

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KARNABAHAAR FİDELERİNE
28-HOMOBRASSİNOLİD UYGULAMALARININ TUZ STRESİ ALTINDA
FİDE GELİŞİMİ VE GLUKOZİNOLAT İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Onur AKTAŞ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2017**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Onur AKTAŞ tarafından hazırlanan “**Karnabahar Fidelerine 28-Homobrassinolid Uygulamalarının Tuz Stresi Altında Fide Gelişimi ve Glukozinolat İçeriği Üzerine Etkilerinin İncelenmesi**” adlı tez çalışması 29/05/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr Gölge SARIKAMIŞ

Jüri Üyeleri:

Başkan : Doç. Dr Gölge SARIKAMIŞ
Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Ruhsar YANMAZ
Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

29.05.2017



Onur AKTAŞ

ÖZET

Yüksek Lisan Tezi

KARNABAHAH FİDELERİNE 28-HOMOBRASSİNOLİD UYGULAMALARININ TUZ STRESİ ALTINDA FİDE GELİŞİMİ VE GLUKOZİNOLAT İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Onur AKTAŞ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gölge SARIKAMIŞ

Sunulan tez çalışmasında karnabahar fidelerine (*Brassica oleracea* var. *botrytis* cv. *Memphis* F1) 28-homobrassinolid uygulamasının tuzlu koşullarda fide gelişimi ve glukozinolat içeriğine etkisi araştırılmıştır. Karnabahar fideleri torf:perlit ve kum:perlit olmak üzere 2 farklı ortamda yetiştirilmiştir. Uygulamalar, 0 (kontrol), 150 ve 200 mM konsantrasyonlarında NaCl ile 0 (kontrol), 0.5 ve 1 mg l⁻¹ konsantrasyonlarında 28-homobrassinolid ve bunların kombinasyonları şeklinde yapılmıştır. Çalışmada uygulamaların fide gelişim parametreleri üzerine etkisi her iki ortam için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Buna göre torf:perlit ortamında genel olarak uygulamalar ile birlikte kontrole göre gelişim parametrelerinde azalma belirlenirken; kum:perlit ortamında ilk denemede 150 mM NaCl + 1mg l⁻¹ BR ve 200 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamalarında, ikinci denemede ise 200 mM NaCl uygulamasında fide gelişim parametrelerinde kontrole göre bir miktar artış tespit edilmiştir. Glukozinolat içeriği bakımından ise her iki ortamda da uygulamalar ile birlikte alifatik glukozinolat miktarının azaldığı ancak bu azalmanın ikinci denemede kum:perlit ortamında istatistiki olarak önemli olduğu (p<0.05) belirlenmiştir. Alifatik glukozinolat miktarındaki azalma, uygulamalar ile birlikte olası hücre hasarına bağlı olarak mirosinaz enziminin aktive olması ve alifatik glukozinolatların parçalanmasına dayandırılmıştır. Indol glukozinolatların ise tuz uygulaması sonucu azaldığı 1mg l⁻¹ 28-homobrassinolid ve 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ 28-homobrassinolid birlikte uygulanmasında arttığı görülmüştür. Bu artışın bitkide strese karşı savunma mekanizmasının devreye girmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Çalışmadan elde edilen bulguların ileride yürütülecek çalışmalara ışık tutması beklenmektedir.

Mayıs 2017, 57 sayfa

Anahtar Kelimeler: Karnabahar, brassinosteroid, 28-homobrassinolid, tuz stresi

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECT OF 28-HOMOBRASSINOLIDE ON SEEDLING DEVELOPMENT AND GLUCOSINOLATE CONTENT IN CAULIFLOWER UNDER SALINITY STRESS

Onur AKTAŞ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Horticulture

Supervisor : Doç. Dr. Gölge SARIKAMIŞ

In the present study, the effect of 28-homobrassinolide on seedling development and glucosinolate content of cauliflower seedlings (*Brassica oleracea* var. *botrytis* cv. *Memphis* F1) under salinity stress was investigated. Cauliflower seedlings were grown in two different growing media including peatmoss:perlite and sand:perlite. The treatments were 0 (control), 150, 200 mM NaCl, 0.5, 1 mg l⁻¹ 28-homobrassinolide and their combinations. The effect of 28-homobrassinolide and NaCl treatments on seedling parameters was determined for each growing medium. The findings revealed that in peatmoss:perlite decreases were determined compared to control in all developmental parameters while slight increase was observed in 150 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR and 200 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR of the first experiment of sand:perlite and 200 mM NaCl in the second experiment of sand:perlite. In terms of glucosinolates, as a result of the treatments aliphatic glucosinolate content decreased in both growing media, statistically significant in sand:perlite (p<0.05). The decrease in aliphatic glucosinolates was attributed to the hydrolysis of glucosinolates upon tissue damage activating the enzyme myrosinase. Indole glucosinolates decreased upon salinity treatments however, increased with 1 mg l⁻¹ 28-homobrassinolide and 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ 28-homobrassinolide applications. The increase is probably due to the activation of plant defence mechanism as indoles are mostly associated with stress. The findings are believed to guide future studies on the applications of brassinosteroids under stress conditions.

May 2017, 57 pages

Key Words: Cauliflower, brassinosteroid, 28-homobrassinolide, salt stress

TEŐEKKÖR

Bu çalışmanın gerçekleőtirilmesinde, konu, kaynak ve yÖntem aŐamalarında tezin oluşmasını sağlayan ve hiçbir zaman yardımını eksik etmeyen danışman hocam Doç. Dr. Gölge SARIKAMIŞ'a (Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı) teŐekkÖrlerimi sunarım. Ayrıca alıŐmalar esnasında her ihtiyacım olduğunda bana zamanını ayıran AraŐ. Gör. Eren ÖZDEN'e (Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı) teŐekkÖr ederim.

Onur AKTAŞ

Ankara, Mayıs 2017

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Glukozinolatlar.....	3
1.2 Brassinosteroidler	5
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1 Bitkisel Materyal	15
3.2 Tohum Ekimi.....	16
3.3 Fidelerin geliştirilmesi, tuz ve 28-Homobrasinolid uygulamaları	18
3.3.1 Tuz (NaCl) uygulamaları.....	18
3.3.2 Brassinosteroid (28-Homobrasinolid) uygulamaları.....	18
3.4 Ölçüm ve Analizler.....	20
3.4.1 Fide büyüme ve gelişiminin belirlenmesi	20
3.4.1.1 Fide boyu.....	20
3.4.1.2 Kök boyu	21
3.4.1.3 Gövde çapı	21
3.4.1.4 Fide yaş ve kuru ağırlığı	22
3.4.2 Glukozinolat Analizleri.....	22
3.4.3 HPLC-UV Analizi	24
3.4.4 İstatistiksel Analizler	25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	26
4.1 Tuz ve BR uygulamaları analiz sonuçları (1. Deneme)	26
4.1.1 Kum:perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin gelişimi.....	26
4.1.2 Kum:perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerin glukozinolat içeriği	28
4.2 Tuz ve BR uygulamaları analiz sonuçları (2.deneme).....	34

4.2.1 Torf:Perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin gelişimi.....	34
4.2.2 Torf:Perlit ortamında geliştirilen karnabahar fidelerinin glukozinolat içerikleri	34
4.2.3 Kum:Perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin gelişimi.....	40
4.2.4 Kum:Perlit ortamında geliştirilen karnabahar fidelerinin glukozinolat içerikleri	42
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	48
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ.....	57



SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat
µM	Mikromolar
µmol	Mikromol
BR	Brassinosteroid
mM	Milimolar
NaCl	Sodyum Klorür
NiCl ₂	Nikel Klorid
Rpm	Dakikada Devir
Se	Selenyum

Kısaltmalar

1-MetGBS	1-Methoxyglucobrassicin
4-MetGBS	4-Methoxyglucobrassicin
4-OHGBS	4-Hydroxyglucobrassicin
24-epiBL	24-epibrassinolid
28-HomoBL	28-Homobrassinolid
28-HomoCS	28-Homocastasterone
APX	Askorbat Peroksidaz
CAT	Katalaz
GBS	Glucobrassicin
GR	Glutasyon redüktaz
Gsl	Glukozinolat
KA	Kuru Ağırlık
TA	Taze Ağırlık
SOD	Süper Oksit Dismutaz

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Dünyada karnabahar ve brokoli üretim alanı ile üretim miktarındaki değişim	1
Şekil 1.2 Türkiye karnabahar üretim alanlarının bölgelere göre dağılımı	2
Şekil 1.3 Türkiye karnabahar üretim miktarının bölgelere göre dağılımı	2
Şekil 1.4 Brassinolide molekülü	6
Şekil 3.1 Memphis F1 çeşidinin Ankara koşullarında taç gelişimi	15
Şekil 3.2 Fide çıkışı	16
Şekil 3.3 Torf:perlit ortamına şaşırtılan fideler	17
Şekil 3.4 Kum:perlit ortamına şaşırtılan fideler	17
Şekil 3.5 Hormon uygulaması yapılmış örnekler	20
Şekil 3.6 Fide boyu ve kök boyu ölçümü	21
Şekil 3.7 Gövde çapının ölçümü	22
Şekil 3.8 Liyofilizatörde kurutulan örnekler	23
Şekil 3.9 Rezervuar hazırlığı	24
Şekil 4.1 Torf:perlit ortamında kontrol grubu bitkilerin glukozinolat profili	35
Şekil 4.2 Torf:perlit ortamında 200 mM NaCl uygulaması yapılan bitkilerin glukozinolat profili	35
Şekil 4.3 Torf:perlit ortamında 200 mM + 1 mg l ⁻¹ BR uygulaması yapılan bitkilerin glukozinolat profili	36
Şekil 4.4 Torf:perlit ortamında 1 mg l ⁻¹ BR uygulaması yapılan bitkilerin glukozinolat profili	36
Şekil 4.5 Torf:perlit ortamında yetiştirilen fidelerin alifatik glukozinolat miktarlarındaki değişim	38
Şekil 4.6 Torf:perlit ortamında yetiştirilen fidelerin indol glukozinolat miktarlarındaki değişim	40
Şekil 4.7 Kum:perlit ortamında kontrol grubu bitkilerin glukozinolat profili	42
Şekil 4.8 Kum:perlit ortamında 200 mM NaCl uygulaması yapılan bitkilerin glukozinolat profili	43
Şekil 4.9 Kum:perlit ortamında 200 mM NaCl + 1 mg l ⁻¹ BR uygulaması yapılan bitkilerin glukozinolat profili	43
Şekil 4.10 Kum:perlit ortamında 1 mg l ⁻¹ BR uygulaması yapılan bitkilerin glukozinolat profili	44
Şekil 4.11 Kum:Perlit ortamındaki örneklerin alifatik glukozinolat miktarları	45
Şekil 4.12 Kum:Perlit ortamındaki örneklerin indol glukozinolat miktarları	47

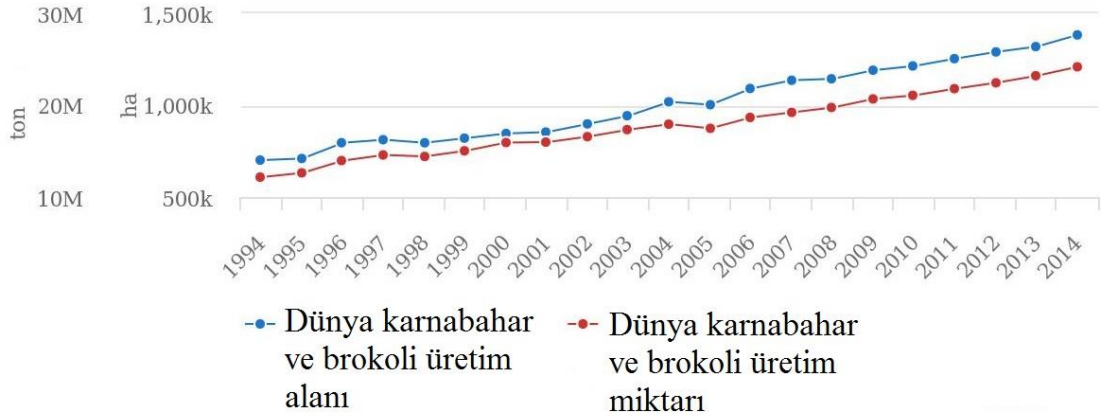
ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Karnabaharın besin içeriği	3
Çizelge 3.1 İlk denemede yapılan uygulamalar	19
Çizelge 4.1 Kum:perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin tuz ve brassinolid uygulamalarına göre gelişim parametreleri	27
Çizelge 4.2 Kum:perlit ortamında gelişen fidelerin alifatik glukozinolat miktarları.....	30
Çizelge 4.3 Kum:perlit ortamında gelişen fidelerin indol glukozinolat miktarları	33
Çizelge 4.4 Torf:perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin tuz ve brassinolid uygulamalarına göre gelişim parametreleri	34
Çizelge 4.5 Torf:perlit ortamında gelişen fidelerin alifatik glukozinolat miktarları.....	38
Çizelge 4.6 Torf:perlit ortamında gelişen fidelerin indol glukozinolat miktarları.....	40
Çizelge 4.7 Kum:perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin tuz ve brassinolid uygulamalarına göre gelişim parametreleri	41
Çizelge 4.8 Kum:perlit ortamında gelişen fidelerin alifatik glukozinolat miktarları.....	45
Çizelge 4.9 Kum:perlit ortamında gelişen fidelerin indol glukozinolat miktarları	47

1. GİRİŞ

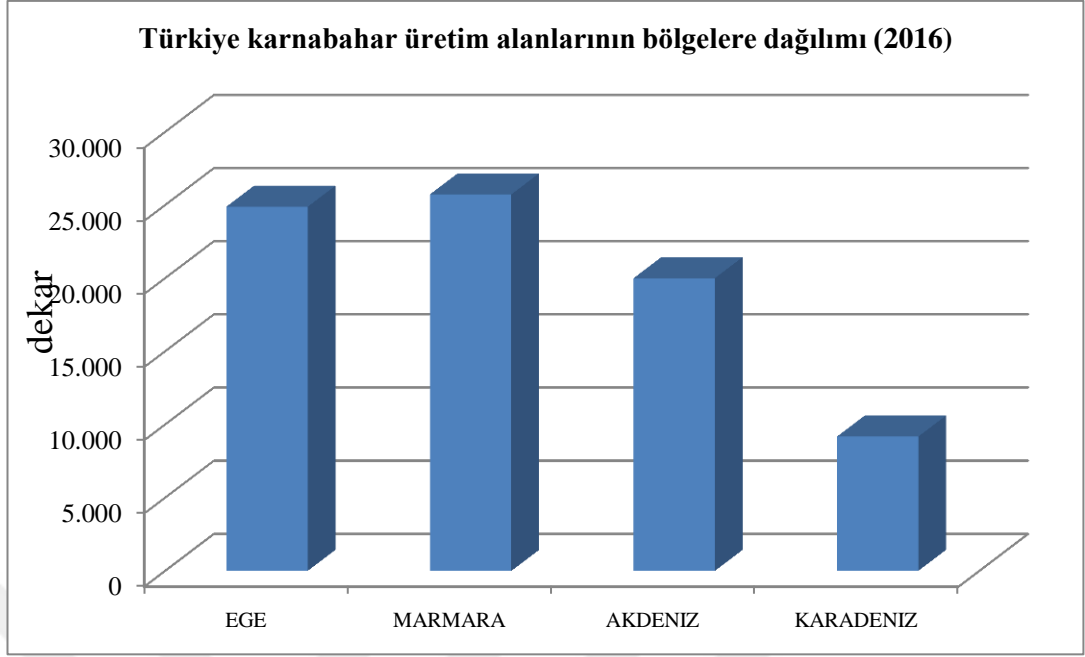
Karnabahar (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), dünyada ve ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılanlahana grubu sebzeler (*Brassicaceae*) içerisinde yer almaktadır. Karnabaharın çok eski zamanlardan beri Akdeniz ülkelerinde yetiştiriciliğinin yapıldığı, anavatanının Akdeniz ülkeleri olduğu, özellikle Güney İtalya ve Güney Avrupa'nın karnabaharın gen merkezi olduğu belirtilmektedir (Snogerup vd. 1980).

Dünyada karnabahar ve brokoli üretiminin 2014 yılında yaklaşık 1.4 milyon ha alanda 24.2 milyon ton olduğu bildirilmektedir (www.fao.org 2017). Çin ve Hindistan, dünya üretiminin yaklaşık % 74'ünü karşılamaktadır. Dünyada üretim alanı ve üretim miktarı bakımından değişim incelendiğinde hem üretim alanında hem de üretim miktarında düzenli artış olduğu görülmektedir (Şekil 1.1).

