



T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

KURAKLIK STRESİNE MARUZ BIRAKILAN
ÇİLEKLERDE TRİPTOFAN UYGULAMALARININ
ETKİLERİ

SERPİL KIZILAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Gül den BALCI

NİSAN – 2024

YOZGAT

**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**KURAKLIK STRESİNE MARUZ BIRAKILAN
ÇİLEKLERDE TRİPTOFAN UYGULAMALARININ
ETKİLERİ**

**SERPİL KIZILAY
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Danışman: Doç. Dr. Gülden BALCI

**Bu çalışma Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
(BAP) Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2023/ 1149 kodu ile
desteklenmiştir.**

NİSAN- 2024

YOZGAT



YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ONAY FORMU

T.C.

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Enstitümüzün Bahçe Bitkileri Bölümü Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Serpil KIZILAY'ın hazırladığı “**Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Çileklerde Triptofan Uygulamalarının Etkileri**” başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 15/04/2024 pazartesi günü saat 14:30'da yapılmış, tezin onayına oy birliği ile karar verilmiştir.

Başkan :Dr. Öğr. Üyesi Beril KOCAMAN

Jüri Üyesi :Doç. Dr. Gülden BALCI

(Danışman)

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Servet ARAS

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih vesayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

...../...../.....

Prof. Dr. Ümit BUDAK

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan eder, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Adı soyadı

15/04/2024

ÖNSÖZ

Araştırmamızda yetiştiriciliği dünyada ve ülkemizde halen artarak devam eden çileğin, kuraklığa dayanımını yüzeysel kök sistemine sahip olduğu için oldukça sınırlıdır. Denemede yetiştiriciliğinin yarı kurak alanlara da yayılabilmesi için çileğin, kurak stresinde TRP uygulamalarının vejetatif büyüme ve bazı biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri dikkate alınmıştır.

Tez çalışmamın çalışma konusunun belirlenmesinde, yürütülmesinde, bilgilerini paylaşan, danışman hocam Doç. Dr. Gülten BALCI' ya teşekkür ederim ve şükranlarımı sunuyorum. Ayrıca çalışmanın kurulumu, yönetimi ve laboratuvar aşamalarında yardımlarınıbenden esirgemeyen hocam Öğr. Görevlisi Selcan ÖZYALIN' a teşekkür ederim. Yaşamım boyunca bana destek olan aileme tez çalışma döneminde desteklerini sürdürdükleri için çok teşekkür ederim ve bu sıkıntılı süreçte her an en büyük destekçim olan hayat arkadaşım Ebubekir ÖZLER'e çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışması;

Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2023/ 1149 kodu ile desteklenmiştir.

Serpil KIZILAY

15/04/2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KURAKLIK STRESİNE MARUZ BIRAKILAN ÇİLEKLERDE TRİPTOFAN UYGULAMALARININ ETKİLERİ

SERPİL KIZILAY

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: Doç. Dr. Gülden BALCI

Deneme 2023 yılında Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait ısıtmasız cam serada yürütülmüştür. Araştırmada Albion çilek çeşidi kullanılmış ve bu fideleri 2:1 oranında torf:perlit karışımı ile doldurulan 1 litrelik potlara dikilmiştir. Kurak koşullarda triptofan uygulamalarının çilek fidelerinin vejetatif ve bazı biyokimyasal özellikleri üzerine etkisini belirlemek üzere bazı vejetatif büyüme (yaprak alanı, kök uzunluğu, klorofil miktarı, gövde çapı ve bitki ağırlıkları) ve biyokimyasal (prolin, MDA ve H₂O₂) parametreler incelenmiştir. Kuraklık stresi ile birlikte incelenen bütün parametrelerde azalma meydana gelirken TRP uygulamalarının bu azalmayı hafiflettiği belirlenmiştir. En büyük yaprak alanı normal şartlarda (353.37 cm²) yetiştirilen fidelerden elde edilirken kurak stresine (230.09 cm²) maruz kalanlarda yaprak alanı küçülmüştür. TRP dozları incelendiğinde sadece 2.0 mM uygulamasının (364.61 cm²) kontrole (272.11 cm²) kıyasla daha büyük yaprak alanı oluşturduğu görülmüştür. Klorofil miktarı incelendiğinde kurak şartlarda yetiştirilen fidelerin yaprak klorofil içeriği (47.20 SPAD) normal şartlarda yetiştirilen fidelere (44.87 SPAD) oranla daha fazla olmuştur. 1.0 mM TRP dozu klorofil içeriğini (50.00 SPAD) en fazla arttıran uygulama olmuştur. Bitki ağırlıkları değerlendirildiğinde yetiştirme şartlarının taze yaprak ve gövde ağırlıkları üzerine etkili olduğu görülmüştür. Kuraklık stresi bu ağırlıkları azaltmıştır. Biyokimyasal parametreler üzerine yetiştirme şartları önemli olurken TRP uygulamalarının etkisi önemsiz çıkmıştır.

2023, xi+33 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Biyokimyasal özellikler, Çilek, Kuraklık Stresi, Triptofan, Vejetatif büyüme

ABSTRACT

MASTER

EFFECTS OF TRYPTOPHAN APPLICATIONS ON STRAWBERRIES EXPOSED TO DROUGHT STRESS

SERPİL KIZILAY

YOZGAT BOZOK UNIVERSITY
GRADUATE EDUCATION INSTITUTE
DEPARTMENT OF HORTICULTURE

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. GÜLDEN BALCI

The experiment was carried out in 2023 in the unheated glass greenhouse of Yozgat Bozok University Faculty of Agriculture. Albion strawberry variety was used in their search and these seedlings were planted in 1litre pots filled with peat:perlite mixture at a ratio of 2:1. Some vegetative growth (leaf area, root length, chlorophyll content, and stem diameter and plant weights) and biochemical (proline, MDA and H₂O₂) parameters were analyzed to determine the effect of tryptophan treatments on vegetative and some biochemical characteristics of strawberry seedling under drought conditions. While all parameters decreased with drought stress, TRP treatments alleviated this decrease. The largest leaf area was obtained from seedlings grown under normal conditions (353.37 cm²), while the leaf area was reduced in those exposed to drought stress (230.09 cm²). When TRP doses were analyzed, it was observed that only 2.0 mM treatment (364.61 cm²) produced a larger leaf area compared to the control (272.11 cm²). When chlorophyll content was analyzed, leaf chlorophyll content of seedlings grown under drought conditions (47.20 SPAD) was higher than seedlings grown under normal conditions (44.87 SPAD). 1.0 mM TRP dose increased the chlorophyll content (50.00 SPAD) the most.

When plant weights were evaluated, it was observed that growing conditions were effective on fresh leaf and stem weights. Drought stress decreased these weights. Growing conditions had a significant effect on biochemical parameters, while the effect of TRP treatments was insignificant.

2023,xi + 33 Pages

Keywords: Biochemical properties, Drough stress, Strawberry, Tryptophan, Vegetative growth

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAY SAYFASI	ii
TEZ BEYANI.....	iii
ÖN SÖZ.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
RESİMLER LİSTESİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Çileklerde Kuraklık ile İlgili Çalışmalar.....	5
2.2. Triptofan ile İlgili Çalışmalar.....	7
3. GEREÇ ve YÖNTEM	10
3.1. Materyal.....	10
3.1.1 Bitkisel Materyal.....	10
3.1.2. Kullanılan Kimyasal.....	11
3.1.3. Yetiştirme Ortamları.....	11

3.2. Yöntem.....	12
3.2.1. Triptofan Uygulamalarının Yapılması.....	12
3.2.2. Yapılan Ölçüm ve Analizler.....	13
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	16
4.1. Vejetatif Büyüme Kriterleri Üzerine Etkisi.....	16
4.2. Bitki Ağırlıkları Üzerine Etkisi.....	18
4.3. Bazı Biyokimyasallar Üzerine Etkisi.....	20
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	23
7. KAYNAKLAR.....	24

TABLULAR LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
3.2.1. Deneme Deseni.....	13
4.1. TRP uygulamasının çilek fidelerinde bazı vejetatif büyüme özellikleri üzerine etkisi	16
4.2. TRP uygulamasının çilek fidelerinde bitki ağırlıkları özellikleri üzerine etkisi	19
4.3. TRP uygulamasının çilek fidelerinde bazı biyokimyasal parametreleri üzerine etkisi	21

RESİMLER LİSTESİ

<u>Resim</u>	<u>Sayfa</u>
Resim 3.1.1. Denemede kullanılan çilek çeşidi.....	10
Resim 3.1.2. Denemede kullanılan kimyasal	11
Resim 3.1.3 Yetiştirme ortamlarının hazırlanması.....	12



SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

cm²

: Santimetrekaare

g

: gram

l

: litre

Kısaltmalar

Açıklamalar

KGA

: Kuru Gövde Ağırlığı

KU

: Kök Uzunluğu

KYA

: Kuru Yaprak Ağırlığı

TRP

: Triptofan

YGA

: Yaş Gövde Ağırlığı

YKA

: Yaş Kök Ağırlığı

YYA

: Taze Yaprak Ağırlığı

YŞ

: Yetiştirme Şartları

1. GİRİŞ

Sistematik olarak *Rosales* familyası, *Fragaria* cinsi içinde yer alan çilek, pomolojik olarak ise üzüm sü meyveler grubu içerisinde bulunmaktadır. Üzüm sü meyve grubu incelendiğinde çilek dünyada en çok üretilen üzüm sü meyvedir. Her daim yeşil olan çilek, çok yıllık olup, otsu yapıdadır. Aroması, vitamin ve zengin mineral madde içeriği ile olgunlaştığı dönemde pazarda taze meyvelerin az olması sebebiyle tüketici tarafından talep edilen bir meyvedir (Ağaoğlu, 1986; Türemiş ve Ağaoğlu, 2013). Çilek meyvesi yapılan son çalışmalarda insan sağlığı ve beslenmesi açısından çok önemli olduğu ortaya konulmuştur. 100 gramında yaklaşık 40-45 kalori içeren çilek, C vitamini ve Ca, P ve Fe bakımından zengindir ve kanseri önleyici özelliği de dikkat çekicidir (Aybak, 2000).

