



**FARKLI YAŞLANDIRMA TESTLERİNE TABİ TUTULMUŞ  
AMARANT TOHUMLARININ KURAKLIK STRESİ ALTINDA  
ÇİMLENME PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

**MELİH KAHRAMAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZ**

**Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Mortaza HAJZADEH**

**Mayıs, 2018**

**T.C.**  
**UŞAK ÜNİVESİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARIM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI YAŞLANDIRMA TESTLERİNE TABİ TUTULMUŞ AMARANT**  
**TOHUMLARININ KURAKLIK STRESİ ALTINDA ÇİMLENME**  
**PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MELİH KAHRAMAN**

**MAYIS 2018**  
**UŞAK**

**T.C.**  
**UŞAK ÜNİVESİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARIM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI YAŞLANDIRMA TESTLERİNE TABİ TUTULMUŞ AMARANT**  
**TOHUMLARININ KURAKLIK STRESİ ALTINDA ÇİMLENME**  
**PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MELİH KAHRAMAN**

**MAYIS 2018**  
**UŞAK**

Melih KAHRAMAN tarafından hazırlanan "Farklı Yaşlandırma Testlerine Tabi Tutulmuş Amaranth Tohumlarının Kuraklık Stresi Altında Çimlenme Performansının Belirlenmesi" adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğretim Üyesi Mortaza HAJYZADEH  
(Tez Danışmanı, Tarım Bilimleri Anabilim Dalı)

  
.....

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Tarım Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Khalid Mahmood Khawar  
(Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi)

  
.....

Dr. Öğretim Üyesi Mortaza HAJYZADEH  
(Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi)

  
.....

Doç. Dr. İbrahim ATIŞ  
(Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Mustafa Kemal Üniversitesi)

  
.....

Dr. Öğretim Üyesi Burcu Begüm KENANOĞLU  
(Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi)

  
.....

Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Uğur YILDIRIM  
(Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi)

  
.....

Tarih: 23/05/2018

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. İsa YEŞİLYURT

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Melih KAHRAMAN

Bu çalışma; Uşak Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından (UBAP) desteklenen 2017/TP053 numaralı proje kapsamında yürütülmüştür.

**FARKLI YAŞLANDIRMA TESTLERİNE TABİ TUTULMUŞ AMARANT  
TOHUMLARININ KURAKLIK STRESİ ALTINDA ÇİMLENME  
PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Melih Kahraman**

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Mayıs 2018**

**Özet**

Tahıl Amaranth yüksek oranda protein, karbonhidrat ve lipid içeriklerinden dolayı son zamanlarda tüketicilerin ilgisini çekmeye başlamıştır. Bu çalışmada ise 40 °C' de ve % 18 ve % 24 nem oranlarında kontrollü bozulma ve 40, 45 ve 50 °C de hızlı yaşlandırma testlerine 24, 48, 72 ve 96 saat farklı sürelerde tabi tutulan tohumlar in vitro koşullarında çimlenmeye alınarak yürütülmüştür. Kültürlerin günlük çimlenme sayımları ve 21' inci günde farklı morfolojik ve fizyolojik parametrelerin ölçümü yapılarak uygun yaşlandırma testi ve süresi belirlenmiştir. Daha sonra yaşlanmayan ve yaşlanan Amaranth tohumlarının in vitro koşullarında kontrol, % 10, % 20 ve % 30 PEG içeren ortamlarda kültüre alınarak kuraklık stresine karşı tepkimeleri belirlenmiştir. Sonuçlara göre 45 °C' de yapılan hızlı yaşlandırma testinde uygulama sürelerinin artması ile çimlenme oranında % 20 azalış, çimlenme zamanında yaklaşık 4 günlük artış görülürken, ölçülen diğer parametrelerde değişken bir azalış izlenmiş amaca yönelik uygun test olarak değerlendirilmiştir. Kuraklık stresi sonuçlarına göre yaşlanmayan ve yaşlanan tohumların çimlenmesi sadece % 10 PEG ortamında görülmüştür. Yaşlanma olmayan tohumlarda canlılık % 20, yaşlanan gruplarda ise yaklaşık % 50 azalma belirlenirken, kök uzunluğu yaşlanmayan ve 40 °C de yaşlanan gruplarda %10 PEG uygulamasında artış ancak 45 °C de yaşlanan grupta azalış görülmüştür.

