hortscience*, 45 (12):1876-1881.
- Canellas, L.P. and Olivares, F.L. 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chem. Biol. Techn. Agri.*, 1 (3): 1-11.
- Carrow, R.L. and Duncan, R.R. 1998. Salt affected turfgrass sites: Assesment and managment. John Wiley & Sons, Chelsea, 185 p.

- Canellas, L.P., Olivares, F.L., Aguiar, N.O., Jones, D.L., Nebbioso, A., Mazzei, P. and Piccolo, A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Sci. Hort.*, 196: 15–27.
- Çakır, M. 2020. Potasyum silikat ve azot uygulamalarının japon çiminin (*Zoysia japonica* Steud.) çim performansına etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı Doktora Tezi, Isparta.
- Chen, Y. Clapp, C.E. and Magen, H. 2004. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 50: 1089-1095.
- Chinnusamy, V., Jagendorf A. and Zhu, J.K. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci.*, 45: 437-448.
- Crusciol, C.A.C., Pulz, A.L., Lemos, L.B., Soratto, R.P. and Lima, G.P.P. 2009. Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. *Crop Sci.*, 49: 949-954.
- Çimrin, K.M., Önder, T., Turan, M. ve Burcu, T. (2010) Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. *African Journal of Biotechnology*, 9: 5845-5851.
- Cushman, J.C. and Bohnert, H.J. 2000. Genomic Approaches to Plant Stress Tolerance. *Current Opinion in Plant Biology*, 3 (2): 117-124.
- Dai, W.M., Zhang, K.Q., Duan, B.W., Zheng, K.L., Zhuang, J.Y. and Cai, R. 2005. Genetic dissection of silicon content in different organs of rice. *Crop Sci.*, 45: 1345-1352.
- Datnoff, L.E. and Nagata, R.T. 1999. Influence of silicon on gray leaf spot development in St. Augustinegrass. *Phytopathology*, 89: 19.
- Datnoff, L.E. 2005. Silicon in the life and performance of turfgrass. Online. *Applied Turfgrass Science*, doi: 10.1094/ ATS-2005-0914-01-RV.
- Demir, K., Günes, A., Alparslan, M. and Ünal, A. 1997. Effects of humic acids on the yield and mineral nutrition of cucumber (*Cucumis sativus* L.) growth with different salinity levels. Proceedings of The First International Symposium on Cucurbits. *Acta Hort.*, 492: 95-104.
- Du Jardin, P. 2012. The Science of Plant Biostimulants-A bibliographic analysis. Adhoc Study Report to the European Commission DG ENTR.
- Emmons, R. 1945. Turfgrass Science and Management. 3th Edition, ISBN 0- 7668-1551. USA.
- Epstein, E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, USA 91: 11-17.
- Epstein, E. 1999. Silicon. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50: 641-664.

- Esmacili, S., Salehi, H. and Eshghi, S. 2015. Silicon Ameliorates the Adverse Effects of Salinity on Turfgrass Growth and Development. *Journal of Plant Nutrition*, 38(12): 1885-1901.
- Flowers, T.J. 2004. Improving crop salt tolerance. *J. Expt. Bot.*, 55: 307-319.
- Gussack, E., Petrovic, M. and Rossi, F. 1998. Silicon: The universal contaminant. *Turfgrass Times*, 9: 9-11.
- Gong, H., Blackmore, D.H. and Walker, R.R. 2010. Organic and inorganic anions in Shiraz and Chardonnay grape berries and wine as affected by rootstock under saline conditions. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16(1): 227-236.
- Hunter, A. and Butler, T. 2005. Effect of humic acid on growth and development of *Agrostis stolonifera* grass in a sand- based root zone. *Inter. Turfgrass Soci. Res. J.*, 10: 937-943.
- Holmberg, N. and Bulow, L. 1998. Improving Stress Tolerance in Plants by Gene Transfer. *Trends in Plant Science*, 3: 61-66.
- Jarošová, M., Klejdus, B., Kováčik, J., Babula, P. and Hedbavny, J. 2016. Humic Acid Protects Barley Against Salinity. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38: 161.
- Kazemi, F., Salahshoor, F. and Farhadi, H., 2019. Effect of humic acid and mulches on characteristics of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Desert*, 24(1): 51-59.
- Khan, I., Saeed, K. and Khan, I. 2019. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian journal of chemistry*, 12(7): 908-931.
- Karimi, J. and Mohsenzadeh, S. 2016. Effects of silicon oxide nanoparticles on growth and physiology of wheat seedlings. *Russian Journal of plant physiology*, 63(1): 119-123.
- Kılıç, S. 2008. Küresel İklim Değişikliği Sürecinde Su Yönetimi. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 39: 161-186.
- Kılınç, M ve Kutbay, H.G. 2004. Bitki Ekolojisi. Palme Yayınları, Ankara, 346-347 s.
- Koçoğlu, E. ve Gökalp, L. 2021. Türkiye'de küresel ısınma alanında yapılan lisansüstü tezlerin analizi: Bir meta sentez çalışması. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 26(46): 129-142.
- Korkmaz H ve Durmaz A. 2017. Bitkilerin Abiyotik Stres Faktörlerine Karşı Geliştirilen Cevaplar. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2): 192-207.
- Kozłowska, M., Bandurska, H. and Bres, W. 2021. Response of Lawn Grasses to Salinity Stress and Protective Potassium Effect. *Agronomy*, 11: 843.