Çilek; lezzeti, vitamin, mineral madde içeriği bakımından aranan bir meyve olmasının yanı sıra, hazır gıda sanayisinde (reçel, şekerleme, pasta, meyve suyu, konserve) hammadde olarak yoğun bir şekilde kullanılması nedeniyle, bu meyve endüstriyel anlamda da ekonomik öneme sahiptir (Balcı vd., 2017). Her yıl düzenli ürün veren çilek; yetiştiriciliğinin de nispeten kolay olması nedeni ile tarımsal işletmelerde önemli birer tamamlayıcı bitki olarak kullanılmaktadır (Çağlar ve Demirci 2017; Bayram vd., 2013).

İklim değişimini etkileyen ve ondan etkilenen bir sektör olan modern tarım, verimli olmasına rağmen birçok çevresel, ekonomik ve sağlık sorununa da neden olmaktadır. Erozyon ve toprak yapısının bozulması, su kaynaklarının kirlenmesi, biyoçeşitliliğin azalması ve artan sera gazı emisyonları tarım ve gıda sisteminin olumsuz çıktılarından bazılarıdır (IFOAM, 2009; Vatansever ve Çelik, 2017). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporlarına göre Türkiye, iklim değişimi etkilerine en duyarlı bölgelerden birisinde bulunmaktadır. Dolayısıyla yakın gelecekte daha sık, şiddetli ve uzun süreli kuraklıklar, yoğun sıcak hava dalgaları ve orman yangınları beklenmektedir (Çakmak ve Gökalp, 2011; Vatansever ve Çelik., 2017). Dünya ve ülkemizi etkileyen iklim değişikliği çilek yetiştiriciliği için de zorlayıcı bir etmen olmaya başlamıştır.

Çilek yüzlek kök sistemine, geniş yapraklara ve meyvelerinde yüksek miktarda su içeriğine sahip olması nedeniyle yetiştiriciliğinde çok fazla suya ihtiyaç duymaktadır (Klamkowski ve Treder 2006). Küresel ısınmanın neticesinde yüksek sıcaklık ile beraber yaşanan kuraklığın, gelecekte diğer bütün ürün gruplarında da olduğu gibi çilek yetiştiriciliğini önemli derecede sınırlandıracağı öngörülmektedir.

Bitkiler yaşam dönemleri boyunca çeşitli stres faktörlerine maruz kalmaktadırlar. Bu faktörler abiyotik (don, tuzluluk, yüksek sıcaklık, kuraklık, vb.) ve biyotik (patojenler, organizmalar arası rekabet vb.) olarak iki gruba ayrılırlar (Levitt, 1980). Bu stresler bitkilerde öncelikle biyosentetik kapasitelerinin azalmalarına yol açar stres ilerledikçe bitkilerin normal işlevleri değişir ve daha sonra bitkinin ölümü ile sonuçlanabilir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Bu stresler sonucunda bitkilerde fizyolojik, morfolojik, moleküler ve biyokimyasal değişikliklere sebep olurlar (Wang vd., 2001), bunun sonucunda % 50'den fazla verim düşüklüğü görülebilir (Wang vd., 2003).

Abiyotik stresler arasında kuraklık; bitki gelişimi, verimlilik ve ekonomik kayıp yönünden en etkili çevresel streslerden biridir (Ghaderi ve Javadi, 2015). Su, bitki büyümesi ve gelişimini için temel abiyotik faktörlerdendir, yokluğunda bitkilerin morfolojik ve fizyolojik özellikleri değişmektedir (Tiwari vd., 2013).

Dünyada küresel ısınma nedeniyle tarım arazilerinin yaklaşık yarısına yakını kuraklık ve tuzluluk stresine maruz kalmakta ve bu tarım arazilerinin % 6'sı kuraklıktan zarar görmektedir (Kuşvuran, 2010). Bahçe bitkilerinin yetiştiriciliğinde susuz tarımın neredeyse olmamasından dolayı stres büyük ölçüde verim ve kaliteye zararlar vermektedir (Klamkowski ve Treder, 2008; Shao vd., 2008). Bütün bu nedenlerden dolayı sulama stratejilerine daha fazla dikkat edilmesi ve su kullanım verimliliğinin iyileştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Üzümsü meyve grubunun en önemli türü olan çilekte yüksek sıcaklık ve su stresi bitki turgorunun azalmasına, bitkinin büyüme ve gelişiminin kısıtlanmasına, meyve verim ve kalitesini olumsuz etkilenmesine sebep olmaktadır (Blanke ve Cooke, 2004; Shao vd., 2008; Grant ve ark., 2010). Ayrıca çileklerde su stresi, yaprak su potansiyeli ve stoma iletkenliğinde, yaprak alanı ve sayısı, bitki kuru maddesi, bitki boyu, klorofil miktarının, yaprak oransal su içeriğinin, stoma iletkenliği, CO₂ asimilasyon oranının, protein ve çözünebilir karbonhidrat miktarının azalmasına neden olmaktadır (Klamkowski ve Treder 2006; Klamkowski ve Treder 2008; Ghaderi ve Siosemardeh, 2011; Grant vd., 2012; Nezhadahmadi vd., 2015; Çeliktöpus ve Kapur, 2018; Kapur ve Şahiner, 2019, Ödemiş vd., 2020). Ayrıca kuraklığın çileklerde verimi azalttığı da bildirilmiştir (Liu vd., 2007; Klamkowski ve Treder, 2008; Li vd., 2010; Grant vd., 2012; Nezhadahmadi vd., 2015; Kapur vd.,2018; Çeliktöpus vd.,2018).

Çilek dünyada yaygın yetiştirilen bir tür olmasına rağmen, çilek genotiplerinin kuraklığa karşı verdiği morfolojik ve fizyolojik cevaplar hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır. Buna karşılık yapılan sınırlı çalışmalarda kuraklık stresine tepkileri bakımından denemelerde incelenen çilek çeşitlerinde geniş bir varyasyon olduğu görülmüştür (Klamkowski ve Treder, 2008; Grant vd., 2010; Gine ve Terry, 2010).

Bitki yetiştiriciliğinde farklı yöntem ve uygulamalarda abiyotik streslere dayanımı artırma çalışmaları son dönemde hız kazanmaktadır. Bu yöntemlerden birisinde bitkilere triptofan uygulaması örnek verilebilir.

β -3-indolyllalanine olarak da bilinen Triptofan (TRP), oldukça büyük, bitkilerde olduğu kadarıyla, hayvan ve insanlarda da önemli etkileri olan bir amino asittir. Bitkiler, TRP'ni başlangıçta 3-fosfoshikimik asit ve ardından korismik asit ve antranilik asitten sentezlerler (Meister, 1965). TRP, bitkilerde indol asetik asit (IAA), serotonin (SER), melatonin (MEL) büyüme düzenleyicilerinin öncül maddesidir (Yakupoğlu ve ark., 2018). Bitki büyüme düzenleyicileri arasında en bilinenlerinden olan IAA, hücre zarının esnekliğini, ozmotik basıncı ve hücre zarlarının geçirgenliğini artırarak hücre büyümesini teşvik eder. Öncül maddelerinden biri olduğu MEL ise yaprak ve sürgün büyümesi ile yaprak yaşlanmasını düzenler. Ayrıca stres koşullarında (soğuk, kuraklık, tuzluluk gibi) bitkilerin tolerans seviyelerini ve antosiyanin miktarını artırdığı tespit edilmiştir (Arnao, 2014).

Diğer üzüm meyve türlerinde olduğu gibi çilek bitkisi, kuraklık şartlarında büyük verim kayıpları yaşamakta ve stres süresi uzadıkça bitkiler ölmektedir. Ekonomik önemi oldukça yüksek olan çilek, yetiştiriciliği sırasında bazı önlemler alınarak kuraklığa toleransı artırılabilir (Boyer vd., 2015; Kapur ve Şahiner, 2019; Perin ve ark., 2019; Zahedi vd., 2023). Bu önlemlerden biride TRP uygulamalarıdır.

Bu amaçla TRP uygulamalarının kurak stresine maruz bırakılmış çilek bitkilerine etkilerini belirlemek için bu çalışma kurgulanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Çilek, üzüksü meyveler içerisinde en çok bilinen ve üretilen önemli bir meyvedir. Temel besin maddelerini ve faydalı meyve içeriği nedeniyle insan sağlığına önemli katkıları bulunmaktadır. Bu önemli fitokimyasallar arasında antosiyaninler ve elajitaninler dikkat çeken bileşiklerdir. Çilek meyvesi fosfor (100 g'da 24 mg), potasyum (100 g'da 153 mg), demir (100 g'da 0,41 mg) gibi mineralleri ile C (100 g'da 58,8 mg), B ve K vitaminleri açısından oldukça zengindir. Çileğin oksidatif stres ve kalp-damar hastalıkları, bazı kanser türleri, inflamasyon, tip 2 diyabet, obezite ve nörodejenerasyonun önlenmesinde önemli bir rolü olduğu bildirilmiştir (Giampieri vd., 2012). İhtiva ettiği diyet lifi ve fruktoz sindirimi yavaşlatarak kan şekeri seviyesinin düzenlenmesine katkıda bulunur. Çilek yaklaşık %72 oranında çoklu doymamış yağ asidi içermesi nedeniyle sağlıklı bir besin kaynağıdır (USDA, 2010). Folat (B9 vitamini), çileklerin mikro besin içeriğinde çok önemli bir yer tutar; çilek meyveler arasında bu mikro besin elementinin en zengin doğal kaynaklarından biridir (Giampieri vd., 2012). Çilek fitokimyasalları genel olarak fenolik bileşiklerin geniş sınıfıyla temsil edilmektedir. Bu fenolikler, bitkide çok önemsenecek fonksiyonlar gerçekleştirilmesine rağmen; insan metabolizmasına büyük etkileri vardır (Çağlar ve Demirci, 2017).

Mevcut sulamanın azaltılması, tüm vejetatif hücrelerde dramatik fizyolojik değişikliklere sebep olmaktadır (Klamkowski ve Treder, 2008; Kapur ve Şahiner, 2019).

Kuraklık; meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik kuraklık olarak 4 alt başlığa ayrılır. Meteorolojik kuraklık, yağış esaslı olup uzun bir süre yağışın normal değerlerinin altına düşmesi olarak tanımlanırken, tarımsal kuraklık toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmaması olarak tanımlanır. Hidrolojik kuraklık, nehir, göl ve yeraltı su kaynaklarında azalan su miktarı iken sosyoekonomik kuraklık diğer kuraklık çeşitlerine bağlı olarak ekonomik dengelerin bozulmasını içermektedir (Örs ve Ekinci, 2015). Dünyada abiyotik stres grubu içinde bitki büyümesini ve verimi etkileyen en önemli çevresel stres faktörlerinden biri olan kuraklık, son yıllarda daha ciddi bir boyut kazanmaktadır. Küresel anlamda kuraklık stresi, radyasyon ve yüksek sıcaklık ile birlikte bitki ömrünü ve yetiştiriciliği önemli ölçüde sınırlamaktadır.

