



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

**24-EPIBRASSİNOLİDE'İN KİREÇ STRESİ
KOŞULLARINDA SWEET ANN ÇİLEK FİDELERİNİN
VEJETATİF BÜYÜMESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

GAMZE ZEHİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Aysen KOÇ

HAZİRAN – 2023

YOZGAT

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

24-EPIBRASSİNOLİDE'İN KİREÇ STRESİ
KOŞULLARINDA SWEET ANN ÇİLEK FİDELERİNİN
VEJETATİF BÜYÜMESİ ÜZERİNE ETKİSİ

GAMZE ZEHİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Aysen KOÇ

HAZİRAN – 2023

YOZGAT



YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ONAY FORMU

T.C.

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Enstitümüzün Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Gamze ZEHİR'in hazırladığı “**24-Epibrassinolide’in Kireç Stresi Koşullarında Sweet Ann Çilek Fidelerinin Vejetatif Büyümesi Üzerine Etkisi**” başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri gereğince 23/06/2023 cuma günü saat 13:30’da yapılmış, tezin onayına oy birliği ile karar verilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Yaşar ERTÜRK

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Aysen KOÇ

(Danışman)

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Emine Sema ÇETİN

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu’nun/...../..... tarih ve sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

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

Prof. Dr. Hasan Güner BERKANT

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 kabullendiğini beyan ederim.

Gamze ZEHİR

23/06/2023

ÖN SÖZ

Bu çalışmada ülkemizde ve tüm dünyada sevilen, yetiştiriciliği oldukça yaygınlaşan ve üzüksü bir meyve türü olan çileğin, yetiştiriciliğinde önemli problem olan klorozun, genellikle kireçli topraklarda ortaya çıktığı, verim ve kalite bakımından ciddi sorunlara yol açtığı bilinmektedir. Araştırmada yetiştiriciliğinin oldukça yaygın olması sebebiyle çileğin, kireçli ortamlarda BR uygulamalarının vejetatif büyüme üzerine etkileri dikkate alınmıştır.

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle elinden gelenin fazlasını sunan, güler yüzünü ve samimiyetini benden hiç esirgemeyen kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Aysen KOÇ'a teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum. Çalışma konusunun belirlenmesinde ve çalışmanın hazırlanma sürecinin her aşamasında bilgilerini, tecrübelerini ve zamanlarını esirgemeyerek bana her fırsatta yardımcı olan değerli hocalarım Doç. Dr. Emine Sema ÇETİN ve Ziraat Yüksek Mühendisi Birol KOÇ'a teşekkür ederim. Çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli eşim Ali ZEHİR'e ve yaşamının en kıymetli zamanlarını benimle paylaşan oğlum Aslan ZEHİR'e, meslek hayatım boyunca beni destekleyen, yardımlarını esirgemeyen, haklarını asla ödeyemeyeceğim annem ve babama teşekkürü borç bilirim.

Gamze ZEHİR

23/06/2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

24–EPIBRASSINOLİDE’İN KİREÇ STRESİ KOŞULLARINDA SWEET ANN ÇİLEK FİDELERİNİN VEJETATİF BÜYÜMESİ ÜZERİNE ETKİSİ

GAMZE ZEHİR

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. AYSEN KOÇ

Araştırma, 2022-2023 yıllarında Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait serasında yürütülmüştür. Çalışma, Sweet Ann çilek çeşidinin farklı kireç seviyelerine tepkilerini ve 24– Epibrassinolide uygulamalarının vejetatif büyüme üzerine etkilerini tespit etmek amacıyla 3 litrelik saksılarda kurulmuştur. Kireç ve BR uygulamaları sonucunda yaprak, gövde ve kök yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak klorofil içeriği, yaprak sayısı ve alanı ölçümleri yapılmıştır. Bitki büyüme ve gelişmesi kireç dozlarının artışına bağlı olarak olumsuz etkilendiği görülmüştür. BR uygulamaları kireçli şartlarda yaprak ve kök yaş ağırlığını, demir ve çinko alımını artırdığı belirlenmiştir. Yaprak yaş ağırlığı en yüksek %10 Kireç x 2 mg.L⁻¹ BR (3,21 g), %10 Kireç x 0 mg.L⁻¹ BR (3,20 g), %5 Kireç x 0 mg.L⁻¹ BR (3,14 g), %0 Kireç x 1 mg.L⁻¹ BR (3,20 g) ve %0 Kireç x 2 mg.L⁻¹ BR (3,14 g) uygulamalarında tespit edilmiştir. Yaprak kuru ağırlıkları 1,07 g (%10 Kireç x 2 mg.L⁻¹ BR) ile 1,21 g (%5 Kireç x 0 mg.L⁻¹ BR) arasında değişmiştir. Yaprak alanı bakımından Kireç x BR interaksyonunda en yüksek yaprak alanı 32,13 cm² ile %0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR ve 33,60 cm² ile %0 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR kombinasyonlarında tespit edilmiştir. Yaprak klorofil içeriği SPAD değeri bakımından incelendiğinde Kireç x BR interaksyonu istatistiki olarak en yüksek % 0 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR, % 5 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR, % 10 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR interaksyonundan elde edilmiştir. En yüksek stoma iletkenliği değerleri %0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR, %0 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR, %10 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR ve %10 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR uygulamalarından sağlanmıştır. Lipid peroksidasyonu (MDA) değeri dikkate alındığında Kireç x BR interaksyonunda %10 kireç x 2 mg.L⁻¹ BR, %5 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR ve %5 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR uygulamaları istatistiki olarak en yüksek değerleri vermiştir.

2023, xi+47 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Çilek, Kireç, Brassinosteroid, Vejetatif büyüme

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE EFFECT OF 24-EPIBRASSINOLIDE ON VEGETATIVE GROWTH OF SWEET ANN STRAWBERRY SEEDLING UNDER LIME STRESS CONDITIONS

GAMZE ZEHİR

**YOZGAT BOZOK UNIVERSITY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
DEPARTMENT OF HORTICULTURE**

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. AYSEN KOÇ

The research was carried out in the greenhouse of Yozgat Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture in 2022-2023. The study was set up in 3-liter pots to determine the responses of the Sweet Ann strawberry variety to different lime levels and the effects of 24-Epibrassinolide applications on vegetative growth. As a result of lime and BR applications, leaf, stem and root fresh and dry weights, leaf chlorophyll content, leaf number and area measurements were made. It was observed that plant growth and development were adversely affected by the increase in lime doses. It was determined that BR applications increased leaf and root fresh weight, iron and zinc uptake in calcareous conditions. Leaf wet weight was determined the highest in applications of 10% Lime x 2 mg.L⁻¹ BR (3,21 g), 10% Lime x 0 mg.L⁻¹ BR (3,20 g), 5% Lime x 0 mg.L⁻¹ BR (3,14 g), 0% Lime x 1 mg.L⁻¹ BR (3,20 g), and 0% Lime x 2 mg.L⁻¹ BR (3,14 g). Leaf dry weights ranged from 1,07 g (10% Lime x 2 mg.L⁻¹ BR) to 1,21 g (5% Lime x 0 mg.L⁻¹ BR). Regarding leaf area, the highest leaf area in the interaction of Lime x BR was determined with 32,13 cm² combination of 0% lime x 0 mg.L⁻¹ BR and 33,60 cm² with 0% lime x 1 mg.L⁻¹ BR. When the leaf chlorophyll content was examined in terms of SPAD value, Lime x BR interaction were statistically the highest in the combinations of 0% lime x 1 mg.L⁻¹ BR, 5% lime x 0 mg.L⁻¹ BR, and 10% lime x 0 mg.L⁻¹ BR. The highest stomatal conductivity values were provided from 0% lime x 0 mg.L⁻¹ BR, 0% lime x 1 mg.L⁻¹ BR, 10% lime x 0 mg.L⁻¹ BR and 10% lime x 1 mg.L⁻¹ BR applications. Considering the lipid peroxidation (MDA) value in the lime x BR interaction, gave statistically significant the highest values 10% lime x 2 mg.L⁻¹ BR, 5% lime x 1 mg.L⁻¹ BR and 5% lime x 0 mg.L⁻¹ BR applications.

2023, xi+47 Pages

Keywords: Strawberry, Lime, Brassinosteroid, 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
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1. Topraktaki Kireç ve Demirin Durumu İle İlgili Çalışmalar	7
2.2. Brassinosteroid İle İlgili Çalışmalar	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Materyal	13
3.1.1. Bitkisel Materyal	13
3.1.2. Kullanılan Bitki Hormonu	14
3.1.3. Yetiştirme Ortamları	14
3.1.4. Çalışmada Kullanılan Besin Çözeltisi	14
3.2. Yöntem	15
3.2.1. Yetiştirme Ortamının Hazırlanması ve 24-eBL Uygulamalarının Yapılması	15
3.2.2. Yapılan Ölçüm ve Analizler	16
3.2.2.1. Bitki Yaş ve Kuru Ağırlığı	16
3.2.2.2. Bitki Başına Yaprak Sayısı	16
3.2.2.3. Yaprak Alanı	17
3.2.2.4. Yaprak Rengi	17
3.2.2.5. Yaprak Klorofil İçeriği	17
3.2.2.6. Yaprak Antosiyanin İçeriği	17
3.2.2.7. Stoma İletkenliği	17
3.2.2.8. Lipid Peroksidasyonu İçeriği	17

	<u>Sayfa</u>
3.2.2.9. Yaprakta Besin Elementi	18
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	19
4.1.Bitki Yaş ve Kuru Ağırlığı.....	19
4.2. Bitki Başına Yaprak Sayısı, Yaprak Alanı ve Yaprak Rengi	21
4.3. Klorofil, Antosiyanin, Lipid Peroksidasyonu Değerleri ve Stoma İletkenliği	24
4.4. Yaprakta Besin Elementi	29
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	33
6. KAYNAKLAR	36



TABLolar LİSTESİ

<u>Tablo</u>		<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1.	Dünya çilek denge tablosu	2
Tablo 1.2.	2021 yılı çilek üreticisi ülkelerin üretim miktarları (ton) ve üretim alanları (da)	3
Tablo 1.3.	Türkiye çilek üretim verileri	3
Tablo 3.1.	Bitki beslemede kullanılan gübrenin içeriği.....	14
Tablo 4.1.	Kireç uygulamalarının yaprak, gövde, kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri	19
Tablo 4.2.	BR uygulamalarının yaprak, gövde, kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri	20
Tablo 4.3.	Kireç x BR uygulamalarının yaprak, gövde, kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri	20
Tablo 4.4.	Kireç dozlarının yaprak sayısı, yaprak alanı ve yaprak rengi özellikleri üzerine etkileri	23
Tablo 4.5.	BR dozlarının yaprak sayısı, yaprak alanı ve yaprak rengi özellikleri üzerine etkileri	23
Tablo 4.6.	Kireç x BR interaksiyonun yaprak sayısı, yaprak alanı ve yaprak rengi özellikleri üzerine etkileri	24
Tablo 4.7.	Kireç dozlarının klorofil, antosiyanin, stoma iletkenliği ve lipid peroksidasyonu üzerine etkileri.....	28
Tablo 4.8.	BR dozlarının klorofil, antosiyanin, stoma iletkenliği ve lipid peroksidasyonu üzerine etkileri	28
Tablo 4.9.	Kireç x BR interaksiyonun klorofil, antosiyanin, stoma iletkenliği ve lipid peroksidasyonu üzerine etkileri	28
Tablo 4.10.	Kireç dozlarının yaprakta bazı besin elementleri üzerine etkileri.....	32
Tablo 4.11.	BR uygulamalarının yaprakta bazı besin elementleri üzerine etkileri	32
Tablo 4.12.	Kireç x BR uygulamalarının yaprakta bazı besin elementleri üzerine etkileri	32

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1.	Sweet Ann çeşidi	13
Şekil 3.2.	BR'nin yapraklara uygulanması	15
Şekil 3.3.	Kireç x BR dozlarının kök gelişimine etkisi	16
Şekil 3.4.	Kireç x BR dozlarının deneme deseninde uygulanması	18



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

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

Simgeler	Açıklamalar
-----------------	--------------------

HCO₃	: Bikarbonat
------------------------	--------------

Ca	: Kalsiyum
-----------	------------

Mg	: Magnezyum
-----------	-------------

PO₄³⁻	: Fosfat
------------------------------------	----------

Mo	: Molibden
-----------	------------

Zn	: Çinko
-----------	---------

Cu	: Bakır
-----------	---------

Mn	: Mangan
-----------	----------

Kısaltmalar	Açıklamalar
--------------------	--------------------

24-eBL	: 24-epibrassinolide
---------------	----------------------

BR	: Brassinosteroid
-----------	-------------------

1. GİRİŞ

Kültür çileği (*Fragaria x ananassa* L.) *Rosales* takımı *Rosaceae* familyasından olup *Fragaria* cinsi içerisinde yer almaktadır. Dünyada birçok insanın zevkle tükettiği bir meyve olup yetiştiriciliği çok farklı ekolojilerde yapılmaktadır. Dünya üzerinde kuzey Avrupa ülkeleri ile ekvatora yakın ülkeler ve bu iki alan arasında kalan ılıman ve subtropik iklime sahip ülkelerde çilek yetiştiriciliği yapılmaktadır. Ülkemizde ve dünyada 28° ve 60° enlemler arasındaki ılıman ve subtropik iklim yapısına sahip bölgeler mevcut üretimin en fazla yapıldığı alanlardır (Ağaoğlu, 2013; Türemiş ve Ağaoğlu, 2013).

İlk olarak 1300'lü yıllarda Avrupa'da kültüre alınan çileğin 20. Yüzyıldan itibaren yapılmaya başlanılan modern ıslah çalışmalarıyla birlikte günümüzde 1000'den fazla yeni çeşidi bulunmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda Amerika, İtalya, Fransa, İspanya, Japonya, İngiltere ve Kanada en çok çeşit elde eden ülkeler olurken, Türkiye 38 çeşit ile 2021 yılında 669.195 ton çilek üreterek dünya üretiminde 3. sırada yer almıştır (Türemiş ve Ağaoğlu, 2013; Kargı, 2021; FAOSTAT, 2023).

Çilek (*Fragaria x ananassa*), oktoploid olan *F. chiloensis* ve *F. virginiana* türlerinin doğal bir melezi olarak ortaya çıkmıştır (Hancock ve Simpson, 1995). *Fragaria x ananassa*; *Fragaria chiloensis*'den dayanıklılık ve verimlilik, *F. virginiana*'dan meyve iriliği özellikleri ile ebeveynlerinden üstün bir tür olarak ticari boyut kazanmıştır (Chandler vd. 2012). Kromozom sayısı $x=7$ olması nedeniyle diploid ($2n=2x=14$) ile octoploid ve melezler ($2n=10x=70$) arasında ploidi düzeyi büyük varyasyon göstermektedir. Kültür çeşitlerinin kromozom sayısı $2n=8x=56$ 'dır (Ağaoğlu, 2013).

Çok farklı iklim ve toprak koşullarında yetiştirilebilen bir tür olan çilek örtüaltı üretimle erkenci veya geççi çeşitlerin de yetiştirilmesi sayesinde meyve rekabetinde iyi bir pazar payına sahip olmaktadır. Taze olarak sevilerek tüketilen bir meyve olmasının yanı sıra çeşitli (reçel, pasta gibi) tüketim olanaklarına sahip olması da bir avantajıdır. Günümüzde sağlık alanında yapılan çalışmalar, meyvelerin insan sağlığı üzerine önemini daha da artırmıştır. Çilek içerdiği fenolik bileşikler, tat ve aroma maddeleri ile zengin bir besin içeriğine sahiptir (Beattie vd., 2005).

Çilek sulamak şartıyla yıllık 250 mm yağışa sahip olan alanlarda, rakımı 3500 m'ye varan soğuk alanlarda, subtropik iklimlerde, yaz ayları boyunca sürekli aydınlık olan kuzey kutbunda dahi yetiştirilebilmektedir. Çilek bitkisi çok geniş sıcaklık aralıkları içerisinde yetiştirilse de kültüre alınan türleri -5°C'nin altındaki sıcaklıklarda zarar görmektedir.

Sıcaklık daha fazla düştüğünde ciddi hasarlar ortaya çıkmaktadır (Warmund, 1993). Çilekler için optimum sıcaklıklar 20 ile 26°C arasındadır. Büyüme ve gelişme 20°C'nin altındaki sıcaklıklarda yavaşlamakta, 35°C'den daha yüksek sıcaklıklarda ise durdurmaktadır (Galletta ve Bringham, 1990). Bitkinin büyüme ve gelişimi üzerine iklimsel özelliklerin etkisi çok önemlidir. İlkbahar dönemindeki gelişimleri üzerine sonbahar ve kış iklim şartlarının etkisi büyüktür (Kronenberg vd., 1976). Çilekler, kışın düşük sıcaklıklara maruz kaldıklarında ilkbahar döneminde çiçek oluşumunda noksanlık veya daha az sayıda çiçek oluşumu şeklinde arazlar görülmektedir (Guttridge, 1958). Isıtılmalı veya ısıtmasız örtüaltı yetiştiricilik soğuk zararını azaltmak için yapılmaktadır. Bu sayede erkencilik de sağlanmaktadır (Hancock ve Simpson, 1995).