- Köşkeroğlu, S. 2006. Tuz ve su stresi altındaki mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde prolin birikim düzeyleri ve stres parametrelerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 106 s.
- Kraska, J.E. and G.A. Breitenbeck. 2010. Survey the silicon status of flooded rice in Louisiana. *Agron. J.*, 102: 523-529.
- Liang, Y., Ding, R. and Liu. Q. 1999. Effect of silicon on salt tolerance of barley and its mechanism. *Scientia Agricultura Sinica.*, 32: 75-83.
- Liang, Y.C. 1999. Effect of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *Plant Soil*, 209: 217-224.
- Liang, Y.C., Zhang, W.H., Chen, Q., Liu, Y.L. and Ding, R.X. 2006. Effect of exogenous silicon (Si) on H⁺-ATPase activity, phospholipids and fluidity of plasma membrane in leaves of salt-stressed barely (*Hordeum vulgare* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 57: 212-219.
- Lindsey, A.J., Thoms, A.W. and Christians, N.E. 2021. Evaluation of Humic Fertilizers on Kentucky Bluegrass Subjected to Simulated Traffic. *Agronomy*, 11: 611.
- Linjuan, Z., Junping, J., Lijun, W., Min, L. and Fusuo, Z. 1999. Effects of silicon on the seedling growth of creeping bentgrass and zoysiagrass. In: Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndorfer, G.H. (Eds.), *Silicon in Agriculture*. Elsevier Science. pp. 381.
- Lichtenthaler, H.K. 1996. Vegetation Stress An Introduction to the Stress Concept in Plants. *Journal of Plant Physiology*, 148: 4-14.
- Ma, J.F., Takahashi, E. 2002. Soil, Fertilizer and Plant Silicon Research in Japan. Elsevier Science, Dordrecht, Netherlands. 294 p.
- Mahajan, S. and Tuteja, N. 2005. Cold, Salinity and Drought Stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444: 139-158.
- Matoh, T., Matsushita, N. and Takahashi. E. 1988. Salt tolerance of the reed plant *Phragmites communis*. *Physiol. Plant.*, 72: 8-14.
- Mazhar, Azza A.M, Shedeed, S.H.I, Abdel-Aziz, N.G. and Mahgoub, M.H. 2012. Growth, flowering and chemical constituents of *Chrysanthemum indicum* L. plant in response to different levels of humic acid and salinity. *J. Appl. Sci. Res.*, 8 (7): 3697-3706.
- Maibodi, N.D.H., Kafi, M., Nikbakht, A. and Rejali, F., 2015. Effect of foliar applications of humic acid on growth, visual quality, nutrients content and root parameters of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 38: 224-236.
- Moussa, H.R. 2006. Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt stressed maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*, 8: 293-297.