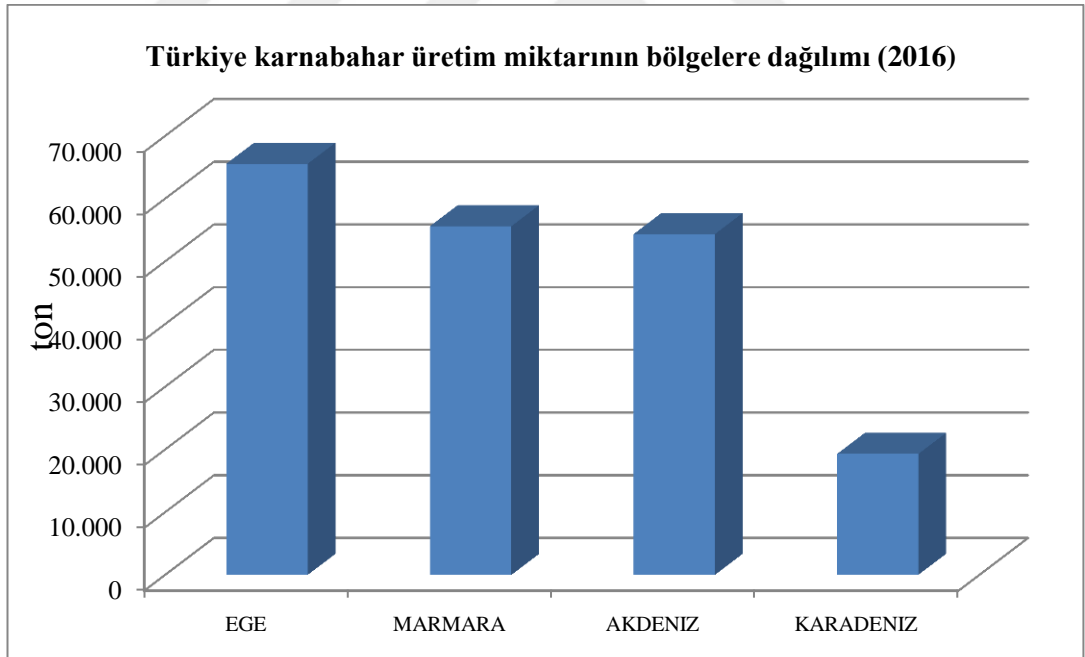


Şekil 1.1 Dünyada karnabahar ve brokoli üretim alanı (ha) ile üretim miktarındaki (ton) değişim (1994-2014) (www.fao.org 2017)

Ülkemizde ise 2016 yılı verilerine göre yaklaşık 80 bin dekar alanda 195 bin ton karnabahar üretildiği bildirilmektedir (www.tuik.gov.tr 2017). Ülkemizde üretimin büyük kısmının Ege, Marmara, Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde olduğu görülmektedir (Şekil 1.2-1.3) (www.tuik.gov.tr 2017).



Şekil 1.2 Türkiye karnabahar üretim alanlarının bölgelere göre dağılımı (www.tuik.gov.tr 2017)



Şekil 1.3 Türkiye karnabahar üretim miktarının bölgelere göre dağılımı (www.tuik.gov.tr 2017)

Karnabahar, insan sağlığı açısından yararlı vitamin ve mineral içeriklerinin yanı sıra kükürlü bileşikler (glukozinolatlar) içermektedir (Çizelge1.1).

Çizelge 1.1 Karnabaharın besin içeriği (100g, www.usda.gov 2016)

İçerik	Birim	Miktar
Su	g	92.07
Enerji	kcal	25
Protein	g	1.92
Yağ	g	0.28
Karbohidrat	g	4.97
Lif	g	2.0
Şeker	mg	1.91
Kalsiyum	mg	22
Demir	mg	0.42
Magnezyum	mg	15
Fosfor	mg	44
Potasyum	mg	299
Sodyum	mg	30
Çinko	mg	0.27
Vitamin C	mg	48.2
Tiyamin B1	mg	0.05
Riboflavin B2	mg	0.06
Niyasin B3	mg	0.507
Vitamin B6	mg	0.184
Folik asit	µg	57
Vitamin E	mg	0.08
Vitamin K	µg	15.5

1.1 Glukozinolatlar

Glukozinolatlar, lahana, brokoli, karnabahar gibi lahana grubu sebzelerin kendilerine has keskin tat ve kokularından sorumlu olan, yapılarında şeker ve kükürt bulunduran, bitkide savunma mekanizması olarak görev yaptıkları düşünülen ikincil bitki metabolitleridir (Sarıkamış 2011).

Son yıllarda yürütülen araştırmalar, lahana grubu sebzelerde bulunan glukozinolatların insan sağlığı açısından çeşitli yararlar sağladığı, kanser başta olmak üzere çeşitli hastalıklara karşı koruduğunu göstermektedir. Varlığı bilinen 120'den fazla farklı glukozinolat olduğu bildirilmektedir. En fazla rastlanan glukozinolatlar sentezi methionine amino asiti tarafından başlatılan alifatikler, ardından sentezi tryptophan

tarafından başlatılan indoller, ve sentezi phenylalanine/tyrosine tarafından başlatılan aromatik glukozinolatlardır (Sarıkamış 2011).

Bitkilerde glukozinolat miktarı, yetiştiricilik sırasındaki ve sonrasındaki koşullara göre farklılık gösterebilmektedir. Toprak besin içeriği (Miao vd. 2013), sıcaklık (Eylen vd. 2008), ışık (Pérez-Balibrea vd. 2008) ve su eksikliği (Schreiner vd. 2009) gibi çeşitli unsurlar ve stres koşulları bitkilerin glukozinolat miktarını etkilemektedir.

Bitkilerde stres, uygun olmayan koşullar altında bitki yaşamının kısıtlanması, bitkide savunma sistemi olarak görev yapan metabolit ve enzim sistemlerinin devreye girmesi olarak tanımlanabilir. Genel olarak stres koşulları, organizmanın hayati işlevlerini korumayı ve bitkide stress sonucu meydana gelebilecek zararları hafifletmeyi amaçlayan bir dizi fizyolojik değişikliğe neden olur.

Stres faktörleri biyotik ve abiyotik olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Biyotik stres, çeşitli patojen mikroorganizmalar, yabancı otlar, mantarlar, böcekler ve hayvanların sebep olduğu bitki stresleridir. Abiyotik stres kaynakları arasında ise uygun olmayan sıcaklık, ışık şiddeti, besin elementi eksikliği, kuraklık ve tuzluluk bulunmaktadır (Vickers vd. 2009).

Günümüzde abiyotik stres faktörleri içerisinde kuraklık ve tuzluluk dünyada ve ülkemizde tarım alanlarındaki verimliliği sınırlayan önemli unsurlardandır. Dünyada yüksek tuzluluk oranına sahip alanların 9 milyon hektardan fazla olduğu belirtilmektedir (Tuteja 2007). Türkiye'deki çorak alanların % 74'ünü (yaklaşık 12 bin ha) tuzlu topraklar oluşturmaktadır (Kendirli vd. 2005).

Tuzluluğun bitki büyümesine olumsuz etkileri, düşük ozmotik potansiyel (su stresi), beslenme dengesizliği, spesifik iyon etkisi (tuz stresi) veya bu faktörlerin bir kombinasyonu ile ilişkilendirilmektedir ve bütün bu faktörler, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeyde bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır (Ashraf ve Harr 2004). Büyüme ve gelişmeyi etkileyen tuzluluk stresinin en

yaygın etmenin NaCl olduğu bildirilmiştir. Birçok bitki tuzun meydana getirdiği bu strese karşı kendini korumak için prolin, glisin-betain ve çözüner şekerler gibi osmoprotektan metabolitler üretirler (Chelli-Chaabouni vd. 2010).

Birçok bitkinin tuz stresine duyarlı olduğu ve yüksek tuzluluk koşulları altında büyüme ve gelişimin yavaşladığı, verimin düştüğu ve ileri düzeylerde canlılığını kaybettiği bilinmektedir. Bitkilerin olumsuz koşullara adaptasyonunu sağlayan en önemli unsurlar arasında bitkiler tarafından sentezlenen hormonlar yer almaktadır. Bitkisel hormonlar, çeşitli fizyolojik olayları yönlendirerek, bitkilerin strese tolerans düzeyini etkilemektedir (Iqbal vd. 2012, Khan ve Khan 2013). Tuzluluğun olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla bitkisel hormonların dışsal olarak bitkilere uygulanmasının bitkilerin stresle başa çıkmasında etkili bir yaklaşım olabileceği belirtilmektedir (Houimli vd. 2008).

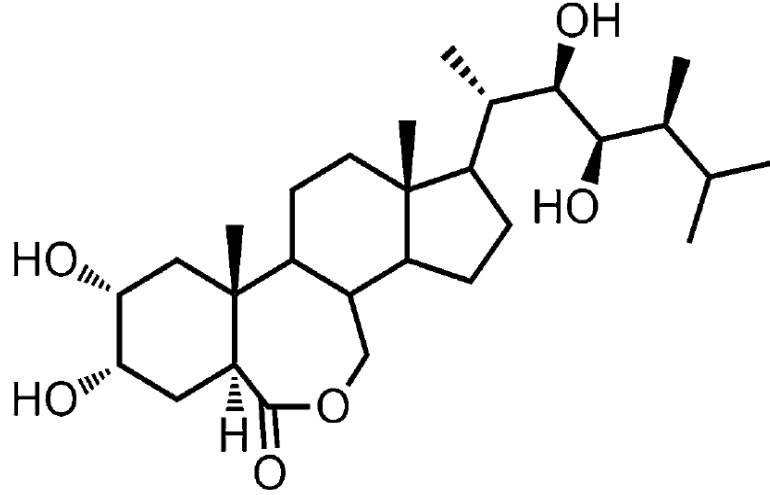
Bitkisel hormonlar, absisik asit (ABA), oksin, sitokinin, etilen, giberellin olmak üzere 5 ana grupta incelenmektedir. Son yıllarda, bitki hormonları içerisine dahil edilen, brassinosteroidlerin tohumlara veya bitkilere dışsal olarak uygulanmasının, tuzluluk stresinin neden olduğu olumsuz etkileri hafiflettiği ya da ortadan kaldırdığı belirtilmektedir (Sharma vd. 2013).

1.2 Brassinosteroidler

Brassinosteroidler (BR), doğal olarak bitki bünyesinde oluşan, polihidroksi steroidgubudur (Grove vd. 1979). Bitkilerde hücre uzamasına ve bitkinin sıcaktan, soğuktan, tuz ve herbisit zararından korunmasına yardım eden steroid bitki hormonudur ve bitkilerin normal büyümesi ve gelişimi için esas teşkil eder.

BR ilk olarak 1970 yılında kolza (*Brassica napus*) bitkisinde keşfedilmiş (Mitchell vd. 1970), daha sonra 1979 yılında, kolza bitkisinin çiçek tozundan büyümeyi teşvik edici bir bileşik izole edilerek “brassinolid” olarak isimlendirilmiş ve brassinolidin izole edilen ilk brassinosteroid olduğu bildirilmiştir (şekil 1.4) (Grove vd. 1979). Yıllar

içerisinde 70 adetten fazla BR bileşiği izole edilmiştir. Günümüzde bilinen 42 adet brassinosteroid metaboliti bulunmaktadır (Bajguz 2007).



Şekil 1.4 Brassinolide molekülü (Grove vd. 1979)

BR'ler çiçek, çiçek tozu, tohum, yaprak, kök dahil incelenen tüm bitki organlarında saptanmıştır. Ancak, çiçek tozu ve tohumların, (1-100 ng g⁻¹ TA) aralığındaki içeriğiyle, en zengin BR kaynağı olduğu, sürgünler ve yapraklarda genellikle (0.01-0.1 ng g⁻¹ TA) daha düşük oranlarda bulunduğu bildirilmiştir (Bajguz 2011).

BR'ler, tüm bitki dokularında ve organlarda büyüme ve gelişim süreçlerini desteklemektedir. Araştırmalar, brassinosteroidlerin bitkide çeşitli fizyolojik olaylarda yer aldığını, hücre düzeyinde hücre uzaması, hücre bölünmesini ve farklılaşmasında (Gudesblat ve Russinova 2011) bitki düzeyinde kök ve gövde gelişimi, çiçek, tohum, meyve oluşum ve gelişimi ile çimlenme gibi çeşitli fizyolojik olaylarda etkili olduklarını göstermiştir (Sasse 2003, Yang vd. 2011, Kvasnica vd. 2014). BR'ler kısmen diğer hormonlarla olan etkileşimleri yoluyla büyüme için gerekli olan çeşitli süreçleri koordine etmektedir (Müssig 2005). Bitki büyüme ve gelişmesindeki temel rollerinin yanında, yüksek veya düşük sıcaklık, kuraklık, tuzluluk, ağır metal gibi çeşitli abiyotik stres koşullarına adaptasyonda etkili oldukları belirlenmiştir (Krishna 2003).

Doğada farklı brassinosteroidler bulunmakla birlikte en aktif formu brassinolidler olup, bunlar içerisinde 24-epibrassinolid (24-epiBL) ve 28-homobrassinolid (28-homoBL) fizyolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan biyolojik aktif brassinosteroidlerdir. Son yıllarda araştırmalar, doğal BR'lerin antiviral (Wachsman ve Castilla 2012), antioksidan (Carange vd. 2011), Antiproliferative (hücre çoğalmasını engelleyici) (Rarova vd. 2012, Obakan vd. 2014) etkilerini ortaya koymuştur. Çalışmalarda, 28-homoCS ve 28-homoBL'nin herpes ve kızamık gibi virüslere karşı antiviral etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Wachsman vd. 2002).

Brassinosteroidlerden 24-epiBL ve 28-homoCS hücre kültürlerinde kanser hücrelerinin çoğalmasını engellediği belirlenmiştir. Bu BR'lerin bazı kanser türlerinde normal insan hücrelerinin gelişimini etkilemeden kanserli hücrelerin gelişimi ve canlılığı üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Malikova vd. 2008).

BR'ler, kuraklık, tuzluluk, sıcaklık, ağır metaller gibi iklim ve toprak kökenli abiyotik stres koşullarının yanı sıra hastalık ve zararlılar gibi biyolojik etmenlerin neden olduğu çeşitli biyotik stres unsurlarına karşı toleransta etkilidirler (Bajguz ve Hayat 2009). Kuraklık, tuzluluk ve donma ile başlayan dehidrasyon direkt ozmotik stres oluşturarak su alımını azaltıp, transpirasyonu artırarak ozmotik stres oluşturabilir. 28-homoBL'nin dışsal uygulamalarının antioksidan sistemlerin seviyelerini artırarak hem kuraklık hem de su stresine karşı toleransı artırabileceği bildirilmiştir (Fariduddin vd. 2009).

Brassinosteroidlerin, bitki stres tepkileri kontrol mekanizması ve genlerinin ekspresyonuna yönelik regülasyonun nasıl gerçekleştiği henüz tam olarak bilinmemektedir. Farklı bitki hormonları bitkide benzer fizyolojik görevlere sahiptir. Brassinosteroidlerin, diğer bitki hormonları ile sinyal alışverişi yolu ile bitkinin strese verdiği tepkiyi düzenlediği düşünülmektedir (Divi vd. 2010).

Sunulan tez çalışması ile, 28-homobrassinolid uygulamasının tuz stresi altında karnabahar fidelerinin bitki gelişimi ve glukozinolat içeriğine etkisinin belirlenmesi, elde edilecek bulguların ileride yürütülecek çalışmalara ışık tutması beklenmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Dominguez-Perles (2011) brokoli çeşitlerinin (*Brassica oleracea* var. *italica* cv. *Naxos*, *Parthenon*, *Nubia*) olumsuz toprak koşulları ve tuz stresi altında fiziksel ve fitokimyasal kalite (glukozinolatlar, hidroksisinnamik asitler, flavonoidler, vitamin C ve mineralleri) özelliklerini incelemişlerdir. "Naxos" çeşidinin stres koşullarına daha iyi adapte olduğu ancak fenolik bileşikler bakımından en yüksek içeriğin "Nubia" çeşidinde bulunduğu gözlemlenmiştir.

Zaghdoud vd. (2012) iki brokoli çeşidinde (*Brassica oleracea* var. *italica* cv. *Parthenon* ve cv. *Naxos*) NaCl düzeylerinin (0, 30, 60, 90 mM) glukozinolat içeriğine etkisini incelemişlerdir. İki haftalık bitkilere, ozmotik şok yaratmamak için 0, 30, 60 ve 90 mM'lik NaCl konsantrasyonlarına ulaşılan kadar her saat 30 mM NaCl besin çözeltisine eklenerek 15 gün boyunca uygulama yapılmıştır. Indol (glucobrassicin, neoglucobrassicin, 4-hydroxyglucobrassicin ve 4-methoxyglucobrassicin) ve alifatik (glucoiberin, glucoraphanin ve glucoerucin) glukozinolatlar ile toplam glukozinolat içeriği analiz edilmiştir. Naxos çeşidinde toplam glukozinolat miktarının uygulamalara göre kontrol grubunda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Her iki çeşitte tuz uygulamaları sonucu indol grubu bileşikler azalırken alifatik bileşiklerin arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ışığında, farklı tuzluluk seviyelerine, brokoli çeşitlerinin farklı tepki gösterdiği bildirilmiştir.

Turpta yapılan bir araştırmada, farklı tuz konsantrasyonları (0, 10, 50 ve 100 mM NaCl) altında çimlendirilen turp filizlerinin çimlenme, büyüme, toplam fenolik bileşikler, glukozinolat miktarı, mirosinaz ve antioksidan aktivitesi incelenmiştir. Tuz uygulaması besin ortamına eklenerek yapılmıştır. Araştırma sonucunda, 10 ve 50 mM NaCl uygulanmış 5 ve 7 günlük filizlerin glukorafasatin (4-metiltiyo-3-bütenil-glukozinolat), toplam glukozinolat ve toplam fenolik içeriğinin önemli ölçüde azaldığı bununla birlikte antioksidan aktivitelerinin etkilenmediği görülmüştür. 100 mM NaCl uygulamasının ise çimlenmeyi önemli düzeyde engellediği ancak elde edilen 5 ve 7 günlük filizlerin glukorafasatin ve toplam glukozinolat içeriklerinin, 3 ve 5 günlük filizlerin ise toplam fenolik içeriğinin önemli derecede arttığı, bazı tuz konsantrasyonlarında ise mirosinaz

aktivitelerinin engellendiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre uygun tuz stresi altında turp filizlerinin besin ve sağlık bileşenlerinin artabileceği bildirilmiştir (Yuan vd. 2010).