Kuraklık stresinin bitkilerdeki etkileri mekanik, metabolik ve oksidatif olarak gruplandırılabilir. Mekanik etki, hücrelerden belirgin su kaybı gerçekleştiği zaman

bitkide turgoritenin düşmesi ile kendini gösteren birincil stresdir (Levitt, 1980). Plazma membranının yapısı hücredeki sulu ortama bağlıdır bu yapı hücre zarındaki hidrofobik fosfolipid uzantılarının su tarafından itilmesi ile oluşur (Sıvı-katı faz), hücre içeriğinin büyük bir kısmını oluşturması, taşıyıcı olması, hücresel reaksiyonlar ve işlevler için çözücü rolü oynaması gibi fonksiyonel özelliklerinden dolayı suyun, hücreden kaybı durumunda, normal regülasyonun devam edememesi ve metabolizmanın bozulması şeklinde kendini göstermesine metabolik etki olarak adlandırılır.

Oksidatif etki ise, serbest radikal olan aktif oksijen türlerinin [süperoksit molekülü (O_2^-), singlet oksijen ($*O$), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikallerini ($OH\cdot$)] oluşumunu olarak bilinmektedir. Eşleşmemiş elektron içeren moleküller olan serbest radikaller, oldukça reaktiftirler (LMcKersie vd., 1994). Bununla beraber, suyun kısıtlı olduğu periyotlarda, vejetatif bitki dokularında oksidatif stresin en yaygın nedeni kloroplastta gerçekleşen ışık-klorofil etkileşimleri diye düşünülmektedir (Farrant, 2000). Su stresi yaşandığında, bitki daha fazla su kaybetmemek için, stomalarını kapatır, bu da fotosentezle fiksasyon için gerekli CO_2 'nin alımının kısıtlanmasına sebep olur.

2.1 Çilekte Kuraklık ile İlgili Çalışmalar

Çilek bitkisinde kuraklık stresi, geniş yaprak alanı, yüzeysel kök sistemi ile sulu bir meyveye sahip olması nedeniyle büyüme ve verimi olumsuz etkilemektedir. Kuraklık stresine maruz kalan çilek bitkisinin ilk önce vejetatif büyümesini durdurduğu ve verim kayıpları yaşandığı, kök gelişimini geriletmediği, küçük, lezzetsiz meyveler oluştuğu görülür (Çetinkaya, 2013).

Üç farklı çilek çeşidinin (Elsanta, Elkat, Salut) kuraklık stresinde, morfolojik ve fizyolojik parametreleri ile verim açısından karşılaştırıldıkları çalışmada, bitkiler iki farklı sulama yöntemi (optimum sulama ve azaltılmış sulama) ile sulanmıştır. 'Elsanta' çeşidi azaltılmış sulama koşullarında en yüksek net fotosentez oranı ve yüksek su kullanım etkinliği göstermiştir. Kuraklık stresi ile birlikte her 3 çeşitte yaprak alanı azalmıştır. Azaltılmış sulama uygulamalarında en yüksek verimi 'Elsanta' çeşidi verirken verimi en düşük olan ise 'Elkat' çeşidi olarak belirlenmiştir. İncelenen çeşitler arasında, büyüme ve verim parametreleri bakımından, kuraklığa en dayanıklı 'Elsanta' çeşidi tespit edilmiştir (Klamkowski ve Treder, 2008).

Sun vd., (2013), salisilik asidin (SA), kuraklık stresi altında çilek fidesinde (Toyonoka) yapraklarındaki çözünür karbonhidratların içeriği, serbest prolin, malonaldehit (MDA), süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), katalaz (CAT) enzim aktiviteleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sonuçlar, kuraklık stresi altında uygun SA konsantrasyonunun (kontrol, 0.1, 1 ve 10 mM), çilek yapraklarında çözünür karbonhidrat ve serbest prolin gibi ozmotik maddelerin içeriğini artırdığını belirlemişlerdir. Ayrıca, antioksidan enzimlerin aktivitesini teşvik etmiş, membran lipid peroksidasyonu ve membran hasarını hafifletmiş, böylece çilek bitkilerinin kuraklık direncini geliştirdiğini rapor etmişlerdir.

Çilek (*Fragaria ananassa L.*), kuraklık stresinden oldukça etkilenen, yetiştirilmesi en zor ürünlerden biridir. Çilek bitkilerinin bu sınırlayıcı faktöre uygun tepkilerini elde etmek için yapılan bir çalışmada, kuraklık stresi rejimlerinin farklı etkileri, farklı stres süreleri ve farklı ortamlar değerlendirilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, tüm parametrelerde stresin bitki boyu, yaprak alanı, toplam sürgün uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak kalınlığı, klorofil içeriği, klorofil stabilite indeksi, yaprak nem içeriği açısından bitkilerin morfolojik ve fizyolojik tepkileri üzerinde olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. Tüm bu parametreler ve değerleri, stresin şiddeti ve süresi ile azalmıştır. Ayrıca doğal koşulların korunan ortama göre tüm parametrelerde çok daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır (Nezhadahmadi vd., 2015).

Su kısıtlaması uygulanan çilek çeşitleri %25 (ciddi stres), %50 (orta stres) ve %75 (normal sulama) gibi farklı toprak nemi düzeylerinde yetiştirilmiştir. Araştırmada, kuraklık stresi ve süresinin çeşitli büyüme kriterleri üzerinde olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca açıkta yetiştirilen bitkilerin, kontrollü ortamda yetiştirilen bitkilere kıyasla stresle başa çıkmada daha yetenekli oldukları da belirlenmiştir (Duran, 2021).

Kuraklık stresinin çileğin büyümesini ve kalitesini nasıl etkilediğini belirlemek adına yapılan çalışmada, üç çilek çeşidinin (Earlibrite, Kaliforniya ve Sweet Charlie) stres altındaki gelişimi, biyokimyasal değişimleri ve yaprak gazı değişimi incelenmiştir. Sonuçlar, toplam klorofil ve antosiyanin içeriklerinin ($p \leq 0.05$), su eksikliğinden etkilendiğini göstermiştir. Bu çalışma, su eksikliğinin bitki büyümesini, klorofil içeriğini, yaprak gazı değişimini, yaprağın bağıl su içeriğini, meyve uzunluğunu, çapını ve ağırlığını azalttığını ancak suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), antosiyanin, MDA ve prolin içeriğini arttırdığını rapor edilmiştir. Artan antosiyanin ve prolin içeriği, bitkileri su

stresinin etkilerine karşı koruyan mekanizmalardır. Tüm su stresi uygulamaları arasında tarla kapasitesinin %75'i çilek bitkilerinde su kullanımını optimize etmede en iyi sonuçları verdiği bildirilmiştir (Yenni vd., 2022).

İki ticari çilek çeşidi (Camarosa ve Gaviota), kontrol, hafif, orta ve şiddetli kuraklık stresi koşullarında yetiştirilmiş ve kuraklık stresinin, toplam klorofil, karotenoid, bağıl su içeriği ve fenolik içeriğin önemli ölçüde azalmasına neden olduğu, antioksidan enzimlerin aktivitesi, elektrolit sızıntısı, osmolit birikimi ve oksidatif belirteçler kuraklık şiddetine bağlı olarak kademeli olarak yükselttiği görülmüştür (Zahedi vd., 2023).

Mozafari vd. (2019), yaptıkları bir çalışmada çilek bitkisine *in vitro* koşullarda tuzluluk ve kuraklık stresi uygulamışlardır. Bütün bitkilere demir partikülleri uygulanmış ve hem kuraklığın hem de tuzluluğun incelenen bütün kriterlerde olumsuz etkileri saptanmıştır. Ek olarak bağıl su içeriği ve toplam klorofil miktarı azalırken; lipid peroksidasyon ve hidrojen peroksid (H₂O₂) üretimi artmıştır.

2.2. Triptofan ile İlgili Çalışmalar

3-indolilalanin olarak da bilinen L-triptofan, 1901'de kimyager Frederick Gowland Hopkins adlı araştırmacılar tarafından İngilizler tarafından keşfedildi. İnsanlar için gerekli olan dokuz amino asitten biri olan L-triptofan, bir indol halka taşıyan benzersiz bir amino asittir (Palego vd., 2016). Bitkilerde oksinin aktif öncüsüdür (Abbas vd., 2013; Hassan ve Bano, 2015; Mustafa vd., 2016) ve dışsal uygulamalarla bitki dokularında oksin seviyesini artırır (Ahemad ve Kibret, 2014). L-triptofan bitkilere, toprak uygulaması (Chen vd., 1997; Muneer vd., 2009), yapraktan spreyleme (Yassen vd., 2010; El-Awadi vd., 2011) ve tohum aşamasında (Parvez vd., 2000; Abbas vd., 2013) olmak üzere çeşitli yollarla uygulanabilir.

TRP bazı abiyotik stres koşullarına karşı etkinliği yapılan bazı çalışmalarda incelenmiştir.

Rao vd. (2012), TRP uygulamaları ile mısır bitkisinin kuraklık toleransını belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada, TRP uygulanmasının mısırdaki kuraklığın etkisini azaltmada rol oynayabileceği ifade edilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda tuz stresi altında TRP uygulamalarının bazı serin iklim sebzelerinin ve biberin tohum çimlenmesi, marul bitkisinin büyüme parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Marulda yapılan bir çalışmada TRP uygulamalarının, şiddetli stres koşulları altında bitkilerinin yaprak sayısı, tuzluluk nekrozu, taze yaprak ağırlığı, taze kök ağırlığı ve toplam yüzey alanı üzerinde

olumlu etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir (Hancı ve Tuncer, 2020). Serin iklim sebzeleri (soğan, pırasa, siyah havuç, turp) ile ilgili yapılan çalışmada, maksimum çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, %50 çimlenmeyi tamamlama süresi ve ortalama çimlenme süresi değerleri ölçülmüş ve triptofan uygulamalarının, siyah havuç tohumlarının ortalama çimlenme süresi hariç, tüm türlerde ve değerlendirilen tüm özellikler üzerinde önemli etkilere neden olduğu bildirilmiştir (Hancı, 2019). Biber ile ilgili yapılan çalışmada, ekim öncesi biber tohumlarına uygulanan triptofan, tuzluluk stresi koşullarında tohumların çimlenme ve çıkış performansını artırdığı gözlenmiştir (Gerekli, 2015; Korkmaz vd., 2020). Triptofan uygulamalarının farklı sıcaklık (düşük ve yüksek sıcaklık) koşullarında turp ve ıspanak tohumlarının çimlenme özellikleri üzerindeki etkileri de incelenmiştir. TRP düşük sıcaklıkta (7 °C) turp tohumlarının ortalama çimlenme süresi, %50 çimlenme oranına ulaşma süresi ve taze ağırlık sonuçları üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir (Hancı vd., 2019).