- Munns R. and Tester M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance, *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651- 681.
- Nanayakkara, U.N., Uddin, W. and Datnoff, L.E. 2008. Effects of soil type, source of silicon, and rate of silicon source on development of gray leaf spot of perennial ryegrass turf. *Plant Disease*, 92: 870-877.
- Neri, D., Lodolini, E.M., Savini, G., Sabbatini, P., Bonanomi, G. and Zucconi, F. 2002. Foliar application of humic acids on strawberry (cv. Onda). *Acta Hort.*, 594: 297-302.
- Oummu Kulthum, A.H.M. 2018. Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) fidelerinin büyüme ve gelişimi üzerine NaCl tuzluluğunun etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı. 6(1): 1-8.
- Önder, S. ve Uçar, Ö. 2021. Tuz Stresinin Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Üzerindeki Etkileri ve Tuza Toleransı Artırmak İçin Yapılan Uygulamalar. 3rd International Conference On Food, Agriculture And Veterinary, pp. 335-344, 19-20 June, İzmir.
- Pooya, E.S., Tehranifar, A., Sadeqi, M.S. and Mashhadian, N.V. 2016. Can We Reduce Salinity Effects by the Application of Humic Acid on Native Turfgrasses in order to Attain Sustainable Landscape? *Journal of Ornamental Plants*, 8(2): 121-133.
- Pessarakli, M. and Szabolcs, I. 1999. Soil Salinity and Sodicity as Particular Plant/Crop Stress Factors. In: Pessarakli, M. (Ed.), Handbook of Plant Crop Stress. Marcel Dekker, Inc, pp. 1-15.
- Pessarakli, M. and Kopec, D.M. 2008. Comparing growth responses of selected cool-season turfgrasses under salinity and drought stresses. In: Turfgrass, Landscape and Urban IPM Research Summary P-155. Tuscon, AZ: The University of Arizona, pp. 15-31
- Qian, Y.L., Wilhelm, S.J. and Marcum, K.B. 2001. Comparative responses of two kentucky bluegrass cultivars to salinity stress. *Crop Sci.* 41: 1895-1900.
- Rady, M.M., Abd El-Mageed, T.A., Abdurrahman, H.A and Mahdi, A.H. 2016. Humic acid application improves field performance of cotton (*Gossypium barbadense* L.) under saline conditions. *J. Anim. Plant Sci.*, 26: 487-493.
- Rahimi, E., Nazari, F., Javadi, T., Samadi, S., Teixeira da Silva, J.A. 2021. Potassium-enriched clinoptilolite zeolite mitigates the adverse impacts of salinity stress in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) by increasing silicon absorption and improving the K/Na ratio. *Journal of Environmental Management*, 285; 112-142.
- Rondeau, E. 2001. Effect of potassium silicates on disease tolerance of bentgrass. Seminaire de fin d'études, Centre de Recherche en Horticulture, Université Laval, Québec, Canada.
- Rosmarkam, A., and Yuwono, N.W. 2002. Soil fertility science, Indonesia pp. 86-89.

- Saruhan, V., Üzen, N., Eylon, M. ve Çetin, Ö. 2008. Toprak tuzluluğunun kültür bitkilerine etkileri ve alınabilecek somut önlemler. Sulama Tuzlanma Konferansı, Şanlıurfa, pp. 319-328.
- Saigusa, M., Onozawa, K., Watanabe, H. and Shibuya, K. 2000. Effects of porous hydrate calcium silicate on the wear resistance, insect resistance, and disease tolerance of turf grass "Miyako". *Grassland Science*, 45: 416-420.
- Saleh, J., Najafi, N., Oustan, S., Ghasemi-Golezani, K. and Aliasgharzad, N. 2018. Silicon affects rice growth, superoxide dismutase activity and concentrations of chlorophyll and proline under different levels and sources of soil salinity. In: Schiraldi, D.A. and Yu, X. (Eds.), *Silicon*, 11, pp. 1876-9918.
- Sharifiasl, R., Kafi, M., Saidi, M. and Kalatejari, S., 2019. Influence of nano-silica and humic acid on physiological characteristics of Bermuda grass (*Cynodon dactylon* L.) under salinity stress. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 18(4): 203-212.
- Shu, L. and Y. Liu. 2001. Effect of silicon on growth of maize seedlings under salt stress. *Agro-environmental Protection*, 20: 38-40.
- Seleiman, M.F., Refay, Y., Al-Suhaibani, N., Al-Ashkar, I., El-Hendawy, S., and Hafez, E.M. 2019. Integrative effects of rice-straw biochar and silicon on oil and seed quality, yield and physiological traits of *Helianthus annuus* L. grown under water deficit stress. *Agronomy*, 9(10): 637.
- Siddiqui, M.H., Al-Whaibi, M.H., Faisal, M., and Al Sahli, A.A. 2014. Nano-silicon dioxide mitigates the adverse effects of salt stress on *Cucurbita pepo* L. *Environmental toxicology and chemistry*, 33(11): 2429-2437.
- Sürmen, M., Erdoğan, H., Özeroğlu, A. ve Kara, E. 2020. Farklı tuz konsantrasyonlarının çim bitkilerinde çimlenme ve erken fide dönemi özellikleri üzerine etkileri. International Congress on Agriculture and Forestry Research, pp. 636-642.
- Shulaeva, V., Cortesa, D., Miller, G. and Mittler, R. 2008. Metabolomics for plant stress response, *Physiologia Plantarum*, 132: 199-208.
- Taher, D., Nofal, E., Hegazi, M., El-Gaied, M.A., El-Ramady, H. and Solberg, S.Ø. 2023. Response of Warm Season Turf Grasses to Combined Cold and Salinity Stress under Foliar Applying Organic and Inorganic Amendments. *Horticulturae*, 9: 49.
- Torabi, F., Majd, A., and Enteshari, S. 2015. The effect of silicon on alleviation of salt stress in borage (*Borago officinalis* L.). *Soil Sci. Plant Nut.*, 61: 788-798.
- Trenholm, L.E., Datnoff, L.E. and Nagata, R.T. 2004. Influence of silicon on drought and shade tolerance of St. Augustinegrass. *HortTechnology*, 14: 487-490.
- Tuna, A.L., Kaya C., Higgs D., Amador B.M., Aydemir S. and Girgin. A.R. 2008. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. *Environmental and Experimental Botany*, 62: 10-16.