**Bilim Kodu** :  
**Anahtar Kelimeler** : Amaranth, İn vitro, Vigor testi, Kuraklık stresi, Çimlenme  
**Sayfa Adedi** : 60  
**Tez Yöntecisi** : Öğretim Üyesi Dr. Mortaza HAJYZADEH

**DETERMINATION OF GERMINATION PERFORMANCE OF AMARANTH  
SEEDS TO DROUGHT STRESS SUBJECTED TO DIFFERENT AGING TESTS**

(M.Sc. Thesis)

**Melih Kahraman**

**USAK UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**May 2018**

**ABSTRACT**

Amaranth has recently begun to attract consumers' attention due to high protein, carbohydrate and lipid content. In this study, seeds which were subjected to controlled deterioration at 40 ° C and humidity levels of 18% and 24% and for 24, 48, 72 and 96 hours of rapid aging tests at 40, 45 and 50 ° C, were carried out by germination under in vitro conditions. Daily germination counts of cultures and different morphological and physiological parameters were measured on day 21 to determine the most appropriate aging test and duration. Subsequently, aging and aging Amaranth seeds were cultured in vitro under controlled conditions, cultured in medium containing 10%, 20% and 30% PEG, and their responses against drought stress were determined. According to the results obtained, the fastest aging test at 45°C showed an increase of application time, 20% decrease in germination rate and 4 days increase in germination time, and a variable decrease in other measured parameters was evaluated as the most appropriate test for the purpose. According to drought stress results, germination of aging and aging seeds was only seen in 10% PEG environment. In non-aging seeds, viability was found to be 20 % and in aging groups a reduction of approximately 50% was observed, whereas root length was increased in 10 % PEG application in aged and aged groups at 40 C but decreased in the 45 °C aged group.

**Science Code** :  
**Key words** : Amaranthus, In vitro, Vigor tesi, Drought stress, Germination  
**Page Number** : 60  
**Adviser** : PhD. Mortaza HAJYZADEH

## TEŞEKKÜR

Tez konumun seçiminden, araştırmanın yürütülmesine ve değerlendirilmesine kadar geçen sürede hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doktor Öğretim Üyesi Mortaza HAJYZADEH'a teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi birikimleri ile yetişmemde desteğini her zaman gördüğüm yüksek lisans tezi jüri üyelerinden ve istatistik hesaplamalarda yardımcı olan Sayın Doktor Öğretim Üyesi Burcu Begüm KENANOĞLU'na teşekkür ederim. Tüm zor günlerimde yanımda olan ve bana her daim maddi ve manevi desteğini bir an olsun benden esirgemeyen annem Münire KAHRAMAN ve babam Ali KAHRAMAN'a sonsuz şükran ve saygılarımı sunarım.

Her zaman bana destek olan tezimin hazırlanmasının her aşamasında destek ve yardımlarını benden esirgemeyen değerli arkadaşım Sayın Havva KUL, Ahmet İZMİRLİ, Seda KOPTUR, Şeyda TEKİN, Utku Yılmaz AVCI, Yaşar ÖZKAYA'ya teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜRLER .....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vii
RESİMLERİN LİSTESİ .....	viii
SİMGELER VE KISATMALAR.....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	6
2.1. Güç testleri .....	6
2.2 Kontrollü Bozulma ve Hızlı Yaşlandırma .....	7
2.3 Kuraklık Stresi .....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1 Bitki materyali .....	13
3.2 Çalışmada Kullanılan Ortamlar ve Sterilizasyon Koşulları.....	13
3.3 Tohumların Homojenliğinin Sağlanması .....	13
3.4 Tohumların Yüzeysel Sterilizasyonu .....	13
3.5 Güç Testlerin Uygulanması .....	14
3.5.1. Hızlı Yaşlandırma Testi .....	14
3.5.2 Kontrollü Bozulma.....	15
3.6 Fizyolojik Parametrelerin Ölçümü ve Analizleri.....	16
3.6.1. Çimlenme Oranı (%).....	16
3.6.2. Ortalama Çimlenme Süresi (gün) (OÇS).....	16
3.7. Fide Ölçüm, Sayım, Tartım ve Analizler.....	16
3.7.1. Sürgün Boyu (cm).....	17
3.7.2. Yaprak Sayısı (adet).....	17
3.7.3. Fide Yaş Ağırlığı (g).....	17
3.7.4. Fide Kuru Ağırlığı (mg).....	17
3.7.5. Kök Uzunluğu (cm) .....	17
3.7.6. Fide Başına Düşen Kök Sayısı (adet) .....	17
3.7.7. Sürgün Sayısı (adet).....	17
3.7.8. Hipokotil Uzunluğu (cm).....	17