Dünyada çilek yetiştiriciliğinde hasat periyodunu uzatmak için yetiştirme teknikleri açısından önemli gelişmeler olmuştur. Farklı yetiştirme bölgeleri, yeni nötr gün çeşitlerinin kullanımı, soğuklama ihtiyacı düşük kısa gün çeşitlerinin kullanımı, örtüaltında topraklı ve topraksız yetiştiricilik uygulamaları gerçekleştirilebilmektedir (Kandemir, 2016).

Ülkemizde 0 ile 2000 m rakıma kadar olan alanda çilek yetiştiriciliği yapılmaktadır (Aslantaş ve Karakurt, 2007). Çileğin, adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması ve çeşit zenginliğine sahip olması geniş bir alanda yetiştirilebilmesinde önemli rol oynamaktadır (Cengiz, 2007). Çileğin toprak özellikleri kumlu tınlı bünyeli, iyi drene olmuş, tuzluluğu düşük (< 1 mS/cm CE doyma ekstraktı), aktif kireç içeriği az (< % 1,5) ve pH'sı 6,5 – 7,0 arasında en iyi gelişmeyi gösterir (Serçe ve Özgen, 2014).

Dünya çilek üretimi 2021 yılı verilerine göre 9.175.384 ton olup bu üretim yaklaşık 3.896.650 dekar alanda yapılmaktadır. Ülkemiz çilek üretimi 2020 üretim sezonunda 546.525 ton iken 2021 döneminde 669.195 ton'a yükselmiştir (Tablo 1.1 ve 1.2).

Tablo 1.1. Dünya çilek denge tablosu (FAOSTAT, 2023)

	2017	2018	2019	2020	2021
Alan (da)	3.709.520	3.951.780	4.005.210	3.835.910	3.896.650
Verim (kg/da)	2.222	2.160	2.250	2.319	2.355
Üretim (ton)	8.243.750	8.538.477	9.012.638	8.893.590	9.175.384

FAOSTAT'a göre 2021 yılı dünya toplam çilek üretim alanı 3.896.650 da'dır. Çin, dünya çilek yetiştiriciliğinde 1.285.370 da alanda 3.380.478 ton üretim yaparak ilk sırada yer alırken, Amerika 199.920 da alanda 1.211.090 ton çilek üreterek 2. sırada yer almıştır. Türkiye ise 186.760 da alanda 669.195 ton çilek üreterek 3. sıraya yerleşmiştir. Meksika 542.890 ton üretimle dördüncü, Mısır 470.913 ton üretimle beşinci sırada yer almaktadır (Tablo 1.2).

Tablo 1.2. 2021 yılı çilek üreticisi ülkelerin üretim miktarları (ton) ve üretim alanları (da) (FAOSTAT, 2023)

Ülkeler	Alan (da)	Üretim Miktarı (ton)	Verim (kg/da)
Çin	1.285.370	3.380.478	2.630
ABD	199.920	1.211.090	6.058
Türkiye	186.760	669.195	3.583
Meksika	119.050	542.890	4.560
Mısır	125.790	470.913	3.744

Ülkemizde çilek üretim miktarı yıllara göre artış göstermektedir (Tablo 1.3). Çilek yetiştiriciliğinin ülkemizde artmasının en büyük nedeni değişik toprak ve iklim koşullarına adapte olmuş çilek çeşitlerinin olması ve bu sayede ülkemizin her bölgesinde ekonomik olarak yetiştirilmesidir. Ayrıca yatırımların kısa zamanda geri dönmesi, küçük tarım arazilerinin kullanılması, birim alandan elde edilen gelirin yüksek olması, taze meyvenin az olduğu dönemde pazarda olması gibi avantajları nedeniyle yetiştirilmektedir (Özgüven ve Yılmaz, 2009).

Tablo 1.3. Türkiye çilek üretim verileri (TÜİK 2023)

	2018	2019	2020	2021	2022
Alan (da)	161.021	160.899	179.777	186.760	222.715
Verim (kg/da)	2.739	3.025	3.040	3.583	3.269
Üretim (ton)	440.968	486.705	546.525	669.195	728.112
İthalat (ton)	3.738	1.855	8.062	9.744	*
İhracat (ton)	52.356	53.345	88.590	77.106	*

*2022 yılı ithalat ve ihracat değerleri TÜİK'de belirtilmemiştir.

Yetiştiricilik yapılan bölgede kaliteli ve yüksek miktarda ürün almak için bölgenin şartlarına uygun çeşitler kullanılması gerekmektedir (Kaşka vd.,1988). Bu çeşitlerin belirlenmesi için adaptasyon denemeleri kurulmalı, en uygun çeşitler belirlenmelidir, aksi takdirde verim azlığı sebebiyle ticari kayıplar meydana gelecektir (Kılıç ve Yılmaz, 2017).

Dünyadaki ekilen tarım arazilerinin yarısı kurak ve yarı kurak bölgelerden, $\frac{1}{4}$ 'ü de kireçli topraklardan meydana gelmektedir (Bates,1982). Doğu Karadeniz Bölgesi dışında ülkemiz topraklarının kireç içeriğinin yüksek olduğu bilinmektedir. Yüksek kireç ve pH, bitki tarafından fosfor, demir ve çinko gibi bazı besin maddelerinin alınımını engelleyerek zararlanmalara neden olmaktadır. Kireçten kaynaklı bu stresi ortadan kaldırmak kısa sürede mümkün olmamaktadır. Çözüm olarak toprağın pH'sının kükürtlü preparatlar kullanılarak düşürülmesi sağlanmaya çalışılmakta, ancak bu durum hem bir süre gerektirmekte hem de büyük arazilerde uygulanabilirliği olmamaktadır. Bu nedenle doğal, kullanımı kolay, pratiğe aktarılabilir ve insan sağlığına zararsız alternatifler ile bitkilerde strese dayanım kazandıracak yaklaşımlara gereksinim duyulmaktadır (Koç, 2022).

Bitkinin yaşamını sürdürmesi ve çoğalmasını sağlayamadığı şartlar stres ortamı olarak adlandırılmaktadır (Hawkesford ve Buchner, 2001; Horasan vd., 2017). Bitkiler uygun olmayan koşullardan etkilenebilmekte ve bu şartlar karşısında değişen şiddette zararlanma göstermektedirler. Stres olarak ifade edilen bu durum, öncelikle büyüme ve gelişmede azalma şeklinde görülürken, devamında şiddetine bağlı olarak verim düşüklüğü ile sonuçlanan bir gerileme olayı olarak da adlandırılabilmektedir (Kuşvuran, 2010). Bir bitkinin uygun olmayan şartlarda hayatta kalabilme yeteneğine 'stres direnci' denmektedir. Strese dayanma bakımından bazı canlılar stres ortamından kaçınma durumuna gitmekte, bazıları ise farklı özellikler geliştirmekte ya da bu ortama tolerans gösteremeyip canlılığını yitirmektedir. Canlılar topluluğunun bir parçası olan bitkiler bulundukları yerden ayrılmadıkları için büyüme ve gelişmelerini stres faktörlerine karşı genetik adaptasyonlarına göre farklı şiddette tepkiler vererek sürdürmeye çalışmaktadırlar (Wolters ve Jurgens, 2009; Golldack vd., 2011).

Bitkilerde stres, hayvanlar, mikroorganizmalar, hastalık etmenleri (patojenler), yabancı bitkiler ve böceklerin neden olduğu biyotik stres ile fiziksel ve kimyasal kaynaklı olan abiyotik kökenli faktörler nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Korkmaz ve Durmaz, 2017).

Bitkilerde besin maddesi alımındaki dengesizlikler, büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkilerken, verim ve kalitenin azalmasına da yol açar. Bitkilerin yetiştirildiği ortamda bazı

besin maddelerinin alımının sınırlandırılması ya da çözünürlüğünün artarak zehirli hale gelmesi de bir abiyotik stres faktörü olarak kabul edilmektedir (Koç, 2022).

1900'lü yılların ilk yarı dönemine kadar bitki hormonlarının oksin, gibberellin, sitokinin, absisik asit ve etilen ile birlikte 5 gruptan oluştuğu düşünülmekteydi. Ancak son yapılan araştırmalarda bitkiler tarafından sentezlenen, bitki bünyesinde çok önemli hayati görevlerde bulundukları belirlenmiş olan jasmonatlar, brassinosteroidler, salisilik asit ve nitrik oksit gibi bazı bileşikler de bitkisel hormonlar sınıfına ilave edilmişlerdir (Koç, 2022). Bitkilerin stres şartlarında hayatta kalabilmek için bazı mekanizmalar geliştirdikleri ve bu süreç içerisinde içsel hormonların artarak veya azalarak son derece önemli rol oynadıkları bilinmektedir. Özellikle yeni nesil hormonlar olarak adlandırılan bu maddeler öne çıkmaktadır. Bunların bazıları bitki steroidleri, böcek, hayvan ve insan steroid hormonları ile yapısal benzerlik gösteren 70'ten fazla bileşiği kapsayan maddelerdir. Yeni bir bitki hormon sınıfı olan brassinosteroidler (BR'ler), bitkilerde sıklıkla rastlanan bitki steroidlerinin spesifik bir grubudur. BR'lerin çok düşük konsantrasyonlarda, hücre bölünmesi, uzaması ve genişlemesi, fotomorfogenezis, üreme organlarında gelişim, yaprak yaşlanması, toplam biyokütle ve verim artışı gibi bitki büyüme ve gelişmesinde düzenleyici görevlerinin yanı sıra çevresel streslere adaptasyonda da etkili oldukları tespit edilmiştir (Surgun vd. 2012).

BR'ler, steroid yapıdaki bitki hormonlarıdır ve fotosentez, tohum çimlenmesi, çiçeklenme, meyve tutumu, bitki büyüme ve gelişmesi, hücre uzaması ve hücre bölünmesi, enzim aktivasyonu, protein ve nükleik asit sentezi gibi çeşitli fizyolojik olaylarda önemli rol oynamaktadırlar. Ayrıca BR'lerin su (Li ve Van Staden, 1998), düşük-yüksek sıcaklık (Wilensky vd., 1995), ağır metal (Hayat vd., 2007; Ali vd., 2008) ve tuz (Çoban ve Göktürk Baydar, 2016) gibi daha pek çok stres faktörüne karşı toleransı arttırdığı ve strese neden olan engelleyici etkileri ortadan kaldırdığı tespit edilmiştir (Rao vd., 2002). BR'lerin insanlarda kanser hücrelerinin büyümesini engellerken sağlıklı hücreleri etkilemediği (Malikova vd., 2008), kimyasal ilaçların (insektisit, fungusit, herbisit) sebep olduğu fitotoksik etkileri azalttığı belirlenmiştir (Xia vd., 2009). BR'ler ayrıca bitkilerde sekonder metabolitlerin üretimini de teşvik ettiği tespit edilmiştir (Hayat vd., 2010a; Fathima vd., 2011; Çoban ve Göktürk Baydar, 2017).

Kök büyüme ve gelişmesinde Brassinosteroidler, birçok oksin sinyalleşme genleri ile birlikte görev almaktadırlar. Brassinosteroidler primer kök büyümesini düşük dozlarda artırırken, yüksek dozlarda engellemektedir (Mussig vd., 2003). Yanal kök büyümesini oksin ile kontrol ederler (Bao vd., 2004; Nemhauser vd., 2004). BR'lerin kök oluşum

aşamasında dışsal uygulamasının yabancı bitkilerde kök uzamasını artırdığını tespit etmişlerdir (Mussig vd., 2003).

Bu çalışma ile Sweet Ann çilek çeşidinin farklı kireç seviyelerine tepkilerini ve 24-Epibrassinolide (24-eBL) uygulamalarının vegetatif büyüme üzerine etkilerini tespit etmek amacıyla yürütülmüştür.



2. GENEL BİLGİLER

Canlıların, çevresel faktörlere verdikleri cevabın açıklığa kavuşturulması, stres fizyolojisinin temel araştırma alanını oluşturmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar bitkilerin coğrafik bakımdan türlerin yayılış alan sınırlarının belirlenmesine, kültür bitkilerinin verimliliğinin artırılmasına ve bitki metabolizması hakkındaki bilgi edinilmesine katkı sağlamaktadır. Bitkilerde stres biyotik ve abiyotik olarak iki farklı şekilde meydana gelmektedir. Biyotik stres bitkinin böcek, fungus, bakteri gibi başka bir canlı ile karşılaştığında ortaya çıkan strestir. Abiyotik stres ise kuraklık, tuzluluk, yüksek ve düşük sıcaklık, kuvvetli ışık, düşük ışık, ultraviyole, donma, ağır metaller ve yetersiz oksijen gibi tüm çevresel şartların neden olduğu stresleri ifade etmektedir. Tüm bu stres faktörleri bitkilerin performansını ve canlı kalmasını etkilemekte, tarımsal faaliyetlerin aksamasına ve çevrenin bitki yetiştiriciliği için uygun olan şartlarının bozulmasına neden olmaktadır (Osmond vd., 1987; Hirayama ve Shinoza, 2010). Abiyotik stres, verim kaybının birincil nedeni olarak kültür bitkilerindeki ortalama verim miktarını % 50'den fazla azalmasına neden olmaktadır (Wang vd., 2004). Bitkilerin biyotik ve abiyotik stres koşullarına verdiği tepki ve stresin bitki gelişimi boyunca oluşturduğu etkilere dair bilgiler, konu hakkında yeni çözüm yollarının gelişmesini sağlamıştır (Wasternack, 2007).

2.1. Topraktaki Kireç ve Demirin Durumu İle İlgili Çalışmalar

Dünya topraklarının yaklaşık %50'sinin kurak ve yarı kurak bölgelerde ve ¼'ünün kireçli olması, dünya genelinde yaygın bir problem olan bitkilerde demir (Fe) eksikliğine neden olmaktadır (Bates, 1982; Miller vd., 1984; Awad vd., 1994). Ekilebilir tarım arazilerinin yaklaşık olarak %30'unun (Vose, 1982; Chen ve Barak, 1982; Vose, 1982; Cakmak, 2002) kireçli olması bitkilerde Fe eksikliği sorununu ortaya çıkartmaktadır. Kireçli topraklarda en fazla görülen ve verimi etkileyen mikro element olan demir (Fe) ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (Vose, 1982; White ve Zasoski, 1999).

Topraktaki Fe etkinliğini; yüksek pH değeri, toprak tekstüründeki ve sulama suyundaki bikarbonat (HCO_3) iyonlarının miktarı, kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) karbonatlarının miktarları, fosfat (PO_4^{3-}) iyonlarının ve molibden (Mo), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) gibi ağır metallerin fazla miktarda bulunması etkilemektedir (Kaçar ve Katkat, 2006). Genellikle pH'nın değeri 4'ün üzerine çıktığı her bir birimde demir alımının bin kat azaldığı belirlenmiştir (Byrne ve Rouse, 1995).

$\text{Fe}(\text{OH})_3$ 'ün çözünürlüğü demirin çözünürlüğünü etkilemektedir. Toprak pH'sının yükselmesi ile Fe^{+3} iyonlarının aktivitesi, $\text{Fe}(\text{OH})^{+2}$, $\text{Fe}(\text{OH})^3$ ve $\text{Fe}(\text{OH})^{-4}$ bileşiklerinin miktarının azaldığı tespit edilmiştir (Kaçar ve Katkat, 2006). Toprak pH'sı 6.5-8.0 aralığında olduğunda demir elementinin çözünürlüğü minimuma inmektedir. Bu durum, kireçli topraklara göre asitli topraklarda inorganik demirin çözünürlük oranının yüksek olmasının nedeni olarak söylenebilir ve sonuçta kireçli topraklarda Fe eksikliğine bağlı kloroz problemi yaşanmaktadır. Sellerin görüldüğü topraklarda anaerobik solunum yapan bakteriler nedeniyle Fe^{+3} iyonları, Fe^{+2} 'ye indirgenmektedir. Oksijen miktarı yüksek topraklarda pH'nın düşmesinin sebebi ise Fe^{+2} iyonlarının Fe^{+3} 'e yükseltgenmesi ve bu sırada açığa çıkan H^+ iyonları sayesinde (Mengel ve Kirkby, 1982).

