



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**STRES HAFIZASI ÜZERİNE ODAKLANAN PRİMING UYGULAMALARININ
SU BASKINI STRESİ ALTINDAKİ YAYGIN YONCA (*Medicago sativa* L.)
BİTKİSİNDE MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nilüfer KARA

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gürkan DEMİRKOL

TOKAT- 2025

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Gürkan DEMİRKOL danışmanlığında hazırlamış olduğum “**Stres Hafızası Üzerine Odaklanan Priming Uygulamalarının Su Baskını Stresi Altındaki Yaygın Yonca (*Medicago sativa* L.) Bitkisinde Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklere Etkisi**” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

23/12/2024

Nilüfer KARA



JÜRİ KABUL VE ONAY

Nilüfer KARA tarafından hazırlanan “**Stres Hafızası Üzerine Odaklanan Priming Uygulamalarının Su Baskını Stresi Altındaki Yaygın Yonca (*Medicago sativa* L.) Bitkisinde Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklere Etkisi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 23.12.2024 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye : Prof. Dr. Özlem ÖNAL AŞCI

Üye : Doç. Dr. Gürkan DEMİRKOL

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Murat CÖMERT

ONAY

...../...../2025

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman yardımlarını gördüğüm danışman hocam Doç. Dr. Gürkan DEMİRKOL'a en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Nilüfer KARA
23/12/2024



ÖZET

STRES HAFIZASI ÜZERİNE ODAKLANAN PRİMİNG UYGULAMALARININ SU BASKINI STRESİ ALTINDAKİ YAYGIN YONCA (*Medicago sativa* L.) BİTKİSİNDE MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

Kara, Nilüfer

Yüksek Lisans, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gürkan Demirkol

Aralık 2024, vii + 41 sayfa

Bu araştırma su baskını ve kuraklık priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca bitkisinde morfolojik ve fizyolojik özelliklere etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Deneme Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi serasında saksı denemesi olarak Tesadüf Parsellerinde Faktöriyel Deneme Deseninde yürütülmüştür. Araştırmada bitki boyu, kök boyu, toprak üstü yaş ve kuru ağırlık, kök yaş ve kuru ağırlık, bitkide yaprakçık sayısı, yaprak alanı, yaprak / sap oranı, bağıl su içeriği, toplam klorofil miktarı, serbest prolin miktarı ve malondialdehit (MDA) miktarı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen verilere göre; su baskını priming uygulamasının yaygın yonca bitkisinde stres hafızası oluşturarak su baskını stresine karşı kontrole kıyasla daha dayanıklı olmasını sağladığı tespit edilmiştir. Kuraklık priming uygulaması, su baskını priming uygulaması kadar etkili olmasa da kontrol grubuna kıyasla bir miktar etkili olmuştur. Araştırma bulgularına göre su baskını priming uygulamasının yaygın yonca bitkisinde yaşanabilecek su baskını stresi etkilerini azaltabilmek adına uygulanabilecek bir strateji olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Abiyotik Stres, Kuraklık Priming, Stres Hafızası, Su Baskısı.

ABSTRACT

THE EFFECT OF STRESS MEMORY-FOCUSED PRIMING TREATMENTS ON MORPHOLOGICAL, AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ALFALFA (*Medicago sativa* L.) UNDER WATERLOGGING STRESS

Kara, Nilüfer

Master's Degree, Department of Field Crops

Thesis Advisor: Assoc. Dr. Gürkan Demirkol

December 2024, vii + 41 pages

This study was carried out to determine the effect of waterlogging and drought primings on morphological and physiological characteristics of alfalfa under waterlogging stress. The experiment was conducted in greenhouse of the Agricultural Research Center in Tokat Gaziosmanpaşa University as a pot study with Completely Randomized Factorial Design. In the study; plant height, root height, above-ground fresh and dry weight, root fresh and dry weight, number of leaves, leaf area, leaf/stem ratio, relative water content, total chlorophyll content, free proline content and malondialdehyde (MDA) content were analysed. As a result of the research, it was determined that the waterlogging priming enhanced the waterlogging stress tolerance of the alfalfa plants compared to the control, by creating stress memory. The drought priming treatment was somewhat effective compared to the control, although it was not as effective as the submergence priming treatment. According to the research findings, it was concluded that waterlogging priming could be a strategy that can be applied to reduce the negative effects of waterlogging stress in alfalfa.

Keywords: Abiotic Stress, Drought Priming, Stress Memory, Waterlogging.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	
ETİK SÖZLEŞME.....	ii
JÜRİ KABUL VE ONAY	iii
ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ÇİZELGE LİSTESİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1. Materyal	7
3.1.1. Deneme tarihi ve yeri	7
3.1.2. Araştırma toprağının özellikleri	7
3.1.3. Araştırmada kullanılan yaygın yonca bitkisi.....	7
3.2. Yöntem.....	8
3.2.1. Deneme deseni	8
3.2.2. Deneme öncesi işlemler	8
3.2.3. Denemenin kurulması	8
3.2.6. Araştırmada incelenen özellikler.....	10
3.2.7. Verilerin Değerlendirilmesi	13
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	14
4.1. Bitki boyu.....	14
4.2. Kök boyu.....	15
4.3. Toprak üstü yaş ve kuru ağırlık.....	16
4.4. Kök yaş ve kuru ağırlık	18
4.5. Bitkide yaprakçık sayısı	20
4.6. Yaprak alanı	22
4.7. Yaprak / sap oranı	23
4.8. Bağlı su içeriği	24
4.9. Toplam klorofil miktarı.....	25
4.10. Serbest prolin miktarı.....	26
4.11. MDA miktarı.....	28
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	30

6. KAYNAKLAR.....	32
7. EKLER.....	39



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1. Araştırma toprağının analiz sonuçları.....	7
Çizelge 4.1. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde bitki boyu (cm) değerleri.....	15
Çizelge 4.2. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde kök boyu (cm) değerleri.....	16
Çizelge 4.3. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde toprak üstü yaş ağırlık (g/bitki) değerleri.....	18
Çizelge 4.4. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde toprak üstü kuru ağırlık (g/bitki) değerleri.....	18
Çizelge 4.5. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde kök yaş ağırlık (g/bitki) değerleri.....	19
Çizelge 4.6. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde kök kuru ağırlık (g/bitki) değerleri.....	20
Çizelge 4.7. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde bitkide yaprakçık sayısı (adet) değerleri.....	21
Çizelge 4.8. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde yaprak alanı (cm ² /bitki) değerleri.....	22
Çizelge 4.9. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde yaprak / sap oranı değerleri.....	23
Çizelge 4.10. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde bağıl su içeriği (%) değerleri.....	24
Çizelge 4.11. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde toplam klorofil miktarı (mg/g yaş ağırlık) değerleri.....	26
Çizelge 4.12. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde serbest prolin miktarı (µmol prolin/g yaş ağırlık) değerleri.....	27
Çizelge 4.13. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde MDA miktarı (µmol/g yaş ağırlık) değerleri.....	28

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	Santigrat derece
%	Yüzde
µl	Mikrolitre
nm	Nanometre
cm	Santimetre
ml	Mililitre
g	Gram
µg	Mikrogram
µmol	Mikromol
NaOCl	Sodyum hipoklorit
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
P ₂ O ₅	Fosfor pentaoksit
K ₂ O	Potasyum oksit
Zn	Çinko
Fe	Demir
Cu	Bakır
Mn	Mangan

Kısaltmalar

ABA	Absisik asit
MDA	Malondialdehit
ROS	Reaktif oksijen türleri
TBA	Tiobarbiturik asit
TCA	Trikloroasetik asit

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artış gösterdiği günümüzde, ihtiyaç duyulan tarımsal verimliliği kısıtlayan en önemli problemlerden birisi çevresel stres faktörleridir (Zhu, 2016). Son yıllarda yaşanan mevsimsel değişikliklerle birlikte gözlemlenen kuraklık, yüksek sıcaklık gibi abiyotik stres faktörlerinin yanı sıra su baskını stresine maruz kalan tarımsal alanların görülme oranında artış meydana geldiği rapor edilmektedir (Kaur ve ark., 2020). Genellikle yüksek yağış alan bölgelerde yaşanan su baskınının son zamanlarda kurak ve yarı kurak alanlarda da görülme sıklığının artmış olması bu durumu açıkça ortaya koymaktadır (Shitu ve ark., 2022).

Su baskını, aşırı yağış veya ihtiyaçtan çok fazla sulama sonucunda suyun toprak tarafından yeterince emilememesi ve yüzeyde uzun süre kalmasıyla oluşur. Bunun yanı sıra sulama sırasında suyun aşırı ve yanlış kullanımına bağlı olarak da meydana gelebilir (Arslan, 2006). Tamamen suyla doymun hale gelen topraklar, bitki yaşamı için gerekli olan oksijenden yoksun kalır. Bu durumda kökler yeterli oksijen alamaz ve hipoksi sonucu bitkilerde boğulma etkisi meydana gelir (Ashraf, 2012). Oksijen eksikliği, suyla doymun hale gelmiş topraklarda oksijenin sudaki difüzyon hızının kökler tarafından tüketilme hızından daha yavaş olması nedeniyle ortaya çıkar (Aydoğan, 2012). Su baskını stresinden dolayı meydana gelen oksijen eksikliği bitkilerde vejetatif gelişimi sınırlandırarak verim kayıplarına sebep olmaktadır (Ahmed ve ark., 2013). Su baskını stresi sonucu bitkilerde sentezlenen fitohormonların dengesi bozulmakta ve toprakta var olan su ve iyonların kök tarafından alımı ve taşınması engellenmektedir (Arslan, 2006). Köklerde meydana gelen uzun süreli su fazlalığı, bitkinin oksijen alımını engelleyerek oksijen eksikliğine yol açar. Bu durum ise bitkiler üzerinde ciddi hasarlar oluşturarak fizyolojik işlev bozukluklarına sebep olabilmektedir (Dat ve ark., 2004).

Bitkilerin su baskını stresine verdikleri tepkiler; bitki türü, yaşı, tolerans ve adaptasyon yeteneği ile su baskınının süresi ve dönemine bağlı olarak değişiklik gösterir. Bazı bitkiler su baskını stresine karşı sakınım gösterebilmek için bazı adaptasyonlar geliştirebilir. Bunlar içerisinde özellikle kloroplastların yaprak yüzeyine yaklaşması, hücre duvarı ve kütikül tabakasının incelenerek yaprak kalınlığını azaltması gibi değişiklikler CO₂ ve O₂ difüzyonunu kolaylaştırır (Aydoğan, 2012). Bu stratejiler çoğunlukla uzun süreli ve sık

su baskını durumlarında etkili olurken, kısa süreli ve derin su baskını durumlarına karşı bitkiler çoğunlukla sessizlik stratejisiyle yanıt verir (Aydoğan, 2012).

Son yıllarda su baskını stresi ile mücadele etmede geliştirilebilecek agronomik tekniklerin üzerinde durulmaktadır (Kaur ve ark., 2020). Bu teknikler içerisinde uygulama kolaylığı ve düşük maliyet açısından priming uygulamaları ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen araştırmalarda, farklı priming uygulamaları ile su baskını stresi altındaki bitkilerin strese dayanıklılıklarının artırılabilceğine dair veriler elde edilmiştir (Vwioko ve ark., 2019; Agualongo ve ark., 2022).

