

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

***BRASSICA* TÜRLERİNDE BRASSİNOSTEROİD UYGULAMASININ  
ÇİMLENME VE FİDE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Kamer Ayça MAVİŞ**

**BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2022**

**Her hakkı saklıdır**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### *BRASSICA* TÜRLERİNDE BRASSİNOSTEROİD UYGULAMASININ ÇİMLENME VE FİDE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Kamer Ayça MAVİŞ

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gölge SARIKAMIŞ

Brassinosteroidler (BR), bitkilerde hücre uzaması, bölünmesi ve farklılaşmasını sağlayarak büyümeyi ve gelişmeyi düzenleyen bitki hormon grubudur. Tez çalışmasında, brokoli, lahanada ve turp tohumlarına ve fidelerine, 28-homobrassinolid (28-HBL) uygulamalarının, tohum çimlenmesi, çıkışı ve fide gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Çimlenme ve çıkış testleri için tohumlar 0.5 mgL<sup>-1</sup> ve 1 mgL<sup>-1</sup> konsantrasyonlarda hazırlanmış çözeltilerde 8 saat süreyle bekletilmiştir. Kontrol grubu olarak ayrılan tohumlar ise 8 saat saf su içerisinde bekletme (Suda Kontrol=SK) ve hiç uygulama yapılmamış tohumlar (kuru kontrol=KK) olmak üzere denemede yer almıştır. Fide uygulamaları için 4-5 gerçek yapraklı döneme ulaşan fidelere 28-HBL yapraktan püskürtme şeklinde uygulanmıştır. Uygulama yapılmış ve kontrol gruplarında, tohum çimlenme (çimlenme oranı, hızı, normal fide oranı, kökçük boyu, kök ve sürgün boyu, taze ve kuru ağırlık), çıkış (çıkış oranı, hızı, güçlü fide sayısı, kök boyu, sürgün boyu, taze ve kuru ağırlık), fidelerde ise (fide eni, boyu, taze ve kuru ağırlık) parametreleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, tohumlara 28-HBL uygulamasının brokolide çimlenme hızını, kök ve sürgün boyunu, fide eni ve taze ağırlığı etkilediği; lahanada sürgün boyu ve çıkış hızını; turpta ise çıkış hızı, fidelerde kök ve sürgün boyu, fide eni, taze ve kuru ağırlığı etkilediği belirlenmiştir. Fide uygulamalarında ise brokolide fide boyu ve taze ağırlık, lahanada kuru ağırlık, turpta ise fide eni üzerine etkili olmuştur.

**Şubat 2022, 65 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Brassinosteroidler, brokoli, lahanada, turp, çimlenme, fide

## ABSTRACT

Master Thesis

### EFFECT OF EXOGENOUS BRASSINOSTEROID APPLICATIONS ON THE GERMINATION AND SEEDLING QUALITY OF BRASSICAS

Kamer Ayça MAVİŞ

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

Supervisor: Prof. Dr. Gölge SARIKAMIŞ

Brassinosteroids (BR) are a group of plant hormones that affect plant growth and development by regulating cell elongation, division and differentiation in plants. In this study, the effects of 28-homobrassinolide (28-HBL) applications on seed germination and emergence of broccoli, cabbage and radish seeds as well as the seedling growth were investigated. For germination and emergence tests, seeds were soaked in 0.5 mgL<sup>-1</sup> and 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL solutions for 8 hours. The seeds that were not treated with 28-HBL (dry control = KK) and seeds that were soaked in distilled water for 8 hours (water control = SK) were used as control. Seedlings that reached the 4-5 true leaves stage were sprayed with 28-HBL. In the treated and control groups, seed germination (germination rate and speed, normal seedling rate, radicle length, root and shoot length, fresh and dry weight), emergence (emergence rate and speed, strong seedling number, root length, shoot length, fresh and dry weight) and seedling growth parameters (seedling width, length, fresh and dry weight) were investigated. As a result of the research, 28-HBL application to seeds affected germination rate, root and shoot length, seedling width and fresh weight in broccoli; shoot length and emergence speed in cabbage; and emergence speed, root and shoot length, seedling width, fresh and dry weight in radish. On the other hand, seedling applications were effective on seedling length and fresh weight in broccoli, dry weight in cabbage, and seedling width in radish.

**February 2022, 65 pages**

**Key Words:** Brassinosteroids, broccoli, cabbage, radish, germination, seedling

## TEŐEKKÖR

Tez çalıŐmasının konusu, yöntemi ve ilerleyiŐindeki tüm aŐamaların oluşmasını sağlayan bilgi, öneri ve yardımlarını eksik etmeyen danışman hocam Prof. Dr. Gölge SARIKAMIŞ'a, (Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı) ekip olarak çalıŐmanın ne kadar güzel ve önemli olduğunu öğrenmeme vesile olan, yürütölen tez çalışmasında desteklerini esirgemeyen kıymetli hocam Prof. Dr. İbrahim DEMİR'e, (Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı) tez çalıŐmamda ve her konuda bana yoldaŐ olan tohum laboratuvarında bulunan başta Ziraat Yük. Müh. Zeynep GÖKDAŐ olmak üzere tüm arkadaşlarıma, sevgisini ve psikolojik desteğini esirgemeyen tüm sevdiklerime ve hayatıma değer katan, buralara gelmemi sağlayan, her dönemde yanımda olan tüm aile bireylerime teŐekkürü borç bilirim.

Kamer Ayça MAVİŞ

Ankara, Şubat 2022

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
1.1 Bitkisel Hormonların Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimine Etkisi.....	5
1.2 Brassinosteroidlerin Fizyolojik Etkileri.....	9
1.3 Brassinosteroidlerin Stres Toleransına Etkileri.....	10
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	13
2.1 Brassinosteroidlerin Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi.....	13
2.2 Stres Koşullarında BR Uygulamalarının Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi.....	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1 Materyal.....	18
3.2 Yöntem .....	18
3.2.1 Tohumların sayımı, dezenfeksiyonu ve kurutulması.....	18
3.2.2 Tohumlara 28-Homobrassinolid (28-HBL) uygulamaları .....	18
3.2.2.1 Çimlendirme testi için tohumların petri kutularına yerleştirilmesi.....	19
3.2.2.2 Çıkış denemeleri için tohumların torf:perlit (2:1) ortamına ekimi .....	20
3.2.2.3 Çimlenme sayımları .....	21
3.2.2.4 Kökçük boyu ölçümleri.....	23
3.2.2.5 Normal ve anormal fide sayısı.....	24
3.2.2.6 Fidelerin kuru ve yaş ağırlık tayini .....	26
3.2.2.7 Fide çıkış testi .....	27
3.2.2.8 Güçlü ve zayıf fide sayımı.....	31
3.2.2.9 Fide kök, sürgün uzunluğu ve en ölçümü .....	33
3.2.2.10 Fide taze ve kuru ağırlık tartımı.....	33
3.2.3 Fidelere yapraktan 28-HBL uygulamaları .....	34

3.2.3.1 Fide uzunluğu, fide eni, taze ve kuru ağırlık tartımı .....	36
3.3 İstatistik Analizler .....	38
4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	39
4.1 Brokolide 28-Homobrassinolidin Tohum imlenmesi Üzerine Etkileri.....	39
4.2 Brokolide 28-Homobrassinolidin Fide Gelişimi Üzerine Etkileri.....	42
4.3 Brokoli Fidelerinde Yapraktan Püskürtme Şeklinde Uygulanan 28- Homobrassinolidin Fide Gelişim Parametreleri Üzerine Etkileri .....	44
4.4 Lahanada 28-Homobrassinolidin Tohum imlenesi Üzerine Etkileri.....	44
4.5 Lahanada 28-Homobrassinolidin Fide Gelişimi Üzerine Etkileri .....	47
4.6 Lahana Fidelerinde Yapraktan Püskürtme Şeklinde Uygulanan 28- Homobrassinolidin Fide Gelişim Parametreleri Üzerine Etkileri .....	49
4.7 Turpta 28-Homobrassinolidin Tohum imlenmesi Üzerine Etkileri .....	50
4.8 Turpta 28-Homobrassinolidin Fide Gelişimi Üzerine Etkileri .....	52
4.9 Turp Fidelerinde Yapraktan Püskürtme Şeklinde Uygulanan 28- Homobrassinolidin Fide Gelişim Parametreleri Üzerine Etkileri .....	54
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	55
KAYNAKLAR .....	59

## SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat derece
mgL <sup>-1</sup>	Miligram/litre
mM	Milimolar
µM	Mikromolar
NaCl	Sodyum klorür
g	Gram
ha	Hektar
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Etilen

### Kısaltmalar

BR	Brassinosteroid
BL	Brassinolid
28-HBL	28-homobrassinolid
24-EBL (24-epiBL)	24-epibrassinolid
BRI 1	Brassinosteroid Intensive 1
BZR 1	Brassinazole Resistant 1
GA	Gibberellin
GA <sub>3</sub>	Gibberellik asit
ABA	Absisik asit
IAA	Indol-3-asetik asit
IBA	Indol butirik asit
NAA	Naftalen asetik asit
MGT (OÇZ)	Ortalama çimlenme zamanı
MS	Murashige Skoog
SD	Standart Sapma

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Dünyada lahana ve diğer <i>Brassica</i> türleri üretiminin bölgelere göre dağılımı	4
Şekil 1.2 Dünyada karnabahar ve brokoli üretiminin bölgelere göre dağılımı	4
Şekil 1.3 Brassinosteroidlerin yapısı	8
Şekil 3.1 Tohumların petrilere yerleştirilmesi	20
Şekil 3.2 Çimlendirme için tohumların 20 °C' de etüve yerleştirilmesi	20
Şekil 3.3 Çıkış denemeleri için tohumların torf:perlit (2:1) ortamına ekimi	21
Şekil 3.4 Brokoli çimlendirme denemesinde ilk sayım (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL ve (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	22
Şekil 3.5 Lahana çimlendirme denemesinde ilk sayım (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBLve (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	22
Şekil 3.6 Turp çimlendirme denemesinde ilk sayım (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBLve (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	22
Şekil 3.7 Brokoli tohumlarında kökçük uzunluğu ölçümü (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBLve (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	23
Şekil 3.8 Lahana tohumlarında kökçük uzunluğu ölçümü (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBLve (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	23
Şekil 3.9 Turp tohumlarında kökçük uzunluğu ölçümü (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL ve (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	24
Şekil 3.10 Brokoli fidelerinde normal/anormal fide sayımı (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL ve (c) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	25
Şekil 3.11 Lahana fidelerinde normal/anormal fide sayımı (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL ve (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	25
Şekil 3.12 Turp fidelerinde normal/anormal fide sayımı (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL ve (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	26
Şekil 3.13 Taze ve kuru ağırlık tartımı	26
Şekil 3.14 Etüvde kurutulan fideler	27
Şekil 3.15 Brokolide çıkış testleri (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5 mgL <sup>-1</sup> (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	28
Şekil 3.16 Lahanada çıkış testleri (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	29

Şekil 3.17 Turpta çıkış testleri (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL.....	30
Şekil 3.18 . Brokolide güçlü ve zayıf fide gelişimi (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5mgL <sup>-1</sup> 28-HBL (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL .....	31
Şekil 3.19 Lahanada güçlü ve zayıf fide gelişimi (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5mgL <sup>-1</sup> 28-HBL (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL .....	32
Şekil 3.20 Turpta güçlü ve zayıf fide gelişimi (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c) 0.5mgL <sup>-1</sup> 28-HBL (d) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL.....	32
Şekil 3.21 Fidelerin ölçüm ve tartımdan önce köklerinin temizlenmesi.....	33
Şekil 3.22 Fide kök, sürgün uzunluğu ve fide eni ölçümü.....	33
Şekil 3.23 Fide taze ve kuru ağırlık tartımı.....	34
Şekil 3.24 Brokolide fide gelişimi .....	35
Şekil 3.25 Lahanada fide gelişimi.....	35
Şekil 3.26 Turpta fide gelişimi.....	35
Şekil 3.27 Fidelere 28-HBL uygulaması (a) brokoli (b) lahanada (c) turp.....	36
Şekil 3.28 Uygulama yapılmış brokoli fidelerinde ölçüm ve gözlemler (a) Kontrol (b) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL (c) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL .....	36
Şekil 3.29 Uygulama yapılmış lahanada fidelerinde ölçüm ve gözlemler (a) Kontrol (b) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL (c) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL .....	37
Şekil 3.30 Uygulama yapılmış turp fidelerinde ölçüm ve gözlemler (a) Kontrol (b) 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL (c) 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL .....	37

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Brokoli, lahana ve turpun besin içerikleri (100 g) .....	2
Çizelge 1.2 Türkiye'de 2010-2019 yılları arasında lahana grubu sebzelerin üretim miktarı (ton) .....	3
Çizelge 4.1 Petri kabında çimlendirilen brokoli tohumlarının kuru kontrol, suda kontrol, 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL ve 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL uygulamalarında gelişim parametreleri (ortalama±sd).....	41
Çizelge 4.2 Torf:perlit (2:1) ortamında yetiştirilen brokoli fidelerinin kuru kontrol, suda kontrol, 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL ve 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL uygulamalarında gelişim parametreleri (ortalama ± sd) .....	43
Çizelge 4.3 Yapraktan 28-HBL uygulanan brokoli fidelerinde fide eni (cm), fide boyu (cm), taze ağırlık (g), kuru ağırlık (g) ölçümleri (ortalama±sd) .....	44
Çizelge 4.4 Petri kabında çimlendirilen lahana tohumlarının kuru kontrol, suda kontrol, 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL ve 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL uygulamalarında gelişim parametreleri (ortalama ± sd).....	46
Çizelge 4.5 Torf:perlit (2:1) ortamında yetiştirilen lahana fidelerinin kuru kontrol, suda kontrol, 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL ve 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL uygulamalarında gelişim parametreleri (ortalama ± sd).....	48
Çizelge 4.6 Yapraktan BR uygulanan lahana fidelerinde fide eni (cm), fide boyu (cm), taze ağırlık (g), kuru ağırlık (g) ölçümleri (ortalama±sd) .....	49
Çizelge 4.7 Petri kabında çimlendirilen turp tohumlarının kuru kontrol, suda kontrol, 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL ve 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL uygulamalarında gelişim parametreleri (ortalama ± sd).....	51
Çizelge 4.8 Torf:perlit (2:1) ortamında yetiştirilen turp fidelerinin kuru kontrol, suda kontrol, 0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL ve 1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL uygulamalarında gelişim parametreleri (ortalama ± sd) .....	53
Çizelge 4.9 Yapraktan BR uygulanan turp fidelerinde fide eni (cm), fide boyu (cm), taze ağırlık (g), kuru ağırlık (g) ölçümleri (ortalama±sd) .....	54

## 1. GİRİŞ

*Brassicaceae* familyası, lahana grubu sebzeleri içeren *Brassicales* takımına dahil büyük bir familyadır (Raza, 2020). İçerisinde sebzelerin yanısıra yem, yağlı tohum ve çeşni olarak değerlendirilen birçok farklı tür bulunmaktadır. Bu familyaya dahil *Brassica* cinsinde, kök, yaprak, sap, tomurcuk, çiçek ve tohum kısımları tüketilebilen ekonomik açıdan önemli türler yer almaktadır (Gómez-Campo 1980, Rakow 2004).

Dünyada ve ülkemizde yetiştiriciliği yapılan ve tüketilen başlıca türler arasında lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata*), brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), karnabahar (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*), turp (*Raphanus sativus* L.), roka (*Eruca sativa* Mill.), tere (*Lepidium sativum* L.), Brüksel lahanası (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*), alabaş (*Brassica oleracea* L. var. *gongylodes*), Çin lahanası (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*), şalgam (*Brassica rapa* L.) bulunmaktadır.

Brokoli, Doğu Akdeniz bölgesi orjinlidir ve buradan dünyanın farklı bölgelerine yayılmıştır. Brokolinin Doğu Akdeniz'den İtalya'ya girdiği burada farklı formlarının oluştuğu ve bölgede geniş bir varyasyonun bulunduğu bildirilmektedir (Crisp vd. 1985, Gómez-Campo 1999). Brokolinin tüketilen kısımları çiçek tomurcuklarından oluşan ana ve yan taçlardır.

Lahananın ise Kuzey Avrupa ülkeleri ve Akdeniz bölgesi orijinli olduğu bildirilmektedir (Balkaya vd. 2005). Lahananın tüketilen kısımları ise başı oluşturan yapraklardır.

Turp *Brassicaceae* familyasının *Raphanus* cinsine ait bir türdür. Batı Asya, turpun orijini olarak görülmekle birlikte türün morfoloji ve ekolojisinde görülen farklılık nedeniyle Akdeniz bölgesi ve Japonya'nın kıyı bölgeleri de orijini olarak kabul edilmiştir (Satari vd. 2020). Turpun tüketilen kısmı toprak altı kökleridir.

Lahana grubu sebzelerin tüketiminin sağlık açısından yararlı olduğu belirtilmektedir. Bu özellik zengin vitamin, mineral içerikleri ve *Brassicaceae* familyası bitkilerin içerdikleri

glukozinolatlar adı verilen kükürlü bileşiklere dayandırılmaktadır (Sarıkamış vd. 2006, Sarıkamış 2009).

Bitkilerin besin içerikleri türe, çeşide ve yetiştirme koşullarına göre değişiklik göstermekle birlikte taze brokoli, lahana ve turpun ortalama besin içerikleri Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Brokoli, lahana ve turpun besin içerikleri (100 g)

Besin İçeriği (100 g )	Brokoli	Lahana	Turp
Protein (g)	2.57	1.3	0.7
Karbohidrat (g)	6.27	6	3.4
Kalsiyum (mg)	46	40	25
Demir (mg)	0.69	0.5	0.3
Magnezyum (mg)	21	12	10
Potasyum (mg)	303	170	233
Sodyum (mg)	36	18	39
C vitamini (mg)	91.3	36.6	14.8

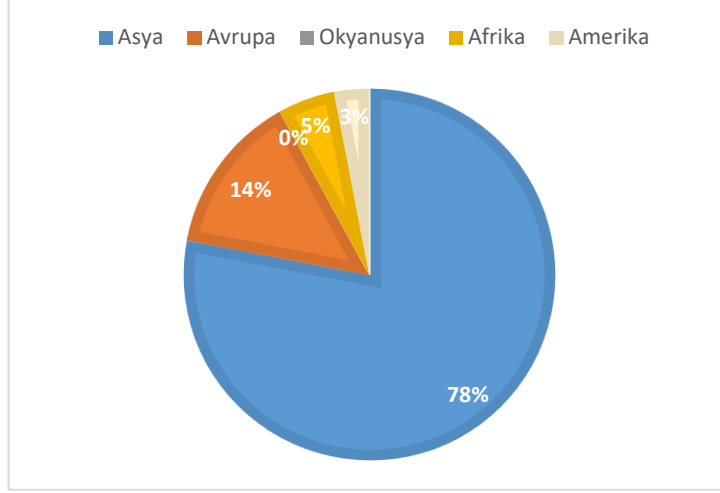
Ülkemizde 2019 yılı verilerine göre lahana grubu sebzeler 38.321 ha alanda üretilmektedir. Üretim miktarı 1.134.943 tondur. Üretiminin büyük bölümünü lahana (567.622 ton), karnabahar (234.356 ton) ve turp (198.112 ton) oluşturmaktadır. Son yıllarda başta brokoli olmak üzere lahana grubu sebzelerin sağlık değerinin öne çıkmasıyla birlikte üretim miktarları artış göstermiştir (Çizelge 1.2).

Brokoli üretimi Akdeniz ve Ege bölgesinde, il bazında ise en fazla sırasıyla İzmir, Mersin, Antalya’da üretilmektedir (TUİK 2019). Lahana üretimi ise en fazla Karadeniz, Akdeniz ve Ege bölgesinde il bazında sırasıyla en fazla Niğde, Samsun ve Bursa’ da yapılmaktadır. Turp yetiştiriciliğinin en fazla yapıldığı iller ise Osmaniye, Samsun ve Ankara’dır (TUİK 2019).