Brokoli filizleri, glukozinolat içeriği ve yüksek selenyum (Se) birikim kapasitesi ile kanserekarı doğal fonksiyonel gıdalardan biri olarak gösterilmektedir. Brokoli filizlerinde selenyumun glukozinolat metabolizması üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Araştırmada, Se uygulamasının (100 $\mu\text{mol l}^{-1}$ selenit ve selenat),Se, kükürt, glukozinolat, sülforafan, mirosinaz aktivitesi, askorbik asit, antosiyanin, toplam fenolik bileşikler ve flavonoidler üzerine etkisi incelenmiştir. Filizler imlenmeden 5 gün sonra hasat edimi ve hasat gününe kadar damıtılmış su (kontrol), 100 $\mu\text{mol l}^{-1}$ selenit (Na_2SeO_3) ve 100 $\mu\text{mol l}^{-1}$ selenat (Na_2SeO_4) ile püskürtme şeklinde sulanmıtır. Uygulamaların, toplam glukozinolat ve askorbik asit içeriğini etkilemediği; mirosinaz aktivitesini, sulforafan, antosiyanin ve flavonoid içeriklerini önemli ölçüde arttırdığı ve toplam fenolik içeriğini düşürdüğü belirlenmiştir. Slforafanın erken gelişim dönemindeki artıı, Se uygulaması kaynaklı yükselen mirosinaz aktivitesiyle ilikilendirilmitir. Araştırmada, erken gelişme döneminde uygun selenit ve selenat konsantrasyonlarına sahip brokoli filizlerinin sağlık bileşenleri üzerinde olumlu etki yarattığı sonucuna varılmıştır (Tian vd. 2016).

Son yıllarda brassinosteroidlerin bitkilerde stresin neden olduğu olumsuz etkileri azalttığına yönelik bulgular üzerinde durulmaktadır. Tez konusu tuzluluk ile ilgili olarak çeşitli bitki türlerinde tuza toleransın artırılmasına yönelik, bitkilere dışsal olarak brassinosteroid uygulamalarının etkisinin incelendiği araştırmalar özetlenmiştir.

28-Homobrassinolid uygulaması kuraklık stresi altında buğdayın (*Triticum aestivum* L.) büyümesini, bağıl su içeriğini, nitrat redüktaz aktivitesini, klorofil içeriğini ve fotosentez oranlarını arttırarak tolerans mekanizmasını uyarabildiği ve bu etkilerin, kuraklığa dayanıklı çeşitlerde daha yüksek görülebileceği bildirilmektedir. BR ile muamele su stresine maruz kalan mısır fidelerindeki süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), askorbik asit ve karotenoid içeriklerindeki olağan artıı arttırdığı bildirilmiştir (Li vd. 1998).

Shahbaz ve Ashraf (2008), buğdayda tuz stresi koşullarında 24-epibrassinolid (24-epiBL) uygulamalarının büyüme, gelişme, fotosentetik kapasite ve antioksidan aktivite üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada S-24 ve MH-97 buğday çeşitlerine Hoagland besin çözeltisi ve Hoagland besin çözeltisi + 150 mM NaCl koşullarında 41 günlük büyüme döneminden sonra 24-epiBL (0.0125, 0.025, 0.0375 mg l⁻¹ konsantrasyonlarında) yapraktan püskürtme şeklinde uygulanmıştır. Tuz uygulanmayan bitkilerde, 24-epiBL uygulamasının her iki çeşidin de bitki başına biyokütle ve yaprak alanını arttırdığı belirlenmiştir. Ancak tuzlu koşullarda 24-epiBL uygulamasının yalnızca S-24 çeşidinde biyokütle ve yaprak alanı yönünden olumlu etki yarattığı tespit edilmiştir. Her iki çeşitte de tuz stresine bağlı olarak fotosentetik hızın azaldığı ve 24-epiBL uygulaması sonucu önemli ölçüde düzeldiği gözlemlenmiştir. Her iki buğday çeşidinde antioksidan enzimlerden, SOD, POD ve CAT'ın tuz stresi nedeniyle arttığı, 24-epiBL uygulamalarının SOD aktivitesini deştişirmediğı, S-24 çeşidinde POD ve CAT aktivitelerinin yükseldiğı bildirilmiştir. Sonuç olarak, her iki buğday çeşidinde, yapraktan uygulanan 24-epiBL'nin büyüme, gelişme ve fotosentetik kapasitede artış yönünde etkili olduğı, antioksidan aktivite üzerine etkisinin ise çeşide göre değışiklik gösterdiğı bildirilmiştir.

Çavuşoğlu ve Kabar (2008), tuz stresi altında arpanın tohum çimlenmesi, fide gelişimi ve yaprak anatomisi üzerine 3 µM 24-epibrassinolid uygulamasının etkisini incelemişlerdir. Çalışmada 0, 0.30 ve 0.35 M olmak üzere 3 farklı tuz konsantrasyonu denenmiştir. 24-epibrassinolid uygulaması tohumlara ekimden önce 24 saat boyunca infüzyon şeklinde uygulanmıştır. 24-epibrassinolid ön uygulamasının tuz stresi altında arpanın çimlenme yüzdesi, kökçük uzaması ve taze ağırlığı üzerine etkili olduğı, koleoptil yüzdesi ve uzaması üzerine etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca 24-epibrassinolid ön uygulamasının arpa fidelerinin yaprak anatomisi üzerine 0.30 ve özellikle de 0.35 mM tuz konsantrasyonlarında olumlu etki gösterdiğı belirlenmiştir.

Mısır fidelerinde yapılan bir çalışmada 28-homobrassinolidin tuz stresi altında fide gelişimine etkisi araştırılmıştır. Yüzey sterilizasyonu uygulanan tohumlar 25, 50, 75, 100 mM NaCl ve 10⁻⁷, 10⁻⁹, 10⁻¹¹ M 28-homobrassinolid ve kombinasyonlarının (28-homobrassinolid + NaCl) bulunduğı ortamlara ekilmiştir. 7 gün sonunda yapılan

analizlerde SOD, POD, CAT, APOX ve GR seviyeleri incelenmiştir. 28-homobrassinolid uygulamalarında SOD, POD, CAT ve APOX aktivitelerinin artış gösterdiği, bunun yanı sıra lipid peroksidasyon seviyesinin tuz stresi altında belirgin olarak arttığı, ancak 28-homobrassinolid uygulamalarında azaldığı görülmüştür. Tüm antioksidatif enzim aktiviteleri sadece tuz uygulamaları ile tuz + 28-homobrassinolid içeren çözeltiler karşılaştırıldığında tuz + 28-homobrassinolid çözeltisindeki fidelerde daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Arora vd. 2008).

Maş fasulyesi (*Vigna radiata* L. *Wilczek*) üzerine yapılan bir çalışmada, fasulye tohum (1.0 μ M) ve yapraklarına (0.1 μ M) uygulanan 28-homobrassinolidin etkileri araştırılmıştır. Uygulamalar tohum ıslatma + yaprak püskürtme, tohum ıslatma, yaprak püskürtme ve kontrol grubu olarak belirlenmiştir. 28-Homobrassinolid uygulanan örnekler 30 ve 50 gün sonra karbonik anhidraz ve nitrat redüktaz aktiviteleri; lif klorofil içeriği; net fotosentetik oran; stomatal iletkenlik; karboksilasyon verimliliği; kuruağırlık; bakla sayısı ve hasattaki tohum verimliliği belirlenmiştir. Tohum ve yaprak uygulaması yapılan bitkilerde 30 ve 50 gün sonra incelenen parametrelerin kontrole göre arttığı belirlenmiştir (Fariduddin vd. 2008).

Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tohumlarına kısa süreli dışsal 24-epibrassinolid (24-epiBL) ön uygulamasının, tuz (NaCl) stresi altında domates tohumlarının çimlenmesi, fide gelişimi ve bazı fotosentetik pigmentler üzerine etkisini incelenmiştir. Çalışmada yüzey sterilizasyonu uygulanan tohumlar, farklı konsantrasyonlarda (0, 0.5, 1, 1.5 ve 2 μ M) 24-epiBL çözeltilerine 10-15 saniye batırılıp çıkarılmıştır. Tohumlar daha sonra, 0, 20, 40, 60, 80 ve 100 mM konsantrasyonlarında NaCl içeren Murashige-Skoog (MS) ortamına aktarılmış ve 17 gün sonunda 24-epiBL ön uygulamasının tohum çimlenmesi, fide gelişimi ve bazı fotosentetik pigment içerikleri (klorofil, karotenoid) üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda domates tohumlarının çimlenme yüzdesi, fide taze ve kuru ağırlığı, fidelerin ortalama yaprak sayısı ve köklenme düzeyinin tuz uygulamalarından olumsuz etkilendiği, klorofil a ve karotenoid içeriğinin ise 80 mM NaCl konsantrasyonuna kadar artış gösterirken, yüksek NaCl konsantrasyonunda (100 mM) genel olarak azaldığı belirtilmiştir. Ancak, tohumlara kısa süreli 24-epiBL ön uygulamasının NaCl stresi

koşullarında klorofil a ve karotenoid içeriklerinde artış sağladığı, fide gelişimini arttırdığı belirlenmiştir (Gökdoğan ve Bürün 2015).

Biberde (*Capsicum annuum* L.) yürütülen bir çalışmada, 0.4 g l⁻¹ NaCl konsantrasyonundaki tuzlu su ile sulanan bitkilere 0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 mg l⁻¹ konsantrasyonlarında 24-epibrassinolid yapraktan püskürtme şeklinde uygulanmıştır (Maaouia ve Denden 2008). Araştırmada, 24-epibrassinolid uygulamasıyla tuzlu koşullarda biberde büyüme parametreleri ve yaprak su içeriklerinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca 24-epibrassinolidin kök büyümesi ve klorofil içeriğine az da olsa etkili olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada uygulanan 5 farklı 24-epibrassinolid konsantrasyonu arasında en etkili konsantrasyonun 0.5 mg l⁻¹ olduğu belirtilmiştir.

Biber fidelerine 24-epibrassinolid (24-epiBL) uygulamalarının erken fide döneminde kuraklık stresi üzerine etkileri araştırılmıştır. Fide döneminde kuraklık stresine karşı toleransı arttırmak amacıyla biber fidelerine farklı yöntemlerle (yapraktan ve topraktan uygulama) ve farklı konsantrasyonlarda (0, 0.01, 0.1 veya 1 M) 24-epiBL uygulanmış ve sonrasında bir hafta sulanmayarak kuraklık stresine tabi tutulmuştur. Biber fidelerine farklı iki uygulama yöntemi seçilerek yapılan 24-epiBL uygulamalarının kuraklık stresinin bitkide oluşturduğu zarara karşı toleransı arttırabileceği ve fide gelişimini olumlu şekilde etkileyebileceği gözlemlenmiştir. Araştırmada uygulanan 24-epiBL konsantrasyonları arasında 0.1 M 24-epiBL konsantrasyonunun her iki uygulama yönteminde kuraklığa karşı kazanılan toleransta en etkili konsantrasyon olduğu saptanmıştır. Ayrıca kullanılan uygulama yöntemleri karşılaştırıldığında, yapraktan uygulamanın, topraktan uygulamaya kıyasla daha iyi sonuç verdiği görülmüştür (Arslan 2011).

Marulda (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) 24-epibrassinolid (24-epiBL) uygulamalarının, tuz stresi altında büyüme, klorofil ve mineral içeriği üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yürütülen araştırmada, sera koşullarında bir saksı denemesi kurulmuştur. Marul fidelerine 0, 1, 2, 3 µM konsantrasyonlarında tohum ve yapraktan 24-epiBL uygulamaları yapılmıştır. Tuz uygulaması olarak ise 0, 50 ve 100 mM konsantrasyonlarında NaCl besin çözeltisi ile birlikte bitkilere verilmiştir. Tuz stresinin,

marul bitkilerinin büyüme ve mineral içeriğini etkilediği bununla birlikte, 24-epiBL uygulamalarının fide taze ve kuru ağırlığı, kök taze ve kuru ağırlığı ve gövde çapını arttırdığı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, en iyi etkinin 3 µM 24-epiBL uygulamasından elde edildiği ve 24-epiBL uygulamasının fide gelişimini artırdığı bildirilmiştir (Ekinici vd. 2012).

Çoban (2014), farklı tuz konsantrasyonlarında yetiştirilen nanede (*Mentha piperita* L.) 24-epibrassinolid (24-epiBL) uygulamalarının büyüme, gelişme, ve ikincil metabolit birikimi üzerine etkilerini araştırmıştır. Bu amaçla, nane bitkilerine üç farklı NaCl (0, 100 ve 150 mM) ve dört farklı 24-epiBL (0, 0.5, 1.5 ve 2.5 mg l⁻¹) konsantrasyonları uygulanmıştır. Araştırma sonucunda 24-epiBL uygulamalarının stres etkilerini önemli derecede azalttığı, bitkilerin canlılığını yitirdiği tuz konsantrasyonlarında yaşamına devam edebilmesini sağladığı ve stres altında olmayan bitkilerde (kontrol grubu) uçucu yağ miktarını önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. Araştırmada 100 mM NaCl için 0.5 mg l⁻¹ 24-epiBL; 150 mM NaCl için ise 2.5 mg l⁻¹ 24-epiBL uygulamaları zararlanma derecesi, yaprak ağırlığı ve uçucu yağ miktarı bakımından *Mentha piperita* türüne ait nanelerde en iyi sonuçların alındığı konsantrasyonlar olarak tespit edilmiştir.

Lahana grubu sebzelerde brassinosteroid uygulamaları ve strese dayanıklılık konusunda yapılan çalışmalar bulunmaktadır (Bartwal ve vd. 2013, Guo vd. 2014).

Hardalda (*Brassica juncea*) yapılan bir çalışmada tuzlu koşullarda (4.2 ds m⁻¹) yetiştirilen hardal bitkisine (*Brassica juncea* L. cv *Varuna*) dışarıdan uygulanan 28-homobrassinolid (28-HomoBL) ve salisilik asitin (SA) büyüme, fotosentetik parametreler, transpirasyon ve prolin içeriği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, 29 günlük bitkilerin yapraklarına damıtılmış su, 28-HomoBL ve SA kombine şekillerde su (kontrol), su + 28-homoBL, su + SA, su + 28-homoBL + SA püskürtülerek uygulanmış, ekimden sonraki 30 günlük (püskürtme uygulamasından 24 saat sonra) ve 45 günlük bitkilerin analizleri yapılmıştır. Tuzlu koşulların bitki büyümesini ve gaz değişim parametrelerini önemli ölçüde azalttığı, yapraktaki prolin miktarı ve elektrolit sızıntısını ise arttırdığı belirlenmiştir. Bu etkilerin 30 günlük bitkilerde 45 günlük bitkilere göre daha belirgin olduğu bildirilmiştir. Uygulanan iki

hormondan (28-HomoBL ve SA) 28-HomoBL'nin alınan iki örnek döneminde de daha etkili olduğu belirtilmiş ve 45 günlük bitkilerde 28-HomoBL ve SA kombinasyonunun tuzlu koşulların yarattığı olumsuz etkileri tamamen ortadan kaldırdığı belirtilmiştir (Hayat vd. 2012).

Hardalda yapılan başka bir çalışmada NaCl ve NiCl₂ bulunan ortamlarda yetişen bitkilerin 24-epibrassinolid (24-epiBL) uygulamalarına vereceği tepkiler araştırılmıştır. 15 günlük bitkilere 1µM konsantrasyonundaki 24-epiBL yapraktan püskürtülmüş ve 30 günlükken hasat edilmişlerdir. NaCl ve NiCl₂ stresine maruz bırakılan bitkilerde büyüme, pigment ve fotosentetik parametrelerinde önemli düşüşler olduğu, bununla birlikte 24-epiBL uygulaması ile NaCl ve NiCl₂ uygulamalarının yarattığı olumsuz etkinin giderildiği ve söz konusu parametrelerde belirgin bir iyileşme sağlandığı belirlenmiştir. NaCl ve NiCl₂, elektrolit sızıntısı ve lipid peroksidasyonunu arttırmış, membran stabilite indeksi (MSI) ve bağıl su içeriğini azaltmıştır. 24-epiBL uygulaması MSI ve bağıl su içeriğinde iyileşme sağlamış ancak elektrolit sızıntısı ve lipid peroksidasyonunu etkilememiştir. Belirtilen stres koşullarında uygulanan 24-epiBL sonucu antioksidatif enzimler ile prolin seviyesinin de önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir (Ali vd. 2008).