Yakın zamanda yapılan çalışmalar daha önce su baskını stresine hiç maruz kalmamış bitkilerin oldukça hassas tepki gösterdiklerini ve dayanımlarının zayıf olduğunu, daha önce belli doz ve sürelerde su baskını stresi yaşayan bitkilerin ise stres hafızası oluşturarak daha yüksek dayanım gösterebildiklerini ortaya koymuştur (Feng ve ark., 2022; Zhou ve ark., 2022). Büyüme boyunca deneyimlenen biyotik ve abiyotik stres koşullarının bitkilerde stres hafızası oluşturarak epigenetik değişiklere neden olduğu bilinmektedir (Bilichak ve ark., 2015; İnce ve Karaca, 2019). Bu sayede bitkiler biyokimyasal ve moleküler mekanizmalarını düzenleyerek stres hafızası oluşturmakta ve daha sonraki ilgili stres koşullarını tolere etme özelliği kazanmaktadırlar (Arıcan, 2019; Hilker ve Schmülling, 2019). Deneyimlenen stresle birlikte, histon modifikasyonları ve DNA metilasyonu sayesinde bir sonraki yaşanılacak daha yüksek dozdaki ilgili stres faktörü sırasında ilgili gen bölgelerinin ifade seviyelerinde artış sağlanması sadece ilgili bitkinin geçici bir kazanımı veya bazı durumlarda sonraki nesillere aktarılacak epigenetik bir kazanım olabilmektedir (He ve Li, 2018; Jacques ve ark., 2021).

Su baskını stresi ile ilgili gerçekleştirilen araştırmalar su baskını stresinin bitki tarafından oksijenle birlikte su alımını da kısıtlayarak fizyolojik kuraklığa sebep olabildiğini ortaya koymaktadır (Akhtar ve Nazir, 2013). Bu durum daha önce kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin daha sonraki dönemde yaşayacağı su baskını stresine karşı daha dayanıklı olabileceği hipotezini ortaya koymaktadır. Bu sebeple ilgili araştırmalarda su baskını priming uygulamasının yanı sıra kuraklık priming uygulamasının da gerçekleştirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Yapılan literatür araştırması doğrultusunda bitkilerde kuraklık priming uygulamasının su baskını stresine olan etkisine dair herhangi çalışmaya ulaşamamıştır.

Hayvan beslemede önemli bir yer tutan çok yıllık baklagil yem bitkisi olan yaygın yonca (*Medicago sativa* L.) türü, besin değeri yönünden oldukça zengin olup bu yönü ile en kaliteli yem bitkisi türlerinden birisi olarak kabul edilmektedir (Erbeyi ve ark., 2022). Bu sebeple dünyada toplam yaklaşık 35 milyon ha ekim alanına sahiptir (Açıkgöz, 2021). Araştırmalar, yaygın yonca türünün su baskını stresine karşı hassas olduğunu göstermektedir (Colmer ve Greenway, 2011; Song ve ark., 2019). Bir araştırmada, su baskını stresi yaygın yoncada en önemli seyrekleşme nedenlerinden birisi olarak gösterilmiştir (Zhang ve ark., 2019). Diğer taraftan örtü bitkisi olma özelliği gösteren yaygın yonca türü, suyu tutma ve akışı önleme açısından su baskını ile mücadele etmede önemli bir potansiyele sahiptir. Bu sebeple yaygın yonca türü üzerinde gerçekleştirilecek olan su baskını stresine dayanıklılık çalışmaları önem arz etmektedir.

Verilen bilgiler doğrultusunda, araştırmada su baskını ve kuraklık priming uygulamaları sonrası su baskını stresinin yaygın yonca türünde morfolojik ve fizyolojik özelliklere etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Yakın zamanda yaygın yonca bitkisinin su baskını stresine karşı hassasiyetini ele alan birçok araştırma gerçekleştirilmiş ve su baskını stresi altındaki yaygın yonca bitkisinde yem verimi ve kalitesi açısından önemli kayıplar meydana geldiği rapor edilmiştir (Song ve ark., 2019; Zeng ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2019; Zhou ve ark., 2024).

Bitkilerde bulunan epigenetik sistemin stres hafızasına katkıda bulunduğuna dair raporlar her geçen gün artmaktadır (He & Li, 2018; Jacques ve ark., 2021). Bu konuda kuraklık, tuzluluk ve su baskını başta olmak üzere çevresel stres faktörlerine karşı hassas olan yem bitkileri türleri üzerinde de çalışmalar devam etmektedir. Son yıllarda yem bitkisi türleri üzerinde gerçekleştirilen stres hafızası çalışmaları, stres etkilerinin farklı türler arasında ve aynı türün bireyleri arasında bile değişiklik gösterebildiğini ortaya koymaktadır (Jin ve ark., 2020).

Yapılan literatür araştırması doğrultusunda yaygın yonca bitkisinde su baskını stres hafızasının konu alındığı bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu nedenle diğer türler üzerinde yapılan araştırma sonuçları sunulmuştur. Bunun yanı sıra yapılan literatür araştırması doğrultusunda bitkilerde kuraklık priming uygulamasının su baskını stresine olan etkisine dair herhangi çalışmaya ulaşılamamıştır.

Buğdayda erken gelişim döneminde gerçekleştirilen birden fazla su baskını priming uygulamasının, generatif dönemde meydana gelen su baskını stresine etkisinin belirlendiği bir araştırmada, priming uygulamasının bitkilerdeki fotosentez performansı, ışık enerjisi kullanımını, antioksidatif enzim üretimini ve dolaylı olarak bitkisel verimi priming uygulanmayan bitkilere kıyasla artırarak stres toleransı oluşturduğu tespit edilmiştir (Li ve ark., 2011).

Buğday bitkisinde yapılan bir çalışmada araştırmacılar, su baskını priming uygulanan bitkilerin daha sonra yaşadıkları su baskını stresi karşısında priming uygulanmayan bitkilere kıyasla özellikle etilen biyosentezi ile ilişkili proteinler başta olmak üzere enerji metabolizması ve stres savunmasıyla ilgili proteinlerin sentezini artırdıklarını tespit etmişlerdir (Wang ve ark., 2016). Araştırmada, bu durumun stres karşısında fotosentez hasarını azaltarak bitkinin daha az verim kaybı yaşamasını sağladığı belirtilmiştir.

Çayır tilki kuyruğu bitkisinde gerçekleştirilen bir çalışmada araştırmacılar su baskını ve kuraklık priming uygulamalarının, tekrar eden kuraklık stresi altında bitkilerin performansını, morfolojik, fotosentetik ve antioksidatif parametrelerde değişiklik

yaparak iyileştirip iyileştirmedini test etmişlerdir (Lukić ve ark., 2020). Araştırma sonucunda araştırmacılar kuraklık priming uygulamasının daha sonraki yıllarda meydana gelen kuraklık stresini tolere etmede kullanılabilecek bir yöntem olduğunu fakat su baskını priming uygulamasında bu etkinin görülmeyişini rapor etmişlerdir.

Su baskını stresine karşı farklı hassasiyet gösteren buğday çeşitleri üzerinde gerçekleştirilen bir araştırmada, su baskını priming uygulanan bitkilerin daha sonraki su baskını stresi altında daha yüksek klorofil floresans performansı, daha yüksek antioksidan enzim aktivitesi, daha yüksek toplam çözünür şeker ve sükröz içeriğine sahip oldukları tespit edilmiştir (Ma ve ark., 2021). Bu durumun ise priming uygulanan buğday çeşitlerinin su baskını stresine daha dayanıklı hale gelmesini sağladığı açıklanmıştır.

Hıyar bitkisi üzerinde gerçekleştirilen bir araştırmada, su baskını priming uygulamasına maruz bırakılan bitkilerin daha sonraki su baskını stresi altında kontrole kıyasla daha dayanıklı oldukları sonucuna varılmıştır (Keska ve ark., 2021). Bu dayanıklılığın ise stres hafızası ile ilişkili olan genlerin ifade seviyesinin su baskını priming uygulanan bitkilerde daha yüksek olması ve böylece bu bitkilerde görülen glikoliz artışı ve adventif kök gelişimi sonucu oluştuğu vurgulanmıştır.

Buğday bitkisinde yapılan bir araştırmada, su baskını ön uygulaması gerçekleştirilen bitkilerin üç generasyon boyunca su baskını stresine kontrol grubuna kıyasla daha dayanıklı oldukları sonucuna varılmıştır (Feng ve ark., 2022). Araştırmada su baskını ön uygulaması gerçekleştirilen bitkilerin bu dayanıklılığı; köke daha fazla şeker taşıyarak anaerobik solunum için metabolik substrat sağlamaları ve daha fazla etilen sentez ederek daha fazla aerenkima oluşturmaları ile ilişkilendirilmiştir.

Domates bitkisi üzerinde yapılan araştırmada, su baskını ön stresine maruz bırakılan her iki genotipe ait bitkilerin, daha sonra meydana gelen su baskını karşısında stres hafızası mekanizması sayesinde kontrol grubuna kıyasla daha etkin fotosentez gerçekleştirdikleri tespit edilmiştir (Zhou ve ark., 2022).

Soya bitkisinde gerçekleştirilen bir çalışmada araştırmacılar vejetatif dönemde su baskını priming uygulamanın, generatif dönemde meydana gelen su baskını stresini hafifletip hafifletmediğini test etmişlerdir (Agualongo ve ark., 2022). Araştırma sonucunda su baskını priming uygulamasının bitkilerde H₂O₂ konsantrasyonunu ve lipid peroksidasyonunu azalttığı, toplam fenol, fotosentetik pigment, sakkaroz ve toplam çözünür şekerlerin konsantrasyonunu artırdığı tespit edilmiştir. Tüm bu biyokimyasal ve

fizyolojik değişiklikler sonucunda neticesinde su baskını primingi uygulanan soya bitkilerinin daha uzun ve daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır.

Domates bitkisi üzerinde yapılan farklı bir araştırmada, önceden su baskını stresine maruz kalan bitkilerin, sonraki su baskını stresine daha iyi adapte olduğu ve bu durumun biyokimyasal ve moleküler verilerle doğrulandığı görölmüşür (Niu ve ark., 2023).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme tarihi ve yeri

Araştırma, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne ait serada saksı denemesi olarak 22.02.2024 tarihinde kurulmuştur. Sera ortamında, yonca bitkisinin büyüüp gelişebilmesi için gerekli olan sıcaklık, nem ve ışık gibi uygun çevresel koşulları sağlandığına emin olunmuştur.

3.1.2. Araştırma toprağının özellikleri

Araştırmada kullanılan toprak tarım arazisinden alındıktan sonra, temiz bir zemin üzerinde gölgede kurutulmuş ve içerisindeki taş, yabancı ot vb. maddeler ayıklanmıştır. Daha sonra 4 mm elekten geçirilmiştir. Araştırma toprağına ait analiz sonuçları Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1.Araştırma toprağının analiz sonuçları

Özellik	Değer	Yeterlilik durumu
Tekstür	Killi tınlı	-
Organik madde	1.96	Az
pH	7.80	Alkali
P ₂ O ₅ (kg/da)	4.05	Yetersiz
K ₂ O (kg/da)	39	Yeterli
Tuz (%)	0.01	Tuzsuz
CaCO ₃ (%)	4.97	Orta kireçli
Zn (mg/kg)	0.36	Yetersiz
Fe (mg/kg)	2.61	Yetersiz
Mn (mg/kg)	17.14	Yeterli
Cu (mg/kg)	0.92	Yeterli

Araştırma toprağı incelendiğinde; killi tınlı tekstüre sahip, organik madde içeriğı düşük, alkali, tuzsuz, orta kireçli, fosfor, çinko ve demir açısından yetersiz, potasyum, mangan ve bakır açısından yeterli olduğu görülmektedir (Çizelge 3.1).