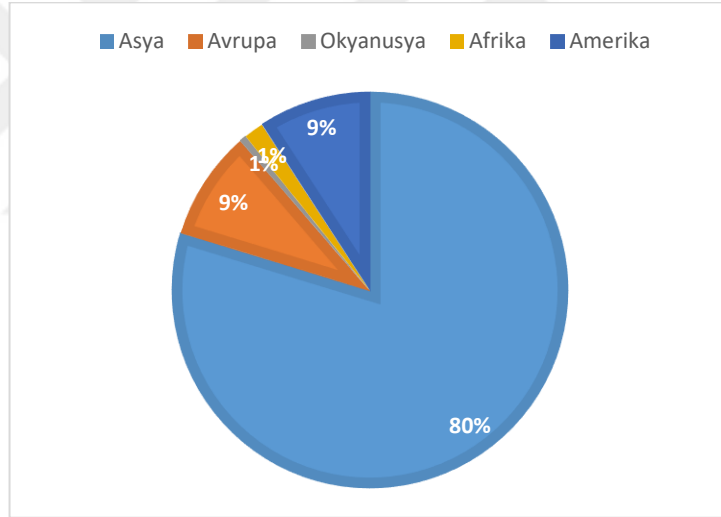
Çizelge 1.2 Türkiye'de 2010-2019 yılları arasında lahana grubu sebzelerin üretim miktarı (ton) (TUİK 2019)

Yıllar	Lahana	Brüksel lahanası	Karnabahar	Brokoli	Turp (kırmızı)	Şalgam	Roka	Tere
2010	491.218	1.651	158.579	26.493	139.543	1.693	4.058	2.280
2011	498.073	1.693	162.134	29.076	142.024	1.494	4.524	2.750
2012	481.511	1.697	169.097	30.807	131.375	1.537	7.689	4.476
2013	496.864	1.818	158.996	64.649	158.766	1.938	8.962	7.371
2014	492.610	2.759	161.331	40.818	169.935	1.509	8.791	8.732
2015	514.344	2.534	182.266	46.353	179.660	1.393	9.110	9.236
2016	524.976	3.151	195.248	55.082	179.353	1.651	10.185	6.985
2017	520.796	3.170	199.710	66.105	178.344	1.768	9.334	5.993
2018	516.951	3.343	225.151	69.592	177.067	1.530	12.930	6.517
2019	567.622	3.100	234.356	80.920	198.112	2.288	13.654	6.629

Dünyada, lahana ve diğer *Brassica* türlerinin üretimi 2.413.686 ha alanda 70.258.867 ton; brokoli ve karnabahar üretimi ise 1.360.864 ha alanda 25.785.570 tondur (FAOSTAT 2019). Bölgelere göre en fazla üretimin Asya kıtasında yapıldığı görülmektedir (Şekil 1.1 ve 1.2). Asya kıtasında 2019 yılı verilerine göre lahana ve diğer *Brassica* türlerinin üretimi 1.747.062 ha alanda 54.579.340 ton, brokoli ve karnabahar toplamı ise 1.049.199 ha alanda 20.075.549 tondur. Üretim alanı ve üretim miktarı yönünden lahana ve diğer *Brassica* türlerinde başta gelen üç ülke sırasıyla Çin, Hindistan ve Rusya, brokoli ve karnabahar toplamında ise Çin, Hindistan ve Amerika'dır (FAOSTAT 2019).



Şekil 1.1 Dünyada lahanaya ve diğer *Brassica* türleri üretiminin bölgelere göre dağılımı (%) (FAOSTAT 2019)



Şekil 1.2 Dünyada karnabahar ve brokoli üretiminin bölgelere göre dağılımı (%) (FAOSTAT 2019)

Üretimde sağlıklı, üniform bir başlangıç yapmak ve erkenciliği sağlamak amacıyla sebzelerde fide kullanımı artmaktadır. Fide üretiminde başlangıç materyali olan tohumun canlı ve güçlü olması homojen çimlenme ve çıkış sağlanması için önemlidir. Tohum çimlenmesi; tohumun su alımıyla başlayan ilk safha (Faz 1), su alımının olmadığı ya da azaldığı ve çimlenme için ihtiyaç duyulan yeni proteinlerin sentezlendiği, depo

maddelerinin çimlenme için dönüşümlerinin başladığı ikinci safha (Faz 2) (Lag fazı-gecikme fazı) ve çimlenmenin gözle görülen ilk belirtisi olan kökçüğün ortaya çıktığı safha (Faz 3) olarak sıralanmaktadır (Sen ve Puthur 2020).

Çimlenme ve çıkışın sağlıklı ve homojen olarak gerçekleşmesi için tohumlara ekim öncesi uygulamalar yapılmaktadır (Demir ve Mavi 2004). Tohum uygulamaları çimlenmeyi en üst düzeye çıkarmak için tohumun kendi kaynaklarını harekete geçirerek güçlendirmektedir. Tohum performansını iyileştiren ve artıran tohum hidrasyonuna dayanan fizyolojik tohum uygulamaları arasında ıslatma, tohuma su çektirme, kurutma, nemlendirme, osmopriming ve ön çimlendirme yer alırken diğer fizyolojik uygulamalar tohum hidrasyonuna ek olarak fiziksel veya kimyasal uyarılar içermektedir (Khan 1992). Ayrıca bitkilerin bünyelerinde bulunan fizyolojik olaylarda rol oynayan hormonların tohumun çimlenme ve fide gelişiminde etkili oldukları bilinmektedir.

### **1.1 Bitkisel Hormonların Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimine Etkisi**

Bitki bünyesinde oluşup, büyüme ve gelişmeyi düzenleyen maddelere fitohormonlar (bitki hormonları) denilmektedir. Bu maddeler bitkiler tarafından üretilen, çoğu zaman birbirleriyle etkileşim halinde hareket ederek, bitkide büyüme, gelişme ve diğer fizyolojik olayları etkileyen organik maddelerdir (Kumlay ve Eryiğit 2011).

Bitki büyüme düzenleyicileri, doğal ve sentetik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Doğal olanlar bitkinin kendisi tarafından sentezlenmekte, sentetik olanlar ise bitkilerden izole edilmektedir. Sentetik olarak elde edilen büyüme düzenleyiciler dışarıdan bitkilere uygulanabilmektedir.

Bir kısım büyüme düzenleyiciler, bitkilerde büyüme ve gelişmeyi teşvik edici bulunurken diğer bir kısmı ise engelleyici etkide bulunmaktadır. Absisik asit (ABA), etilen, gibberellinler, oksinler (IAA), sitokininler ve brassinosteroidleri kapsayan bitki hormonları bitkideki birçok fizyolojik ve biyokimyasal süreci kontrol etmektedir (Miransari ve Smith 2014).

Oksinler büyümeyi düzenleyiciler içinde uzun süredir bilinen hormonlardır (Halloran ve Kasım 2002). Bu bitki hormonu tüm yüksek bitkiler tarafından sentezlenir ve en çok bulunan formu Indol-3-asetik asit (IAA)'tir (Grunewald vd. 2009). Indol-3-asetik asit doğal olarak oluştuğu bilinen tek oksindir (Kumlay ve Eryiğit 2011). Indol butirik asit (IBA) ve naftalen asetik asit (NAA) sentetik oksinlerdendir (Öktüren ve Sönmez 2005). Oksinler genç yapraklar ve gelişen tohumlarda sentezlenir. Apikal dominanside, vasküler doku oluşumu, yaprak veya meyve dökülmesinin önlenmesinde, etilen sentezinin uyarılmasında, çiçeklenmenin engellenmesi ve teşvikinde, meyve oluşumunun teşviki ve uyarılmasında etkilidir (Kumlay ve Eryiğit 2011). Oksinin genç fidelerin büyümesi için gerekli olduğu bildirilmiştir (Miransari ve Smith 2014).

Gibberellinler (GA), bitki büyümesi ve gelişimini birçok yönde kontrol etmektedirler. Gibberellinler tohumların çimlenmesi için gereklidir. Yüksek bitkilerde en çok bulunan ve dışardan uygulama şeklinde en çok kullanılan hormondur (Eriş 1995). *Brassicaceae* familyasında yer alan ve fizyolojik, moleküler araştırmalarda model bitki olarak kullanılan *Arabidopsis thaliana* bitkisinde yürütülen araştırmalar gibberellinlerin tohum çimlenmesi, yaprak genişlemesi, kök uzaması, çiçeklenme ve çiçek kısımlarının gelişiminde önemli rol oynadığını göstermiştir (Yamaguchi ve Kamiya 2001, Cao vd. 2020). Gibberellinler çimlenmenin hem erken hem de geç evrelerinde önemlidir (Miransari ve Smith 2014). Domateste yapılan bir araştırmada çimlenmeyen gib-1 mutan, GA ile uyarılarak tohum çimlenmesi sağlanmış ve GA uygulamasının çimlenme üzerine fizyolojik ve moleküler etkileri gösterilmiştir (Groot ve Karssen 1987). Gibberellinler, endospermin zayıflaması ve embriyonun gelişmesi ile dormansinin kırılmasını sağlamaktadır (Miransari ve Smith 2014). Gibberellinler üzüm gibi bazı türlerde partenokarpik meyve oluşumunu teşvik etmektedir (Eriş 1995).

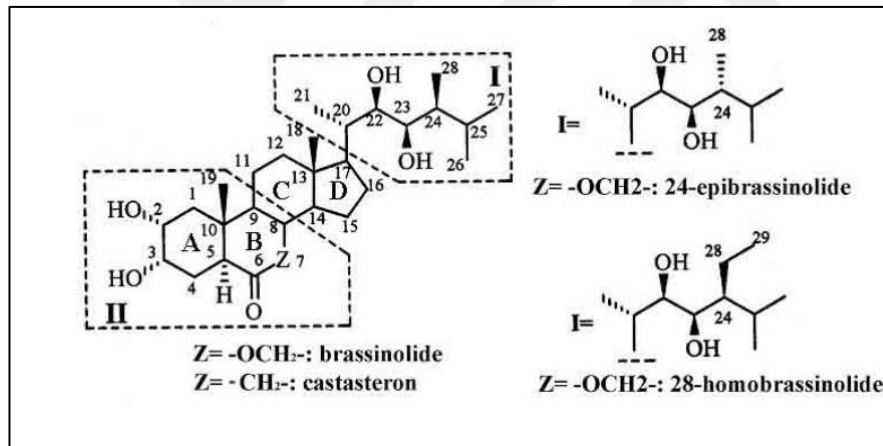
Sitokininler, 1950'li yıllarda bitki hücre bölünmesini uyarma özellikleri nedeniyle keşfedilmiştir (Miller vd. 1955, Werner vd. 2001). Araştırmacılar sitokininlerin tohum çimlenmesi dahil olmak üzere birçok bitki aktivitesini düzenleyen bitki hormonları olduğunu ve çimlenmenin tüm aşamalarında aktif olduklarını bildirmişlerdir (Miransari ve Smith 2014). Skoog ve Miller sitokinin ve oksinin bitki morfogenezinde önemli rol oynadığını, köklerin ve sürgünlerin oluşumu ve bunların kademeli büyümesi üzerinde

önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir (Miller 1957, Werner vd. 2001). Araştırmacılar sitokininin reseptörlerinin, *Arabidopsis thaliana*'da bitki gelişimi ve fizyolojisi ile ilgili hücre bölünmesini etkileyerek embriyo gelişimi, tohum gelişimi ve çimlenmesi, hipokotil ve sürgün büyümesi, yaprak yaşlanması, kök büyümesi, besin alımı ve stresle başa çıkma gibi farklı fonksiyonları düzenlediklerini göstermişlerdir (Eckardt 2003). *Lupinus albus* L.' da yapılan araştırmalarda ise farklı sitokininin reseptörlerinin, kök üretimi ve büyümesi, simbiyoz aşaması, kök nodüllerinin oluşumu gibi fonksiyonları düzenlediği belirtilmiştir (Miransari ve Smith 2014). Doku kültüründe hücre bölünmesi ve sürgün oluşumunun teşvikinde önemli olduğu gösterilmiştir ( Kumlay ve Eryiğit 2011).

Absisik asit (ABA), tohum dormansisi ve bitkilerde strese yönelik bitki tepkileriyle ilişkilendirilen hormondur (Chen 2020). Araştırmacılar ABA' nın, stoma aktivitesi, ve fazla suya maruz kalma gibi (abiyotik), patojen varlığı gibi (biyotik) stres koşulları altında bitkiyi korumaya yönelik etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Oksin, gibberellin, sitokin gibi büyümeyi teşvik eden maddelerin doğal antagonistidir. Araştırmacılar, ABA hormonunun tohumda dinlenmenin başlaması, gibberellinlerin ise tohum çimlenmesini teşvik etmesi nedeniyle önemli hormonlar olduğunu, gibberellinler ve ABA dengesinin tohumun çimlenme yeteneği veya tohum olgunlaşması için gerekli olduğunu bildirmişlerdir (Miransari ve Smith 2014).

Etilen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) bitkilerin büyümesini ve yaşlanmasını kontrol eden bir hormondur (Khan vd. 2017). Gaz halinde, uçucu ve inaktif halde bulunurlar. Olgunlaştırma hormonu (gazı) olarak da bilinir (Kumlay ve Eryiğit 2011). Etilen yaprak, çiçek ve meyvelerin gelişimini yönetir. Meyve olgunlaşmasını sağlamak üzere, meyvede klorofil parçalanması ve meyve içerisindeki nişasta, organik asitleri şekere dönüştürür (Seçer 1989, Raven vd. 1992, Kaynak ve Ersoy 1997). Etilen hormonu, doku büyümesi ve gelişimi ve tohum çimlenmesini etkilediği belirtilmekle birlikte çimlenme üzerine etkisi açıklanamamıştır. Tohum çimlenmesi için etilenin gerekli olduğunu dair görüşlerin yanısıra, etilenin tohum çimlenmesi ile birlikte oluştuğuna dair görüşler bulunmaktadır (Miransari ve Smith 2014).

Brassinosteroidler (BR), doğal olarak meydana gelen polihidroksi steroid grubudur (Mandava 1988). İlk olarak 1979 yılında, kolza (*Brassica napus*) bitkisinin çiçek tozundan izole edilmiş ve “brassinolid” olarak isimlendirilmiştir (Grove vd. 1979). Araştırmalar, bitkiler tarafından sentezlenen steroidal yapıdaki bu maddelerin, büyüme ve gelişmeyi düzenleyici etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur. Brassinosteroidlerin bitkide çeşitli fizyolojik olaylarda yer aldığı, hücre düzeyinde hücre uzaması, hücre bölünmesi 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 oldukları gösterilmiştir (Sasse 2003, Kvasnica vd. 2014). Ayrıca, brassinosteroidlerin yüksek veya düşük sıcaklık, kuraklık, tuzluluk, ağır metal gibi çeşitli abiyotik stres koşullarına ve biyotik stres koşullarına adaptasyonda etkili oldukları belirlenmiştir (Krishna 2003). Bugüne kadar BR’ler en az 44 bitki türünde bulunmuştur (Yokota 1997).



Şekil 1.3 Brassinosteroidlerin yapısı (Ankudo 2004)

Brassinosteroidlere ardışık sayısal numaralandırma yapılmaktadır. Buna göre BR1, brassinolidi [(22R, 23R, 24S)-2 $\alpha$ , 3 $\alpha$ , 22,23-tetrahidroksi-24-metil- $\beta$ -homo-7-oksas $\alpha$ koleston-6-on]] ifade etmekte ve diğerleri BR2, BR3, BR4...BRn olarak devam etmektedir. Bununla birlikte tüm BR’ler, daima biyolojik olarak aktif değildir. Brassinolid (BL), 24- epibrassinolid (24-EBL) ve 28- homobrassinolid (28-HBL) fizyolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan biyolojik aktif brassinosteroidlerdir (Şekil 1.3).

## 1.2 Brassinosteroidlerin Fizyolojik Etkileri

Brassinosteroidler diğ er hormonlarla birlikte bitkide pek çok önemli fizyolojik olayda etkili olmaktadır. Brassinosteroidlerin ç imlenme üzerine etkisini araştıran Steber ve McCourt (2001), Arabidopsis'te, gibberellin sentezinin engellendiğ i mutant bitkilerde, 24-EBL uygulamasıyla ç imlenmenin sađ landığ ını bildirmiştir. Bu sonuç ış ığında araştırmacılar BR uygulamasının ç imlenmeyi teşvik ettiğ ini ve normal ç imlenme iç in BR gereksinim duyulduğ unu belirtmişlerdir. Ayrıca, absisik asitin BR mutantlarında (det2-1 ve bri1-1) ç imlenmeyi g uç lü bir ř ekilde engellediğ ini bulmuşlardır. Buna g öre, ABA tarafından ç imlenmenin engellenmesini ortadan kaldırabilmek iç in BR sinyalinin gerektiğ i sonucuna ulaşmışlardır. Son yıllarda yapılan araştırmalar brassinosteroidler ile gibberellinler arasında sentez/sinyal düzeyinde bir etkileşim olduğ unu bildirmektedir (Unterholzner vd. 2015). Brassinosteroidler hücre bölünmesi ve hücre uzamasını birlikte etkilemektedir. Yapılan bir araştırmada, Ç in lahanası mezofil protoplastlarına 24-epiBL'nin sıvı kùltüre eklenmesiyle hücre bölünmesi oranında artış gözlemlenmiştir. Bu artış 24-epiBL' nin protoplast hücre bölünmesini desteklediğ ini göstermiştir. Sasaki (2002), yaptığ ı ç alışmada karnabaharın hipokotil segmentlerinin, BR iç eren MS ortamında ış ık altında kùltüre alındığ ında adventif sürgün rejenerasyonunda artış olduğ unu gözlemlemiştir.

Brassinosteroidlerin vejetatif büyüme ye etkisini inceleyen araştırmacılar asma anaç larına 22 (S), 23(S)-homobrassinolid uygulamasının adventif kök oluşumu üzerine etkilerini göstermişlerdir (Kaplan ve Gökbayrak 2012). Hardal fidelerine 28-HBL uygulamasının taze ve kuru ađ ırlığ ı, net fotosentetik oranını artırdığ ı bakla sayısı ve bitki başına tohum verimini artırdığ ını bildirmişlerdir (Hayat vd. 2000). Ancak soya fasulyesinde yapılan bir başka araştırmada fidelere 24-epiBL uygulamasının kök ve gövde uzunluğ u kuru ađ ırlık, nodül ve yan kök sayısı üzerinde engelleyici etki gösterdiğ i belirtilmiştir (Hunter 2001). Diğ er bazı araştırmacılar bu durumun kullanılan 24-EBL konsantrasyonuna bağ lı olabileceğ ini belirtmişlerdir. Takatsuto vd. (1983), turp ve domates fidelerinin köklerine uygulanan 24-epiBL' nin hipokotillerin uzamasını teşvik ettiğ ini belirtmişlerdir. Buğ dayda yapılan bir araştırmada, tohumlara 28-HBL uygulamasının bitki başına yaprak sayısı, taze ve kuru ađ ırlığ ı artırdığ ı belirtilirken (Hayat vd. 2001) bir diğ er ç alışmada,

tohumlara 24-epiBL uygulamasının kök uzamasını teşvik ettiği yüksek konsantrasyonda ise engellediğini belirtilmiştir (Mussig vd. 2003).

Brassinosteroidler, çiçeklenmenin başlaması ve sonlanması, meyve tutumu, olgunlaşma, meyve kalitesi ve verimini düzenlemektedir. Önceki araştırmalar, gibberellinlerin vejetatif fazdan generatif faza geçişi düzenlediğini, ABA'nın ise çiçeklenmeyi geciktirdiğini göstermiştir (Komeda 2004). Brassinosteroidlerin meyve türlerinde çiçeklenmeyi etkilediği gösterilmiştir. Pipattanawong vd. (1996) dışarıdan BR uygulamasının çilek ve üzümde çiçek sayısını artırdığını saptamışlardır.

### **1.3 Brassinosteroidlerin Stres Toleransına Etkileri**

Brassinosteroidlerin abiyotik ve biyotik stres koşullarında bitkide tolerans oluşturduğu yönünde çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle sıcak, soğuk, kuraklık, tuzluluk ve ağır metaller gibi abiyotik stres faktörlerine karşı brassinosteroid uygulamalarının etkili olduğuna dair araştırmalar bulunmaktadır (Rao vd. 2002). BR'ler stres koşulları altında fotosentetik verimliliği artırarak, biyokütle birikimi ve büyümeye büyük oranda katkı sağlamaktadır. Brassinosteroidler hücrede BR reseptörleri tarafından algılanarak, çekirdekte BR'ye yanıt veren genlerin transkripsiyonunu kontrol eden transkripsiyon faktörü Brassinazole-Resistant 1 (BZR1)'yi aktive etmektedir (Ahammed vd. 2020).