Anamur ve Silifke yöresinde çilek yetiştiriciliği yapılan toprakların verimlilik ve bitkinin beslenme durumunu belirlemek amacıyla İnal vd. (1999) tarafından yapılan çalışmada; 24 toprak ve 37 bitki örneğinde her iki yörede yetiştirilen çilek bitkilerinde özellikle başta noksanlıkları belirlemişlerdir. Kalsiyum noksanlığı Anamur yöresinde %21, Silifke yöresinde %61 düzeyinde olduğu tespit etmişlerdir. Yetiştirilen bitkilerinse Anamur'da yaklaşık %50' sinde bakır, %5,3' ünde çinko noksanlığı olduğu, Silifke'de ise %5,6' sında mangan noksanlığı olduğu belirlemişlerdir.

Çiçekdağı ve Zengin (2017), Hüyük İlçesi'nde çilek yetiştirilen bahçelerde toprak ve bitki analizleri yaptıkları çalışmalarında, örneklemede 2 dekardan büyük 29 kapama çilek bahçesinden iki dönemde toprak ve yaprak örnekleri alarak analiz etmişlerdir. Analiz sonuçları referans değerleriyle karşılaştırılarak toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından çilek yetiştiriciliğine uygunlukları ile bitkilerin beslenme durumları kıyaslanarak toprak-bitki ilişkileri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, Hüyük İlçesi çilek bahçelerinde genellikle toprakların pH'ları nötr, tuzsuz, organik maddece fakir, kireçli ve kumlu killi tınlı tekstüre sahip oldukları, azot (N) bakımından yetersiz, diğer makro besin elementlerince yeterli ve fazla oldukları, Cu açısından yeterli iken diğer mikro besin elementlerince fakir olduklarını tespit etmişlerdir. Çilek bahçelerinin Haziran döneminde %27,6'sının N, %7'sinin fosfor (P) ve potasyum (K), %17,2'sinin Ca, %10,3'ünün Mg, %27,6'sının Cu, %10,3'ünün bor (B) ve %90'ının Zn; Eylül döneminde ise %10,3'ünün N, %7'sinin Mn ve %90'ının Zn ile beslenme açısından yetersiz olduğu belirlenmiştir.

Kara ve Eşitken (2018), Bolverim77, Hilal77, Doruk77, Dorukhan77, Ata77, Eren77, Erenoğlu77 yerli çilek çeşitlerinin topraktaki %0, %5, %10, %15 ve %20 kireç dozlarındaki kirece karşı tepkilerini belirlemek amacıyla 2016-2017 yıllarında yaptıkları

çalışmada, inceledikleri büyüme ve gelişme parametrelerinin kireç dozlarının artışına bağlı olarak olumsuz yönde etkilendiğini belirlemişlerdir. Kök yaş ağırlığı bakımından Doruk77 çeşidinin, kök kuru ağırlığı bakımından ise Hilal77 çeşidinin kireç dozlarından en fazla etkilenen çeşitler olduğu belirlenmiştir. Yaprak sayısı dikkate alındığında Dorukhan77, yaprak alanı bakımından ise Doruk77 çeşitler en fazla zarar gören çeşitler olmuştur.

2.2. BR İle İlgili Çalışmalar

Bitki hormonlarının 1900'lü yılların ilk yarısına kadar oksin, gibberellin, sitokinin, absisik asit ve etilen olmak üzere beş gruptan oluştuğu bilinmekteydi. Yapılan araştırmalar, BR'ler, jasmonatlar, salisilik asit ve nitrik oksit gibi bitkiler tarafından sentezlenen diğer bazı maddelerin de bu hormonlar gibi bitki bünyesinde çok önemli faaliyetlerde yer aldıkları belirlenmiş olup, bitkisel hormonlar sınıfına ilave edilmişlerdir.

Bitkiler tarafından sentezlenen brassinosteroidler, ilk olarak 1979 yılında, kolza poleninden brassinin bileşiği izole edilmiş ve brassinolid olarak isimlendirilmiştir (Grove vd. 1979). Brassinosteroidler, polihidroksisteroidlerin tabii olarak meydana gelen grubudur ve ortak bir 5 α -kolestan iskeletine sahiptir (Rao vd., 2002). Bu sebeple hayvan steroid hormonlarıyla kimyasal olarak benzerlik gösteren BR'lerin yan zincirlerindeki alkil grupları şekillerine göre C27, C28 ve C29 olarak sınıflandırılmaktadır (Yokota, 1997).

İlkel yapılı 3, yüksek yapılı 27 bitki familyasında bulunan BR'lerin yaklaşık 60 çeşit analogu bulunmakla birlikte içlerinde en yaygın olanların 24-eBL ve 28 homobrassinolid (28-hBL) olduğu belirlenmiştir (Bajguz ve Tretyn, 2003; Vardhini ve Anjum, 2015).

BR'ler yüksek konsantrasyonlarda bitkilerin polen ve tohumlarında bulunurlar (Arteca, 1995; Schmidt, Altmann and Adam, 1997). BR'lerin bitkilere dışsal uygulanması büyümeyi teşvik etmektedir (Mandava, 1988; Fujioka ve Sakurai, 1997). Brassinosteroidin aktif bileşeni olan brassinolidin, çimlenmeden, büyüme, olgunlaşma, çiçeklenme, rizom oluşumu ve yaşlanmaya kadar tüm bitki gelişim dönemlerinde rol oynadığı belirlenmiştir (Rao vd., 2002).

Arabidopsis'te, brassinosteroidlerin tohum çimlenmesinde, kök-gövde gelişiminde etkili olduğu, çeltik ve fasulyede düşük konsantrasyonlarda uygulandığında teşvik ederken, yüksek konsantrasyonlarda bitki gövdesinde kalınlaşma ve eğilmeye neden oldukları belirlenmiştir (Surgun vd. 2012).

BR'ler hücre uzamasında ve bölünmesinde, üremede, membran polarizasyonunda, iletim demetlerinin gelişmesinde, proton pompalarında ve stres cevaplarında rol oynamaktadır (Kim vd., 2000).

Brassinosteroidler ayrıca tohum gelişimi, apikal dominansi, gövde ve kök uzaması, vaskular farklılaşma gibi çeşitli fizyolojik olaylarda etkili olmaktadır. Bunlar aynı zamanda oksin tarafından da idare edildiği için, bitki büyümesi ve gelişimi sırasında bu iki hormon arasında etkileşim olduğu söylenebilmektedir (Halliday, 2004). Köklerin gelişiminde rol oynayan birçok oksin sinyalleşme genleri, brassinosteroid ve oksin tarafından indüklenmektedir. Brassinosteroidler de primer kök büyümesini düşük dozlarda teşvik ederken yüksek dozlarda engellemektedir (Müssig, Shin and Altmann, 2003). BR'ler lateral kök gelişimini oksin ile birlikte kontrol ederler (Bao vd., 2004; Nemhauser vd., 2004).

Brassinosteroidlerin, su stresi (Li ve Van Staden, 1998), düşük ve yüksek sıcaklık stresi (Wilén vd., 1995), ağır metal stresi (Hayat vd., 2007; Ali vd., 2008), tuz stresi (Çoban ve Göktürk Baydar, 2016) ve bunun gibi diğer stres faktörlerine karşı toleransı arttırdığı ve engelleyici etkileri de ortadan kaldırdığı belirlenmiştir (Rao vd., 2002).

Kaplan ve Gökbayrak (2012), 1103P, 110R ve 99R Amerikan asma anaçlarının köklenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, anaç çeliklerini farklı dozlarda hazırlanan 22(S)-23 (S)-homobrassinolid çözeltisinde beklettikten sonra torf:perlit (2:1) ortamına dikmişlerdir. Bu anaçların kök ve sürgün gelişme özellikleri saptanmıştır. Çalışma sonucunda, 1103P anacında en iyi kök ve sürgün gelişimi belirlenirken, 110R anacı ikinci sırada yer almıştır. Çelik başına kök sayısı 1103P anacında en düşük dozda elde edilirken, 99R anacında 0,15 ppm'lik dozda artış gösterdiği belirlenmiştir. 110R anacında ise dozlar arasında fark önemli bulunmamıştır.

Çoban (2014) brassinosteroid uygulamalarının tuz stresi altındaki nanede bazı fiziksel ve biyokimyasal özellikler ile sekonder metabolit birikimi üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışmasında farklı tuz konsantrasyonlarında *Mentha piperita* türüne ait bitkilere 24-eBL uygulamalarının etkilerini belirlemek amacıyla 3 farklı dozda tuz, 4 farklı dozda 24-eBL uygulaması yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda, yüksek tuz konsantrasyonlarında 24-eBL uygulamalarının bitkinin tuza karşı dayanımlarını artırdığını, membran permeabilitesini azalttığı ve sonucunda stresten bitkinin olumsuz etkilenmesini engellediği ve uçucu yağ miktarını artırdığı belirlenmiştir.

Altaş (2016) çalışmasında, 100 mM NaCl eklenerek oluşturulan şartlar içerisinde yetiştirilen mısır bitkisine brassinosteroid ve biyolojik gübre uygulamış, tuz stresinde bitkilerin yaprak su potansiyeli, toplam klorofil, fotosentez miktarı ve Ca, K, N, P alımında azalma olurken, hücre zarı geçirgenliği, osmotik basınç ve Na alımında artma meydana geldiğini belirlemiştir. Mısır bitkisinde tuzluluğun meydana getirdiği olumsuzlukların BR ve biyolojik gübre uygulaması ile kısmen iyileştirildiği, yapraktan uygulanan 24-eBL'nin özellikle 1,5 ve 2 μ M dozlarının tuza toleransı bir miktar artırdığını tespit etmişlerdir.

Çay ve Kaynaş (2016), leonardit uygulamasının Albion ve Sweet Ann çilek çeşitlerinde bitki gelişimi ve verime olan etkileri üzerine yaptıkları çalışmalarında, siyah malçla kapladıkları ve bitki başına 100 g olarak hesapladıkları katı leonardit uygulaması devamında vegetasyon boyunca parsel başına 50 cc sıvı leonardit uygulamasını her sulamada yapmışlardır. Kontrol bitkilerine ise hiçbir dönemde leonardit uygulaması yapılmamıştır. Bulgulara göre; leonardit uygulaması Albion çeşidinde çiçek ve stolon sayısı, bitki kuru ağırlığı üzerine olumlu etki yaparken bitki yaş ağırlığı, kök ağırlığı ve uzunluğu, stolon uzunluğu ve yaprak sayısı üzerine etkili olmadığını belirlemiştir. Sweet Ann çeşidinde ise çiçek ve stolon sayısı, kök uzunluğu ve bitki yaş ağırlığı üzerine önemli etkisi bulunurken, yaprak sayısı, stolon uzunluğu, kök ağırlığı ve bitki kuru ağırlığı üzerine etkili bulunmamıştır. Albion ve Sweet Ann çilek çeşitlerinde leonardit uygulaması her iki hasat döneminde de verim artışına önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir.

Aras Aşcı vd. (2018), *Lavandula angustifolia* türüne ait “Munstead” çeşidinde brassinosteroid uygulamalarının sekonder metabolit üretimi ve bitki gelişimi üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada 24-epibrassinolid (24-eBL)'in uygulamasının bitki gelişimi ve toplam fenolik madde miktarları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bitkilere ilk olarak tomurcuk patlaması döneminde ve bu uygulamadan 10 gün sonra olmak üzere iki defa 4 farklı konsantrasyonda 24-eBL uygulanmıştır. Araştırma sonucunda 24-eBL'nin 0,75 ve 1,50 mg/l dozları sapsız kuru çiçek verimini, toplam fenolik madde miktarını ve bitki başı uçucu yağ verimini önemli miktarda artırdığını tespit etmişlerdir.

Balcı (2018), 24-eBL'nin, kadmiyum stresi koşullarında yetiştirilen çilek bitkilerinde vejetatif büyüme üzerine etkilerini değerlendirmek amacıyla yetiştirme ortamlarına farklı konsantrasyonlarda Cd eklemiş ve çilek yapraklarına farklı dozlarda 24-eBL uygulamıştır. Çalışma sonucunda 0,5 μ M 24-eBL uygulamasının gövde kuru ağırlığı ve yaprak klorofil içeriğine, 1 μ M 24-eBL uygulamasının kök uzunluğu ve kök yaş ağırlıkları üzerine

etkisinin önemli olduğunu tespit etmiştir. Sonuçta çilekte kadmiyum stres koşullarını 24-eBL uygulamalarının hafiflettiğini belirlemiştir.

Uzunoğlu (2018), çalışmasında 41 B ve 140 Ru amerikan asma anaçlarının köklenmesi üzerine brassinosteroid ve oksinlerin etkilerini araştırmıştır. Çalışmasında indol bütirik asitin beş farklı dozu ile, 22(S),23(S)-homobrassinolid (HBR) ve 24-epibrassinolidin (EBR) beş farklı konsantrasyonlarını kullanmıştır. İklim odasında alınan anaçlara ait çeliklerin köklenme, sürme ve canlı bitki oranları hesaplanmıştır. Köklenen ve süren çeliklerde kök gelişimi ile sürgün gelişimi değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, brassinosteroidlerin asma anaç çeliklerinin köklendirilmesinde öncelikli olarak kullanılan oksinlerin yanısıra kullanılabileceğini göstermiştir.

Çeliker ve Koç (2022) Yozgat'tan selekte edilen iki kuşburnu genotipinin odun çeliği ile çoğaltılmasında IBA'nın 2000 ppm dozu, 24-eBL'nin dört farklı dozu ile birlikte bakteri türlerini içeren bir biyopreparatın tekli, ikili ve üçlü kombinasyonlarını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda en yüksek köklenme oranı SRG17 kuşburnu genotipinde %40 ile Bakteri + 24-eBL (0,50 ppm) + IBA (2000 ppm) üçlü kombinasyonundan elde edilirken, SRK26 genotipinde %43,33 ile Bakteri uygulamasından elde edilmiştir. Kök uzunluğu ve kök sayısı bakımından en yüksek değerleri SRG17 genotipinde Bakteri + 24-eBL (1,00 ppm) + IBA (2000 ppm) üçlü kombinasyonu, SRK26 genotipinde ise 24-eBL (0,50 ppm) + IBA (2000 ppm) ikili kombinasyonundan elde edilmiştir. Köklü çelikler saksılara alındıktan üç ay sonra yaşama oranları belirlenmiş ve en yüksek SRG17 genotipinde Bakteri + 24-eBL (0,50 ppm) ikili kombinasyonunda %100 olarak, SRK26 genotipinde 24-eBL'nin 0,50 ppm uygulamasında %50 olarak tespit edilmiştir.

Bitkilere yapılacak uygulamaların, sürdürülebilir çevre standartlarını artıracak, çevre dostu, aynı zamanda verim ve kalite açısından da olumlu etkiler oluşturabilecek uygulamalar olması önem taşımaktadır (Aras Aşçı vd., 2018). Bu araştırma ile BR'nin stres üzerindeki etkileri dikkate alınarak yüksek kireç içeren ortamlarda çilek bitkilerinin dayanımının artırılması amaçlanmıştır.

Bir yıllık olarak yürütülmüş bu tez çalışması ile farklı düzeyde kireç içeren ortamlarda yetiştirilen Sweet Ann çilek çeşidine BR uygulamalarının bazı fiziksel ve biyokimyasal özellikler üzerine olan etkileri incelenerek BR'nin yüksek kireçten kaynaklanan zararlanmalar üzerindeki etkisi incelenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırma 2022-2023 yılları arasında Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait araştırma uygulama serasında yürütülmüştür. Denemede Sweet Ann çeşidine ait frigo fideler kullanılmıştır. Bu fideler 1:1 oranında torf:perlit karışımı ile doldurulmuş ve değişik oranlarda (%0, 5, 10 ve 20) kireç eklenmiş 2 litrelik saksılara dikilmiştir. Fideler 4 yapraklı olduğunda ve ilk uygulamadan 15 gün sonra üç farklı dozda (0, 1 ve 2 mg/l) 24-eBL uygulaması yapılmıştır.

3.1.1. Bitkisel Materyal

Sweet Ann: Nötr gün bitkisi bir çeşit olup, yuvarlak, konik şekilli, iri, sert ve parlak kırmızı meyvelere sahiptir. Yayla ve geçit bölgelerinde yaz boyunca meyve vermektedir. Sweet ann çilek fidesi yetiştiriciliği için en uygun toprak ph'sı 6,5-7 arasında olmalıdır. Dayanabileceği en düşük sıcaklık -10 derecedir.



Şekil 3.1. Sweet Ann çeşidi

3.1.2. Kullanılan Bitki Hormonu

Brassinosteroid: Araştırmada 24-eBL (24-eBL, $\geq$ %85, E-1641, Merck) kullanılmıştır.