3.7.9. Yaprak Sayısı (adet).....	18
3.8.PEG Uygulaması (Kuraklık Stresi).....	18
3.8.1. Kuraklık Stresi Sonucunda Yapılan Ölçümler ve Analizleri.....	18
3.8.2. İstatistik Analizleri.....	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	19
4.1. Amaranth Tohumlarının Yüzey Sterilizasyonu .....	19
4.2. Güç Testlerin Uygulanması .....	19
4.2.1. 40 °C' de Hızlı Yaşlandırma Testinin Etkileri .....	19
4.2.2. 45 °C' de Hızlı Yaşlandırma Testinin Etkileri .....	22
4.2.3. 50 °C' de Hızlı Yaşlandırma Testinin Etkileri.....	25
4.2.4. Amaranth Tohumlarının %18 Nem ile 40 °C de Kontrollü Bozulma Testinin Etkileri.....	27
4.2.5. Amaranth Tohumlarının % 24 Nem ile 40 °C de Kontrollü Bozulma Testinin Etkileri.....	30
4.2. A. hypochondriacus Bitkisinin Kuraklık Stresine (PEG) Karşı Tepkilerinin Belirlenmesi .....	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b> 40
ÖZGEÇMİŞ .....	50

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 4.1. Amaranat tohumlarına 40°C' de ve farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen varyans analiz sonuçları.....	18
Çizelge 4.2. Amaranat tohumlarına 40°C' de ve farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen post hoc duncan test sonuçları .....	19
Çizelge 4.3. Amaranat tohumlarına 45°C' de ve farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen varyans analiz sonuçları .....	23
Çizelge 4.4. Amaranat tohumlarına 45°C' de ve farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen post hoc duncan testi sonuçları .....	23
Çizelge 4.5. Amaranat tohumlarına 50°C' de ve farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen varyans analiz sonuçları .....	25
Çizelge 4.6. Amaranat tohumlarına 50°C' de ve farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen post hoc duncan testi sonuçları .....	26
Çizelge 4.7. Amaranat tohumlarının %18 nem ve 40°C' de farklı uygulama süreleri ile yapılan kontrollü bozulma testine ilişkin parametrelerin varyans analiz sonuçları .....	27
Çizelge 4.8. Amaranat tohumlarının %18 nem ve 40°C' de farklı uygulama süreleri ile yapılan kontrollü bozulma testine ilişkin parametrelerin post hoc duncan test sonuçları .....	28
Çizelge 4.9. Amaranat tohumlarının %24 nem ve 40°C' de farklı uygulama süreleri ile yapılan kontrollü bozulma testine ilişkin parametrelerin varyans analiz sonuçları.....	30
Çizelge 4.10. Amaranat tohumlarının %24 nem ve 40°C' de farklı uygulama süreleri ile yapılan kontrollü bozulma testine ilişkin parametrelerin post hoc duncan test sonuçları .....	30
Çizelge 4.11. A. <i>hypochondriacus</i> türünde yaşlanmayan ve 72 saat 40°C ve 48 saat 45°C' de hızlı yaşlandırma testine tabi tutulan tohumların kontrol ve %10 PEG-6000 içeren ortamlardan ölçülen farklı parametrelerin varyans analizi sonuçları.....	34
Çizelge 4.12. A. <i>hypochondriacus</i> türünde yaşlanmayan ve 72 saat 40°C ve 48 saat 45°C' de hızlı yaşlandırma testine tabi tutulan tohumların kontrol ve %10 PEG-6000 içeren ortamlardan elde edilen farklı parametrelere ait post hoc duncan testi sonuçları.....	35

## RESİMLERİN LİSTESİ

**Resim**

**Sayfa**

- Resim 3.1. Yaşlandırma ve kontrollü bozulma güç testlerinde kullanılan ekipman ..... 15  
Resim 3.2. Tohumların alüminyum karışumlu hava geçirmeyen paketlere konulması ..... 15



## SİMGELER VE KISATMALAR

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

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
°C	Santigrat derece
%	Yüzde