Son yıllarda artan sıcaklık stresi, iklim değişikliğinden kaynaklanan en önemli sorunlardan biri olmuştur (Nolan vd. 2020). Bununla ilgili olarak araştırmacılar yapılan çalışmalarla brassinosteroidlerin etkilerini göstermişlerdir. Patlıcanda (0.05- 0.2  $\mu$ M) 24-epiBL uygulamasının, yüksek sıcaklıklarda reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimini en aza indirdiğini böylece sıcaklık stresini azalttığı belirlenmiştir (Wu vd. 2014).

Buğdayda yüksek sıcaklık koşullarında yapraktan 24-epiBL (0.01  $\mu$ M) uygulamasının, bitkide büyümeyi, biyokütleyi, fotosentetik verimliliği ve antioksidan potansiyeli önemli ölçüde iyileştirdiği bildirilmiştir (Hussain vd. 2019). Domateste 24-epiBL uygulamasının kontrol grubundaki bitkilere göre yüksek sıcaklığa toleransı artırdığı görülmüştür. 25 °C' de EBR ile uygulama yapılmış bitkilerde ısı şoku proteinleri (MT-sHSP) tespit edilmiştir.

Ancak 38°C’de yapılan uygulamada (MT-sHSP) birikimi bulunmamıştır. EBR uygulanmış domates bitkileri daha iyi fotosentetik verime sahip bulunmuştur. Ayrıca, 35 °C’de EBR varlığında *in vitro* polen çimlenmesi artmış ve polen tüpü büyümesi belirlenmiştir (Singh ve Shono 2005).

Yüksek sıcaklık stresi gibi soğuk stresi de reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu uyarmaktadır. Yüksek seviyede ROS birikimi hücre membranlarına zarar vermektedir (Chen vd. 2020). Hıyarda (*Cucumis sativus* L.) yapılan bir çalışmada üşüme kaynaklı fotosentez inhibisyonunun brassinolidler ve absisik asit tarafından düzenleyici etkileri araştırılmıştır. Hıyar fidelerine üç yapraklı dönemde farklı konsantrasyonlarda 24-epiBL ve ABA püskürtme şeklinde uygulanmıştır. Fidler 3 gün süreyle 8, 4 ve 2°C de soğuk uygulaması sonrası normal koşullara alınmıştır. Sonuç olarak ABA ve EBR ön uygulamalarının üşüme zararını önemli şekilde hafiflettiği belirlenmiştir (Yu vd. 2016).

Kuraklık, su ve iyon alınımını ve dağılımını bozarak normal hücrel aktiviteleri etkilemekte ve ozmotik strese neden olmaktadır (Xiong vd. 2002). Kuraklık toleransı absisik asit (ABA) birikimi ile yakından ilişkilidir. Çalışmalar dışardan BR uygulamasının ABA seviyesini artırabileceğini ve kuraklığın bitkiler üzerindeki zararlı etkilerini azaltabileceğini ortaya koymuştur. Domates fidelerine su stresi altında 1µM EBR uygulamasının kuraklığa dayanımı artırdığı bildirilmiştir. Çalışmada, su stresi altında bağıl su içeriği, stomatal iletkenlik, hücreler arası CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve net fotosentetik oran önemli ölçüde azalmıştır. Bununla birlikte, EBR uygulamasıyla su stresinin olumsuz etkisinin önemli ölçüde azaldığı ve bağıl su içeriği ile net fotosentetik oranın arttığı belirlenmiştir (Yuan vd. 2010).

*Brassica juncea* (hardal) bitkisinde kuraklığın büyümeyi ve fotosentetik hızı düşürdüğü ancak ekimden sonra kuraklık sonrası 28-HBL (0.01 µM) uygulamasının hem büyümeyi hem de fotosentez oranını artırdığı belirlenmiştir (Fariduddin vd. 2009).

Tuz stresi altında patlıcan (*Solanum melongena* L.) fidelerine 24- epiBL uygulamasının büyüme, oksidatif hasar, antioksidan sistem ve iyon içerikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Tuza (90 mM) maruz bırakılan patlıcan fidelerine 10 gün boyunca 0, 0.025,

0.05, 0.10 ve 0.20 mg dm<sup>-3</sup> 24-epiBL uygulanmıştır. Bu uygulamalar içerisinde, 0.05 mg dm<sup>-3</sup> konsantrasyonda uygulamanın tuz stresinin büyüme baskılayıcı etkisini azalttığı, tuz stresi altında EBR varlığında Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> içeriklerinin azaldığı, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> içeriklerinin ve K<sup>+</sup> / Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>/ Na<sup>+</sup> oranlarının arttığı tespit edilmiştir (Ding vd. 2014). Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) M-28 hibrit çeşidinde tuz (NaCl) stresine karşı tohum kısa süreli dışsal 24-epiBL ön uygulamasının etkisi araştırılmıştır. Tohumlar farklı konsantrasyonlarda (0, 0.5, 1, 1.5 ve 2 µM) 24-epiBL çözeltilerine 10-15 saniye batırılıp çıkarılmıştır. Ardından (0, 20, 40 60, 80 ve 100 mM) NaCl içeren ½ Murashige-Skoog (MS) ortamına alınmıştır. Uygulama yapılmamış tohumlarda çimlenme yüzdesi, fide taze ağırlığı, fide kuru ağırlığı, fidelerin ortalama yaprak sayısı ve köklenme düzeyleri tuzdan olumsuz etkilenmiştir. Buna karşılık kısa süreli 24-epiBL ön uygulaması yapılmış tohumlarda belirtilen parametrelerde iyileşme gözlenmiştir. Klorofil a ve karotenoid içeriği 80 mM NaCl konsantrasyonuna kadar artış gösterirken, yüksek tuz konsantrasyonunda (100 mM NaCl) genel olarak azalmıştır. 24-epiBL ön uygulamaları ile pigment içeriklerinde artış sağlanmıştır (Gökdoğan ve Bürün 2015).

Sunulan tez çalışmasıyla, brokoli, lahana ve turpta tohumlara ve fidelere 28-homobrassinolid uygulanmasının tohum çimlenmesi, çıkışı ve fide gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1 Brassinosteroidlerin Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi

Steber ve Mc Court (2001), model bitki *Arabidopsis*'te brassinosteroidlerin çimlenme üzerinde etkilerini belirlemek için yürüttükleri araştırmada GA sentezlemeyen mutant bitkilerde 24-EpiBL uygulamasının çimlenmeyi teşvik ettiğini belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, 24-EpiBL uygulamasının etkisinin uygulama konsantrasyonuna bağlı olduğunu vurgulamışlardır. Bu bilgiler ışığında BR uygulamasının tohum çimlenmesini teşvik ettiğini tespit etmişlerdir.

Brassinosteroidlerin *Arabidopsis* bitkisinde erken büyüme parametreleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, BR inhibitörü olan Brassinazole (Brz) uygulamasının fidelerde kök, hipokotil ve kotiledon yaprakların gelişimini engellediğini belirlemişlerdir. Bu veriler ışığında, bitkiler tarafından sentezlenen brassinosteroidlerin normal büyüme ve gelişme için gerekli olduğu gösterilmiştir. Araştırmacılar, dışardan BR uygulamasının ışıklı ortamda geliştirilen fidelerde hipokotil uzamasını belirgin şekilde teşvik ettiğini tespit etmişlerdir. Sitolojik incelemelerle birlikte BR uygulamasına bağlı hipokotil uzamasının hücrelerin genişlemesine bağlı olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, BR ile gibberellik asit (GA<sub>3</sub>) ve indole-3-acetic acid (IAA) arasında olumlu bir ilişki olduğu belirtilmiştir (Tanaka vd. 2003).

Mussig vd. (2003), brassinosteroidlerin fidelerde kök büyümesi üzerine etkisini inceledikleri araştırmada, düşük konsantrasyonda 24-epicastasterone ve 24-epibrassinolide uygulamasının *Arabidopsis*' te kök uzamasını %50'ye varan düzeyde artırdığını, BR eksikliği olan mutant bitkilerde ise %150 oranında artırdığını bildirmişlerdir. Dışardan BR uygulamasının büyümeyi teşvik edici etkisinin oksin taşınımını engelleyen 2,3,5-triidobenzoic acid varlığında azalmadığını tespit etmişlerdir. BR eksikliği gösteren mutantlara dışardan gibberellin uygulamasının kök uzamasını teşvik etmediği, ve etilenin öncüsü 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (1-ACC) hassasiyetini değiştirmediğini, bu bilgiler ışığında, brassinosteroidlerin kök büyümesini teşvik edici etkisinin büyük oranda oksin ve gibberellinden bağımsız olduğunu

bildirmişlerdir. Gen ifadesi düzeyinde yaptıkları incelemelerde ise BR ile diğer hormonların etkileşimi analiz edilmiş, sadece kısıtlı sayıda oksin ve etilen bağlantılı genin ifade seviyelerinde değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, diğer fitohormonlarla ilgili genlerin ifadesinde çok az değişim görülmüştür.

Çağ vd. (2007), kırmızı lahananın (*Brassica oleraceae* L.) 8 günlük fidelerinden alınan kotiledonların üç gün boyunca farklı konsantrasyonlarda epibrassinolid (0.001  $\mu$ M, 0.1 $\mu$ M, and 10  $\mu$ M epiBL) ve distile su (kontrol grubu) ile inkübe edilen ortamda gelişimini araştırmışlardır. Taze ağırlık miktarındaki değişikliklere bakıldığında, farklı epiBL konsantrasyonları arasında fark gözlemlenmiştir. Kontrol grubu ile kıyaslandığında deney gruplarındaki kotiledonlarda en yüksek taze ağırlığın 0.001  $\mu$ M epiBL (%21) uygulamasında olduğu ve 10  $\mu$ M epiBL uygulamasında kontrole kıyasla %6 azaldığını belirlemiştir.

Sirhindi vd. (2009), brassinosteroidlerin iki aktif formu olan 28-HBL ve 24-epiBL'nin, arazi koşullarında yetiştirilen 10 günlük hardal (*Brassica juncea* L.) fidelerinde büyüme ve antioksidan enzim aktivitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Farklı konsantrasyonlarda ( $10^{-6}$ ,  $10^{-8}$ ,  $10^{-10}$  M) BR ve kontrol grubunu karşılaştırdıkları çalışmada fidelere BR uygulamalarının kontrole göre toplam protein içeriğini artırdığını belirlemiştir. Tüm uygulamalar içerisinde  $10^{-8}$  28-HBL uygulamasının polifenol oksidaz (PPO) ve oksinaz (IAAO) aktivitesini önemli düzeyde artırdığı; askorbat peroksidaz (APOX) aktivitesinde ise diğer uygulamalarda bir artış olmazken  $10^{-8}$  M 28-HBL uygulamasında önemli düzeyde artış olduğu tespit edilmiştir. BR uygulamalarıyla katalaz (CAT) ve süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinin arttığı belirlenmiştir. İki farklı BR formu arasında 28-HBL uygulamasının çimlenme sırasında ortaya çıkan serbest radikalleri uzaklaştırmada daha etkili olduğu, fidelerin erken gelişme döneminde etkili olarak fide boyunu artırdığını bildirmişlerdir. Çalışmada tohum çimlenmesi yönünden kontrole göre en fazla artış  $10^{-10}$  M 28-HBL uygulamasında (%55.66 $\pm$ 0.52) elde edilmiştir. Sürgün uzunluğu yönünden  $10^{-8}$  M 24-EBL uygulaması en iyi sonucu verirken (6.38 $\pm$ 0.26 cm), bunu sırasıyla  $10^{-8}$  28-HBL (4.98 $\pm$ 0.29 cm) ile kontrol (4.78 $\pm$ 0.14 cm) uygulaması izlemiştir.

Da Silva vd. (2015), tohum uygulamaları içerisinde yaygın olarak bilinen ve ticari olarak kullanılan drum priming uygulamasına 24- epiBL ilavesinin dolmalık biber tohumlarının tohum gücü üzerine etkisini incelemişlerdir. Tohum gücünün belirlenmesinde, tohum çimlenme oranı, çimlenme hızı, tohum gücü indeksi (vigor index), fide boyu ve fidelerde bir örneklik indeksi (uniformity index) parametreleri ve antioksidan enzim aktiviteleri incelenmiştir. Uygulamayla birlikte çimlenme zamanının kısaltıldığı fide büyümesinde artış olduğu ve bu uygulamanın ticari üretimde kullanılabilir olduğu gösterilmiştir.

Kim vd. (2019), *Arabidopsis*'te BR sentezlemeyen mutant bitkilerin (*bri1-5*) tohumlarında çimlenmenin gecikmesinin ABA biyosentezi inhibitörü olan fluridone uygulamasıyla büyük ölçüde tersine çevrildiğini göstermişlerdir. Ayrıca *bri1-5* tohumlarında dinlenmenin kırılması için soğuk katlama uygulamasına belirgin şekilde daha az duyarlı olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, BR' nin, çimlenme ve dinlenme mekanizmasında soğuk katlama sinyalinin azalması ve ABA sinyalinin artmasını düzenlediğini göstermişlerdir. BR ve GA biyosentetik genleri transkriptlerinin soğuk katlama uygulamasına yanıt olarak arttığı fakat *bri1-5* tohumlarında olmadığı belirlenmiştir. Soğuk katlama olmadan transgenik tohumların yabancı tohumlardan daha hızlı çimlendiği belirlenmiştir. Araştırmacılar, tohum dormansisi ve çimlenmesi için soğuk katlama sinyalinde BR sinyalinin daha önce rol oynadığını bildirmişlerdir.

Zhong vd. (2021), brassinosteroidlerin *Arabidopsis*'te tohum kabuğunun ve endospermin çatlamasını teşvik ederek çimlenmeyi uyardığını göstermişlerdir. BR'lerin endosperm çatlaması sırasında embriyonik eksenin hipokotil-radikal geçiş bölgesinde hücre uzamasını teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Moleküler düzeyde gen ifade analizleriyle gibberellin ve brassinosteroidlerin birlikte tohum çimlenmesini etkilediklerini belirtmişlerdir.

## 2.2 Stres Koşullarında BR Uygulamalarının Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi

Kadmiyum (Cd), bitkiler için toksik olan ağır bir metaldir. Kadmiyum toksisitesi bitkilerde yaprak kıvrılmalarına, kloroza ve kök, gövdenin büyümesinin azalmasına neden olmaktadır. Turpta (*Raphanus sativus* L.) kadmiyum stresi altında 24-epibrassinolide ve 28-homobrassinolide uygulamalarının tohum çimlenme ve fide büyümesi üzerine etkisi incelenmiştir (Anuradha ve Rao 2007). BR uygulamalarının kadmiyum toksisitesini azalttığı, tohum çimlenme oranını ve fide büyümesini artırdığı belirlenmiştir. Homobrassinolid (HBL) uygulamasının epibrassinolid (EBL) uygulamasına göre stres üzerine daha etkili olduğu belirtilmiştir. HBL (3µM) uygulamasının tohum çimlenmesini ağır metal stresi altında %57, normal koşullarda (kontrol) %20 oranında artırdığı belirlenmiştir. Benzer şekilde HBL (3µM) fidelerde fide boyu, taze ve kuru ağırlıkta sırasıyla % 156, % 78 ve % 91 artış sağlamıştır. Araştırmacılar, ağır metal toksisitesi altında BR uygulamasının fide gelişim parametreleri üzerine olumlu etkisini serbest prolin miktarındaki artışa dayandırmışlardır. Antioksidan enzim aktivitelerinde (CAT, SOD, APOX ve GPX) de artış tespit etmişlerdir. Ağır metal stresi altındaki fidelerde BR uygulamasının POD ve AAO aktivitesini azalttığını belirtmişlerdir. Cd stresinin uyardığı lipid peroksidasyonunun BR uygulamasıyla azaldığı, çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda BR uygulamasının kadmiyumun etkisini azalttığı belirtilmiştir.

Soares vd. (2020), büyümeyi düzenleyici kullanımı ile ağır metal stresinin çimlenme ve bitkinin erken dönem gelişimi üzerindeki olumsuz etkileri tersine çevirdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, kurşun (Pb) kaynaklı stres koşulları altındaki hardalın (*Brassica juncea* L.) çimlenme ve fide gelişiminde brassinosteroidlerin etkisini değerlendirmişlerdir. 24-epibrassinolid iki uygulama şeklinde, tohumlarda ön ıslatma ve çimlendirme kağıtlarında 0, 10<sup>-10</sup>, 10<sup>-8</sup> ve 10<sup>-6</sup> M konsantrasyonlarda uygulama şeklinde kullanılmıştır. Çimlenme ve fide gelişim parametreleri çimlenme testi sırasında değerlendirilmiştir. Tohum ve fidelerdeki kurşun içeriğinin yanısıra enzim aktiviteleri de belirlenmiştir. Kurşun stresi etkisinin azaltılmasında her uygulama için de 10<sup>-8</sup> EBL konsantrasyonunun daha etkili olduğu bildirilmiştir.

Brassinosteroid (24-epibrassinolid EBL) ve gibberellik asit ( $GA_3$ ) uygulamalarının soya fasulyesinde düşük sıcaklık koşullarında tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, tohumlara 10, 15, 20 ve 25°C sıcaklık koşullarında iki soya çeşidine 0.25 veya 0.50 ppm EBL, 50 veya 100 ppm  $GA_3$ , saf su emdirilmiştir. Düşük sıcaklıklar, tohumda su alımını geciktirerek tohum çimlenme safhaları olan faz 1 ve faz 2'nin sonuna ulaşma süresini uzatmıştır. Çalışmada 50 veya 100 ppm  $GA_3$  uygulanmış tohumlarda çimlenme indeksi, gövde ve kök uzunluğu artmış, ortalama çimlenme zamanı kısalmıştır. Bu veriler ışığında, soya fasulyesi tohumlarına 50-100 ppm  $GA_3$  uygulamasının düşük sıcaklık koşullarında tohum çimlenme ve fide gelişim performansını artırmak amacıyla kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Thongsri vd. 2021).

Basit vd. (2021), iki farklı pirinç çeşidinde kromun (Cr) (100  $\mu$ M) olumsuz etkilerini hafifletmek için brassinosteroidin (EBL) 0.01  $\mu$ M konsantrasyonu ile tohum uygulamasının etkisini araştırmışlardır. Krom toksisitesi altında EBL ile tohum uygulamasının, su uygulanmış bitkilerle kıyaslandığında çimlenme özelliklerini (çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi ve canlılık indeksi vb.), fotosentetik hızı ve ayrıca bitki büyümesini (taze ve kuru ağırlık, sürgün ve kök uzunluğunu) önemli ölçüde artırdığını göstermişlerdir. Ayrıca uygulamanın antioksidan enzim aktivitesi ile SOD ve SOD gen ifadesini de artırdığı belirlenmiştir. EBL uygulamasına göre su ile priming yapılmış kontrol uygulamasında Cr alınımının daha fazla olduğu gözlenmiştir. EBL uygulamasının pirinç bitkilerini hücrel zarara karşı koruduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre EBL ile priming uygulamasının stres koşullarında pirinçte büyümenin sağlanabilmesi için uygulama potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması 2020-2021 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Tohum Laboratuvarı ve İklim odasında yürütülmüştür.

#### 3.1 Materyal

Çalışmada beyaz baş lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* cv.Yalova-1), brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* cv. Turaç 77) ve turp (*Raphanus sativus* L.cv. Ateş) kullanılmıştır.

#### 3.2 Yöntem

##### 3.2.1 Tohumların sayımı, dezenfeksiyonu ve kurutulması

Çalışma brokoli, lahana ve turp tohumlarına 4 uygulama yapılacak şekilde planlanmış, her uygulamada çimlenme ve çıkış testleri için ayrı ayrı 3×50 tohum içerecek şekilde toplam 1200 tohum, tüm türler için toplamda 3600 tohum sayılmıştır. Tohumlar %1 sodyum hipoklorit içinde 10 dakika bekletilip ardından saf su ile 3 kez durulanıp kurutma kağıdında ilk ağırlıklarına gelene kadar kurutulmuştur.