3.1.3. Yetiştirme Ortamları

Yetiştirme ortamı olarak 1:1 oranında torf: perlit karışımı ile kireç kullanılmıştır.

Perlit: Köklendirme ortamında, ticari perlit kullanılmıştır. Steril ve organik olan perlit 70-90 kg/m³ ağırlığındadır. Hacminin %50-60 kadar bünyesinde su tutar.

Torf: Turba yataklarından elde edilen, su altında ve bataklıklarda hızla büyüyen turba bitkilerinin vejetasyonları boyunca bıraktıkları artıkların oksijenli ve oksijensiz koşullarda parçalanıp birikmesinden oluşur. Kars-Göle ve Bolu-Yeniçağa bölgelerindeki torflarımız tarımsal amaçlı kullanılmaktadır (Sevgican, 2003). Fide üretimi yapan şirketler yurt dışından torf ithal edip kullanmaktadırlar (Varış vd., 2004).

Kireç: Çalışmada toz kireç (CaO) kullanılmıştır. Yağmur vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada toz kirecin toprak pH'sının yükselmesinde en büyük etkiyi yaptığı belirtilmiştir.

3.1.4. Çalışmada Kullanılan Besin Çözeltileri

Saksıdaki fideler ½ Hoagland solüsyonu ile sulanmışlardır. Bitki beslemede kullanılan Hoagland solüsyonunun içeriği Tablo 3.1'de verilmiştir (Gül, 2019).

Tablo 3.1. Bitki beslemede kullanılan gübrenin içeriği.

Besin Elementi	mg/L
N	210
P	40
K	250
Ca	150
Mg	50
Fe	2
Mn	0,75
Cu	0,50
Zn	0,40
B	0,10
Mo	0,05

3.2. Yöntem

3.2.1. Yetiştirme Ortamının Hazırlanması ve 24-eBL Uygulamalarının Yapılması

Yetiştirme ortamı olarak 1:1 oranında hazırlanan torf: perlit karışımı kullanılmıştır. Bu ortama ağırlık (w/w) esasına göre %0, %5, %10 ve %20 oranlarında kireç ilave edilmiştir.

Sweet Ann çeşidine ait frigo fideler 28.05.2022 tarihinde 3 litrelik saksılara dikilmiştir. Araştırmada dört kireç dozu, üç 24-eBL konsantrasyonu kullanılmıştır. Deneme üç tekerrürlü ve her tekerrürde 3 bitki olacak şekilde tesadüf bloklarında faktöriyel deneme deseni yöntemine göre kurulmuştur. Çilek bitkileri dikimden itibaren 10 hafta boyunca, haftada üç kez olacak şekilde sulanmış, haftada bir ise ½ Hoagland solüsyonu ile sulanmıştır. Ayrıca normal sulama programına devam edilmiş ve bitkilerin kültürel bakım işleri çalışma boyunca sürdürülmüştür.

Fide dikiminden yaklaşık 25 gün sonra fidelerin ilk 4 yaprağı tam büyüklüğüne ulaştığı dönemde yapraklardan üç farklı konsantrasyonlarda (0, 1 ve 2 mg/l) 24-eBL uygulaması bitkilerin toprak üstü organlarına püskürtme şeklinde uygulanmıştır. 24-eBL'in ikinci uygulaması ise ilk uygulamadan 15 gün sonra yine aynı oranda ve şekilde yapraklara püskürtülerek yapılmıştır.



Şekil 3.2. BR'nin yapraklara uygulanması

3.2.2. Yapılan Ölçüm ve Analizler

Araştırmamız kireçli ortamlarda BR uygulamalarının çilek fidelerinin vejetatif büyümesine etkilerini belirlemek amacıyla fide dikiminden itibaren 10 hafta sonra bitirilmiştir.

3.2.2.1. Bitki Yaş ve Kuru Ağırlığı (g)

Yaprak, gövde ve kök yaş ve kuru ağırlıklarını belirlemek için sökülen bitkilerin kökleri yıkanmış ve yaprak, gövde ve kök olacak şekilde parçalara ayrılarak yaş ağırlıkları tespit edilmiştir. Daha sonra 80°C’de 72 saat kurutularak (Şahin, 2015) kuru ağırlıkları ölçülmüştür.



Şekil 3.3. Kireç x BR dozlarının kök gelişimine etkisi

3.2.2.2. Bitki Başına Yaprak Sayısı (adet)

Sökülen bitkilerde yaprak sayısı (adet) belirlenmiştir.

3.2.2.3. Yaprak Alanı

Bitkilerden elde edilen tüm yaprakların alanı ADC BioScientific Area Meter AM300 cihazı ile ölçülmüştür.

3.2.2.4. Yaprak Rengi

Yaprak rengi ölçümleri Minolta CR 400 cihazı ile ölçülmüştür. Anonymous (2007)'ye göre, L* değeri parlaklık- matlık; a* değeri kırmızılık-yeşillik, b* değeri ise sarılık-mavilik olarak belirlenmektedir.

3.2.2.5. Yaprak Klorofil İçeriği

Yaprakların klorofil içeriği, üç tekrarlamalı ve her tekrarda 3'er yaprak olacak şekilde Konica Minolta SPAD-502 Plus Marka Chlorophyll Meter cihazı ile ölçülmüştür.

3.2.2.6. Yaprak Antosiyanin İçeriği

Yaprakların antosiyanin içeriği, üç tekerrürlü ve her tekerrürde 3'er yaprak olacak şekilde Opti Science ACM-200 Plus Anthocyanin Meter ile belirlenmiştir.

3.2.2.7. Stoma İletkenliği

“Yaprak porometresi” cihazı (Decagon Leaf Porometer Model SC-1) ile ölçülmüştür. SC-1 Yaprak Porometresinin çalışma prensibi, bir yaprağın iletkenliği bilinen iki iletkenlik elemanı ile seri hale getirilerek ve aralarındaki nem ölçümlerini karşılaştırarak stoma iletkenliğini ölçme esasına dayanmaktadır (Anonymous 2023).

3.2.2.8. Lipid Peroksidasyonu

Her uygulamanın her tekerrüründen 0,5 g taze yaprak alınarak üzerine 6 mL %10'luk TCA ilave edilerek homojenize edilmiş ve bu karışım 10.000 g'de 15 dk süre ile santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilmiş örneklerden 2 mL süpernatant alınarak, içinde %20 TCA bulunan %0,6'lık tiobarbitrik asit (TBA)'den 2 mL ilave edilerek 100 °C'de 30 dk

kaynatıldıktan sonra buz banyosuna konulmuştur. Sonrasında spektrofotometrede 400, 532 ve 600 nM’de absorbans okumaları yapılmış ve MDA içeriği Zhang vd., (2008)’de belirtilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{MDA } (\mu\text{mol g}^{-1} \text{ TA}) = 6,45 \times (A_{532} - A_{600}) - 0,56 \times A_{450}$$

3.2.2.9. Yaprakta Besin Elementi

Bitkilerden alınan yaprak örnekleri önce çeşme suyunda yıkanmış, daha sonra 0,1N HCl ile ve son olarak da iki defa saf su ile yıkanıp fazla suları filtre kâğıdı ile alınmıştır. Yapraklar 70°C’de 48 saat sürede kurutulmuştur. Kurutulmuş yaprak örnekleri öğütülerek 5ml HNO₃ ve 2ml H₂O₂ karışımı ile mikrodalga sistemde (CEM-MarsXpress) yakılarak ICPAES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer) cihazında toplam makro ve mikro elementlerin tayinleri yapılmıştır (Soltanpour vd., 1979).

Deneme, dört kireç dozu (% 0, 5, 10, 15 ve 20), üç farklı konsantrasyonlarda 24-eBL (0, 1 ve 2 mg/l) uygulaması, 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 3 bitki olacak şekilde tesadüf bloklarında faktöriyel deneme deseni yöntemine göre kurulmuştur. Elde edilen sonuçlar SPSS 20.0 paket programında değerlendirilmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda ortalamalar arasındaki farklılığın belirlenmesinde ‘Duncan çoklu karşılaştırma testi’ uygulanmıştır.



Şekil 3.4. Kireç x BR dozlarının deneme deseninde uygulanması

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kireçli ortamlarda BR uygulamasının Sweet Ann çilek çeşidinde fiziksel ve biyokimyasal özellikler üzerine etkilerinin incelendiği bu çalışmada elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur. Çalışmamızda %20 kireç dozunda hiç bir bitki sağ kalmadığı için sonuçlarımızda yer verilmemiştir.

4.1. Bitki Yaş ve Kuru Ağırlığı (g)

Araştırmada kireç uygulamalarından elde edilen bitki yaprak, gövde ve köklere ait yaş ve kuru ağırlıkları değerleri Tablo 4.1’de, BR uygulamalarından elde edilen veriler Tablo 4.2’de, kireç x BR interaksiyon değerleri ise Tablo 4.3’de verilmiştir.

Yapılan istatistik analizlere göre;

Kireç dozları bakımından Tablo 4.1’de yaprak, kök, gövde yaş ve kuru ağırlıkları incelendiğinde sadece yaprak kuru ağırlığı ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı diğer tüm özelliklerin istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Yaprak yaş ağırlığı bakımından en yüksek değerler %0 (3,12 g) ve %10 kireç (3,15 g) dozlarında bulunurken; en düşük değer %5 kireç dozunda (3,03 g) tespit edilmiştir. Yaprak kuru ağırlığı bakımından ise kireç dozlarının etkisi önemli bulunmamıştır. Gövde yaş ağırlığı kontrol (%0 kireç) dozunda 3,11 g ile en yüksek bulunurken %5 kireç dozunda 0,83 g ile en düşük değer olarak tespit edilmiştir. Gövde kuru ağırlığı yine %0 kireç dozunda 0,83 g ile en yüksek olarak belirlenmiştir. Kök yaş ve kuru ağırlıkları incelendiğinde; kök yaş ağırlığı %0 kireç dozunda (3,17 g) en yüksek, kök kuru ağırlığı ise %10 kireç dozunda en yüksek (1,17 g) değerde olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.1. Kireç uygulamalarının yaprak, gövde, kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri

Kireç Dozları (%)	Yaprak		Gövde		Kök	
	Yaş Ağırlığı (g)*	Kuru Ağırlığı (g) ^{ÖD}	Yaş Ağırlığı (g)*	Kuru Ağırlığı (g)*	Yaş Ağırlığı (g)*	Kuru Ağırlığı (g)*
0	3,12 a	1,12	3,11 a	0,82 a	3,17 a	0,92 b
5	3,03 b	1,18	0,83 c	0,34 b	1,82 c	0,89 b
10	3,15 a	1,12	1,21 b	0,40 b	2,89 b	1,17 a

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$)

^{ÖD} Önemli değil

Çalışmamızda Tablo 4.2’de BR uygulamaları bakımından gövde yaş ve kuru ağırlığı ile kök yaş ağırlığı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunurken yaprak yaş ve kuru ağırlıkları ile kök kuru ağırlığı değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir. Gövde yaş ve kuru ağırlıkları ile kök yaş ağırlığı bakımından 2 mg.L⁻¹ BR uygulamasının ürettiği sonuçlar istatistiksel olarak en yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.2. BR uygulamalarının yaprak, gövde, kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri

BR dozları (mg.L ⁻¹)	Yaprak		Gövde		Kök	
	Yaş Ağırlığı (g) ^{ÖD}	Kuru Ağırlığı (g) ^{ÖD}	Yaş Ağırlığı (g)*	Kuru Ağırlığı (g)*	Yaş Ağırlığı (g)*	Kuru Ağırlığı (g) ^{ÖD}
0	3,12	1,16	1,67 b	0,49 b	2,54 b	0,97
1	3,09	1,13	1,53 c	0,43 b	2,44 c	0,96
2	3,09	1,13	1,96 a	0,65 a	2,90 a	1,05

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (p≤ 0.05)
^{ÖD} Önemli değil

Farklı kireç dozlarında üç farklı BR uygulamalarına ait interaksiyon tablosu (Tablo 4.3) incelendiğinde yaprak yaş ağırlığı ile gövde ve kök yaş ve kuru ağırlıklarında istatistiki olarak önemli fark olduğu, sadece yaprak kuru ağırlığında istatistiki olarak fark olmadığı görülmüştür.

Tablo 4.3. Kireç x BR uygulamalarının yaprak, gövde, kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri

Kireç Dozları (%)	BR dozları (mg.L ⁻¹)	Yaprak		Gövde		Kök	
		Yaş Ağırlığı (g)*	Kuru Ağırlığı (g) ^{ÖD}	Yaş Ağırlığı (g)*	Kuru Ağırlığı (g)*	Yaş Ağırlığı (g)*	Kuru Ağırlığı (g)*
0	0	3,01 cd	1,09	3,14 a	0,86 a	3,24 b	0,80 d
	1	3,20 ab	1,11	3,01 a	0,76 ab	3,26 b	0,98 cd
	2	3,14 ac	1,17	3,18 a	0,85 a	3,01 c	0,99 cd
5	0	3,14 ac	1,21	0,65 e	0,20 f	1,65 g	0,92 cd
	1	3,03 cd	1,18	0,67 e	0,23 ef	1,60 g	0,85 d
	2	2,91 d	1,15	1,18 c	0,60 bc	2,20 f	0,89 cd
10	0	3,20 ab	1,19	1,22 c	0,40 de	2,73 d	1,19 ab
	1	3,04 bd	1,1	0,90 d	0,30 ef	2,46 e	1,05 bc
	2	3,21 a	1,07	1,52 b	0,51 cd	3,48 a	1,28 a

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (p≤ 0.05)

^{ÖD} Önemli değil

Yaprak yaş ağırlığı bakımından en yüksek değerler sırasıyla %10 Kireç x 2 mg.L⁻¹ BR (3,21 g), %10 Kireç x 0 mg.L⁻¹ BR (3,20 g), %5 Kireç x 0 mg.L⁻¹ BR (3,14 g), %0 Kireç x 1 mg.L⁻¹ BR (3,20 g) ve %0 Kireç x 2 mg.L⁻¹ BR (3,14 g) uygulamalarında tespit edilmiştir. Yaprak kuru ağırlıkları 1,07 (%10 Kireç x 2 mg.L⁻¹ BR) ile 1,21 g (%5 Kireç x 0 mg.L⁻¹ BR) arasında değişmiştir.

Gövde yaş ağırlığına bakıldığında en yüksek değerler %0 Kireç x 0 mg.L⁻¹ BR uygulaması (3,14 g), %0 Kireç x 1 mg.L⁻¹ BR (3,01 g) ve %0 Kireç x 2 mg.L⁻¹ BR (3,18 g) uygulamalarında ölçülmüştür. Gövde kuru ağırlığı açısından ise en yüksek değerler %0 Kireç x 0 mg.L⁻¹ BR (0,86 g), %0 Kireç x 1 mg.L⁻¹ BR (0,76 g) ve %0 Kireç x 2 mg.L⁻¹ BR (0,85 g) uygulamalarında belirlenmiştir.

Kök yaş ağırlığı bakımından en yüksek değer %10 Kireç x 2 mg.L⁻¹ BR uygulamasında (3,48 g) belirlenirken kök kuru ağırlığı en yüksek %10 Kireç x 2 mg.L⁻¹ BR (1,28 g) ile %10 Kireç x 0 mg.L⁻¹ BR (1,19 g) uygulamalarında ölçülmüştür.

Balcı (2018), farklı dozlarda 24-eBL uygulamasının kadmiyum stres koşullarında çilekte yaprak yaş ve kuru ağırlıklarına istatistiksel olarak bir etkisi olmadığını belirtmiştir. Bununla birlikte gövde yaş ve kuru ağırlıklarına etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu, gövde yaş ağırlığı en yüksek kontrol grubunda belirlerken, en düşük değeri 3 ppm Cd/0 µM 24-eBL uygulamadan elde etmiştir. En yüksek gövde kuru ağırlığı 1,5 ppm Cd/0.5 µM 24-eBL kombinasyonunda belirlenirken en düşük ağırlık 3 ppm Cd/1 µM 24-eBL kombinasyonunda tespit edilmiştir. Kök ağırlıkları bakımından Cd stres koşullarında yaprak 24-eBL uygulamaları kuru ağırlıklara etkisi olmazken kök yaş ağırlıkları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek kök yaş ağırlığı 1,5 ppm Cd/1 µM 24-eBL uygulanan bitkilerde, en düşük ise 0 Cd/1 µM 24-eBL uygulaması yapılan bitkilerde belirlenmiştir. 24-eBL'nin kısa gün çilek çeşitlerine uygulandığında, gövde ve köklerde yaş ve kuru ağırlıklarını artırdığını bildirmiştir.

Karlıdağ vd. (2011) ise çilek bitkileri tuz stresi koşullarında yetiştirildiğinde ve yapraklarından BR uygulandığında yaş ve kuru ağırlıklarının arttığını belirlemişlerdir.

