



**FARKLI YEM BEZELYESİ ÇEŞİTLERİNİN
TUZLULUK STRESİNE KARŞI MELATONİN
UYGULAMALARININ VERİM VE VERİM
UNSURLARINA ETKİSİ**

Funda KAYA

**Danışman: Doç. Dr. Melih OKCU
Yüksek Lisans Tezi
Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı
2025**

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

**FARKLI YEM BEZELYESİ ÇEŞİTLERİNİN TUZLULUK STRESİNE KARŞI
MELATONİN UYGULAMALARININ VERİM VE VERİM UNSURLARINA ETKİSİ**

(The Effect of Melatonin Applications on Yield and Yield Components of Different Forage
Pea Varieties Against Salinity Stress)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Funda KAYA

Danışman: Doç. Dr. Melih OKCU

Erzurum
Nisan, 2025

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Funda KAYA tarafından hazırlanan “Farklı Yem Bezelyesi Çeşitlerinin Tuzluluk Stresine Karşı Melatonin Uygulamalarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi” başlıklı çalışması 22/04/2025 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Çayır Mera Yem Bitkileri Bilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Danışman:	Doç. Dr. Melih OKCU <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. İsmail BEZİRGANOĞLU <i>Erzurum Teknik Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır

Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../.... tarih vesayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Aslı ıslak imzalıdır
Prof. Dr. Alper NUHOĞLU
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmiştir. Proje ID: 12799

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Doç. Dr. Melih OKCU* danışmanlığında sunulan “Farklı Yem Bezelyesi Çeşitlerinin Tuzluluk Stresine Karşı Melatonin Uygulamalarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	20	30
Kuramsal Temeller	17	30
Materyal ve Yöntem	35	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	6	20
Sonuç ve Öneriler	7	20
Tezin Geneli	13	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Funda KAYA	Doç. Dr. Melih OKCU
22.4.2025	22.4.2025
İmza: Aslı ıslak imzalıdır	İmza: Aslı ıslak imzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih vesayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☒ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih vesayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Araştırma konusunun seçilmesinden son aşamasına kadar hiçbir zaman beni yalnız bırakmayan ve her konuda yardımcı olan hocam Sayın Doç. Dr. Melih OKCU'ya, tezimin her aşamasında yakın ilgi ve desteğini gördüğüm hocalarım Sayın Prof. Dr. Binali ÇOMAKLI, Sayın Prof. Dr. Mehmet Kerim GÜLLAP, Sayın Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU'na, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sedat SEVEROĞLU'na, Sayın Araş. Gör. Dr. Tuba KARABACAK'a, Sayın Arş. Görevlisi Hasan KARTAY'a, Sayın Ziraat Yüksek Mühendisi Büşra POLAT'a, Sayın Ziraat Yüksek Mühendisi İkra KILIÇ'a, Sayın Ziraat Yüksek Mühendisi Abdul Basir Sultani'ye kız kardeşim Emine KAYA'a ve beni gönülden destekleyen herkese çalışmalarımda her türlü destek sağlayan Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi'ne, Bitkisel Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Funda KAYA

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI YEM BEZELYESİ (*Pisum sativum* spp. *Arvense* L.) ÇEŞİTLERİNİN TUZLULUK STRESİNE KARŞI MELATONİN UYGULAMALARININ VERİM VE VERİM UNSURLARINA ETKİSİ

Funda KAYA

Danışman: Doç. Dr. Melih OKCU

Amaç: Bu araştırma farklı yem bezelyesi çeşitlerinin tuzluluk stresi altında farklı melatonin uygulamalarının etkisini değerlendirmek ve tuzluluğa toleransı belirlemede optimum melatonin konsantrasyonunu ve verim ve verim unsurlarına etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Yöntem: Araştırma Atatürk Üniversitesi Bitkisel Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü seralarında yürütülmüştür. Deneme 3 farklı (Arda, GAP Pembesi, Servet) yem bezelyesi çeşidi, NaCl (0,100,200 mM) ve melatoninin (0,100,150,200 µM) farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılmıştır. Uygulamadan 15 gün sonra bitki boyu, kök uzunluğu, bitki ve kök yaş ağırlığı, kuru ağırlığı, bitkide boğum sayısı, yaprakçık eni, boğum arası mesafe, ana dal sayısı, ham protein oranı, ADF ve NDF değerleri tespit edilmiştir.

Bulgular: Elde edilen bulgulara göre üç çeşitte de NaCl stresi tüm morfolojik parametreleri azalttığı, ancak melatonin uygulaması ile bu parametrelerde artış tespit edilmiştir. Melatonin uygulamasıyla tuz stresinin baskısı azaltılmıştır.

Sonuç: Sonuçlar bir bütün olarak değerlendirdiğinde elde edilen bulgulara göre melatonin uygulamasının yem bezelyesinde tuz stresinin neden olduğu zararlı etkilere karşı iyileştirici etki gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: NaCl, Melatonin, Yem bezelyesi, Verim

Nisan 2025, 58 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

THE EFFECT OF MELATONIN APPLICATIONS ON YIELD AND YIELD COMPONENTS OF DIFFERENT FORAGE PEA (*Pisum sativum* spp. *Arvense* L.) VARIETIES AGAINST SALINITY STRESS

Funda KAYA

Supervisor: Assoc.Prof. Melih OKCU

Purpose: This study was conducted to evaluate the effect of different melatonin applications on different forage pea cultivars under salinity stress and to determine the optimum melatonin concentration for determining salinity tolerance and its effect on yield and yield components.

Method: The research was conducted in the greenhouses of Atatürk University Directorate of Plant Production Application and Research Centre. Three different forage pea cultivars (Arda, GAP Pink, Fortune) were exposed to different concentrations of NaCl (0,100,200 mM) and melatonin (0,100,150,200 µM). Plant height, root length, plant and root wet weight, dry weight, number of internodes, leaflet width, distance between internodes, number of main branches, crude protein content, ADF and NDF values were determined 15 days after treatment.

Findings: According to the findings, NaCl stress decreased all morphological parameters in all three cultivars, but these parameters increased with melatonin application. The pressure of salt stress was reduced by melatonin application.

Results: When the results were evaluated as a whole, it was determined that melatonin application showed ameliorative effect against the harmful effects caused by salt stress in forage pea.

Keywords: NaCl, Melatonin, Forage pea, Yield

April 2025, 58 Pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
TABLolar DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	6
MATERYAL VE YÖNTEM	12
Materyal	12
Yöntem.....	12
Araştırmada incelenen konular	13
İstatiksel Değerlendirme	14
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	15
Bitki Boyu (cm)	15
Kök uzunluğu (cm)	16
Yaprakçık eni (cm).....	18
Bitkide boğum sayısı (adet/bitki).....	19
Boğum arası mesafe (cm).....	20
Ana dal sayısı (adet/bitki)	22
Bitki yaş ağırlığı (g/bitki).....	23
Kök yaş ağırlığı (g/bitki).....	25
Bitki kuru ağırlığı (g/bitki).....	26
Kök Kuru Ağırlığı (g/bitki).....	28
Ham protein oranı (g/100g).....	29
ADF oranı (%).....	31
NDF Oranı (%).....	33
SONUÇ VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR.....	39
ÖZGEÇMİŞ.....	47

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Bitki Boyu Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	15
Tablo 2. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Bitki Boyu Ortalamları (cm)	16
Tablo 3. Kök Uzunluğuna Ait Varyans Analiz Sonuçları	16
Tablo 4. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Kök Uzunluğu Ortalamları (cm)	17
Tablo 5. Yaprak Enine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	18
Tablo 6. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Yaprak Eni Ortalamları (cm)	19
Tablo 7. Bitkide Boğum Sayısına Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	19
Tablo 8. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Bitkide Boğum Sayısı Ortalamaları (adet/bitki)	20
Tablo 9. Boğum Arası Mesafeye Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	21
Tablo 10. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Boğum Arası Mesafe Ortalamaları (cm)	21
Tablo 11. Ana Dal Sayısına Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	22
Tablo 12. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Ana Dal Sayısı Ortalamları (adet/bitki).....	23
Tablo 13. Bitki Yaş Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları	23
Tablo 14. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Bitki Yaş Ağırlığı Ortalamaları (g/bitki).....	24
Tablo 15. Kök Yaş Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları	25
Tablo 16. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Kök Yaş Ağırlığı Ortalamaları (g/bitki).....	26
Tablo 17. Bitki Kuru Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları	26
Tablo 18. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Bitki Kuru Ağırlığı Ortalamaları (g/bitki).....	27
Tablo 19. Kök Kuru Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları	28
Tablo 20. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Kök Kuru Ağırlığı Ortalamaları (g/bitki).....	29
Tablo 21. Ham Protein Oranına Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	29

Tablo 22. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Ham Protein Oranı	
Ortalamaları (g/100g).....	31
Tablo 23. ADF Oranına Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	31
Tablo 24. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin ADF Oranı	
Ortalamaları (%)	32
Tablo 25. NDF Oranına Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	33
Tablo 26. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin NDF Oranı	
Ortalamaları (%)	34



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Melatoninin (N-acetyl-5-methoxytryptamine) kimyasal yapısı.....	4
Şekil 2. Deneme alanına ait görüntüler	13



GİRİŞ

Bitkisel üretimde verim ve kalitede en önemli belirleyici faktör olan stres, bitkilerde genellikle, negatif tesir meydana getiren çevresel etken olarak ifade edilir. Bitkiler hem tarımsal şartlar altında hem de doğal alanlarında çevresel streslerle karşı karşıya kalırlar ve çoğunlukla bitkinin yaşayabilirlik, primer özümleme işlemleri, büyüme ya da verimlilik, gibi büyüme parametrelerine dayanılarak ölçülmektedir. Stres faktörleri, bitkisel üretim üzerinde önemli etkilere sahip iki ana gruba abiyotik ve biyotik stres faktörleri olarak ayrılmaktadır. Biyotik stres faktörleri, bitkiler üzerinde canlı organizmaların etkisiyle oluşurken, abiyotik stres faktörleri ise çevresel ve cansız unsurlardan kaynaklanmaktadır. Örneğin düşük sıcaklıklar, aşırı sıcaklıklar, su fazlalığı, radyasyon çeşitli kimyasallar, kuraklık, tuzluluk, rüzgâr ve toprakta besin yetersizliği gibi çevresel etkenler abiyotik stresleri oluştururken, patojenler, virüsler, bakteriler, mantarlar, böcekler ve içeren patojenler ve herbivorlar da biyotik stresleri meydana getirirler. Dünya genelinde kuraklık, %26 oranında en yaygın abiyotik stres faktörü olarak öne çıkarken, mineral stres ise %20 ile ikinci sıradadır. Mineral stres içerisinde tuzluluk önemli bir paya sahiptir ve dünya çapında 9 milyon ha'dan fazla alan tuzluluğa maruz kalmaktadır. Abiyotik stresler üretimde verim kaybına neden olan ana unsurlardan biridir. Aynı zamanda bu unsur ekonomik önemi çok büyük olan tarımsal ürünlerin ortalama üretimini yaklaşık olarak %50 düşürmektedir. Abiyotik stres faktörünün bir parçası olan tuzluluk, bitkisel üretimde verim ve verim unsurlarında belirleyici faktördür. Toprak tuzluluğunda, kurak ve yarı kurak iklimine sahip alanlarda aşırı sıcak ve yağmursuz dönemlerde, bu alanların ıslahı zor ve pahalı olduğundan, böyle alanlarda bitkisel üretimde verimi artırmak için tuzluluğa toleranslı bitkilerin geliştirilmesi ve yetiştirilmesi daha uygun olacaktır. Bu yüzden tuzluluğa toleranslı bitki tür ve çeşitlerinin dayanımı üzerine son yıllarda çalışmalar oldukça artmıştır. Tarımsal üretimde amaç birim alandan verim artışı sağlamaktır. Bu artışı sağlayabilmek için bitkinin uygun koşullarda yetiştirilmesi gerekmektedir. Fakat üretim sırasında çevreden kaynaklı birden fazla biyotik (mikroorganizmalar, böcekler, patojenler) ve abiyotik (kuraklık tuz, soğuk) faktörler bitkilerin gelişmesini ve büyümesini sonlandırarak veya yavaşlatarak tarımsal üretime negatif yönde tesir edebilir (Yılmaz vd., 2011).

Abiyotik stresler üretimde verim kaybına neden olan ana unsurlardan biridir. Aynı zamanda bu unsur ekonomik önemi çok büyük oranlardaki bitkisel ürünlerin ortalama üretimini yaklaşık olarak %50 azaltmaktadır (Mahajan and Tuteja, 2005).

Stres etmenlerine göre işlenebilir tarım alanları dünya genelinde gruplandırıldığında %15 soğuk ve don stresi, %20 mineral stresi ve %26 kuraklık stresi takip etmektedir (Blum and Jordan, 1985; Erdoğan Bayram, 2018). Bu grup dışındaki başka streslerin bütünü %29'luk bir oranı oluştururken, yalnızca %10'luk bir oran ise herhangi bir stres faktörü ile karşılaşmamaktadır (Blum and Jordan, 1985).

Dünya genelinde bitkisel üretimde verimi sınırlayan tüm abiotik stresler arasında tuzluluk stresi en zararlı çevre faktörlerinden biri olduğu düşünülür. Bitkisel üretimde atık, drenaj ve tuzlu suların kullanımı tuzlu toprakların oranını artırmakta ve akabinde ekilebilir arazilerin yok olmasına neden olmaktadır (Machado and Serralheiro, 2017). Bitkisel üretim faaliyetinde bulunan alanların %20'nde tuz stresi bulunmaktadır ve 2050 yılına kadar bu oranın %50'lere kadar yükselmesi tahmin edilmektedir (Kang *et.al.*, 2010; Tiryaki, 2018). Genellikle yağış oranı az, oldukça fazla sıcaklık derecelerinin olduğu yarı kurak ve kurak bölgelerde meydana gelen toprak tuzluluğu, önemli ölçüde verimin düşmesine sebep olur (Munns and Termaat, 1986; Umezawa *et.al.*, 2000).

Sulu tarım alanlarının ülkemizde ve dünya genelinde %20 oranındaki kısmı aşırı ve hatalı sulama neticesinde çok fazla tuzlanmıştır. Tuzlanma nedeniyle ülkemizde yaklaşık 4,2 milyon hektar alan üretkenliğini ve verimliliğini tamamen ya da kısmen kaybetmiştir (Doğan, 2011). Tuzluluk problemi ülkemiz topraklarında yaklaşık %2 oranla 1,5 milyon (ha)'a tekabül eden alanda, tarım arazilerinde ise %4 ile 837.405 (ha) ile kendini göstermektedir. Çorak arazilerle beraber toplamda %25,5'i tuzlu-alkali, %74'ü tuzlu ve %0,5'i alkali topraklardan ibarettir (Anonim, 1980; Karaoğlu ve Yalçın, 2018). İklim değişikliği, aşırı sulama ve yüksek sıcaklık gibi ekolojik düzensizlikler nedeni ile tulu toprakların miktarı artış göstermektedir. Bunun sonucu olarak verim düşmekte ve aşırı tuzlanma nedeniyle araziler üretim dışında kalmaktadır.

Tuza dayanım oransal bir değerdir ve bitkinin geliştiği şartlara göre farklılık arz edebilir. Tuza dayanımı tespit etmek zordur. Çünkü bitkinin tuza verdiği reaksiyonu etkileyen birçok faktör vardır. Tuza dayanım, toprak, su, bitki türü ve çevresel değişkenlere bağlıdır. Ayrıca bitkilerde gelişme ve büyüme hızına yalnız tuz miktarı değil tuzluluk tipinin de etkisi olduğu bildirilmiştir (Strogonov, 1965). Alkalilik ve tuzluluk stresine dayanım sınırları bitkilere göre farklılık arz etmektedir. Ayrıca bitkilerde stresin seviyesine göre verim ve büyümede azalmalar görülebilir (Mishra and Tyagi, 1996). Odunsu türdeki bitkilerde tuz zararı açıkça görülebilir, ancak otsu bitki türlerinde tuz zararı belirtileri açık değildir (Sönmez, 2003) Bu sebeple tuza maruz kalmış bitkiler normal görülebilir. Kurak koşulların oluşturduğu etkilerde bazen tuz stresi ile benzer sonuçlar oluşturabilir (Strogonov, 1965; Bernstein, 1963).