3.1.3. Araştırmada kullanılan yaygın yonca bitkisi

Araştırmada bitki materyali olarak Bilensoy-80 yaygın yonca çeşidi kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme deseni

Araştırma Tesadüf Parsellerinde Faktöriyel Deneme Desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada priming uygulamaları ve su baskını stresi faktör olarak ele alınmıştır.

3.2.2. Deneme öncesi işlemler

Tohum sterilizasyonu:

Deneme öncesinde olası kontaminasyonu önlemek için tohumlar yüzey sterilizasyonu amacıyla %70'lik etanol solüsyonunda 30 saniye ve devamında %10 NaOCl (sodium hipoklorit) solüsyonda, 10 dakika boyunca bekletilmiştir. Bu süre sonunda tohumlar distile su ile 3 kez yıkanarak sterilizasyon işlemi sona ermiştir.

3.2.3. Denemenin kurulması

Gübreleme, ekim ve sulama:

Deneme öncesinde kullanılacak saksılara 2 kg toprak doldurulmuştur. Araştırmada uygulanacak olan temel gübreleme, toprak analiz sonuçları doğrultusunda saksılara deneme öncesinde 50 ppm azot, 100 ppm fosfor, 125 ppm potasyum, 2 ppm çinko ve 2 ppm demir olacak şekilde sulu çözelti formunda verilmiştir. Ekim işlemi, her saksıda 7 bitki olacak şekilde 1-1.5 cm derinliğe yapılmıştır ve ilk gerçek yaprak görüldüğünde her saksıda 4 bitki kalacak şekilde seyreltme uygulanmıştır. Araştırmada bitkiler ikinci gerçek yapraklı döneme geçinceye kadar %80 tarla kapasitesinde sulanmıştır.

Araştırma toprağının tarla kapasitesi aşağıda belirtilen yöntem ile belirlenmiştir;

Suya doymuş olan toprağın drene olduktan sonra gözeneklerinde tuttuğu su miktarı tarla kapasitesi olarak ifade edilmektedir. Araştırmada kullanılacak olan saksılardan dört tanesine araştırmada kullanılacak olan topraktan 2 kg doldurulmuştur. Daha sonra saksıların altından su çıkışı gözlenene kadar yavaş yavaş suyla doyurulan toprak tamamen su ile doymuş hale getirilip 24 saat askıda bekletilmiştir. Geçen sürenin ardından saksılar tartılmış ve toprak zerreciklerinin yerçekimine karşı tuttuğu su miktarı tartılarak saksılardaki toprağın tarla kapasitesi belirlenmiştir. Belirlenen miktar esas alınarak araştırma içerisinde çalışılması planlanan tarla kapasitesi sulama seviyeleri için gerekli ağırlıklar tespit edilmiştir. (Özel, 2016). Araştırma boyunca saksılar için belirlenen tarla kapasitesi miktarları temel alınarak gerçekleştirilen sulama işlemi her iki günde bir saat 16:00-17:00

aralığında yapılan tartım sonuçlarına göre eksilen su miktarı ilavesi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte saksıların tartım sonuçları doğrultusunda eksilen su miktarı ilavesi yapılarak hedeflenen tarla kapasitelerinde tutulmaları sağlanmıştır.

3.2.4. Priming uygulamaları

Araştırmada bitkiler ikinci gerçek yapraklı döneme geçtikten sonra 08.03.2024 tarihinde saksılar farklı priming uygulama grupları oluşturmak için üç ayrı gruba ayrılmıştır;

- Kontrol uygulaması
- Su baskını priming uygulaması
- Kuraklık priming uygulaması

Kontrol: Herhangi bir priming uygulaması yapılmayan ve su baskınına maruz bırakılmayan bitkiler araştırma süresince %80 tarla kapasitesinde sulanmaya devam edilmiştir.

Su baskını priming uygulaması: Araştırmada gerçekleştirilen su baskını priming uygulaması, bitkilere yaşatılacak olan su baskını stresi öncesinde 10 gün süre ile su baskınına maruz kalarak stres hafızası oluşturabilmeleri esasına dayanmaktadır. 10 gün süreli su baskını priming uygulaması araştırma öncesinde gerçekleştirilen ön çalışmalar neticesinde belirlenmiştir. Su baskını stresi, suyun saksılardaki toprak yüzeyini geçecek kadar olan kısma getirilmesi şeklinde uygulanmıştır. Su baskını priming uygulaması sona erdikten sonra saksılardaki suyun drene olması beklenmiştir.

Kuraklık priming uygulaması: Araştırmada gerçekleştirilen kuraklık priming uygulaması, bitkilere yaşatılacak olan su baskını stresi uygulaması öncesinde %30 tarla kapasitesinde ön kuraklığa maruz kalarak stres hafızası oluşturabilmeleri esasına dayanmaktadır. %30 tarla kapasitesinde kuraklık priming uygulaması araştırma öncesinde gerçekleştirilen ön çalışmalar neticesinde belirlenmiştir. Bu doğrultuda, kuraklık priming uygulanacak olan bitkiler 10 gün boyunca %30 tarla kapasitesinde tutulmuştur. Araştırma öncesi gerçekleştirilen ön çalışmalarda yaygın yonca bitkisinde stres hafızası oluşturabilmek için uygulanacak en uygun kuraklık priming uygulamasının %30 tarla kapasitesi sulama seviyesi olduğu tespit edilmiştir. Daha yüksek seviyeli sulamalara ait priming uygulamaları bitkilerde stres hafızası oluşturamazken, daha düşük seviyeli sulamalara ait priming uygulamaları ise genotiplerde ciddi hasarlara neden olarak geri dönülemez sonuçlar doğurmuştur. Kuraklık priming uygulaması sona erdikten sonra bitkiler %80 tarla kapasitesinde sulanmaya devam etmiştir.

3.2.5. Su baskını stresi

Su baskını ve kuraklık priming uygulamalarının ardından geçen dört haftalık iyileşme periyodu sonrasında bitkiler 16.04.2024 tarihinde farklı su baskını stres sürelerine (0, 4, 8, 12, 16, 20 gün) maruz bırakılmıştır. Su baskını stresi, priming uygulamada olduğu gibi suyun saksılardaki toprak yüzeyini geçecek kadar olan kısma getirilmesi şeklinde uygulanmıştır. Stres süresi sona eren saksılar daha sonra %80 tarla kapasitesinde sulanmaya devam etmiştir.

Hasat işlemi 20 günlük stres uygulamasının ardından geçen dört günlük iyileşme periyodu sonrasında 10.05.2024 tarihinde hasat gerçekleştirilmiştir.

3.2.6. Araştırmada incelenen özellikler

Bitki boyu:

Bitkiler hasat edilmeden hemen önce, her saksıda bulunan 4 bitkide kök boğazı ile sap ucu arasındaki mesafe (cm) ölçülmüştür (Zambi, 2019).

Kök boyu:

Toprak üst aksam uzaklaştırıldıktan sonra, kök bütünlüğüne zarar vermeden kök boğazından kesilen kökler yıkanarak topraktan temizlenmiş ve ardından kök boğazı ile kök ucu arasındaki mesafe (cm) ölçülmüştür (Zambi, 2019).

Toprak üstü yaş ağırlık:

Kök boğazından kesilen bitkiler su kaybetmelerine izin vermeden hassas terazide tartılmış ve g/bitki olarak değerlendirilmiştir (Zambi, 2019).

Toprak üstü kuru ağırlık:

Yaş ağırlığı belirlenen örnekler kurutma dolabında 60 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelene kadar kurutulduktan sonra hassas terazide tartılmış ve g/bitki olarak değerlendirilmiştir (Zambi, 2019).

Kök yaş ağırlık:

Yıkanmış ve üzerindeki fazla suyu uzaklaştırılmış kökler hassas terazide tartılmış ve g/bitki olarak değerlendirilmiştir (Zambi, 2019).

Kök kuru ağırlık:

Yıkanmış olan kökler önce açık havada daha sonra kurutma dolabında 60 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelene kadar kurutulduktan sonra hassas terazide tartılmış ve g/bitki olarak değerlendirilmiştir (Zambi, 2019).

Bitkide yaprakçık sayısı:

Araştırmada hasat edilen bitkilerdeki yaprakcıklar tek tek sayılarak her bitki için adet olarak belirlenmiştir (Zambi, 2019).

Yaprak alanı:

Her bitkide oluşan tüm yaprakçıkların alanı dijital yaprak alan ölçer ile ölçülmüş ve cm²/bitki birimi ile değerlendirilmiştir (Altun, 2019).

Yaprak / sap oranı:

Yaprak / sap oranını belirlemek için, her bitkiden yapraklar ve saplar ayrılarak tartılmış ve birbirine oranlanmıştır (Karayel & Bozoğlu, 2012).

Bağıl su içeriği:

Yaş ağırlıkları belirlenen yaprak örnekleri 16 saat saf suda bekletilerek turgor haline getirilip doymuş ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından kese kağıdı içerisinde 60 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelene kadar kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra ise bağıl su içeriği % olarak aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Farrant, 2000);

$$\text{Bağıl su içeriği} = [(\text{Yaş ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}) / (\text{Turgor ağırlık} - \text{Kuru ağırlık})] \times 100$$

[1]

Toplam klorofil miktarı:

Araştırmada klorofil miktarının belirlenmesi aşağıda verilen yöntemin gerçekleştirilmesi sonucu hesaplanmıştır;

0.1 g yaş yaprak örneği (ikinci ve üçüncü yapraklar) alınarak 10 ml %80'lik aseton içerisinde seramik havanda homojenize edilmiştir. Bir hafta süresince buz dolabında (+4°C) bekletilen örnekler daha sonra 10 000 × g'de 15 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatant kısımları alınmıştır. Bu işlemin ardından örnekler kaba filtre kağıdı ile süzülüdür. Daha sonra örneklerin spektrofotometrede 645 ve 663 nm dalga boyunda

absorbansları okunmuş ve sonrasında klorofil a ve klorofil b miktarları formül üzerinden mg/g yaş ağırlık olarak hesaplanmıştır (Arnon, 1949).

Klorofil a ve klorofil b miktarları aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır (Arnon, 1949). Toplam klorofil miktarı klorofil a ve klorofil b'nin toplamı olarak esas alınmıştır.

$$\text{Klorofil a (mg/g)} = (12.7 \times A_{663}) - (2.69 \times A_{645}) \times V / W \times 10000$$

[2]

$$\text{Klorofil b (mg/g)} = (22.91 \times A_{645}) - (4.68 \times A_{663}) \times V / W \times 10000$$

[3]

V: Süpernatantın hacmi (ml), W: Ekstrakte edilen yaprak ağırlığı (g), A: Dalga boylarının absorbans değerlerini ifade etmektedir.