4.2. Bitki Başına Yaprak Sayısı, Yaprak Alanı (cm²) ve Yaprak Rengi (L, a*, b*)

Çalışmamızda farklı kireç ve BR uygulamalarından elde edilen yaprak sayısı, yaprak alanı ve yaprak rengi değerleri Tablo 4.4, Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da verilmiştir.

Yapılan istatistiksel değerlendirmeler yaprak sayısı bakımından kireç dozları (Tablo 4.4), BR uygulamaları (Tablo 4.5) ve kireç x BR interaksyonu (Tablo 4.6) önemsiz olarak belirlemiştir.

Kireç dozu uygulamaları bakımından yaprak sayısı 5,07 (%10 kireç) ile 6,72 adet (%5 kireç) arasında değişim göstermiştir. BR uygulamaları bakımından ise yaprak sayısı 5,81 (1 mg.L⁻¹ BR) ile 6,37 adet (2 mg.L⁻¹ BR) arasında belirlenmiştir. Kireç x BR interaksyonunda 4,67 (%10 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR) ile 7,56 adet (%0 kireç x 2 mg.L⁻¹ BR) arasında yaprak sayısı tespit edilmiştir.

Yaprak alanı (cm²) değerleri üzerinde yapılan istatistik analizlere göre kireç dozları (Tablo 4.4) ve kireç x BR interaksyonu (Tablo 4.6) önemli bulunurken, BR uygulamaları (Tablo 4.5) önemli çıkmamıştır.

Kireç dozu uygulamaları bakımından yaprak alanı en yüksek 30,87 cm² ile % 0 kireç (kontrol) dozunda elde edilmiştir. BR uygulamaları sonucunda ise yaprak alanı 18,85 (1 mg.L⁻¹ BR) ile 19,28 cm² (2 mg.L⁻¹ BR) arasında ölçülmüştür. Kireç x BR interaksyonunda yaprak alanı 32,13 cm² (%0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR) ve 33,60 cm² (%0 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR) değerleri ile istatistiksel olarak en yüksek tespit edilmiştir (Tablo 4.6).

Balcı (2018), 24-eBL uygulamalarının yaprak sayısı ve yaprak alanı bakımından istatistiksel olarak bir farklılık olmadığını belirtmekle birlikte Cd stresinin etkisini hafiflettiğini ifade etmiştir. Deneme, fide dikiminden 10 hafta sonra sonlandırıldığı için 24-eBL uygulamalarının yaprak sayısı üzerine etki gösteremediğini düşünmüştür. Pipattanawong vd. (1996) ise nötr gün ilek eřitleri ile yürüttükleri çalışmalarında BR uygulamalarının yaprak sayısı ve alanlarını arttırdığını rapor etmişlerdir. BR uygulamalarının, büyüme sezonu boyunca toplam yaprak alanlarını %150-180 oranında arttırdığını belirtmişlerdir.

Yaprak rengi (L, a*, b*) değerleri üzerinde yapılan istatistik analizlere göre kireç dozları (Tablo 4.4) L, a* ve b* değerleri üzerine istatistiki olarak önemli etki yapmıştır. BR uygulamalarında (Tablo 4.5) a* değeri üzerine etkisi önemli bulunmuşken, L ve b* değeri önemsiz çıkmıştır. Kireç x BR interaksyonunda (Tablo 4.6) ise L ve a* değerleri istatistiki olarak önemli bulunmuş, b* değeri ise önemsiz çıkmıştır.

Kireç dozu uygulamaları bakımından rengin parlaklık durumunu belirleyen L değeri 37,06 (%5 kireç) ve 36,23 (%10 kireç) ile istatistiki anlamda en yüksek bulunmuştur. BR dozlarının L değeri üzerine istatistiki olarak etkisinin önemli olmadığı, 33,73 (2 mg.L⁻¹ BR) ile 36,26 (0 mg.L⁻¹ BR) arasında değiştii tespit edilmiştir. Kireç x BR

interaksiyonunda ise L değeri %5 ve %10 kireç dozlarının 0 mg.L⁻¹, 1 mg.L⁻¹ ve 2 mg.L⁻¹ BR dozlarında istatistiksel olarak en yüksek belirlenmiştir.

Kireç dozu, BR uygulamaları ve Kireç x BR interaksiyonunda pozitif (+) değer olduğunda kırmızı rengi ifade eden a* değeri istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Kireç dozu uygulamaları sonucunda a* değeri 10,03 (%5 kireç) ve 11,13 (%10 kireç) ile istatistiki olarak en yüksek değerler olarak bulunmuştur. BR dozlarının yaprağın a* değeri üzerine etkisi 9,92 (2 mg.L⁻¹ BR) ile 10,83 (1 mg.L⁻¹ BR) olarak en yüksek ölçülmüştür. Kireç x BR interaksiyonunda ise a* değeri %0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR dozu (2,94) hariç tüm uygulamalar (9,63-12,31) istatistiksel olarak aynı gruba girmiştir.

Kireç dozu, pozitif (+) değer olduğunda sarı rengi ifade eden b* değeri üzerine istatistiki olarak önemli etki yapmışken, BR uygulamaları ve Kireç x BR interaksiyonunda etkisi önemsiz çıkmıştır. Kireç dozu uygulamaları sonucunda b* değeri 14,78 (%5 kireç) ve 17,63 (%10 kireç) değerleri ile istatistiki olarak en yüksek değerleri almıştır. BR uygulamaları sonucunda b* değeri 14,25 (2 mg.L⁻¹ BR) ile 15,14 (1 mg.L⁻¹ BR) arasında değişmiştir. Kireç x BR interaksiyonunda ise b* değeri 11,01 (%0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR) ile 19,79 (%10 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR) arasında değişmiştir.

Tablo 4.4. Kireç dozlarının yaprak sayısı, yaprak alanı ve yaprak rengi özellikleri üzerine etkileri

Kireç dozları (%)	Yaprak Sayısı (adet) ÖD	Yaprak Alanı (cm ²)*	Yaprak Rengi		
			L*	a*	b*
0	6,26	30,87 a	32,38 b	7,44 b	11,41 b
5	6,72	12,97 b	37,06 a	10,03 a	14,78 ab
10	5,07	13,39 b	36,23 a	11,13 a	17,63 a

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (p≤ 0.05)
ÖD Önemli değil

Tablo 4.5. BR dozlarının yaprak sayısı, yaprak alanı ve yaprak rengi özellikleri üzerine etkileri

BR dozları (mg.L ⁻¹)	Yaprak Sayısı (adet) ÖD	Yaprak Alanı (cm ²) ÖD	Yaprak Rengi		
			L ^{ÖD}	a*	b ^{ÖD}
0	5,87	19,09	36,26	7,84 b	14,44
1	5,81	18,85	35,67	10,83 a	15,14
2	6,37	19,28	33,73	9,92 a	14,25

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (p≤ 0.05)
ÖD Önemli değil

Tablo 4.6. Kireç x BR interaksiyonun yaprak sayısı, yaprak alanı ve yaprak rengi özellikleri üzerine etkileri

Kireç Dozları (%)	BR dozları (mg.L ⁻¹)	Yaprak Sayısı (adet) ÖD	Yaprak Alanı (cm ²)*	Yaprak Rengi		
				L*	a*	b ^{ÖD}
0	0	5,44	32,13 ab	32,00 b	2,94 b	11,01
0	1	5,78	33,60 a	32,55 b	9,75 a	11,60
0	2	7,56	26,87 b	32,59 b	9,63 a	11,63
5	0	6,67	14,47 cd	40,88 a	9,71 a	12,51
5	1	7,00	12,51 cd	36,55 ab	10,45 a	17,59
5	2	6,50	11,93 d	33,73 ab	9,92 a	14,25
10	0	5,50	10,68 d	35,90 ab	10,88 a	19,79
10	1	4,67	10,42 d	37,93 ab	12,31 a	16,23
10	2	5,06	19,05 c	34,87 ab	10,22 a	16,86

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$)
^{ÖD} Önemli değil

4.3. Klorofil (SPAD), Antosiyanin (ACI), Lipid Peroksidasyonu Değerleri ve Stoma İletkenliği

Kireç dozları, BR uygulamaları ve Kireç x BR interaksiyonu incelendiğinde yaprak klorofil SPAD değeri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur (Tablo 4.7, 4.8 ve 4.9).

Deneme sonucunda SPAD değeri kireç dozları bakımından incelendiğinde kireç dozlarının SPAD değerini istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) derecede etkilediği belirlenmiştir. En yüksek klorofil renk yoğunluğu kontrol (35,94) ve %5 kireç dozunda (35,42) belirlenirken, kireç dozunun artışı klorofil renk yoğunluğunun azalmasına yol açmış ve en düşük değer %10 kireç dozunda (33,80) tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Yaprak klorofil içeriği SPAD değeri BR uygulamaları bakımından incelendiğinde istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) derecede etkilendiği tespit edilmiştir. En yüksek klorofil renk yoğunluğu 0 mg.L⁻¹ BR (37,99) dozunda belirlenmiştir. BR uygulama dozunun artışı klorofil renk yoğunluğunun azalmasına yol açmıştır (Tablo 4.8).

Kireç x BR interaksiyonu yaprak klorofil içeriği SPAD değeri bakımından incelendiğinde istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) derecede etkilendiği tespit edilmiştir. En yüksek klorofil renk yoğunluğu % 0 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR, % 5 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR, % 10 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR interaksiyonunda elde edilmiştir (Tablo 4.9).

Yetiştirme ortamındaki kireç içeriğinin fazla olması, yaprakta aktif Fe miktarının azalmasına ve bunun sonucunda da klorofil miktarının azalmasına neden olmaktadır (Byrne ve Rouse, 1995; Pestana vd., 2001). Toprak pH'sının yükselmesi, yaprakta Fe miktarının azalmasına sebep olarak klorofil sentezini ve miktarını olumsuz etkilemektedir. Yaprak klorofil içeriği SPAD değerinin klorofil konsantrasyonu ile ilişkili olduğu pek çok çalışmada belirtilmiştir (Schaper & Chocko, 1991; Daşgan, 1999; Eker, 2001). Kara (2018) çalışmasında Fe eksikliği nedeniyle çeşitlerin klorofil konsantrasyonları ile SPAD değerleri arasında çok yakın bir ilişki bulmuştur ve SPAD değerinin kireç dozu arttıkça düştüğünü belirtmiştir. Çoban (2014), tuz stresi ile ilgili yaptığı çalışmada tuz uygulamalarının klorofil miktarı üzerine etkisinin olumsuz olduğunu tespit etmiştir. Araştırmada, 0 ve 100 mM tuz konsantrasyonlarında uygulanan 0,5 ile 1,5 mg l⁻¹ 24-eBL'nin bitkilerde klorofil miktarını artırarak olumlu etkiye bulunduğunu saptamıştır. Karlıdağ vd. (2011) ise tuz stresi altında yapraktan uygulanan BR'in, çileklerde yaprak klorofil içeriğini önemli derecede arttırdığı belirtmiştir. Altaş (2016) yaptığı çalışmada, tuzluluk stresinde iki mısır çeşidinin maksimum ışık verimi ve toplam klorofil içeriği istatistiksel olarak önemli derecede düştüğünü ifade etmiştir. Balcı (2018), Albion çilek çeşidinde kadmiyumun farklı dozlarına karşı 24-eBL uygulamalarından elde ettiği verilerle yaptığı istatistik analizler sonucunda klorofil içeriği üzerine önemli etkisi olduğunu belirtmiştir. Denemede en yüksek klorofil içeriği 3 Cd/0 BR koşullarında yetiştirilen ve 3 ppm Cd/0,5 µM BR koşullarındaki fidelerde belirlerken en düşük 3 ppm Cd/1 µM BR koşullarındaki fidelerde belirlemiştir. Cd stres koşullarında BR uygulamalarının bitkilerin klorofil içeriklerini geliştirdiği bilinmektedir (Hayat vd., 2010b).

Yaprak antosiyanin (ACI) miktarı, Kireç dozları, BR uygulamaları ve Kireç x BR interaksiyonu incelendiğinde istatistiki olarak önemli (p<0,05) derecede etkilendiği belirlenmiştir.

Yaprak antosiyanin değeri, kireç dozları bakımından incelendiğinde kireç dozlarının ACI değerini istatistiki olarak önemli (p<0,05) derecede etkilediği belirlenmiştir. En yüksek yaprak antosiyanin içeriği %5 kireç dozunda (6,70) belirlenirken, en düşük değer kontrol (5,57) ve %10 kireç dozunda (5,12) tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Yaprak antosiyanin değeri, BR uygulamaları bakımından incelendiğinde istatistiki olarak önemli (p<0,05) derecede etkilendiği tespit edilmiştir. En yüksek yaprak antosiyanin değeri 0 mg.L⁻¹ BR (6,24) ve 2 mg.L⁻¹ BR (6,29) dozlarında, en düşük 1 mg.L⁻¹ BR (4,84) dozunda belirlenmiştir (Tablo 4.8).

Kireç x BR interaksyonu yaprak antosiyanin içeriği ACI değeri bakımından incelendiğinde istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) derecede etkilendiği tespit edilmiştir. En yüksek antosiyanin % 5 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR (6,94) ve % 5 kireç x 2 mg.L⁻¹ BR (8,36) interaksyonunda elde edilmiştir (Tablo 4.9).

Bitkilerde sentezlenen BR'lerin insan sağlığı için son derece önemli olan antioksidan özellik taşıyan sekonder metabolitlerin birikimini artırdığı yönünde araştırma raporları bulunmaktadır. Nitekim; Farooq vd. (2009), çeltik bitkisinde kuraklık stresi altında 24-eBL ve 28-hBL uygulamasının bitkilerde çözünebilir fenolik bileşikler ile antosiyanin içeriğini arttırdığını tespit etmişlerdir. Yine Farooq vd. (2010), çeltik bitkisinde yaptıkları kuraklık stresi çalışmasında dışsal 24-eBL uygulamasının, antosiyanin miktarlarını artırdığını belirlemişlerdir. Balcı (2018) ise Albion çeşidine 24-eBL uygulamalarının Cd stresi üzerindeki etkilerini değerlendirdiği çalışmasında yaprak antosiyanin ve membran geçirgenliği üzerine bir etkisinin olmadığını belirlemiştir.

Stoma iletkenliği kireç dozları, BR uygulamaları ve kireç x BR interaksyonu açısından istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) derecede etkilendiği tespit edilmiştir.

Kireç dozları dikkate alındığında en yüksek stoma iletkenliği % 0 kontrol (183,89) ile %10 (177,04) kireç uygulamasında, en düşük değer ise % 5 kireç uygulamasında ölçülmüştür (Tablo 4.7).

BR uygulamaları dikkate alındığında ise 0 mg.L⁻¹ BR (183,17) ile 1 mg.L⁻¹ BR (173,93) en yüksek değerler olarak tespit edilirken 2 mg.L⁻¹ BR uygulaması 126,26 ile en düşük bulunmuştur (Tablo 4.8).

Kireç x BR interaksyonu dikkate alındığında %0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR, %0 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR, %10 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR, %10 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR uygulamaları en yüksek stoma iletkenliği değerleri vermiştir. % 5 kireç dozunun BR ile olan kombinasyonları stoma iletkenliğinde etkili olmazken % 0 ve % 10 kireç dozlarında 0 mg.L⁻¹ ve 1 mg.L⁻¹ BR dozları stoma geçirgenliğini artırmıştır (Tablo 4.9).

Yu vd. (2004), kabakgillerde 24-eBL uygulamasının fotosentezi teşvik ettiğini, hipokotil uzamasında etkileri bulunduğu düşünülen V-ATPaz ile ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Acharya ve Assmann (2009) ise, BR'lerin oksin, sitokinin ve etilen gibi stoma açıklıklarının idaresinde etkili olduklarını bildirmişlerdir. Kara (2018), yedi farklı çilek çeşidinde %0, %5, %10, %15 ve %20 kireç dozlarını uyguladığı çalışmasında stoma geçirgenliğinin kireç dozları bakımından ortalamalar arasında farkın önemli olduğunu, en

yüksek Hilal77 çeşidinde, en düşük ise Bolverim77 çeşidinde ölçüldüğünü belirtmiştir. Çalışmasında kontrolde daha yüksek değer belirlenirken, kireç dozlarının artmasına bağlı olarak değerlerin düştüğünü tespit etmiştir.

Lipid peroksidasyonu (MDA), kireç dozları ve kireç x BR interaksyonu bakımından istatistiki olarak etkisi önemli bulunurken, BR uygulamaları dikkate alındığında önemli çıkmamıştır.