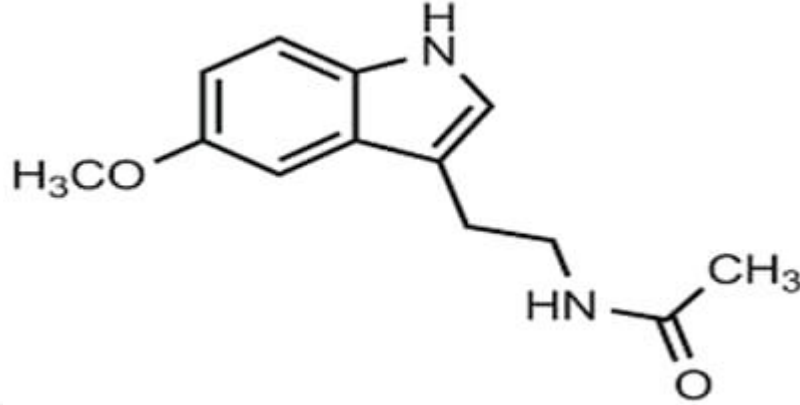
Baklagillerde nodül oluşumu ve fikse edilen azot miktarında önemli ölçüde gerilemelere neden olan tuz stresi, kök kısmında koloni oluşumunu ve erken bakteri enfeksiyonu süreçlerini de negatif yönde etkilemektedir (Zahran, 2001; Zahran and Sprent, 1986). Özellikle baklagillerin gelişim evresinde tuz stresine maruz kalması sonucu N fiksasyonu tuz stresine büyük bir hassasiyet göstermektedir (Boukhatem *et.al.*, 2012; Zahran and Sprent, 1986).

Tuzluluk stresinin zararlı etkilerine karşı bitkiler nükleik asit, proteinler ve zar lipidlerini korumak için bazı çözünenlerin sentezi, seçici iyonların dışlanması ve antioksidan enzimlerin uyarılması gibi pek çok strateji geliştirmiştir (Munns and Tester, 2008; Zhao *et.al.*, 2010). Aşırı stres koşulları altında bitkiler doğal savunma mekanizmalarıyla yeterli korumayı sağlayamamaktadır. Bu sebeple bitki stres toleransını iyileştirmek için ekojen olarak biyostimulanlar kullanılabilmektedir (Khiripach *et. al.*,2000). Son yıllarda yapılan araştırmalar bitki büyüme düzenleyicilerinin stres mekanizmalarını yönettiğini belirtmiştir (Fahad *et al.*, 2021; Asgher *et.al.*, 2017; Bashir and Bano, 2020). Bu düzenleyiciler arasında yer alan melatonin (N-asetil-5-metoksitriptamin) bitkiler arasında yaygın olarak kullanılan çeşitli fonksiyonel bir doğal antioksidandır (Arnao and Hernandez-Ruiz, 2018). Çok önemli bir biyomolekül olan melatonin, bitki büyümesi ve kök gelişiminde, kök ve hipokotil büyümesini destekler ve oksine benzeyen fonksiyonlarıyla fide ağırlığını artırır (Hernandez-Ruiz *et.al.*, 2005; Byeon and Back, 2014; Hardland, 2016). Ayrıca melatonin bitkileri tuz, kuraklık, soğuk ve yüksek sıcaklık gibi çoklu abiyotik streslere karşı muhafaza eder ve ürün üretimini geliştirme potansiyeline sahiptir (Huangfu *et.al.*, 2021) ve bitki savunma mekanizmalarının modilasyonunda da aktif olarak görev alır (Imran *et.al.*, 2021; Li *et.al.*, 2021; Zhang *et.al.*, 2021).

Melatonin de dahil olduğu fitohormonlar bitkilerde sayısız abiyotik stresin sonuçlarını hafifletir (Kaya *et.al.*,2020). Güçlü bir antistres biyomolekülü olan melatonin, bitki büyümesi gibi çeşitli morfolojik süreçlerde redoks ağı, yaprak yaşlanması, osmoregülasyon, fotosentez ve rejenerasyonu teşvik eder (Siddiqui *et.al.*, 2020). Bitki büyümesinde etkili fonksiyonuna rağmen, melatonin zor çevre şartlarına karşı bitki toleransını düzenler (Liu *et.al.*, 2021). Melatonin aynı zamanda bitki büyümesi ve gelişmesi için diğer hormonların fonksiyonlarını düzenler (Arnao and Hernandez, 2018).

Yüksek antioksidan koruma özelliği olan melatoninin, bitkilerde güçlü antioksidan özelliklerine sahip olduğu bildirilmiştir (Manchester *et.al.*, 2000; Terron *et.al.*, 2001; Reiter and Tan, 2002; Reiter *et.al.*,2005;Maldonado *et.al.*, 2007). Ayrıca melatonin POD,GR,SOD CAT gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini düzenlemekte ve teşvik etmektedir (Cardinali and Pevet, 1998; Teixeira *et.al.*,2003; Allegra *et.al.*,2003; Rodriguez *et.al.*,2004; Reiter *et.al.*,2007). Su ve

lipidlerde çözünebilen melatonin (Posmyk and Janas,2009) tüm intrasellüler bileşenler rahatlıkla ulaşmaktadır. Böylece hücre zarını, organelleri ve çekirdeği etkin bir şekilde serbest radikallerin zararından muhafaza edebilmektedir. C, E ve K vitaminlerinden daha kuvvetli antioksidan özelliklere sahip olmaktadır (Poeggeler *et.al.*, 2002).



Şekil 1. Melatoninin (N-acetyl-5-methoxytryptamine) kimyasal yapısı

Bitkilerde sayısız abiyotik stresin sonuçlarını hafifleten melatonin fitohormonlara dahildir. Olumsuz çevre koşulları altında gelişimlerini tamamlayan bitkiler, bu şartlara karşı direnç geliştirme kabiliyeti gösterebilmektedir. Bitkilerde doğal olarak bulunan ve stres koşullarına karşı tolerans sağladığı bilinen melatonin, son yıllarda dışarıdan uygulanarak stres altındaki bitkilerin direnç kabiliyeti yönündeki olumlu gelişim araştırmaları harekete geçirmiştir. Bitkiye melatoninin dışarıdan uygulanması yapraktan sprey olarak püskürtülerek veya sulama suyu ile köklere verilme gibi farklı yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir. Hayvanlarda ve bitkilerin bünyesinde var olan melatonin yaygın olarak uyku hormonu olarakta bilinir ve bitkilerde triptofan amino asidinden üretilir. Bitkilerin gelişimi ve verimliliği üzerinde önemli etkisi olan melatonin çeşitli stres altındaki bitkilerin savunma mekanizmasını güçlendirerek stres altındaki bitkilerin direncini artırır ve oksidatif hasardan korur (Yakupoğlu vd 2018). Molekül formülü $C_{13}H_{16}N_2O_2$ ve mol ağırlığı 232.281 g/mol (Anonim, 2025) olan melatoninin kimyasal yapısı şekil 1’de görülmektedir.

Hayvancılığımız için gerekli olan kaliteli kaba yemin karşılanması ve çayır ve meralar üzerindeki aşırı otlatma baskısının kaldırılabilmesi için tarla tarımı içerisinde yem bitkilerinin daha geniş alanlarda üretilmesi gerekmektedir. Böylece daha ucuz ve kaliteli yem elde etmek mümkün olacaktır. Özellikle meraların otlatılamadığı kış aylarında hayvanların ihtiyacı olan otu temin etmek ve muhafaza etmek büyük önem arz etmektedir. Bitkiler dünyasında yaygın olan baklagiller hem otunda hem de tohumunda içerdiği yüksek protein sayesinde hayvanlara yüksek besin değeri sağlar. Bu familya içerisinde bulunan yem bezelyesi (*Pisum arvense* L.)’nin hem hayvan yemi hem de toprak iyileştirmesi yönünden münavebeye eklenmesi olumlu olacaktır.

Yem bezelyesi ülkemizin çeşitli iklim ve toprak koşullarına genel olarak uyum sağlamış, silaj, yeşil ve kuru ot şeklinde üretimi yapılan hayvan yem kaynağıdır. Azotlu gübre kullanımına gerek duymadan yüksek verim alınması, ekim nöbetinde kendinden sonra yetiştirilen bitkiye toprakta önemli miktarda besleyici azot ve temiz anız bırakması, tanesinin ve tohumunun çiftlik hayvanları için yüksek protein, besleyici ve lezzetli bir yem kaynağı ve sürdürülebilir tarıma uygun olduğundan üreticilere tavsiye edilmektedir.

Besleme değeri bakımından oldukça zengin olan ve hayvanlar tarafından sevilerek tüketilen yem bezelyesi ülkemizde yem bitkileri üretimine dolayısıyla kaliteli kaba yem açığının giderilmesine katkıda bulunabilme potansiyeli olan türlerden birisidir. Hayvancılık sektöründe önemli bir yem kaynağıdır. Yüksek protein içeriği sayesinde hayvanların beslenmesi ve gelişiminde önemli bir yeri vardır. Yem bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) Yem bezelyesinin verimliliği abiyotik streslerin üstesinden gelme kabiliyetine bağlıdır. Bu sebeple çeşitlerin stres faktörlerine gösterdikleri tepki çok büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın amacı; bazı yem bezelyesi çeşitlerinin farklı abiyotik stres koşullarına (kuraklık, tuz) gösterdiği tepkilerin belirlenmesidir. Son yıllarda farklı bitki türlerinde yapılan tuzluluk çalışmaları gittikçe artmaktadır. Ancak farklı tuzluluk çalışmaları yapılmış olsa da, tuzluluk ile beraber sayısız abiyotik stresin sonuçlarını hafifleten melatonin de dahil olduğu fitohormonların etkisi ile ilgili çalışmalar sınırlı düzeydedir. Yürütülecek olan bu araştırmadan elde edilecek sonuçlar ışığında yem bezelyesi çeşitlerinin farklı abiyotik stres koşullarına (tuzluluk) gösterdiği tepkiler ile tolere edebilen çeşitler belirlenecektir.

KURAMSAL TEMELLER

Okçu *et. al.* (2005) yaptıkları çalışmada, üç bezelye çeşidinde kuraklığın (Bolero, Sprinter ve Utrillo) fide ve çimlenme gelişimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada sodyum klorür ve PEG 6000 (polyethylene glycole 6000) kullanarak -2, -4, -6 ve -8 bar su tutma gücüne sahip solüsyonlarda tuz kullanmışlardır. Çalışma neticesinde incelenen parametreler üzerine (fide kuru ve yaş ağırlıkları, sürgün kök ve uzunluğu, çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme zamanı) PEG ve NaCl dozlarının çeşitler üzerine etkisinin istatistiki anlamda önemli olduğunu belirlemişlerdir.

Tuzluluk seviyelerinin bezelye bitkilerinde (*Pisum sativum* L. cv. EC 33866) bazı fizyolojik kimyasal parametreler üzerindeki etkisini belirlemek üzere yürütülen araştırmada, Ahmad and Jhon (2005), bitkilere 4 farklı dozda 50,100,150,200 mM NaCl tuzunu 30 gün boyunca uygulamışlar ve bitkilerin vermiş olduğu yanıtları belirlemişlerdir. Yüksek tuz uygulamasıyla yaprak sayısı az etkilenirken, köklerin ve yaprakların kuru ve taze ağırlıklarının büyüme özelliklerinde önemli ölçüde azalmanın olduğunu bildirmişlerdir.

EC 33866 ve Puget bezelye (*Pisum sativum* L.) çeşitlerinin yapraklarında aktive edilmiş oksijen türlerinin NaCl stresinden kaynaklanan hasar mekanizmasına dahil edilme olasılığını Ahmad *et.al.*, (2008) gözlemişlerdir. Dihidroaskorbat redüktaz (DHAR, 1.8.5.1), Glutasyon redüktaz (GR, EC 1.6.4.2), Askorbat peroksidaz (APX, EC 1.11.1.11), Süperoksit dismutaz (SOD, EC 1.15.1.1), Lipid peroksidasyon seviyesi enzim aktiviteleri üzerinde durulmuştur. Puget çeşidine nazaran EC 33866 çeşidinde daha fazla klorofil stabilitesi belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonunun artmasıyla Puget'te Na⁺ ve Cl⁻ seviyelerinde manalı bir birikimin olduğu bildirilmiştir. K⁺, Ca²⁺ ve Mg²⁺ düzeylerinde çeşitlerin her ikisinde de düşüş belirlenmiştir, fakat EC 33866'ya nazaran Puget çeşidinde daha fazla azalma gözlenmiştir. Bezelye çeşitlerinde lipid peroksidasyon oranının artmasına tuz stresi etkili olmuştur. Çeşitlerin ikisinde de APX ve SOD tüm konsantrasyonlarda artmış, fakat artış Puget çeşidine göre EC 33866'da daha fazla olmuştur. GR ve DHAR çeşitlerin ikisinde de, 150 mM NaCl'da artmış, fakat NaCl düşüşü 200 mM uygulamasında gözlenmiştir.

Acar vd. (2011) bezelye (*Pisum sativum* L.)' de değişik tuz konsantrasyonlarının (0, 25, 50, 100 mM NaCl) gövde ve kök gelişimi, klorofil miktarı, kök ve gövde bağıl nem içeriğine etkisini belirlemek üzere yürüttükleri çalışmada, farklı tuz konsantrasyonlarının kuru gövde / kök ağırlık oranına ve bağıl su içeriğine, yeşil gövde / kök ağırlığı oranına, yeşil gövde

ağırlığına, gövde / kök uzunluk oranına, gövde ve kök uzunluğuna etkisinin istatistiki olarak önemli bulmuşlardır.

Tuza en fazla toleranslı türün belirlenmesi amacıyla kanola (*Brassica napus* cv. Bristol), yem bezelyesi (*Pisum sativum* cv. Kirazlı) ve yaygın fiğın (*Vicia sativa* cv. Uludağ) kullanıldığı araştırmada, Bilgili *et. al.* (2011) dört farklı tuz konsantrasyonunun (0, 50, 100 ve 150 mM NaCl) fidelerdeki etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. 45 gün süresince tuza maruz bırakılan fidelerde köklerin ve sürgünlerin ve fide başına yaprak alanı Na, K ve Ca muhtevası, fide başına yaprak sayısı, sürgün ve kök kuru ağırlığı, kök uzunluğu ve fide yüksekliği tespit edilmiştir. Ayrıca K / Na ve Ca / Na oranları da belirlenmiştir. Tuz muamelesi sonucunda bütün türlerde köklerin ve sürgünlerin özelliklerinin fazlasıyla değiştiği bildirilmiştir. Türler içerisinde tuz stresine daha fazla direnç gösteren türün yem bezelyesinin Kirazlı çeşidinin olduğu ve doz olarak 100mM'den az NaCl içeren uygulamanın uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Pandolfi *et.al.*, (2012) bezelye (*Pisum sativum* L.) fidelerini 1'er hafta aralıklarla farklı tuz konsantrasyonlarına tabi tutmuşlar. 0, 10, 25 mM NaCl ve %2,5 PEG 6000'e 1 hafta içinde, 0 ve 80 mM NaCl'ü ise 2 hafta içerisinde bekletmişlerdir. 1 hafta içinde bitkilerin büyümesi üzerine herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı ve 10mM NaCl ile ön işleme tabi tutulmuş bitkilerin, kontrole göre aynı miktarda biyokütle birikimi temin ettiği belirlenmiştir. Tuz birikiminin yararlı etkisi, özellikle köklerde K⁺sızıntısının ve Na⁺birikimini engellemede etkili olduğu ve büyümenin ilerleyen aşamalarında önemli faktör olduğu bildirilmiştir. Buna ilaveten tuza maruz kalmış bitkilerin ksileminde K/Na oranında bir yükselmenin olduğu belirlenmiştir. Bu da tuza toleransı düşük *Pisum sativum* türlerinin az da olsa tuza tabi tutulmalarının, çok yüksek şartlarda tuza dayanımlarını temin eden bir takım fizyolojik düzenlemeyi tetiklediğini ifade etmişlerdir.

Shahid *et.al.*, (2012) yaptıkları araştırmada, 30 bezelye genotipini (*Pisum sativum*), farklı beş tuzluluk seviyesinde (0, 2.5, 5.0, 7.5 ve 10 dS m⁻¹ NaCl) bezelye bitkilerini tuz stresine tabi tutarak, erken büyüme döneminde hassasiyetlerini belirlemeye çalışmışlardır. Tuz muamelesi sonucunda sürgün ve kök uzunluğu ve yaprak inorganik osmolitleri (K⁺ ve Ca²⁺), kök ve sürgün kuru ağırlığı, sürgün ve kök yaş ağırlığı, çıkış (%) ve çimlenme (%) oranında önemli ölçüde azalmanın meydana geldiği tespit edilmiştir. Tuza dirençli genotipler, tuzlu şartlar altında en düşük yaprak Na⁺ içeriğine sahip olmuşlardır. Yüksek tuz stresi genotiplerde önemli farklılıklara sebep olmuştur.