Serbest prolin miktarı:

Bates ve ark. (1973)'nin geliştirmiş olduğu metodun modifiye edilmesi ile belirlenen serbest prolinin analizi öncesinde araştırma örnekleri analiz yapılncaya kadar -20 °C'de tutulmuştur. Analiz için 0.3 g olarak alınan yaprak örnekleri, %3 sülfosalisilik asit (10 ml) içerisinde homojenize edilmiş, santrifüj işleminden (10 000 g, 10 dk) sonra süpernatant kısmı alınarak gerekli ekstrakt elde edilmiştir. Daha sonra ekstraktan 1 ml alınarak, 5 ml'lik cam tüpe konulmuş ve üzerine 1 ml glasiyel asetik asit ve 1 ml ninhidrin ayırıcı çözeltisi eklenmiştir. Örneklerin üzeri alüminyum folyo ile kapatılarak 95°C'de su banyosunda 30 dk süreyle bekletilmiştir. Reaksiyon, buz banyosunda 5 dk bekletilerek sonlandırılmıştır. Soğuyan örneklerin üzerine 4 ml tolüen eklenip vortekslendikten sonra 520 nm'ye ayarlı spektrofotometrede okunarak istenen veri aşağıda verilen formül ile belirlenmiştir (Bates ve ark., 1973);

$$\mu\text{mol prolin/g yaş ağırlık} = [(\mu\text{g prolin/ml} \times \text{ml tolüene}) / 115.5 \mu\text{g}/\mu\text{mol}] / [(g \text{ örnek})/5]$$

[4]

MDA miktarı:

Hodges ve ark. (1999)'nin geliştirmiş olduğu metodun modifiye edilmesi ile belirlenen lipid peroksidasyon (MDA miktarı) için örneklerden alınan 0.5 g yaprak örnekleri üzerine 10 ml % 0.1'lik trikloroasetik asit (TCA) ilave edilmiş ve porselen havanda ezilmiştir. Homojenize edilen karışım daha sonra santrifüj edilmiştir (15 000 g, 5 dk). Santrifüj edilen örneğin süpernatant kısmından 1 ml alınıp, üzerine 4 ml % 20'lik TCA içerisinde çözölmüş % 0.5'lik tiobarbiturik asit (TBA) katılmıştır. Karışım 95 °C'de su banyosunda

30 dakika bekletildikten sonra hızla buz banyosunda soğutulup ardından santrifüj (10 000 g, 15 dk) yapıldıktan sonra süpernatant kısımda 532 ve 600 nm dalga boyunda absorbansı belirlenmiş ve aşağıdaki formül ile malondialdehit içeriği hesaplanmıştır;

$$\text{MDA } (\mu\text{mol/g yaş ağırlık}) = [(A_{532}-A_{600})/155 \ 000] \ 10^6$$

[5]

3.2.7. Verilerin Değerlendirilmesi

Denemeden elde edilen veriler Tesadüf Parsellerinde Faktöriyel Deneme Desenine göre analiz edilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde priming uygulamaları ve su baskını stresi iki ayrı faktör olarak ele alınmıştır. Hesaplamalar Minitab istatistik paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalarda %5 önem düzeyi kullanılmıştır. Verilerin karşılaştırılmasında Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bitki boyu

Priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca çeşidinde bitki boyu değerlerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda priming $\times$ su baskını stresi interaksiyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Araştırmada su baskını stresi ve priming uygulamaları bitki boyu üzerinde farklı etkilere neden olmuştur. Araştırmada su baskını ve kuraklık priming uygulamaları yapılan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilerde bitki boyu, priming uygulaması yapılmayan ve su baskını stresine maruz kalmayan bitkilere göre azalmış ancak bu azalış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bu durum tercih edilen priming uygulamalarının bitki boyu üzerinde olumsuz bir etki bırakmadığını göstermektedir. Su baskını stresi öncesinde kuraklık primingi uygulanan ve 4 gün süreyle su baskınına maruz kalan bitkilerde bitki boyunda önemsiz bir artış yaşanırken, diğer priming uygulamalarında ise önemsiz bir azalış gerçekleşmiştir (Çizelge 4.1). Araştırmada artan su baskını stresi seviyelerinin (8 günlük ve daha üzeri stres seviyeleri) her üç priming uygulamasında da bitki boyunu kontrol¹ grubuna kıyasla önemli düzeyde azalttığı görülmektedir (Çizelge 4.1). Bu azalışın nedeni, su baskını stresi esnasında artış gösteren ABA'nın bitkilerde sürgün gelişimini yavaşlatması olarak açıklanabilir (Sreenivasulu ve ark., 2012). Nitekim, Wang ve ark. (2022)'nin yapmış oldukları araştırmada su baskını stresinin yem bezelyesinde ABA artışına sebep olduğunu rapor etmişlerdir. Aynı sürede su baskını stresine maruz kalan bitkilerde priming uygulamasının etkileri incelendiğinde ise sadece su baskını primingi uygulanan ve ardından 20 günlük su baskını stresi altında kalan yonca bitkisinde bitki boyunun priming uygulanmayan (kontrol²) gruba kıyasla arttığı, 8 günlük su baskını stresi altında ise azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.1). Benzer artış etkisi kuraklık priming uygulamasında görülememişken 8 günlük su baskını stresi altında ise azalış kuraklık priming uygulamasında da tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Su baskını priming uygulamasında kontrol² grubuna kıyasla bitki boyunda gözlemlenen artış, bitkide oluşan stres hafızasının bir sonucu olarak gösterilebilir. Benzer bulgulara gerçekleştirilmiş olan araştırmalarda erişilmiş olup bu durumun bitkiler açısından epigenetik bir kazanım olduğu ve bu sayede su baskını primingi uygulanan bitkilerde stoma iletkenliğinin regüle edilerek fotosentez hasarının azaltıldığı belirtilmektedir (Niu ve ark., 2023).

Çizelge 4.1. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde bitki boyu (cm) değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	55.8±3.22 Aa	52.7±3.77 Aa	52.1±3.67 Aa
	4	52.3±4.15 Aa	49.7±1.98 Aa	54.3±4.01 Aa
	8	47.1±2.04 Ab	41.3±3.22 Bb	39.2±2.22 Bb
	12	31.0±1.22 ABc	33.4±2.77 Ac	28.6±1.93 Bc
	16	18.4±1.03 Ad	19.4±1.87 Ad	19.1±0.75 Ad
	20	18.2±0.96 Bd	22.6±0.84 Ae	17.7±0.66 Be
P değerleri		Priming: 0.003	Stres: 0.000	İnteraksiyon: 0.003

Çizelgede yer alan değerler; ortalama $\pm$ standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

4.2. Kök boyu

Priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca çeşidinde kök boyu değerlerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda priming $\times$ su baskını stresi interaksiyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Araştırmada su baskını ve kuraklık priming uygulamaları yapılan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilerde kök boyu, priming uygulaması yapılmayan ve su baskını stresine maruz kalmayan bitkilere göre azalmış ancak bu azalış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.2). Bu durum tercih edilen priming uygulamalarının kök boyu üzerinde olumsuz bir etki bırakmadığını göstermektedir. Araştırmada artan su baskını stresi seviyelerinin her üç priming uygulamasında da kök boyunu kontrol¹ grubuna kıyasla önemli düzeyde azalttığı görülmektedir (Çizelge 4.2). Kök boyunda meydana gelen bu azalışın nedeni, su baskını stresi esnasında köklerde meydana gelen hipoksi sonrası O₂'nin hızlı tüketiminin sonucu olarak kök gelişiminin zayıflamış olmasıdır (Colmer ve Greenway, 2011). Ayrıca araştırmada kök boyunun bitki boyuna kıyasla su baskını stresinden daha çok etkilendiği görülmektedir. Yakın zamanda gerçekleştirilmiş bir araştırmada su baskını stresinin kök gelişimini sürgün gelişimine kıyasla daha fazla etkilediği ortaya konmuştur (Feng ve ark., 2022).

Su baskını priming uygulamasının 16 ve 20 günlük su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde kök boyunu kontrol² grubuna kıyasla artırırken, 8 günlük su baskını stresi altında azalttığı görülmektedir (Çizelge 4.2). Kuraklık priming uygulamasının ise 20 günlük su baskını stresi altında yonca bitkisinde kök boyunu kontrol² grubuna kıyasla artırırken, 0, 4 ve 8 günlük su baskını stresi altında azalttığı görülmektedir (Çizelge 4.2). Yapılan bir araştırmada su baskını priming uygulaması sonrası meydana gelen su baskını stresi altında kök boyunda gözlemlenen artışın sebebinin köklerde daha fazla şeker birikiminin bir sonucu olarak kök gelişiminin daha etkin olması olduğu ortaya konmuştur (Zhou ve ark., 2022).

Çizelge 4.2. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde kök boyu (cm) değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	41.5±2.45 Aa	39.8±1.56 ABa	37.4±2.66 Ba
	4	39.4±1.56 Aa	39.0±2.85 Aa	31.5±1.78 Bb
	8	40.2±3.44 Aa	30.6±2.45 Bb	27.7±2.04 Bc
	12	24.9±2.75 Ab	25.9±1.44 Ac	23.4±2.96 Ad
	16	16.2±1.41 Bc	21.3±1.05 Ad	15.6±0.98 Be
	20	9.6±1.14 Bd	15.0±2.12 Ae	14.1±1.12 Af
P değerleri		Priming: 0.000	Stres: 0.000	İnteraksiyon: 0.000

Çizelgede yer alan değerler; ortalama ± standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çalışmada 20 günlük su baskını stresi altında kuraklık priming uygulamasının kontrol² grubuna kıyasla kök boyunu artırmış olmasının sebebi olarak yapılan bir araştırmada kuraklık priming uygulamasının kök uzamasını düzenleyen gen bölgelerinin ifade seviyelerinde artış meydana getirmesi olarak gösterilmiştir (Wang ve ark., 2021). Bu durum ayrıca su baskını stresi esnasında yonca bitkisinin bir miktar fizyolojik kuraklık yaşamış olduğu sonucunu da doğrular.

4.3. Toprak üstü yaş ve kuru ağırlık

Priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca çeşidinde toprak üstü yaş ve kuru ağırlığı değerlerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen varyans

analizi sonucunda priming $\times$ su baskını stresi interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3, 4.4).

Araştırmada su baskını ve kuraklık priming uygulamaları yapılan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilerde toprak üstü yaş ve kuru ağırlığı, priming uygulaması yapılmayan ve su baskını stresine maruz kalmayan bitkilere göre azalmış ancak bu azalış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.3, 4.4). Bu durum tercih edilen priming uygulamalarının toprak üstü yaş ve kuru ağırlığı üzerinde olumsuz bir etki bırakmadığını göstermektedir. Araştırmada artan su baskını stresi seviyelerinin her üç priming uygulamasında da toprak üstü yaş ve kuru ağırlığı kontrol¹ grubuna kıyasla önemli düzeyde azalttığı görülmektedir (Çizelge 4.3, 4.4). Bununla birlikte her üç priming uygulamasında da toprak üstü yaş ve kuru ağırlıkta ilk önemli azalma 12 gün süreyle su baskınına maruz kalan bitkilerde meydana gelmiştir. Bu azalışın nedeni, su baskını stresi esnasında artış gösteren ABA'nın bitkilerde sürgün gelişimini yavaşlatması sonucu yaprakların azalması ve küçülmesi olarak gösterilebilir (Ghobadi ve ark., 2017). Yapılan bir araştırmada su baskını stresi süresince bitkilerde gaz difüzyonu ile birlikte oksijen ve karbondioksit kullanımının sınırlandırılmasının bitki büyümesini azalttığı belirtilmiştir (Zhou ve ark., 2022).