Brokoli filizlerinde yapılan bir çalışmada ekim öncesi tohumlara 24-epibrassinolid uygulamasının, tuzlu su ile sulanan filizlerde çimlenme oranı, taze ağırlık, askorbik asit ve glukozinolat içerikleri, mirosinaz ve antioksidan aktiviteleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada 0 (kontrol), 2, 20 ve 200 nM 24-epiBL konsantrasyonları ve 0 (kontrol), 40 ve 160 mM NaCl konsantrasyonları kullanılmıştır. Brokoli tohumları 0 (damıtılmış su), 2, 20 ve 200 nM 24-epiBL içerisinde 24 saat bekletilmiş, 5 günlük filizler 0 (damıtılmış su), 40 ve 160 mM NaCl konsantrasyonunda suyla sulanmış ve 8 günlükken hasat edilmiştir. Araştırma sonucunda, toplam glukozinolat ve glukorafanin içeriği 2nmol 24-epiBL + 40 mM NaCl kombinasyonunda sırasıyla % 86 ve % 85 oranında arttığı ayrıca 20 nM 24-epiBL uygulaması ile mirosinaz aktivitesinin önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Askorbik asit içeriği 20 nM 24-epiBL uygulaması sonucu önemli ölçüde artmış ve 20 nM 24-epiBL ve 40 mM NaCl'nin kombine uygulamasında, tek başına 40 mM NaCl uygulamasına göre belirgin bir artış göstermiştir (Guo vd. 2014).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması, 2016-2017 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Deneme iki tekrarlı olarak yürütülmüştür. Çalışmanın tohum ekimi ve fide gelişim dönemi Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü iklim odasında, glukozinolat ekstraksiyonu ve analizler ise moleküler biyoloji ve HPLC laboratuvarlarında yapılmıştır.

3.1 Bitkisel Materyal

Çalışmada Memphis F1 (*Brassica oleraceavar. botrytis cv.Memphis F1*) (Vilmorin Anadolu Tohumculuk) hibrit karnabahar çeşidi kullanılmıştır (Şekil3.1). Memphis F1, sıkı, derin dondurmaya uygun, ortalama 2-3 kg ağırlığında, beyaz renkli bir çeşittir. Geniş yapılı ve orta güçlü olan bu çeşidin hasat süresi 95-105 gün olarak belirtilmiştir (www.anatoh.com 2016).



Şekil 3.1 Memphis F1 çeşidinin Ankara koşullarında taç gelişimi (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Sebze Bahçesi)

3.2 Tohum Ekimi

Karnabahar çeşidine ait tohumlar torf (Plantaflor-Humus, Verkaufs-GmbH, Germany) ve perlit (1:1) ortamında 22 ± 2 °C iklim odasında çimlendirilmiştir (Şekil 3.2). İklim odasının nem oranı % 75 civarında tutulmuştur.

Işıklandırma, floresan ışık kaynağında ($72 \text{ mMm}^{-1} \text{ s}^{-1}$) 16 saat aydınlık / 8 saat karanlık olacak şekilde uygulanmıştır.



Şekil 3.2 Fide çıkışı

Fideler 2-3 gerçek yapraklı döneme ulaştığında kum:perlit (2:1) ve torf:perlit (2:1) ortamlarına şaşırtılarak geliştirilmiştir (Şekil 3.3-3.4).



Şekil 3.3 Torf:perlit (2:1) ortamına şaşırtılan fideler



Şekil 3.4 Kum:perlit (2:1) ortamına şaşırtılan fideler

3.3 Fidelerin Geliştirilmesi, Tuz ve 28-Homobrasinolid Uygulamaları

Torf:perlit ve kum:perlit ortamlarına 2-3 yapraklı dönemde şaşırtılan fideler 4-5 gerçek yapraklı döneme ulaşana kadar Hoagland besin çözeltisi ile sulanmıştır.

Sulama yapılan Hoagland besin çözeltisinin EC değeri 0.30 mS/cm^2 (milisiemens/cm²) olarak ölçülmüştür.

Denemede kontrol, tuz stresi uygulaması, tuz stresi+28-homobrasinolid (28-HomoBL) uygulaması ve yalnız 28-homobrasinolid uygulaması olmak üzere 4 grup uygulama yapılmıştır.

3.3.1 Tuz (NaCl) uygulamaları

Tuz uygulamalarına bitkilerin 4-5 gerçek yapraklı döneminde başlanmıştır. Tuz uygulaması NaCl formundaki tuzun Hoagland besin çözeltisine ilavesiyle sağlanmıştır.

Tuz stresi denemesinde önceki çalışmalarımızdan elde edilen veriler ışığında karnabahar fidelerine 150 mM ve 200 mM tuz uygulaması yapılmıştır (Çizelge 3.1).

3.3.2 Brassinosteroid (28-Homobrasinolid) uygulamaları

28-Homobrasinolid uygulamaları yapraktan püskürtme şeklinde uygulanmıştır. İlk denemede iteratür araştırmaları doğrultusunda 0.5 mg l^{-1} ve 1 mg l^{-1} olarak belirlenen (Alyemeni vd. 2013) iki farklı konsantrasyonda uygulama yapılmıştır (Çizelge 3.1).

28-homobrasinolid uygulaması tuz uygulamalarından 24 saat sonra yapraktan püskürtme şeklinde uygulanmıştır (Şekil 3.5). Püskürtme öncesinde hazırlanan hormon

çözeltisi hormonun yapraklarda tutunmasını sağlamak amacıyla tween 20 eklenerek uygulanmıştır. Hormon uygulamasından 24 saat sonra bitkiler hasat edilmiştir.

Çizelge 3.1 İlk denemede yapılan uygulamalar

Kontrol

150 mM tuz

200 mM tuz

0.5 mg l⁻¹ 28-HomoBL

1 mg l⁻¹ 28-HomoBL

150 mM tuz + 0.5 mg l⁻¹ 28-HomoBL

200 mM tuz + 0.5 mg l⁻¹ 28-HomoBL

150 mM tuz + 1 mg l⁻¹ 28-HomoBL

200 mM tuz + 1 mg l⁻¹ 28-HomoBL

Deneme sonucunda elde edilen veriler ışığında ikinci tekrarda tuz ve brassinosteroid konsantrasyonları daha etkili sonuç verdiği belirlenen 200 mM NaCl ve 1 mg l⁻¹ 28-homobrassinolid ve kombinasyonları şeklinde uygulanmıştır.

İlk deneme sonuçlarına göre denemenin ikinci tekrarında yapılan uygulamalar:

1) Kontrol

2) 200mM tuz

3) 1 mg l⁻¹ 28-HomoBL

4) 200 mM tuz + 1 mg l⁻¹ 28-HomoBL



Şekil 3.5 Hormon uygulaması yapılmış örnekler

3.4 Ölçüm ve Analizler

3.4.1 Fide büyüme ve gelişiminin belirlenmesi

3.4.1.1 Fide boyu

Fidelerin kök başlangıcından itibaren toprak üstü kısmı ölçülerek (cm) belirlenmiştir (Şekil3.6).

3.4.1.2 Kök boyu

Fidelerin kök başlangıcından itibaren toprak altı kök bölgesinin llmesiyle (cm) belirlenmiştir (şekil3.6).



şekil 3.6 Fide boyu ve kök boyu lm

3.4.1.3 Gövde apı

Fidelerin orta kısmından dijital kumpas yardımı ile llerek (mm) belirlenmiştir (şekil 3.7).



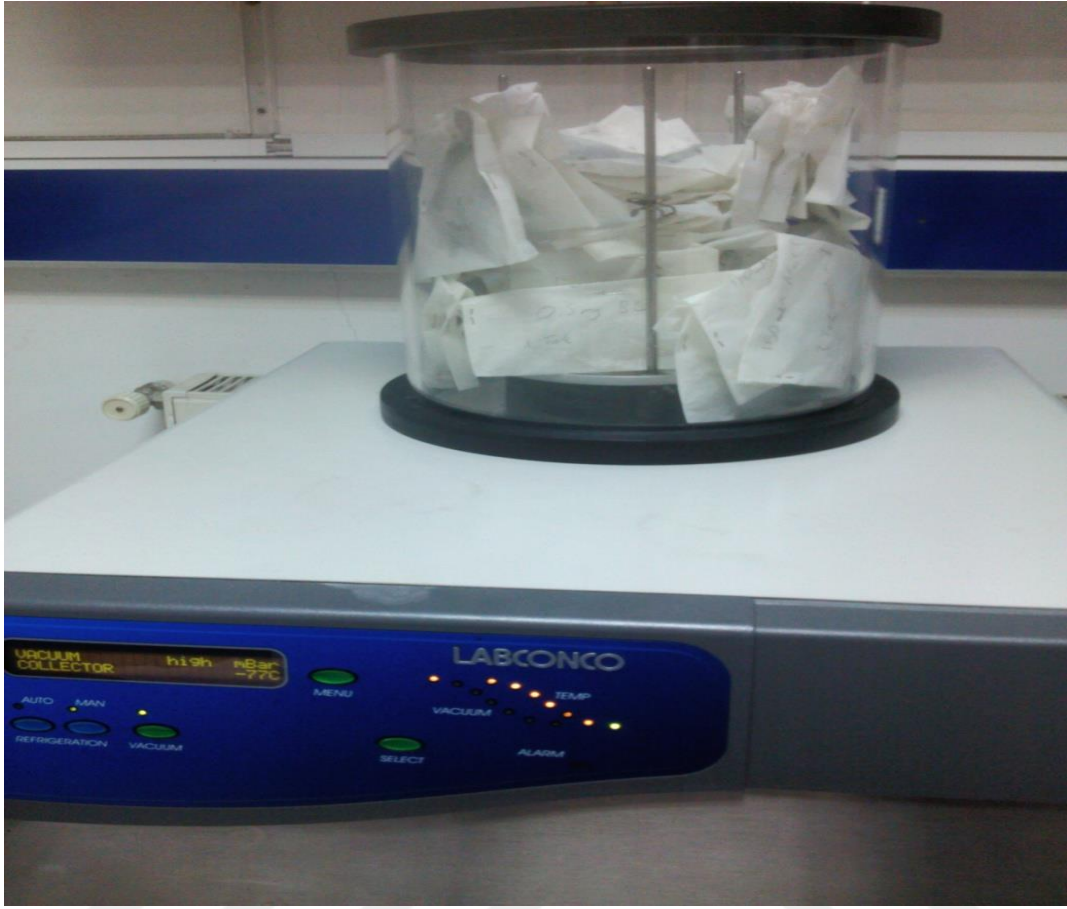
Şekil 3.7 Gövde çapının ölçümü

3.4.1.4 Fide yaş ve kuru ağırlığı

Fidelerin yaş ağırlıkları hassas dijital terazide tartılarak (g) belirlenmiştir. Kuru ağırlığı ise liyofilizatörde kurutulduktan sonra (g) belirlenmiştir.

3.4.2 Glukozinolat Analizleri

Glukozinolat analizleri için örnekler liyofilizatörde (-84 °C, 0.02 mbar) (Şekil 3.8) kurutulmuştur.



Şekil 3.8 Liyofilizatörde kurutulan örnekler

Liyofilizatörde kurutulan örnekler öğütülerek ekstraksiyona hazır hale getirilmiştir.

Glukozinolat ekstraksiyonu Sarıkamış vd. (2006) tarafından bildirildiği şekilde yapılmıştır. Buna göre, her örnekten 300 mg tartılarak örneklerin üzerine 10 ml % 70 (v/w) metanol ve 50 µl içsel standart (glucotropaeolin) eklenip homojenize edilmiştir. Metanol ve standart eklenip hazırlanan örnekler 30 dakika boyunca 70 °C su banyosu içerisinde inkübe edildikten sonra 3000 rpm dönüş hızında 5 dakika santrifüj edilmiştir.

Santrifüjden çıkan örnekler DEAE Sephadex™ A-25 rezervuarlar içerisine 3ml olacak şekilde yüklenmiş ve süzülmüştür (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Rezervuar hazırlığı

Örnekler 75µl sülfataz enzimi yardımı ile desülfoglukozinolatlara dönüştürülmüştür.

3.4.3 HPLC-UV Analizi

50 µl örnek Waters Spherisorb 5 µM ODS 2, 4.6 x 250 mm kolonda % 99 su ve % 1 asetonitril karışımından hazırlanan taşıyıcı faz ile 1 ml/dak'lık akış hızında 229 nm dalga boyunda analiz edilmiş, piklerin konfirmasyonu kullanılan standartlar yardımı ile sağlanmıştır.

Glukozinolat miktarı kullanılan içsel standart sayesinde µmol g⁻¹ kuru ağırlık cinsinden hesaplanmıştır.

3.4.4 İstatistiki Analizler

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrür ve her tekerrürde 3 bitki olacak şekilde düzenlenmiştir. Glukozinolat miktarı tekerrür ortalaması alınarak ortalama±standart hata (SE) olarak hesaplanmıştır. Uygulamalar arasındaki fark MİNİTAB paket programı kullanılarak varyans analizi ile (ANOVA) hesaplanmıştır. İstatistik açıdan önem düzeyi Duncan çoklu karşılaştırma testi ile MSTAT programı yardımıyla $p<0.05$ düzeyinde hesaplanmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Karnabahar fidelerinetuz ve 28-homobrassinolid uygulamasının fide gelişimi ve glukozinolat içerikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

4.1 Tuz ve BR uygulamaları analiz sonuçları (1. Deneme)

4.1.1 Kum:perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin gelişimi

Tez çalışmasında kum:perlit (2:1) ortamında geliştirilen karnabahar fidelerine iki farklı tuz (150mM ve 200mM NaCl) ve iki farklı brassinosteroid konsantrasyonu (0.5 mg l⁻¹ ve 1 mg l⁻¹ BR) uygulanmıştır. Uygulamaların fide gelişimi üzerine etkisi fide boyu, kök boyu, gövde çapı, yaş ve kuru ağırlığı incelenerek değerlendirilmiştir (izelge 4.1).

Çizelge 4.1 Kum:perlit (2:1) ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin tuz ve brassinolid uygulamalarına göre gelişim parametreleri (ortalama±SH)

Uygulama	Fide Boyu (cm)	Kök Boyu (cm)	Gövde Çapı (mm)	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
Kontrol	8.39±0.274b	4.33±0.33c	1.177±0.107abc	0.460±0.021cd	0.123±0.006c
150mM NaCl	7.78±0.313b	6.67±0.88abc	1.013±0.160bc	0.532±0.061bc	0.140±0.022bc
200mM NaCl	7.67±0.373b	6.67±0.67bc	0.977±0.043c	0.640±0.030b	0.192±0.009b
0.5 mg l⁻¹BR	8.61±0.309ab	6.67±0.88abc	1.293±0.029a	0.628±0.020b	0.182±0.014b
1 mg l⁻¹ BR	8.11±0.309b	7.33±0.88ab	1.033±0.035bc	0.621±0.014b	0.197±0.003b
150mM NaCl+0.5 mg l⁻¹ BR	8.78±0.278ab	5.33±0.88bc	1.263±0.081abc	0.664±0.029b	0.190±0.017b
200mM NaCl+0.5mg l⁻¹BR	9.33±0.236a	6.67±0.33abc	1.267±0.076abc	0.852±0.056a	0.295±0.003a
150mM NaCl+1mg l⁻¹BR	8.56±0.367ab	9.33±1.20a	1.400±0.078a	0.343±0.023d	0.283±0.009a
200mM NaCl+1mg l⁻¹BR	8.06±0.294b	6.67±0.33abc	1.317±0.074ab	0.801±0.052a	0.258±0.028a

Çalışmada tuz ve brassinolid uygulamaları ile fide gelişim parametrelerinde kontrole göre farklılıklar olduğu ve uygulamalar arasındaki farkın istatistikî açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Fide boyu ve gövde çapının tuz uygulamaları ile azaldığı görülmüştür. Fide boyu, kök boyu, gövde çapı, yaş ve kuru ağırlık bakımından en yüksek değerler tuz ve brassinolidin birlikte uygulandığı durumda belirlenmiştir. En yüksek değerler fide boyu, yaş ağırlık ve kuru ağırlık parametreleri için 200 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ Br uygulamasında, kök boyu ve gövde çapı için 150 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ Br uygulaması sonucu elde edilmiştir (Çizelge 4.1).

4.1.2 Kum:perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerin glukozinolat içeriği

Kum:perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinde tuz ve brassinolid uygulamalarına göre alifatik ve indol glukozinolat içeriklerindeki değişimler incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre alifatik glukozinolatlardan glucoiberin miktarının kontrol bitkilerinde ortalama 2.533±1.430 µmol g⁻¹, 150 mM NaCl uygulamasında 0.633±0.568 µmol g⁻¹, 200 mM NaCl uygulamasında 1.737±0.202 µmol g⁻¹, 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında 2.180±0.694 µmol g⁻¹, 1mg l⁻¹ BR uygulamasında 2.720±0.587 µmol g⁻¹, 150 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında 2.357±0.397 µmol g⁻¹, 200 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında 1.835±0.635 µmol g⁻¹, 150 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında 0.620±0.027 µmol g⁻¹, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında 3.190±0.849 µmol g⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Uygulamalar ile glucoiberin miktarı bakımından değişimler gözlenmekle birlikte bu değişimler istatistikî olarak önemli düzeyde bulunmamıştır ($p>0.05$).

Karnabaharda bulunan diğer bir alifatik glukozinolat olan sinigrin miktarı incelendiğinde, kontrol bitkilerinde ortalama 3.710±1.850 µmol g⁻¹, 150 mM NaCl uygulamasında 2.737±0.116 µmol g⁻¹, 200 mM NaCl uygulamasında 3.810±0.278 µmol g⁻¹, 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında 2.270±1.100 µmol g⁻¹, 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında 1.933±0.104 µmol g⁻¹, 150 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında 4.700±0.628 µmol g⁻¹, 200 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında 3.230±1.220 µmol g⁻¹, 150 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında 2.603±0.079 µmol g⁻¹, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında 5.127±0.808 µmol g⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Benzer

şekilde uygulamalar ile sinigrin miktarında değişimler gözlenmekle birlikte bu değişimler istatistiki olarak önemli düzeyde bulunmamıştır ($p>0.05$).