Hancı *et. al.* (2012) yaptıkları çalışmada beş farklı soğan çeşidinden farklı tuz kaynakları kullanılarak hazırlanmış çimlenme performanslarını (NaCl ve CaCl₂) tuzluluk koşullarında değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre dikkate alınan çeşitler arasında çimlenme

performansı açısından önemli bir fark ortaya koymuşlardır. Diğer çeşitlerle karşılaştırıldığında Akgün-12 çeşidin daha toleranslı ve CaCl_2 'nin olumsuz etkileri NaCl'den daha şiddetli olduğunu belirlemişlerdir. CaCl_2 kullanılarak oluşturulan tuzlu koşullar altında çimlenme oranlarında %50 düşüş gözlemlenmiştir.

Naz *et. al.* (2014) tuza maruz bırakılan *Pisum sativum*'a makro besleyici olarak KCl ve KOH ilave edip, etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Farklı konsantrasyonlarda (0, 40, 60 ve 80 mM) NaCl uygulamasıyla birlikte, tohumlar 250 ve 500 ppm KCl ve KOH çözeltileriyle muamele edilmişlerdir. Makro besleyicilerin ve NaCl'ün fide taze ve kuru biyokütlesi, fide kök uzunluğu, fide sürgün uzunluğu ve çimlenme yüzdesi üzerine etkileri tespit edilmiştir. Özellikle çimlenme ve fide büyümesinin tuzlu şartlarda azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir.

Wei *et.al.*, (2015), tarafından yapılan bir başka çalışmada, tuz stresi altındaki soya fasulyesi (*Glycine max*) tohumlarına dışarıdan melatonin uygulandığında, melatonin uygulanmayan kontrol grubuna kıyasla bazı fizyolojik süreçlerin (çimlenme, büyüme, gelişme, fotosentez ve yaprak alanı) olumlu yönde etkilendiği ifade edilmiştir.

Mani (2015) 10 bezelye (Jumbo, Lincoln, Asgrow, Rajao Torpe, Merveille de Kelvedon, Purser, Snajor Kosep Korai, Rondo, Wando ve Yerel varyete) genotipinde tuz stresinin terleme hızı ve klorofil içerikleri, stoma iletkenliği, fotosentez hızı ve büyümesi etkilerini belirlemeye çalışmıştır. Çimlenmeye müteakip bitkiler farklı (0, 25, 50 ve 75 mM) NaCl konsantrasyonlarına 30 gün boyunca tabi tutulmuştur. Tuzluluğun armasıyla bitki büyümesinin gözle görülebilir biçimde azaldığı tespit edilmiştir. İlk 7 günün sonunda tuzluluğun yükselmesiyle bütün genotiplerde fotosentez hızı, terleme hızı ve bitkinin klorofil içeriğinde önemli azalmalar tespit edilmiştir.

Şentürk ve Sivritepe (2015) Dual ve Spring bezelye çeşitlerinin tuza toleranslarının artırılması amacıyla özellikle fide gelişimi ve tohum çimlenmesinin ilk aşamalarındaki ozmotik koşullandırma durumlarını araştırmışlardır. Her iki bezelye çeşidinde de tuza karşı toleransın yükselmesine osmotik koşullandırmanın etkili olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, ortalama çimlenme süresi ve normal çimlenme oranı sonuçlarının yanı sıra tolerans indeksi sonuçları, tolerans oranı ve fide kuru ağırlıkları osmotik koşullandırma uygulamalarının her iki bezelye çeşidinde de tuza toleransın arttırılmasında etkili olduğu tespit edilmiştir. Spring çeşidine göre Dual çeşidinin daha fazla tolerans yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Shi *et.al.*, (2015) çalışmalarında bermuda çimine (*Cynodon dactylon*) dışsal melatonin uygulamasının ardından tuzluluk, düşük sıcaklık ve kuraklık gibi stres koşullarına maruz bırakmışlardır. Araştırma sonucunda bermuda çiminde serbest oksijen türlerinin çok daha düşük düzeyde olduğu, bu nedenle hücre hasarının azaldığı ve bitki ağırlığı ile dokulardaki

organik asit, şeker ve aminoasit miktarlarında artış gözlemlendiği belirtilmiştir. Benzer şekilde, tuz stresine maruz bırakılan çeltik bitkisine dışarıdan melatonin uygulandığında, bitkilerde tuza dayanıklılığın arttığı stres şartlarında yaprak yaşlanması ve klorofil bozulmalarının önlendiği de saptanmıştır (Liang *et.al.*, 2015)

Petrovic *et.al.*, (2016) yaptıkları araştırmada, erken embriyo büyümesi ve çimlenme sırasında bezelyenin tuz stresini su stresine nazaran daha fazla tolere edebildiği belirlenmiştir. Büyüme parametreleri söz konusu olduğunda her iki abiyotik strese duyarlılık göstermişlerdir.

El-Esawi *et.al.*, (2018) 3 farklı bezelye (Nain, Ordinaire, Elatius) çeşidinin yüksek tuzluluk stresine verecekleri tepkiyi inceledikleri araştırmada, aşırı tuzluluk oranının (150 mM NaCl), Nain Ordinaire’de yapraklarındaki fotosentetik pigment içeriğini hafifçe düşürdüğü, fakat Elatius’de ise pigment içeriklerinin yüksek tuzluluktan önemli ölçüde etkilendiğini bildirmişlerdir. Tuz konsantrasyonunun artmasıyla antioksidan enzim (APX- askorbat peroksidaz; CAT- katalaz; ve POD- peroksidaz) aktivitelerinin Nain Ordinaire çeşidinde daha yüksek olduğunu, Elatius 3 çeşidinde ise anlamlı bir değişikliğin olmadığını tespit etmişlerdir.

Yakupoglu vd (2018), melatoninin bitkideki işlevlerini incelemişlerdir. Yalnızca hayvanlarda bulunduğu düşünülen melatoninin, araştırmalara göre birçok bitkideki varlığı hayvanlardaki gibi benzer işlevleri kapsadığı ortaya çıkmıştır. Bitki gelişimi ve verimi üzerine olumlu etkisinin yanında abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşıda bitkilerde direnci artırıcı etkileriyle de önemli role sahip olduğu belirlenmiştir. Strese maruz kalan bitkilerin melatonin seviyelerinin arttığı görülmüştür. Yetersiz melatonin üreten bitkilerde melatonin uygulamasının stresi hafifletici etkiler sağladığı gözlemlenmiştir.

Tan vd (2018), çalışmalarında Erzurum’un sert iklim koşullarında yetiştirilen farklı yem bezelyesi çeşitlerinin (Töre, Özkaynak, Kirazlı, Taşkent ve Ürünü) performansını değerlendirmeyi amaçlamıştır. 2012-2013 ve 2013-2014 kışlık ürün yetiştirme periyodunda şansa bağlı deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yetiştirmişlerdir. Araştırmada yetiştirilen bitkilerden 2 yıllık alınan parametreler sonucunda genotiplerin Erzurum koşullarındaki performanslarında önemli farklılıklar ölçülmüştür. En yüksek tohum verimine Özkaynak çeşidi sahip olduğunu belirlenmiştir. Kışı geçirme oranında da Özkaynak çeşidi ön sırada olduğu sonucuna varılmıştır.

Hancı *et. al.* (2019) ayrı L-triptofan ve melatonin çözeltilerinin, yüksek ve düşük sıcaklık koşullarında pırasa ve soğan tohumlarının farklı çimlenme parametreleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada, tohumları 125, 250, 375 ppm L-triptofan ve 5, 10, 25 µM melatonin ile 24 saat muamele etmişler ve ardından optimum (21 °C), üşüme stresi (7°C) ve (35°C) sıcaklıkta çimlenme testlerine tabi tutmuşlardır. Soğan tohumlarının 125 ppm

L-triptofan ile muamelesi, 7 °C’de nihai çimlenme oranı üzerinde önemli ölçüde olumlu bir etkiye sahipken, pırasa tohumlarında 5 µM melatonin konsantrasyonu, aynı sıcaklıkta çimlenme indeksi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Her iki Allium türünde de hormon uygulamalarının ortalama çimlenme süresi üzerinde etkisi olmamıştır.

Keskin vd (2019), asmalarda melatoninin var oluşu ve bitkideki görevleri hakkında yapılan araştırmaların sonuçlarını bir araya toplamışlardır. Araştırılan literatür taramasında asmada melatonin hormonunun oldukça olumlu sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir. Bağcılıkta melatonin, bitkilerde birçok fizyolojik süreçte önemli bir role sahip hormon olduğu sonucuna varılmıştır.

Demirkol vd., (2019) tuz stresinin yem bezelyesinde fide gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırmada değişik NaCl dozlarını (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300 mM) uygulamış ve plumula ve radikula kuru ağırlığı, plumula ve radikula taze ağırlığı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme oranını tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda en uygun dozun 90 mM’ın altında bulunan tuz dozu olabileceği belirlenmiştir.

Hancı (2019), farklı konsantrasyonlarda L-Triptofan ve melatonin ön uygulamasının, tuz stresine uğrayan siyah havuç, soğan, turp ve pırasa tohumlarının çimlenme özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Örnekler, 24 saat boyunca damıtılmış su ile 50, 100 ve 150 ppm L-Triptofan ile 1.5, 3 ve 4.5 µM melatonin çözeltilerinde 20°C sıcaklıkta karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Genel sonuçlara göre, uygulanan tüm melatonin dozları, 300 mM NaCl stres koşullarında çimlenme oranı ve çimlenme indeksi değerlerinde hafif bir artış sağladığı belirlenmiştir.

Küçüközcü (2020) bazı yem bezelyesi çeşitlerini (Özkaynak, Ulubatlı, Töre, Taşkent, Gölyazı ve Ürünlü) değişik abiyotik stres faktörleri etkisinde erken fide gelişim ve çimlenme özelliklerini belirlemek için yapmış olduğu çalışmada, fide uzunluğu ve süresi, çimlenme oranı bakımından Töre çeşidinin yüksek tolerans seviyesine sahip olduğu, ortalama çimlenme süresinin tuz dozlarının artmasıyla birlikte uzadığını, tuz stresi altında en kısa fidelerin Gölyazı çeşidinde en uzun fidelerin ise Özkaynak çeşidinde tespit edildiğini, genel olarak Töre çeşidinin tuzluluğu daha fazla tolere ettiğini, Gölyazı çeşidinin ise yüksek kuru ve yaş ağırlığa sahip olması sebebiyle tuzlu koşullar için tavsiye edilebilecek bir çeşit olabileceğini belirlemiştir.

Hancı and Bingöl (2020) çalışmalarında abiyotik stres faktörlerinden tuzluluk stresi altındaki sarımsak bitkisine melatonin hormonunun bitki üzerindeki erken büyüme dönemindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla, sarımsak dişleri oda sıcaklığında ve karanlık şartlarda 12 saat boyunca farklı melatonin konsantrasyonlarına (0, 1, 2, 4 ve 8 µM) maruz bırakılmış ve sulama suyuna NaCl (0, 100, 200 ve 400 mM) eklenerek tuz stresi

oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda, 2 μ M melatonin uygulamasının 400 mM tuzluluk koşulları altında yaprak uzunluğunda en belirgin etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Farklı zamanlarda yapılan yaprak uzunluğu incelendiğinde ise yüksek stres altında ilk haftadan itibaren farklı melatonin konsantrasyonları arasında belirgin farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir.

Hancı and Tuncer (2020) çalışmalarında tuz stresine maruz bırakılan marul bitkilerinin dışsal melatonin ve L-triptofan uygulamalarının bazı büyüme parametreleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Melatonin uygulamaları marul bitkilerine yapraktan püskürtme yöntemiyle iki defa yapılmıştır ve sulama suyuna NaCl (0 mM, 100 mM, 200 mM) eklenerek tuz stresi oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda en yüksek dozda eksojen uygulamasının, yaprak sayısı ve ağırlığı, tuzluluk hasarı, kök ağırlığı verileri üzerinde en yüksek etkiye sahip olduğu ve 200 mM altındaki tuz uygulamaları marul bitkilerinin toplam yüzey alanı melatonin hormonunun etkisiyle daha fazla arttığı sonucuna varılmıştır.

Asan (2022) Serra ve Elkoca fasulye çeşitlerini 3 farklı NaCl (0,100, ve 200 mM) ve 4 farklı melatonin (0,100,150,200 μ M) konsantrasyonlarına maruz bırakmıştır. Uygulamadan 7 gün sonra kök ve sürgün uzunluğu, kök/sürgün oranı, kök-sürgün yaş ve kuru ağırlığı gibi parametreleri belirlemiştir. Her iki çeşitte de NaCl stresi altında morfolojik parametrelerin azaldığını, tuzluluk stresi ile melatonin uygulamasının artışa neden olduğunu tespit etmiştir. Çalışma sonucunda tuz stresinin neden olduğu zararlı etkilerin melatonin uygulamasıyla iyileştirici etki gösterdiğini belirlemiştir.

Mushtaq *et.al.*, (2022) iki farklı nohut çeşidi üzerinde yaptığı çalışmada beş farklı NaCl (0,50,100,150 ve 200 mM) konsantrasyonlarının büyüme parametreleri üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda artan tuz konsantrasyonlarının önemli bir düşüşe yol açtığını tespit etmişlerdir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırma 2023 yılında Atatürk Üniversitesi Bitkisel Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi seralarında yürütülmüştür. Araştırmada ülkemizin farklı bölgelerinde yaygın olarak ekilen Arda, GAP Pembesi, Servet isimli ticari çeşit olan yem bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. arvense) çeşitleri kullanılmıştır. Deneme 5 litrelik saksılarda hepsi 4500 g olacak biçimde 1:2:1 (toprak:torf:kum:) oranında, 2 mm irilikte kum ile tarla toprağı karışımı ile doldurulmuştur. Bütün saksılar aynı miktarda toprak: torf: kum (1:2:1 oranında) karışımı ile doldurularak saksıların altından su çıkışı çıkana kadar yavaş yavaş suyla doyurulmuştur. Tamamen doyurulan bütün saksıların üzeri alüminyum folyo ile kaplanarak 2 gün bekletildi. İki gün sonra saksılar tartılarak toprakların tarla kapasitesi oranı belirlendi ve ardından saksılara ekim yapıldı. Denemede kimyasal gübre olarak ekim yaparken 16 kg/da $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ve 18 kg/da TSP gübresi uygulanmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine uygun 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

Her saksı için 4 adet tohum ekildi. $20\pm 1^\circ\text{C}$ 'de 16 saat ışık (floresans lambası-300 lmol/m²s¹) 8 saat karanlık şartlarda 15 gün çimlendirilmiştir. Daha sonra saksılara NaCl (0, 100 ve 200 mM) tarla kapasitesi düzeyinde uygulanmıştır. Saksılara her 3 günde bir tarla kapasitesi düzeyinde toplamda 5 kere ilgili tuz konsantrasyonuna sahip su verilmiştir. Melatonin uygulamasını ise (0,100,150 ve 200 µM) yapraklardan püskürtme yöntemiyle verilmiştir. Her 2 günde bir melatonin uygulaması yapılarak toplamda 7 kez uygulama yapılmıştır. Her saksı için 5 ml şeklinde yapraklardan püskürtülmüştür. 15 gün süre ile büyütülmeye alındı ve uygulamadan 15 gün sonra bitkilerde aşağıdaki parametreler incelendi.

Yöntem

Atatürk Üniversitesi Bitkisel Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi seralarında 2023 yılında yürütülen çalışmada ülkemizin farklı bölgelerinde yaygın olarak ekilen Arda, GAP Pembesi, Servet isimli ticari çeşit olan yem bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. arvense) çeşitleri kullanılmıştır. Deneme 5 litrelik saksılarda bütün saksılar 4500 g olacak biçimde 1:2:1 (toprak:torf:kum) ölçüsünde, tarla toprağı ile 2 mm irilikte kum karışımı ile dolduruldu. Tüm saksılar aynı oranda toprak:torf:kum (1:2:1 oranında) karışımı ile doldurularak saksıların altından su çıkışı görülene kadar yavaş yavaş suyla doyurulmuştur. Tamamen doymuş hale gelen saksıların üzeri alüminyum folyo ile kaplanarak 2 gün bekletilmiştir. İki gün sonra

saksılar tartılarak toprakların tarla kapasitesi oranı belirlendi ve ardından saksılara ekim yapıldı. Denemede kimyasal gübre olarak ekimle birlikte 16 kg/da $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ve 18 kg/da TSP gübresi kullanılmıştır.