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
ISTA	Uluslararası Tohum Test Birliği
PEG	Polietilen glikol
MGT	Ortalama çimlenme süresi
IBM	SPSS Statistical Package for the Social Sciences
CSVT	Kompleks Stres Vigor Testi
cm	Santimetre
dk	Dakika
g	Gram
l	Litre
mg	Miligram
mg/l	Miligram/Litre
ml	Mililitre
kPa	Kilopascal
MS	Murashige & Skoog
SD	Serbestlik derecesi
VK	Varyans kaynağı

## 1. GİRİŞ

Yalancı tahıl olarak tanımlanan (*Pseudocereals*), quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.) ve amaranth (*Amaranthus* sp.) bitkileri proteinler ve karbonhidratlar bakımından zengin içeriklerinden dolayı önemli besin kaynağı olarak bilinmektedir [1]. *Amaranthus* L. (Caryophyllales: Amaranthaceae) Ana vatani Orta ve Güney Amerika olup C4 dikotiledon bitkiler arasında girmektedir [2-4]. *Amaranthus* L. öncü türler arasında yer alması ile birlikte 70 türe sahip olup, sıcak ılıman ve tropik bölgelerde dağılışı göstermektedir [5-9]. Amaranth bitkisi kuraklık, tuzluluk ve böcek zararlıları dahil olmak üzere olumsuz çevresel koşullarına karşı toleranslı oldukları bilinmektedir [10]. Amaranth türleri yabancı ot, yem bitkisi, süs bitkisi, sebze ve tahıl olarak değerlendirilmektedir [11, 12]. Tahıl amaranth türleri, dünyanın farklı bölgelerinde önemli bir besin kaynağı olarak tüketilmektedir. Amaranth'ın tahıl olarak üretimi Aztek uygarlığına dayanmakta olup besin değeri yüksek olmasından dolayı yaklaşık olarak 10 bin yıl öncesinde "Azteklerin mistik tahılı", "Azteklerin süper tahılı" ve "Tanrının altın tahılı" olarak kaynaklarda adı karşımıza çıkmaktadır [13]. Dünyada en yaygın tahıl Amaranth türleri ise *Amaranthus cruentus* L., *A. caudatus* L. ve *A. hypochondriacus* L. dir. Tahıl Amaranth'lar günümüzde ticari olarak Meksika, Çin, Polonya, Avusturya, Hindistan ve Amerika'da üretimi yapılmaktadır [14].

Tahıl Amaranth tohumları diğer türlere nazaran daha küçük (1000 ile 3000 tohum/g), açık ve altın renkli, olup biyolojik verimi 720 ile 1320 g m<sup>2</sup> ve dane verimi 140 ile 300 g m<sup>2</sup>, hasat indeksi 0,20 ile 0,30 arasında değişim göstermektedir [15, 16]. Tanelerde % 13-21 protein, % 5 - 11 yağ, % 48 - 69 nişasta, % 3-5 lif ve % 2-5 kül içermektedir ve yağ asitlerinin içeriği ise palmitik (% 19), oleik (% 31,3) ve linoleik (% 38) asit içermektedir [17, 18]. Proteinin sindirilebilirliği yaklaşık olarak % 90 civarındadır ve genelde diğer tahıllara göre lizin ve triptofan amino asitleri bakımından daha zengindir. Tohumu iyi bir demir (72 - 174 ppm), kalsiyum (1300 - 2850 ppm), sodyum (160 - 480 ppm), magnezyum (2300 - 3360 ppm) ve çinko (36.2 - 40 ppm) kaynağıdır [19]. Ayrıca çölyak hastaları için glutensiz gıdaların hazırlanmasında tercih edilen bir üründür [11]. Bu sebeplerden dolayı bazı yörelerde halk tarafından ekmeke, erişte, krep, tahıl gevrekleri, granola, kurabiyeler gibi hamur işlerinde değerlendirilmektedir. Ayrıca, kolesterol seviyesinin düşmesine neden

olduğu görülmüştür [20, 21].

Günümüzde ise dünya enerji kaynağının % 60' ını oluşturan ve dar bir ürün yelpazesine sahip buğday, mısır, pirinç ve patates gibi bitkisel ürünlerine alternatif olarak değerlendirilebilmektedir [22].