Toplam alifatik glukozinolat miktarları kontrol bitkilerinde ortalama $6.243\pm 3.280 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl uygulamasında $3.367\pm 0.673 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $5.547\pm 0.391 \mu\text{mol g}^{-1}$, 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $4.447\pm 0.993 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $4.653\pm 0.551 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $7.057\pm 0.912 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $5.060\pm 1.860 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $3.223\pm 0.097 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $8.320\pm 1.660 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2) ($p>0.05$).

Elde edilen sonuçlar ışığında uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmama ile birlikte en yüksek glucoiberin miktarının 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ uygulamasında ($3.190\pm 0.849 \mu\text{mol g}^{-1}$) olduğu bunu sırasıyla 1 mg l⁻¹ BR uygulaması ve 200 mM NaCl uygulamasının izlediği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Diğer önemli bir alifatik glukozinolat olan sinigrin içeriği bakımından en yüksek değer 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ uygulamasında ($5.127\pm 0.808 \mu\text{mol g}^{-1}$) elde edilmiş bu değeri sırasıyla 150 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR, 200 mM NaCl izlemiştir (Çizelge 4.2). Toplam alifatik glukozinolatlar bakımından da benzer şekilde en yüksek değer 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ uygulamasında ($8.320\pm 1.660 \mu\text{mol g}^{-1}$) elde edilmiştir.

Çizelge 4.2 Kum:perlit ortamında gelişen fidelerin alifatik glukozinolat miktarları ($\mu\text{mol g}^{-1}$) (ortalama \pm SH)

Uygulama	Glucouiberin	Sinigrin	Toplam alifatik
Kontrol	2.533 \pm 1.430 a	3.710 \pm 1.850 a	6.243 \pm 3.280 a
150mM NaCl	0.633 \pm 0.568 a	2.737 \pm 0.116 a	3.367 \pm 0.673 a
200mM NaCl	1.737 \pm 0.202 a	3.810 \pm 0.278 a	5.547 \pm 0.391 a
0.5 mg l⁻¹BR	2.180 \pm 0.694a	2.270 \pm 1.100a	4.447 \pm 0.993a
1 mg l⁻¹BR	2.720 \pm 0.587 a	1.933 \pm 0.104 a	4.653 \pm 0.551 a
150mM NaCl+0.5mg l⁻¹ BR	2.357 \pm 0.397 a	4.700 \pm 0.628 a	7.057 \pm 0.912 a
200mM NaCl+0.5mg l⁻¹ BR	1.835 \pm 0.635 a	3.230 \pm 1.220a	5.060 \pm 1.860a
150mM NaCl+1mg l⁻¹ BR	0.620 \pm 0.027 a	2.603 \pm 0.079 a	3.223 \pm 0.097 a
200mM NaCl+1mg l⁻¹ BR	3.190\pm0.849 a	5.127\pm0.808 a	8.320\pm1.660 a

Indol grubu bileşikler incelendiğinde ise glucobrassicin(3-indolylmethyl) içeriği, kontrol bitkilerinde ortalama 1.173 \pm 0.650 $\mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl uygulamasında 0.847 \pm 0.055 $\mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında 1.127 \pm 0.174 $\mu\text{mol g}^{-1}$, 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında 1.433 \pm 0.522 $\mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında 0.757 \pm 0.084 $\mu\text{mol g}^{-1}$, 150mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında 1.550 \pm 0.293 $\mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında 1.315 \pm 0.355 $\mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında 0.787 \pm 0.109 $\mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında 3.293 \pm 0.645 $\mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

4-methoxyglucobrassicin (4-methoxy-3-indolylmethyl) miktarı, kontrol bitkilerinde ortalama $0.250 \pm 0.067 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl uygulamasında $0.433 \pm 0.041 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $0.783 \pm 0.047 \mu\text{mol g}^{-1}$, 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.5753 \pm 0.169 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.323 \pm 0.078 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $1.180 \pm 0.131 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.375 \pm 0.025 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.547 \pm 0.041 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.967 \pm 0.200 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

1-methoxyglucobrassicin (1-methoxy-3-indolylmethyl) içeriği, kontrol bitkilerinde ortalama $0.227 \pm 0.102 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl uygulamasında $0.210 \pm 0.097 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $0.560 \pm 0.070 \mu\text{mol g}^{-1}$, 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.533 \pm 0.175 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $1.503 \pm 0.988 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.487 \pm 0.079 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.865 \pm 0.275 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.273 \pm 0.018 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ uygulamasında $0.650 \pm 0.232 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

4-hydroxyglucobrassicin (4-hydroxy-3-indolylmethyl) miktarı, kontrol bitkilerinde ortalama $0.127 \pm 0.060 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150mM NaCl uygulamasında $0.300 \pm 0.038 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $0.463 \pm 0.054 \mu\text{mol g}^{-1}$, 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.187 \pm 0.073 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.140 \pm 0.020 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.837 \pm 0.088 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.605 \pm 0.005 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.417 \pm 0.023 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.747 \pm 0.034 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

Toplam indol içeriği, kontrol bitkilerinde ortalama $1.773 \pm 0.862 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl uygulamasında $1.787 \pm 0.126 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $2.930 \pm 0.339 \mu\text{mol g}^{-1}$, 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $2.730 \pm 0.885 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $2.727 \pm 1.170 \mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında $14.053 \pm 0.557 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 0.5 mg l⁻¹ BR uygulamasında 3.160 ± 0.600

$\mu\text{mol g}^{-1}$, 150 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $2.020\pm 0.181 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $5.660\pm 0.888 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

Analiz sonuçlarına göre uygulamalar arasında fark bulunmadığından, gerek alifatik gerekse indol glukozinolat miktarı bakımından en etkili konsantrasyonlar olarak belirlenen 200 mM NaCl ve 1 mg l⁻¹ BR konsantrasyonları seçilerek denemenin ikinci tekrarında belirlenen uygulamalar iki farklı ortamda (torf:perlit ve kum:perlit) denenerak farklı ortam koşullarında seçilen konsantrasyonların glukozinolat miktarına etkileri incelenmiştir.



Çizelge 4.3 Kum:perlit ortamında gelişen fidelerin indol glukozinolat miktarları ($\mu\text{mol g}^{-1}$) (ortalama \pm SH)

Uygulama	GBS	4-MetGBS	1-MetGBS	4-OHGBS	Toplam Indoller
Kontrol	1.173 \pm 0.650b	0.250 \pm 0.067d	0.227 \pm 0.102a	0.127 \pm 0.060e	1.773 \pm 0.862b
150mM NaCL	0.847 \pm 0.055b	0.433 \pm 0.041d	0.210 \pm 0.097a	0.300 \pm 0.038e	1.787 \pm 0.126b
200mM NaCl	1.127 \pm 0.174b	0.783 \pm 0.047cd	0.560 \pm 0.070a	0.463 \pm 0.054e	2.930 \pm 0.339b
0.5 mgl^{-1}BR	1.433 \pm 0.522b	0.5753 \pm 0.169a	0.533 \pm 0.175a	0.187 \pm 0.073a	2.730 \pm 0.885b
1 mgl^{-1}BR	0.757 \pm 0.084b	0.323 \pm 0.078d	1.503 \pm 0.988a	0.140 \pm 0.020bc	2.727 \pm 1.170b
150mMNaCl+0.5mgl^{-1} BR	1.550 \pm 0.293b	1.180\pm0.131cd	0.487 \pm 0.079a	0.837\pm0.088de	4.053 \pm 0.557a
200mM NaCl+0.5mgl^{-1} BR	1.315 \pm 0.355b	0.375 \pm 0.025cd	0.865 \pm 0.275a	0.605 \pm 0.005d	3.160 \pm 0.600ab
150mM NaCl+1mgl^{-1} BR	0.787 \pm 0.109b	0.547 \pm 0.041bc	0.273 \pm 0.018a	0.417 \pm 0.023cd	2.020 \pm 0.181b
200mM NaCl+1mgl^{-1} BR	3.293\pm0.645a	0.967 \pm 0.200ab	0.650\pm0.232a	0.747 \pm 0.034ab	5.660\pm0.888a

4.2 Tuz ve BR uygulamaları analiz sonuçları (2.Deneme)

4.2.1 Torf:Perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin gelişimi

Torf:perlit (2:1) ortamında yetişen bitkilerin fide boyu, kök boyu, gövde çapı, yaş ve kuru ağırlığı incelenmiştir (Çizelge 4.4). Buna göre, uygulamalar ile fide boyu, kök boyu, gövde çapı ve fide yaş ağırlığının kontrole göre azaldığı belirlenmiş ($p<0.05$), kuru ağırlıkta ise önemli bir fark oluşmadığı belirlenmiştir.

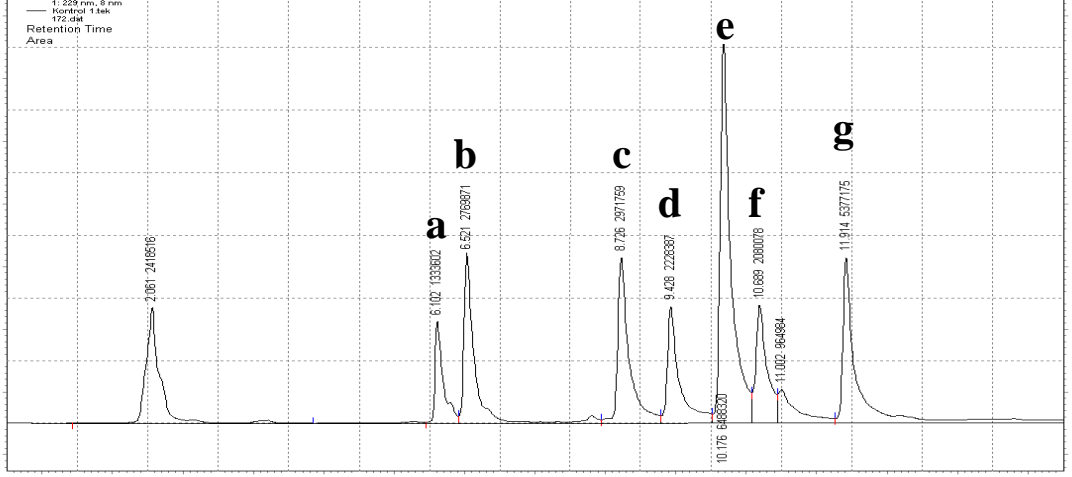
Çizelge 4.4 Torf:perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin tuz ve brassinolid uygulamalarına göre gelişim parametreleri (ortalama \pm SH)

Uygulama	Fide Boyu (cm)	Kök Boyu (cm)	Gövde Çapı (mm)	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
Kontrol	14.83 \pm 0.44 a	13.00 \pm 0.76 a	3.643 \pm 0.034 a	4.157 \pm 0.171a	0.343 \pm 0.013 a
200 mM NaCl	12.83 \pm 0.17 b	11.83 \pm 0.60 ab	3.070 \pm 0.083 b	2.697 \pm 0.037 ab	0.330 \pm 0.012 a
1 mg l ⁻¹ BR	13.33 \pm 0.33 ab	9.67 \pm 0.33 b	3.437 \pm 0.013 a	2.310 \pm 0.317 b	0.367 \pm 0.019 a
200mM NaCl + 1 mg l ⁻¹ BR	12.17 \pm 0.44 b	10.67 \pm 0.67 ab	2.980 \pm 0.078 b	2.530 \pm 0.150 ab	0.337 \pm 0.023 a

4.2.2 Torf:Perlit ortamında geliştirilen karnabahar fidelerinin glukozinolat içerikleri

Torf:perlit (2:1) ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin alifatik ve indol glukozinolat içerikleri belirlenmiştir. Buna göre, karnabahar fidelerinde sırasıyla glucoiberin, sinigrin, 4-hydroxyglucobrassicin, glucobrassicin,

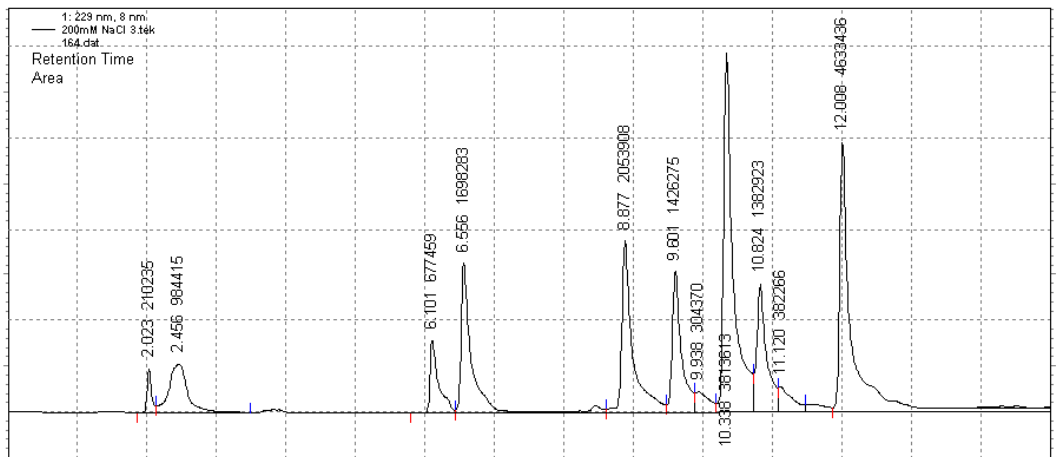
4-methoxyglucobrassicin ve 1-methoxy-glucobrassicin glukozinolatlar belirlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Torf:perlit ortamında kontrol grubu bitkilerin glukozinolat profili

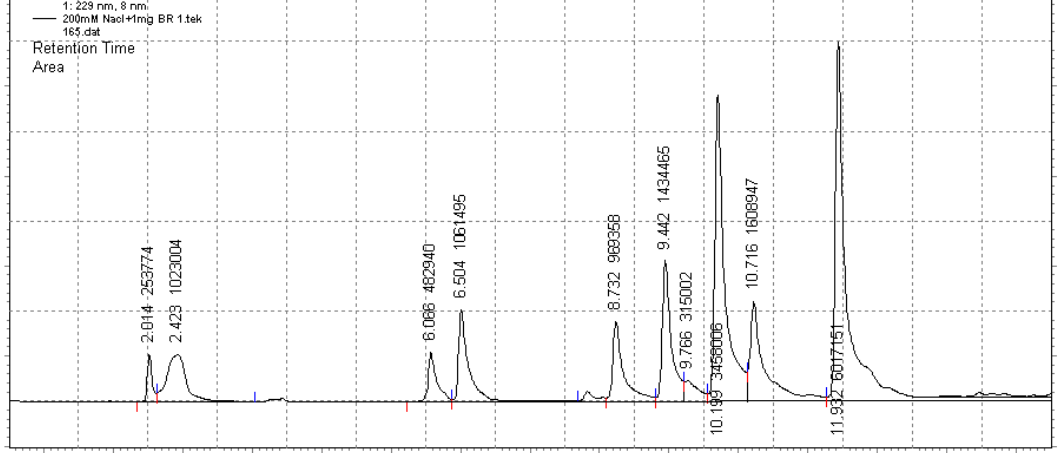
a.Glucoiberin, b.Sinigrin, c.4-Hydroxyglucobrassicin, d. Glucotrapeolin (içsel standart), e.Glucobrassicin, f.4-Methoxyglucobrassicin, g.1-Methoxyglucobrassicin

Tuz uygulaması yapılan fidelerde glukozinolat profili aynı olmakla birlikte UV-absorbans değeri (y-ekseni) dikkate alındığında glukozinolat içeriğinde azalma olduğu görülmektedir (Şekil 4.2)



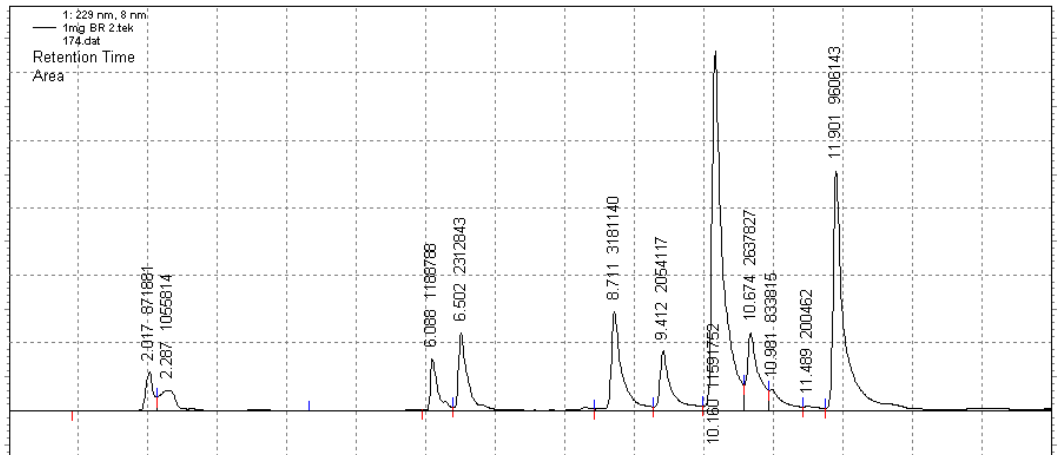
Şekil 4.2 Torf:perlit ortamında 200 mM NaCl uygulaması yapılan bitkilerin glukozinolat profili

200 mM NaCl + 1mg I⁻¹ BR uygulamasında, tuz uygulamasına benzer şekilde UV-absorbans değeri dikkate alındığında glukozinolat içeriğindeki kontrole göre düşüş görülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Torf:perlit ortamında 200 mM NaCl + 1mg I⁻¹ BR uygulaması yapılan bitkilerin glukozinolat profili

BR (1 mg I⁻¹) uygulaması ile elde edilen kromatogramlarda UV-absorbans değerine göre indol glukozinolat miktarının (glucobrassicin ve 1-methoxyglucobrassicin) yüksek olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.4)



Şekil 4.4 Torf:perlit ortamında 1 mg I⁻¹ BR uygulaması yapılan bitkilerin glukozinolat profili

Örneklere içsel standart glucotrapeolin eklenerek yapılan hesaplamalarda glukozinolat içerikleri kuru ağırlık cinsinden $\mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalara göre elde edilen değerler çizelge 4.5-4.6'da sunulmuştur.