Xiaohong vd. (2004), çilek üzerine yaptıkları çalışmalarında, triptofanın çilekte büyüme ve meyve kalitesi üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışmada, triptofanın büyümeyi destekleyebileceği ve meyve kalitesini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir.

Mosa ve Abdelsalam, (2021), yürüttükleri çalışmada 10 yaşındaki “Anna” elma ağaçlarına (*Malus domestica* L. Borkh), çiçeklenme öncesi, tam çiçeklenme döneminde ve tam çiçeklenmeden 1 ay sonra olmak üzere üç kez uygulama 25, 50 ve 100 ppm'de triptofan; 25, 50 ve 100 ppm 'de glisin; ve bunların kombinasyonları, 25 ppm triptofan + 25 ppm glisin, 50 ppm triptofan + 50 ppm glisin ve 100 ppm triptofan + 100 ppm glisin uygulaması yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları, yapraklardan glisin, triptofan ve bunların kombinasyonlarının uygulamaları, sürgün uzunluğunu ve çapını, yaprak alanını ve toplam klorofil miktarını önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca bu uygulamalar meyve tutumu ve verimi, meyvenin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve N, P içeriğini, yapraktaki K, Ca, Fe, Zn, Mn ve B mineral içeriğini artırmıştır. En iyi sonuçların her iki kimyasalın da 50 ve 100 ppm konsantrasyonlarından elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca 50 ppm glisin 50 ppm triptofan kombinasyonu deneme boyunca en yüksek sonuçların elde edildiği rapor edilmiştir.

L-TRP'nin etkisini değerlendirmek için seralarda yapılan Mısır bitkisinin büyümesi üzerine indol-3-asetamid (IAM), triptofan (TRP) ve indol-3-asetik asit (IAA) uygulamaları

yapılmıştır. Fide boyu, boğumlar arası mesafe ve sürgün kuru ve taze ağırlıkları TRP ($2.0 \times 10^{-2} \text{ mg kg}^{-1}$ topraktan uygulama) uygulamasında önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür. Ancak TRP en yüksek konsantrasyonu (20 mg kg^{-1} toprak) kontrol ile karşılaştırıldığında yaprak genişliği, sürgünün boyu ve taze ağırlığı azalttığı belirlenmiştir. IAA'nın daha düşük konsantrasyonlarda (2.2×10^{-5} ila $2.2 \times 10^{-2} \text{ mg kg}^{-1}$ toprak uygulaması) mısır büyüme parametrelerinde belirgin bir etki yaptığı rapor edilmiştir. IAA'nın bu dozu özellikle kök büyümesini iyileştirdiği tespit edilmiştir. Yüksek IAA konsantrasyonunun (22 mg kg^{-1} toprak uygulaması) bitki boyu, yaprak alanı, sap çapı, taze ve kuru ağırlıkta üzerinde önemli derecede olumsuz etkisi olduğu vurgulanmıştır. Bu bulgular sonucunda, L-TRP'nin uygun konsantrasyonlar, saf oksinlere (IAM ve IAA) kıyasla mısır büyümesi üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu belirtilmiştir (Sarwar ve Frankenberger, 1994).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Bitkisel Materyal

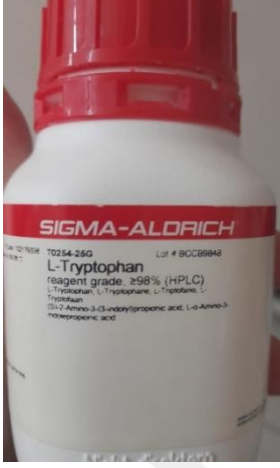
Albion: Aromas ve Diamante çeşitlerinin beğenilen özelliklerinin birleştirilmesi ile ıslah edilen bu erkenci çeşit orta derecede gün nötr olup hem yaylalarda hem de kıyı şeridinde başarı ile dikilmektedir. Çok güzel olan meyveleri sezon sonuna kadar iriliğini kaybetmez.



Resim 3.1.1 Denemede kullanılan çilek çeşidi

3.1.2. Kullanılan Kimyasal

Triptofan: Araştırmada L- Triptofan (L-Tryptophan, \geq %95, HPLC, Sigma- Aldrich) kullanılmıştır.



Resim 3.1.2. Denemede kullanılan kimyasal

3.1.3 Yetiştirme Ortamları

Yetiştirme ortamı olarak 2:1 oranında torf: perlit karışımı kullanılmıştır.

Perlit: Denemede ticari perlit kullanılmıştır. Steril ve organik olan perlit 70- 90 kg m⁻³ ağırlığındadır. Hacminin %50-60 kadar bünyesinde su tutar.

Torf: Turba bitkisinin, su altında ve bataklıklarda uzun vejetasyonu sonucunda ortama bıraktıkları artıkların oksijensiz ve oksijenli koşullarda parçalanarak üst üste yığılarak kalın yataklar oluşturmaktadır (Namal, 2019). Denememizde ithal edilen Klasman marka torf kullanılmıştır.



Resim 3.1.3 Yetiştirme ortamlarının hazırlanması

3.2 Yöntem

3.2.1. Yetiştirme Ortamının Hazırlanması ve Triptofan Uygulamalarının Yapılması

Bu araştırma 2022-2023 yılları arasında Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi ait ısıtmasız cam serada kurgulanmıştır. Albion çilek çeşidine ait frigo fideler yetiştirme ortamı olarak 2:1 oranında hazırlanan torf: perlit karışımı 1 litrelik potlara doldurularak 05.04.2023 tarihinde dikilmiştir. Dikimden önce fidelere kök budaması yapılmış ve bir saat kadar suda bekletilmiştir.

Çalışmada beş triptofan (TRP) dozu (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 mM) normal şart ve kurak koşullarda ve her tekerrürde 15 bitki değerlendirilmiştir. Deneme üç tekerrürlü bitki olacak şekilde tesadüf bloklarında faktöriyel deneme deseni yöntemine göre yürütülmüştür.

Tablo 3.2.1. Deneme Deseni

	Uygulamalar	Tekerrür 1	Tekerrür 2	Tekerrür 3
Normal Şartlar	0 mM	15 bitki	15 bitki	15 bitki
	0.5 mM	15 bitki	15 bitki	15 bitki
	1.0 mM	15 bitki	15 bitki	15 bitki
	1.5 mM	15 bitki	15 bitki	15 bitki
	2.0 mM	15 bitki	15 bitki	15 bitki
Kuraklık Stresi	0 mM	15 bitki	15 bitki	15 bitki
	0.5 mM	15 bitki	15 bitki	15 bitki
	1.0 mM	15 bitki	15 bitki	15 bitki
	1.5 mM	15 bitki	15 bitki	15 bitki
	2.0 mM	15 bitki	15 bitki	15 bitki

Fideler 4 yapraklı olduğunda kök bölgelerine beş farklı doz (0, 0.5,1.0,1.5,.2,0 mM) triptofan uygulaması yapılmıştır. Uygulama yapıldıktan sonra kurak stresi grubunda yer alan bitkilerin sulanmasına son verilmiştir. Bu bitkilerde kurak stresi görüldüğü an (yaprakların solgunluk göstermesi) deneme sonlandırılıp (son sulamadan 12 gün sonra) yaprak örnekleri alınmıştır.

3.2.2. Yapılan Ölçüm ve Analizler

Araştırmamız kurak stresine karşı TRP uygulamalarının çilek fidelerinin vejetatif büyümesine etkilerini belirlemek amacıyla fide dikiminden itibaren üç ay sonra bitirilmiştir.

3.2.2.1. Yaprak Alanı (cm² bitki⁻¹)

Her uygulamadan sökülen 3 bitkinin yaprakları yaprakların alanı ADC Bio Scientific Area Meter AM300 cihazı ile ölçülmüş (Balcı vd., 2017) ve ortalamaları alınmıştır.

3.2.2.2. Kök Uzunluğu (cm)

Her uygulamadan sökülen 3 bitkinin kök uzunlukları cetvel ile ölçülmüş ve ortalamaları verilmiştir.

3.2.2.3. Yaprak Klorofil İçeriği (SPAD)

Her uygulamadan sökülen 3 bitkinin yapraklarının klorofil içeriği, Konica Minolta SPAD-502 Plus Marka Chlorophyll Meter cihazı ile ölçülmüş ve ortalamaları verilmiştir (Balcı vd., 2017).

3.2.2.4 Gövde Çapı (mm)

Her uygulamadan sökülen 3 bitkinin gövdeleri dijital kumpas ile ortalamaları verilmiştir (Balcı vd., 2017).

3.2.2.5. Bitki Yaş ve Kuru Ağırlığı (g)

Sökülen bitkilerin yaprak, gövde ve kök yaş ağırlıklarını belirlemek için bitkilerin kökleri yıkanmış ve yaprak, gövde ve kök olacak şekilde parçalara ayrılarak yaş ağırlıkları hassas terazide tespit edilmiştir. Daha sonra bu bitki parçaları 70°C'de 5 gün kurutularak kuru ağırlıkları hassas terazide ölçülmüştür (Balcı ve ark., 2019).