Su baskını priming uygulamasının 16 ve 20 günlük su baskını stresi altında yonca bitkisinde toprak üstü yaş ve kuru ağırlığını kontrol² grubuna kıyasla artırdığı görülmektedir (Çizelge 4.3, 4.4). Benzer etki kuraklık priming uygulamasında görülememiştir (Çizelge 4.3, 4.4). Su baskını priming uygulamasında kontrol² grubuna kıyasla toprak üstü yaş ve kuru ağırlığında gözlemlenen artışın sebebi, bitkide oluşan stres hafızasının bir sonucu olarak bitkideki fotosentetik performansın artması şeklinde gösterilebilir (Niu ve ark., 2023). Bu durum toplam klorofil miktarı ile ilişki içerisindedir (4.9).

Çizelge 4.3. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde toprak üstü yaş ağırlık (g/bitki) değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	10.64±0.85 Aa	10.15±0.98 Aa	10.61±1.22 Aa
	4	10.28±0.75 Aa	10.21±0.75 Aa	9.89±0.76 Aa
	8	9.96±0.66 Aa	9.43±0.64 Aa	9.72±0.48 Aa
	12	6.34±0.48 Ab	6.55±0.38 Ab	5.09±0.66 Bb
	16	3.55±0.30 Bc	6.94±0.66 Ab	3.21±0.14 Bc
	20	1.97±0.11 Bd	3.76±0.24 Ac	1.70±0.16 Bd
P değerleri		Priming: 0.000	Stres: 0.000	İnteraksiyon: 0.000

Çizelgede yer alan değerler; ortalama ± standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.4. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde toprak üstü kuru ağırlık (g/bitki) değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	1.68±0.12 Aa	1.48±0.09 Aa	1.52±0.10 Aa
	4	1.52±0.09 Aa	1.36±0.11 Aa	1.54±0.14 Aa
	8	1.59±0.08 Aa	1.49±0.08 Aa	1.58±0.15 Aa
	12	0.98±0.10 Ab	1.12±0.06 Ab	1.05±0.08 Ab
	16	0.51±0.03 Bc	1.02±0.07 Ab	0.56±0.02 Bc
	20	0.29±0.01 Bd	0.59±0.03 Ac	0.31±0.01 Bd
P değerleri		Priming: 0.001	Stres: 0.000	İnteraksiyon: 0.001

Çizelgede yer alan değerler; ortalama ± standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

4.4. Kök yaş ve kuru ağırlık

Priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca çeşidinde kök yaş ve kuru ağırlığı değerlerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda priming × su baskını stresi interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6).

Araştırmada su baskını ve kuraklık priming uygulamaları yapılan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilerde kök yaş ve kuru ağırlığı, priming uygulaması yapılmayan ve su baskını stresine maruz kalmayan bitkilere göre azalmış ancak bu azalış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.5, 4.6). Bu durum tercih edilen priming uygulamalarının kök üstü yaş ve kuru ağırlığı üzerinde olumsuz bir etki bırakmadığını göstermektedir. Araştırmada artan su baskını stresi seviyelerinin her üç priming uygulamasında da kök yaş ve kuru ağırlığını kontrol¹ grubuna kıyasla önemli düzeyde azalttığı görülmektedir (Çizelge 4.5, 4.6). Kök yaş ve kuru ağırlığında meydana gelen bu azalışın nedeni, 4.2’de de belirtildiği gibi stres esnasında köklerde meydana gelen hipoksi sonrası O₂’nin hızlı tüketiminin sonucu olarak kök gelişiminin zayıflamış olmasıdır (Colmer ve Greenway, 2011). Araştırmada su baskını stresi altında bitkilerde meydana gelen kök yaş ve kuru ağırlık kaybının kök boyuna kıyasla daha az olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi, yapılan bir araştırmada bitkilerin su baskını stresi altında yanıl köklerini daha fazla geliştirme adaptasyonları sonucu kök ağırlık kaybını bir miktar tolere edebildikleri şeklinde açıklanmıştır (Keska ve ark., 2021).

Çizelge 4.5. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde kök yaş ağırlık (g/bitki) değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	4.31±0.32 Aa	4.25±0.33 Aa	4.16±0.18 Aa
	4	4.16±0.24 Aa	4.12±0.24 Aa	4.23±0.19 Aa
	8	4.26±0.29 Aa	4.16±0.18 Aa	4.02±0.29 Aa
	12	3.66±0.17 Bb	4.08±0.33 Aa	3.45±0.30 Bb
	16	2.81±0.19 Bc	3.34±0.36 Ab	2.76±0.29 Bc
	20	2.92±0.25 Bc	3.18±0.11 Ab	2.75±0.14 Bc
P değerleri		Priming: 0.001	Stres: 0.001	İnteraksiyon: 0.002

Çizelgede yer alan değerler; ortalama ± standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.6. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde kök kuru ağırlık (g/bitki) değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	0.94±0.06 Aa	0.92±0.07 Aa	0.90±0.08 Aa
	4	0.88±0.05 Aa	0.89±0.06 Aa	0.85±0.06 Aa
	8	0.86±0.04 Aa	0.87±0.04 Aa	0.83±0.04 Aa
	12	0.89±0.06 Aa	0.91±0.06 Aa	0.88±0.03 Aa
	16	0.62±0.03 Bb	0.81± 0.03 Aab	0.66±0.06 Bb
	20	0.58±0.06 Bb	0.73±0.07 Ab	0.62±0.05 Bb
P değerleri		Priming: 0.003	Stres: 0.002	İnteraksiyon: 0.003

Çizelgede yer alan değerler; ortalama $\pm$ standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

Su baskını priming uygulaması 12, 16 ve 20 günlük su baskını stresi altında yonca bitkisinde kök yaş ağırlığını kontrol² grubuna kıyasla artırırken, bu artış kök kuru ağırlığında 16 ve 20 günlük su baskını stresi altında meydana gelmiştir (Çizelge 4.5, 4.6). Benzer etki kuraklık priming uygulamasında görülemediği (Çizelge 4.5, 4.6). Yapılan bir araştırmada su baskını priming uygulamasının su baskını stresi altında kök gelişimini artırmasının sebebi olarak, yapraklardan köke daha fazla karbonhidratın taşınarak anaerobik solunum için metabolik bir substrat sağlaması ve böylece priming uygulanmış bitkilerde kök büyümesini sürdürmek için daha fazla ATP üretilmesi şeklinde açıklanmıştır (Feng ve ark., 2022). Aynı çalışmada su baskını priming uygulamasının kökte etilen biyosentezini artırarak hızlı aerenkima oluşumu sağladığı ve bu sayede bitkilerin hipoksi ortamını daha iyi tolere ettikleri vurgulanmıştır (Feng ve ark., 2022).

4.5. Bitkide yaprakçık sayısı

Priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca çeşidinde yaprakçık sayısı değerlerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda priming $\times$ su baskını stresi interaksiyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde bitkide yaprakçık sayısı (adet) değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	235.4±15.1 Aa	226.7±14.7 Aa	236.0±14.1 Aa
	4	228.9±21.8 Aa	239.1±16.8 Aa	218.5±18.7 Aab
	8	195.4±12.9 Ab	202.9±19.6 Ab	200.1±16.7 Ab
	12	137.0±9.8 ABc	151.3±12.6 Ac	123.5±10.4 Bc
	16	71.6±3.7 Ad	79.8±6.7 Ad	77.2±3.9 Ad
	20	42.3±2.5 Be	67.5±7.4 Ad	39.7±2.6 Be
P değerleri		Priming: 0.012	Stres: 0.000	İnteraksiyon: 0.023

Çizelgede yer alan değerler; ortalama $\pm$ standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

Araştırmada su baskını ve kuraklık priming uygulamaları yapılan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilerde yaprakçık sayısı, priming uygulaması yapılmayan ve su baskını stresine maruz kalmayan bitkilere kıyasla istatistiki olarak değişim göstermemiştir (Çizelge 4.7). Bu durum tercih edilen priming uygulamalarının yaprakçık sayısı üzerinde olumsuz bir etki bırakmadığını göstermektedir. Araştırmada su baskını priming uygulanan ve daha sonra 4 günlük su baskını stresine maruz kalan bitkilere ait yaprakçık sayısı su baskını primingi uygulanan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilere kıyasla artmış ancak bu artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.7). Araştırmada artan su baskını stresi seviyelerinin her üç priming uygulamasında da (4 günlük su baskını stresi hariç) yaprakçık sayısını kontrol¹ grubuna kıyasla önemli düzeyde azalttığı görülmektedir (Çizelge 4.7). Bu durum daha önce de belirtildiği gibi su baskını stresi esnasında ABA'nın etkinliği neticesinde sürgün gelişiminin yavaşlaması ile birlikte yaprak alanı ve sayısının azalması ile açıklanabilir (Zhou ve ark., 2022).

Su baskını priming uygulamasının 20 günlük su baskını stresi altında yonca bitkisinde yaprakçık sayısını kontrol² grubuna kıyasla artırdığı, kuraklık priming uygulamasının ise kontrol² grubuna kıyasla herhangi bir değişiklik sağlamadığı görülmektedir (Çizelge 4.7). Su baskını priming uygulamasında kontrol² grubuna kıyasla yaprakçık sayısında gözlemlenen artış, bitkide oluşan stres hafızasının bir sonucu olarak bitkideki stoma iletkenliğinin ve fotosentetik performansın artmasından kaynaklanmaktadır (Niu ve ark., 2023).

4.6. Yaprak alanı

Priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca çeşidinde yaprak alanı değerlerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda priming $\times$ su baskını stresi interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde yaprak alanı (cm²/bitki) değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	55.6 $\pm$ 3.2 Aa	53.7 $\pm$ 3.5 Aa	54.0 $\pm$ 3.5 Aa
	4	52.8 $\pm$ 2.5 Aa	55.0 $\pm$ 4.1 Aa	53.5 $\pm$ 4.7 Aa
	8	54.1 $\pm$ 1.9 Aa	52.9 $\pm$ 3.6 Aa	48.6 $\pm$ 3.6 Bb
	12	40.2 $\pm$ 2.8 Ab	42.4 $\pm$ 2.9 Ab	40.9 $\pm$ 3.5 Ac
	16	27.4 $\pm$ 3.1 Ac	29.0 $\pm$ 2.7 Ac	26.9 $\pm$ 1.2 Ad
	20	22.9 $\pm$ 1.8 Cc	29.3 $\pm$ 1.4 Ac	26.0 $\pm$ 1.0 Bd
P değerleri		Priming: 0.036	Stres: 0.000	İnteraksiyon: 0.043

Çizelgede yer alan değerler; ortalama $\pm$ standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

Araştırmada su baskını ve kuraklık priming uygulamaları yapılan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilerde yaprak alanı, priming uygulaması yapılmayan ve su baskını stresine maruz kalmayan bitkilere göre azalmış ancak bu azalış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.8). Bu durum tercih edilen priming uygulamalarının yaprak alanı üzerinde olumsuz bir etki bırakmadığını göstermektedir. Su baskını stresi öncesinde su baskını primingi uygulanan ve 4 gün süreyle su baskınına maruz kalan bitkilerde yaprak alanında önemsiz bir artış yaşanırken, diğer priming uygulamalarında ise önemsiz bir azalış gerçekleşmiştir (Çizelge 4.8). Araştırmada artan su baskını stresi seviyelerinin (12 günlük ve daha üzeri stres seviyeleri) her üç priming uygulamasında da yaprak alanını kontrol¹ grubuna kıyasla önemli düzeyde azalttığı görülmektedir (Çizelge 4.8). Bu durum daha önce de belirtildiği gibi su baskını stresi esnasında ABA'nın etkinliği neticesinde sürgün gelişiminin yavaşlaması ile birlikte yaprak alanı ve sayısının azalması ile açıklanabilir (Zhou ve ark., 2022).