##### 3.2.2 Tohumlara 28-Homobrassinolid (28-HBL) uygulamaları

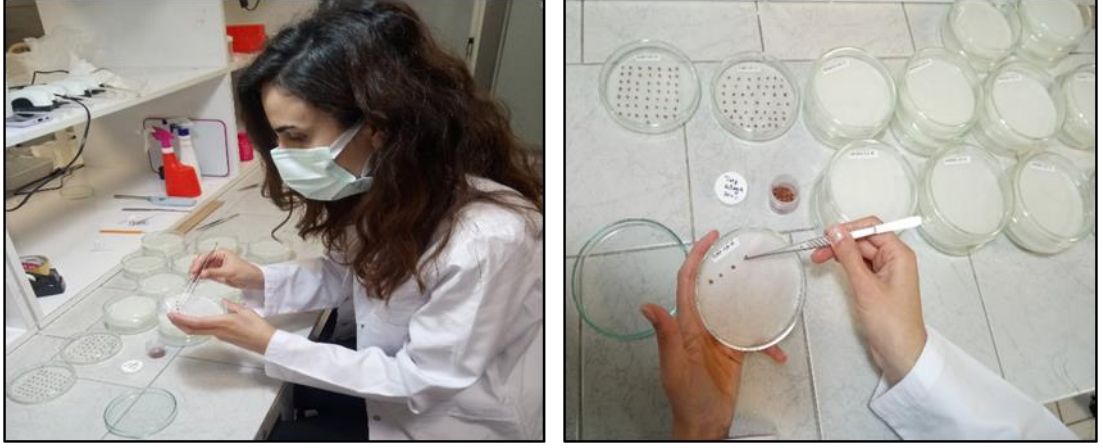
Uygulama yapılacak tohumlar alüminyum folyo ile kaplanan kaplara alınmıştır. Uygulamalar aşağıdaki şekilde planlanmıştır.

- (1) 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL
- (2) 1.0 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL
- (3) Suda bekletme (Suda Kontrol-SK)
- (4) Herhangi bir uygulama yapılmamış kuru tohum (Kuru Kontrol-KK)

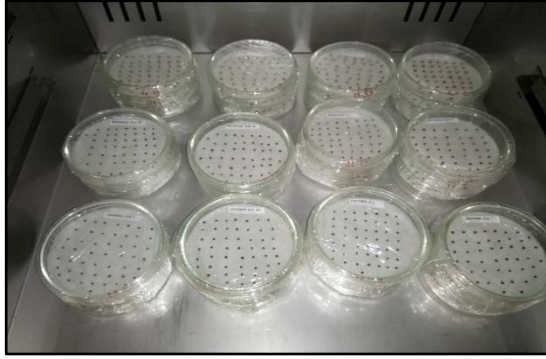
Herhangi bir uygulama yapılmayan tohum örnekleri dışında 28-HBL uygulamaları için tohumlara belirtilen konsantrasyonlarda hazırlanmış çözeltilerden 50 ml ölçülerek ilave edilmiştir. Tohumların çözelti içinde batmış olduklarından emin olduktan sonra kapakları kapatılıp karanlıkta 8 saat bekletilmiştir. Suda kontrol grubu için ise 50 ml dH<sub>2</sub>O eklenen kapların kapakları kapatılıp 8 saat bekletilmiştir. Hormonun ışığa karşı duyarlı olduğu düşünülerek tüm işlemler karanlıkta gerçekleştirilmiştir. Tohumlar 8 saatin sonunda 10 saniye saf su altında yıkanıp kurutulmuştur.

### **3.2.2.1 Çimlendirme testi için tohumların petri kutularına yerleştirilmesi**

Petriler yıkanıp saf sudan geçirildikten sonra kurutulmuştur. Kurutma kağıtları iki kat olacak şekilde petri ölçüsünde kesilip yerleştirilmiştir. 1 lt saf suya 0.2 gram fungusit olan Pomarsol eklenip karıştırılmıştır. Çözeltiden manuel pipetle 4 ml çekilip petri içine eklenerek kağıda emdirilmiştir. Tohumlar petrilere 50 tane sayılarak yerleştirilmiştir (Şekil 3.1). Bir gün önceden 20 °C olarak ayarlanan etüv kabineine çimlendirmek üzere streç filmle kaplanan petri kapları yerleştirilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.1 Tohumların petrilere yerleştirilmesi



Şekil 3.2 Çimlendirme için tohumların 20 °C' de etüve yerleştirilmesi

### 3.2.2.2 Çıkış denemeleri için tohumların torf:perlit (2:1) ortamına ekimi

Plastik bir kaptaki (2:1) oranında torf:perlit karıştırılıp tohumların ekileceği drenajlı plastik viyollere doldurulmuştur. Kaplara 300 ml saf su eklenip karışım nemli hale getirilmiştir. Tohumlar, cetvelle 1.5- 2 cm derinliğinde 1 cm sıra üzeri mesafe olacak şekilde ekilmiştir (Şekil 3.3). Ekimden sonra 200 ml su pisetle eklenerek can suyu verilmiştir. Ekim yapılan kaplar bir gün öncesinden  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ' ye getirilen nem, sıcaklık kontrollü iklim odasına yerleştirilmiştir.



Şekil 3.3 Çıkış denemeleri için tohumların torf:perlit (2:1) ortamına ekimi

### 3.2.2.3 Çimlenme sayımları

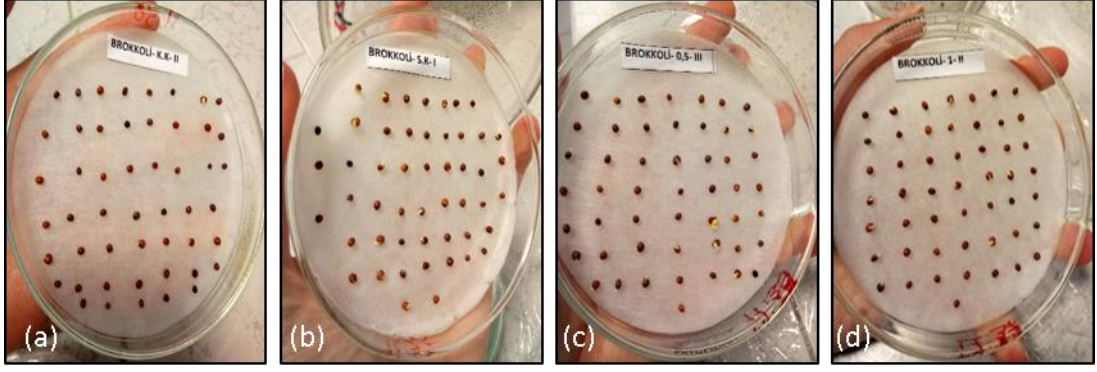
Çimlenme oranını ve çimlenme hızını belirlemek için günlük sayım yapılmıştır (ISTA 2007). Brokoli, lahanaya ve turpta farklı uygulamalara ait petriyelerde ilk sayımlar Şekil 3.4, 3.5 ve 3.6'da gösterilmiştir. Tohumlarda 2 mm kökçük çıkışı çimlenme olarak kabul edilmiştir. Ortalama çimlenme hızı: Çimlenme oranı %50 ve üzeri olan uygulamalarda aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Brokoli ve lahanayı içine alan *B.oleracea* grubunda ilk sayım 5. gün, son sayım 10. gün olarak turp (*R. sativus*) için ilk sayım 4.gün, son sayım 10.gün olarak yapılmıştır (ISTA 2013).

$$MGT = \frac{\sum n \cdot D}{\sum n}$$

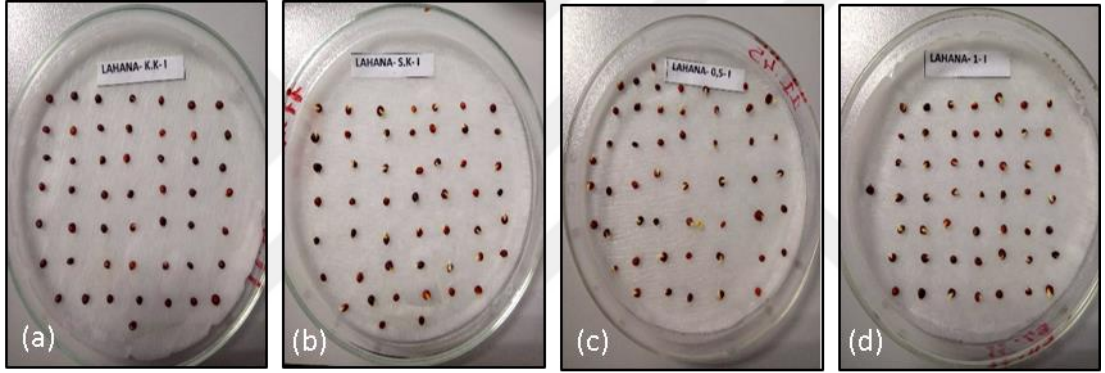
Formülde; MGT: Ortalama çimlenme zamanı

n: D günde çimlenen tohum sayısı

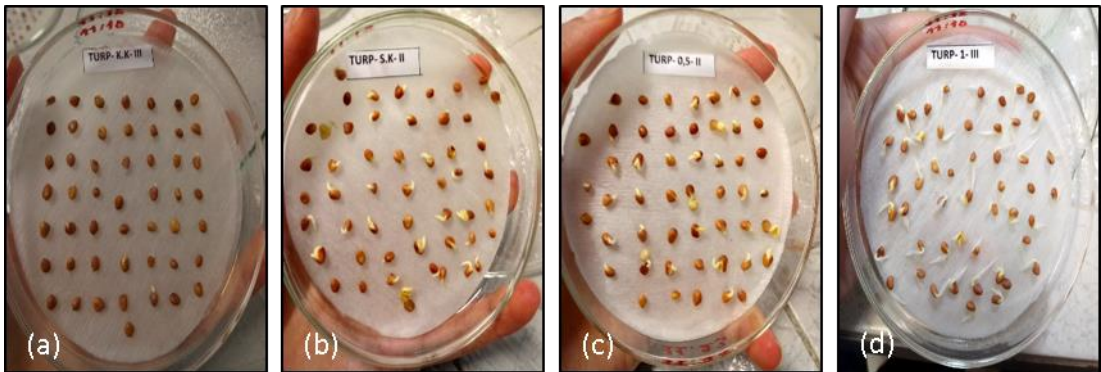
D: Çimlenme başlangıcından itibaren geçen günü ifade etmektedir.



Şekil 3.4 Brokoli çimlendirme denemesinde ilk sayım (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ve (d)  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL



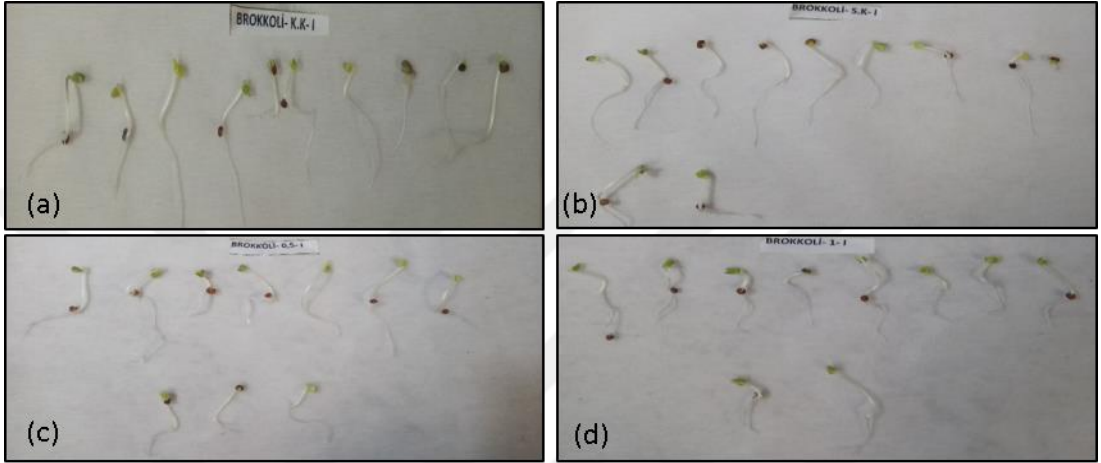
Şekil 3.5 Lahana çimlendirme denemesinde ilk sayım (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBLve (d)  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL



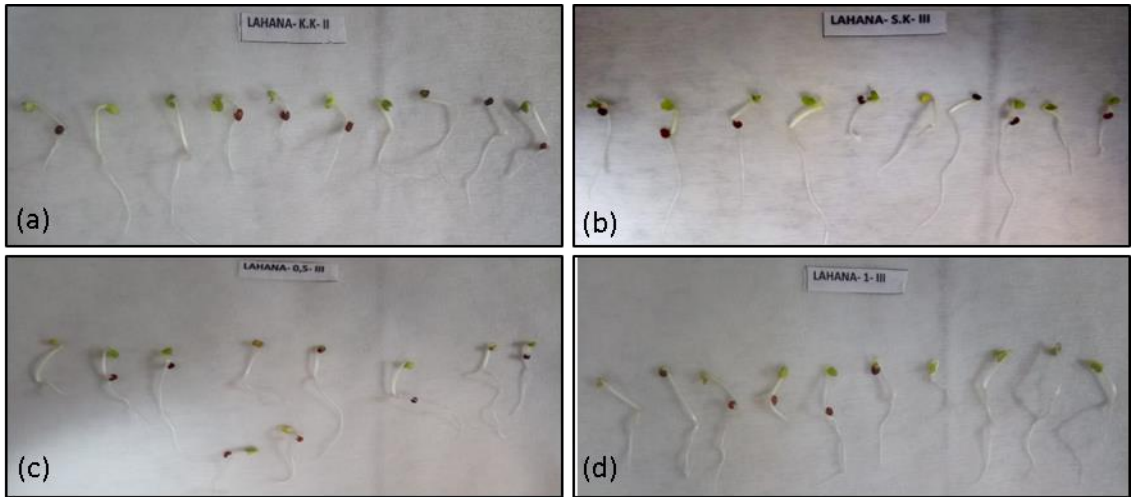
Şekil 3.6 Turp çimlendirme denemesinde ilk sayım (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBLve (d)  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL

### 3.2.2.4 Kökçük boyu ölçümleri

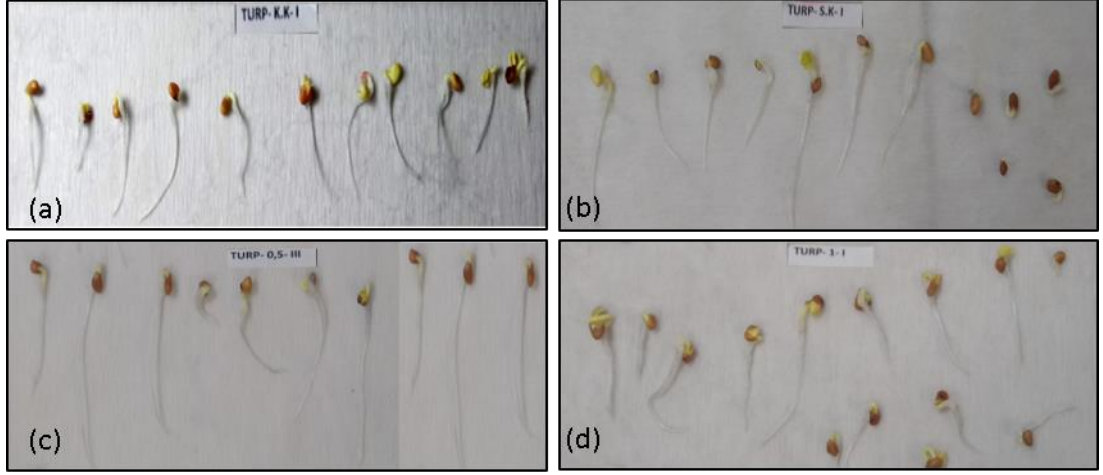
Kökçük boyu, türler için ISTA kurallarında belirtilen ilk sayım gününde, uygulamalarda bulunan 3 tekerrürün her birinden 10 bitki alınıp dijital kumpas ile ölçülerek (mm) belirlenmiştir. Brokoli (Şekil 3.7) ve lahana (Şekil 3.8) için kökçük boyu ölçümü çimlenmeyi takiben 5.günde, turpta (Şekil 3.9) ise 4.günde yapılmıştır.



Şekil 3.7 Brokoli tohumlarında kökçük uzunluğu ölçümü (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBLve (d)  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL



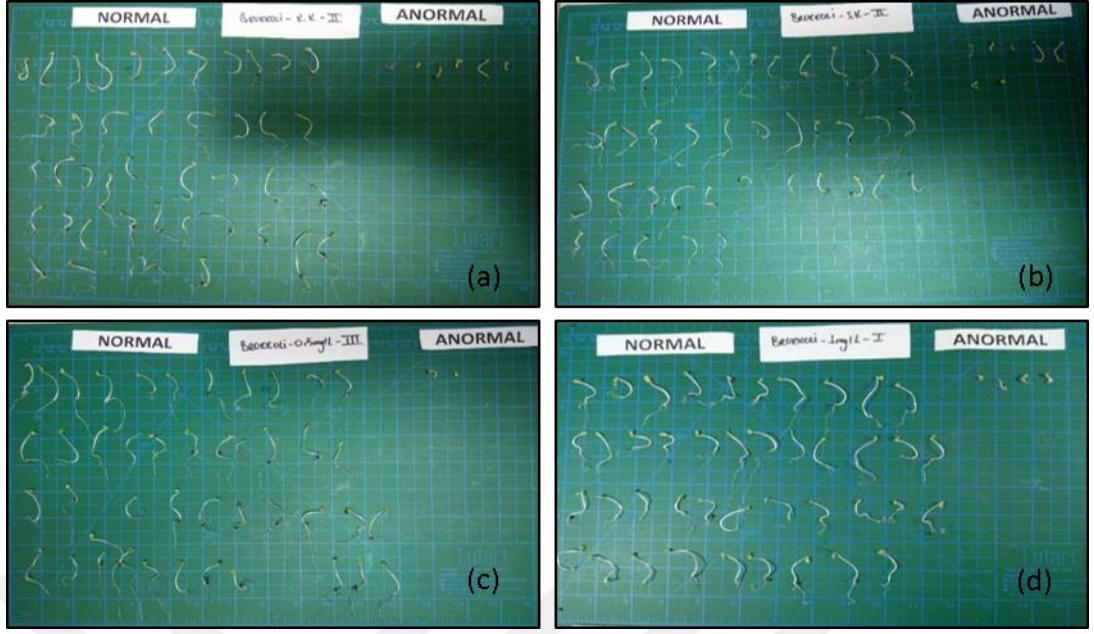
Şekil 3.8 Lahana tohumlarında kökçük uzunluğu ölçümü (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBLve (d)  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL



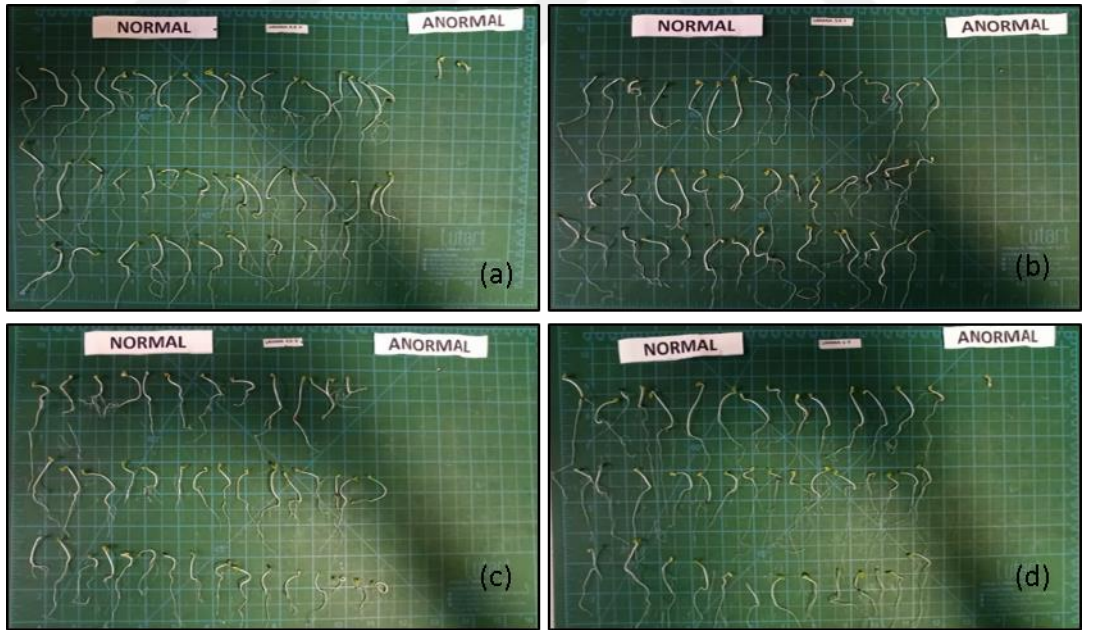
Şekil 3.9 Turp tohumlarında kökçük uzunluğu ölçümü (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ve (d)  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL

### 3.2.2.5 Normal ve anormal fide sayısı

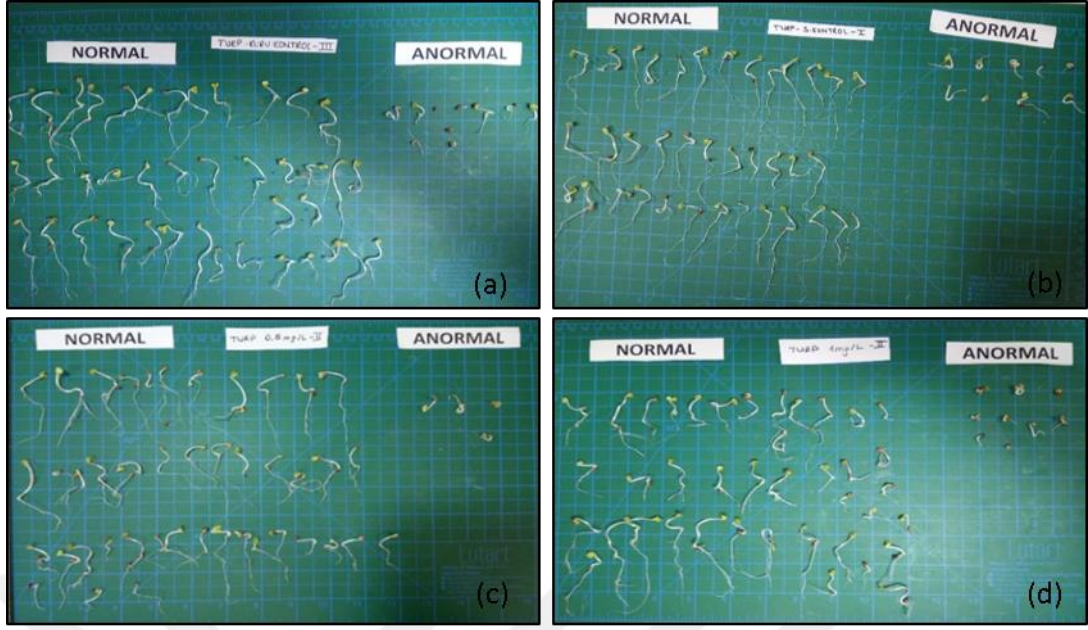
Her gün düzenli çimlenme sayımları yapılan türlerin gelişimleri son sayıma kadar devam etmiştir. Son sayımda fideler kök, sürgün oluşumu ve tohumun kabuk atması gibi kriterlere göre normal ya da anormal (güçlü ya da zayıf) bitki olarak ayrılmıştır. Bu kriterlerden 2/3' ü sağlanırsa normal, sağlanamazsa anormal fide olarak belirlenmiştir. Brokolide (Şekil 3.10), lahanada (Şekil 3.11) ve turpta (Şekil 3.12) son sayımdan sonra normal ve anormal fide sayısı belirlenmiştir



Şekil 3.10 Brokoli fidelerinde normal/anormal fide sayımı (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ve (d)  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL



Şekil 3.11 Lahana fidelerinde normal/anormal fide sayımı (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ve (d)  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL



Şekil 3.12 Turp fidelerinde normal/anormal fide sayımı (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ve (d)  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL

### 3.2.2.6 Fidelerin kuru ve yaş ağırlık tayini

Kök ve sürgün ölçümü yapılan fidelerden her tekerrür için 10 bitki seçilmiştir ve alüminyum kaplara alındıktan sonra fidelerin yaş ağırlığı hassas terazi ile ölçülmüştür (Şekil 3.13). Bir gün dışarıda bekletilen bitkiler  $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklığında kurutma kabinde 24 saat kurutulmuştur (Şekil 3.14). Çıkarılan bitkilerin kuru ağırlığı (g) tartılmıştır



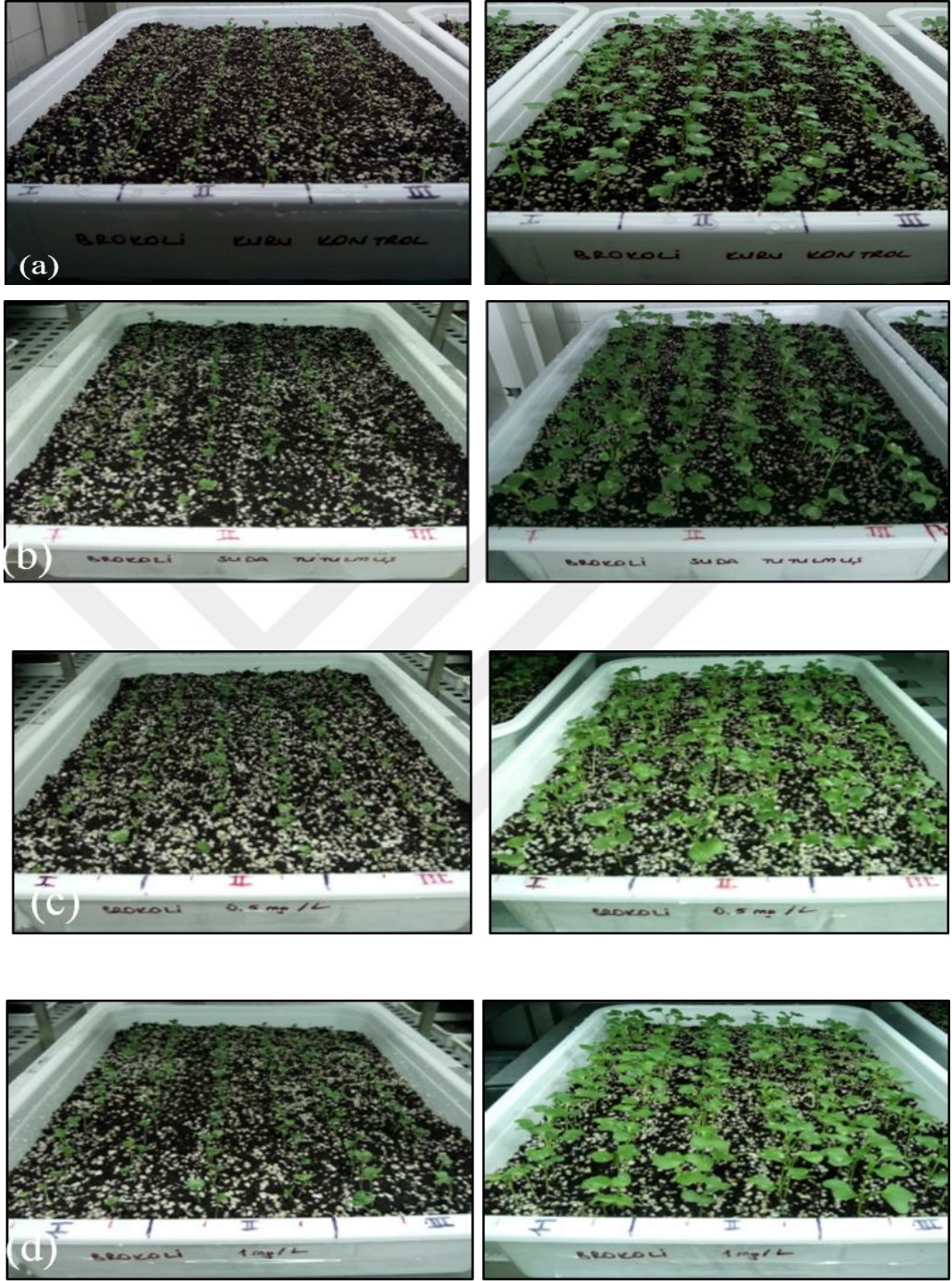
Şekil 3.13 Taze ve kuru ağırlık tartımı



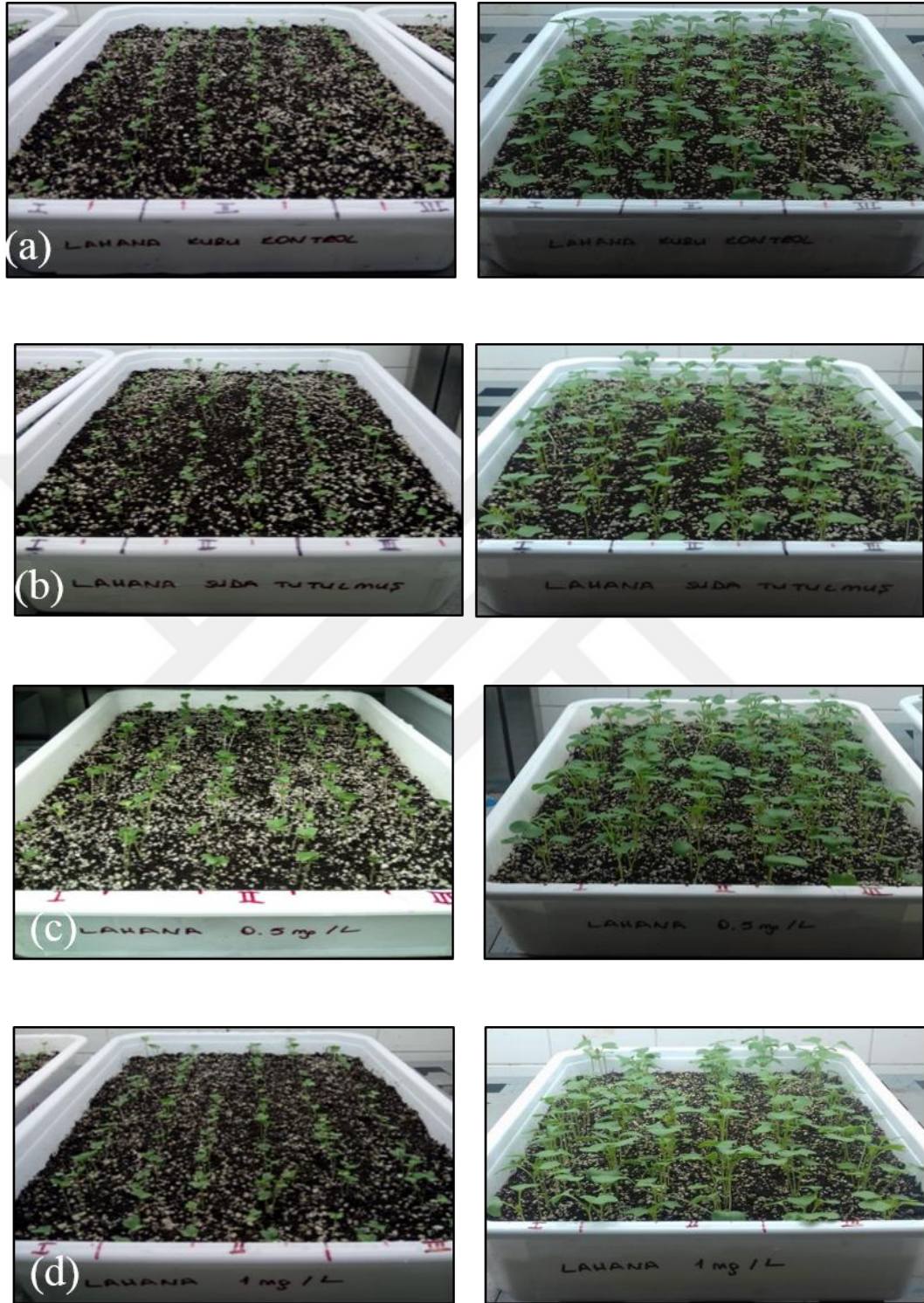
Şekil 3.14 Etüvde kurutulanan fideler

### 3.2.2.7 Fide çıkış testi

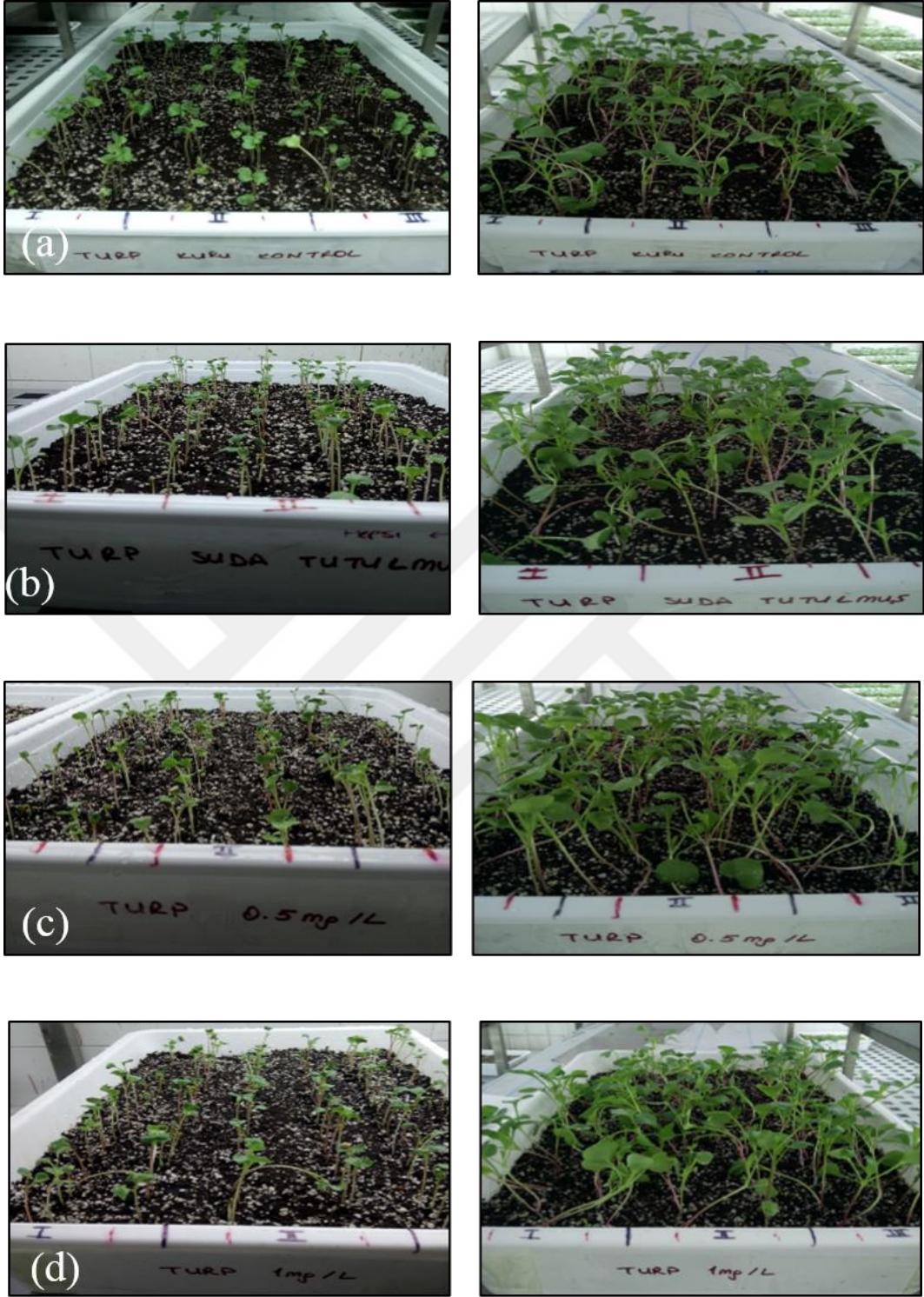
Torf:perlit (2:1) ortamına her tekerrüre 50 tohum olacak şekilde ekilen tohumlar 16 saat aydınlık 8 saat karanlık olacak şekilde kontrollü aydınlatmalı iklim odasında yetiştirilmiştir. İlk çimlenmeden itibaren brokoli (Şekil 3.15), lahana (Şekil 3.16) ve turpta (Şekil 3.17) günlük sayımlarla fide çıkış oranı ve hızı belirlenmiştir



Şekil 3.15 Brokolide çıkış testleri (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  (d)  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL



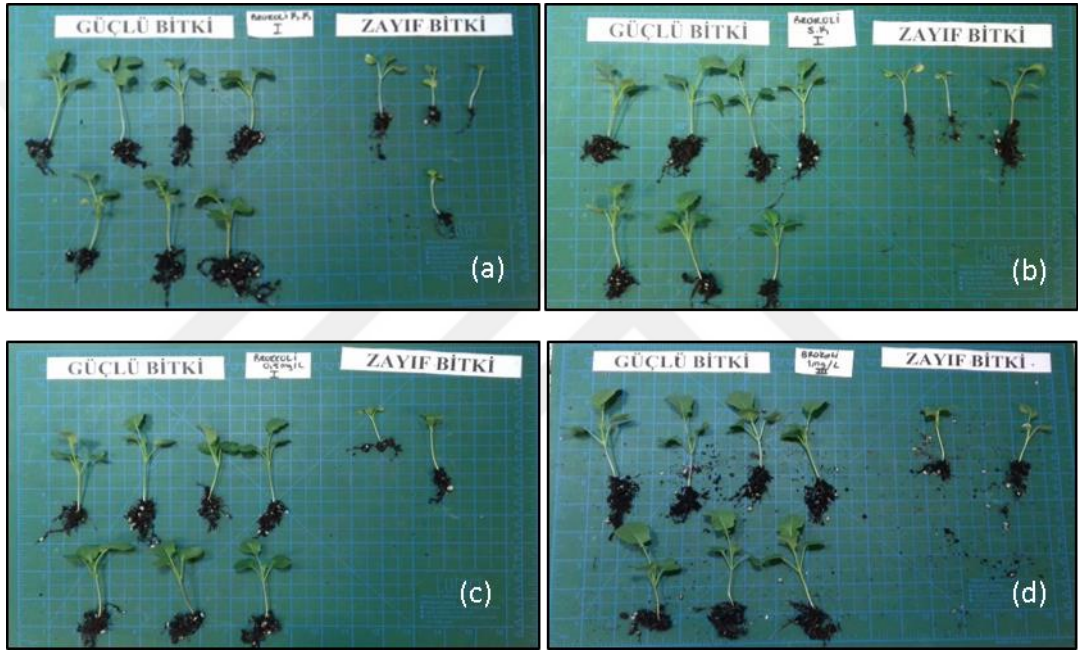
Şekil 3.16 Lahanada çıkış testleri (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL (d)  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL



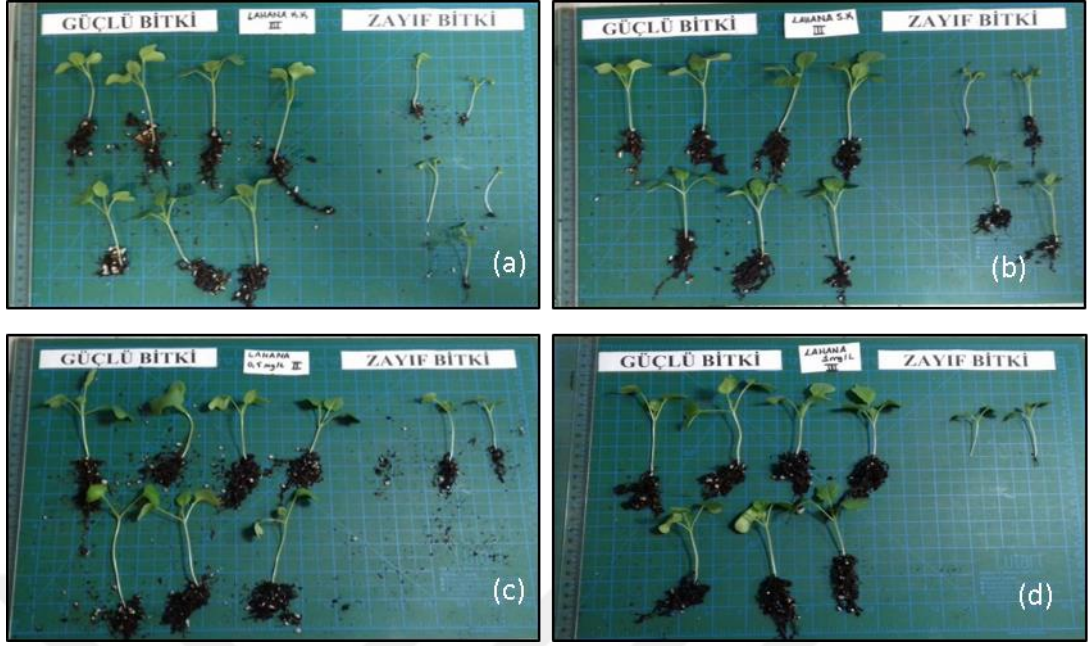
Şekil 3.17 Turpta çıkış testleri (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL (d)  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL

### 3.2.2.8 Güçlü ve zayıf fide sayımı

Torf:perlit (2:1) ortamında çimlendirilen tohumlar 2 gerçek yapraklı fide oluşturuncaya kadar yetiştirilmiştir. Gelişen fidelerin hasadı ekimden iki hafta sonra yapılmıştır. Fideler güçlü ve zayıf fide olarak sınıflandırılmıştır. Kök ve sürgün gelişimi, gerçek yaprak oluşturma olarak belirlenen kriterlerden 2/3' ü kabul edilir derecede iyi ise güçlü değil ise zayıf fide olarak belirlenmiştir. Brokoli (Şekil 3.18), lahanana (Şekil 3.19) ve turpta (Şekil 3.20) fideler hasat edildikten sonra güçlü ve zayıf fide olarak belirlenmiştir .