3.2.2.6 Prolin ($\mu\text{mol g}^{-1}$)

Prolin miktarının belirlenmesi Bates Waldren ve Teare (1973)'un metoduna göre yapılmış ve her bir uygulama grubundan 0.5 g olacak şekilde alınan yaprak örnekleri, % 3'lük sülfosalisilik asit ile homojenize edilmiştir. Filtre edilen homojenatın üzerine asit ninhidrin ve glasiyel asetik asit ilave edilerek 100 °C'de 1 saat süre ile su banyosunda bekletilmiştir. Bu süre sonunda örnekler buz banyosuna alınarak soğutulmuştur. Bu karışım toluenle ekstrakte edildikten sonra üst faz spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda okunmuştur ve sonuçlar yaş ağırlıkta $\mu\text{mol g}^{-1}$ olarak verilmiştir.

$$\text{Prolin}(\mu\text{mol g}^{-1} \text{ TA}) = [(A_{520} - 0.0031) / 29.351] / \text{örnek miktarı}$$

3.2.2.7 Malondialdehit (MDA) içeriği ($\mu\text{mol g}^{-1}$)

Lipid peroksidasyonu, Zhang vd., (2007)'ye göre hesaplanmıştır. Her bir uygulama grubundan 0.2 g olacak şekilde alınan yaprak örnekleri, %0.1'lik TCA eklenerek vortekslenmiştir. Filtre edilen homojenatın üzerine %0.5'lik TBA içeren %20'lik TCA solüsyonu eklenerek yarım saat 100 °C'de bekletilmiştir. Buzda soğutulan örnekler spektrofotometrede 532 ve 600 nm dalga boyunda okunmuş ve sonuçlar yaş ağırlıkta $\mu\text{mol g}^{-1}$ olarak verilmiştir.

$$\text{MDA} (\mu\text{mol g}^{-1} \text{ TA}) = [(A_{532} - A_{600}) / 155] / \text{örnek miktarı}$$

3.2.2.8. Hidrojen peroksit (H₂O₂) analizi ($\mu\text{mol g}^{-1}$ TA)

H₂O₂ belirlemek amacıyla Özden vd., (2009)'da belirtilen yöntem kullanılmıştır. Taze yaprak örneği 0.25 g tartılarak buz üzerinde homojenizatörde 3 ml %0,1'lik trichloroasetik asit (TCA) ile ezilerek 2 ml hacimli ependorf tüplere konulmuştur. Örnekler soğutuculu santrifüjde 4 °C'de 10.000 g'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Daha sonra 5 ml'lik tüplere sırası ile 100 μl süpernatant, 100 μl K-P tampon çözeltisi ve 1,5 ml KI konulmuştur. Örnekler kısa bir süre vortekste karıştırıldıktan sonra spektrofotometrede 390 nm'de okunmuştur ve H₂O₂ içeriği $\mu\text{mol g}^{-1}$ TA olarak hesaplanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Vejetatif Büyüme Kriterleri Üzerine Etkisi

Denememizde TRP uygulamasının çilek fidelerinde bazı vejetatif büyüme kriterleri üzerine etkisi Tablo 2’de verilmiştir.

Araştırmada, çilek bitkisinin normal ve kurak koşullarda kontrol grubu hariç 5 farklı dozda TRP (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mM) kullanılarak kuraklık toleransı üzerine etkileri araştırılmıştır.

Tablo 4.1. TRP uygulamasının çilek fidelerinde bazı vejetatif büyüme özellikleri üzerine etkisi

UYGULAMA	Yaprak Alanı (cm ² bitki ⁻¹)	Kök Uzunluğu (cm)	Klorofil miktarı (SPAD)	Gövde Çapı (mm)
Yetiştirme Şartları				
Normal Şart	325.37a	20.80	44.87b	7.40a
Kuraklık	230.09b	21.54	47.20a	5.88b
TRP Dozları				
0.0 mM	272.11b	17.20b	45.52b	6.92
0.5 mM	240.59b	21.58a	46.17b	6.54
1.0 mM	248.04b	22.43a	50.00a	6.64
1.5 mM	263.30b	23.20a	44.28b	6.56
2.0 mM	364.61a	21.43a	44.18b	6.52
YŞXTRP				
NŞ X 0.0	307.07	22.33	46.13	7.71ab
NŞ X 0.5	324.05	17.33	43.57	8.22a
NŞ X 1.0	335.49	23.00	49.01	7.67ab
NŞ X 1.5	259.63	22.00	42.65	6.84bc
NŞ X 2.0	400.59	19.33	42.96	6.54bc
KS X 0.0	237.16	20.83	44.91	4.86d
KS X 0.5	157.13	17.07	48.76	6.12c
KS X 1.0	160.60	21.87	50.99	5.62cd
KS X 1.5	266.96	24.40	45.91	6.29c
KS X 2.0	328.62	23.53	45.41	6.50bc
ÖNEMLİLİK				
Yetiştirme Şartı	**	ÖD	*	**
TRP Dozu	*	*	*	ÖD
YŞXTRP	ÖD	ÖD	ÖD	**

*Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar Duncan testine göre %5 düzeyinde farklılık gösterir.
ÖD: Önemli değil

Kuraklık stresine karşı uygulanan TRP uygulamasının yaprak alanı üzerine etkisi incelendiğinde kuraklık stresinin yaprak alanını (230.09 cm²) normal şartlarda (325.37 cm²) yetiştirilen fidelere göre önemli ölçüde azalttığı belirlenirken TRP 2.0 mM dozunun (364.61 cm²) önemli derecede arttırdığı belirlenmiştir. Yetiştirme durumu ile TRP

dozlarının intereaksiyonu ise önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte kurak şartlarda uygulanan TRP'nin sayısal olarak yaprak alanını artırdığı görülmüştür. Çelik (2023) TRP uygulamalarının çilek bitkisini vejetatif büyüme üzerine etkisini incelediği çalışmada, TRP dozlarının yaprak alanı üzerine istatistiksel bir etkisinin olmadığını bildirmiştir. Kuraklık stresinin çilek bitkilerinde etkisinin incelendiği çalışmada stres koşullarının yaprak alanını azalttığı bildirilmiştir (Klamkowski ve Treder, 2006). Arpada yapılan TRP uygulamasının yaprak alanı üzerine önemli etkisi olduğu belirlenmiştir (Dawood ve Sadak, 2007). Süs bitkisi olan *Philodendron erubescens* (kırmızı yapraklı Philodendron) yaprak alanı incelendiğinde dışsal TRP uygulamasının önemi etkisiz olduğu tespit edilmiştir (Abou Daha ve Abd El-Aziz, 2006).

Denememizde elde edilen kök uzunluğu verileri incelendiğinde yetiştirme şartlarının kök uzunluğu üzerine etkisinin olmadığı belirlenmiştir. TRP uygulamalarının ise istatistiksel bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Kök uzunluğunda tüm TRP dozları kontrole göre önemli bir artış sağlamıştır. YŞXTRP interaksiyonu ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. Çileklerde yapılan TRP doz uygulamalarının kök uzunluğuna önemli etki yaptığı bildirilmiştir (Çelik, 2023). Sanada ve Agehara (2023) soya fasulyesine uyguladıkları TRP'nin kök alanını %14 oranında artırdığı, köklerin yüzey alanını %21 oranında artırırken, kök uzamasını ise az miktarda azalttığı bildirmişlerdir. Maş fasulyesine topraktan uygulanan TRP'nin kökleri uzattığını tespit edilmiştir (Hussain vd., 2011).

Çalışmamızdan elde edilen klorofil miktarlarına bakıldığında yetiştirme şartları ve TRP dozları istatistiksel olarak önemli olurken YŞXTRP interaksiyonu ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Kuraklık şartları ile birlikte klorofil miktarı (47.20 SPAD) artmıştır. TRP dozları incelendiğinde en iyi sonuç 1.0 mM (50.00 SPAD) uygulamasından elde edilmiştir. Çilekte yapılan kuraklık çalışmalarına kuraklık stresi ile birlikte klorofil miktarının azaldığı bildirilmiştir (Yenni vd., 2022; Zahedi vd., 2023). Çalışmadaki verilere bakıldığında klorofil miktarının kuraklık stresi ile birlikte arttığı görülmektedir. Klorofil miktarını belirlerken kullandığımız cihazın ölçme yöntemi ile diğer makalelerde kullanılan analizlerin değerlendirmelerinin farklılığından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Kullandığımız cihaz (Konica Minolta SPAD-502 Plus Marka Chlorophyll Meter), birim alandaki klorofil miktarını ölçmektedir. Kuraklıkla beraber yaprak alanında küçüldüğünden bu miktar oransal olarak artmış olabileceği düşünülmektedir. Diğer kimyasal analizlerde ise birim ağırlıktaki klorofil miktarını ölçmektedir.

Gövde çapı incelendiğinde yetiştirme şartlarının ve YŞXTRP interaksiyonuna istatistiksel olarak önemli olurken TRP dozları önemsiz olmuştur. Kuraklık stresi ile birlikte çilek fidelerinin gövde çapı önemli derecede azalmış olduğu belirlenmiştir. Normal şartlarda yetiştirilen çilek fidelerinin gövde çapı 7.40 mm, kurak şartlarda ise 5.88 mm olarak ölçülmüştür. YŞXTRP interaksiyonu incelendiğinde normal şartlarda 0.5 mM TRP dozu (8.22 mm) en iyi sonucu verirken kurak şartlarda ise en iyi sonucu 2 mM TRP (6.50 mm) dozundan elde edilmiştir. İbrahim vd., 2022 çileklerde yürüttükleri çalışmada kuraklık şiddeti arttıkça gövde çaplarının azaldığını bildirmişlerdir. Çelik (2023) yaptığı çalışmada

ilek fidelerinin gövde çapı verileri incelendiğinde TRP dozun önemsiz olduğu görülmüstür. Sarvar ve Frankenberger (1994), yaptıkları çalışmada TRP uygulamasının mısır bitkisinde gövde çapını arttırdığını tespit etmişlerdir.

4.2 Bitki AĞırlıkları zerine Etkisi

Çalışmamızda TRP uygulamasının ilek fidelerinin ağırlıkları üzerine etkisi Tablo 3’de verilmiştir.

Denememizde taze yaprak ağırlıkları incelendiğinde yetiştirme şartları ve TRP dozlarının istatistiksel bir öneme sahipken YşXTRP interaksiyonun önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Veriler incelendiğinde kurak şartlarda yetişen ilek fidelerinin taze yaprak ağırlıklarının (5.74 g) daha yüksek olduğu buna karşılık kurak stresine maruz kalanların (3.92 g) ağırlıklarının düştüğü görülmüstür. TRP dozları incelendiğinde ise en iyi sonucun 1.5 ve 2.0 mM dozlarından (5.51 g) elde edildiği belirlenmiştir. Klamkowski ve Treder (2006) kuraklık stresinin çilekte etkilerini araştırdığı çalışmalarında, stres şiddeti arttığa yaprak ağırlığının azaldığını rapor etmişlerdir.

Denemeden elde edilen taze gövde ağırlıklarına bakıldığında istatistiksel olarak sadece yetiştirme şartlarının önemli olduğu görülmüstür. ilek fideleri normal şartlarda yetiştirildiğinde taze gövde ağırlıkları 1.10 g olurken kurak şartlarda yetiştirilenlerin 0.48 g olduğu belirlenmiştir.