Kireç dozları bakımından MDA değeri istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. En yüksek MDA değeri %5 kireç dozunda ($5,43 \mu\text{mol.g}^{-1}$ TA) belirlenirken, en düşük değer kontrol ($3,69 \mu\text{mol.g}^{-1}$ TA) ve %10 kireç dozunda ($4,31 \mu\text{mol.g}^{-1}$ TA) tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

BR uygulamaları dikkate alındığında MDA değeri istatistiki olarak önemli çıkmamış, $4,37 \mu\text{mol.g}^{-1}$ TA ile $4,57 \mu\text{mol.g}^{-1}$ TA arasında değişmiştir (Tablo 4.8).

Kireç x BR interaksyonunda ise MDA değeri dikkate alındığında %10 kireç x 2 mg.L^{-1} BR, %5 kireç x 1 mg.L^{-1} BR ve %5 kireç x 0 mg.L^{-1} BR uygulamaları istatistiki olarak en yüksek değerleri vermiştir (Tablo 4.9).

Yan vd. (2013), kırmızı biberlerde Cd toksisitesi sonucunda artan metil jasmonat miktarı ile MDA miktarının da arttığını belirtmişlerdir. MeJA'ın hasta bitkilere uygulanması ile MDA konsantrasyonunun azaldığı ve hücre zararının azaldığı bildirilmiştir (Sun vd., 2013). Biberde giberellik asit uygulaması KAT ve SOD aktivitesinin arttığı, MDA miktarının azaldığı; GA3 uygulamasının hücre hasarı üzerine istatistiksel olarak etkisinin olmadığı ifade edilmiştir (Uzal, 2017). Zhang vd. (2008), çilekte MDA miktarının $3,12-4,87 \mu\text{mol.g}^{-1}$ TA arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Gündoğdu vd. (2019), çilek çeşitlerinde giberellik asit ve metil jasmonat uygulaması sonucunda MDA miktarının değişkenlik gösterdiğini, Honeoye çeşidi daha yüksek MDA miktarına sahip olduğu belirlenirken, Sweet Ann çeşidi daha düşük MDA miktarına sahip çeşit olarak belirtilmiştir. Metil jasmonat uygulaması en yüksek $0,25\text{mM}$ doz uygulaması ile $29,42 \mu\text{mol.g}^{-1}\text{TA}$ MDA içeriği ile Honeoye çeşidinde ölçülürken, giberellik asit uygulamasının 100 ppm dozu ile MDA miktarı yine Honeoye çeşidinde $30,88 \mu\text{mol.g}^{-1}\text{TA}$ olarak belirlemişlerdir.

Tablo 4.7. Kireç dozlarının Klorofil, Antosiyanin, Stoma iletkenliği ve MDA üzerine etkileri

Kireç dozları (%)	Klorofil (SPAD)*	Antosiyanin (ACI)*	Stoma İletkenliği *	MDA ($\mu\text{mol g}^{-1}$ TA)*
0	35,94 a	5,57 b	183,89 a	3,69 b
5	35,42 ab	6,70 a	122,44 b	5,43 a
10	33,80 b	5,12 b	177,04 a	4,31 b

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$)

Tablo 4.8. BR dozlarının Klorofil, Antosiyanin, Stoma iletkenliği ve MDA üzerine etkileri

BR dozları (mg.L^{-1})	Klorofil (SPAD)*	Antosiyanin (ACI)*	Stoma İletkenliği *	MDA ($\mu\text{mol g}^{-1}$ TA) ^{ÖD}
0	37,99 a	6,24 a	183,17 a	4,37
1	32,67 c	4,84 b	173,93 a	4,57
2	34,49 b	6,29 a	126,26 b	4,50

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$)

^{ÖD} Önemli değil

Tablo 4.9. Kireç x BR interaksiyonun Klorofil, Antosiyanin, Stoma iletkenliği ve MDA üzerine etkileri

Kireç Dozları (%)	BR dozları (mg.L^{-1})	Klorofil (SPAD)*	Antosiyanin (ACI)*	Stoma İletkenliği *	MDA ($\mu\text{mol g}^{-1}$ TA)*
0	0	34,82 bc	5,44 bd	211,31 a	4,85 bc
0	1	36,99 ab	5,64 bd	178,50 ab	3,14 de
0	2	36,01 bc	5,61 bd	161,86 bc	3,09 de
5	0	39,14 a	6,94 ab	117,36 cd	6,08 ab
5	1	33,56 c	4,79 cd	164,14 bc	6,31 a
5	2	33,57 c	8,36 a	85,82 d	3,91 cd
10	0	40,02 a	6,34 bc	220,84 a	2,19 e
10	1	27,48 d	4,09 d	179,16 ab	4,25 cd
10	2	33,90 bc	4,91 bd	131,11 cd	6,49 a

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$)

4.4. Yaprakta Besin Elementi:

Yaprak azot miktarı (% N), kireç dozları, BR uygulamaları ve kireç x BR interaksyonu bakımından istatistiki olarak etkisi önemli ($p<0,05$) bulunmuştur (Tablo 4.10, 4.11 ve 4.12). Kireç dozlarının Sweet Ann çilek çeşidinin yapraklarındaki azot miktarı istatistiki olarak en yüksek % 0 kireç dozunda (% 1,51) tespit edilirken, diğer kireç dozlarında düşük bulunmuştur. Aynı durum BR uygulamalarında ve kireç x BR interaksyonunda da görülmüştür. En yüksek N miktarı 0 mg.L⁻¹ BR dozu (% 1,47) ile % 0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR interaksyonunda (% 1,63) belirlenmiştir. Kireç ve BR dozları artıkça yapraktaki %N oranı azalmıştır. Kara (2018), yaptığı çalışmada çeşitler ve kireç dozları bakımından yaprak azot (% N) miktarı incelendiğinde ortalamalar arasındaki farkların önemli olmadığını belirlemiştir. Yağmur vd. (2021) biber bitkisinin yapraklarına toz kireç ve şlam uygulamalarının makro - mikro element miktarları üzerindeki etkisinin istatistiki olarak önemli çıktığını, bu uygulamaların yaprakların N ve P içeriklerini kontrol uygulamasına oranla önemli miktarda artırdığını ve toz kireç uygulamasının en yüksek toplam azot miktarını sağlandığını belirtmişlerdir. Mısır bitkisinde, asitli toprağa uygulanan kireçleme materyallerinin verim ve mineral madde içeriğine etkisini belirlemek üzere yapılan çalışmada, mısır bitkisine yapılan bu uygulamaların toplam N, P, K, Ca ve Mg miktarlarını artırdığını saptamışlardır (Kant vd., 2006).

Sweet Ann çilek çeşidinin yaprak fosfor miktarı (% P), kireç dozları, BR uygulamaları ve kireç x BR interaksyonu bakımından etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur (Tablo 4.10, 4.11 ve 4.12). Kireç dozları yapraklarda istatistiki olarak % N miktarında olduğu gibi en yüksek % 0 kireç dozunda (% 0,14) tespit edilirken, diğer kireç dozlarında düşük bulunmuştur. Aynı durum BR uygulamalarında ve kireç x BR interaksyonunda da görülmüştür. En yüksek P miktarı 0 mg.L⁻¹ BR dozu (% 0,11) ile % 0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR interaksyonunda (% 0,22) belirlenmiştir. Kireç ve BR dozları artıkça yapraktaki % fosfor oranı azalmıştır. Kaçar (2012), yetiştirme ortamının pH sınır artmasının fosfor alımını azalttığını belirtmiştir. Kara (2018), çalışmasında toprağa uygulanan farklı kireç dozlarının tüm çeşitlerde yaprak fosfor miktarını önemli ölçüde etkilediğini, en yüksek fosfor miktarı kontrol ve %5 kireç dozunda tespit edilirken, kireç dozunun artmasıyla bu miktarda azalma olduğunu saptamıştır. Balcı (2022), kireçli ortamda uyguladığı MEL'in üç farklı dönemde söktüğü çilek fidelerinin yaprak, gövde ve köklerindeki P içeriklerini incelediği çalışmasında, yapraklardaki P alımının, yetiştirme ortamındaki kireç miktarı artıkça azaldığını belirtmiştir.

Deneme sonucunda yaprak potasyum miktarı (% K), kireç dozları, BR uygulamaları ve kireç x BR interaksyonu arasında incelendiğinde ortalama değerler arasındaki farklar bakımından istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) çıkmıştır (Tablo 4.10, 4.11 ve 4.12). En yüksek potasyum miktarı %0,90 ile %5 kireç dozunda tespit edilmiştir. BR'nin 1 mg.L^{-1} dozu %0,95 ile en yüksek potasyum miktarını vermiştir. Kireç x BR interaksyonunda ise % 5 kireç x 1 mg.L^{-1} BR kombinasyonu en yüksek (%1,07) bulunmuştur. Kara (2018) yaptığı çalışma sonucunda yaprak potasyum miktarının kireç dozları bakımından incelendiğinde, kireç dozları arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Kireç dozuna ve çilek çeşitlerine göre en yüksek ve en düşük değer farklılık göstermiştir. Kireç uygulamalarının etkisi Doruk77, Hilal77, Erenoğlu77, Bolverim77 çeşitlerinde önemsiz, Dorukhan77 ve Ata77 çilek çeşitlerinde önemli bulunmuştur.

Yaprak magnezyum miktarı (% Mg), kireç dozları, BR uygulamaları ve kireç x BR interaksyonu bazında incelendiğinde ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemli ($p>0,05$) çıkmıştır (Tablo 4.10, 4.11 ve 4.12). Kireç dozları arasında en yüksek magnezyum miktarı %0,61 ile %10 kireç dozunda belirlenmiştir. BR uygulamalarında 1 mg.L^{-1} dozu %0,54 ile en yüksek magnezyum miktarını vermiştir. Kireç x BR interaksyonunda ise % 10 kireç x 2 mg.L^{-1} BR kombinasyonu (%0,62) ve % 10 kireç x 0 mg.L^{-1} BR kombinasyonu (%0,61) en yüksek değerler olarak bulunmuştur. Kara (2018), çalışmasında yaprak magnezyum miktarının çeşitlerde ve kireç uygulamalarında önemli farklılıklar göstermediğini rapor etmiştir. Balcı (2022) çalışmasında yaptığı üç sökümde de çileklerde MEL uygulamalarının Mg içerikleri üzerine etkisinin önemli olduğunu belirlemiştir. Dikimden bir ay sonra yapılan birinci sökümde Mg içeriği %0,84-0,60 ikinci sökümde %0,63-0,31 ve üçüncü sökümde (meyve döneminde) %0,50-0,30 aralığında tespit etmiştir.

Deneme sonucunda yaprak kalsiyum (Ca) miktarı, ortalama değerler arasındaki farklar bakımından istatistiki olarak kireç dozları ve kireç x BR interaksyonu incelendiğinde önemli ($p<0,05$), BR uygulamaları bakımından ise önemsiz çıkmıştır (Tablo 4.10, 4.11 ve 4.12). En yüksek Ca miktarı %5 ve %10 kireç dozlarında tespit edilmiştir. BR uygulamalarında Ca miktarı 1,690- 1,773 ppm arasında değişmiştir. Kireç x BR interaksyonunda ise % 5 kireç x 2 mg.L^{-1} BR kombinasyonunda 1,90 ppm Ca en yüksek bulunmuştur. Kara (2018), çalışmasında kireç dozları bakımından incelediğinde yaprak kalsiyum (Ca) miktarının istatistiki olarak önemli çıkmadığını, ancak kireç dozlarının artmasına bağlı olarak çeşitlerde Ca miktarında artışların meydana geldiğini belirtmiştir.

Balcı (2022), Albion çilek çeşidinin yapraklarındaki Ca içeriğini bütün sökümelerde en yüksek %1 kireç/0 MEL uygulamasında tespit etmiştir. Çalışmasında 5 µM MEL uygulanan kontrol grubundaki bitkilerin Ca içeriği aynı grupta bulunan bitkilere göre daha yüksek bulunurken %1 kireç uygulanan bitkilerde MEL uygulamaları Ca içeriklerini düşürdüğünü belirtmiştir.

Tüm kireç dozları, BR uygulamaları ve kireç x BR interaksyonu bakımından yaprak demir miktarı istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) çıkmıştır (Tablo 4.10, 4.11 ve 4.12). Kireç dozları incelendiğinde en yüksek Fe değeri 109,85 ppm ile %10 kireç dozunda elde edilmiştir. BR uygulamaları içerisinde 1 mg.L⁻¹ dozu 99,06 ppm ile en yüksek demir miktarını vermiştir. Kireç x BR interaksyonunda ise % 10 kireç x 2 mg.L⁻¹ BR kombinasyonunda (119,50 ppm) en yüksek demir değeri ölçülmüştür. Kara (2018) çalışmasında bizim sonuçlarımızdan farklı olarak en yüksek yaprak demir değerini kontrol (%0) dozunda bulurken kireç dozları artışı durumunda yaprak demir miktarı azalmıştır. Balcı (2018), çilek yapraklarındaki en yüksek Fe içeriğini birinci sökümde 0 kireç/10 µM MEL ve %1 kireç/5 µM MEL uygulamalarından elde ettiğini belirtmiştir. Yapraklardaki Fe içeriği çiçeklenme dönemindeki sökümde 24,40-19,37 ppm ve meyve dönemindeki sökümde 29,38-20,36 ppm aralığında bulmuştur.

Yaprak bakır (Cu) miktarı deneme sonucunda, kireç dozları, BR uygulamaları ve kireç x BR interaksyonu bakımından istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur (Tablo 4.10, 4.11 ve 4.12). Kireç dozlarının Sweet Ann çilek çeşidinin yapraklarındaki bakır miktarı istatistiki olarak en yüksek % 0 kireç dozunda (11,06 ppm) tespit edilirken, diğer kireç dozlarında düşük bulunmuştur. BR uygulamalarında 1 mg.L⁻¹ dozu 10,57 ppm ile en yüksek Cu miktarını vermiştir. Kireç x BR interaksyonunda ise en yüksek Cu miktarı % 0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR interaksyonunda (11,56 ppm) belirlenmiştir. Kireç ve BR dozları artıkça yapraktaki Cu oranı azalmıştır.

Sweet Ann çilek çeşidinin yaprak çinko (Zn) miktarı, kireç dozları, BR uygulamaları ve kireç x BR interaksyonu bakımından istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur (Tablo 4.10, 4.11 ve 4.12). Kireç dozları yapraklarda istatistiki olarak en yüksek Zn miktarını %10 kireç dozunda (46,92 ppm) tespit edilirken, diğer kireç dozlarında düşük bulunmuştur. Aynı durum BR uygulamalarında ve kireç x BR interaksyonunda da görülmüştür. En yüksek Zn miktarı 46,29 ppm ile 2 mg.L⁻¹ BR uygulamasından ve 59,26 ppm ile %10 kireç x 2 mg.L⁻¹ BR interaksyonundan elde edilmiştir. Kireç ve BR dozları azaldıkça yapraktaki % çinko oranı da azalmıştır.

Tablo 4.10. Kireç Dozlarının yaprakta bazı besin elementleri üzerine etkileri

Kireç dozları (%)	N (%)*	P (%)*	K (%)*	Mg (%)*	Ca (ppm)*	Fe (ppm)*	Cu (ppm)*	Zn (ppm)*
0	1,51 a	0,14 a	0,80 b	0,41 c	1,610 b	82,23 c	11,06 a	36,39 c
5	1,35 c	0,07 b	0,90 a	0,53 b	1,777 a	96,10 b	9,37 c	46,37 b
10	1,39 b	0,06 c	0,79 c	0,61 a	1,773 a	109,85 a	10,61 b	46,92 a

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$)

Tablo 4.11. BR uygulamalarının yaprakta bazı besin elementleri üzerine etkileri

BR dozları (mg.L ⁻¹)	N (%)*	P (%)*	K (%)*	Mg (%)*	Ca (ppm) ^{ÖD}	Fe (ppm)*	Cu (ppm)*	Zn (ppm)*
0	1,47 a	0,11 a	0,82 b	0,48 c	1,697	95,31 b	10,41 b	41,33 c
1	1,43 b	0,09 b	0,95 a	0,54 a	1,690	99,06 a	10,57 a	42,05 b
2	1,35 c	0,07 c	0,72 c	0,53 b	1,773	93,81 c	10,07 c	46,29 a

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$)

^{ÖD} Önemli değil

Tablo 4.12. Kireç x BR uygulamalarının yaprakta bazı besin elementleri üzerine etkileri

Kireç Dozları (%)	BR dozları (mg.L ⁻¹)	N (%)*	P (%)*	K (%)*	Mg (%)*	Ca (ppm)*	Fe (ppm)*	Cu (ppm)*	Zn (ppm)*
0	0	1,63 a	0,22 a	0,77 f	0,37 g	1,52 h	81,78 g	11,56 a	41,86 f
	1	1,49 b	0,11 b	0,83 d	0,43 f	1,65 g	84,62 f	11,48 b	35,58 h
	2	1,42 c	0,09 c	0,80 e	0,43 f	1,66 g	80,30 i	10,14 f	31,74 i
5	0	1,37 d	0,07 d	0,80 e	0,46 e	1,75 d	97,66 e	9,36 h	43,36 d
	1	1,33 e	0,07 d	1,07 a	0,59 c	1,68 f	109,02 b	9,20 i	47,86 c
	2	1,34 e	0,08 cd	0,83 d	0,53 d	1,90 a	81,62 h	9,56 g	47,88 b
10	0	1,42 c	0,05 e	0,89 c	0,61 ab	1,82 b	106,50 c	10,30 e	38,78 g
	1	1,48 b	0,08 cd	0,95 b	0,60 bc	1,74 e	103,54 d	11,04 c	42,72 e
	2	1,28 f	0,04 e	0,53 g	0,62 a	1,76 c	119,50 a	10,50 d	59,26 a

* Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Nüfusun hızla artması, tarım topraklarının gün geçtikçe azalması göz önüne alındığında, tarım alanlarından en yüksek verimin elde edilmesini sağlamak büyük önem taşımaktadır. Bitkilerin su ve besin maddesi ihtiyaçlarının optimum düzeyde karşılanması gerekmektedir. Besin elementlerinin yarıyışlılığını ve tarımsal üretimi sınırlandıran pek çok faktör bulunmaktadır. Bitkiler stres etkeni olarak algıladıkları biyotik ve abiyotik tüm faktörlere karşı birçok tepki geliştirerek hayatta kalmaya çalışırlar. Bu tepkiler stres faktörünün etkinliğine ve bitkinin genetik özelliklerine göre değişir. Bitkiler geliştirdikleri bu stres cevapları sayesinde hayatta kalmak için yaşadıkları stres faktörlerine karşı uyum gösterebilmektedirler.