Sonuçlara göre torf:perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin alifatik glukozinolatlardan glucoiberin içeriği kontrol bitkilerinde ortalama $1.803 \pm 0.083 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $1.270 \pm 0.104 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında $1.270 \pm 0.348 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında $1.533 \pm 0.328 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5). Buna göre uygulamalar ile glucoiberin miktarında bir miktar değişimler gözlenmekle birlikte bu değişimler istatistiki olarak önemli düzeyde bulunmamıştır ($p > 0.05$).

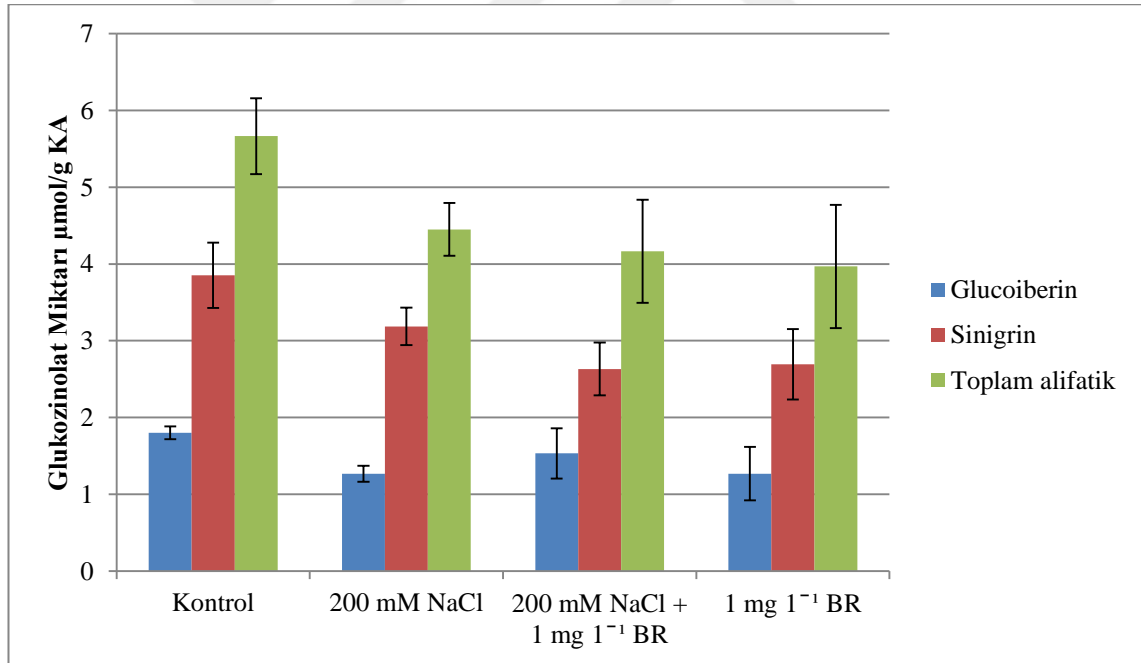
Diğer bir alifatik glukozinolat olan sinigrin miktarı incelendiğinde, kontrol bitkilerinde ortalama $3.853 \pm 0.424 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $3.187 \pm 0.243 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında $2.693 \pm 0.459 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında $2.633 \pm 0.345 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5). Burada da uygulamalar ile bir miktar değişimler gözlenmekle birlikte bu değişimler istatistiki olarak önemli düzeyde bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Toplam alifatik glukozinolat miktarları kontrol bitkilerinde ortalama $5.663 \pm 0.493 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $4.450 \pm 0.344 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında $3.967 \pm 0.803 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1mg I⁻¹ BR uygulamasında $4.163 \pm 0.671 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5). Uygulamaların toplam alifatik miktarında yarattığı değişim istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Elde edilen sonuçlara göre istatistiki olarak önemli bulunmamakla birlikte torf:perlit ortamında uygulamalar ile birlikte alifatik glukozinolat içeriğinin azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 Torf:perlit ortamında gelişen fidelerin alifatik glukozinolat miktarları ($\mu\text{mol g}^{-1}$) (ortalama \pm SH)

Uygulama	Glucioiberin	Sinigrin	Toplam alifatik
Kontrol	1.803\pm0.083 a	3.853\pm0.424 a	5.663\pm0.493 a
200mM NaCl	1.270 \pm 0.104 a	3.187 \pm 0.243 a	4.450 \pm 0.344 a
1mg l⁻¹BR	1.270 \pm 0.348 a	2.693 \pm 0.459 a	3.967 \pm 0.803 a
200mM NaCl+1mg l⁻¹ BR	1.533 \pm 0.328 a	2.633 \pm 0.345 a	4.163 \pm 0.671 a



Şekil 4.5 Torf:Perlit ortamında yetiştirilen fidelerin alifatik glukozinolat miktarlarındaki değişim

Torf+pelit ortamında yetiştirilen fidelerin indol glukozinolat içerikleri incelendiğinde glucobrassicin miktarı, kontrol bitkilerinde ortalama $3.480\pm 1.060 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $2.063\pm 0.271 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında 3.647 ± 0.698

$\mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg I^{-1} BR uygulamasında $4.220 \pm 1.200 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmış olup gözlemlenen değişimler istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$) (Çizelge 4.6).

4-methoxyglucobrassicini içeriği, kontrol bitkilerinde ortalama $0.643 \pm 0.138 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $0.563 \pm 0.057 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg I^{-1} BR uygulamasında $0.740 \pm 0.147 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg I^{-1} BR uygulamasında $0.870 \pm 0.124 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmış ve uygulamaların yarattığı etkiler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 4.6).

1-methoxyglucobrassicin içeriği, kontrol bitkilerinde ortalama $1.430 \pm 0.475 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $1.467 \pm 0.335 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg I^{-1} BR uygulamasında $2.347 \pm 0.359 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg I^{-1} BR uygulamasında $3.887 \pm 0.720 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmış olup uygulamalar arasında gözlemlenen değişimler istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 4.6).

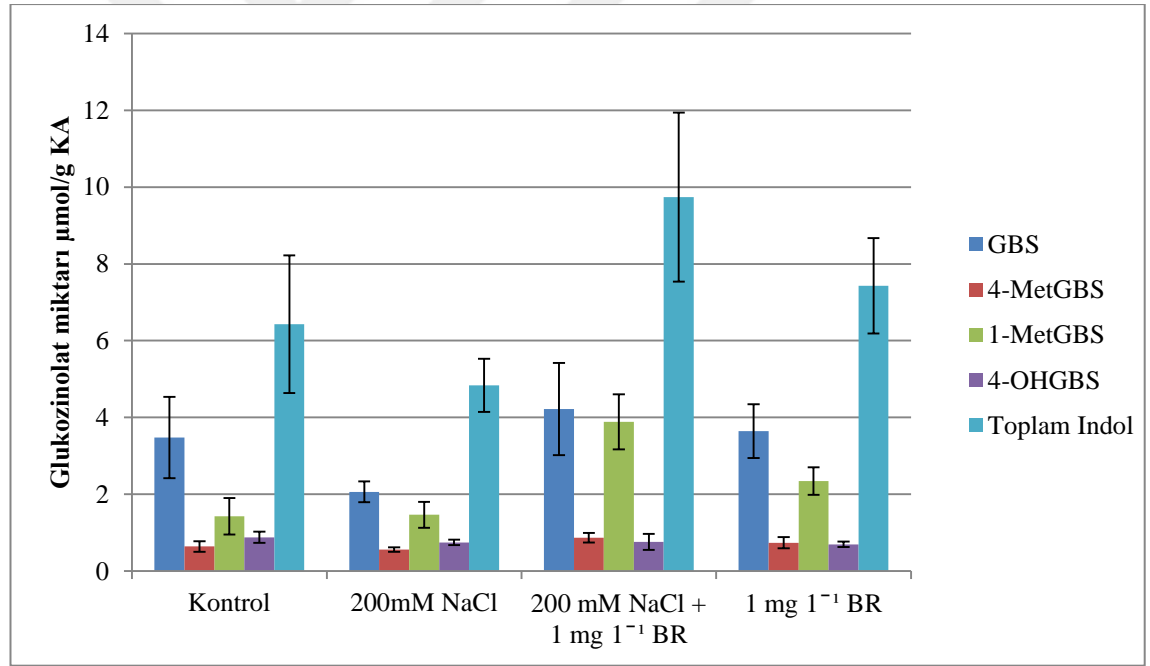
4-hydroxyglucobrassicin içeriği, kontrol bitkilerinde ortalama $0.880 \pm 0.145 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $0.747 \pm 0.073 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg I^{-1} BR uygulamasında $0.697 \pm 0.073 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg I^{-1} BR uygulamasında $0.763 \pm 0.209 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmış ve değerlerde yaşanan değişimler istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$) (Çizelge 4.6).

Toplam indol içeriği, kontrol bitkilerinde ortalama $6.430 \pm 1.790 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $4.837 \pm 0.694 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg I^{-1} BR uygulamasında $7.430 \pm 1.240 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg I^{-1} BR uygulamasında $9.740 \pm 2.200 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır ve toplam indol glukozinolat miktarında gözlemlenen değişimler istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$) (Çizelge 4.6).

Analiz sonuçlarına göre indol içerikleri bakımından bir miktar değişim gözlemlenmiş olup yalnızca 1-methoxyglucobrassicin grubunda gözlemlenen değişimler istatistiki düzeyde önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Torf:perlit ortamında gelişen fidelerin indol glukozinolat miktarları ($\mu\text{mol g}^{-1}$) (ortalama \pm SH)

Uygulama	GBS	4-MetGBS	1-MetGBS	4-OHGBS	Toplam Indoller
Kontrol	3.480 \pm 1.060 a	0.643 \pm 0.138 a	1.430 \pm 0.475 b	0.880\pm0.145 a	6.430 \pm 1.790 a
200 mM NaCl	2.063 \pm 0.271 a	0.563 \pm 0.057 a	1.467 \pm 0.335 b	0.747 \pm 0.073 a	4.837 \pm 0.694 a
1 mg l ⁻¹ BR	3.647 \pm 0.698 a	0.740 \pm 0.147 a	2.347 \pm 0.359 ab	0.697 \pm 0.073 a	7.430 \pm 1.240 a
200 mM NaCl + 1 mg l ⁻¹ BR	4.220\pm1.200 a	0.870\pm0.124 a	3.887\pm0.720 a	0.763 \pm 0.209 a	9.740\pm2.200 a



Şekil 4.6 Torf:perlit ortamında yetiştirilen fidelerin indol glukozinolat miktarlarındaki değişim

4.2.3. Kum:Perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin gelişimi

Kum:perlit (2:1) ortamında yetişen bitkilerin fide boyu, kök boyu, gövde çapı, yaş ve kuru ağırlığı incelenmiştir (Çizelge 4.7). Sonuçlara göre, uygulamalar ile fide boyu, kök

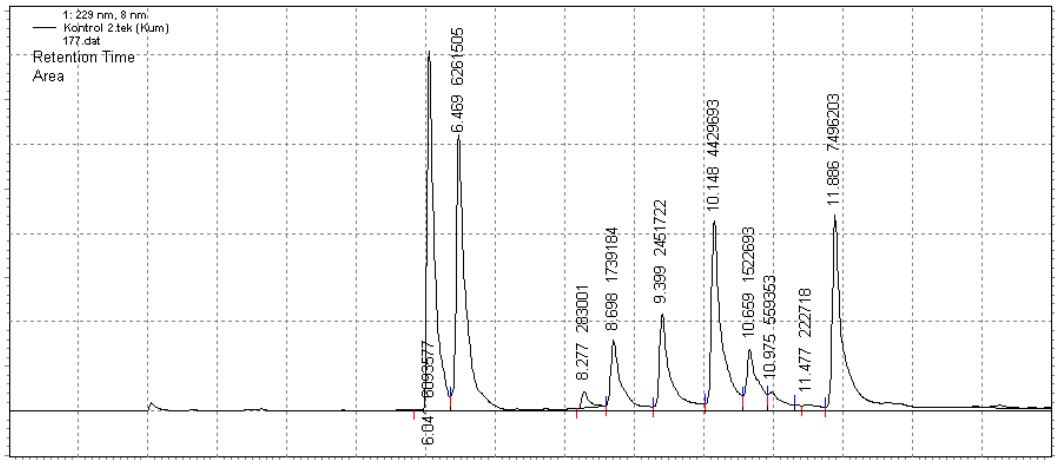
boyu, gövde çapı, fide yaş ve kuru ağırlığının kontrole göre değişim gösterdiği belirlenmiştir ($p<0.05$). Kök boyu dışında, fide gelişim parametreleri bakımından en yüksek değerler 200 mM tuz uygulamasında belirlenmiştir. Gövde çapı hariç diğer tüm parametrelerde brassinolidin tek başına veya birlikte uygulanmasında fide gelişim parametrelerinde azalma görülmüştür.

Çizelge 4.7 Kum:perlit ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin tuz ve brassinolid uygulamalarına göre gelişim parametreleri (ortalama \pm SH)

Uygulama	Fide Boyu (cm)	Kök Boyu (cm)	Gövde Çapı (mm)	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
Kontrol	11.17 \pm 0.44 ab	13.83\pm0.44 a	2.450 \pm 0.040 a	1.660 \pm 0.031 b	0.203 \pm 0.003 bc
200 Mm NaCl	11.50\pm0.29 a	11.67 \pm 0.73 ab	2.563\pm0.099 a	2.097\pm0.038 a	0.280\pm0.012 a
1 mg l⁻¹ BR	9.33 \pm 0.60 b	12.00 \pm 0.50 ab	2.077 \pm 0.044 b	1.123 \pm 0.102 c	0.160 \pm 0.020 c
200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR	10.83 \pm 0.17 ab	10.67 \pm 0.73 b	2.443 \pm 0.058 a	1.810 \pm 0.076 ab	0.260 \pm 0.017 ab

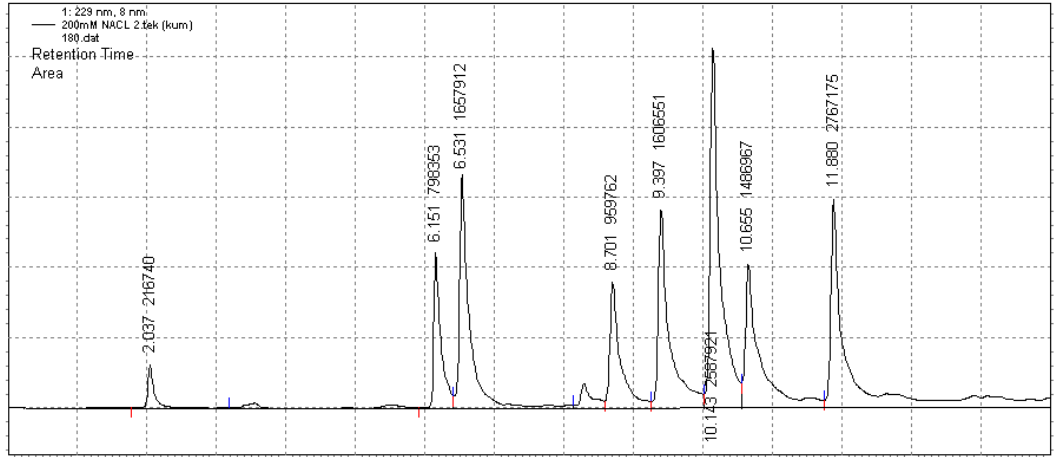
4.2.4 Kum:Perlit ortamında geliştirilen karnabahar fidelerinin glukozinolat içerikleri

Kum:perlit (2:1) ortamında yetiştirilen karnabahar fidelerinin alifatik ve indol glukozinolat içerikleri belirlenmiştir. Buna göre, karnabahar fidelerinde sırasıyla glucoiberin, sinigrin, 4-hydroxyglucobrassicin, glucobrassicin, 4-methoxyglucobrassicin ve 1-methoxy-glucobrassicin glukozinolatlar belirlenmiştir (Şekil 4.7).