Şekil 3.18 Brokolide güçlü ve zayıf fide gelişimi (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5\text{mgL}^{-1}$  28-HBL (d)  $1\text{mgL}^{-1}$  28-HBL



Şekil 3.19 Lahanada güçlü ve zayıf fide gelişimi (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5\text{mgL}^{-1}$  28-HBL (d)  $1\text{mgL}^{-1}$  28-HBL



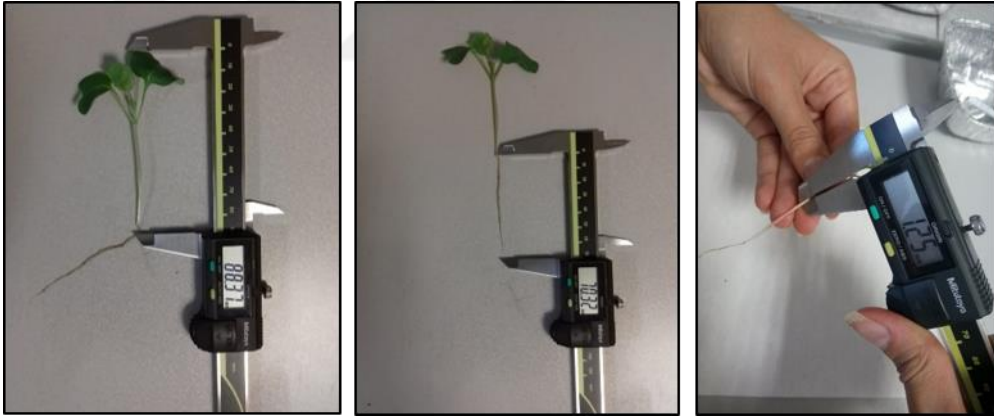
Şekil 3.20 Turpta güçlü ve zayıf fide gelişimi (a) kuru kontrol (b) suda kontrol (c)  $0.5\text{mgL}^{-1}$  28-HBL (d)  $1\text{mgL}^{-1}$  28-HBL

### 3.2.2.9 Fide kök, sürgün uzunluğu ve en ölçümü

Fideler sayımdan sonra her tekerrürden 7 bitki seçilerek kökleri saf su ile yıkayıp ölçüme alınmıştır (Şekil 3.21). Fidenin sürgünü, kök ile birleşim yerinin üstünde kalan bölge olarak alınmıştır. Fide en, kök ve sürgün ölçümü dijital kumpas ile yapılmıştır (Şekil 3.22).



Şekil 3.21 Fidelerin ölçüm ve tartımdan önce köklerinin temizlenmesi



Şekil 3.22 Fide kök, sürgün uzunluğu ve en ölçümü

### 3.2.2.10 Fide taze ve kuru ağırlık tartımı

Ölçümleri yapılan her tekerrüre ait 7 fide ayrı kaplara alınıp hassas terazide yaş ağırlığı tartılmıştır ve kurutma kabinine alınmadan birgün dışarıda kurumaya bırakılmıştır. Ertesi gün 80 °C kabinde kurutulan fidelerin kuru ağırlığı tartılmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Fide taze ve kuru ağırlık tartımı

### 3.2.3 Fidelere yapraktan 28-HBL uygulamaları

Brokoli, lahana ve turp fidelerine yapraktan püskürtme şeklinde uygulama yapılmıştır. Deneme her uygulamada 3×3 bitki olacak şekilde planlanmıştır. Fidelere 3 uygulama aşağıdaki şekilde planlanmıştır.

- (1) 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL
- (2) 1.0 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL
- (3) Kontrol grubu

Brokoli, lahana ve turp tohumları (2:1) oranında torf:perlit ortamına 1.5- 2 cm derinlikte ekilmiştir. Ekim yapılan viyoller 20±2°C' ye ayarlanan nem, sıcaklık ve ışık kontrollü iklim odasına yerleştirilmiştir. Fideler 2-3 gerçek yapraklı dönemde plastik kaplara aktarılmıştır. Brokoli (Şekil 3.24), lahana (Şekil 3.25) ve turpta (Şekil 3.26) fide gelişimi takip edilmiştir. Fidelere 4-5 gerçek yapraklı döneme ulaştıklarında yaprak yüzeyini ıslatacak şekilde 28-HBL uygulaması yapılmıştır (Şekil 3.27). Uygulama birbiribi takip eden günlerde, her gün aynı saatte olmak üzere 3 kez tekrarlanmıştır. Kontrol grubuna hormon içermeyen dH<sub>2</sub>O uygulanmıştır. Brassinosteroidin yapraklara tutunmasını

sağlamak için 'Tween 20' kimyasalı kullanılmıştır. Fide hasadı son uygulamadan bir hafta sonra yapılmıştır.



Şekil 3.24 Brokolide fide gelişimi



Şekil 3.25 Lahanada fide gelişimi



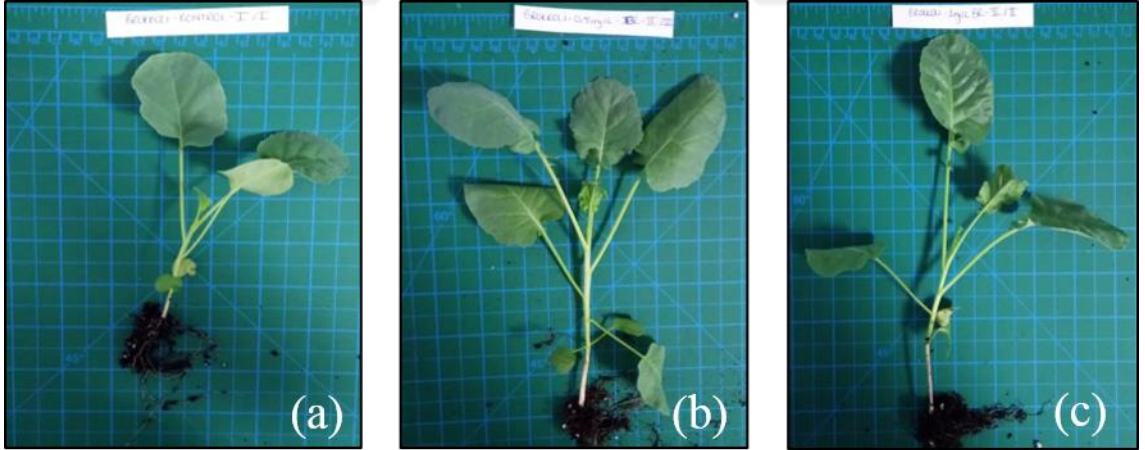
Şekil 3.26 Turpta fide gelişimi



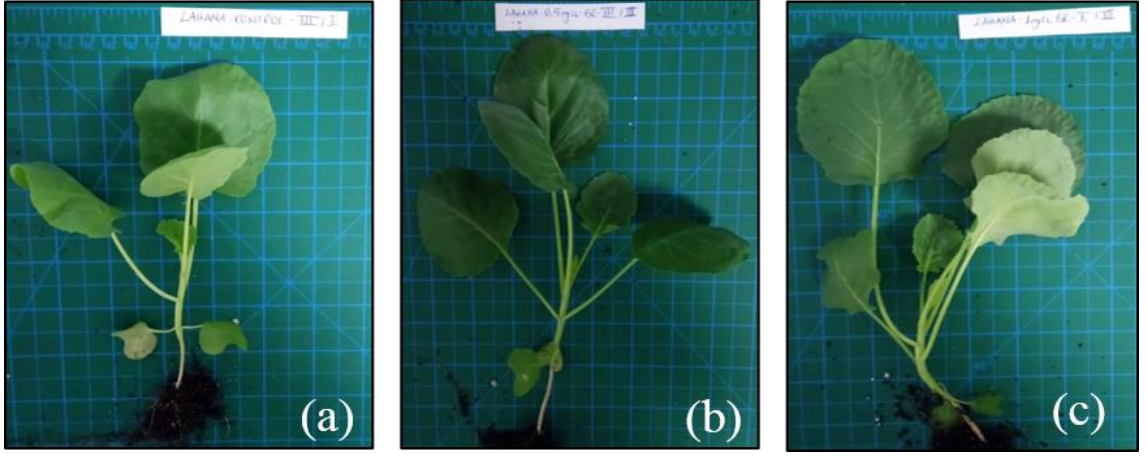
Şekil 3.27 Fidelere 28-HBL uygulaması (a) brokoli (b) lahanana (c) turp

### 3.2.3.1 Fide uzunluğu, fide eni, taze ve kuru ağırlık tartımı

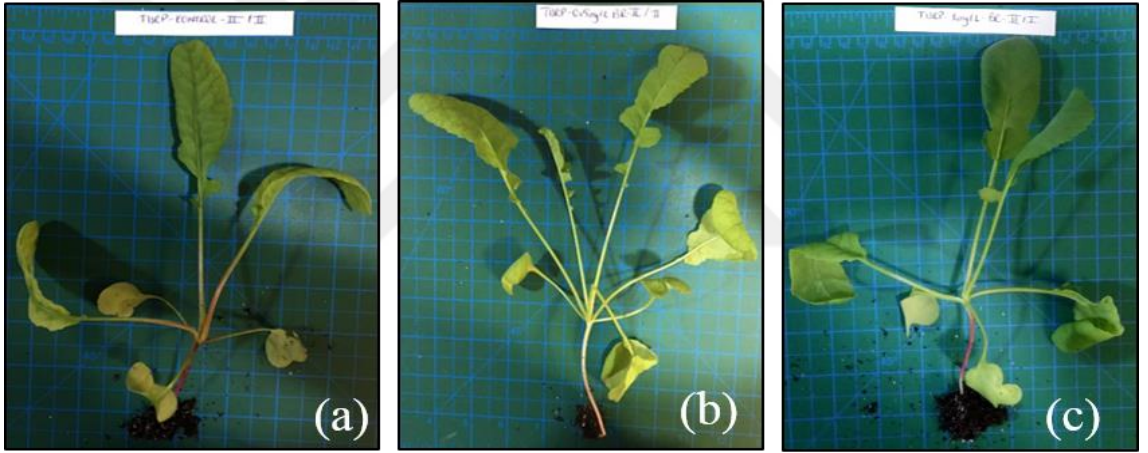
Brokoli, lahanana ve turp fideleri uygulamadan 1 hafta sonra hasat edilip fide boyu ölçüldükten sonra taze ve kuru ağırlık tartımı yapılmıştır. Uygulama yapılmış brokoli (Şekil 3.28), lahanana (Şekil 3.29) ve turp (Şekil 3.30) fidelerinde ölçüm ve gözlemler yapılmıştır.



Şekil 3.28 Uygulama yapılmış brokoli fidelerinde ölçüm ve gözlemler (a) Kontrol (b) 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (c) 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL



Şekil 3.29 Uygulama yapılmış lahana fidelerinde ölçüm ve gözlemler (a) Kontrol (b) 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (c) 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL



Şekil 3.30 Uygulama yapılmış turp fidelerinde ölçüm ve gözlemler (a) Kontrol (b) 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (c) 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL

### 3.3 İstatistik Analizler

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü, çimlenme/çıkış denemeleri için her tekerrürde 50 tohum olacak şekilde, fide uygulamaları için ise 3 tekerrür her tekerrürde 3 bitki olacak şekilde uygulanmıştır. Sonuçlar incelenen parametrelerin tekerrür ortalaması alınarak ortalama±standart sapma (sd) olarak hesaplanmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar MİNİTAB programında varyans analizi ile (ANOVA) sonuçlandırılmıştır. İstatistiki açıdan önemli farklılıklar ( $p \leq 0.05$ ) düzeyinde belirlenmiştir.



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1 Brokolide 28-Homobrassinolidin Tohum Çimlenmesi Üzerine Etkileri

Brokoli tohumlarına  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  ve  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasının kuru kontrol (KK) ve suda kontrol (SK) uygulamalarına göre çimlenme oranı (%), çimlenme hızı (gün), normal fide sayısı, kökçük uzunluğu (mm), kök boyu (cm), sürgün boyu (cm), taze ve kuru ağırlık (g) üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek çimlenme oranı herhangi bir uygulama yapılmayan kuru tohumlarda ( $97.33 \pm 1.15$ ) belirlenmiştir. Bunu sırasıyla tohumları suda bekletme ( $94.67 \pm 1.15$ ) ve  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  ( $92.67 \pm 3.06$ ) ve  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ( $92.00 \pm 6.00$ ) uygulamaları izlemiştir. Varyans analiz sonucuna göre, uygulamaların çimlenme oranı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).

Çimlenme hızı (gün) incelendiğinde, en hızlı çimlenen tohumlar  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $2.00 \pm 0.06$  gün) belirlenirken, bu uygulamayı sırasıyla  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ( $2.03 \pm 0.15$  gün), SK ( $2.20 \pm 0.10$  gün) ve KK ( $2.47 \pm 0.10$  gün) takip etmiştir. İstatistik analizi sonuçlarına göre çimlenme hızı yönünden uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Normal fide oranı (%) bakımından, en yüksek oran KK uygulamasında ( $88.68 \pm 4.16$ ), ardından SK ( $85.33 \pm 5.03$ ),  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ( $84.68 \pm 3.06$ ) ve  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ( $84.00 \pm 4.00$ ) belirlenmiştir. Normal fide oranı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).

Çimlenen tohumlarda, çimlenmeyi takiben 5. günde yapılan kökçük boyu (mm) ölçümlerine göre en yüksek değer  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $23.47 \pm 3.71$  mm) ve  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $22.01 \pm 4.41$  mm), bu uygulamaların ardından SK ( $20.22 \pm 2.94$  mm) ve KK ( $17.86 \pm 1.78$  mm) uygulamalarında belirlenmiştir ancak uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).

Çimlenmeden itibaren 10. günde yapılan kök ve sürgün boyu (cm) ölçümlerine göre kök boyu için en yüksek değer  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $5.21 \pm 1.35 \text{ cm}$ ) ve  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $3.80 \pm 0.57 \text{ cm}$ ) olup, ardından KK ( $2.64 \pm 0.42 \text{ cm}$ ) ve SK ( $2.34 \pm 0.38 \text{ cm}$ ) uygulamalarında belirlenmiştir. İstatistik analizi sonuçlarına göre kök boyu (cm) yönünden uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Sürgün boyu (cm) bakımından en yüksek değer  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $3.37 \pm 0.11 \text{ cm}$ ) ve  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $3.08 \pm 0.22 \text{ cm}$ ) olup, bu uygulamaların ardından KK ( $2.74 \pm 0.32 \text{ cm}$ ) ve SK ( $2.58 \pm 0.34 \text{ cm}$ ) uygulamalarında belirlenmiştir. İstatistik analizi sonuçlarına göre sürgün boyu (cm) yönünden uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Fidelerde taze ağırlık (g) bakımından ilk sırada  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulaması ( $0.31 \pm 0.02 \text{ g}$ ) ve  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ( $0.30 \pm 0.04$ ) yer alırken, ardından SK ( $0.26 \pm 0.02 \text{ g}$ ) ve KK ( $0.23 \pm 0.25 \text{ g}$ ) uygulamaları izlemiştir ( $p > 0.05$ ). Brokoli fidelerinde kuru ağırlık (g) bakımından ise farklılık belirlenmemiştir ( $p > 0.05$ ) (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Petri kabında çimlendirilen brokoli tohumlarının kuru kontrol, suda kontrol, 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL ve 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamalarında gelişim parametreleri (ortalama ± sd)

Uygulamalar	Çimlenme Oranı (%)	Çimlenme Hızı (gün)	Normal Fide Oranı (%)	Kökçük Boyu (mm)	Kök Boyu (cm)	Sürgün Boyu (cm)	Taze Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
KK	97.33±1.15	2.47±0.10 A	88.68±4.16	17.86±1.78	2.64±0.42 B	2.74±0.32 B	0.23±0.25	0.03±0.04
SK	94.67±1.15	2.20±0.10 B	85.33±5.03	20.22±2.94	2.34±0.38 B	2.58±0.34 B	0.26±0.02	0.03±0.0
0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	92.67±3.06	2.03±0.15 BC	84.00±4.00	23.47±3.71	5.21±1.35 A	3.37±0.11 A	0.31±0.02	0.03±0.0
1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	92.00±6.00	2.00±0.06 C	84.68±3.06	22.01±4.41	3.80±0.57 AB	3.08±0.22 AB	0.30±0.04	0.03±0.0

Aynı sütundaki farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05)

## 4.2 Brokolide 28-Homobrassinolidin Fide Gelişimi Üzerine Etkileri

Çıkış denemesi için torf:perlit (2:1) ortamına ekilen tohumlarda BR uygulamalarının fide gelişim parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir.

Brokolide çıkış oranı (%) bakımından en yüksek değer KK uygulamasında (% 92.67±6.11) elde edilirken bunu sırasıyla 28-HBL uygulamaları (% 90.67±5.03 ve % 90.67±9.45) ve SK uygulaması (% 86.00±6.93) izlemiştir ( $p>0.05$ ).

Çıkış hızı (gün) bakımından kontrol uygulamalarına göre daha kısa sürede çıkış gösteren uygulamalar 1 mgL<sup>-1</sup> (2.30±0.10 gün) ve ardından 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (2.53±0.15 gün) olmuştur ( $p>0.05$ ).

Güçlü fide oranı (%) en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> (%82.67±8.08) ve KK (%82.00±5.30) tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ).

Brokoli fidelerinde kök boyu (mm) yönünden en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> uygulamasında (54.88±13.88 mm), en düşük değer ise kontrol bitkilerinde (SK) (46.03±7.32 mm) belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Sürgün boyu yönünden ise en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> uygulamasında (92.73±1.11 mm), en düşük değer kontrolde (SK) (78.86±3.73 mm) elde edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Fide eni için en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (1.49±0.06 mm) elde edilmiştir. En düşük değer ise kuru kontrol (KK) uygulamasında (1.19±0.08 mm) görülmüştür ( $p<0.05$ ). Taze ağırlık için en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (0.42±0.03 g) elde edilmiştir. En düşük değer ise KK ve SK uygulamasında eş değer bulunmuştur (0.03±0.0 g) ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Torf:perlit (2:1) ortamında yetiştirilen brokoli fidelerinin kuru kontrol, suda kontrol, 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL ve 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamalarında gelişim parametreleri (ortalama ± sd)

Uygulamalar	Çıkış Oranı (%)	Çıkış Hızı (gün)	Güçlü Fide Oranı (%)	Kök Boyu (mm)	Sürgün Boyu (mm)	Fide Eni (mm)	Taze Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
KK	92.67±6.11	2.60±0.20	82.00±5.30	49.77±7.60	79.49±4.22 B	1.19±0.08 C	0.30±0.02 B	0.03±0.0
SK	86.00±6.93	2.70±0.26	78.67±12.90	46.03±7.32	78.86±3.73 B	1.31±0.07 BC	0.30±0.02 B	0.02±0.0
0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	90.67±5.03	2.53±0.15	82.67±8.08	54.88±13.88	83.70±3.34 B	1.37±0.06 AB	0.34±0.03 B	0.03±0.0
1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	90.67±9.45	2.30±0.10	81.33±4.62	48.07±7.40	92.73±1.11 A	1.49±0.06 A	0.42±0.03 A	0.03±0.0

Aynı sütundaki farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05)

### 4.3 Brokoli Fidelerinde Yapraktan Püskürtme Şeklinde Uygulanan 28-Homobrassinolidin Fide Gelişim Parametreleri Üzerine Etkileri

Brokoli fidelerinde fide boyu için en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (16.80±0.6 cm) ve 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (16.80±1.0 cm) uygulamalarının her ikisinde eşit bulunmuştur (Çizelge 4.3) (p<0.05). Taze ağırlık için en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (2.70±0.17 g) olup en düşük değer kontrol grubunda (2.00±0.16 g) görülmüştür (p<0.05). Fide eni ve kuru ağırlık parametrelerinde istatistik olarak önemli bir fark görülmemiştir. Brokoli fidelerinde yapraktan 28-HBL uygulamalarının fide boyu ve taze ağırlık yönünden farklılıkları istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05) (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Yapraktan 28-HBL uygulanan brokoli fidelerinde fide eni (cm), fide boyu (cm), taze ağırlık (g), kuru ağırlık (g) ölçümleri (ortalama±sd)

Uygulamalar	Fide eni (cm)	Fide boyu (cm)	Taze ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
Kontrol	0.27±0.04	14.60±0.4 B	2.00±0.16 B	0.17±0.01
0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	0.32±0.02	16.80±0.6 A	2.70±0.17 A	0.23±0.04
1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	0.29±0.05	16.80±1.0 A	2.20±0.27 B	0.19±0.03

Aynı sütundaki farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05)

### 4.4 Lahana 28-Homobrassinolidin Tohum Çimlenesi Üzerine Etkileri

Lahana tohumlarına 0.5 mgL<sup>-1</sup> ve 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasının kuru kontrol (KK) ve suda kontrol (SK) uygulamalarına göre çimlenme oranı (%), çimlenme hızı (gün), anormal ve normal fide sayısı, kökçük uzunluğu (mm), kök boyu (cm), sürgün boyu (cm), taze ve kuru ağırlık (g) üzerine etkileri (Çizelge 4.4)'de verilmiştir. Sürgün boyu hariç incelenen tüm parametreler bakımından uygulamalar arasında görülen farklılık istatistik olarak önemli bulunmamıştır.