Şekil 2. Deneme alanına ait görüntüler

Araştırmada incelenen konular

1. **Bitki Boyu (cm):** Her bir saksıda bitkilerin en uç noktasından toprak seviyesine kadar arasındaki mesafe ölçülerek belirlenmiştir (Özel vd 2016)
2. **Kök uzunluğu (cm):** Saksılardaki bitki kökleri temizlenek boyu ölçüldü. (Özel vd., 2016).
3. **Bitki yaş ağırlığı (g/bitki):** Toprağın üst kısmından kesilen bitkiler tartılarak ölçüldü (Özel vd., 2016).
4. **Kök yaş ağırlığı (g/bitki):** Saksılardaki bitki kökleri yıkanarak temizlendi ve fazla suları kurulandıktan sonra tartılarak kök yaş ağırlıkları belirlenmiştir (Özel vd., 2016).

5. **Bitki ve kök kuru ağırlığı (g/bitki):** Yaş ağırlıkları belirlenen bitki ve kök numuneleri, 60°C’de 48 saat kurutulmuştur. Kurutma işleminin sonunda, soğumaya bırakılan numuneler tartılarak kuru ağırlıkları ölçülmüştür (Özel vd., 2016).
6. **Bitkide boğum sayısı (adet/bitki):** Bitkideki yapraklı boğum noktaları sayılarak boğum sayısı belirlenmiştir.
7. **Yaprakçık eni (cm):** Bitkide 4. 5. ve 6. Boğumlarda yer alan yaprakçıkların eni ölçülerek yaprakçık eni tespit edilmiştir.
8. **Boğum arası mesafe (cm):** Bitkinin 4. boğumu arasındaki uzunluk ölçülerek boğum arası mesafesi hesaplanmıştır.
9. **Ana dal sayısı (adet/bitki):** Beş farklı bitkinin ana dalları sayılmış ve ortalamaları alınarak ana dal sayısı belirlenmiştir.
10. **Ham Protein Oranı (%):** Proteinlerin Coomassie Brilliant Blue G-250 reaktifi ile 595 nm’deki absorbans değerinin ölçülerek bitkide bulunan protein miktarı Bradford (1976) metoduna göre tespit edilmiştir.
11. **ADF Oranı:** ANKOM fiber analiz cihazıyla analize tabi tutulan yem örnekleri, aseton ile yıkandıktan sonra bir gece boyunca 105 °C’de kurutulmuş, ardından desikatörde soğutularak tartıldı ve ADF miktarları hesaplanmıştır(Ankom 2004).
12. **NDF Oranı:** ANKOM fiber analiz cihazı kullanılarak NDF analizine tabi tutulan yem örnekleri aseton ile yıkanmış, ardından bir gece boyunca 105 °C’de kurutularak desikatörde soğutulduktan sonra tartılarak NDF miktarları hesaplanmıştır (Ankom 2004).

İstatiksel Değerlendirme

Varyans analiz sonuçları, SPSS paket programı kullanılarak hesaplanmış ve ortalamalar arasında oluşan farklılıkların belirlenmesi için Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Yıldız ve Bircan 1994).

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bitki Boyu (cm)

Bitki boyu ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 1’te verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, çeşit ve çeşit x N interaksyonu önemsiz olurken, NaCl konsantrasyonları, melatonin konsantrasyonları, N x M ve Ç x N x M konsantrasyonları oranlarının bitki boyu üzerine etkisi istatistiki anlamda çok önemli %1, Ç x M interaksyonunun ise %5 seviyesinde önemli olmuştur.

Tablo 1. Bitki Boyu Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	95,463	2,321
NaCl konsantrasyonu (N)	2	5163,918	125,577**
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	238,686	5,804**
Ç X N	4	2,338	0,057
Ç X M	6	97,088	2,361*
N X M	6	240,796	5,856**
Ç X N X M	12	130,402	3,171**
Hata	72	41,122	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

Farklı NaCl ve Melatonin konsantrasyonlarına ait ortalama bitki boyu değerleri Tablo 2’de verilmiştir. NaCl ve Melatoninin farklı konsantrasyonları ile yapılan uygulamalardan elde edilen ortalama yem bezelyesi bitki boyu değerleri incelendiğinde, uygulamalar arasında önemli bir farklılığın olduğu görülmektedir. Çeşitler arasında ise istatistiki anlamda herhangi bir fark bulunmamıştır (Tablo 1). Çeşitler arasında en yüksek bitki boyu 50,81cm ile GAP Pembesi çeşidinden, en düşük bitki boyu ise 47,72 cm ile Arda çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının bitki boyu değerleri ortalama 35,75 ile 56,99 cm arasında, melatonin uygulamalarında ise bitki boyu değerleri 47,20 ile 49,51 cm arasında değişim göstermiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça bitki boyunun azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma özellikle 200 mM konsantrasyonda kendini daha çok göstermiştir. Melatonin konsantrasyonlarında ise 150 µM’a kadar bitki boyunda azalma gözlenmiş, 200 µM konsantrasyonda ise bitki boyunda yine artış tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Bitki Boyu Ortalamaları (cm)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	54,33	57,33	52,00	56,99 a
	100	54,66	56,00	53,56	
	150	58,33	57,00	60,00	
	200	52,00	62,33	66,33	
	Ortalama	54,83	58,16	57,97	
100	0	60,33	61,33	61,00	55,96 a
	100	56,00	56,00	66,66	
	150	42,00	58,66	53,16	
	200	57,33	54,00	45,00	
	Ortalama	53,91	57,49	56,45	
200	0	51,00	51,66	35,00	35,75 b
	100	26,66	34,00	42,00	
	150	34,00	29,66	32,00	
	200	26,00	31,66	35,33	
	Ortalama	34,41	36,74	36,08	
Çeşit Ort.		47,72	50,81	50,17	
Melatonin Ort.		0: 53,78 a	100: 49,51 b	150: 47,20 b	200: 47,78 b

Kök uzunluğu (cm)

Tablo 3’de görüldüğü üzere Çeşit, NaCl, Melatonin, Ç X M, Ç X N X M, interaksiyonunun etkisi %1 seviyesinde önemli olurken, N X M interaksiyonu %5 seviyesinde önemli olmuştur. Ç x N interaksiyonu ise önemsiz çıkmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Kök Uzunluğuna Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	58,199	8,458**
NaCl konsantrasyonu (N)	2	40,113	5,829**
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	30,861	4,485**
Ç X N	4	8,011	1,164
Ç X M	6	28,392	4,126**
N X M	6	15,623	2,270*
Ç X N X M	12	25,572	3,716**
Hata	72	6,881	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

Farklı NaCl ve Melatonin konsantrasyonlarına ait ortalama kök uzunluğu değerleri Tablo 4’da verilmiştir. NaCl ve Melatoninin farklı konsantrasyonları ile yapılan uygulamalardan elde edilen ortalama yem bezelyesi kök uzunluğu değerleri incelendiğinde,

uygulamalar arasında önemli bir farklılığın olduğu görülmektedir. Çeşit x NaCl interaksyonu ise istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (Tablo 3). Çeşitler arasında en yüksek kök uzunluğu 17,91 cm ile Arda çeşidinden, en düşük kök uzunluğu ise 13,68 cm ile GAP Pembesi çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının kök uzunluğu değerleri ortalama 15,54 ile 17,42 cm arasında, melatonin uygulamalarında ise kök uzunluğu değerleri 15,48 ile 17,58 cm arasında değişim göstermiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça kök uzunluğunun azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma özellikle 200 mM konsantrasyonda kendini daha çok göstermiştir. Melatonin konsantrasyonlarında ise 150 μ M'a kadar azalma gözlenmiş, 200 μ M konsantrasyonda ise kök uzunluğunda yine artış tespit edilmiştir (Tablo 4). Kök uzunluğu bakımından melatonin uygulamasına tepkinin çeşitlere göre farklılık gösterdiği Ç X M interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Tablo 3).

Tablo 4. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Kök Uzunluğu Ortalamaları (cm)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	25,23	16,16	15,50	17,42 a
	100	20,16	18,30	16,83	
	150	14,66	17,83	17,66	
	200	16,83	13,00	16,83	
	Ortalama	19,22	16,32	16,70	
100	0	22,50	16,33	17,50	17,32 a
	100	17,33	13,33	20,70	
	150	14,16	18,00	18,00	
	200	18,83	17,00	14,16	
	Ortalama	18,20	16,16	17,59	
200	0	16,00	14,00	16,10	15,54 b
	100	19,33	17,73	14,50	
	150	13,66	9,66	15,66	
	200	16,16	13,36	20,33	
	Ortalama	16,28	13,68	16,64	
Çeşit Ort.		17,91 a	15,39 b	16,98 a	
Melatonin Ort.		0: 17,70 a	100: 17,58 a	150: 15,48 b	200: 16,28 ab

Tarımsal ürünlerde melatoninin olumsuz koşulları ortadan kaldırma özelliğinin olduğu belirlenmiş ve klorofil koruyucu etkili olduğu, fotosentez ve kök gelişimini teşvik ettiği bildirilmiştir (Hardeland *et.al.*,2012). Yine tohumlarda çimlenme oranını yükselttiği, bitkilerin maruz kaldıkları çevresel faktörlere karşı direnci arttırdığını, fotosentez hızının arttığı ve dolayısıyla ağırlık artışına sebep olduğu, kök gelişimini arttırdığı için topraktan su ve besin maddesi alımını da arttırdığı bildirilmiştir (Tan *et. al.* 2012). Bizim çalışmamızda da özellikle

200 µM konsantrasyonda kök uzunluğunda artış tespit edilmiştir. En fazla artış Servet çeşidinin 200 µM uygulamasından elde edilmiştir. En düşük kök uzunluğu GAP Pembesi çeşidinin 200 mM NaCl ve 150 µM melatonin uygulamasından (9,66 cm) elde edilirken, en yüksek kök uzunluğu ise 100 mM NaCl ve 100 µM melatonin uygulamasından (20,70 cm) elde edilmiştir (Tablo 4).

Yaprakçık eni (cm)

Yaprakçık enine ait varyans analiz tablosu değerlendirildiğinde, çeşitlerin %1 seviyesinde istatistiki anlamda çok önemli olduğu, melatonin ve NaCl x M interaksiyonunun %5 seviyesinde önemli olduğu, diğer varyasyon kaynaklarının önemsiz olduğu belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Yaprak Enine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	1,106	10,241**
NaCl konsantrasyonu (N)	2	0,148	1,375
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	0,386	3,579*
Ç X N	4	0,038	0,356
Ç X M	6	0,045	0,421
N X M	6	0,276	2,559*
Ç X N X M	12	0,068	0,628
Hata	72	0,108	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

Çalışmada yaprakçık eni değerleri çeşitler açısından değerlendirildiğinde en yüksek değer Servet (1,73 cm) çeşidinde gözlenirken, en düşük değer ise Arda (1,40 cm) çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının yaprakçık eni değerleri ortalama 1,57 ile 1,68 cm arasında, melatonin uygulamalarında ise bu değerler 1,43 ile 1,70 cm arasında değişim göstermiştir. Melatonin konsantrasyonu arttıkça yaprakçık eni değerinin arttığı tespit edilmiştir. Tuzluluk stresinin ortalamasına göre üç çeşitte de melatonin konsantrasyonuna bağlı olarak yaprakçık eninde artış tespit edilmiştir. 0 µM melatonin uygulamasına göre 200 µM melatonin uygulamasında en fazla artış Servet çeşidinde meydana gelmiştir (Tablo 6). Yaprakçık eni bakımından NaCl konsantrasyonundaki artış üç çeşitte de önemli bir azalışa neden olmuş (Tablo 6) ve Ç x N interaksiyonunun önemsiz ($p>0,05$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5). Melatonin konsantrasyonundaki artış üç çeşitte de yaprakçık eni bakımından önemli artışlara neden olmuştur. En düşük değer Arda (1,16 cm) çeşidinin 100 mM NaCl 200 µM melatonin ve 200 mM NaCl 100 µM melatonin uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Servet (2,16 cm) çeşidinin 200 mM NaCl 200 µM melatonin uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Yaprak Eni Ortalamaları (cm)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	1,43	1,90	1,80	1,57
	100	1,36	1,40	1,30	
	150	1,20	1,60	1,90	
	200	1,30	1,86	1,76	
	Ortalama	1,32	1,69	1,69	
100	0	1,50	1,66	1,90	1,56
	100	1,46	1,53	1,66	
	150	1,33	1,50	1,83	
	200	1,16	1,66	1,53	
	Ortalama	1,36	1,58	1,73	
200	0	1,40	1,60	1,70	1,68
	100	1,16	1,50	1,46	
	150	1,66	1,96	1,66	
	200	1,83	2,00	2,16	
	Ortalama	1,51	1,76	1,74	
Çeşit Ort.		1,40 b	1,68 a	1,73 a	
Melatonin Ort.	0: 1,66 a	100: 1,43 b	150: 1,63 a	200: 1,70 a	

Bitkide boğum sayısı (adet/bitki)

Tablo 7. değerlendirildiğinde bitkide boğum sayısı bakımından çeşitler ve çeşit x N ve çeşit X N X M interaksiyonları arasında istatistiki olarak herhangi bir farklılık bulunmamıştır. Tuz, melatonin ve tuz x melatonin interaksiyonları %1 seviyesinde istatistiki anlamda çok önemli olduğu, Ç x M interaksiyonunun ise %5 seviyesinde istatistiki anlamda önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 7. Bitkide Boğum Sayısına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	7,509	2,163
NaCl konsantrasyonu (N)	2	504,731	145,363**
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	34,691	9,991**
Ç X N	4	1,398	0,403
Ç X M	6	6,978	2,010*
N X M	6	36,349	10,468**
Ç X N X M	12	3,219	0,927
Hata	72	3,472	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

Bitkide boğum sayısı çeşitler açısından değerlendirildiğinde en yüksek değer Servet (13,78 adet/bitki) çeşidinde gözlenirken, en düşük değer ise GAP Pembesi (12,92 adet/bitki) çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının bitkide boğum sayısı ortalama 8,97 ile 15,89 adet/bitki arasında, melatonin uygulamalarında ise bu değerler 12,37 ile 13,15 adet/bitki arasında değişim göstermiştir. Melatonin konsantrasyonu arttıkça herhangi bir artış tespit edilmemiştir. Tuz konsantrasyonuna bağlı olarak bitkide boğum sayısının azalış gösterdiği tespit edilmiş ve en düşük bitkide boğum sayısı 200 mM NaCl’de 8,97 adet/bitki olarak kaydedilmiştir. Artan tuz konsantrasyonu ile birlikte bitkide boğum sayısı özellikle 200 mM uygulaması etkili olmuş ve her üç çeşitte de kontrole göre %50’ye varan bir azalışa neden olmuştur. (Tablo 8).

Tablo 8. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Bitkide Boğum Sayısı Ortalamaları (adet/bitki)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	16,33	14,66	14,66	15,89 a
	100	16,33	15,66	17,00	
	150	15,00	17,00	16,00	
	200	14,00	16,33	17,66	
	Ortalama	15,41	15,91	16,33	
100	0	15,66	14,66	16,00	14,92 b
	100	14,00	15,00	16,66	
	150	14,66	14,33	15,33	
	200	15,00	13,00	14,66	
	Ortalama	14,83	14,24	15,66	
200	0	15,33	14,33	12,33	8,97 c
	100	7,00	7,00	9,66	
	150	7,66	7,00	6,66	
	200	6,00	6,00	8,66	
	Ortalama	8,99	8,58	9,32	
Çeşit Ort.		13,08	12,92	13,78	
Melatonin Ort.		0: 14,89 a	100: 13,15 b	150: 12,63 b	200: 12,37 b

Boğum arası mesafe (cm)

Boğum arası mesafeye ait varyans analiz tablosu değerlendirildiğinde, çeşitlerin, NaCl, Ç x N x M interaksiyonu %1 seviyesinde istatistiki anlamda çok önemli, M, Ç x N, Ç x M, interaksiyonları %5 seviyesinde önemli olurken, NxM interaksiyonu ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 9).