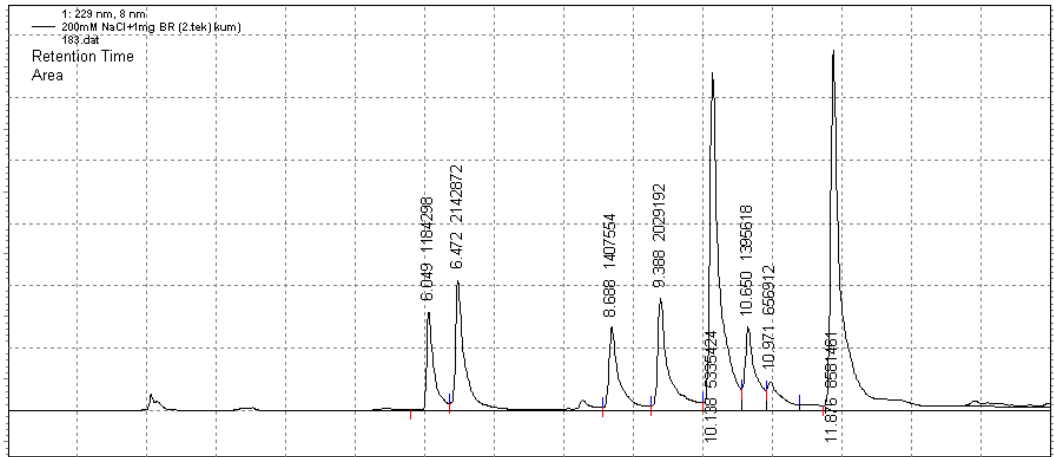
Şekil 4.7 Kum:perlit ortamında kontrol grubu bitkilerin glukozinolat profili

Tuz uygulaması yapılan fidelerde glukozinolat profili aynı olmakla birlikte UV-absorbans değeri (y-ekseni) dikkate alındığında kontrole göre glukozinolat içeriğinde azalma olduğu görülmektedir (Şekil 4.8)



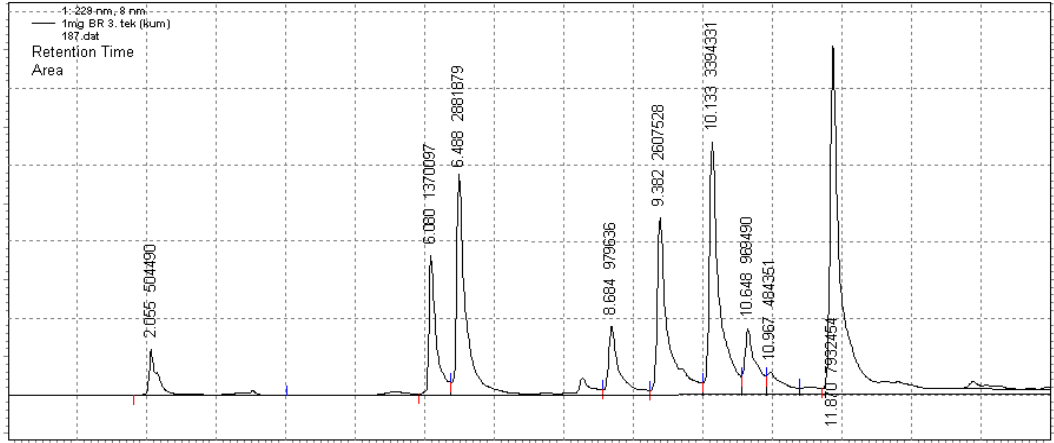
Şekil 4.8 Kum:perlit ortamında 200 mM NaCl uygulaması yapılan bitkilerin glukozinolat profili

Tuz ve BR uygulamasında (200 mM NaCl+1 mg I⁻¹ BR) glukozinolat profili aynı olup UV-absorbans değeri dikkate alındığında glukozinolat içeriğinin kontrole göre bir miktar azalma olduğu görülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Kum:perlit ortamında 200 mM NaCl + 1mg I⁻¹ BR uygulaması yapılan bitkilerin glukozinolat profili

Tek başına BR (1 mg I⁻¹) uygulaması ile elde edilen kromatogramlarda UV-absorbans değerine göre Tuz ve BR uygulamasına (200 mM NaCl + 1 mg I⁻¹ BR) benzer olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.10)



Şekil 4.10 Kum:perlit ortamında 1 mg I⁻¹ BR uygulaması yapılan bitkilerin glukozinolat profili

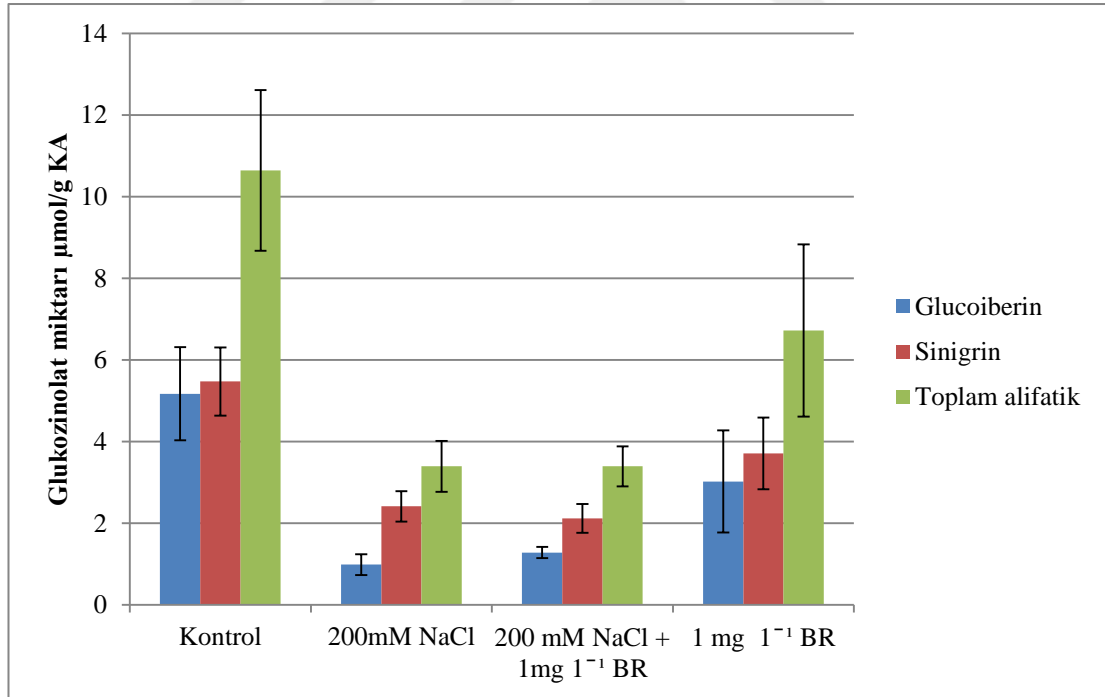
Uygulamalar sonucu fidelerin glucoiberin içerikleri, kontrol bitkilerinde ortalama 5.170±1.140 µmol g⁻¹, 200 mM NaCl uygulamasında 0.983±0.253 µmol g⁻¹, 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında 3.020±1.250 µmol g⁻¹, 200 mM NaCl + 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında 1.280±0.140 µmol g⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.8). Uygulamalar sonucu glucoiberin miktarında kontrole göre azalma belirlenmiş ve bu azalma istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Sinigrin miktarları incelendiğinde, kontrol bitkilerinin ortalama 5.470±0.837 µmol g⁻¹, 200 mM NaCl uygulamasında 2.410±0.376 µmol g⁻¹, 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında 3.707±0.879 µmol g⁻¹, 200 mM NaCl + 1mg I⁻¹ BR uygulamasında 2.117±0.355 µmol g⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Çizelge4.8). Sinigrin miktarının da glucoiberin gibi uygulamalar ile birlikte azaldığı ve bu azalışın istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Toplam alifatik glukozinolat miktarları kontrol bitkilerinde ortalama 10.640±1.970 µmol g⁻¹, 200 mM NaCl uygulamasında 3.393±0.623 µmol g⁻¹, 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında 6.720±2.110 µmol g⁻¹, 200 mM NaCl + 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında 3.393±0.491 µmol g⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge4.8). Toplam alifatik bileşik miktarındaki azalma istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Çizelge 4.8 Kum:perlit ortamında gelişen fidelerin alifatik glukozinolat miktarları ($\mu\text{mol g}^{-1}$) (ortalama \pm SH)

Uygulama	Glucoiberin	Sinigrin	Toplam alifatik
Kontrol	5.170 \pm 1.140 a	5.470 \pm 0.837 a	10.640 \pm 1.970 a
200mM NaCl	0.983 \pm 0.253 b	2.410 \pm 0.376 b	3.393 \pm 0.623 c
1mg l ⁻¹ BR	3.020 \pm 1.250 ab	3.707 \pm 0.879 ab	6.720 \pm 2.110 b
200mM NaCl+ 1mg l ⁻¹ BR	1.280 \pm 0.140 b	2.117 \pm 0.355 b	3.393 \pm 0.491 c



Şekil 4.11 Kum:Perlit ortamındaki örneklerin alifatik glukozinolat miktarları

Kum:perlit ortamında yetiştirilen fidelerin indol glukozinolat miktarlarındaki değişimler çizelge 4.9'de verilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre glucobrassicin içeriği, kontrol bitkilerinde $1.163 \pm 0.227 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $1.000 \pm 0.144 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $1.697 \pm 0.642 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $1.483 \pm 0.318 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmış ve gözlemlenen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p < 0.05$).

4-methoxyglucobrassicin miktarı, kontrol bitkilerinde $0.270 \pm 0.080 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $0.443 \pm 0.061 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.290 \pm 0.080 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.293 \pm 0.053 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmış ve gözlemlenen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p < 0.05$).

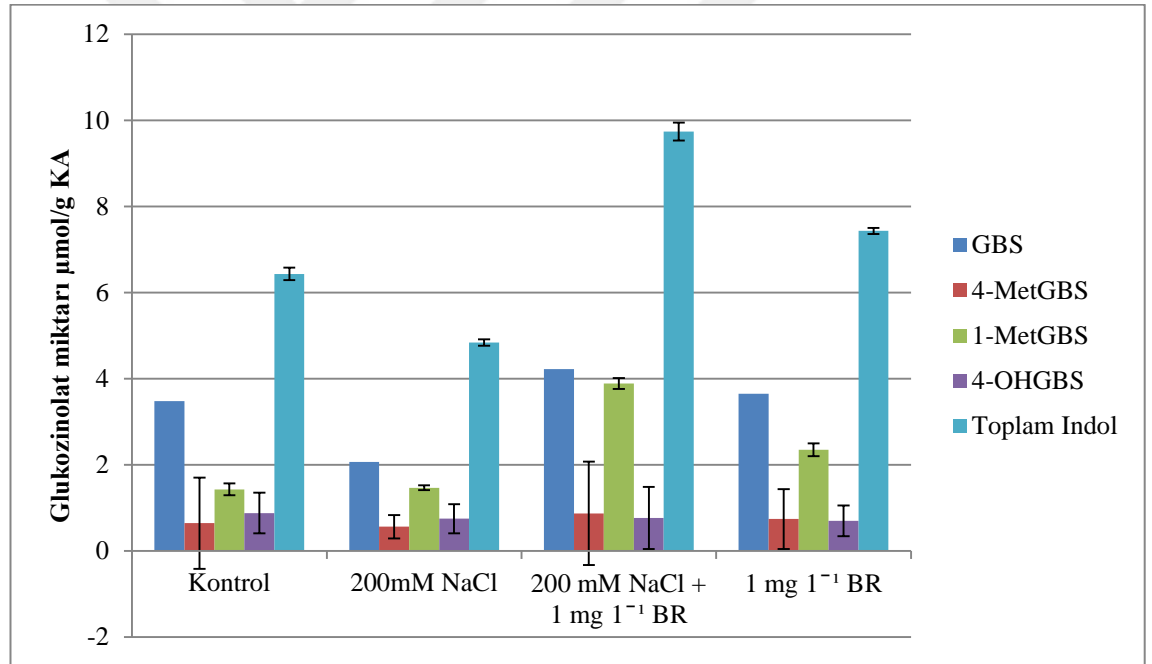
1-methoxyglucobrassicin içeriği, kontrol bitkilerinde ortalama $1.500 \pm 0.251 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $0.890 \pm 0.244 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg l⁻¹ BR uygulaması $2.147 \pm 0.387 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $1.903 \pm 0.295 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmış ve gözlemlenen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p < 0.05$).

4-hydroxyglucobrassicin miktarı, kontrol bitkilerinde $0.360 \pm 0.081 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $0.280 \pm 0.023 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.343 \pm 0.129 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $0.273 \pm 0.048 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmış ve gözlemlenen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p < 0.05$).

Toplam indol içeriği, kontrol bitkilerinde $3.297 \pm 0.628 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl uygulamasında $2.617 \pm 0.440 \mu\text{mol g}^{-1}$, 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $4.480 \pm 1.240 \mu\text{mol g}^{-1}$, 200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR uygulamasında $3.953 \pm 0.667 \mu\text{mol g}^{-1}$ olarak hesaplanmış ve gözlemlenen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 4.9 Kum:perlit ortamında gelişen fidelerin indol glukozinolat miktarları ($\mu\text{mol g}^{-1}$) (ortalama \pm SH)

Uygulama	GBS	4-MetGBS	1-MetGBS	4-OHGBS	Toplam Indoller
Kontrol	1.163 \pm 0.227 a	0.270 \pm 0.080 a	1.500 \pm 0.251 a	0.360\pm0.081 a	3.297 \pm 0.628 a
200 mM NaCl	1.000 \pm 0.144 a	0.443\pm0.061 a	0.890 \pm 0.244 a	0.280 \pm 0.023 a	2.617 \pm 0.440 a
1 mg l⁻¹ BR	1.697\pm0.642 a	0.290 \pm 0.080 a	2.147\pm0.387 a	0.343 \pm 0.129 a	4.480\pm1.240 a
200 mM NaCl + 1 mg l⁻¹ BR	1.483 \pm 0.318 a	0.293 \pm 0.053 a	1.903 \pm 0.295 a	0.273 \pm 0.048 a	3.953 \pm 0.667 a



Şekil 4.12 Kum:Perlit ortamındaki örneklerin indol glukozinolat miktarları

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Karnabahar fidelerine 28-homobrassinolide uygulamasının tuz stresi altında fide gelişimi ve glukozinolat içeriği üzerine etkilerinin incelendiği tez çalışmasında, fidelerin gelişim parametreleri ve glukozinolat içerikleri değerlendirilmiştir.

Tez çalışmasında, ilk denemede kum:perlit (2:1) ortamında 150 mM ve 200 mM tuz ile 0.5 mg I⁻¹ ve 1 mg I⁻¹ BR uygulaması ve kombinasyonları olmak üzere toplam 8 farklı uygulama denenmiştir. Bu uygulamalarda incelenen fide gelişim parametreleri bakımından uygulamalar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu; kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında fide boyu, yaş ve kuru ağırlık bakımından en yüksek değerlerin 200 mM NaCl + 0.5 mg I⁻¹ BR uygulamasında; kök boyu ve gövde çapı bakımından ise en yüksek değerlerin 150 mM NaCl + 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Elde edilen sonuçlar doğrultusunda kum:perlit ortamında tuz ve BR kombine uygulamalarının fide gelişim parametrelerini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Glukozinolat içeriği bakımından ise, kum:perlit ortamında alifatik glukozinolatlar bakımından en yüksek değerler 200 mM NaCl + 1mg I⁻¹ BR uygulamasında ve bu uygulamayı takiben 150 mM NaCl + 0.5 mg I⁻¹ BR uygulamasında elde edilmiştir. Diğer uygulamalarda ise alifatik glukozinolat miktarı kontrolden daha düşük düzeylerde belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Ancak yapılan istatistiki analizler sonucunda alifatik glukozinolat içeriğindeki farkın istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Indol glukozinolatlar bakımından ise kontrol bitkilerinde toplam indol glukozinolat miktarının en düşük düzeyde olduğu, en yüksek indol miktarının ise 200 mM NaCl + 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında, bu uygulamayı takiben 150 mM NaCl + 0.5 mg I⁻¹ BR uygulamasında olduğu tuz ve BR kombine uygulamalarında indol glukozinolat içeriğinin daha yüksek olduğu ve uygulamalar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Kum:perlit ortamında yürütülen ilk deneme sonucunda uygulamaların gerek fide gelişim parametreleri gerekse alifatik ve indol glukozinolat içeriği üzerine etkileri ve

sonuçların istatistiki olarak önem düzeyleri değerlendirilerek 200 mM NaCl ve 1 mg I⁻¹ BR uygulamaları ve bunların kombinasyonları seçilerek denemenin ikinci tekrarında kum:perlit olarak belirlenen inert ortamın yanısıra çalışmaya torf:perlit ortamı da eklenerek araştırma tekrarlanmıştır. Buna göre denemenin devamında bitkiler 200 mM tuz ve 1 mg I⁻¹ BR ile bunların kombinasyonlarında torf:perlit ve kum:perlit olmak üzere iki farklı ortamda yetiştirilerek incelenmişlerdir.

Torf:perlit ortamında uygulamalar ile birlikte fide boyu, kök boyu, gövde çapı ve yaş ağırlık değerlerinde kontrole göre bir miktar azalmalar olduğu (p<0.05), kuru ağırlık bakımından ise önemli bir fark oluşmadığı belirlenmiştir (p>0.05). Kontrol bitkilerini fide boyu ve gövde çapı bakımından 1 mg I⁻¹ BR uygulaması, kök boyu ve yaş ağırlık bakımından ise 200 mM NaCl uygulaması izlemiştir (Çizelge 4.4).