- Turhan, A. 2020. Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Farklı Tuz Dozlarının Çimlenme, Tane Verimi ve Verim Özellikleri Üzerine Etkileri. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 3(2): 12-17.
- Turgeon, A.J. 1991. Turfgrass Management. Third edition., New Jersey, 416 p.
- Uriarte, R.F., Shew, H.D. and Bowman, D.C. 2004. Effect of soluble silica on brown patch and dollar spot of creeping bentgrass. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 325-339.
- Van Oosten, M.J., Pepe, O., De Pascale, S. Silletti, S. and Maggio, A. 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem. Biol. Technol. Agric.*, 4: 5.
- WCA (2006) World Programme for the census of agriculture, <http://www.wca.infonet.org/servlet/CDSServlet?status=ND0xMjE5Ljk0MTQ4JjY9ZW4mMzM9ZG9jdW1lbnRzJmM3PwluZm8~> [Son erişim tarihi: 22.10.2019].
- Yeo, A.R., Yeo, M.E., Flowers, S.A. and Flowers. T.J. 1990. Screening of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for physiological characters contributing to salinity resistance and their relationship to overall performance. *Theoretical and Applied Genetics*, 79: 377-384.
- Yeo, A.R., Flowers, S.A., Rao, G., Welfare, K., Senanayake, N. and Flowers, T.J. 1999. Silicon reduces sodium uptake in rice (*Oryza sativa* L.) in saline conditions and this accounted for by a reduction in the transpirational bypass flow. *Plant Cell Environ.* 22: 559-565.
- Zambi, H. 2019. Farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı bezelye (*Pisum sativum*) çeşit ve genotiplerinin bitki gelişimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 67 s.
- Zelner, W., Tubana, B., Rodrigues, F.A., Datnoff, L.E. 2021. Silicon's Role in Plant Stress Reduction and Why This Element Is Not Used Routinely for Managing Plant Health. *Plant Disease*, 105: 2033-2049.
- Zhu, H. and Li, D. 2018. Using Humus on Golf Course Fairways to Alleviate Soil Salinity Problems. *Horttechnology*, 28(3): 284-288.
- Zhu, J.K. 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Cur. Opin. Plant Biol.*, 6(5): 441-445.

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep Benan COŞKUNYEL

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2021-2024	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı ABD, Antalya
Lisans 2015-2019	Akdeniz Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Peyzaj Mimarı 2022-2024	Ekogarden Peyzaj
Peyzaj Mimarı 2019-2021	Eksper Peyzaj
Peyzaj Mimarı 2019-2019	Demirkan Peyzaj

ESERLER

Uluslararası yayınevleri tarafından tanımlanmış özgün bilimsel kitaplarda yer alan kitap bölümü

Selim C., Coşkunyel Z. B. (2023). Synthetic agents for stress reduction in plants and their application to ornamental plants. Cumhuriyetimizin 100. Yılı Anısına Peyzaj Mimarlığı, Mimarlık ve Çevre, Yeşil Murat, Yeşil Pervin, Şengür Şeyma, Öztürk Gülşah Bilge, Alp Muhsine Aslı, Güzel Mesut, Karabörk Rabia Nurefşan, Argan Aslıhan, Editör, Platanus Publishing, Ankara, 199-214. DOI:10.5281/zenodo.10035896