Ancak Amarath dahil olmak üzere tahılların en önemli tarımsal üretim materyalini ve ekonomik üretimimin temelini tohum oluşturmaktadır. Bundan dolayı tahıl yetiştiriciliğinde üstün nitelik ve kaliteli tohum materyalinin kullanılması önem arz etmektedir. Yetiştirme koşullarının yanısıra tarımda kullanılan tohumun kalitesi en önde gelen faktörlerin arasında yer almaktadır. Kaliteli bir tohumda bulunması gereken kriterlerin başında canlılık (biyolojik özellik) daha sonra ise tohumun genetik yapısı, fiziksel, kimyasal ve fizyolojik özellikleri yer almaktadır [23]. Tohum canlılığı çimlendirme testleri veya güç testleri (vigor) ile laboratuvar koşullarında tespit edilmekte ve normal tohumların yüzde olarak ifadesiyle bulunmaktadır. Tohumlarının maksimum fizyolojik potansiyelinin ve gerçek kapasitesinin belirlenmesinde vigor testleri önem arz etmektedir. Ancak her bir tür için hangi güç testinin yapılmasının uygun olacağını tespit edilmesi gerekmektedir.

Güç testleri (vigor) ilk defa 1876 yılında Nobbe tarafından ortaya konmuş ve tohumculuk sektöründe yükselen bir değer olmuştur. Tohum gücü, “tohumların çimlenmesi ve ardından normal fide çıkışının sırasındaki performans ve aktivitelerini belirleyen tüm özelliklerinin toplamı” olarak açıklanmakta, bu da ekim öncesi tohum partilerinin güç düzeylerinin saptanması ve sınıflandırılması esasına dayanmaktadır [24]. Söz konusu testleri etkileyen faktörler ise önem sırasına göre genetik yapı, çevre koşulları, beslenme durumu, hasattaki tohum olgunlukları, tane ağırlığı, tohumun fiziksel bütünlüğü, tohum hücrelerindeki bozulma ve yaşlanmalar ile patojen kontaminasyonu olarak tanımlanmaktadır [25-28.]. Tohum gücünün etkilendiği dış faktörler türlere göre değişebilmektedir. Bu sebepten dolayı farklı türlerde yapılması ve belirlenmesi önem arz etmektedir. Güç testleri arasında en fazla kullanılan yöntemler arasında ise hızlı yaşlandırma ve kontrollü bozulma tersleri yer almaktadır. Fakat bu testlerin bitki türüne özgü olarak yapılması gerekmektedir. Hızlı yaşlanadırma testleri tohum canlılar canlılığın belirlenmesinde en etkin bilgilere ulaşmasında katkıda bulunmaktadır [29].

Hızlı yaşlandırma testi ilk kez, 1965 yılında J.C Delouche tarafından geliştirilmiştir. Hızlı yaşlandırma testi tohum canlılığının belirlenmesinde kullanılan bir test olarak geliştirilmiştir [30]. Hızlı yaşlandırma, bir güç testinde arzu edilen önemli özelliklerin çoğunu içermektedir. Her ne kadar, ISTA tarafından sadece soya tohumları için onaylanmış bir güç testi olsa da çok sayıda tür için uzun zamandır tavsiye edilmektedir [31, 32]. Bu testte, tohumlar belirli bir süre (48 - 144 saat), yüksek sıcaklık (41 - 45 °C) ve oransal nem (% 100 civarında) koşullarına maruz bırakılır. Bu koşullarda tutulan tohumların nem kapsamı türe bağlı olarak % 28 - 45' e kadar yükselir. Böylece tohumlar yüksek nem kapsamı ve sıcaklık koşullarında hızlı yaşlanması sağlanmaktadır. Ardından tohumlar en uygun çimlenme koşullarına aktararak yetiştirilir. Tohum gücü yüksek olduğunda yaşlandırma uygulamasından sonra çimlenmeye yetecek potansiyele sahip olacaktır. Ancak tohum gücü düşük olduğunda yaşlandırma uygulamasından sonra çimlenebilme potansiyeli az olacağından tohumlar düşük oranda çimlenecek yada hiç çimlenmeyecektir [31, 32].