Glukozinolat içerikleri bakımından ise torf:perlit ortamında tuz, BR ve kombinasyonları şeklinde uygulama yapılan fidelerde genel olarak alifatik glukozinolat içeriğinin azaldığı ancak aradaki farkın istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (P>0.05). Buna göre kontrol bitkilerinin ardından 200 mM NaCl, 200 mM NaCl + 1 mg I⁻¹ BR ve 1 mg I⁻¹ BR uygulamaları izlemiştir (Çizelge 4.5). Indol glukozinolatlar bakımından ise uygulamalar arası fark önemli bulunmuş, toplam indoller bakımından en yüksek değer 200 mM NaCl + 1 mg I⁻¹ BR uygulamasında, en düşük değer ise 200 mM NaCl uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

Kum:perlit ortamında (2.deneme) kontrol, 200 mM NaCl, 200 mM NaCl + 1 mg I⁻¹ BR ve 1 mg I⁻¹ BR uygulamaları karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre fide boyu, gövde çapı, yaş ve kuru ağırlık bakımından en yüksek değerler 200 mM NaCl uygulamasında, kök boyu bakımından ise kontrolde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Diğer uygulamalarda ise kontrole göre fide gelişim parametrelerinin daha düşük olduğu gözlenmiştir. Glukozinolat içeriği bakımından ise toplam alifatik glukozinolatların kontrol bitkilerinin ardından, 1 mg I⁻¹ BR, 200 mM NaCl ve 200 mM NaCl + 1 mg I⁻¹ BR olduğu belirlenmiştir (P<0.05) (Çizelge 4.8). Toplam indoller bakımından ise en yüksek değer 1 mg I⁻¹ BR, 200 mM NaCl + 1 mg I⁻¹ BR ve 200 mM NaCl uygulamalarından elde edildiği tespit edilmiştir (P>0.05) (Çizelge 4.9).

Elde edilen sonuçlar ışığında fide gelişim parametrelerinin yetiştirime ortamına bağlı olarak farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Farklı ortamların bitki gelişimi ve fitokimyasal madde içeriğine etkileri bulunmaktadır. Bu etki özellikle bitki besin maddelerinin alınımı ve buna bağlı fizyolojik ve metabolik faaliyetleri etkilemektedir. Ayrıca torf ortamı bitki besin maddesi içerirken kum ortamı inert bir ortamdır. Perlit her iki ortama da su tutma kapasitesini artırarak özellikle kum ortamında bitkiye verilen besin elementlerinin kök bölgesinde tutunması ve alınımının sağlanması amacıyla eklenmiştir.

Glukozinolat içeriği bakımından ise alifatik glukozinolatlarda genel olarak uygulamalarla birlikte kontrol bitkilerine göre azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Turp filizlerinde yürütülen bir araştırmada tuz stresinin glukozinolat içeriği üzerine etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada 10 mM ve 50 mM konsantrasyonlarında NaCl uygulamasının glukorafasatin ve toplam glukozinolat içeriğinde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir (Yuan vd. 2010). Bu durum uygulamalara bağlı olarak oluşan stresin sonucunda hücrelerde olası hasara bağlı olarak mirosinaz enzim aktivitesiyle glukozinolatların parçalanmasına dayandırılmıştır.

Tez çalışmasında, uygulamalar ile birlikte kontrol bitkilerine göre indol glukozinolat miktarlarının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Araştırmalar, stres koşullarında indol glukozinolat miktarında artışlar olduğunu göstermektedir. Bohinc ve Trdan (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, abiyotik stres faktörlerinin lahanaya grubu sebzelerin glukozinolat içeriklerini değiştirdiğini, özellikle yüksek sıcaklık stresi sonucu gözlemlenen glukozinolat değişimine indol glukozinolatların alifatik ve aromatik glukozinolatlara göre daha duyarlı olduğu bildirilmiştir. Guo ve vd. (2014) brokoli filizlerinde NaCl ve 24-epibrassinolid uygulamalarının glukozinolat içeriklerine etkisini araştırdığı çalışmalarında, toplam glukozinolat içeriğinin, yalnız tuz uygulaması ile (40 ve 160 mM NaCl) arttığını, öte yandan yalnızca BR uygulamasında (20 nM 24-epibrassinolid) azaldığını bildirmişlerdir. Brokoli filizlerinde tuz ve brassinolidin toplam glukozinolat içeriğine etkisinin uygulama konsantrasyonlarına göre değiştiğini belirtmişlerdir. Bu bilgiler tez çalışması sonucunda elde edilen veriler ile uyum içerisindedir.

Tez çalışması ile elde edilen sonuçlar, tuz stresinin ve bitkilerde strese karşı toleransın artırılması amacıyla kullanılan BR uygulamalarının, farklı yetiştirme ortamlarında gerek fide gelişimi gerekse insan sağlığı açısından önemli glukozinolat miktarları üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulguların ileride yürütülecek çalışmalara ışık tutması beklenmektedir.



KAYNAKLAR

- Anonim. 2017. Web Sitesi: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001, Erişim Tarihi: 07.05.2017
- Anonymous. 2016. Web Sitesi: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2893>, Erişim Tarihi: 07.05.2017
- Anonymous. 2017. Web Sitesi: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>, Erişim Tarihi: 07.05.2017
- Ali, B., Hayat, S., Fariduddin, Q. and Ahmad, A. 2008. 24-Epibrassinolide protects against the stress generated by salinity and nickel in *Brassica juncea*. *Chemosphere*, 72(9), 1387-1392.
- Arora, N., Bhardwaj, R., Sharma, P. and Arora, H. K. 2008. Effects of 28-Homobrassinolide on growth, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activities in seedlings of *Zea mays* L. under salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(6), 833.
- Arslan, A. 2011. Biberde 24-epibrassinolid uygulamaları ile kuraklık stresine karşı toleransın artırılması. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 126, Kahramanmaraş.
- Ashraf, M. and Harris, P. J. C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, 166 (1), 3-16.
- Bajguz, A. 2007. Metabolism of brassinosteroids in plants. *Plant Physiology Biochemistry*, 45 (2), 95-107.
- Bajguz, A. 2011. Suppression of *chlorella vulgaris* growth by cadmium, lead, and copper stress and its restoration by endogenous brassinolide. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 60 (3), 406-416.
- Bartwal, A., Mall, R., Lohani, P., Guru, S. K. and Arora, S. 2013. Role of secondary metabolites and brassinosteroids in plant defense against environmental stresses. *Journal of Plant Growth Regulation*, 32(1), 216-232.
- Bohinc, T. and Trdan, S. 2012. Environmental factors affecting the glucosinolate content in Brassicaceae. *J. Food Agric. Environ*, 10 (2), 357-360.
- Carange, J., Longpre, F., Daoust, B. and Martinoli, M. 2011. 24-Epibrassinolide, a Phytosterol from the Brassinosteroid Family, Protects Dopaminergic Cells against MPP+-Induced Oxidative Stress and Apoptosis. *Journal of Toxicology*.

- Chelli-Chaabouni, A., Mosbah, A. B., Maalej, M., Gargouri, K., Gargouri-Bouزيد, R and Drira, N. 2010. In vitro salinity tolerance of two pistachio rootstocks *Pistacia vera* L. and *P. atlantica* Desf. Environmental and Experimental Botany, 69 (3), 302-312
- Çavuşoğlu, K. ve Kabar, K. 2008. Bazı bitki büyüme düzenleyicilerinin tuzlu koşullar altındaki arpa tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20 (1), 43-55
- Çoban, Ö. 2014. Brassinosteroid uygulamalarının tuz stresi altındaki nanede (*mentha piperita* l.) bazı fiziksel ve biyokimyasal özellikler ile sekonder metabolit birikimi üzerine etkileri. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı, 84, Isparta
- Divi, U. K., Rahman, T. and Krishna, P. 2010. Brassinosteroid-mediated stress tolerance in Arabidopsis shows interactions with abscisic acid, ethylene and salicylic acid pathways. BMC Plant Biology, 10 (1), 151.
- Dominguez-Perles, R., Martinez-Ballesta, M. C., Riquelme, F., Carvajal, M., Garcia-Viguera, C. and Moreno, D. A. 2011. Novel varieties of broccoli for optimal bioactive components under saline stress. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91 (9), 1638-1647.
- Edreva, A., Velikova, V., Dagnon, S., Gürel, A., Aktaş, L. and Gesheva, E. 2008. stress-protective role of secondary metabolites: diversity of functions and mechanisms. General and Applied Plant Physiology, 34 (1-2), 67-78.
- Ekinci, M., Yildirim, E., Dursun, A. and Turan, M. 2012. Mitigation of salt stress in lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *Crispa*) by seed and foliar 24-epibrassinolide treatments. HortScience, 47(5), 631-636.
- Eylen, D.V., Oey, I., Hendrickx, M. and Loey, A.V. 2008. Effects of pressure/temperature treatments on stability and activity of endogenous broccoli (*Brassica oleracea* L. cv. *Italica*) myrosinase and on cell permeability. Journal of Food Engineering, 89 (2), 178-186.
- Fariduddin, Q., Hasan, S. A., Ali, B., Hayat, S. and Ahmad, A. 2008. Effect of modes of application of 28-Homobrassinolide on mung bean. Turkish Journal of Biology, 32, 17-21.
- Fariduddin, Q., Khanam, S., Hasan, S. A., Ali, B., Hayat, S. and Ahmad, A. 2009. Effect of 28-homobrassinolide on the drought stress-induced changes in photosynthesis and antioxidant system of *Brassica juncea* L. Acta Physiologiae Plantarum, 31(5), 889-897.
- Gökdoğan, E. Y. ve Bürün, B. 2015. 24-Epibrassinolid Ön Uygulaması Yapılmış Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Tohumlarının NaCl Stresi

Koşullarında Çimlenmesi ve Fide Gelişimi. Afyon Kocatepe University Journal of Science & Engineering, 15 (3), 18-27.

- Grove, M. D., Spencer, G. F., Rohwedder, W. K., Mandava, N., Worley, J. W., Warthen, J. D., Steffens, G. L., Flippen-Anderson, J. L. and Cook, J. K., 1979. Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. *Nature*, 281 (5728), 216-217.
- Gudesblat, G. E. and Russinova, E. 2011. Plants grow on brassinosteroids. *Current opinion in plant biology*, 14(5), 530-537.
- Guo, R., Hou, Q., Yuan, G., Zhao, Y. and Wang, Q. 2014. Effect of 2, 4-epibrassinolide on main health-promoting compounds in broccoli sprouts. *LWT – Food Science and Technology*, 58 (2014), 287-292.
- Hayat, S., Maheshwari, P., Wani, A. S., Irfan, M., Alyemeni, M. N. and Ahmad, A. 2012. Comparative effect of 28-homobrassinolide and salicylic acid in the amelioration of NaCl stress in *Brassica juncea* L. *Plant physiology and Biochemistry*, 53, 61-68.
- Houimli, S. I. M., Denden, M. and Hadj, S. B. E., 2008. Induction of salt tolerance in pepper (*Capsicum annuum*) by 24-epibrassinolide. *EurAsian Journal of BioSciences*, 2, 83-90.
- Iqbal, N., Masood, A. and Khan, N.A. Phytohormones in salinity tolerance: ethylene and gibberellins cross talk. In: Khan NA, Nazar, R., Iqbal N., Anjum, N.A. 2012. (eds) *Phytohormones and abiotic stress tolerance in plants*. Springer, Berlin, 77–98.
- Kendirli, B., Çakmak, B. and Uçar, Y. 2005. Salinity in the southeastern Anatolia project (GAP), Turkey: issues and options. *Irrigation and Drainage*, 54 (1), 43-57.
- Khan, M.I.R. and Khan, N.A. 2013. Salicylic acid and jasmonates: approaches in abiotic stress tolerance. *J Plant Biochemistry Physiology*, 1 (4), India
- Krishna, P. 2003. Brassinosteroid-mediated stress responses. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22 (4), 289-297.
- Kvasnica, M., Oklestkova, J., Bazgier, V., Rárová, L., Berka, K. and Strnad, M. 2014. Biological activities of new monohydroxylated brassinosteroid analogues with a carboxylic group in the side chain. *Steroids*, 85, 1-72.
- Li, L., Staden, J. V. and Jäger, A. K. 1998. Effects of plant growth regulators on the antioxidant system in seedlings of two maize cultivars subjected to water stress. *Plant Growth Regulation*, 25 (2), 81-87.

- López-Berenguer, C., Martínez-Ballesta, M. C., García-Viguera, C. and Carvajal, M. 2008. Leaf water balance mediated by aquaporins under salt stress and associated glucosinolate synthesis in broccoli. *Plant Science*, 174 (3), 321-328.
- Malíková, J., Swaczynová, J., Kolář, Z. and Strnad, M. 2008. Anticancer and antiproliferative activity of natural brassinosteroids. *Phytochemistry*, 69 (2), 418-426.
- Miao, H., Wei, J., Yanting, Z. and Wang, Q. 2013. Glucose signalling positively regulates aliphatic glucosinolate biosynthesis. *Journal of Experimental Botany*, 64 (4), 1097-1109.
- Mitchell, J. W., Mandava, N., Worley, J. F., Plimmer, J. R. and Smith, M. V. 1970. Brassins – a new family of plant hormones from rape pollen. *Nature*, 225 (5237), 1065-1066.
- Müssig, C. 2005. Brassinosteroid-promoted growth. *Plant biology*, 7 (02), 110-117.
- Pérez-Balibrea, S., Moreno, D. A. and García-Viguera, C. 2008. Influence of light on health-promoting phytochemicals of broccoli sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88 (5), 904-910.
- Rárová, L., Zahler, S., Liebl, J., Kryštof, V., Sedlák, D., Bartůněk, P., Kohout, L. and Strnad, M. 2012. Brassinosteroids inhibit *in vitro* angiogenesis in human endothelial cells. *Steroids*, 77 (13), 1502-1509.
- Sarıkamış, G. 2011. Brokkolinin (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) insan sağlığına yararları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 4 (2), 79-82.
- Sasse, J. M. 2003. Physiological actions of brassinosteroids: an update. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22 (4), 276-288.
- Schreiner, M., Beyene, B., Krumbein, A. and Stüzel, H. 2009. Leave as affected by water supply. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (16), 7259-7263.
- Shahbaz, M. and Ashraf, M. 2008. Does exogenous application of 24-epibrassinolide ameliorate salt induced growth inhibition in wheat (*Triticum aestivum* L.)?. *Plant Growth Regulation*, 55 (1), 51-64.
- Sharma, I., Chin, I., Saini, S., Bhardwaj, R. and Pati, P.K. 2013. Exogenous application of brassinosteroid offers tolerance to salinity by altering stress responses in rice variety Pusa Basmati-1. *Plant Physiol Biochem* 69:17–26.
- Snogerup, S. 1980. *Brassica*. Crops and Wild Allies. Eds. Tsunoda, S., Himda, K. and Gomezcampo, C. Japan Scientific Societies Press. Tokyo.

- Tian, M., Xu, X., Liu, Y., Xie, L. and Pan, S. 2016. Effect of Se treatment on glucosinolate metabolism and health-promoting compounds in the broccoli sprouts of three cultivars. *Food chemistry*, 190, 374-380.
- Tuteja, N. 2007. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Methods in Enzymology*, 419-438.
- Vickers, C. E., Gershenzon, J., Lerdau, M. T. and Loreto, F. 2009. A unified mechanism of action for volatile isoprenoids in plant abiotic stress. *Nature Chemical Biology*, 5, 283-291.
- Wachsman, M. B., Ramirez, J. A., Galagovsky, L. R. and Coto, C. E., 2002. Antiviral activity of brassinosteroids derivatives against measles virus in cell cultures. *Antiviral Chemistry and Chemotherapy*, 13 (1), 61-66.
- Wachsman, M.B. and Castilla, V. 2012. Antiviral properties of brassinosteroids. In: Pereira-Netto AB (ed) *Brassinosteroids: practical applications in agriculture and human health*. Bentham Science Publishers, Sharjah, 57–71.
- Yang, C. J., Zhang, C., Lu, Y. N., Jin, J. Q. and Wang, X. L. 2011. The mechanisms of brassinosteroids' action: from signal transduction to plant development. *Molecular plant*, 4(4), 588-600.
- Yu, J. Q., Huang, L. F., Hu, W. H., Zhou, Y. H., Mao, W. H., Ye, S. F. and Nogués, S. 2004. A role for brassinosteroids in the regulation of photosynthesis in *Cucumis sativus*. *Journal of Experimental Botany*, 55 (399), 1135-1143.
- Yuan, G., Wang, X., Guo, R. and Wang, Q. 2010. Effect of salt stress on phenolic compounds, glucosinolates, myrosinase and antioxidant activity in radish sprouts. *Food Chemistry*, 121 (4), 1014-1019.
- Zaghdoud, C., Alcaraz-López, C., Mota-Cadenas, C., Martínez-Ballesta, M. D. C., Moreno, D. A., Ferchichi, A. and Carvajal, M. 2012. Differential responses of two broccoli (*Brassica oleracea* L. var *Italica*) cultivars to salinity and nutritional quality improvement. *The Scientific World Journal*.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Onur AKTAŞ

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 17.04.1991

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Başkent Lisesi (2007)

Lisans : Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Mühendisliği/
Bahçe Bitkileri Alt Programı (2013)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü
(Eylül 2014-Mayıs 2017)