Denememizin taze kök ağırlıkları üzerine yetiştirme şartları, TRP dozları ve YşXTRP koşullarının istatistiksel olarak bir etkisi belirlenmemiştir. Yine de veriler incelendiğinde kurak koşullarda kök ağırlığının azaldığı görülmektedir. Aynı şekilde 2 mm TRP uygulamasından da en ağır taze kök ağırlıkları elde edildiği görülmektedir. Kuraklık stresine maruz bırakılan çileklerde taze kök ağırlıklarının azaldığı tespit edilen çalışmalar mevcuttur (Klamkowski ve Treder, 2006).

Kuru yaprak ağırlıkları incelendiğinde yetiştirme şartları ve YşXTRP istatistiksel olarak önemli olurken TRP dozları önemsiz olmuştur. Normal şartlarda yetiştirilen fidelerin kuru yaprak ağırlığı 2.95 g, kurak şartlarda yetiştirilenlerin ise 2.16 g olarak llmstr. İnteraksiyona bakıldığında normal şartlarda en ağır kuru yapraklar kontrol ve 1.0 mM TRP dozundan (3.13 g) elde edilmiştir. Kurak şartlara bakıldığında ise en ağır kuru yapraklar 2.0 mM uygulamasından (2.95 g) elde edildiği görülmektedir.

Denememizde kuru gövde ağırlıkları üzerine yetiştirme şartları önemli olurken TRP dozları ve YşXTRP interaksiyonu önemsiz olmuştur. Kuraklık stresi kuru gövde ağırlıklarını önemli derecede azaltmıştır. Normal şartlarda yetiştirilen fidelerin kuru gövde ağırlıkları 0.53 g olurken kurak şartlarda yetiştirilenlerin 0.24 g olmuştur.

Çalışmamızda kuru kök ağırlıkları üzerine yetiştirme şartları, TRP dozları ve YŞXTRP dozlarının istatistiksel olarak bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Sayısal olarak kuraklık stresi kuru kök ağırlıkları azalttığı ve 2.0 mM TRP dozunun ise arttırdığı görülmektedir.

Faaek ve Pırlak (2021), farklı çilek çeşitlerinin kuraklık stresine karşı dayanıklılığının araştırdığı çalışmalarında kuraklık stresinin toplam taze bitki ağırlıklarının azalttığını bildirmişlerdir. Acı baklada kuraklık stresinin etkisinin belirlendiği çalışmada kurak şartlara maruz bırakılan ve TRP uygulanan bitkilerin ağırlıklarının kontrol bitkilerine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir (Sadak ve Ramadan, 2021). L-TRP'nin etkisini değerlendirmek için mısır bitkisinin büyümesi üzerine indol-3-asetamid (IAM), triptofan (TRP) ve indol-3-asetik asit (IAA) uygulamaları çalışmanın sonunda ve sürgün kuru ve taze ağırlıkları TRP (2.0 x 10⁻² mg kg⁻¹ topraktan uygulama) uygulamasında önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür (Sarwar ve Frankenberger, 1994).

Tablo 4.2 TRP uygulamasının çilek fidelerinde bitki ağırlıkları üzerine etkisi

UYGULAMA	Taze Ağırlık (g)			Kuru Ağırlık (g)		
	Yaprak	Gövde	Kök	Yaprak	Gövde	Kök
Yetiştirme Şartları						
Normal Şart	5.74a	1.10a	1.99	2.95a	0.53a	1.33
Kuraklık	3.92b	0.48b	1.69	2.16b	0.24b	1.18
TRP Dozları						
0.0mM	4.71ab	0.67	1.91	2.69	0.35b	1.29
0.5 mM	4.23b	0.64	1.53	2.34	0.33b	1.06
1.0mM	4.19b	0.79	1.75	2.39	0.38b	1.22
1.5mM	5.51a	0.89	1.89	2.42	0.39b	1.28
2.0mM	5.51a	0.98	2.12	2.94	0.54b	1.41
YŞXTRP						
NŞX0.0	5.28	0.97	1.32	3.13a	0.49	1.00
NŞX0.5	5.47	1.05	1.62	3.04ab	0.54	1.15
NŞX1.0	5.36	1.18	2.04	3.13a	0.55	1.40
NŞX1.5	6.37	1.08	1.66	2.51b	0.51	1.13
NŞX2.0	6.23	1.23	1.81	2.92ab	0.56	1.21
KSX0.0	4.14	0.36	2.50	2.24c	0.20	1.58
KSX0.5	2.99	0.24	1.44	1.63d	0.13	0.98
KSX1.0	3.02	0.40	1.46	1.66d	0.21	1.04
KSX1.5	4.66	0.69	2.12	2.33c	0.28	1.42
KSX2.0	4.79	0.72	2.42	2.95ab	0.37	1.61
ÖNEMLİLİK						
Yetiştirme Şartı	**	**	ÖD	**	**	ÖD
TRP Dozu	*	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
YŞXTRP	ÖD	ÖD	ÖD	*	ÖD	ÖD

*Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar Duncan testine göre %5 düzeyinde farklılık gösterir. ÖD: Önemli değil

Farklı çilek çeşitlerinin kuraklık stresine karşı adaptasyonunun değerlendirildiği çalışmada strese maruz bırakılan çilek bitkilerinde toplam kuru ağırlığın azaldığı belirlenmiştir

(Faaek ve Pırlak 2021). Çilekte vejetatif büyüme üzerine TRP uygulamalarının etkisinin incelendiği bir araştırmada kuru ağırlık değerleri TRP dozları tarafından önemli derecede etkilendiği bildirilmiştir. Soya fasulyesinde yapılan bir çalışmada TRP uygulamasının kuru madde birikimini arttırdığı rapor edilmiştir (Sanada ve Agehara, 2023).

4.3 Bazı Biyokimyasallar Üzerine Etkisi

Çalışmamızda TRP uygulamasının çilek fidelerinin yapraklarında ölçülen bazı biyokimyasal parametreler üzerine etkisi Tablo 4’de verilmiştir.

Toplam fenolik miktarı verileri incelendiğinde yetiştirme şartlarının ve YŞXTRP interaksiyonunun istatistiksel olarak bir etkisi belirlenmezken TRP dozlarının etkisi önemli olduğu tespit edilmiştir. En yüksek miktar 8.10 GAE mg g⁻¹ ile 1.0 TRP dozunda elde edilirken en düşük doz 5.30 GAE mg g⁻¹ ile kontrol grubunda elde edilmiştir. Zahedi vd. (2023), yaptıkları çalışmada, kuraklık stresinin şiddeti arttıkça toplam fenolik madde içeriklerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Denememizde ölçülen prolin miktarı üzerine yetiştirme şartları, TRP dozlarının ve YŞXTRP interaksiyonunun istatistiksel olarak çok önemli etkisi görülmüştür. Yetiştirme şartları incelendiğinde kurak koşullarda (0,035 µmol g⁻¹) çileklerde prolin miktarı beklenildiği gibi arttığı görülmüştür. TRP dozlarına bakıldığında en yüksek değer kontrol grubunda 0,060 µmol g⁻¹ olarak ölçülmüştür. YŞXTRP interaksiyonunda kurak şart kontrol grubunda (0,096 µmol g⁻¹) miktar olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızın prolin değerleri incelendiğinde TRP uygulamaları prolin miktarlarının düşürdüğü görülmektedir. Çileklerde yapılan kuraklık çalışmalarında kuraklık stresi ile birlikte prolin miktarının arttığı tespit edilmiştir (Vardhardajula vd., 2011; Sun vd., 2013; Bano ve Qureshi, 2017; Cetin ve Daler, 2017; Yenni vd., 2022; Zahedi vd., 2023). Ancak Aybek (2024), biberlerde kuraklık stresine karşı TRP’nin etkilerini araştırdığı çalışmasında, normal şart ve kurak uygulamalarının kontrol grubundaki bitkiler TRP uygulanan bitkilere oranla daha fazla prolin miktarına sahip olduğunu bildirmiştir. Bitki hücrelerinde stresli ortamlarda miktarı artan prolin, abiyotik stres koşullarında görev yapan tek osmolit değildir. Glisin betain, poliaminler, mannitol, trehaloz, sukroz gibi diğer osmolitler de mevcuttur (Çulha ve Çakırlar, 2011). Asmalarda yapılan bir kuraklık çalışmasında glisin betain, mannitol ve karbonhidratlarında arttığı belirlenmiştir (Özmen, 2015). Çalışmamızda uygulanan TRP’nin diğer osmolitlerin seviyesini arttırdığı düşünülmektedir. Tuz stresine maruz

birakılan çileklere TRP uygulamaları yapıldığında yapraklarındaki prolin miktarı üzerine triptofan uygulamalarının önemsiz olduğu belirlenmiştir (Özyalın vd., 2022). Triptofan uygulamaları orta şiddette stres koşullarında prolin miktarını azalttığı, yüksek düzeyde ise prolin miktarını arttırdığı bildirmişlerdir (Özyalın vd., 2022).

MDA içerikleri incelendiğinde yetiştirme şartları, TRP dozları ve YŞXTRP interaksyonu istatistiksel olarak çok önemli olmuştur. Yetiştirme şartlarında ise normal koşullarda ölçülen MDA içeriği $6.50 \mu\text{mol g}^{-1}$ olurken kurak şartlarda $7.59 \mu\text{mol g}^{-1}$ olmuştur.