Su baskını priming uygulamasının 20 günlük su baskını stresi altında yonca bitkisinde yaprak alanını kontrol² grubuna kıyasla artırdığı görülmektedir. Kuraklık priming uygulamasının 8 günlük su baskını stresi altında kontrol² grubuna kıyasla yaprak alanını azalttığı, 20 günlük su baskını stresi altında ise artırdığı görülmektedir (Çizelge 4.8). Su baskını ve kuraklık priming uygulamasında kontrol² grubuna kıyasla yaprak alanında gözlemlenen artış, bitkide oluşan stres hafızasının bir sonucu olarak bitkideki stoma iletkenliğinin ve fotosentetik performansın artmasından kaynaklanmaktadır (Ru ve ark., 2022; Niu ve ark., 2023).

4.7. Yaprak / sap oranı

Çizelge 4.9. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde yaprak / sap oranı değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	0.94±0.07	1.01±0.09	0.96±0.06
	4	1.05±0.04	0.97±0.06	0.95±0.06
	8	0.91±0.08	0.89±0.04	0.95±0.09
	12	0.97±0.06	0.92±0.09	0.96±0.05
	16	0.99±0.10	0.96±0.06	0.94±0.04
	20	0.94±0.05	0.91±0.07	0.87±0.04
P değerleri		Priming: 0.197	Stres: 0.121	İnteraksiyon: 0.451

Çizelgede yer alan değerler; ortalama ± standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

Priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca çeşidinde yaprak /sap oranı değerlerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda su baskını stresi ve priming uygulamalarının yaprak /sap oranına etkisi istatistiki olarak önemsiz olarak bulunmuştur (Çizelge 4.9). Konu ile ilgili gerçekleştirilen araştırmalarda her ne kadar su baskını stresi altında yaprak / sap oranı değerlerinde farklılıklar görülebilir olsa da (Cardoso ve ark., 2013; Ren ve ark., 2014) mevcut araştırmada bu fark ortaya çıkmamıştır.

4.8. Bağlı su içeriği

Priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca çeşidinde bağlı su içeriği değerlerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda priming $\times$ su baskını stresi interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde bağlı su içeriği (%) değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	88.2 $\pm$ 6.4 Aa	86.7 $\pm$ 4.3 Aa	85.4 $\pm$ 2.6 Aa
	4	86.4 $\pm$ 4.2 Aa	87.5 $\pm$ 2.7 Aa	84.8 $\pm$ 3.8 Aa
	8	87.5 $\pm$ 3.4 Aa	84.9 $\pm$ 3.9 Aa	85.3 $\pm$ 2.5 Aa
	12	84.2 $\pm$ 5.4 Aa	85.2 $\pm$ 6.0 Aa	83.0 $\pm$ 4.9 Aa
	16	85.6 $\pm$ 4.0 Aa	83.9 $\pm$ 1.4 Aa	85.3 $\pm$ 5.7 Aa
	20	72.3 $\pm$ 6.7 Bb	71.7 $\pm$ 6.2 Bb	76.9 $\pm$ 3.0 Ab
P değerleri		Priming: 0.039	Stres: 0.007	İnteraksiyon: 0.022

Çizelgede yer alan değerler; ortalama $\pm$ standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

Araştırmada su baskını ve kuraklık priming uygulamaları yapılan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilerde bağlı su içeriği, priming uygulaması yapılmayan ve su baskını stresine maruz kalmayan bitkilere göre azalmış ancak bu azalış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.10). Bu durum tercih edilen priming uygulamalarının bağlı su içeriği üzerinde olumsuz bir etki bırakmadığını göstermektedir. Araştırmada su baskını priming uygulanan ve daha sonra 4 günlük su baskını stresine maruz kalan bitkilere ait bağlı su içeriği su baskını primingi uygulanan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilere kıyasla artmış ancak bu artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.10). Araştırmada 20 günlük su baskını stresi uygulaması her üç priming uygulamasında da bağlı su içeriğini kontrol¹ grubuna kıyasla düşürmüştür (Çizelge 4.10). Su baskını stresinin bitkilerde oksidatif hasar meydana getirmesi neticesinde su alımını kısıtlayarak fizyolojik kuraklığa sebep olabildiği bilinmektedir (Akhtar ve Nazir, 2013). Ancak, 20 günlük su baskını stresine maruz kalan yaygın yonca bitkilerinde kuraklık priming uygulaması sonucunda bağlı su içeriğinin kontrol² ve su baskını primingine göre

daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Bu duruma sebep olarak kuraklık priming uygulamasının, su baskını stresi altındaki yaygın yonca bitkisinde serbest prolin gibi osmotik düzenleyici bileşiklerin veya osmotik düzenlemede görevli olan antioksidatif enzimlerin daha fazla sentezlenmesini sağlamış olması gösterilebilir (Barickman ve ark., 2019; Wang ve ark., 2022; Sharma ve ark., 2024).

4.9. Toplam klorofil miktarı

Priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca çeşidinde toplam klorofil miktarı değerlerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda priming $\times$ su baskını stresi interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Araştırmada su baskını ve kuraklık priming uygulamaları yapılan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilerde toplam klorofil miktarı, priming uygulaması yapılmayan ve su baskını stresine maruz kalmayan bitkilere kıyasla istatistiki olarak değişim göstermemiştir (Çizelge 4.11). Bu durum tercih edilen priming uygulamalarının toplam klorofil miktarı üzerinde olumsuz bir etki bırakmadığını göstermektedir. Araştırmada kuraklık primingi uygulanan ve daha sonra 4 günlük su baskını stresine maruz kalan bitkilere ait yaprakçık sayısı kuraklık baskını primingi uygulanan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilere kıyasla artmış ancak bu artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.11). Benzer durum kontrol²'de de görülmüştür (Çizelge 4.11). Araştırmada artan su baskını stresi seviyelerinin her üç priming uygulamasında da toplam klorofil miktarını kontrol¹ grubuna kıyasla önemli düzeyde azalttığı görülmektedir (Çizelge 4.11). Yapılan araştırmalarda benzer şekilde su baskını stresinin bitkilerde klorofil sentezini düşürdüğü ve klorofil yıkımını teşvik ettiği sonucuna varılmıştır (Manik ve ark., 2019; Pan ve ark., 2021). Bu durum daha önce de belirtildiği gibi su baskını stresi esnasında ABA'nın etkinliği neticesinde sürgün gelişiminin yavaşlaması ile birlikte yaprak alanı ve sayısının azalması ile açıklanabilir (Zhou ve ark., 2022). Mevcut araştırmada stres altındaki bitkilerde bitki büyüme oranında ve yaprak alanında meydana gelen azalmalar toplam klorofil miktarında tespit edilen azalışlar ile ilişki içerisindedir.

Çizelge 4.11. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde toplam klorofil miktarı (mg/g yaş ağırlık) değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	1.25±0.10 Aa	1.32±0.08 Aa	1.22±0.04 Aa
	4	1.29±0.08 Aa	1.27±0.11 Aa	1.26±0.08 Aa
	8	1.14±0.06 ABab	1.25±0.12 Aa	1.05±0.09 Bb
	12	1.07±0.09 Bb	1.29±0.08 Aa	1.02±0.11 Bb
	16	0.89±0.05 Bc	1.12 ±0.07 Aab	0.84±0.04 Bc
	20	0.85±0.04 Bc	1.02±0.11 Ab	0.79±0.03 Bc
P değerleri		Priming: 0.002	Stres: 0.000	İnteraksiyon: 0.004

Çizelgede yer alan değerler; ortalama $\pm$ standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

Su baskını priming uygulamasının 12, 16 ve 20 günlük su baskını stresi altında yonca bitkisinde toplam klorofil miktarını kontrol² grubuna kıyasla artırdığı, kuraklık priming uygulamasının ise kontrol² grubuna kıyasla herhangi bir değişiklik sağlamadığı görülmektedir (Çizelge 4.11). Su baskını priming uygulamasında kontrol² grubuna kıyasla su baskını stresi altında toplam klorofil miktarında gözlemlenen artış muhtemelen priming ile klorofil sentezini destekleyen ve klorofilin bozulmasını engelleyen mekanizmaların güçlendirilmesi sebebiyle elde edilmiştir. Benzer sonuç Ma ve ark. (2021)'nin araştırmasında da rapor edilmiştir.

4.10. Serbest prolin miktarı

Priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca çeşidinde serbest prolin miktarı değerlerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda priming $\times$ su baskını stresi interaksiyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.12).

Prolin proteinlerin yapısında bulunan beş karbon atomu taşıyan 20 α -amino asitten biridir (Kılıç, 2020). Bitkilerde kuraklık, tuzluluk, su baskını gibi farklı abiyotik stres faktörlerine tepki olarak biriken önemli ozmolitlerden biri olan prolinin stres anında ilgili enzim mekanizmalarını düzenleyerek hücredeki membran bütünlüğünün sağlanmasında ve ozmotik dengenin korunmasında önemli rol oynadığı ve bu sayede bitkinin stres toleransının artmasına katkı sağladığı bilinmektedir (Khaleghi ve ark., 2019).

Çizelge 4.12. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde serbest prolin miktarı ($\mu\text{mol prolin/g}$ yaş ağırlık) değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	1.55±0.11 Aab	1.61±0.11 Acd	1.65±0.11 Aa
	4	1.44±0.12 Ab	1.52±0.14 Ad	1.38±0.13 Ab
	8	1.46±0.08 Ab	1.44±0.17 Ad	1.57±0.12 Aa
	12	1.75±0.16 Aa	1.71±0.12 Ac	1.34±0.08 Bb
	16	1.54±0.10 Bab	4.12±0.28 Aa	1.69±0.12 Ba
	20	1.30±0.07 Cc	3.16±0.29 Ab	1.72±0.16 Ba
P değerleri		Priming: 0.012	Stres: 0.037	İnteraksiyon: 0.021

Çizelgede yer alan değerler; ortalama $\pm$ standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

Araştırmada su baskını ve kuraklık priming uygulamaları yapılan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilerde serbest prolin miktarı, priming uygulaması yapılmayan ve su baskını stresine maruz kalmayan bitkilere göre artmış ancak bu artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.12). Araştırmada, su baskını priming uygulamasında serbest prolin miktarının 16 ve 20 günlük su baskını stresinde kontrol¹ grubuna kıyasla önemli düzeyde artış gösterdiği görülmektedir (Çizelge 4.12). Bu durum kuraklık ön uygulamasında ve kontrol² grubunda görülemediği. Su baskını priming uygulamasının 16 ve 20 günlük su baskını stresi altında yonca bitkisinde serbest prolin miktarını kontrol² grubuna kıyasla artırdığı, kuraklık priming uygulamasında ise kontrol² grubuna kıyasla bu artışın yalnızca 20 günlük su baskını stresi altında gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 4.12). Benzer sonuçlar Sarıkaya (2024)'nın araştırmasında kuraklık ön uygulamasının kuraklık stresi altındaki etkisinde elde edilmiş olup, priming uygulamasının bitkilerde prolin sentezi ile ilgili genlerin ifade seviyelerinde artışa neden olarak osmotik dengenin korunmasını sağladığı şeklinde yorumlanmıştır. Niu ve ark. (2023)'nin araştırmasında ise su baskını priming uygulamasının su baskını stresi altındaki domates bitkilerinden su baskınına tolerant olan çeşitte serbest prolin içeriğini sabit tuttuğu, hassas olan çeşitte ise düşürdüğü rapor edilmiştir. Strese karşı dayanıklı olan türlerde stres altında serbest prolin miktarının değişmemesi bitkide prolin yerine diğer koruyucu mekanizmaların (antioksidan enzimler, karbonhidrat metabolizması veya fitohormonlar) devreye girdiğini göstermektedir (Demirkol, 2021). Strese karşı hassas

olan bitkilerde ise stres altında serbest prolin seviyesinde görülen azalışların birkaç sebebi olabilir. Bu sebepler; artan stres karşısında prolin sentez yollarının baskılanması ve prolinin katabolize edilmesi, prolin sentezi için enerji kısıtlaması ve artan ROS birikimi karşısında prolin sentezinden sorumlu enzimlerin hasar görmesi şeklinde açıklanabilir (Siddique ve ark., 2018; Kishor ve ark., 2022). Nitekim mevcut araştırmada kontrol² grubunda artan stres karşısında serbest prolin miktarında görülen azalışların sebebi bu şekilde açıklanabilir.