Tablo 9. Boğum Arası Mesafeye Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	7,806	11,408**
NaCl konsantrasyonu (N)	2	11,788	17,227**
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	1,377	2,012*
Ç X N	4	1,466	2,142*
Ç X M	6	1,650	2,412*
N X M	6	0,847	1,238
Ç X N X M	12	2,202	3,218**
Hata	72	0,684	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

Tablo 10. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Boğum Arası Mesafe Ortalamaları (cm)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	6,16	5,93	4,73	5,39 a
	100	5,43	5,56	4,60	
	150	4,00	6,16	5,16	
	200	4,23	5,50	7,20	
	Ortalama	4,95	5,78	5,42	
100	0	3,06	4,66	3,90	4,43 b
	100	4,50	5,83	3,73	
	150	3,66	5,73	3,83	
	200	5,83	4,66	3,66	
	Ortalama	4,26	5,22	3,78	
200	0	4,33	4,53	3,00	4,38 b
	100	4,33	4,83	3,66	
	150	4,50	4,66	4,50	
	200	4,66	5,00	4,50	
	Ortalama	4,45	4,75	3,91	
Çeşit Ort.		4,56 b	5,26 a	4,38 b	
Melatonin Ort.		0: 4,48 b	100: 4,72 ab	150: 4,69 ab	200: 5,03 a

Farklı NaCl ve Melatonin konsantrasyonlarına ait ortalama boğum arası mesafe değerleri Tablo 10'de verilmiştir. NaCl ve Melatoninin farklı konsantrasyonları ile yapılan uygulamalardan elde edilen ortalama boğum arası mesafe değerleri incelendiğinde, uygulamalar arasında önemli bir farklılığın olduğu görülmektedir. NaCl x M interaksyonu ise istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur (Tablo 9). Çeşitler arasında en yüksek boğum arası

mesafe 6,16 mm ile GAP Pembesi ile Arda çeşidinden, en düşük değer ise 3 mm ile servet çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının boğum arası mesafe değerleri ortalama 4,38 ile 5,39 mm arasında, melatonin uygulamalarında ise boğum arası mesafe değerleri 4,69 ile 5,03 mm arasında değişim göstermiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça boğum arası mesafe değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma özellikle 200 mM konsantrasyonda daha yüksek olmuştur. Melatonin konsantrasyonlarında ise kontrole göre 100 µM uygulamasında artış gözlenmiş, daha sonra 150 µM’da yine azalmış ve 200 µM konsantrasyonda ise yine artış tespit edilmiştir (Tablo 10). Boğum arası mesafe bakımından melatonin uygulamasına tepkinin çeşitlere göre farklılık gösterdiği Ç x M interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Tablo 9).

Ana dal sayısı (adet/bitki)

Ana dal sayısı ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 11’te verilmiştir. Tablo 11 incelendiğinde, çeşitlerin ana dal sayısı üzerine etkisi istatistiki anlamda çok önemli %1, NaCl, Melatonin, Ç x N ve Ç x N x M interaksyonlarının ise %5 seviyesinde önemli olurken, Ç x M ve N x M interaksyonları ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 11).

Tablo 11. Ana Dal Sayısına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	15,954	50,676**
NaCl konsantrasyonu (N)	2	1,398	4,441*
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	1,025	3,255*
Ç X N	4	0,801	2,544*
Ç X M	6	0,534	1,696
N X M	6	0,386	1,225
Ç X N X M	12	0,548	1,740*
Hata	72	0,315	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

Araştırmada ana dal sayısı değerleri çeşitler açısından değerlendirildiğinde en yüksek değer Arda (3,64 adet/bitki) çeşidinde belirlenirken, en düşük değer ise Servet (2,47 adet/bitki) çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama değerlerine bakıldığında, 3,03 ile 3,42 (adet/bitki) arasında, melatonin uygulamalarında ise bu değerler 3,07 ile 3,22 (adet/bitki) arasında değişim göstermiştir. Melatonin konsantrasyonu artmasıyla 100 µM’da artış gözlenmiş, 150 µM’da tekrar bir azalma ve 200 µM’da ise artış tekrar kendini göstermiştir. Tuzluluk stresinin ortalamasına göre 200 mM konsantrasyonu kontrole göre önemli bir düşüşe neden olmuştur. Tuz konsantrasyonu arttıkça ana dal sayısında azalma tespit edilmiştir (Tablo 12).

Tablo 12. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Ana Dal Sayısı Ortalamaları (adet/bitki)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	3,66	3,66	3,00	3,42 a
	100	3,66	4,00	2,66	
	150	3,33	4,00	3,00	
	200	3,66	3,66	2,66	
	Ortalama	3,57	3,83	2,83	
100	0	3,66	4,00	3,33	3,28 ab
	100	4,00	3,66	2,33	
	150	4,00	3,00	2,33	
	200	4,00	3,00	2,00	
	Ortalama	3,91	3,41	2,49	
200	0	4,00	3,66	2,66	3,03 b
	100	4,00	3,00	1,66	
	150	2,33	3,66	2,00	
	200	3,33	4,00	2,00	
	Ortalama	3,41	3,58	2,08	
Çeşit Ort.		3,64 a	3,61 a	2,47 b	
Melatonin Ort.		0: 3,52 a	100: 3,22 ab	150: 3,07 b	200: 3,15 b

Bitki yaş ağırlığı (g/bitki)

Bitki yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu incelendiğinde, çeşitlerin, NaCl ve melatonin konsantrasyonlarının %1 seviyesinde istatistiki anlamda çok önemli, Ç x N, Ç x M ve N x M interaksiyonları %5 seviyesinde istatistiki anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 13).

Tablo 13. Bitki Yaş Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	33,072	8,735**
NaCl konsantrasyonu (N)	2	291,789	77,066**
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	24,560	6,487**
Ç X N	4	8,830	2,332*
Ç X M	6	9,244	2,441*
N X M	6	11,167	2,949*
Ç X N X M	12	4,687	1,238
Hata	72	3,786	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

Farklı NaCl ve Melatonin konsantrasyonlarına ait ortalama bitki yaş ağırlıkları değerleri Tablo 14’de verilmiştir. NaCl ve Melatonin farklı konsantrasyonları ile yapılan uygulamalardan elde edilen ortalama bitki yaş ağırlıkları değerleri incelendiğinde, uygulamalar ve çeşitler arasında önemli bir farklılığın olduğu görülmektedir (Tablo 13). Çeşitler arasında en yüksek değer 6,79 (g/bitki) ile GAP Pembesi çeşidinden, en düşük değer ise 5,05 (g/bitki) ile Arda çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının bitki yaş ağırlığı değerleri ortalama 2,45 ile 7,78 (g/bitki) arasında, melatonin uygulamalarında ise bu değerler 4,80 ile 5,95 (g/bitki) arasında değişim göstermiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça bitki yaş değerinin de azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma özellikle 200 mM konsantrasyonda daha fazla olmuştur. Tuz konsantrasyonu kontrole göre özellikle 200 mM uygulaması yaklaşık %56 oranında bir azalmaya neden olmuştur. Melatonin uygulamasının ortalamasına göre stresteki artışa bağlı olarak her üç çeşitte de yaş ağırlığında önemli azalış meydana gelmiştir. Melatonin konsantrasyonlarında ise 200 μ M’a kadar azalma devam etmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Bitki Yaş Ağırlığı Ortalamaları (g/bitki)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	8,76	9,73	6,05	7,78 a
	100	6,54	9,82	6,22	
	150	7,53	7,24	7,53	
	200	7,19	9,15	7,58	
	Ortalama	7,50	8,98	6,84	
100	0	4,82	11,79	5,57	6,85 b
	100	6,37	8,37	9,63	
	150	4,59	8,77	6,52	
	200	5,64	6,03	4,00	
	Ortalama	5,35	8,74	6,43	
200	0	4,27	7,10	4,18	2,45 c
	100	2,29	1,22	3,06	
	150	0,83	1,35	1,14	
	200	1,73	0,92	0,97	
	Ortalama	2,28	2,64	2,33	
Çeşit Ort.		5,05 b	6,79 a	5,23 b	
Melatonin Ort.		0: 6,92 a	100: 5,95 ab	150: 5,09 bc	200: 4,80 c

Kök yaş ağırlığı (g/bitki)

Kök yaş ağırlığına ait varyans analiz tablosu incelendiğinde, NaCl, melatonin, Ç x N, Ç x M, Ç x N x M interakasyonlarının %1 seviyesinde istatistiki anlamda çok önemli, N x M interaksiyonunun %5 seviyesinde istatistiki anlamda önemli olduğu, çeşitler arasında ise herhangi bir farkın olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 15).

Tablo 15. Kök Yaş Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	0,889	0,914
NaCl konsantrasyonu (N)	2	62,875	64,646**
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	8,301	8,535**
Ç X N	4	11,420	11,742**
Ç X M	6	3,191	3,281**
N X M	6	2,075	2,133*
Ç X N X M	12	3,350	3,445**
Hata	72	0,973	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

Farklı NaCl ve Melatonin konsantrasyonlarına ait ortalama kök yaş ağırlıkları değerleri Tablo 16’da verilmiştir. NaCl ve Melatoninin farklı konsantrasyonları ile yapılan uygulamalardan elde edilen ortalama kök yaş ağırlıkları değerleri incelendiğinde, uygulamalar arasında önemli bir farklılığın olduğu görülmektedir. (Tablo 15). Çeşitler arasında en yüksek değer 3,09 (g/bitki) ile Arda çeşidinden, en düşük değer ise 2,77 (g/bitki) ile Servet çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının kök yaş ağırlığı değerleri ortalama 1,64 ile 4,28 (g/bitki) arasında, melatonin uygulamalarında ise bu değerler 2,50 ile 2,83 (g/bitki) arasında değişim göstermiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça kök yaş değerinin de azaldığı tespit edilmiştir. Kontroldeki ortalama göre 200 mM tuz uygulamasında yaklaşık %62 oranında bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalma özellikle 200 mM konsantrasyonda daha fazla olmuştur. Melatonin uygulamasının ortalamasına göre stresteki artışa bağlı olarak kök ağırlığında bir azalış meydana gelmiş, ancak 150 µM melatonin uygulaması ile kök yaş ağırlığında artış tekrar olmuştur. 200 µM melatonin uygulamasında ise 150 µM’a göre %3’lük bir azalma tespit edilmiştir (Tablo 16).

Tablo 16. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Kök Yaş Ağırlığı Ortalamaları (g/bitki)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	7,32	6,07	3,48	4,28 a
	100	5,44	5,03	1,61	
	150	4,55	3,04	4,55	
	200	5,22	2,25	2,77	
	Ortalama	5,63	4,09	3,10	
100	0	3,26	4,24	1,81	2,89 b
	100	2,02	2,03	4,70	
	150	2,10	3,28	3,96	
	200	1,95	2,55	2,76	
	Ortalama	2,33	3,02	3,30	
200	0	1,65	2,63	3,21	1,64 c
	100	0,90	0,87	1,46	
	150	0,58	1,59	1,75	
	200	2,01	1,78	1,19	
	Ortalama	1,28	1,71	1,90	
Çeşit Ort.		3,09	2,95	2,77	
Melatonin Ort.		0: 3,75 a	100: 2,68 b	150: 2,83 b	200: 2,50 b

Bitki kuru ağırlığı (g/bitki)

Tablo 17’de görüldüğü üzere Çeşit ve NaCl uygulaması %1 seviyesinde çok önemli olurken Melatonin uygulaması %5 seviyesinde önemli, Ç x N, Ç x M, N x M ve Ç x N x M, interaksiyonları ise önemsiz çıkmıştır (Tablo 17).

Tablo 17. Bitki Kuru Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	1,828	7,041**
NaCl konsantrasyonu (N)	2	15,151	58,363**
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	0,717	2,763*
Ç X N	4	0,252	0,969
Ç X M	6	0,224	0,864
N X M	6	0,364	1,401
Ç X N X M	12	0,236	0,910
Hata	72	0,260	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

Bitki kuru ağırlığı çeşitler açısından değerlendirildiğinde en yüksek değer GAP Pembesi (1,79 adet/bitki) çeşidinden elde edilirken, en düşük değer ise Servet (1,37 adet/bitki) çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının bitki kuru ağırlığı ortalama 0,83 ile 2,10 adet/bitki arasında, melatonin uygulamalarında ise bu değerler 1,37 ile 1,66 adet/bitki arasında değişim göstermiştir. Melatonin konsantrasyonu arttıkça herhangi bir artış tespit edilmemiştir. Tuz konsantrasyonuna bağlı olarak bitki kuru ağırlığının azalış gösterdiği tespit edilmiş ve en düşük bitki kuru ağırlığının 200 mM NaCl’de 0,55 adet/bitki olarak kaydedilmiştir. Artan tuz konsantrasyonu ile birlikte bitki kuru ağırlığının özellikle 200 mM uygulaması etkili olmuş ve her üç çeşitte de kontrole göre %60’a varan bir azalışa neden olmuştur. (Tablo 18).

Tablo 18. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Bitki Kuru Ağırlığı Ortalamaları (g/bitki)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	2,53	2,37	1,62	2,10 a
	100	1,76	2,51	1,78	
	150	1,90	2,01	2,13	
	200	1,82	2,70	2,07	
	Ortalama	2,00	2,39	1,9	
100	0	1,42	2,42	1,26	1,68 b
	100	1,69	2,03	2,13	
	150	1,27	2,05	1,44	
	200	1,60	1,80	0,98	
	Ortalama	1,49	2,07	1,45	
200	0	1,25	1,31	0,99	0,83 c
	100	1,00	1,09	0,95	
	150	0,39	0,55	0,52	
	200	0,61	0,65	0,60	
	Ortalama	0,81	0,9	0,76	
Çeşit Ort.		1,44 b	1,79 a	1,37 b	
Melatonin Ort.		0: 1,69 a	100: 1,66 a	150: 1,37 b	200: 1,43 ab

Kök Kuru Ağırlığı (g/bitki)

Tablo 19’de görüldüğü üzere Çeşit, NaCl, Melatonin uygulaması, Ç x N, N x M ve Ç x N x M, interaksiyonları %1 seviyesinde çok önemli olurken, Ç x M interaksiyonu ise %5 seviyesinde önemli çıkmıştır (Tablo 19).

Tablo 19. Kök Kuru Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	0,053	3,777*
NaCl konsantrasyonu (N)	2	0,672	47,827**
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	0,125	8,906**
Ç X N	4	0,090	6,442**
Ç X M	6	0,036	2,552*
N X M	6	0,074	5,236**
Ç X N X M	12	0,063	4,484**
Hata	72	0,014	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

Kök kuru ağırlığına ait ortalama değerleri Tablo 20’de verilmiştir. NaCl ve Melatoninin farklı konsantrasyonları ile yapılan uygulamalardan elde edilen ortalama kök kuru ağırlığı değerleri incelendiğinde, uygulamalar, Ç x N, N x M ve Ç x N x M interaksiyonları arasında çok önemli bir farklılığın olduğu görülmektedir. Ç x M interaksiyonu ise %5 seviyesinde istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (Tablo 19). Çeşitler arasında en yüksek kök kuru ağırlığı 0,35 (g/bitki) ile GAP Pembesi çeşidinden, en düşük değer ise 0,28 (g/bitki) ile Servet çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının kök kuru ağırlığı değerleri ortalama 0,22 ile 0,47 (g/bitki) arasında, melatonin uygulamalarında ise kök kuru ağırlığı değerleri 0,27 ile 0,31 (g/bitki) arasında değişim göstermiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça kök kuru ağırlığı değerlerinin azalmıştır. Bu azalma özellikle 200 mM konsantrasyonda daha yüksek olmuştur. Melatonin konsantrasyonlarında ise kontrole göre 150 µM uygulamasında artış gözlenmiş, daha sonra 200 µM’da yine azalış belirlenmiştir (Tablo 20). Kök kuru ağırlığı bakımından melatonin uygulamasına tepkinin çeşitlere göre farklılık gösterdiği Ç X M interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Tablo 19).

Tablo 20. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Kök Kuru Ağırlığı Ortalamaları (g/bitki)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	0,92	0,75	0,39	0,47 a
	100	0,45	0,58	0,21	
	150	0,41	0,38	0,42	
	200	0,50	0,31	0,30	
	Ortalama	0,57	0,50	0,33	
100	0	0,17	0,40	0,16	0,26 b
	100	0,19	0,24	0,43	
	150	0,23	0,28	0,31	
	200	0,24	0,20	0,21	
	Ortalama	0,20	0,28	0,27	
200	0	0,19	0,27	0,45	0,22 b
	100	0,06	0,07	0,14	
	150	0,07	0,48	0,14	
	200	0,35	0,23	0,10	
	Ortalama	0,16	0,26	0,20	
Çeşit Ort.		0,32 ab	0,35 a	0,28 b	
Melatonin Ort.		0: 0,42 a	100: 0,27 b	150: 0,31 b	200: 0,27 b

Ham protein oranı (g/100g)

Ham protein oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 21’de verilmiştir. Ham protein oranları üzerine çeşit, NaCl, Melatonin, Ç x N, Ç x M, N x M, Ç x N x M interaksiyonlarının etkisi %1 seviyesinde çok önemli olmuştur (Tablo 21).