Tablo 4.3 TRP uygulamasının çilek fidelerinde bazı biyokimyasal parametreleri üzerine etkisi

UYGULAMA	Toplam Fenolik Madde (GAE) (mg g^{-1})	Prolin ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	MDA ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	H ₂ O ₂ ($\mu\text{mol g}^{-1}$)
Yetiştirme Şartları				
Normal Şart	6.93	0.022 b	6.50	1.54b
Kuraklık	6.71	0.035 a	7.59	1.68a
TRP Dozları				
0.0mM	5.30 c	0.060 a	9.32 a	1.78a
0.5mM	7.36 ab	0.021 b	6.66 bc	1.60ab
1.0mM	8.10 a	0.020 b	7.02 b	1.58ab
1.5mM	7.37 ab	0.020 b	5.69 c	1.42b
2.0mM	5.99 bc	0.020 b	6.55 bc	1.66ab
YŞXTRP				
NŞX0.0	4.73	0.023 bc	8.00 bc	1.59
NŞX0.5	8.09	0.026 b	5.92 def	1.50
NŞX1.0	8.62	0.021bcd	5.00 fe	1.70
NŞX1.5	7.94	0.019 cd	6.81 cde	1.34
NŞX2.0	5.28	0.020 cd	6.78 cde	1.58
KSX0.0	5.88	0.096 a	10.65 a	1.97
KSX0.5	6.62	0.016 d	7.39 bcd	1.71
KSX1.0	7.57	0.020 cd	9.04 ab	1.46
KSX1.5	6.81	0.022 bc	4.58 e	1.50
KSX2.0	6.70	0.021bcd	2.31 cf	1.75
ÖNEMLİLİK				
Yetiştirme Şartı	ÖD	**	**	*
TRP Dozu	*	**	**	*
YŞXTRP	ÖD	**	**	ÖD

*Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar Duncan testine göre %5 düzeyinde farklılık gösterir. ÖD: Önemli değil

TRP dozlarında ise en düşük MDA içeriği 1.5 mM (5.69 $\mu\text{mol g}^{-1}$) uygulamasından elde edilmiştir. YŞXTRP interaksyonu incelendiğinde kurak koşullarda MDA içeriğini arttırmış sadece kurak şartlarda 1.5 ve 2.0 mM uygulamalarında MDA miktarı düşmüş ve en iyi sonucu bu iki uygulamada vermiştir.

Çeşitli çalışmalarında kuraklık stresine maruz kalan çileklerde MDA miktarının arttığı rapor edilmiştir (Sun ve ark.,2013; Yenni vd, 2022). MDA üretimi, hücre zarı hasarının bir göstergesi olarak kabul edilir. Biberde yapılan triptofan uygulamalarının MDA içeriğini düşürdüğü tespit edilmiştir (Korkmaz vd., 2020). Özyalın vd., (2022) yaptıkları çalışmada da benzer şekilde triptofan uygulaması ile çilek fidelerindeki MDA içeriği önemli düzeyde azalttığını rapor etmişlerdir.

Denemeden elde edilen hidrojen peroksit içeriği üzerine yetiştirme şartları ve TRP dozları önemli olurken YŞXTRP interaksyonu önemsiz olmuştur. Kuraklık koşulları H_2O_2 içeriğini artırmıştır. En az H_2O_2 miktarı ise 1.42 $\mu\text{mol g}^{-1}$ ile 1.5 mM TRP dozunda tespit edilmiştir (Tablo 4).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal dengenin bozulmasıyla artan sıcaklık ve suyun yanlış kullanımı nedeniyle kuraklık tehdidi dünya genelinde hızla yayılmaktadır. İnsanoğlunun etkisi ile küresel ısınmaya bağlı bu iklim değişikliği ülkemizde de yoğun şekilde etkili olacağı bildirilmektedir.

Dünya ve ülkemizde sevilerek tüketilen çilek bitkisi yüzeysel kök sistemine sahip olduğundan kuraklık stresine karşı toleransı çok azdır. Kuraklık stresine maruz kalan çilek öncelikle bitki büyümesini durdurmakta dolayısıyla verimde ciddi bir azalış meydana gelmektedir. Kuraklık stresinde bitki büyümesini devam ettiren uygulamaların çilek yetiştiriciliğinde etkili olabileceği düşünülmektedir.

IAA bitki büyüme hormonu ve melatonin bitki büyüme düzenleyicinin öncü maddesi olan Triptofan stres koşullarında bitki büyümesini desteklediği ve stresin şiddetini hafiflettiği bilinmektedir.

Kurak stresine karşı TRP uygulamalarının çileklerde vejetatif büyüme (yaprak alanı, kök uzunluğu, gövde çapı, klorofil içeriği ve bitki ağırlıkları) ve biyokimyasal özellikleri (prolin, MDA ve H₂O₂) üzerine etkilerinin incelediğimiz çalışmamızda 5 farklı doz (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mM) denenmiştir. Denemenin sonunda kuraklık stresi ile birlikte incelenen değerlerin (MDA içeriği hariç) çoğunda belirgin bir azalış görülmüştür. Uygulanan TRP ise bu etkiyi hafiflettiği belirlenmiştir. TRP dozları incelendiğinde en iyi sonuçları çoğunlukla 2.0 mM uygulamasından elde edildiği görülmüştür.

Bu sonuçlara dayanarak TRP uygulamalarının arazi koşullarında da değerlendirilmesinin faydalı olabileceği düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

Abbas S H, Sohail M, Saleem M, Mahmood T, Aziz I, Qamar M, Majeed A & Arif M (2013). Effect of L-tryptophan on plant weight and pod weight in chickpea under rainfed conditions. *SciTech Development*, 32, 277–280.

Abou Dahab, T., & Abd El-Aziz, N. G. (2006). Physiological effect of diphenylaminand tryptophan on the growth and chemical constituents of *Philodendron erubescens* plants. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2(1), 75-81.

Ağaoğlu, S., (1986). Üzümsü Meyveler. Ankara Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Ders Notları Yayınları*.

Ahemad M & Kibret M (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspectives. *Journal of King Saud University – Science*, 26: 1–20.

Arnao M.B., Hernandez-Ruiz J. (2014). Melatonin: plant growth regulator and/ or biostimulator during stress? *Trends in Plant Science*, 19(12), 789-797.

Aybak, H. Ç. (2000). *Çilek yetiştiriciliği*. Hasad Yayıncılık.

Aybek, N.M., 2024. *Biberde triptofan uygulamasının kuraklık stresi üzerine etkileri*, [Basılmamış Yüksek lisans tezi]. Yozgat Bozok Üniversitesi.

Balcı, G., Koç, A., Keles, H. & Kılıç, T. (2017). Yozgat koşullarında bazı çilek çeşitlerinin performanslarının değerlendirilmesi. *Meyve Bilimi*, 4 (2), 6-12.

Balcı, G., Demirsoy, H., & Demirsoy, L. (2019). Evaluation of performances of some organic waste in organic strawberry cultivation. *Waste and Biomass Valorization*, 10, 1151-1157.

Bano, N., & Qureshi, K. M. (2017). Responses of strawberry plant to pre-harvest application of salicylic acid in drought conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 30, 272-286.

Bates Waldren R.P. & Teare ID (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.

Bayram, S. E., Özeke, E. & Elmacı, Ö.L. (2013). Fonksiyonel gıdalar ve çilek. *Akademik Gıda*, 11(2), 131-137.

Blanke, M. M. & Cooke, D. T. (2004). Effects of flooding and drought on stomatal activity, transpiration, photosynthesis, water potential and water channel activity in strawberry stolon sand leaves. *Plant Growth Regulation*, 42, 153-160.

Boyer, L. R., Brain, P., Xu, X. M., & Jeffries, P. (2015). Inoculation of drought-stressed strawberry with a mixed inoculum of two arbuscular mycorrhizal fungi: effects on population dynamics of fungal species in roots and consequential plant tolerance to water deficiency. *Mycorrhiza*, 25, 215-227.

Cetin, E.S., & Daler, S. (2017). Mechanism of resistance against alkaline stress by plant growth-promoting Rhizobacteria in Vitis. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 4(7), 462-466.

Chen Z D, Huang J J, He J M & Cai K (1997). Influence of Ltryptophan applied to soil on yield and nutrient uptake of cabbage. *Acta Pedologica Sinica*, 34, 200–205.

Chen, T.H., & Murata, N. (2002). Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Current Opinion in Plant Biology*, 5(3), 250-257.

Çakmak, B. & Gökalp, Z., (2011). İklim değişikliği ve etkin su kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1), 87-95.

Çağlar, M., & Demirci, M. (2017). Üzümsü meyvelerde bulunan fenolik bileşikler ve beslenmedeki önemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(11), 18-26.

Çelik, Z. T. Triptofan uygulamasının çilek yetiştiriciliğinde vejetatif büyüme üzerine etkileri. *Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(2), 128-133.

Çeliktöpe, E., Kapur, B., Sarıdaş, M. A., & Kargı, S. P. (2018). Determining the yield and morpho-physiological responses of 'Fortuna' strawberry cv. of using different irrigation levels with bio-stimulant application. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 28(4), 368-374.

Çetinkaya, C. (2013). *Bazı çilek çeşitlerinde kuraklık stresi ile geri kazanım uygulamalarının fizyolojik etkileri* [Yüksek lisans tezi], Uludağ Üniversitesi.

Çulha, Ş., & Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2), 11-34.

Dawood, M. G., & Sadak, M. S. (2007). Physiological response of canola plants (*Brassica napus* L.) to tryptophan or benzyladenine. *Lucrarile științifice*, 50(9), 198-207.

El-Awadi M E, El-Bassinoy A M, Fawzy Z F & El-Nemr M A (2011). Response of snap bean (*Phaseolus Vulgaris* L) plants to nitrogen fertilizer and foliar application with methionine and tryptophan. *Acta Natura et Scientia*, 9, 87-94.

Faaek, M. F., & Pırlak, L. (2021). Morphological and physiological effects of drought stress on some strawberry cultivars. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 35(3), 194-201.

Farrant J.M., (2000). A Comparison of Mechanisms of desiccation tolerance among three angiosperm resurrection plant species. *Plant Ecology*, 151, 29-39.

Gerekli A, 2015. *Triptofan uygulamalarının tuz stresi altındaki biber tohumlarının çimlenme performansları üzerine etkilerinin incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi], Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.

Ghaderi, N., & Siosemardeh, A. (2011). Response to drought stress of two strawberry cultivars (cv. Kurdistan and Selva). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52, 6-12.

Ghaderi, N. S. & Javadi, T. (2015). Morpho-physiological responses of strawberry (*Fragaria × ananassa*) to exogenous salicylic acid application under drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 167-178.

Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9-19.

Giné-Bordonaba, J. & Terry, L. A. (2010). Manipulating the taste related composition of strawberry fruits (*Fragaria × ananassa*) from different cultivars using deficit irrigation. *Food Chemistry*, 122, 1020-1026

Grant, O. M., Johnson, A. W., Davies, M. J., James, C. M., & Simpson, D. W. (2010). Physiological and morphological diversity of cultivated strawberry (*Fragaria× ananassa*) in response to water deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 68(3), 264-272.

Grant, O. M., Davies, M. J., Johnson, A. W., & Simpson, D. W. (2012). Physiological and growth responses to water deficits in cultivated strawberry (*Fragaria× ananassa*) and in one of its progenitors, *Fragaria chiloensis*. *Environmental and Experimental Botany*, 83, 23-32.