4.11. MDA miktarı

Priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca çeşidinde MDA miktarı değerlerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen varyans analizi sonucunda priming × su baskını stresi interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Priming uygulamaları sonucu su baskını stresi altındaki yonca bitkisinde MDA miktarı (μmol/g yaş ağırlık) değerleri

Stres/Priming		Priming uygulamaları		
		Kontrol ²	Su baskını	Kuraklık
Su baskını stresi (gün)	Kontrol ¹	20.33±1.84 Ab	21.45±1.45 Ac	21.66±1.57 Ad
	4	19.78±1.66 Ab	20.36±1.09 Ac	20.80±1.09 Ad
	8	20.55±1.02 Bb	20.87±2.12 Bc	24.92±1.84 Ac
	12	21.02±1.94 Ab	20.75±1.44 Ac	20.76±1.21 Ad
	16	42.81±3.45 Aa	26.27±2.02 Cb	34.21±1.08 Bb
	20	45.44±2.41 Aa	29.33±1.83 Ca	36.71±2.44 Ba
P değerleri		Priming: 0.003	Stres: 0.002	İnteraksiyon: 0.003

Çizelgede yer alan değerler; ortalama ± standart hatayı göstermektedir. Aynı su baskını stresi ortalamalarında ortak büyük harfi olmayan priming uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$). Aynı priming uygulama ortalamalarında ortak küçük harfi olmayan su baskını stresi ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0.05$).

Araştırmada su baskını ve kuraklık priming uygulamaları yapılan ve devamında su baskını stresi yaşamayan bitkilerde MDA miktarı, priming uygulaması yapılmayan ve su baskını stresine maruz kalmayan bitkilere göre artmış ancak bu artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13). Araştırmada artan su baskını stresi seviyelerinin (16 ve 20 günlük su baskını stresleri) her üç priming uygulamasında da MDA miktarını kontrol¹ grubuna kıyasla önemli düzeyde artırdığı görülmektedir (Çizelge 4.13). Su

baskını stresi altında yetersiz O₂ koşullarında birikimi artan ROS'un güçlü oksidatif aktiviteleri hücre zarında lipid peroksidasyonuna sebep olmakta ve zar geçirgenliğini bozarak hücre ölümüne neden olmaktadır (Zhang ve ark., 2007; Tian ve ark., 2012; Pekşen, 2014). Lipid peroksidasyonu esnasında oksidasyona bağlı olarak ortaya çıkan son ürün olan MDA miktarının belirlenmesi peroksidasyonun şiddetini belirleyen en doğru yöntem olarak kabul edilmektedir (Barrera ve ark., 2018). Nitekim, yapılan araştırmalarda mevcut araştırma bulgularına benzer şekilde su baskını stresinin bitkilerde MDA miktarını artırdığı sonucuna varılmıştır ((Ma ve ark., 2021; Niu ve ark., 2023).

Su baskını ve kuraklık priming uygulamalarının 16 ve 20 günlük su baskını stresi altında yonca bitkisinde MDA miktarını kontrol² grubuna kıyasla azalttığı görülmektedir (Çizelge 4.13). Daha önce su baskını ve kuraklık priming uygulanan bitkilerde stres altında daha az MDA miktarı içermelerine sebep olarak ilgili bitkilerde daha az fotosentetik hasar meydana gelmesi neticesinde daha az ROS birikmesi gösterilmiştir (Agualongo ve ark., 2022; Ru ve ark., 2022; Sarıkaya, 2024). Bu durumda su baskını ve kuraklık priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca bitkisinde meydana gelen fotosentetik hasarı azalttığı sonucuna varılabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel iklim değişikliği ile birlikte son yıllarda etkisini ciddi oranda gösteren su baskını stresi günümüz tarımında tehdit oluşturan en önemli faktörlerden biri haline gelmiştir. Konu ile ilgili yakın zamanda gerçekleştirilen araştırmalar, erken gelişim döneminde yaşanan su baskını stresinin daha sonra yaşanacak su baskını stresi karşısında bitkilere avantaj sağladığını göstermiştir. Bu durum stresin deneyimlenmesinin ardından DNA dizisinde meydana gelen modifikasyonlar ile ortaya çıkan epigenetik bir kazanım olarak ifade edilmektedir.

Yüksek yem değerine sahip olan yaygın yonca bitkisinin su baskını stresine karşı hassas olması sonucu ciddi verim ve kalite kayıpları yaşadığı bilinmektedir. Bu sebeple yaygın yonca türünde su baskını stres toleransının yükseltilmesine yönelik araştırmaların artması gerektiği düşünülmektedir.

Mevcut araştırmada su baskını ve kuraklık priming uygulamalarının su baskını stresi altındaki yaygın yonca bitkisinde stres hafızası sağlayacağını morfolojik ve fizyolojik olarak ortaya konulmasına yönelik bir hipotez oluşturulmuştur.

Araştırma bulguları dikkate alındığında yaygın yonca bitkisinde su baskını ve kuraklık priming uygulamalarının priming uygulaması yapılmayan gruba kıyasla su baskını stresine karşı dayanıklılığı artırdığı sonucuna varılmıştır. Su baskını priming uygulamasındaki dayanıklılık bitki boyu, kök boyu, toprak üstü yaş ve kuru ağırlık, kök yaş ve kuru ağırlık, bitkide yaprakçık sayısı ve yaprak alanı değerlerindeki artış ile tespit edilmiş olup bu artışlar fizyolojik özellikler ile desteklenmiştir. Kuraklık priming uygulamasındaki dayanıklılık ise kök boyu, yaprak alanı ve bağıl su içeriği değerlerindeki artış ile tespit edilmiş olup bu artışlar fizyolojik özellikler ile desteklenmiştir.

Araştırmada her iki priming uygulamasında da gözlemlenen dayanıklılığın uzun süre su baskını stresine maruz kalma durumlarında sağlandığı görülmüştür. Bu durum, kısa süreli su baskını stresine maruz kalan bitkilerin iyileşme mekanizmalarına sahip olduklarını ve bu sayede stresi tolere edebildiklerini göstermektedir. Bu sebeple, kısa süreli su baskını stresi koşullarında priming uygulamalarının etkisi ortaya çıkmamıştır.

Sonuç olarak, su baskını stresine karşı yaygın yoncada erken gelişim döneminde gerçekleştirilen su baskını priming uygulamasının, bitkinin ileriki dönemlerde karşılaşılabileceği su baskını stresine karşı dayanıklılığını artırdığı ortaya konulmuştur. Benzer durum su baskını primingi kadar olmasa da kuraklık priming uygulaması için de

söylenebilir. Dolayısıyla, bu iki strateji, gelecekte yaşanabilecek su baskını dönemlerinde bitkinin daha dirençli kalmasını sağlayarak stresin etkilerini azaltabilmek için uygulanabilecek etkili yöntemler olarak öne çıkmaktadır.

Su baskını stresine karşı yaygın yonca bitkisinde stres hafızası oluşturarak dayanıklılığı artırdığı tespit edilen bu iki priming yönteminin altında yatan transkriptomik ve proteomik moleküler mekanizmaların gelecekte yapılacak çalışmalarla detaylı olarak aydınlatılması gerekmektedir.



6. KAYNAKLAR

- Açıkgöz, E., 2021. Yem Bitkileri (Yenilenmiş ve Genişletilmiş IV. Baskı I. Cilt.). Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü.
- Agualongo, D. A. P., Da-Silva, C. J., Garcia, N., de Oliveira, F. K., Shimoia, E. P., Posso, D. A., ve do Amarante, L., 2022. Waterlogging priming alleviates the oxidative damage, carbohydrate consumption, and yield loss in soybean (*Glycine max*) plants exposed to waterlogging. *Functional Plant Biology*, 49 (12), 1029-1042.
- Ahmed, F., Rafii, M. Y., Ismail, M. R., Juraimi, A. S., Rahim, H. A., Asfaliza, R., ve Latif, M. A., 2013. Waterlogging tolerance of crops: breeding, mechanism of tolerance, molecular approaches, and future prospects. *BioMed research international*, 2.
- Akhtar, I., ve Nazir, N., 2013. Effect of waterlogging and drought stress in plants. *International Journal of Water Resources And Environmental Sciences*, 2 (2), 34-40.
- Altun, M., 2019. Farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı börülce (*Vigna unguiculata* L.) çeşitlerinde bitki gelişimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
- Arıcan, E.S., 2019. Ekmeklik buğday çeşitlerinde ardışık hidrojen peroksit uygulamalarının tuz stresi toleransı üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-15.
- Arslan, B. 2006. Bazı ekmeklik buğday genotiplerinin su baskını stresine dayanıklılık mekanizmalarının belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Hatay.
- Ashraf, M. A. 2012. Waterlogging stress in plants: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 7(13), 1976-1981.
- Aydoğan, Ç. 2012. Bazı taze fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin su basması stresine toleransları ve geri kazanım kapasiteleri. Eskişehir Osmangazi

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

- Barickman, T. C., Simpson, C. R., ve Sams, C. E. 2019. Waterlogging causes early modification in the physiological performance, carotenoids, chlorophylls, proline, and soluble sugars of cucumber plants. *Plants*, 8 (6), 1-15.
- Barrera, G., Pizzimenti, S., Daga, M., Dianzani, C., Arcaro, A., Cetrangolo, G.P. ve Gentile, F., 2018. Lipid peroxidation-derived aldehydes, 4-hydroxynonenal and malondialdehyde in aging-related disorders. *Antioxidants*, 7 (8), 102-118.
- Bates, L.S., Waldren, R.P. ve Teare, I., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39 (1), 205-207.
- Bilichak, A., Illytsky, Y., W'oycicki, R., Kepeshchuk, N., Fogen, D., Kovalchuk, I., 2015. The elucidation of stress memory inheritance in *Brassica rapa* plants. *Frontiers in Plant Science* 6, 5.
- Cardoso, J. A., Rincón, J., Jiménez, J. D. L. C., Noguera, D., ve Rao, I. M., 2013. Morpho-anatomical adaptations to waterlogging by germplasm accessions in a tropical forage grass. *AoB Plants*, 5, plt047.
- Colmer, T. D., ve Greenway, H., 2011. Ion transport in seminal and adventitious roots of cereals during O₂ deficiency. *Journal of Experimental Botany*, 62(1), 39-57.
- Dat, J. F., Capelli, N., Folzer, H., Bourgeade, P., ve Badot, P. M. 2004. Sensing and signalling during plant flooding. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42 (4), 273-282.
- Demirkol, G., 2021. PopW enhances drought stress tolerance of alfalfa via activating antioxidative enzymes, endogenous hormones, drought related genes and inhibiting senescence genes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 166, 540-548.
- Erbeyi, B., Erol, S., Budaklı Çarpıcı E. 2022. Bazı Yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin ot verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 245-254.
- Erkovan, Ş., İleri, O., Erkovan, H.İ. ve Koç, A., 2020. Eskişehir ekolojisinde uygun ekim zamanı ve ekim sıklığının yem bezelyesinin yaş ot verimi ve bazı özelliklerine etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1), 225-232.