Tablo 21. Ham Protein Oranına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	1,277	1731,378**
NaCl konsantrasyonu (N)	2	,145	196,101**
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	,032	42,793**
Ç X N	4	,050	68,204**
Ç X M	6	,019	25,952**
N X M	6	,024	32,977**
Ç X N X M	12	,005	6,179**
Hata	72	,001	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

Çalışmada farklı NaCl (0, 100, 200 mM) ve melatonin (0, 100, 150, 200 µM) konsantrasyonlarının Arda, GAP Pembesi ve Servet çeşitlerine ait bitkilerde protein içeriği üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Tablo 21 ve Tablo 22 incelendiğinde genel olarak, protein içeriği hem çeşitlere hem de uygulanan NaCl ve melatonin düzeylerine göre önemli farklılık göstermektedir.

Kontrol grubunda (0 mM NaCl) ortalama protein içeriği en yüksek seviyede ölçülmüş olup, 0,27 g/100g değeri ile istatistiksel olarak en yüksek grupta yer almıştır. NaCl uygulamasının artmasıyla birlikte, protein içeriğinde belirgin bir azalma gözlenmiştir. 100 mM NaCl grubunda ortalama protein içeriği 0,15 g/100g, 200 mM NaCl grubunda ise 0,16 g/100g olarak ölçülmüştür ve bu gruplar istatistiksel olarak daha düşük düzeylerde yer almıştır (Tablo 22).

Bu durum, tuz stresinin bitkilerde protein sentezini olumsuz etkilediğini, protein metabolizmasında bozulmalara neden olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, 200 mM NaCl uygulamasının 100 mM'ye göre nispeten daha yüksek bir ortalama değere sahip olması (0,16) dikkat çekicidir ve melatonin uygulamalarıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Tablo 22).

Melatonin uygulamaları değerlendirildiğinde, genel olarak 0 µM melatonin (kontrol) grubunda ortalama protein içeriği 0,24 g/100g olup, bu değer en yüksek seviyede bulunmuştur. Melatonin konsantrasyonu arttıkça, protein içeriğinde kademeli bir azalma gözlenmiştir. 100 ve 150 µM melatonin uygulamalarının benzer düzeyde olduğu belirlenmiş olup, 200 µM melatonin grubunda ise ortalama değerin 0,15 g/100g'a kadar düştüğü tespit edilmiştir (Tablo 22.). Bu bulgular, yüksek düzeyde melatonin uygulamasının protein düzeyini baskıladığını göstermektedir. Bu etki, özellikle tuz stresinin varlığında daha belirgin hale gelmiş olabilir.

Genotipler arasında da belirgin farklar gözlenmiştir. Servet çeşidi 0,41 g/100 g protein içeriği ile diğer çeşitlere nazaran en yüksek ortalama protein içeriğine sahip olmuştur. Servet çeşidini 0,10 g/100 g ile Arda çeşidi ortalama, 0,07 g/100 g ile de GAP Pembesi çeşidi takip etmiştir (Tablo 22). Bu sonuçlar, Servet çeşidinin tuz ve melatonin streslerine karşı protein metabolizması bakımından daha dayanıklı olduğunu ve bu stres koşullarında protein sentezini daha etkin sürdürebildiğini ortaya koymaktadır.

Ham protein oranları çeşitler açısından değerlendirildiğinde en yüksek değer Servet (0,41 g/100g) çeşidinde belirlenirken, en düşük değer ise GAP Pembesi (0,07 g/100g) çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama değerlerine bakıldığında 0,15 ile 0,27 (g/100g) arasında, melatonin uygulamalarında ise bu değerler 0,15 ile 0,19 (g/100g) arasında değişim göstermiştir. Melatonin konsantrasyonu artmasıyla 100 µM'dan itibaren 200 µM'a kadar yaklaşık %21'lik bir azalış tespit edilmiştir. Tuzluluk stresinin ortalamasına göre 200 mM konsantrasyonu kontrole göre

önemli bir düşüşe neden olmuştur. Tuz konsantrasyonu arttıkça ham protein oranında azalma tespit edilmiştir.

Tablo 22. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin Ham Protein Oranı Ortalamaları (g/100g)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	0,21	0,16	0,55	0,27 a
	100	0,11	0,05	0,59	
	150	0,16	0,13	0,68	
	200	0,08	0,07	0,42	
	Ortalama	0,13	0,10	0,55	
100	0	0,03	0,08	0,33	0,15 c
	100	0,09	0,03	0,48	
	150	0,02	0,02	0,33	
	200	0,08	0,01	0,31	
	Ortalama	0,05	0,03	0,36	
200	0	0,23	0,18	0,38	0,16 b
	100	0,01	0,04	0,34	
	150	0,07	0,05	0,27	
	200	0,17	0,01	0,24	
	Ortalama	0,11	0,07	0,30	
Çeşit Ort.		0,10 b	0,07 c	0,41 a	
Melatonin Ort.		0: 0,24 a	100: 0,19 b	150: 0,19 b	200: 0,15 c

ADF oranı (%)

ADF oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 23’de verilmiştir. ADF oranları üzerine çeşit, NaCl, Melatonin, Ç x N, Ç x M, N x M, Ç x N x M interaksiyonlarının etkisi %1 seviyesinde çok önemli olmuştur (Tablo 23).

Tablo 23. ADF Oranına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	47,700	9,618**
NaCl konsantrasyonu (N)	2	140,910	28,412**
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	29,005	5,848**
Ç X N	4	20,578	4,149**
Ç X M	6	51,028	10,289**
N X M	6	43,856	8,843**
Ç X N X M	12	42,938	8,658**
Hata	72	4,960	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

ADF oranları bakımından çeşit, NaCl, melatonin, Ç x N, Ç x M, N x M, Ç x N x M interaksyonları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir. ADF değerleri incelendiğinde en yüksek değer GAP Pembesi (%28,26) çeşidinden, en düşük değer ise Servet (%26,20) çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının ADF değerleri ortalama %25,25 ile 28,25 arasında, melatonin uygulamalarında ise ADF değerleri %26,69 ile 28,82 arasında değişim göstermiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça ADF değerleri azalmıştır. Bu azalma özellikle 200 mM konsantrasyonda daha yüksek olmuştur. Melatonin konsantrasyonlarında ise kontrole göre 150 µM uygulamasında artış gözlenmiş, daha sonra 200 µM'da yine azalış belirlenmiştir (Tablo 24).

Tablo 24. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin ADF Oranı Ortalamaları (%)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	33,293	23,303	28,390	28,49 a
	100	26,570	32,500	27,050	
	150	28,223	27,370	25,520	
	200	29,263	28,590	31,780	
	Ortalama	29,33	27,94	28,18	
100	0	28,800	30,193	28,760	28,85 a
	100	25,793	26,933	28,570	
	150	31,497	35,030	24,843	
	200	34,613	28,410	22,753	
	Ortalama	30,17	30,14	26,23	
200	0	27,383	25,710	25,473	25,25 b
	100	26,653	22,620	23,533	
	150	23,063	37,333	26,493	
	200	22,320	21,203	21,290	
	Ortalama	24,85	26,71	24,19	
Çeşit Ort.		28,12 a	28,26 a	26,20 b	
Melatonin Ort.		0: 27,92 ab	100: 26,69 b	150: 28,82 a	200: 26,69 b

ADF ruminantların beslenmesinde kullanılan, kaba yemlerin hücre duvarı unsurlarından olan selüloz ve lignini ihtiva eder. ADF oranı sindirilebilirliğin tespiti açısından kaba yemlerde önemli bir ölçüttür (Rayburn 2004).

Yem kalitesini olumsuz yönde etkileyen NDF ve ADF hücre duvarının oldukça zor sindirilen kısımlarıdır (Collins and Fritz 2003) ve bu oranların bitkinin aksamına, gelişme

dönemine, kültürel uygulamalara ve çevre şartlarına göre değişkenlik gösterdiği ve çevre faktörlerinden etkilendiği bildirilmiştir (Cassida *et al.* 2000; Markovic *et al.* 2007).

NDF Oranı (%)

NDF oranına ait varyans analiz sonuçları Tablo 25’de verilmiştir. NDF oranları üzerine NaCl, Melatonin, Ç x N, Ç x M, N x M, Ç x N x M interaksiyonlarının etkisi %1 seviyesinde çok önemli olmuştur. Çeşit interaksiyonu ise önemsiz çıkmıştır. (Tablo 25).

Tablo 25. NDF Oranına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F Değeri
Çeşit (Ç)	2	4,026	0,497
NaCl konsantrasyonu (N)	2	361,559	44,596**
Melatonin konsantrasyonu (M)	3	66,988	8,262**
Ç X N	4	88,878	10,962**
Ç X M	6	47,438	5,851**
N X M	6	42,617	5,256**
Ç X N X M	12	41,133	5,073**
Hata	72	8,108	

** 0,01 * 0,05 seviyesinde önemlidir.

NDF oranları bakımından NaCl, melatonin, Ç x N, Ç x M, N x M, Ç x N x M interaksiyonları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir. NDF değerleri incelendiğinde en yüksek değer GAP Pembesi (%44,59) çeşidinden, en düşük değer ise Arda (%43,98) çeşidinden elde edilmiştir. Tuz uygulamalarının NDF değerleri ortalama %40,71 ile 46,41 arasında, melatonin uygulamalarında ise NDF değerleri %42,38 ile 45,91 arasında değişim göstermiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça NDF değerleri azalmıştır. Bu azalma özellikle 200 mM konsantrasyonda daha fazla ortaya çıkmıştır. Melatonin konsantrasyonlarında ise kontrole göre 150 µM uygulamasında artış gözlenmiş, daha sonra 200 µM’da yine azalış belirlenmiştir (Tablo 26).

Tablo 26. Farklı NaCl ve Melatonin Konsantrasyonlarına Göre Çeşitlerin NDF Oranı Ortalamaları (%)

NaCl konsantrasyonları	Melatonin konsantrasyonları	Çeşitler			Ortalama
		Arda	GAP P.	Servet	
0	0	52,293	42,387	49,360	45,97 a
	100	48,073	42,500	47,040	
	150	44,803	42,933	44,313	
	200	43,863	46,370	47,700	
	Ortalama	47,25	43,54	47,10	
100	0	48,750	45,293	46,180	46,41 a
	100	43,150	44,343	49,607	
	150	50,713	54,243	42,160	
	200	46,153	46,363	39,960	
	Ortalama	47,19	47,56	44,47	
200	0	36,930	42,483	43,960	40,71 b
	100	40,160	40,480	39,563	
	150	35,733	52,060	46,230	
	200	37,143	35,653	38,170	
	Ortalama	37,49	42,66	41,98	
Çeşit Ort.		43,98	44,59	44,52	
Melatonin Ort.		0: 45,29 ab	100: 43,88 bc	150: 45,91 a	200: 42,38 c

Bitkiler çevresel streslere hem doğal hem de tarımsal koşullar altında maruz kalırlar ve bitkinin genelde yaşayabilirlik, büyüme, primer özümleme işlemleri veya verimlilik gibi büyüme parametrelerine dayanılarak ölçülmektedir. Birim alandan verim artışı sağlamak tarımsal üretimin amacıdır. Bitkinin uygun koşullarda yetiştirilmesi ile bu artışı sağlanabilir. Ancak üretim sırasında çevreden kaynaklı birden fazla biyotik (patojenler, böcekler, mikroorganizmalar) ve abiyotik (soğuk, tuz, kuraklık) faktörler bitkilerin büyümesini yavaşlatıp veya duraksatarak tarımsal üretimi önemli ölçüde etkileyebilir (Yılmaz vd., 2011). Üretimde verim kaybına neden olan abiyotik stresler ana unsurlardan biridir ve bu unsur ekonomik önemi çok büyük olan tarımsal ürünlerin ortalama üretimini yaklaşık olarak %50 düşürmektedir (Mahajan and Tuteja, 2005). Tuzluluk stresinin dünya genelinde verimi sınırlayan en zararlı çevre faktörlerinden bir olduğu düşünülmektedir. Özellikle atık, drenaj ve tuzlu suların kullanımı tuzlu toprakların oranını artırmakta ve akabinde ekilebilir arazilerin kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır (Machado and Serralheiro, 2017). Toprak tuzluluğunun uzun müddet devam etmesi neticesinde fazla miktarda Na^+ ve Cl^- iyonlarının birikmesine ve mikro ve makro besin dengesizliğine, fotosentezin baskılanmasına, metabolik

süreçlerin bozulmasına ve toksik reaktif oksijen türlerin üretimine neden olmaktadır (Isayenkov and Maathuis,2019; El-Mahdy *et.al.*,2022). Dolayısıyla bu tuzluluk etkisinin sonucu bitkilerde üretkenlik azalmaktadır (Zörb *et.al.*,2019).

2050 yılı itibariyle arazilerin %50'sinin tuzluluktan etkileneceği ve bu streten kaynaklanacak ekonomik kaybın yılda on milyar ABD dolarının üstünde olacağı tahmin edilmektedir (Butcher *et.al.*,2016). Ayrıca her geçen yıl dünya nüfusundaki hızlı artışa paralel olarak, dünya gıda arzının da 2050 yılına kadar %70 kadar artacağı ve nüfus artış hızına paralel olarak üretim miktarının artırılmasının zorunlu olacağı düşünülmektedir. Bu sebeple bitkisel üretimde sürdürülebilirliği sağlamak için tuzluluğa toleranslı çeşitler geliştirmek ve tolerans mekanizmaları hakkında geniş bilgiye gereksinim duyulmaktadır.

Tuz stresi bitkilerde ilk olarak büyümeye olumsuz etki yapmaktadır. Araştırmamızda NaCl konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak bitki büyüme parametrelerinde önemli bir azalış, buna karşın kök uzunluğunda bir artış meydana geldiği belirlenmiştir. Araştırmamızdaki bulgulara paralel olarak yapılan çalışmalarda tuz stresi altında kök ve sürgün uzunluğu ile yaş ve kuru ağırlığının önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Alinia *et al.* 2021; Zheng *et al.* 2021; Osman vd 2021). Bir başka çalışmada bakla bitkilerine muamele edilen tuzun, kök ve sürgün uzunluğu ile yaş ağırlığını önemli miktarda azalttığı tespit edilmiştir (El-Flaah *et.al.*,2021). Tuzluluk stresi tespit ettiğimiz sonuçlarda da gösterildiği gibi, bitki su ilişkilerini bozarak bitkinin generatif ve vejetatif kısımlarını olumsuz etkilemektedir.

Bitki büyümesini teşvik eden uyarıcılar kullanılarak doğal bileşiklerin üretilmesi, araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Bu bileşiklerden birisi de melatonindir. Özellikle bitki büyüme ve gelişmesini teşvik etme, düzenleme ve artırmada çok önemli görev üstlenen melatonin (Fazal *et.al.*, 2018) anti-stres özelliklerine sahip olması nedeniyle de önemli yararlar sağlamaktadır (Arnao and Hernández-Ruiz, 2015). Yapılan birçok çalışmada melatoninin bitkileri biyotik ve abiyotik streslere karşı koruduğu bildirilmiştir (Zhang *et.al.*, 2024). Bu çalışmalar melatoninin sürdürülebilir tarımı teşvik etmede ve bitki performansını iyileştirmede yüksek bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bitkilerde düzenleyici etkiye sahip olan melatonin, antioksidan aktivitelerin artması, reaktif oksijen türlerinin inhibisyonu, yaprakların yaşlanmasının gecikmesi, çimlenme hızının artması, jasmonik asit ve amilaz enzimlerinin uyarılması, bitki büyümesinin düzenlenmesi, stomal iletkenliğin kontrol edilmesi, bitkinin abiyotik streslere karşı direncinin artırılması, kök oluşumu, klorofil koruması gibi durumları düzenler (Qiao *et.al.*, 2019).

Melatonin, bitkilerin büyümesi, gelişmesi, üremesinde ve farklı stres faktörlerini baskılamada rol oynayan ve önemli işlevlere sahip bir yanıt molekülüdür (Pardo-Hernández *et*

al. 2020). Melatoninin bir büyüme düzenleyicisi olarak da kabul edilmesinin nedeni, bitkilerde belirli fizyolojik süreçlerde rol almasıdır (Ahmad *et al.* 2022; Singh *et al.* 2022). Melatoninin generatif ve vejetatif büyüme süreçlerini düzenleyebildiği ve çiçeklenme süreçlerini düzenleyebildiği, meyve ve tohumların oluşumu ve olgunlaşmasında potansiyel düzenleyici olarak rol oynadığı bilinmektedir (Arnao and Hernández-Ruiz 2014; Nawaz *et al.* 2016; Kul *et al.* 2019).