Hancı F (2019). The effect of l-tryptophan and melatonin on seed germination of some cool season vegetable species under salinity stress. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 1879-1891.

Hancı F, Ünal H & Arslan A (2019). L-Triptofan ve melatonin'in düşük ve yüksek sıcaklık koşullarında turp ve ıspanağın tohum çimlenme performansına etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*, 5(2), 203-211.

Hancı F., & 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.

Hassan T. U., & Bano A., 2015. The stimulatory effects of L-tryptophan and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on soil health and physiology of wheat. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15, 190–201.

Hussain, M. I., Akhtar, M. J., Asghar, H. N., & Ahmad, M. (2011). Growth, nodulation and yield of mash bean (*Vigna mungo* L.) as affected by *Rhizobium* inoculation and soil applied L-tryptophan. *Soil & Environment*, 30(1), 201-230.

IFOAM, 2010. One Earth, Many Minds: IFOAM Changes its Face 2009 Annual induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies*, 331(3).

Kalefetoğlu, T., & Ekmekci, Y. (2005). The effects of drought on plant sand tolerance mechanisms. *Gazi University Journal of Science*, 18(4), 723-740.

Klamkowski & Treder W. (2006). Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71, 159-165.

Klamkowski, K., & Treder, W. (2008). Response to droughtstress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16(16), 179-188.

Kapur, B., & Şahiner, Y. (2019). Effects of irrigation levels and mulch applications on pomological properties of strawberry. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(2), 355-364.

Korkmaz A, Gerekli A, Yakupoğlu G, Karaca A, & Köklü Ş 2020. Seed treatment with tryptophan improves germination and emergence of pepper under salinity stress. *XXX International Horticultural Congress IHC2018: II International Symposium on Soilless Culture and VIII International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops*, 441-448.

Kuşvuran, Ş. (2010). *Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar*. [Doktora Tezi]. Çukurova Üniversitesi.

Levitt, J. (1980). Responses of Plants to Environmental Stress, Volume 1: Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses. *Academic Press*. 497 pp.

Li, H., Li, T., Gordon, R. J., Asiedu, S. K., & Hu, K. (2010). Strawberry plant fruiting efficiency and its correlation with solar irradiance, temperature and reflectance water index variation. *Environmental and Experimental Botany*, 68(2), 165-174.

Liu, F., Savić, S., Jensen, C. R., Shahnazari, A., Jacobsen, S. E., Stikić, R., & Andersen, M. N. (2007). Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. *Scientia Horticulturae*, 111(2), 128-132.

LMcKersie, B.D & Leshem, Y. 1994. Stress and Stress Coping in Cultivated Plants. *Kluwer Academic Publishers*, Netherlands, 256 pp.

Meister, A. (1965). The Role of Amino Acids in Nutrition. *Biochemistry of the Amino Acids*. *Academic Press*, Inc., New York. 2nd edition. 1: 201-230.

Mosa, W. F., Ali, H. M., & Abdelsalam, N. R. (2021). The utilization of tryptophan and glycine amino acids as safe alternatives to chemical fertilizers in apple orchards. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 1983-1991.

Mozafari, A. A., Ghaderi, N., Havas, F., & Dedejani, S. 2019. Comparative investigation of structural relationships among morpho-physiological and biochemical

properties of strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) under drought and salinity stresses: A study based on in vitro culture. *Scientia Horticulturae*, 256, 108601.

Muneer M., Saleem M., Abbas S. H., Hussain I & Asim M. (2009). Using L-tryptophan to influence the crop growth of maize at different harvesting stages. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology* 6: 251–255.

Mustafa A, Hussain A, Naveed M, Ditta A, Nazli Z E H & Sattar A. (2016). Response of okra (*Abelmoschus sculentus* L.) to soil and foliar applied L-tryptophan. *Soil and Environment*, 35: 76–84.

Namal, E. R. (2019). *Fide yetiştiriciliğinde kullanılan farklı ortamların bazı fizikokimyasal özellikleri ile domates fide kalite parametrelerindeki değişimlerin belirlenmesi*. [Yüksek lisans tezi], Akdeniz Üniversitesi.

Nezhadahmadi, A., Faruq, G., & Rashid, K. (2015). The impact of drought stress on morphological and physiological parameters of three strawberry varieties in different growing conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 52(1).

Ibrahim, M. H., Nulit, R., & Sakimin, S. Z. (2022). Influence of drought stress on growth, biochemical changes and leaf gas exchange of strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) in Indonesia. *AIMS Agriculture and Food*, 7(1), 37-60.

Ödemiş, B., Candemir, D. K., & Evrendilek, F. (2020). Responses to drought stress levels of strawberry grown in greenhouse conditions. *Horticultural Studies*, 37(2), 113-122.

Örs, S., & Ekinci, M. (2015). Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. *Derim*, 32(2), 237-250.

Özden M., Demirel U., & Kahraman A. 2009. Effects of proline on antioxidant system in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.) exposed to oxidative stress by H₂O₂. *Scientia Horticulturae*, 119: 163-168.

Özmen, Y. C. (2015). *Asmada kök stres transkriptomlarının belirlenmesine yönelik mikrodizin analizleri*. [Yüksek lisans tezi], Ankara Üniversitesi.

Özyalın, S., Mert, M., & Balcı, G. (2022). Triptofan Uygulamalarının Tuz Stresi Koşullarındaki Çilek Fidelerinin Bazı Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi. *5th International Conference On Innovative Studies Of Contemporary Sciences* January 14-16, 2022 / Tokyo – Japan, 119-128.

Palego L, Betti L, Rossi A & Giannaccini G (2016). Tryptophan biochemistry: Structural, nutritional, etabolic, and medical aspects in human. *Journal of Amino Acids*, <https://doi.org/10.1155/2016/8952520>.

Parvez M A, Muhammad F & Ahmad M (2000). Effect of auxin precursor (L-tryptophan) on the growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3, 1154–1155.

Perin E.C, R. D. S Messias, V. Galli, J.C. Borowski, E.R.D Souza, L.O.D Avila, A.L Bamberg & C.V Rombaldi. 2019. Mineral content and antioxidant compounds in strawberry fruit submitted to drough stress. *Food Science and Technology*, 39, 245-254.

Rao, S. R., Qayyum, A., Razzaq, A., Ahmad, M., Mahmood, I., & Sher, A. (2012). Role of Foliar Application of Salicylic Acid and L-Tryptophan in Drought Tolerance of Maize. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22(3), 768-772.

Sadak M S & Ramadan A (2021). Impact of melatonin and tryptophan on water stress tolerance in white lupine (*Lupinus termis* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 27(3): 469-481.

Sanada, A., & Agehara, S. (2023). Characterizing Root Morphological Responses to Exogenous Tryptophan in Soybean (*Glycinemax*) Seedlings Using a Scanner-Based Rhizotron System. *Plants*, 12(1), 186.

Sarwar, M., & Frankenberger, W. T. (1994). Influence of L-tryptophan and auxins applied to the rhizosphere on the vegetative growth of *Zea mays* L. *Plant and Soil*, 160, 97-104.

Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., & Zhao, C. X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes rendus biologies*, 331(3), 215-225.

Shen, X., Zhou, Y., Duan, L., Li, Z., Eneji, A. E., & Li, J. (2010). Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. *Journal of Plant Physiology*, 167(15), 1248-1252.

Sun, C. H., Wang, D., Hu, Y. L., Li, X. H., Zhang, W. D., Sun, J., & Gao, X. L. (2013). Effects of salicylic acid on physiological characteristics of strawberry leaves under drought stress. *European Journal of Horticultural Science*, 1, 106-111.

Tiwari N, Purohit M, Sharma G., & Nautiyal A.R. (2013). Changes in morpho-physiology of grown under different water regimes. *Natural Sciences*,11(9):76-83.

Türemiş, N., Ağaoğlu, Y. S., 2013. *Çilek. Üzümsü Meyveler*, Editörler: Ağaoğlu, S. ve R., Gerçekcioğlu, Tomurcukbağ Ltd. Şti. Eğitim Yayınları, No:1, Ankara, s. 57- 120.

USDA (US Department of Agriculture, Agriculture Research Service), 2010. National nutrient for standard references, release 23. *Fruits and fruit juices*; 2010, pp. 785–7. Available at: <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964>. Accessed on January 22, 2016).

Vardharajula, S., Zulfikar Ali, S., Grover, M., Reddy, G., & Bandi, V. (2011). Drought-tolerant plant growth promoting *Bacillus* spp. effect on growth, osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stres. *Journal of Plant Interaction*, 6(1):1-14.

Vatansever D., N., & Çelik, N., 2017. Dünyada ve Türkiye’de Organik Tarımın Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10, 48, <https://www.researchgate.net>, (17 Ağustos 2017).

Wang, W. X., Vinocur, B, Shoseyov, O., & Altman, A. 2001. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. *Acta Horticulturae*, 560:285–292.

Wang, W., Vinocur, B., & Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1-7.

Xiaohong, Z., Xuehui, S., Dingwei, M., Yuanfei, H. & Sihui, D. (2004). Study on the effects of tryptophan on the growth and fruit quality of sophie strawberry cultivar (J). *Journal of Fruit Science*, 6.

Yakupoğlu G., Köklü Ş., & Korkmaz A. (2018). Phyto melatonin and Its Roles in Plants. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 21(2),264-276.

Yassen A A, Mazher A A M & Zaghloul S M (2010). Response of anise plants to nitrogen fertilizer and foliar spray of tryptophan under agricultural drainage water. *New York Science Journal*, 3, 120–127.

Yenni, M. H. I., Nulit, R., & Sakimin, S. Z. (2022). Influence of drought stress on growth, biochemical changes and leaf gas exchange of strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) in Indonesia. *Aims Agriculture and Food*, 7(1), 37-60.

Zahedi, S. M., Hosseini, M. S., Fahadi Hoveizeh, N., Kadkhodaei, S., & Vaculik, M. (2023). Physiological and biochemical responses of commercial strawberry cultivars under optimal and drought stress conditions. *Plants*, 12(3), 496.

Zhang, Y., Guo, H., Kwan, H., Wang, J. W., Kosek, J., & Lu, B. (2007). PAR-1 kinase phosphorylates Dlg and regulates its postsynaptic targeting at the *Drosophila* neuromuscular junction. *Neuron*, 53(2), 201-215.



Serpil KIZILAY

Yüksek Lisans Tezi

YOZGAT 2024



**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