En yüksek çimlenme oranı (%) herhangi bir uygulama yapılmamış kuru tohumlarda KK (% 92.00±0.00) belirlenmiştir. Bunu sırasıyla suda bekletme SK uygulaması (% 90.67±6.11) ve 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (% 89.33±3.06), 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (% 84.67±5.77) uygulamaları izlemiştir.

Çimlenme hızı (gün) incelendiğinde, en hızlı çimlenen tohumlar 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (1.73±0.57 gün) belirlenirken bu uygulamayı sırasıyla SK (1.83±0.67 gün), 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (2.07±0.67 gün) ve KK (2.67±0.75 gün) uygulamaları izlemiştir.

Normal fide oranı (%) bakımından en yüksek değer SK uygulamasında (% 89.33±7.02), ardından KK (% 88.67±2.31), 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (% 86.00±5.30) ve 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (% 83.33±6.43) belirlenmiştir.

Çimlenen tohumlarda, çimlenmeyi takiben 5. günde yapılan kökçük boyu (mm) ölçümlerine göre en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulaması (26.43±10.44 mm) ve SK uygulamasında (26.40±4.00 mm) olup, ardından 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (24.50±3.94 mm), KK (21.37±1.27 mm) olarak belirlenmiştir (p>0.05).

Çimlenmeden itibaren 10. günde yapılan kök ve sürgün boyu (cm) ölçümlerine göre kök boyu için en yüksek değer SK uygulamasında (6.63±0.98 cm) olup, ardından sırayla 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (6.32±1.75 cm), KK (4.81±0.81 cm) ve 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (4.78±1.63 cm) gelmiştir.

Sürgün boyu (cm) için en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (3.65±0.32 cm) olup, 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (2.23±0.90 cm), KK (2.11±0.27 cm) ve SK (1.83±0.33 cm) uygulamalarında olmuştur (p<0.05).

Fidelerde taze ağırlık (g) bakımından en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (0.30±0.04 g), ardından sırayla KK (0.26±0.01 g), 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (0.24±0.09 g) ve SK (0.16±0.01 g) uygulamaları izlemiştir (p>0.05) (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Petri kabında çimlendirilen lahana tohumlarının kuru kontrol, suda kontrol, 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL ve 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamalarında gelişim parametreleri (ortalama ± sd)

Uygulamalar	Çimlenme Oranı(%)	Çimlenme Hızı (gün)	Normal Fide (%)	Kökçük Boyu (mm)	Kök Boyu (cm)	Sürgün Boyu (cm)	Taze Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
KK	92.00±0.00	2.67±0.75	88.67±2.31	21.37±1.27	4.81±0.81	2.11±0.27 B	0.26±0.01	0.03±0.00
SK	90.67±6.11	1.83±0.67	89.33±7.02	26.40±4.00	6.63±0.98	1.83±0.33 B	0.16±0.01	0.02±0.00
0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	89.33±3.06	2.07±0.67	86.00±5.30	24.50±3.94	4.78±1.63	2.23±0.90 AB	0.24±0.09	0.02±0.00
1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	84.67±5.77	1.73±0.57	83.33±6.43	26.43±10.44	6.32±1.75	3.65±0.32 A	0.30±0.04	0.02±0.00

Aynı sütundaki farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05)

#### 4.5 Lahanada 28-Homobrassinolidin Fide Gelişimi Üzerine Etkileri

Çıkış denemesi uygulanan ve bu amaçla torf:perlit (2:1) ortamına ekilen tohumlarda BR uygulamalarının fide gelişim parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Lahanada çıkış oranı (%) bakımından en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (% 95.33±6.43) elde edilirken bunu 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (% 94.00±7.21) ile, KK (% 89.33±2.30) ve SK (% 86.67±5.03) uygulamaları takip etmiştir (p>0.05). Çıkış hızı (gün) bakımından kontrol uygulamalarına göre daha kısa sürede çıkış gösteren uygulamalar 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (3.70±0.15 gün) ve 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (3.73±0.25 gün) olmuştur. SK (3.80±0.17 gün) ve KK (4.23±0.20 gün) uygulaması sonuçları ile uygulamalar arası fark istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Güçlü fide oranı (%) en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (% 88.70±6.43) olup, 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (% 85.33±3.06), SK (% 80.70±4.16) ve KK (% 80.00±2.00) olarak belirlenmiştir (p>0.05).

Lahana fidelerinde kök boyu (mm) yönünden en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (54.82±9.32 mm), en düşük değer ise SK (42.10±2.30 mm) uygulamasında belirlenmiştir (p>0.05). Sürgün boyu yönünden ise en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (92.80±4.25 mm) olup, bu uygulamayı sırasıyla 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (90.74±1.24 mm), SK (86.60±1.51 mm) ve KK (86.30±0.66 mm) uygulamaları takip etmiştir (p<0.05). Fide eni (mm) için en yüksek değer sırasıyla 0.5 mgL<sup>-1</sup> ve 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (1.48±0.07 mm, 1.48±0.04 mm) belirlenmiştir (p>0.05). Taze ağırlık (g) için en yüksek değer (0.45±0.07 g) olup en düşük değer SK (0.40±0.01 g) olmuştur (p>0.05). Kuru ağırlık yönünden uygulamalar arası fark görülmemiştir (p>0.05)(Çizelge4.5).

Çizelge 4.5 Torf:perlit (2:1) ortamında yetiştirilen lahana fidelerinin kuru kontrol (KK), suda kontrol (SK), 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL ve 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamalarında gelişim parametreleri (ortalama ± sd)

Uygulamalar	Çıkış Oranı (%)	Çıkış Hızı (gün)	Güçlü Fide Oranı (%)	Kök Boyu (mm)	Sürgün Boyu (mm)	Fide Eni (mm)	Taze Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
KK	89.33±2.30	4.23±0.20 A	80.00±2.00	44.40±2.33	86.30±0.66 B	1.36±0.05	0.43±0.06	0.03±0.0
SK	86.67±5.03	3.80±0.17 B	80.70±4.16	42.10±2.30	86.60±1.51 B	1.41±0.03	0.40±0.01	0.03±0.0
0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	94.00±7.21	3.73±0.25 B	85.33±3.06	54.82±9.32	92.80±4.25 A	1.48±0.07	0.43±0.01	0.03±0.0
1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	95.33±6.43	3.70±0.15 B	88.70±6.43	53.00±6.64	90.74±1.24 AB	1.48±0.04	0.45±0.07	0.03±0.0

Aynı sütundaki farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05)

#### 4.6 Lahana Fidelerinde Yapraktan Püskürtme Şeklinde Uygulanan 28-Homobrassinolidin Fide Gelişim Parametreleri Üzerine Etkileri

Lahana fidelerinde fide boyu (cm) için en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (17.10±1.00 cm) olup, 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL ve KK uygulamalarının her ikisinde sonuç en düşük bulunmuştur (p>0.05). Taze ağırlık (g) için en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (5.00±0.50 g) elde edilirken en düşük değer kontrol grubunda (4.30±0.40 g) bulunmuştur (p>0.05). Kuru ağırlık için en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (0.44±0.04 g) uygulamasında elde edilirken, ardından 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (0.39±0.05 g) ve KK (0.30±0.05 g) uygulamaları gelmiştir (p<0.05). Fide eni (cm) yönünden en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulaması (0.49±0.02 cm) olup, en düşük değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (0.47±0.04 cm) olmuştur (p>0.05) (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Yapraktan BR uygulanan lahana fidelerinde fide eni (cm), fide boyu (cm), taze ağırlık (g), kuru ağırlık (g) ölçümleri (ortalama±sd)

Uygulamalar	Fide eni (cm)	Fide boyu (cm)	Taze ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
Kontrol	0.48±0.04	16.80±0.50	4.30±0.40	0.30±0.05 B
0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	0.49±0.02	17.10±1.00	4.70±0.70	0.44±0.04 A
1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	0.47±0.04	16.80±1.00	5.00±0.50	0.39±0.05 A

Aynı sütundaki farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05)

#### 4.7 Turpta 28-Homobrassinolidin Tohum Çimlenmesi Üzerine Etkileri

Turp tohumlarına 0.5 mgL<sup>-1</sup> ve 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasının kuru kontrol (KK) ve suda kontrol (SK) uygulamalarına göre çimlenme oranı (%), çimlenme hızı (gün), anormal ve normal fide sayısı, kökçük uzunluğu (mm), kök ve sürgün boyu (cm), taze ve kuru ağırlık (g) üzerine etkileri (Çizelge 4.7)'de verilmiştir.

En yüksek çimlenme oranı (%) SK (% 97.33±4.62), en düşük değer KK (% 95.33±5.03) uygulamalarında bulunmuştur (p>0.05). Çimlenme hızı (gün) incelendiğinde, en hızlı çimlenen tohumlar 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL ve SK uygulamalarının her ikisinde görülürken (1.50±0.30 gün, 1.50±0.17 gün), en yavaş çimlenme değeri KK ile (2.07±0.25 gün) elde edilmiştir (p>0.05). Normal fide oranı (%) bakımından, en yüksek oran KK uygulamasında (%81.33±4.16) olup ardından 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL ile (% 80.00±8.00), 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL ile (% 79.33±7.02) ve SK uygulamasında (% 76.00±7.21) bulunmuştur (p>0.05).

Çimlenen tohumlarda, çimlenmeyi takiben 4. günde yapılan kökçük boyu (mm) ölçümlerine göre en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (23.11±4.11 mm) bulunurken, ardından 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (21.00±4.51 mm), SK (19.47±3.17 mm) ve KK (16.73±2.04 mm) belirlenmiştir (p>0.05).

Çimlenmeden itibaren 8. günde yapılan kök ve sürgün boyu (cm) ölçümlerine göre kök boyu için en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (5.78±0.77 cm) olurken, en düşük değer KK olup (4.23±0.48 cm) bulunmuştur (p>0.05). Sürgün boyu için en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (3.22±0.16 cm) olup sırayla bu sonucu 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (2.86±0.34 cm), KK (2.83±0.47 cm) ve SK (2.40±0.54 cm) ile takip etmiştir (p>0.05).

Taze ağırlık için ilk sırada 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulaması (0.74±0.04 g) yer alırken, ardından 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (0.61±0.17 g), SK (0.55±0.01 cm) ve KK (0.51±0.07 cm) uygulamaları izlemiştir (p>0.05). Turp fidelerinde kuru ağırlık (g) bakımından ise farklılık belirlenmemiştir (p>0.05) (Çizelge 4.7)

Çizelge 4.7 Petri kabında çimlendirilen turp tohumlarının kuru kontrol, suda kontrol, 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL ve 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamalarında gelişim parametreleri (ortalama ± sd)

Uygulamalar	Çimlenme Oranı (%)	Çimlenme Hızı (gün)	Normal Fide Oranı (%)	Kökçük Boyu (mm)	Kök Boyu (cm)	Sürgün Boyu (cm)	Taze Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
KK	95.33±5.03	2.07±0.25	81.33±4.16	16.73±2.04	4.23±0.48	2.83±0.47	0.51±0.07	0.08±0.00
SK	97.33±4.62	1.50±0.17	76.00±7.21	19.47±3.17	5.25±1.18	2.40±0.54	0.55±0.01	0.07±0.00
0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	96.00±2.00	1.70±0.44	79.33±7.02	21.00±4.51	5.78±0.77	2.86±0.34	0.61±0.17	0.07±0.01
1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	96.00±3.46	1.50±0.30	80.00±8.00	23.11±4.11	5.66±0.45	3.22±0.16	0.74±0.04	0.07±0.01

Aynı sütundaki farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

#### 4.8 Turpta 28-Homobrassinolidin Fide Gelişimi Üzerine Etkileri

Çıkış denemesi uygulanan ve bu amaçla torf:perlit (2:1) ortamına ekilen tohumlarda BR uygulamalarının fide gelişim parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Turpta çıkış oranı (%) olarak en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL ve SK uygulamasının her ikisinde aynı sonuç (% 92.00±4.0) elde edilirken, 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (% 90.70±4.16) ve KK uygulamalarında (% 90.00±5.30) değeri bulunmuştur (p>0.05). Çıkış hızı (gün) bakımından diğer uygulamalara göre en kısa sürede çıkış gösteren uygulama 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (5.30±0.10 gün) olup, ardından bu sonucu SK ile (5.40±0.23 gün), 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (6.0±0.12 gün) ve KK (6.13±0.35 gün) izlemiştir (p<0.05). Güçlü fide oranı (%) en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (% 80.00±2.00), ardından sırasıyla SK (% 76.70±1.15), KK (% 74.70±4.16) ve 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (% 74.00±5.30) gelmektedir (p>0.05).

Turp fidelerinde kök boyu (mm) yönünden en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasından (52.80±4.00 mm) elde edilmiştir, bunu sırasıyla 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (50.00±2.35 mm), SK (36.84±2.03 mm) ve KK (34.61±1.94 mm) uygulamaları izlemiştir (p<0.05).

Sürgün boyu (mm) için en yüksek değer 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (129.10±1.90 mm) olup, ardından 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (128.00±8.35 mm), SK (115.94±1.51 mm) ve KK (109.32±7.84 mm) uygulamaları gelmiştir (p<0.05).

Fide eni (mm) için en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL (1.72±0.04 mm) olup en düşük değer KK (1.42±0.18 mm) olmuştur (p<0.05).

Taze ağırlık (g) bakımından en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (0.90±0.05 g) elde edilirken en düşük değer KK (0.42±0.07 g) olarak bulunmuştur (p<0.05). Kuru ağırlık (g) için en yüksek değer 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (0.06±0.0 g) gözlenirken en düşük değer KK uygulamasında (0.03±0.0 g) bulunmuştur (p<0.05) (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Torf:perlit (2:1) ortamında yetiştirilen turp fidelerinin kuru kontrol, suda kontrol, 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL ve 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamalarında gelişim parametreleri (ortalama ± sd)

Uygulamalar	Çıkış Oranı (%)	Çıkış Hızı (gün)	Güçlü Fide Oranı (%)	Kök Boyu (mm)	Sürgün Boyu (mm)	Fide Eni (mm)	Taze Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
KK	90.00±5.30	6.13±0.35 A	74.70±4.16	34.61±1.94 B	109.32±7.84 B	1.42±0.18 C	0.42±0.07 C	0.03±0.0 C
SK	92.00±4.0	5.40±0.23 B	76.70±1.15	36.84±2.03 B	115.94±1.51 B	1.48±0.01 BC	0.50±0.04 C	0.04±0.0 B
0.5 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	92.00±4.0	6.0±0.12 A	80.00±2.00	50.00±2.35 A	129.10±1.90 A	1.64±0.03 AB	0.70±0.06 B	0.04±0.0 B
1 mgL <sup>-1</sup> 28-HBL	90.70±4.16	5.30±0.10 B	74.00±5.30	52.80±4.00 A	128.00±8.35 A	1.72±0.04 A	0.90±0.05 A	0.06±0.0 A

Aynı sütundaki farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05)

#### 4.9 Turp Fidelerinde Yapraktan Püskürtme Şeklinde Uygulanan 28-Homobrassinolidin Fide Gelişim Parametreleri Üzerine Etkileri

Tuapta fide boyu (cm) bakımından en yüksek değer  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $19.05 \pm 1.8 \text{ cm}$ ) bulunurken, en düşük değer kontrol grubunda ( $16.80 \pm 0.5 \text{ cm}$ ) belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ).

Fide eni (cm) için en yüksek değer  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ( $0.38 \pm 0.02 \text{ cm}$ ) olup, ardından kontrol ( $0.34 \pm 0.02 \text{ cm}$ ) ve  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ( $0.30 \pm 0.03 \text{ cm}$ ) gelmiştir ( $p < 0.05$ ).

Taze ağırlık (g) için en yüksek değer  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ( $3.10 \pm 0.2 \text{ g}$ ) olup, en düşük değer KK grubunda ( $2.50 \pm 0.2 \text{ g}$ ) olmuştur ( $p > 0.05$ ). Kuru ağırlık bakımından en yüksek değer  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ile ( $0.26 \pm 0.14 \text{ g}$ ) ve en düşük değer kontrol grubunda ( $0.20 \pm 0.03 \text{ g}$ ) bulunmuştur ( $p > 0.05$ ) (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 Yapraktan BR uygulanan turp fidelerinde fide eni (cm), fide boyu (cm), taze ağırlık (g), kuru ağırlık (g) ölçümleri (ortalama $\pm$ sd)

Uygulamalar	Fide eni (cm)	Fide boyu (cm)	Taze ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
Kontrol	$0.34 \pm 0.02$ AB	$16.80 \pm 0.5$	$2.50 \pm 0.2$	$0.20 \pm 0.03$
$0.5 \text{ mgL}^{-1}$ 28-HBL	$0.38 \pm 0.02$ A	$19.05 \pm 1.8$	$2.90 \pm 0.5$	$0.22 \pm 0.04$
$1 \text{ mgL}^{-1}$ 28-HBL	$0.30 \pm 0.03$ B	$18.80 \pm 0.5$	$3.10 \pm 0.2$	$0.26 \pm 0.14$

Aynı sütundaki farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığın önemli olduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ )

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tez çalışmasında, brokoli, lahanada ve turp tohumları ile fidelerine 0.5 mgL<sup>-1</sup> ve 1 mgL konsantrasyonunda 28-HBL uygulamasının, çimlenme, çıkış ve fide gelişim parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Brokoli tohumlarına 28-HBL uygulamasının çimlenme hızı (gün) ile kök ve sürgün boyu üzerine etkileri istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Brokolide en hızlı çimlenme 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında (2.00±0.06 gün) bulunurken, bu uygulamayı 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulaması (2.03±0.15 gün) izlemiştir. Da Silva vd. (2015) brassinosteroidlerin bir diğer aktif formu olan 24-epiBL uygulamasının, biberde tohum çimlenme zamanını kısalttığını ve fide büyümesinde artış sağladığını belirtmişlerdir.

Çimlendirme denemesi sonucunda elde edilen brokoli fidelerinde en yüksek kök ve sürgün boyu (sırasıyla 5.21±1.35 cm ve 3.37±0.11 cm) 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında elde edilmiştir. Bu uygulamayı 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL konsantrasyonu izlemiştir. En düşük kök ve sürgün boyu ise kontrol uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Mussig vd. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada *Arabidopsis* tohumlarına 24-epiBL uygulamasının kök uzamasını teşvik ettiği bildirilmiştir. Tez çalışmasında ise brokoli tohumlarına yapılan uygulamaların kök boyunu etkilediği tespit edilirken diğer türlerde bu yönde bir etkisi belirlenmemiştir.

Lahanada, 28-HBL uygulamasının tohumların çimlenme oranı ve hızına etkisi istatistik olarak önemli bulunmazken, fidelerde sürgün boyu üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Sürgün boyu 1 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulamasında 3.65±0.32 cm olarak ölçülürken, bu uygulamayı sırasıyla 0.5 mgL<sup>-1</sup> 28-HBL uygulaması (2.23±0.90 cm) takip etmiştir. En düşük değer ise kontrol (SK) uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Tanaka vd. (2003) *Arabidopsis* tohumlarına BR uygulamasının fidelerde hipokotil uzamasını sağladığını belirterek, bu durumu BR'nin hücre genişlemesini teşvik etmesine bağlamışlardır. Tez çalışmasında brokoli ve lahanada yapılan uygulamaların sürgün boyunu artırdığı tespit edilmiştir.