Bu çalışmanın verileri, kullanılan melatonin konsantrasyonunun yem bezelyesinde tuzluluğa karşı toleransı artırmak için etkili bir strateji olabileceğini göstermiştir. Bu etkinin muhtemel mekanizması, melatoninin bitkilerdeki stres yanıtlarını düzenleme rolü ile ilgili olabilir; bu da antioksidan sistemini güçlendirmesi, hormonal dengeyi ayarlaması ve membran performansını iyileştirmesidir.

Araştırmamızda, üç çeşitte de stres koşullarında melatonin uygulamasının morfolojik parametrelerde (kök uzunluğu, yaprakçık eni, bitki ve kök kuru ve yaş ağırlığı) önemli artışa neden olduğu ve melatoninin NaCl'nin neden olduğu negatif etkileri baskıladığı belirlenmiştir. Stresiz şartlarda, melatonin uygulamasının konsantrasyon artışına bağlı olarak kök/sürgün oranında bir azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir. Fesleğinde yapılan çalışmada 1 μ M melatonin uygulamasının tuzluluk stresi altında sürgün ve kök uzunluğunu artırdığı; 10 μ M melatoninin ise sürgün ve kök uzunluğunu, kök ağırlığını ve yaprak nisbi su içeriğini artırdığını bildirmişlerdir (Bahcesular *et al.* 2020). Yulafın tuz stresine maruz bırakılarak, melatoninin muamelesi neticesinde bitkilerde daha fazla kök ve sürgün uzunluğuna ve de taze ağırlığa katkı sağladığı tespit edilmiştir (Varghese *et al.* 2019). Ancak, melatoninin yüksek konsantrasyonlarının bitki gelişimi üzerinde olumlu etkileri azaltabileceği ve hatta önleyebileceği bildirilmiştir (Jiang *et al.* 2016; Liu *et al.* 2018). Benzer şekilde araştırmamızda da elde edilen bazı verilerde (bitki boyu, kök uzunluğu, yaprakçık eni, bitki ve kök kuru ve yaş ağırlığı yaş ağırlığı) 200 mM NaCl'de uygulanan 150 μ M melatoninin 200 μ M'a göre etkisinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, üç farklı yem bezelyesi (*Pisum sativum ssp. arvense* L.) çeşidinin (Arda, GAP Pembesi ve Servet), artan NaCl konsantrasyonları ile oluşturulan tuzluluk stresine karşı farklı dozlarda uygulanan melatonine verdikleri morfolojik ve biyokimyasal tepkiler değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde; bitki gelişimi, verim unsurları ve yem kalitesi açısından, tuz stresi ve melatonin uygulamalarının önemli etkiler yaptığı belirlenmiştir.

Yem bezelyesi çeşitlerinde NaCl konsantrasyonunun artışıyla birlikte bitki boyu, kök uzunluğu, bitki yaş ağırlık, kök yaş ağırlık, bitki kuru ağırlık, kök kuru ağırlık, yaprakçık eni, boğum sayısı, boğum arası mesafe ve ana dal sayısı gibi tüm morfolojik parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalmalar gözlenmiştir. 200 mM NaCl uygulaması en belirgin olumsuz etkileri oluşturmuştur. Buna karşın melatonin uygulamaları, özellikle 100 ve 150 μ M konsantrasyonlarında, bu olumsuz etkileri kısmen telafi ederek bitki gelişimini teşvik etmiştir.

Tuz stresinin protein metabolizması üzerinde baskılayıcı bir etkisi olduğu açıkça ortaya konmuştur. 0 mM NaCl uygulamasında ortalama ham protein oranı 0,27 g/100g iken, 200 mM NaCl uygulamasında bu değer 0,16 g/100g'a düşmüştür. Melatonin uygulamaları incelendiğinde ise 0 μ M (kontrol) melatonin grubunda en yüksek ortalama protein oranı 0,24 g/100g olup, bu değer artan melatonin dozlarıyla birlikte kademeli olarak azalmış ve 200 μ M melatoninde 0,15 g/100g'a gerilemiştir.

Yem bezelyesi çeşitlerinde yem kalitesini belirleyen iki önemli parametre olan ADF (Asit Deterjan Fiber) ve NDF (Nötral Deterjan Fiber) oranları da tuz ve melatonin uygulamalarından etkilenmiştir. Çalışmada ADF oranları %25,25 ile %28,25, NDF oranları ise %40,71 ile %46,41 arasında değişmiştir. Tuz konsantrasyonunun artması ADF ve NDF oranlarını genel olarak azaltmıştır; bu durum yemin sindirilebilirliği açısından olumlu olarak değerlendirilebilir. Melatonin uygulamalarında ise 150 μ M dozunda ADF ve NDF oranlarında artış görülmüş, 200 μ M dozunda tekrar düşüş yaşanmıştır. Çeşitler açısından değerlendirildiğinde ADF oranı en düşük Servet çeşidinde (%26,20), en yüksek GAP Pembesi (%28,26) çeşidinde; NDF oranı ise en düşük Arda (%43,98), en yüksek GAP Pembesi (%44,59) çeşidinde tespit edilmiştir.

Çeşitlerin göstermiş olduğu genetik varyasyonun, stres koşullarına verilen tepkide önemli olduğu gözlemlenmiştir. Nitekim Servet çeşidi, hem morfolojik hem de biyokimyasal parametreler açısından en yüksek ortalama değerlere sahip olmuş ve tuz stresine karşı toleransı ile ön plana çıkmıştır. Ham protein oranı bakımından Servet (0,41 g/100g) en yüksek değere sahip olurken, GAP Pembesi çeşidi en düşük değeri (0,07 g/100g) vermiştir.

Bu kapsamlı bulgular ışığında, melatonin uygulamaları yem bezelyesi üretiminde tuz stresinin olumsuz etkilerini tolere etmede potansiyel bir araç olarak değerlendirilebilir. Ancak doza dikkatli belirlenmesi gerekmektedir; çünkü yüksek konsantrasyonlar (özellikle 200 μ M), bazı parametrelerde olumsuz etki gösterebilmektedir. Bu çalışma sonucunda, melatonin uygulamalarının tuz stresi altındaki yem bezelyesi bitkilerinde morfolojik gelişim ve protein içeriği üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Özellikle 100–150 μ M melatonin dozlarının stresin olumsuz etkilerini hafiflettiği, Servet çeşidinin ise tuzluluğa karşı en yüksek toleransı gösterdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, tuzlu topraklarda yem bezelyesi üretiminde Servet çeşidi öncelikli olarak tercih edilebilir; melatonin uygulamaları ise uygun dozlarda kullanıldığında bitki gelişimini destekleyici bir araç olarak değerlendirilebilir. Ancak bu tolerans mekanizmasının farklı melatonin uygulama yöntemlerinin etkinliği ile veya tarla koşullarında yapılacak denemeler neticesinde daha sağlıklı sonuçlar verebileceği düşünülmektedir. Bu tolerans mekanizması ve tavsiye edilen çeşit ile ilgili daha fazla araştırma yapılması önerilmektedir.

Sonuç olarak; melatoninin bitki fizyolojisindeki olumlu rolü bu çalışmada da ortaya konmuştur. Ancak kullanılan konsantrasyonların da oldukça önemli olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Acar, R., Yorgancılar, M., Atalay, E. Yaman, C., 2011. Farklı tuz uygulamalarının bezelyede (*Pisum sativum* L.) bağl su içeriği, klorofil ve bitki gelişimine etkisi, Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(3): 42-46.
- Ahmad, P., Jhon, R., 2005. Effect of salt stress on growth and biochemical parameters of *Pisum sativum* L., Archives of Agronomy and Soil Science, 51(6): 665-672. DOI: 10.1080/03650340500274151
- Ahmad, P., Jhon, R., Sarwat, M., Umar, S., 2008, Responses of proline, lipid peroxidation and antioxidative enzymes in two varieties of *Pisum sativum* L. under salt stress, International Journal of Plant Production, 2(4): 353-366.
- Ahmad, S., Wang, G. Y., Muhammad, I., Chi, Y. X., Zeeshan, M., Nasar, J., Zhou, X. B. (2022). Interactive Effects of Melatonin and Nitrogen Improve Drought Tolerance of Maize Seedlings by Regulating Growth and Physiochemical Attributes. Antioxidants, 11(2), 359.
- Alinia, M., Kazemeini, S. A., Sepehri, M., Dadkhodaie, A. (2021). Simultaneous Application of Rhizobium Strain and Melatonin Improves the Photosynthetic Capacity and Induces Antioxidant Defense System in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Under Salinity Stress. Journal of Plant Growth Regulation, 1-15.
- Allegra, M., Reiter, R. J., Tan, D. X., Gentile, C., Tesoriere, L., Livrea, M. A., 2003. The chemistry of melatonin's interaction with reactive species. *Journal of Pineal Research*, 34(1), 1-10.
- Ankom Technology 2004. The Ankom 200 Fiber Analyzer. Fairport, NY, [http:// www.ankom.com](http://www.ankom.com) (05-05-2009).
- Anonim, 1980. Toprak Kaynakları İl Envanter Raporları. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Anonim, 2025. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Melatonin> (15.04.2025)
- Arnao, M. B., & Hernández-Ruiz, J. (2015). Functions of melatonin in plants: a review. *Journal of pineal research*, 59(2), 133-150.
- Arnao, M.B, Herna'ndez-Ruiz J.,2014.Melatonin: plant growth regulator and/or biostimulator during stress? Trends Plant Sci. 19: 789–797.
- Arnao, M.B., Hernandez-Ruiz, J., 2018. Melatonin and its realtioship to plant hormones. *Annals of Botany*.121.195-207.
- Asan, İ.,2022. Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Melatoninin Tuz Stresindeki Etkisinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,92.s.Erzurum
- Asgher, M., Per, T. S., Masood, A., Fatma, M., Freschi, L., Corpas, F. J., Khan, N. A.(2017). Nitric oxide signaling and its crosstalk with other plant growth regulators in plant responses to abiotic stress. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(3), 2273-2285.
- Bahcesular, B., Yildirim, E. D., Karaçocuk, M., Kulak, M., Karaman, S. (2020). Seed priming with melatonin effects on growth, essential oil compounds and antioxidant activity of basil (*Ocimum basilicum* L.) under salinity stress. *Industrial Crops and Products*, 146, 112165.

- Bashir, T., Naz, S., & Bano, A. (2020). Plant growth promoting rhizobacteria in combination with plant growth regulators attenuate the effect of drought stress. *Pak. J. Bot.*, 52(3), 783-792.
- Bernstein, L., 1963, Osmotic Adjustment Of Plants To Saline Media. II. Dynamic Phase, *American Journal of Botany*, 50(4): 360-370. DOI: 10.1002/j.1537-2197.1963.tb07204.x
- Bilgili, U., Budaklı Çarpıcı, E., Aşık, B.B., Çelik, N., 2011, Root and shoot response of common vetch (*Vicia sativa* L.), forage pea (*Pisum sativum* L.) and canola (*Brassica napus* L.) to salt stress during early seedling growth stages. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(1): 33-38.
- Blum, A., Jordan W.R., 1985. Breeding crop varieties for stress environments, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2(3): 199-238. DOI: 10.1080/07352688509382196
- Boukhatem, Z. F., Domergue, O., Bekki, A., Merabet, C., Sekkour, S., Bouazza, F., Duponnois, R., Lajudie, P., Galiana, A., 2012, Symbiotic characterization and diversity of rhizobia associated with native and introduced acacias in arid and semi-arid regions in Algeria, *FEMS Microbiology Ecology*, 80(3): 534-547. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2012.01315.x
- Bradford, A., 1976. A. Rabid and sensitive method fort the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem* 72, 284-254.
- Butcher, K., Wick, A. F., DeSutter, T., Chatterjee, A., Harmon, J. (2016). Soil salinity: A threat to global food security. *Agronomy Journal*, 108(6), 2189-2200.
- Byeon, Y., Back, K. (2014). Melatonin synthesis in rice seedlings in vivo is enhanced at high temperatures and under dark conditions due to increased serotonin N-acetyltransferase and N-acetylserotonin methyltransferase activities. *Journal of Pineal Research*, 56(2), 189-195.
- Cardinali, D. P., & Pévet, P., 1998. Basic aspects of melatonin action. *Sleep Medicine Reviews*, 2(3), 175-190.
- Cassida, K. A., Griffin T. S., Rodriguez J., Patching S. C., Hesterman O. B. and Rust S. R., 2000. Protein degradability and forage quality in maturing alfalfa, red clover and birdsfoot trefoil. *Crop Science*, 40, 209-215.
- Collins, M. and Fritz J. O., 2003. Forage Quality. *Forages, An Introduction to Grassland Agriculture* Ed: R.F. Barnes, C.J. Nelson, K.J. Moore and M. Collins. Blackwell Publishing, Ames, 363–390.
- Demirkol, G., Yılmaz, N., Aşçı, Ö.Ö., 2019. Tuz Stresinin Yem Bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) Seçilmiş Genotipinde Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.* 22(3):354-359.
- Doğan, O., 2011. Toprak ve Su Kaynaklarımız ve Geleceği. II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. Ankara.
- El-Esawi, M., Al-Ghamdi, A., Ali, H., Alayafi, A., Witczak, J., Ahmad, M., 2018, Analysis of genetic variation and enhancement of salt tolerance in French pea (*Pisum Sativum* L.), *International Journal of Molecular Sciences* 19(8): 2433. DOI: 10.3390/ijms19082433
- El-Flaah, R. F., El-Said, R. A., Nassar, M. A., Hassan, M., Abdelaal, K. A. A. (2021). Effect of rhizobium, nano silica and ascorbic acid on morpho-physiological characters and gene expression of *POX* and *PPO* in faba bean (*Vicia faba* L.) under salinity stress conditions. *Fresenius Environ. Bull.* 30, 5751-5764.

- El-Mahdy, M. T., Youssef, M., Elazab, D. S. (2022). In vitro screening for salinity tolerance in pomegranate (*Punica granatum* L.) by morphological and molecular characterization. *Acta Physiologiae Plantarum*, 44(2), 1-11.
- Erdoğan Bayram, S., 2018, Su stresi ve bitkilerde su stresine bağlı fizyolojik değişimler, *Tralleis Elektronik Dergisi*, 3(2): 219-228.
- Fahad, S., Sonmez, O., Saud, S., Wang, D., Wu, C., Adnan, M., Turan, V. (Eds.).(2021). Plant growth regulators for climate-smart agriculture. CRC Press.
- Fazal, H., Abbasi, B. H., Ahmad, N., & Ali, M. (2018). Exogenous melatonin trigger biomass accumulation and production of stress enzymes during callogenesis in medicinally important *Prunella vulgaris* L.(Selfheal). *Physiology and molecular biology of plants*, 24, 1307-1315.
- Hancı, F. (2019). Tuz stresi altında bazı serin mevsim sebze türlerinde tohum çimlenmesi üzerine L-triptofan ve melatoninin etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* , 7 (3), 1879-1891.
- Hancı, F. ve Tuncer G., 2020. How Do Foliar Application of Melatonin and L Tryptophan Affect Lettuce Growth Parameters Under Salt Stress?, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8 (4): 960- 964.
- Hancı, F., Bingol, F. 2020. Effects of melatonin on salt stressed garlic plants: Time dependent monitoring of leaf morphology in early plant phase. *Indian Journal of Horticulture*, 77(4), 681-685.
- Hancı, F., Cebeci, E., Mendi, Y. Y. 2011. Effects of NaCl and CaCl₂ on Germination performance of some local onion (*Allium cepa* L.) cultivars in Turkey. In V Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes 960 (pp. 203-209).
- Hancı, F., Çingir, M., Akıncı, H. (2019). Influence of L-Tryptophan and Melatonin on Germination of Onion and Leek Seeds at Different Temperatures. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2), 214-221. <https://doi.org/10.19159/tutad.559617>
- Hardeland, R., (2016). Melatonin in plants—diversity of levels and multiplicity of functions. *Frontiers in Plant Science*, 7, 198.
- Hardeland, R., Madrid, J. A., Tan, D. X., Reiter, R. J. (2012). Melatonin, the circadian multioscillator system and health: the need for detailed analyses of peripheral melatonin signaling. *Journal of pineal research*, 52 (2): 139-166.
- Hernandez-Ruiz, J., Cano, A., Arnao, M. B. (2005). Melatonin acts as a growth-stimulating compound in some monocot species. *Journal of pineal research*, 39(2), 137-142.
- Huangfu, L., Zhang, E., Fang, H., Li, P., Xu, Y., Chen, R., Zhou, Y. 2021. Exogenous melatonin promotes rice seed germination under salinity through regulating antioxidants and metabolic homeostasis. *Plant Growth Regulation*.1-13.
- Imran, M., Latif Khan, A., Shahzad, R., Aaqil Khan, M., Bilal, S., Khan, A., ... Lee, I. J. 2021. Exogenous melatonin induces drought stress tolerance by promoting plant growth and antioxidant defence system of soybean plants. *AoB Plants*, 13(4), plab026.
- Isayenkov, S. V., Maathuis, F. J. (2019). Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Frontiers in plant science*, 10, 80
- Jiang, C., Cui, Q., Feng, K., Xu, D., Li, C., Zheng, Q. (2016). Melatonin improves antioxidant capacity and ion homeostasis and enhances salt tolerance in maize seedlings. *Acta physiologiae plantarum*, 38(4), 1-9.