- Farrant, J.M., 2000. A comparison of mechanisms of desiccation tolerance among three angiosperm resurrection plant species. *Plant Ecology*, 151 (1), 29-39.
- Feng, K., Wang, X., Zhou, Q., Dai, T., Cao, W., Jiang, D., ve Cai, J., 2022. Waterlogging priming enhances hypoxia stress tolerance of wheat offspring plants by regulating root phenotypic and physiological adaption. *Plants*, 11 (15), 19-69.
- Ghobadi, M. E., Ghobadi, M., ve Zebarjadi, A., 2017. Effect of waterlogging at different growth stages on some morphological traits of wheat varieties. *International Journal of Biometeorology*, 61 (4), 635-645.
- He, Y. ve Li, Z., 2018. Epigenetic environmental memories in plants: establishment, maintenance, and reprogramming. *Trends in Genetics*, 34 (11), 856-866.
- Hilker, M. ve Schmülling, T., 2019. Stress priming, memory, and signalling in plants. *Plant, Cell ve Environment*, 42 (3), 753-761.
- Hodges, D.M., DeLong, J.M., Forney, C.F. ve Prange, R.K., 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207 (4), 604-611.
- Hu, T., Jin, Y., Li, H., Amombo, E., Fu, J., 2016. Stress memory induced transcriptional and metabolic changes of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) in response to salt stress. *Physiol. Plantarum* 156, 54–69.
- İnce, A.G. ve Karaca, M., 2019. Epigenetik mekanizmalar ve tarımsal üretimde epigenetik yaklaşımlar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 12 (2), 51-58.
- Jacques, C., Salon, C., Barnard, R.L., Vernoud, V. ve Prudent, M., 2021. Drought stress memory at the plant cycle level: A review. *Plants*, 10 (9), 1-13.
- Jin, J., Niu, J., Guo, T., Zhou, R., ve Sun, L. Z., 2020. The effect of drought on physiological responses of forage plants to salt stresses depends on occurring time. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42 (6), 91, 1-10.
- Karayel, R. ve Bozoğlu, H., 2012. Yemlik yetiştiriciliğe uygun yerel bezelye (*Pisum sativum* L.) genotipleri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 1 (2), 83-90.

- Kaur, G., Singh, G., Motavalli, P. P., Nelson, K. A., Orłowski, J. M., ve Golden, B. R. 2020. Impacts and management strategies for crop production in waterlogged or flooded soils: A review. *Agronomy Journal*, 112 (3), 1475-1501.
- Keska, K., Szcześniak, M. W., Makałowska, I., ve Czernicka, M., 2021. Long-term waterlogging as factor contributing to hypoxia stress tolerance enhancement in cucumber: Comparative transcriptome analysis of waterlogging sensitive and tolerant accessions. *Genes*, 12(2), 189.
- Khaleghi, A., Naderi, R., Brunetti, C., Maserti, B.E., Salami, S.A. ve Babalar, M., 2019. Morphological, physiochemical and antioxidant responses of *Maclura pomifera* to drought stress. *Scientific Reports*, 9 (1), 1-12.
- Kılıç, B., 2020. Prolin ön uygulamasının kuraklık stresi koşullarındaki karaçam tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Artvin.
- Kishor, P. B. K., Suravajhala, P., Rathnagiri, P., ve Sreenivasulu, N., 2022. Intriguing role of proline in redox potential conferring high temperature stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 13, 867531.
- Li, C., Jiang, D., Wollenweber, B., Li, Y., Dai, T., ve Cao, W., 2011. Waterlogging pretreatment during vegetative growth improves tolerance to waterlogging after anthesis in wheat. *Plant Science*, 180(5), 672-678.
- Lukić, N., Kukavica, B., Davidović-Plavšić, B., Hasanagić, D. ve Walter, J., 2020. Plant stress memory is linked to high levels of anti-oxidative enzymes over several weeks. *Environmental and Experimental Botany*, 178, 104166.
- Ma, B. W., Li, Q., Cai, J., Zhou, Q., Huang, M., Dai, T. B., ve Jiang, D., 2021. Physiological mechanisms of pre-anthesis waterlogging priming on waterlogging stress tolerance under post-anthesis in wheat. *De*
- Manik, S. N., Pengilley, G., Dean, G., Field, B., Shabala, S., ve Zhou, M., 2019. Soil and crop management practices to minimize the impact of waterlogging on crop productivity. *Frontiers in plant science*, 10, 140.
- Niu, L., Jiang, F., Yin, J., Wang, Y., Li, Y., Yu, X., ve Zhou, R., 2023. ROS-mediated waterlogging memory, induced by priming, mitigates photosynthesis inhibition in tomato under waterlogging stress. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1238108.

- Özel, S.D., 2016. Macar fiğ ve yem bezelyesinde kuraklık stresinin morfolojik ve fizyolojik özellikler üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Pan, J., Sharif, R., Xu, X., ve Chen, X., 2021. Mechanisms of waterlogging tolerance in plants: Research progress and prospects. *Frontiers in Plant Science*, 11, 627331.
- Pekşen, S., 2014. Arpa'da kök büyümesi, antioksidatif enzim aktivitesi ve lipid peroksidasyonu üzerine arsenik'in etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Ren, B., Zhang, J., Li, X., Fan, X., Dong, S., Liu, P., ve Zhao, B., 2014. Effects of waterlogging on the yield and growth of summer maize under field conditions. *Canadian Journal of plant science*, 94(1), 23-31.
- Ru, C., Hu, X., Chen, D., Wang, W. ve Song, T., 2022. Heat and drought priming induce tolerance to subsequent heat and drought stress by regulating leaf photosynthesis, root morphology, and antioxidant defense in maize seedlings. *Environmental and experimental botany*, 202, 1-16.
- Sarıkaya, A., 2024. Kuraklık ön uygulamasının kuraklık stresi altındaki yem bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.)'nde morfolojik ve fizyolojik özelliklere etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.
- Sharma, S., Bhatt, U., ve Soni, V., 2024. Assessment of waterlogging-induced changes in enzymatic antioxidants and carbohydrate metabolism in peanuts genotypes. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 39, 101794.
- Shitu, K., Hymiro, A., ve Tesfaw, M. 2022. Review on baste soil improving approaches for water logging and soil sa-linization problems in agricultural land of Ethiopia. *Soil Water Sci*, 6, 229-235.
- Siddique, A., Kandpal, G., ve Kumar, P., 2018. Proline accumulation and its defensive role under diverse stress condition in plants: An overview. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 12(3), 1655-1659.
- Song, Y., Lv, J., Ma, Z., ve Dong, W., 2019. The mechanism of alfalfa (*Medicago sativa* L.) response to abiotic stress. *Plant Growth Regulation*, 89, 239-249.

- Sreenivasulu, N., Harshavardhan, V. T., Govind, G., Seiler, C., ve Kohli, A., 2012. Contrapuntal role of ABA: does it mediate stress tolerance or plant growth retardation under long-term drought stress?. *Gene*, 506(2), 265-273.
- Tian, Z., Wang, F., Zhang, W., Liu, C. ve Zhao, X., 2012. Antioxidant mechanism and lipid peroxidation patterns in leaves and petals of marigold in response to drought stress. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 53 (3), 183-192.
- Vwioko, E. D., El-Esawi, M. A., Imoni, M. E., Al-Ghamdi, A. A., Ali, H. M., El-Sheekh, M. M., Abdeldaym, E. A. ve Al-Dosary, M. A. 2019. Sodium azide priming enhances waterlogging stress tolerance in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Agronomy*, 9(11), 679.
- Wang, X., Huang, M., Zhou, Q., Cai, J., Dai, T., Cao, W., ve Jiang, D., 2016. Physiological and proteomic mechanisms of waterlogging priming improves tolerance to waterlogging stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 132, 175-182.
- Wang, X., Li, Q., Xie, J., Huang, M., Cai, J., Zhou, Q. ve Jiang, D., 2021. Absciscic acid and jasmonic acid are involved in drought priming-induced tolerance to drought in wheat. *The Crop Journal*, 9 (1), 120-132.
- Wang, H., Liu, X., Yang, P., Wu, R., Wang, S., He, S., ve Zhou, Q., 2022. Potassium application promote cotton acclimation to soil waterlogging stress by regulating endogenous protective enzymes activities and hormones contents. *Plant Physiology and Biochemistry*, 185, 336-343.
- Zambi, H., 2019. Farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı bezelye (*Pisum sativum*) çeşit ve genotiplerinin bitki gelişimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
- Zeng, N., Yang, Z., Zhang, Z., Hu, L., ve Chen, L., 2019. Comparative transcriptome combined with proteome analyses revealed key factors involved in alfalfa (*Medicago sativa*) response to waterlogging stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 20 (6), 1359.
- Zhang, F. Q., Wang, Y. S., Lou, Z. P., ve Dong, J. D., 2007. Effect of heavy metal stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of two

- mangrove plant seedlings (*Kandelia candel* and *Bruguiera gymnorhiza*). *Chemosphere*, 67(1), 44-50.
- Zhang, Q., Liu, X., Zhang, Z., Liu, N., Li, D., ve Hu, L., 2019. Melatonin improved waterlogging tolerance in alfalfa (*Medicago sativa*) by reprogramming polyamine and ethylene metabolism. *Frontiers in Plant Science*, 10, 44.
- Zhou, R., Jiang, F., Yu, X., Abdelhakim, L., Li, X., Rosenqvist, E., ve Wu, Z., 2022. Dominant and priming role of waterlogging in tomato at e [CO₂] by multivariate analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(20), 12121.
- Zhou, Z. D., Zhang, Y., Li, X. R., Yang, S. J., Yang, J., Tan, J., ve Chen, Y. Q. 2024. Effects of Waterlogging and Biochar Addition on the Growth and Antioxidant Enzyme Activity of Alfalfa Seedlings. *Acta Agrestia Sinica*, 32(4), 1087.
- Zhu, J. K. 2016. Abiotic stress signaling and responses in plants. *Cell*, 167(2), 313-324.

7. EKLER



Ek 1. Denemenin kurulduđu güne ait fotođraf



Ek 2. Denemeye ait fotoğraflar



Ek 3. Stres uygulamasına ait fotoğraflar



Ek 4. Deneme sonrası alınan örneklere ait fotoğraflar