Turp tohumlarına 28-HBL uygulamasının çimlenme oranı, hızı ve ve fide gelişim parametreleri üzerine etkisi istatistik olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.7).

Çıkış testleri sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde, brokolide, 28-HBL uygulamasının sürgün boyu, fide eni ve taze ağırlığa etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Bu parametreler bakımından en yüksek değerler  $1 \text{ mgL}^{-1}$  uygulamasında belirlenirken, en düşük değerler ise kontrol uygulamalarında tespit edilmiştir. Buna göre sürgün boyu için en yüksek değer  $92.73\pm 1.11 \text{ mm}$  olarak ölçülürken, kontrol uygulamalarında  $79.49\pm 4.22$  ve  $78.86\pm 3.73 \text{ mm}$  (KK ve SK) olarak belirlenmiştir. Fide eni bakımından en yüksek değer  $1.49\pm 0.06 \text{ mm}$ , en düşük  $1.19\pm 0.08 \text{ mm}$  olarak tespit edilmiştir. Taze ağırlık için en yüksek değer  $0.42\pm 0.03 \text{ g}$  olarak tartılırken en düşük  $0.30\pm 0.02 \text{ g}$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Hayat vd. (2000) tarafından yapılan çalışmada hardal fidelerine uygulanan 28-HBL'nin fide taze ve kuru ağırlığını artırdığı bildirilmiştir.

Lahanada 28-HBL uygulamasının çıkış hızı ve sürgün boyuna etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Çıkış hızı için en yüksek değer  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $3.70\pm 0.15 \text{ gün}$ ) ve sürgün boyu yönünden en yüksek değer  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $92.80\pm 4.25 \text{ mm}$ ) tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.5).

Turpta 28-HBL uygulamasının çıkış hızı, kök ve sürgün boyu, fide eni, taze ağırlık ve kuru ağırlık üzerine etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur. Çıkış hızı bakımından  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulaması ( $5.30\pm 0.10 \text{ gün}$ ) ilk sırada yer alırken, bu uygulamayı SK ( $5.40\pm 0.23 \text{ gün}$ ),  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ( $6.0\pm 0.12 \text{ gün}$ ) ve KK ( $6.13\pm 0.35 \text{ gün}$ ) uygulamaları izlemiştir. Kök boyu için en yüksek değer  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ( $52.80\pm 4.00 \text{ mm}$ ) ve  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL ( $50.00\pm 2.35 \text{ mm}$ ) uygulamasında, en düşük değerler ise kontrol uygulamalarında  $36.84\pm 2.03$  ve  $34.61\pm 1.94 \text{ mm}$  (SK ve KK) belirlenmiştir. Benzer şekilde sürgün boyu yönünden de 28-HBL uygulamaları daha yüksek değerler vermiştir. Buna göre,  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $129.10\pm 1.90 \text{ mm}$ ),  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL için  $128.00\pm 8.35 \text{ mm}$  ve kontrol uygulamalarında  $115.94\pm 1.51 \text{ mm}$  (SK) ve  $109.32\pm 7.84 \text{ mm}$  (KK) olarak ölçülmüştür. Fide eni, taze ve kuru ağırlık değerleri  $1 \text{ mgL}^{-1}$

<sup>1</sup> 28-HBL uygulamasında daha yüksek bulunurken, kontrol uygulamalarında daha düşük değerler elde edilmiştir (Çizege 4.8)

Anuradha ve Rao (2007), turpta 28-HBL uygulamasının, Cd stresi koşullarında kontrol grubuna kıyasla fidelerde fide boyu, taze ve kuru ağırlığı artırdığı sonucunu bildirmişlerdir.

Fidelere püskürtme şeklinde uygulanan 28-HBL uygulamalarının fide gelişim parametrelerine etkileri incelendiğinde, brokolide fide boyu ve taze ağırlık üzerine, lahanada kuru ağırlık üzerine ve turpta fide eni üzerine olumlu etkileri istatistik açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Sonuçlara göre brokolide fide boyu için en yüksek değer  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  ve  $1 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamalarında ( $16.80\pm0.6 \text{ cm}$ ,  $16.80\pm1.0 \text{ cm}$ ) bulunurken, kontrol bitkilerde daha düşük bulunmuştur ( $14.60\pm0.4 \text{ cm}$ ). Taze ağırlık değer,  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  uygulamasında  $2.70\pm0.17 \text{ g}$  iken kontrol uygulamasında  $2.00\pm0.16 \text{ g}$  olarak belirlenmiştir ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.3). Sirhindi vd. (2009) 10 günlük hardal fidelerine 24-epiBL ve 28-HBL uygulamalarının etkisini inceledikleri çalışmalarında sürgün uzunluğu yönünden  $10^{-8} \text{ M}$  24-EBL uygulamasının en iyi sonucu verdiğini ( $6.38\pm0.26 \text{ cm}$ ), bunu sırasıyla  $10^{-8}$  28-HBL ( $4.98\pm0.29 \text{ cm}$ ) ile kontrol ( $4.78\pm0.14 \text{ cm}$ ) uygulamasının izlediğini bildirmişlerdir.

Lahanada uygulamalar kuru ağırlığı artırırken en yüksek değer  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $0.44\pm0.04 \text{ g}$ ) belirlenmiştir ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.6).

Turpta uygulamalar fide eni üzerine etkili olurken en yüksek değer  $0.5 \text{ mgL}^{-1}$  28-HBL uygulamasında ( $0.38\pm0.02 \text{ cm}$ ) tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.9).

Tez çalışmasından elde edilen sonuçlar ışığında, 28-HBL uygulamasının tohum çimlenme, çıkış ve fide gelişim parametrelerinin bir kısmında kontrol uygulamalarına göre etkili olduğunu ancak bu etkinin bitki türüne, uygulama yöntemine ve kullanılan brassinosteroidin konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Başta gibberellinler ve absizik asit olmak üzere bitkisel hormonların çimlenme üzerine etkileri bilinmektedir (Urbanova ve Leubner-Metzger 2016). Son yıllarda brassinosteroidler ile gibberellinlerin sinyal/sentez düzeyinde etkileşim içerisinde olduğu ve çeşitli fizyolojik faaliyetleri etkiledikleri bildirilmektedir (Unterholzner vd. 2015). Çalışmadan elde edilen sonuçların, son yıllarda pek çok araştırmaya konu olan ve özellikle strese toleransla ilişkilendirilen brassinosteroidlerin tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkilerinin açıklanmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



## KAYNAKLAR

- Ahammed, G.J., Li, X., Liu, A. and Chen, S. 2020. Brassinosteroids in plant tolerance to abiotic stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39; 1451–1464.
- Ankudo, T. 2004. Immunomodulation of brassinosteroid functions in seeds of *Arabidopsis thaliana* (L.). PhD Thesis. Der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 80, Weisrussland.
- Anuradha, S. and Rao, S.S.R. 2007. The effect of brassinosteroids on radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings growing under cadmium stress. *Plant Soil and Environment*, 53(11); 465-472.
- Balkaya, A., Yanmaz, R., Apaydin, A. and Kar, H. 2005. Morphological characterisation of white head cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata subvar. alba) genotypes in Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33(4); 333-341.
- Basit, F., Chen, M., Ahmed, T., Shahid, M., Noman, M., Liu, J. and Guan, Y. 2021. Seed priming with brassinosteroids alleviates chromium stress in rice cultivars via improving ROS metabolism and antioxidant defense response at biochemical and molecular levels. *Antioxidants*, 10(7); 1007-1089.
- Cao, H., Han, Y., Li, J., Ding, M., Li, Y., Li, X. and Liu, Y. 2020. *Arabidopsis thaliana* seed dormancy 4-LIKE regulates dormancy and germination by mediating the gibberellin pathway. *Journal of experimental botany*, 71(3); 919-933.
- Chen, K., Li, G. J., Bressan, R. A., Song, C. P., Zhu, J. K., Zhao, Y. 2020. Abscisic acid dynamics, signaling, and functions in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 62(1); 25-54.
- Crisp, P. and Gray, A. R. 1985. The genetic potential of biennial sprouting broccoli. *Scientific Horticulture*, 36; 21-31.
- Çağ, S., Gören-Sağlam, N., Çingil-Bariş, Ç. and Kaplan, E. 2007. The effect of different concentration of epibrassinolide on chlorophyll, protein and anthocyanin content and peroxidase activity in excised red cabbage (*Brassica oleraceae* L.) cotyledons. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 21(4); 422-425.
- Da Silva, C. B., Marcos-Filho, J., Jourdan, P. and Bennett, M. A. 2015. Performance of bell pepper seeds in response to drum priming with addition of 24-epibrassinolide. *American Society for Horticultural Science*, 50(6); 873-78.
- Demir, İ. and Mavi, K. 2004. The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon (*Citrillus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai) seeds. *Scientia Horticulturae*, 102(4); 467-473.

- Eckardt, N. A. 2003. A new classic of cytokinin research: cytokinin-deficient Arabidopsis plants provide new insights into cytokinin biology. *The Plant Cell*, 15(11); 2489-2492.
- Eriş, A. 1995. Bahçe bitkileri fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, No: 11, 134 s., Bursa.
- FAOSTAT. 2019. Web sitesi: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Erişim Tarihi: 10.12.2021
- 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 Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(3); 18-27.
- Gómez-Campo, C. 1980. Morphology and morpho-taxonomy of the tribe Brassiceae. *Brassica crops and wild allies*. 3-31.
- Gómez-Campo, C. (Ed.). 1999. *Biology of Brassica coenospecies*. Elsevier. 486 p., Spain.
- Groot, S. P. C. and Karssen, C. M. 1987. Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: a study with gibberellin-deficient mutants. *Planta*, 171(4); 525-531.
- Grove, M. D., Spencer, G. F., Rohwedder, W. K., Mandava, N., Worley, J. F., Warthen, D. J., Steffens, G. L., Flippin-Anderson, J. L and Cook Jr, J. C. 1979. Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. *Nature*, 281; 216-17.
- Grunewald, W., Van Noorden, G., Van Isterdael, G., Beeckman, T., Gheysen, G. and Mathesius, U. 2009. Manipulation of auxin transport in plant roots during *Rhizobium* symbiosis and nematode parasitism. *The Plant Cell*, 21(9); 2553-2562.
- Gudesblat, G. E. and Russinova, E. 2011. Plants grow on brassinosteroids. *Current opinion in plant biology*, 14(5); 530-537.
- Halloran, N. ve Kasım, M.U. 2002. Meyve ve sebzelerde büyüme düzenleyici madde kullanımı ve kalıntı düzeyleri. *The Journal of Food*, 27(5); 351-359.
- Hayat, S., Ahmad, A. and Mobin, M. 2001. Growth of wheat seedlings raised from the grains treated with 28-homobrassinolide. *Acta Physiologiae Plantarum*, 23; 27-30.

- Hayat, S., Ahmad, A., Mobin, M., Hussain, A. and Fariduddin, Q. 2000. Photosynthetic rate, growth and yield of mustard plants sprayed with 28-homobrassinolide. *Photosynthetica*, 38; 469-471.
- Hunter, W. J. 2001. Influence of root-applied epibrassinolide and carbenoxolone on the nodulation and growth of soybean (*Glycine max* L. Seedlings. *Journal of Agronomy and Crop Science* 186(4); 217-221.
- Hussain, M., Khan, T. A., Yusuf, M. and Fariduddin, Q. 2019. Silicon-mediated role of 24-epibrassinolide in wheat under high-temperature stress. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(17); 17163-17172.
- Iqbal, N., Khan, N. A., Ferrante, A., Trivellini, A., Francini, A. and Khan, M. I. R. 2017. Ethylene role in plant growth, development and senescence: interaction with other phytohormones. *Frontiers in plant science*, 8; 475.
- Kaplan, U. ve Gökbayrak, Z. 2012. Bazı Asma Anaçlarının Köklenmesi Üzerine Brassinosteroidin Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Kaynak, L. ve Ersoy, N. 1997. Bitki Büyümeyi Düzenleyicilerin Genel Özellikleri ve Kullanım Alanları. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10; 223-236.
- Khan, A. A., 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*, 13(13);131-181.
- Kim, S. Y., Warpeha, K. M. and Huber, S. C. 2019. The brassinosteroid receptor kinase, BRI1, plays a role in seed germination and the release of dormancy by cold stratification. *Journal of Plant Physiology*, 241; 153031.
- Komeda, Y. 2004. Genetic regulation of time to flower in *Arabidopsis thaliana*. *Annual Review Plant Biology* 55; 521-535.
- Krishna, P. 2003. Brassinosteroid-mediated stress responses. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22(4); 289-297.
- Kumlay, A. M. ve Eryiğit, T. 2011. Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyici maddeler: bitki hormonları. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(2); 47-56.
- Kvasnica, M., Oklestkova, J., Bazgier, V., Rarova, L., Berka, K. and Strnad, M. 2014. Biological activities of new monohydroxylated brassinosteroid analogues with a carboxylic group in the side chain. *Steroids*, 85; 58-64.
- Mandava, N. B. 1988. Plant growth-promoting brassinosteroids. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 39(1); 23-52.

- Miller, C., Skoog, F., Saltza, M.V. and Strong, M. 1955. Kinetic, a cell division factor from deoxyribonucleic acid. *Journal of the American Chemical Society*, 77(5); 1392-1392.
- Miransari, M. and Smith, D. L. 2014. Plant hormones and seed germination. *Environmental and experimental botany*, 99; 110-121.
- Mussig, C., Shin, G. H. and Altmann, T. 2003. Brassinosteroids promote root growth in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 133(3); 1261-1271.
- Nakajima, N., Shida, A. and Toyama, S. 1996. Effects of brassinosteroid on cell division and colony formation of Chinese cabbage mesophyll protoplasts. *Japanese Journal of Crop Science*, 65(1); 114-118.
- Nolan, T. M., Vukašinović, N., Liu, D., Russinova, E. and Yin, Y. 2020. Brassinosteroids: multidimensional regulators of plant growth, development, and stress responses. *The Plant Cell*, 32(2); 295-318.
- Öktüren, F., Sönmez, S. 2005. Bitki Besin Maddeleri İle Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicileri (Hormonlar) Arasındaki İlişkiler. *Derim*, 22(2), 20-32.
- Pipattanawong, N., Fujishige, N., Yamane, K. and Ogata, R. 1996. Effects of brassinosteroid on vegetative and reproductive growth in two day-neutral strawberries. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 65(3); 651-654.
- Rakow, G. 2004. *Species Origin and Economic Importance of Brassica*. Springer, 54; 3-11.
- Rao, S. S. R., Vardhini, B. V., Sujatha, E. and Anuradha, S. 2002. Brassinosteroids—a new class of phytohormones. *Current Science*, 82(10); 1239-1245.
- Raven, P. H., Evert, R. F. and Eichhorn, S. E. 1992. Regulating growth and development: The plant hormones. *Biology of Plants*, 545-571.
- Raza, A., Hafeez, M. B., Zahra, N., Shaukat, K., Umbreen, S., Tabassum, J. and Hasanuzzaman, M. 2020. The plant family Brassicaceae: Introduction, biology, and importance. Springer, 1-43.
- Sarikamiş, G. 2009. Glucosinolates in crucifers and their potential effects against cancer. *Canadian journal of plant science*, 89(5); 953-959.
- Sarikamiş, G., Marquez, J., MacCormack, R., Bennett, R. N., Roberts, J., Mithen, R. 2006. High glucosinolate broccoli: a delivery system for sulforaphane. *Molecular Breeding*, 18(3); 219-228.
- Sasaki, H. 2002. Brassinolide promotes adventitious shoot regeneration from cauliflower hypocotyl segments. *Plant cell, tissue and organ culture*, 71(2); 111-116.

- Sasse, J. M. 2003. Physiological actions of brassinosteroids: an update. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22; 276–288.
- Satari, A. F., Srinivasa, V., Devaraju, M. S. and Ganapathi, M. 2020. Study on Growth and Root Yield of Radish (*Raphanus sativus* Lam.) as Influenced by Nutrition. *International Journal Current Microbiology and Applied Sciences* 9(8); 2466-2471.
- Seçer, M. 1989. Doğal büyüme düzenleyicilerin (bitkisel hormonların) bitkilerdeki fizyolojik etkileri ve bu alanda yapılan araştırmalar, *Derim*, 6(3); 109-124.
- Sen, A and Puthur, J. T. 2020. Seed priming-induced physiochemical and molecular events in plants coupled to abiotic stress tolerance: An overview. *Priming-Mediated Stress and Cross-Stress Tolerance in Crop Plants*, 303-316.
- Singh, I. and Shono, M. 2005. Physiological and molecular effects of 24-epibrassinolide, a brassinosteroid on thermotolerance of tomato. *Plant Growth Regulation*, 47(2); 111-119.
- Sirhindi, G., Kumar, S., Bhardwaj, R. and Kumar, M. 2009. Effects of 24-epibrassinolide and 28-homobrassinolide on the growth and antioxidant enzyme activities in the seedlings of *Brassica juncea* L. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 15(4); 335-341.
- Skoog, F., Strong, F. M. and Miller, C. O. 1965. Cytokinins. *Science*, 148(3669); 532-533.
- Soares, T. F. S. N., dos Santos Dias, D. C. F., Oliveira, A. M. S., Ribeiro, D. M. and dos Santos Dias, L. A. 2020. Exogenous brassinosteroids increase lead stress tolerance in seed germination and seedling growth of *Brassica juncea* L. *Ecotoxicology and environmental safety*, 193; 110296.
- Steber, C. M. and McCourt, P. 2001. A role for brassinosteroids in germination in *Arabidopsis*. *Plant physiology*, 125(2); 763-69.
- Takatsuto, S., Yazawa, N., Ikekawa, N., Takematsu, T., Takeuchi, Y. and Koguchi, M. 1983. Structure-activity relationship of brassinosteroids. *Phytochemistry*, 22(11); 2437-2441.
- Tanaka, K., Nakamura, Y., Asami, T., Yoshida, S., Matsuo, T. and Okamoto, S. 2003. Physiological roles of brassinosteroids in early growth of *Arabidopsis*: brassinosteroids have a synergistic relationship with gibberellin as well as auxin in light-grown hypocotyl elongation. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22(3); 259-271.
- Thongsri, K., Teingtham, K., Duangpatra, J. and Romkaew, J. 2021. Effects of brassinosteroids and gibberellin on water uptake and performance of soya bean seeds under different temperatures. *Seed Science and Technology*, 49(2); 141-157.

- TUIK. 2019. Web sitesi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2019-30685>. Erişim Tarihi: 15.11.2021
- Unterholzner, S. J., Rozhon, W., Papacek, M., Ciomas, J., Lange, T., Kugler, K. G. and Poppenberger, B. 2015. Brassinosteroids are master regulators of gibberellin biosynthesis in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*, 27(8); 2261-272.
- Urbanova, T. and Leubner-Metzger, G. 2016. Gibberellins and seed germination. *Annual Plant Reviews*, 49; 253-284.
- Werner, T., Motyka, V., Strnad, M. and Schmülling, T. 2001. Regulation of plant growth by cytokinin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(18); 10487-10492.
- Wu, X., Ding, H., Zhu, Z., Yang, S. and Zha, D. 2012. Effects of 24-epibrassinolide on photosynthesis of eggplant (*Solanum melongena* L.) seedlings under salt stress. *African Journal Biotechnology*, 11(35); 8665–8671.
- Xiong, L., Schumaker, K. S. and Zhu, J. K. 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. *The plant cell*, 14(1); 165-183.
- Yamaguchi, S. and Kamiya, Y. 2001. Gibberellins and light-stimulated seed germination. *Journal of Plant Growth Regulation*, 20(4); 369-376.
- Yokota, T. 1997. The structure, biosynthesis and function of brassinosteroids. *Trends in plant science*, 2(4); 137-143.
- Yu, J. Q., Zhou, Y. H., Ye, S. F. and Huang, L. F. 2016. 24-epibrassinolide and abscisic acid protect cucumber seedlings from chilling injury. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77(4); 470-473.
- Yuan, G. F., Jia, C. G., Li, Z., Sun, B., Zhang, L. P., Liu, N. and Wang, Q. M. 2010. Effect of brassinosteroids on drought resistance and abscisic acid concentration in tomato under water stress. *Scientia Horticulturae*, 126 (2); 103–108.
- Zhong, C., Patra, B., Tang, Y., Li, X., Yuan, L. and Wang, X. 2021. A transcriptional hub integrating gibberellin–brassinosteroid signals to promote seed germination in *Arabidopsis*. *Journal of Experimental Botany*, 72(13); 4708-4720.