- Kang, J., Xie, W., Sun, Y., Yang, Q., Wu, M., 2010, Identification of genes induced by salt stress from *Medicago truncatula* L. seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 9(45): 7589-7594.
- Karaoğlu, M., Yalçın A.M., 2018, Toprak tuzluluğu ve Iğdır Ovası örneği, *Journal of Agriculture*, 1(1): 27-41.
- Kaya, C., Higgs, D., Ashraf, M., Alyemeni, M. N., Ahmad, P. (2020). Integrative roles of nitric oxide and hydrogen sulfide in melatonin-induced tolerance of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants to iron deficiency and salt stress alone or in combination. *Physiologia plantarum*, 168(2), 256-277.
- Keskin, N., Gökçen, İ. S., Kunter, B. (2019). Asmanın Yaşam Döngüsünde Melatonin. *Agricultural Sciences*, 47.
- Khripach, V., Zhabinskii, V., de Groot, A. (2000). Twenty years of brassinosteroids:steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Annals of botany*, 86(3), 441-447.
- Kul, R., Esringü, A., Dadasoglu, E., Sahin, Ü., Turan, M., Örs, S., ... Yildirim, E. (2019). Melatonin: Role in increasing plant tolerance in abiotic stress conditions. *Abiotic and Biotic Stress in Plants*, 1, 19.
- Küçüközcü, G., 2020. Bazı Yem Bezelyesi Çeşitlerinin Farklı Abiyotik Stres Faktörlerine Karşı Tepkilerinin Belirlenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 62 s.
- Li, X., Ahammed, G. J., Zhang, X. N., Zhang, L., Yan, P., Zhang, L. P., ... Han, W. Y. 2021. Melatonin-mediated regulation of anthocyanin biosynthesis and antioxidant defense confer tolerance to arsenic stress in *Camellia sinensis* L. *Journal of Hazardous Materials*, 403, 123922.
- Liang, C., Zheng, G., Li, W., Wang, Y., Hu, B., Wang, H., Chen, S. Y. 2015. Melatonin delays leaf senescence and enhances salt stress tolerance in rice. *Journal of Pineal Research*, 59(1): 91-101.
- Liu, N., Li, J., Lv, J., Yu, J., Xie, J., Wu, Y., Tang, Z., 2021. Melatonin alleviates imidacloprid phytotoxicity to cucumber (*Cucumis sativus* L.) through modulating redox homeostasis in plants and promoting its metabolism by enhancing glutathione dependent detoxification. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 217.112248.
- Liu, Z., CAI, J. S., LI, J. J., LU, G. Y., LI, C. S., FU, G. P., ... Cheng, Y. (2018). Exogenous application of a low concentration of melatonin enhances salt tolerance in rapeseed (*Brassica napus* L.) seedlings. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(2), 328-335.
- Machado, A.M.R., Serralheiro, P.R., 2017. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth .Mangement Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. *Horticulturae*. 3(2), 30; <https://doi.org/10.3390/horticulturae3020030>
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005, Cold, salinity and drought stresses: An overview, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444(2): 139-158. DOI: 10.1016/j.abb.2005.10.018
- Maldonado, M. D., Murillo-Cabezas, F., Terron, M. P., Flores, L. J., Tan, D. X., Manchester, L. C., Reiter, R. J., 2007. The potential of melatonin in reducing morbidity–mortality after craniocerebral trauma. *Journal of Pineal Research*, 42(1), 1-11.
- Manchester, L. C., Tan, D. X., Reiter, R. J., Park, W., Monis, K., Qi, W., 2000. High levels of melatonin in the seeds of edible plants: possible function in germ tissue protection. *Life Sciences*, 67(25), 3023-3029.

- Mani, F., 2015, Effect of salt stress on physiological attributes of pea (*Pisum sativum*). International Journal of Agricultural Science and Research, 5(1): 29-41.
- Markovic, J., Radovic J., Lugic Z. and Sokolovic, D., 2007. The effect of development stage on chemical composition of alfalfa leaf and stem. Biotechnology in Animal Husbandry, 23(5-6), 383-388.
- Mishra, B., Tyagi, N.K. 1996, Highlights of research on crops and varieties for salt affected soils, Technical Bulletin Published by CSSRI, Karnal, p.1-28.
- Munns, R., Termaat A., 1986, Whole-Plant responses to salinity, Functional Plant Biology, 13(1): 143. DOI: 10.1071/pp9860143
- Munns, R., Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol., 59, 651-681.
- Mushtaq, Z., Faizan, S., Gulzar, B., Mushtaq, H., Bushra, S., Hussain, A., & Hakeem, K. R. (2022). Changes in Growth, Photosynthetic Pigments, Cell Viability, Lipid Peroxidation and Antioxidant Defense System in Two Varieties of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Subjected to Salinity Stress. Phyton, 91(1), 149.
- Nawaz, M. A., Huang, Y., Bie, Z., Ahmed, W., Reiter, R. J., Niu, M., Hameed, S. (2016). Melatonin: current status and future perspectives in plant science. Frontiers in plant science, 6, 1230.
- Naz, F., Gül, H., Hamayun, M., Sayyed, A., Sherwani, H., Sherwani, S.K., 2014, Effect of NaCl stress on *Pisum sativum* germination and seedling growth with the influence of seed priming with potassium (KCL and KOH), American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 14 (11): 1304-1311. DOI: 10.5829/idosi.ajeaes.2014.14.11.748
- Okçu, G., Kaya, M.D., Atak, M., 2005, Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.), Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29(4): 237-242.
- Osman, M. S., Badawy, A. A., Osman, A. I., Abdel Latef, A. A. H. (2021). Ameliorative impact of an extract of the halophyte *Arthrocnemum macrostachyum* on growth and biochemical parameters of soybean under salinity stress. Journal of Plant Growth Regulation, 40(3), 1245-1256.
- Özel, SD., Gökkuş, A., Alatürk, F. 2016. Farklı Sulama Seviyelerinin Macar Fiği (*Vicia pannonica* Crantz.) ve Yem Bezelyesinin (*Pisum arvense* L.) Gelişimine Etkileri. Alınır, 30(B): 46-52.
- Pandolfi, C., Mancuso, S., Shabala, S., 2012, Physiology of acclimation to salinity stress in pea (*Pisum sativum*), Environmental and Experimental Botany, 84: 44-51. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2012.04.015
- Pardo-Hernández, M., López-Delacalle, M., Rivero, R. M. (2020). ROS and NO regulation by melatonin under abiotic stress in plants. Antioxidants, 9(11), 1078.
- Petrovic, G., Jovicic, D., Nikolic, Z., Tamindzic, G., Ignjatov, M., Milosevic, D., Milosevic, B., 2016, Comparative study of drought and salt stress effects on germination and seedling growth of pea, Genetika, 48(1): 373-381. DOI: 10.2298/gensr1601373p
- Poeggeler, B., Thuermann, S., Dose, A., Schoenke, M., Burkhardt, S., Hardeland, R., 2002. Melatonin's unique radical scavenging properties—roles of its functional substituents as revealed by a comparison with its structural analogs. *Journal of Pineal Research*, 33(1), 20-30.

- Posmyk, M. M., Janas, K. M., 2009. Melatonin in plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31(1), 1.
- Qiao, Y., Yin, L., Wang, B., Ke, Q., Deng, X., & Wang, S. (2019). Melatonin promotes plant growth by increasing nitrogen uptake and assimilation under nitrogen deficient condition in winter wheat. *Plant Physiology and Biochemistry*, 139, 342-349.
- Rayburn, E.D., 2004. Forage Management, Understanding Forage Analysis Important to Livestock Producers. West Virginia Univ. Extension Service. <http://www.wvu.edu/agexten/forglvst/analysis.pdf> (26-8-2009).
- Reiter, R. J., Tan, D. X., 2002. Melatonin: an antioxidant in edible plants. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 957(1), 341-344.
- Reiter, R. J., Manchester, L. C., & Tan, D. X., 2005. Melatonin in walnuts: influence on levels of melatonin and total antioxidant capacity of blood. *Nutrition*, 21(9), 920-924.
- Reiter, R. J., Tan, D. X., Manchester, L. C., Simopoulos, A. P., Maldonado, M. D., Flores, L. J., Terron, M. P., 2007. Melatonin in edible plants (phytomelatonin): identification, concentrations, bioavailability and proposed functions. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 97, 211-230.
- Rodriguez, C., Mayo, J. C., Sainz, R. M., Antolín, I., Herrera, F., Martín, V., Reiter, R. J., 2004. Regulation of antioxidant enzymes: a significant role for melatonin. *Journal of Pineal Research*, 36(1), 1-9.
- Shahid, M.A., Pervez, M.A., Balal, R.M., Abbas, T., Ayyub, C.M., Mattson, N.S., Riaz, A., Iqbal, Z., 2012, Screening of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes for salt tolerance based on early growth stage attributes and leaf inorganic osmolytes, *Australian Journal of Crop Science*, 6(9): 1324-1331.
- Shi, H., Jiang, C., Ye, T., Tan, D.X., Reiter, R.J., Zhang, H., Liu, R., Chan, Z. 2015. Comparative physiological, metabolomic, and transcriptomic analyses reveal mechanisms of improved abiotic stress resistance in bermudagrass *Cynodon dactylon* L. pers. by exogenous melatonin. *Journal of Experimental Botany*, 66: 681-694.
- Siddiqui, M.H., Alamri, S., Khan, M.N., Corpas, F.J., Al-Amri, A.A., Alsubaie, Q.D., Ali, H.M., Kalaji, H.M., Ahmad, P., 2020. Melatonin and calcium function synergistically to promote the resilience through ROS metabolism under arsenic-induced stress. *Journal of Hazardous Materials* 398.122882.
- Singh A, Banerjee A, Roychoudhury A (2022) Fluoride tolerance in rice is negatively regulated by the 'stress-phytohormone' abscisic acid (ABA), but promoted by ABA-antagonist growth regulators, melatonin, and gibberellic acid. *Protoplasma* 259:1331-1350. <https://doi.org/10.1007/s00709-022-01740-7>
- Sönmez, B., 2003. Türkiye Çoraklık Kontrol Rehberi. TC. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Teknik Yayın: (33).
- Strogonov, B.P., 1965, Physiological basis of salt tolerance of plants, *Soil Science*, 99(5): 356. DOI: 10.1097/00010694-196505000-00018
- Şentürk, B., Sivritepe, H.Ö., 2015, Bezelye (*Pisum sativum* L.) Tohumlarında NaCl ile yapılan priming uygulamaları için en uygun protokolün belirlenmesi, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2): 95-105
- Tan, M., Kadioğlu, S. (2018). Erzurum Şartlarında Bazı Yem Bezelyesi Hat ve Çeşitlerinin Tohum Verimleri ile Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(2), 143-149. <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.403323>

- Tan, M., Koç, A., Çomaklı, B., Elkoca, E., (2010). Doğu Anadolu Bölgesinden toplanan yem bezelyesi populasyonlarının bazı özellikleri. . Uluslararası Katılımlı 1. Ali Numan Kırac Tarım Kongresi (pp.161-167). Eskişehir, Turkey
- Tan, M.,Koc, A.,Gul, D.Z.,2012. “Morphological characteristics and seed yield of East Anatolian local forage pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) ecotypes”, *Turk. J. Field Crop.*, vol. 17, no.1, pp. 24-30.
- Teixeira, A., Morfim, M. P., de Cordova, C. A., Charão, C. C., de Lima, V. R., Creczynski-Pasa, T. B.,2003. Melatonin protects against pro-oxidant enzymes and reduces lipid peroxidation in distinct membranes induced by the hydroxyl and ascorbyl radicals and by peroxynitrite. *Journal of Pineal Research*, 35(4), 262-268.
- Terron, M. P., Marchena, J. M., Shadi, F., Harvey, S., Lea, R. W., Rodríguez, A. B.,2001. Melatonin: an antioxidant at physiological concentrations. *Journal of Pineal Research*, 31(1), 95-96.
- Tiryaki, İ., 2018, Bazı tarla bitkilerin tuz stresine gösterdikleri adaptasyon mekanizmaları, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21(5): 800-809. DOI: 10.18016/ksudobil.325374
- Umezawa, T., Shimizu, K., Kato, M., Ueda, T., 2000, Enhancement of salt tolerance in soybean with NaCl pretreatment, *Physiologia Plantarum*, 110(1): 59-63. DOI: 10.1034/j.1399-3054.2000.110108.x
- Varghese, N., Alyammahi, O., Nasreddine, S., Alhassani, A.,Gururani, M. A. (2019). Melatonin positively influences the photosynthetic machinery and antioxidant system of *Avena sativa* during salinity stress. *Plants*, 8(12), 610.
- Wei, J.Y., Li, W.M., Zhou, L.L., Lu, Q.N., He, W. 2015. Melatonin induces apoptosis of colorectal cancer cells through HDAC4 nuclear import mediated by Ca MKII inactivation. *Journal of pineal research*, 58(4): 429-438.
- Yakupoglu, G., Köklü, Ş., Korkmaz, A. (2018). Bitkilerde melatonin ve üstlendiği görevler. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(2), 264-276.
- Yıldız, N. ve Bircan H., 1994. Araştırma ve Deneme Metodları. Atatürk Üniv. No: 697, Zir. Fak. No: 305, Ders Kitabı No: 57, Erzurum, 277 s.
- Yılmaz, E., Tuna, A.L., Bürün, B., 2011, Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri/Tolerance strategies developed by plants to the effects of salt stress, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(1): 47-66.
- Zahran, H., 2001, Rhizobia from wild legumes: diversity, taxonomy, ecology, nitrogen fixation and biotechnology, *Journal of Biotechnology*, 91(2-3): 143-153. DOI: 10.1016/s0168-1656(01)00342-x
- Zahran, H.H., Sprent, J.I., 1986, Effects of sodium chloride and polyethylene glycol on root-hair infection and nodulation of *Vicia faba* L. plants by *Rhizobium leguminosarum*, *Planta*, 167(3): 303-309. DOI: 10.1007/bf00391332
- Zhang, Y., Fan, Y., Rui, C., Zhang, H., Xu, N., Dai, M., ... Ye, W. 2021. Melatonin improves cotton salt tolerance by regulating ROS scavenging system and Ca²⁺signal transduction. *Frontiers in plant science*, 12, 1239.
- Zhang, Y., Yang, C., Liu, S., Xie, Z., Zhang, J., and Ji, F. 2024. Alleviation of salt toxicity by melatonin supplementation in eggplant involves the up-regulation of ascorbate–glutathione and glyoxalase system. *Sci. Hortic.* 10.1016/j.scienta.2023.112720

- Zhao, Y. L., Yu, S. X., Ye, W. W., Wang, H. M., Wang, J. J., Fang, B. X. (2010). Study on DNA cytosine methylation of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genome and its implication for salt tolerance. *Agricultural Sciences in China*, 9(6), 783-791.
- Zheng, X., Li, Y., Xi, X., Ma, C., Sun, Z., Yang, X., ... Wang, C. (2021). Exogenous Strigolactones alleviate KCl stress by regulating photosynthesis, ROS migration and ion transport in *Malus hupehensis* Rehd. *Plant Physiology and Biochemistry*, 159, 113-122.
- Zörb, C., Geilfus, C. M., & Dietz, K. J. (2019). Salinity and crop yield. *Plant biology*, 21, 31-38.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Funda KAYA
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	
Lisans:	
Yüksek lisans:	
Doktora:	
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	