Kireçli topraklar, toprak-su ilişkisi, verimlilik ve besin elementlerinin yarıyışlılığı gibi bitki gelişimi ile doğrudan bağlantılıdır. Toprakta CaCO_3 fazlalığı, toprak pH'sını etkilemekte, yüksek pH ise bitki besin elementlerinin yarıyışlılığını azaltıp, amonyak halinde azot kayıplarına yol açmaktadır. Fosforun çözünürlüğünde azalma meydana gelmekte, artan pH düzeyleri ile Fe, Cu, Zn ve Mn gibi mikro elementlerin yarıyışlılığı azalmaktadır (Grattan & Grieve, 1999).

Tüm bu olumsuz toprak koşullarının bitki gelişimini sınırlandırmasını ve verimliliğini artırması amacıyla çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Altıncı grup hormonlar olarak tanımlanan Brassinosteroidler, hücre bölünmesi ve genişlemesi, hücrel farklılaşma, lateral kök gelişimi, apikal dominansının sürdürülmesi, çiçeklenme, senesens ve stres toleransının artırılması şeklinde sıralanabilir (Rao vd., 2002; Savaldi-Goldstein & Chory, 2006). BR'ler, hücre uzamasını ve bölünmesini hızlandırarak büyümeyi desteklemektedir. Bitkinin stres karşısında verdiği tepkide BR'lerin olumlu etkileri pek çok çalışma ile doğrulanmıştır (Divi vd., 2010).

Çalışmamızda %0, %5, %10 ve %20 kireç içeren torf:perlit karışımında saksıda yetiştirilen Sweet Ann çilek çeşidine BR uygulamalarının bazı fiziksel ve biyokimyasal özellikler üzerine olan etkileri incelenmiştir. %20 kireç dozunda hiçbir bitki sağ kalmamıştır. Elde edilen diğer sonuçlar özetlenecek olursa;

- Yaprak yaş ağırlığı (g), %0 kireç dozunda 1 mg.L^{-1} ve 2 mg.L^{-1} BR uygulamalarında artmıştır. %5 kireçte BR uygulamalarının artırıcı etkisi görülmemiştir. %10 kireçte ise 2 mg.L^{-1} BR uygulaması yaprak yaş ağırlığını artırmıştır.

- BR uygulaması ayrıca %10 kireçte 2 mg.L⁻¹ olarak uygulandığında kök yaş ağırlığını artırmıştır.
- Yaprak sayısı kireç xBR interaksiyonunda istatistiki olarak önemli çıkmamakla birlikte 1 mg.L⁻¹ ve 2 mg.L⁻¹ BR uygulamalarında artmıştır.
- Yaprak renginin parlaklık durumunu belirleyen L değeri %5 ve %10 kireç dozlarının 0 mg.L⁻¹, 1 mg.L⁻¹ ve 2 mg.L⁻¹ BR dozlarında istatistiksel olarak en yüksek ölçülmüştür.
- Pozitif (+) değer olduğunda kırmızı rengi ifade eden a* değeri %0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR dozu (2,94) hariç tüm uygulamalar (9,63-12,31) istatistiksel olarak aynı gruba girmiştir.
- Pozitif (+) değer olduğunda sarı rengi ifade eden b* değeri Kireç x BR interaksiyonunda etkisi önemsiz çıkmıştır. Ama kireç dozları arttıkça b değerinin yükseldiği görülmüştür.
- Yaprak klorofil içeriği SPAD değeri en yüksek % 0 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR, % 5 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR, % 10 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR kombinasyonunda elde edilmiştir.
- Yaprak antosiyanin (ACI) miktarı en yüksek % 5 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR (6,94) ve % 5 kireç x 2 mg.L⁻¹ BR (8,36) interaksiyonunda elde edilmiştir.
- Stoma iletkenliği % 0 ve % 10 kireç dozlarında 0 mg.L⁻¹ ve 1 mg.L⁻¹ BR dozları stoma geçirgenliğini artırmıştır.
- Lipid peroksidasyonu (MDA), %10 kireç x 2 mg.L⁻¹ BR, %5 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR ve %5 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR uygulamaları istatistiki olarak en yüksek değerleri vermiştir.
- Yaprak azot miktarı (% N), en yüksek % 0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR interaksiyonunda (% 1,63) belirlenmiştir. Kireç ve BR dozları artıkça yapraktaki %N oranı azalmıştır.
- Yaprak fosfor miktarı (% P), % 0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR interaksiyonunda (% 0,22) belirlenmiştir. Kireç ve BR dozları artıkça yapraktaki % fosfor oranı azalmıştır.
- Yaprak potasyum miktarı (% K), % 5 kireç x 1 mg.L⁻¹ BR kombinasyonunda en yüksek (%1,07) bulunmuştur.
- Yaprak magnezyum miktarı (% Mg), % 10 kireç x 2 mg.L⁻¹ BR kombinasyonu (%0,62) ve % 10 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR kombinasyonu (%0,61) en yüksek değerler olarak bulunmuştur.

- Yaprak kalsiyum (Ca) miktarı % 5 kireç x 2 mg.L⁻¹ BR kombinasyonunda 1,90 ppm ile en yüksek bulunmuştur.
- Yaprak demir (Fe) miktarı % 10 kireç x 2 mg.L⁻¹ BR kombinasyonunda (119,50 ppm) en yüksek ölçülmüştür.
- Yaprak bakır (Cu) miktarı % 0 kireç x 0 mg.L⁻¹ BR interaksyonunda (11,56 ppm) belirlenmiştir. Kireç ve BR dozları artıkça yapraktaki Cu oranı azalmıştır.
- Yaprak çinko (Zn) miktarı en yüksek 59,26 ppm ile % 10 kireç x 2 mg.L⁻¹ BR interaksyonunda belirlenmiştir. Kireç ve BR dozları azaldıkça yapraktaki % çinko oranı azalmıştır.

Çalışma sonunda, kireçli toprak koşullarında yapraktan uygulanan 24-eBL ile bitkinin vegetatif gelişiminde ve bitki besin maddelerinin alımında olumlu etki sağlandığı sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Acharya, B.R., Assmann, S.M. (2009). Hormone interactions in stomatal function. *Plant Molecular Biology*, 69, 51-462.
- Ağaoğlu, Y.S. (2013). *Üzümsü meyveler*. Bölüm 1. Editörler: Ağaoğlu, Y.S. ve Gerçekcioğlu, R. Tomurcukbağ Ltd. Şti. Eğitim Yayınları, Yayın No: 1, Ankara, 21-54 s.
- Ağaoğlu, Y.S. (1986). *Üzümsü meyveler*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 984, Ders Kitabı: 290, 377s.
- Alam, M.M., Hayat, S., Ali, B., Ahmad, A. (2007). Effect of 28-Homobrassinolide treatment on nickel toxicity in brassica juncea. *Photosynthetica*, 45,139- 142.
- Ali, B., Hasan, S.A., Hayat, S., Hayat, Q., Yadav, S., Fariduddin, Q., Ahmad, A. (2008). A role for brassinosteroids in the amelioration of aluminium stress through antioxidant system in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Environmental and Experimental Botany*, 62, 153–159.
- Altaş, İ. (2016). *Brassinosteroid ve mikrobiyal gübrenin tuz stresinde yetişen mısır bitkisine etkileri* (Yayın No. 444039). Yüksek lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Şanlıurfa, 47 sf.
- Amzalling, G.N. & Vaisman, J. (2006). Influence of brassinosteroids on initiation of the root gravitropic response in *Pisum sativum* seedlings. *Biologia Plantarum*, 50 (2): 283-286.
- Anonim (2007). (2023, Şubat 5) Precise color communication. Minolta Co., Ltd., s. 62.
- https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf
- Anonim(2023).(2023,Şubat5) ICT International. <https://www.ictinternational.com/products/sc-1-leaf-porometer/sc-1-leaf-porometer/>
- Aras Aşçı, Ö., Deveci, H., Erdeğer, A., Özdemir, K.N., Demirci, T., Baydar, N.G. (2018). Brassinosteroid uygulamalarının munstead lavander çeşidinde bitki gelişimi ile sekonder metabolit üretimi üzerine etkileri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(10): 1448-1454.

- Arteca, R.N. (1995). Brassinosteroids. *Plant Hormones : Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology*. In: Davies P.J., editor. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 206–213.
- Ashraf, M., Akram, N.A., Arteca, R.N., Foolad, M.R. (2010). The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 29: 162-190.
- Aslantaş R., Karakurt H. (2007). Rakımın meyve yetiştiriciliğinde önemi ve etkileri. *Alınları Zirai Bilimler Dergisi*, 12(2): 32-37.
- Awad, F., Romheld, V. & Marschner, H. (1994). Effect of root exudates on mobilization in the rhizosphere and uptake of iron by wheat plants. *Plant and Soil*, 165: 213-218.
- Bajguz, A. and Tretyn, A. (2003). (2023, Şubat 5) The chemical characteristic and distribution of brassinosteroids in plants. *Phytochemistry*, 62(7), 1027-1046. <https://doi.10.1002/chin.200322270>
- Balcı, G. (2018). 24–Epibrassinosteroidin kadmiyum stresi koşullarında çilek fidelerinin vejetatif büyüme kriterleri üzerine etkisi. *BAHÇE*, 47(2): 33–38.
- Balcı, G. (2022). Kireç stresi koşullarında melatonin uygulamalarının çileklerde bazı mineral elementlerin alımı üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(1): 97-112.
- Bao F., Shen J., Brady S.R., Muday G.K., Asami T., Yang Z. (2004). Brassinosteroids interact with auxin to promote lateral root development in arabidopsis. *Plant Physiology*, 134: 1624-1631.
- Bates, L., Waldren, R. ve Teare, I. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies, *Plant and Soil*, 39 (1), 205-207.
- Bates, G.W. (1982). Parallels in plant and human iron nutrition. *Journal of Plant Nutrition*. 5(4-7): 269-276.
- Beattie, J., Crozier, A., Duthie, G.G. (2005). Potential health benefits of berries. *Current Nutrition Food Science*, 1:71-86.
- Byrne, D.H., Rouse, R.E. & Sudahono (1995). Tolerance of citrus rootstocks to lime-induced iron chlorosis. *Subtropical Plant Science*, 47:7-11.

- Cengiz, Ö. (2007). *Erzurum şartlarında yetiştirilen çileğin verim ve kalitesinin sezon içerisindeki değişimi ve bu özelliklerin iklim verileri ile ilişkisinin belirlenmesi*. (Yayın No. 177740), Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 63 s.
- Chandler, C.K., Folta, K., Dale, A., Whitaker, V.M., Herrington, M. (2012). *Strawberry: Fruit breeding*. Editörler: Badenes, M.L., Byrne, D.H., Springer, London, pp: 305-328.
- Chen, Y. & Barak, P. (1982). Iron Nutrition of Plants in Calcareous Soils. *Advances in Agronomy*, 35:217-240.
- Clouse, S.D., and Sasse, J.M., (1998). Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49: 427-451. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.49.1.427>
- Cakmak, I. (2002). Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant and Soil*, 247: 3–24.
- Çay, S. & Kaynaş, K. (2016). Leonardit uygulamasının albion ve sweet ann çilek çeşitlerinde bitki gelişimi ve verime etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1): 13–19.
- Çeliker, M., Koç, A. (2022). Effect of IBA, Brassinosteroid, and bacterial applications on rooting of some rosehip (*rosa canina* l.) genotypes by hardwood cuttings. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(2): 539-549.
- Çiçekdağı, H., Zengin, M. (2017). Hüyük ilçesi'nde çilek bahçelerinin beslenme durumlarının toprak ve bitki analizleri ile belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31(3): 33-42.
- Çoban, Ö. (2014). *Brassinosteroid uygulamalarının tuz stresi altındaki nanede (mentha piperita l.) bazı fiziksel ve biyokimyasal özellikler ile sekonder metabolit birikimi üzerine etkileri*. (Yayın No. 373186), Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Isparta, 84 s.
- Çoban Ö, Göktürk Baydar N. (2016). Brassinosteroid effects on some physical and biochemical properties and secondary metabolite accumulation in peppermint (*Mentha piperita* L.) under salt stress. *Industrial Crops and Products*, 86: 251-258.

- Çoban Ö, Göktürk Baydar N. (2017). Brassinosteroid modifies growth and essential oil production in peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(1): 43-49.
- Daşgan, H.Y. (1999). *Domateste Fe eksikliğine dayanıklılığın morfolojik, fizyolojik ve genetiksel açıdan incelenmesi*. (Yayın No. 87955), Doktora Tezi, Ç.U. Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana, 241 s.
- Divi, U.D., Rahman, T., Krishna, P. (2010). brassinosteroid-mediated stress tolerance in arabidopsis shows interactions with abscisic acid, ethylene and salicylic acid pathways. *BMC Plant Biology*, 10: 151-165.
- Eker, S. (2001). *yapraktan azot uygulamasının limon ve mandarinde düşük sıcaklık stresine etkisinin antioksidatif savunma mekanizmaları açısından araştırılması*. (Yayın No. 120021), Doktora Tezi, ÇU Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 148 s.
- Erdem, N. (2008). *Farklı çilek (Fragaria Sp.) genotiplerinin demir (Fe) noksanlığına karşı duyarlılığının belirlenmesi*. (Yayın No. 178066), Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı, 83 s.
- Erdoğan, Ü., Pırlak, L. (2009). *Çoruh vadisinde örtü altı yetiştiriciliğine uygun çilek çeşitlerinin ve dikim zamanlarının belirlenmesi*. III. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, 10–12 Haziran 2009, Kahramanmaraş, 223-232.
- Farooq, M., Wahid, A., Basra S. M. A., Din Islam-ud (2009). Improving water relations and gas exchange with brassinosteroids in rice under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195: 262-269.
- Farooq, M., Wahid, A., Lee, D.J., Cheema, S.A., Aziz T. (2010). Comparative time course action of the foliar applied glycinebetaine, salicylic acid, nitrous oxide, brassinosteroids and spermine in improving drought resistance of rice. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196: 336-345.
- Fathima, N., Mamatha, T., Qureshi, H.K., Anitha, N. & Rao, J.V. (2011). Drug-excipient interaction and its importance in dosage form development. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 01(06): 66-71.
- FAOSTAT (2023). The food and agriculture organization (FAO) of the united nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Fujioka S. ve Sakurai A. (1997). Brassinosteroids. *Natural Products Reporter*, 14, 1-10.

- Galletta G.J., Bringhurst R.S. (1990). *Strawberry Management*. In: G.J. Galletta and D.G. Himelrick (eds.), small fruit crop management. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. p.83-156.
- Golldack, D., Lüking, I., Yang, O. (2011). Plant tolerance to drought and salinity: stress regulating transcription factors and their functional significance in the cellular transcriptional network. *Plant Cell Reports*, 30: 1383–1391.
- Grattan, S.R. & Grieve, C.M. (1999). Salinity -mineral nutrient relations in Horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78(1-4):127-157.
- Grove, M.D., Spencer, G.F., Rohwedder, W.K., Mandava, N., Worley, J.F., Warthen, J.D., Steffens, G.L., Flippenanderson, J.L. & Cook, J.K. (1979). Brassinolide, a plant growth promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. *Nature*, 281: 216-217.
- Guttridge C.G. (1958). The effects of winter chilling on the subsequent growth and development of the cultivated strawberry plant. *Journal of Horticultural Science*, 33: 119-127.
- Gül, A. (2019). *Topraksız tarım*. Hasad Yayınları, İspn : 978-975-8377-83-1, 146s.
- Gündoğdu, M. , Berk, SK., Geçer, MK., Kıpçak, S., Çakmakcı, Ö. (2019). Çilek yapraklarının antioksidan enzim aktiviteleri üzerine farklı hormon uygulamalarının etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2): 225-232.
- Halliday, K.J. (2004). Plant hormones: The interplay of brassinosteroids and auxin. *Current Biology*, 23: 1008-1010.
- Hancock J., Simpson D. (1995). Methods of extending the strawberry season in Europe. *HortTechnology*, 5(4): 286-290.
- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., ve Handa, A.V. (1986). Cellular mechanisms of salinity tolerance. *HortScience*, 21(6): 1317–1324.
- Hayat, S., Ali, B., Hasan, S.A., Ahmad, A. (2007). Brassinosteroid enhanced the level of antioxidants under cadmium stress in *brassica juncea*. *Environmental and Experimental Botany*, 60: 33-41.
- Hayat, S., Hasan S.A., Yusuf M., Hayat Q., Ahmad A. (2010a). Effect of 28-homobrassinolide on photosynthesis, fluorescence and antioxidant system in the

- presence or absence of salinity and temperature in *Vigna radiata*. *Environmental and Experimental Botany*, 69: 105–112.
- Hayat, S., Hasan, S. A., Hayat, Q. and Ahmad, A. (2010b). Brassinosteroids protect *Lycopersicon esculentum* from cadmium toxicity applied as shotgun approach. *Protoplasma*, 239(1–4):3–14. doi: 10.1007/s00709–009–0075–2.
- Hawkesford, M.J., Buchner, P. (2001). *Molecular analysis of plant adaptation to the environment*. Part of the springer handbook series of plant ecophysiology book series, KLEC Vol 1: 1-15, eBook ISBN: 978-94-015-9783-8.
- Hirayama, T ve Shinozaki, K. (2010). Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future. *The Plant Journal*, 61, 1041-1052.
- Horasan, O., Furtana, G.B., Ellialtioglu, S.S., Tipirdamaz, R. (2017). Exogenously salicylic acid effects on growth and some physiological parameters of in vitro cultured salt stressed embryos of eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars differing in salt tolerance. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(5): 3107-3117.
- Hirayama, T & Shinozaki, K. (2010). Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future. *The Plant Journal*, 61:1041-1052.
- İnal, A., Güneş, A., & Alparslan, M. (1999). Anamur ve Silifke yöresinde çilek yetiştirilen alanların toprak özellikleri ile bitkilerin beslenme durumları arasındaki ilişkiler. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, Ek Sayı 3: 729-740.
- Kaçar, B. & Katkat, B. (2006). *Bitki Besleme*. (2. Basım), Nobel Yayın (849), 595.
- Kandemir, A. (2016). *Bazı çilek çeşitlerinin örtü altında performanslarının belirlenmesi*. [Basılmamış Yüksek Lisans Tezi], Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Samsun.
- Kant, C., Barik, K., Aydın, A. (2006). Asidik topraklara uygulanan farklı kireçleme materyallerinin bazı toprak özellikleri ile mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin gelişimi ve mineral içeriğine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2): 161-167.
- Kara, N. (2018). *Yeni bazı yerli çilek çeşitlerinin topraktaki kireç seviyelerine tepkilerinin belirlenmesi*. (Yayın No. 530528), Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 67sf.

- Kara, N., Eşitken, A. (2018). Farklı kireç seviyelerinin bazı çilek çeşitlerinde büyüme üzerine etkileri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32(3): 328-332.
- Kargı, S.P. (2021). *Ülkemiz çilek yetiştiriciliğinde mevcut durum ve beklentiler*. Çilek e-Çalıştayı. Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 7-10.
- Karlıdağ, H., Yıldırım, E. and Turan, M. (2011). Role of 24–epibrassinoloid in miting the adverse effect of salt stress on stomatal conductance, membrane permeability and leaf water content, ionic composition in salt stress strawberry (*Fragaria x ananassa*). *Scientia Horticulturae*, 130:133–140.
- Krishna, P. (2003). Brassinosteroid-Mediated stress responses. *Journal of Plant Growth Regulators*, 22, 289-297.
- Kaplan, U., & Gokbayrak, Z. (2012). Effect of 22(S), 23(S)- Homobrassinolide on adventitious root formation in grape rootstocks. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 33 (2): 253-256.
- Kaşka, N., Paydaş, S., Özgüven, A. I., Özdemir, E. (1988). Alata'da (İçel) yeni bazı çilek çeşitleri üzerinde araştırmalar. *Doğa Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 12(1) : 1-9.
- Kılıç, F. & Yılmaz, K.U. (2017). Kayseri ili Tomarza ilçesinde kısa gün ve gün–nötr çilek çeşitlerinin yetiştiriciliği. *Bahçe* 46, Özel Sayı 1: 255-264.
- Kim, S.K., Chang, S.C., Lee, E.J., Chung, W.S., Kim, Y.S., Hwang, S. And Lee, J.S. (2000). Involvement of brassinosteroids in the gravitropic response of primary root of maize. *Plant Physiology*, 123: 997–1004.
- Koç, B. (2022). *Strigolakton uygulamalarının kireçli ortamlarda asmanın bazı fiziksel ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri*. (Yayın No. 716583), Yüksek lisans tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 58sf.
- Korkmaz, H., Durmaz, A. (2017). Bitkilerin abiyotik stres faktörlerine verdiği cevaplar. *GÜFBED/GUSTIJ*, 7(2): 192-207.
- Kronenberg H.G., Wassenaar L.M., Van De Lindeloof C.P.J. (1976). Effect of temperature on dormancy in strawberry. *Scientia Horticulturae*, 4(1976): 361- 366.

- Kuşvuran, Ş. (2010). *Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar*. (Yayın No.266138), Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri ABD, 377 s.
- Li, L., Van Staden, J. (1998). Effect of plant growth regulators on the antioxidative system in callus of two maize cultivars subjected to water stres. *Plant Growth Regulators*, 24, 55-66.
- Mahajan, S. ve Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444(2), 139-158.
- Malikova, J., Swaczynova, J., Kolar, Z. & Strnad, M. (2008). Anticancer and antiproliferative activity of natural brassinosteroids. *Phytochemistry*, 69: 418–426.
- Mandava, N.B. (1988). Plant growth-promoting brassinosteroids. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39, 23-52.
- Mengel, K. ve Kirkby, E. (1982). *Principles of plant nutrition*, International Potash Institute, Bern, 655 pp, Google Scholar
- Miller, G., Pushnik, J. ve Welkie, G. (1984). Iron chlorosis, a world wide problem, the relation of chlorophyll biosynthesis to iron. *Journal of Plant Nutrition*, 7(1-5):1-22.
- Mussig C., Shin G.H., Altmann T. (2003). Brassinosteroids promote root growth in arabidopsis. *Plant Physiology*, 133:1261-1271.
- Nemhauser J.L., Mockler T.C., Chory J. (2004). Interdependency of brassinosteroid and auxin signaling in arabidopsis. *PLOS Biology*, 2(9):E258. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020258>
- Osmond, C.B., Austin, M.P., Berry, J.A., Billings, W.D., Boyer, J.S., Dacey, J.W.H., Nobel, P.S., Smith, S.D. ve Winner, W.E. (1987). Stress Physiology And The Distributions of Plants. *BioScience*, 37, 38-48.
- Özcan, M.E., Güleç, M., Özerol, E., Polat, R. ve Akyol, O. (2004). Antioxidant enzyme activities and oxidative stress in affective disorders. *International Clinical Psychopharmacology*, 19, 89-95.
- Özgen, M., Reese, R.N., Tulio, A.Z., Miller, A.R. & Scheerens, J.C. (2006). Modified 2,2-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing

- antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (dpsh) methods. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54:1151-1157.
- Özgüven, A. I. ve Yılmaz, C. (2009). Bazı çilek çeşitlerinin Adana ekolojik koşullarındaki morfolojik ve pomolojik özellikleri. *Alatarım*, 8(2):17-21.
- Pestana, M., David, M., de Varennes, A., Abadía, J. ve Faria, E. A. (2001). Responses of “Newhall” orange trees to iron deficiency in hydroponics: effects on leaf chlorophyll, photosynthetic efficiency, and root ferric chelate reductase activity. *Journal of Plant Nutrition*, 24(10):1609-1620.
- Pipattanawong, N., Fujishige, N., Yamane, K. & Ogata, R. (1996). Effects of brassinosteroid on vegetative and reproductive growth in two day-neutral strawberry. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 65(3):651–654.
- Rao, S.S.R., Vardhini, B.V., Sujatha, E., Anuradha, S. (2002). Brassinosteroids, a new class of phytohormones, *Current Science Association*, 82(10): 1239-1245.
- Rombolà, A. D. & Tagliavini, M. (2006). *Iron nutrition of fruit tree crops*, In: *Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms*, Eds: Springer, ISBN : 978-1-4020-4742-8 p. 61-83.
- Sasse, J.M. (2003). Physiological actions of brassinosteroids: an update. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22: 276–288.
- Saharkhiz MJ, Goudarzi T. (2014). Foliar application of salicylic acid changes essential oil content and chemical compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17(3): 435-440.
- Savaldi-Goldstein, S., and Chory, J. (2006). *Brassinosteroids*. Editors: Taiz, L., and Zeiger, E., Plant Physiology, Fourth Edition, ISBN: 0878938567, Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, 617-634.
- Schaper, H., Chocko, E.K. (1991). Sulphur availability Rubuco content, and photosynthetic rate of soybean. *Crop Science*, 37: 1801-1806.
- Schmidt, J., Altmann, T., Adam, G. (1997). Brassinosteroids from seeds of *Arabidopsis thaliana*. *Phytochemistry*, 45: 1325-1327.

- Serçe, S., Özgen, M. (2014). Çilek yetiştiriciliği ve güncel eğilimler. Tarım Türk Dergisi. https://www.researchgate.net/publication/267266752_Cilek_yetistirciligi_ve_yeni_egilimler
- Sevgican, A. (2003). *Örtüaltı sebzeciliği (Topraksız Tarım)*. Genişletilmiş 2. Basım. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları (526).
- Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q. and Qian, Q. (2006). Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. *Plant Growth Regulation*, 48:127–135.
- Soltanpour, P., Workman, S. ve Schwab, A. (1979). use of inductively-coupled plasma spectrometry for the simultaneous determination of macro-and micronutrients in NH_4HCO_3 -DTPA extracts of soils. *Soil Science Society of America Journal*, 43(1): 75-78.
- Sun, D., Lu, X., Hu, Y., Li, W., Hong, K., Mo, Y., Cahill, D. M., & Xie, J. (2013). Methyl jasmonate induced defense responses increase resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 4 in banana. *Scientia Horticulturae*, 164, 484–491.
- Surgun, Y., Yılmaz, E., Çöl, B. ve Bürün, B. (2012). Altıncı grup bitki hormonu: Brassinosteroidler. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1):27–46.
- Staudt, G. (1989). The species of *Fragaria*. The taxonomy and geographical distribution. *Acta horticulturae*. 439: 55-62.
- Stresty, T.V.S. & Madhava Rao, K.V. (1999). Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cells of pigeonpea. *Environmental and Experimental Botany*, 41(1): 3-13.
- Şahin, M. (2015). *Kirazlarda yan dal oluşumuna promalin ve malç uygulamalarının etkileri*. (Yayın No. 380887), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri ABD, 72 s.
- Şen, S. M. (1974). Muhtelif demir bileşiklerinin üç çilek çeşidinde mahsuldarlığa ve erkenciliğe etkileri üzerinde bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2-3).
- TÜİK (2023). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr/>

- Türemiş, N., Özgüven, A.I., Paydaş, S. (2000). (2022, Aralık 5) Güneydoğu Anadolu bölgesinde çilek yetiştiriciliği. TÜBİTAK Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları. 36 s. <https://kutuphane.tarimorman.gov.tr/vufind/Record/13821>
- Türemiş, N. ve Ağaoğlu, Y.S. (2013). *Çilek. Üzümsü meyveler*, Bölüm 2. Editörler: Ağaoğlu, S.ve R., Gerçekcioğlu, Tomurcukbağ Ltd. Şti. Eğitim Yayınları, No:1, Ankara, s. 57-120.
- Uzal, O. (2017). The effect of GA3 applications at different doses on lipidperoxidation, chlorophyll, and antioxidant enzyme activities in pepper plants under salt stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (8), 5283-5288.
- Uzunoglu, Ö. (2018). *Bitki büyüme düzenleyicilerin bazı asma anaçlarının köklenmesi üzerine etkisi*. (Yayın No. 498241), Yüksek Lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, 64 s.
- Vardhini, B.V., and Anjum, N.A. (2015). Brassinosteroids make plant life easier under abiotic stresses mainly by modulating major components of antioxidant defense system. *Frontiers in Environmental Science*, 2(67), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2014.00067>
- Varış, S., S. Altıntaş, H. Çinkılıç, P. S. Koral, S. J. Butt & Çinkılıç, L. (2004). Öğütülmüş cibre-cüruf (ÖCC) harcı, *Hasad Dergisi*, 234:26-34.
- Vose, P. (1982). Iron nutrition in plants: a world overview. *Journal of Plant Nutrition*, 5(4-7), 233-249.
- Wang, W., Vinocur, B., Shoseyov, O. ve Altman, A. (2004). Role of plant heatshock proteins and molecular chaperones in the abiotic stress response. *Trends in Plant Science*, (5), 244-252.
- Warmund M.R. (1993). Ice distrubition in “Earliglow” strawberry crowns and tissue recovery following extracellular freezing, *Journal of the American Society Horticultural Science*, 118 (5):644- 64.
- Wasternack, C. (2007). Jasmonates: An update on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress response, growth and development, *Annals of Botany*, 100, 681-697.
- White, J. G. & Zasoski, R. J. (1999). Mapping soil micronutrients, *Field crops research*, 60 (1), 11-26.

- Wilen, R.W., Sacco M., Gusta L.V., Krishna P. (1995). Effect of 24-Epibrassinolide on Freezing and Thermo Tolerance of Brome Grass (*Bromus inermis*) Cell Culture. *Physiologia Plantarum*, 95, 195-202.
- Wolters, H. ve Jurgens, G. (2009). Survival of The Flexible: Hormonal Growth Control and Adaptation in Plant Development. *Nature Reviews Genetics*, 10, 305-317
- Xia, X.J., Wang, Y.J., Zhou, Y.H., Tao, Y., Mao, W.H., Shi, K., Asami, T., Chen, Z. and Yu, J.Q. (2009). Reactive oxygen species are involved in brassinosteroid-induced stress tolerance in cucumber. *Plant Physiology*, 150:801–814.
- Yağmur, B., Okur, B., Okur, N. (2021). Kirece bir alternatif olarak şlam uygulamasının asit reaksiyonlu toprakta biber (*capsicum annuum* var. *cerasiforme*) bitkisinin beslenmesine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18 (4): 636-648.
- Yan, Z., Chen, J., & Li, X. (2013). Methyl jasmonate as modulator of Cd toxicity in *Capsicum frutescens* var. *fasciculatum* seedlings. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 98, 203–209.
- Yokota, T. (1997). The structure, biosynthesis and function of brassinosteroids. *Trends in Plant Science*, 2(4), 137-143. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1360138597010170?via%3DihubYu>
- Yu, J.Q., Huang, L.F., Hu, W.H., Zhou, Y.H., Mao, W.H., Ye, S.F., Nogues, S. (2004). A role for brassinosteroids in the regulation of photosynthesis in *Cucumis sativus*. *Journal of Experimental Botany*, 55, 1135-1143.
- Yu J.Q., Huang, L.F., Hu, W.H., Zhou, Y.H., Mao, W.H., Ye, S.F., Nogues, S. (2004). A role for brassinosteroids in the regulation of photosynthesis in *Cucumis sativus*. *Journal of Experimental Botany*, 55, 1135-1143.
- Zhang, Y., Luo, Y., Hou, Y., Jiang, H., Chen, Q., & Tang, H. (2008). Chilling acclimation induced changes in the distribution of H₂O₂ and antioxidant system of strawberry leaves. *Agricultural Journal*, 3(4), 286-291.