Hızlı yaşlandırma testinin yanısıra kontrollü bozulma testi ise tohum gücünün belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu testin esası, hızlı yaşlandırma testine benzemektedir. Ancak kontrollü bozulma testinde, tohumlar önce petri kapları içindeki nemli filtre kağıtları üzerinde belirli sürelerde tutulur ve sık aralıklarla ağırlık yöntemine göre nem kapsamı belirlenmektedir. Türe özgü olarak istenen tohumlar yüksek sıcaklıkta (45 °C) nem kapsamı % 18 - 24' de ulaşıncaya kadar 24 ile 96 saat süreyle kapalı ortamda yaşlandırdıktan sonra canlılıklarındaki değişime göre güç sıralamasına tabi tutulmaktadır [33, 34]. Test sonucunda, fizyolojik olarak yaşlı (düşük güçte) olanların çimlenme yeteneklerinde azalma olacaktır. Kontrollü bozulma testinden sonra tohumdaki çimlenme farklılıklarına bağlı olarak farklı güç sınıflarına ayrılabilir.

Tohumlarda yaşlandırma testleri sonucunda kalite ve canlılık kaybı meydana gelmektedir. Bu durum, ise enzim inaktivasyonunu bozulması, protein yıkımı gerçekleşmesi hücresel membranların bozulmasını ve genetik bütünlüğünün bozulması ile açıklanmaktadır [35]. Bozulma oranı tohum olgunlaşması ve hasat sırasında genetik ve çevresel etkileşimlerden etkilenen tohum nemi ve tohum özellikleri ile belirlenmektedir [36]. Hızlı yaşlandırma, tohumun canlılık bozulma mekanizmasının kısa sürede, yüksek sıcaklık ve nem oranlarında



yapılmaktadır [37]. Yüksek sıcaklık ( $\geq 40$  °C), sınırlayıcı bir faktör olmasından dolayı tohumun canlılığını yitirmesine neden olmakta ve çimlenmeyi önemli ölçüde engellemektedir [36, 38, 39].

Güç testleri ile yaşlanan ve yaşlanmayan tohumlar kıyaslandığında gecikmiş çimlenme ile ortaya çıkmakta olup, daha yavaş büyüme ile devam etmektedirler. Bunun nedeninin ise yaşlanma süresine bağlı olarak tohumların rezerv oranlarının azalması olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, streslere karşın duyarlılığın artışı ve çimlenebilirlik özelliklerindeki azalışı ile kanıtlanmıştır [40-45]. Ancak bu durum bitki türüne bağlı olarak değişmektedir. Ancak günümüzde farklı amaçlara yönelik güç testlerinin geliştirilmesi yönündeki çalışmaların artırdığı izlenmektedir. Buna örnek olarak tohum gücü testlerinden yararlanarak tohum yaşlanma sürecinin arttırılması ve yaşlandırılmış tohum elde edilmesi olmuştur [38]. Ancak söz konusu tekniklerin türe bağlı olduğu ve optimizasyon çalışmalarına ihtiyaç duyulduğu ve farklı bitkilerde hızlı yaşlandırma ve kontrollü bozulma testlerinin optimize edilmesi gerektiği bilinmektedir.

Stres terimi olumsuz koşullarda normal biyolojik sisteminin işleyişinin engellenmesi anlamına gelmektedir [46]. Stres faktörleri abiyotik ve biyotik olmak üzere bitkilerin farklı yaşam süreleri boyunca, büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkilemekte ve büyüme ve gelişme dönemine bağlı tarımsal üretiminin gerçekleşmesini önemli derecede engellemekte olup, hatta % 100'e varan ürün kayıplarına yol açabilmektedirler [47].

Bunların arasından kuraklık stresi, abiyotik stres faktörlerinin başında gelmekte ve tarımsal üretiminin en önemli sınırlayıcı faktörleri arasında yer almaktadır [48]. Su yetersizliği sonucunda ve toprak neminin azalması ile ortaya çıkan kuraklık stresi bitkilerde önemli fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açarak büyüme ve vejetatif gelişimi, ürün kalitesini ve miktarını olumsuz yönde etkilemekte, hatta bitkinin ölümüne sebep olmaktadır [49]. Kuraklık stresi, su eksikliğine bağlı olarak bitkinin genetik potansiyelinin ortaya çıkmasını tamamen veya kısmen engellemektedir [50]. Bitkilerde ise gelişen dayanıklılık mekanizmalarının etkisiyle bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimler sonucunda kök sisteminin gelişmesi, stomaların sayısının azalması ve küçülmesi, yaprak yüzeylerinin daralması, bitki boyunun kısılması ve fotosentezin sabitlenmesi gibi bir takım

değişimler meydana gelmektedir [51, 52].

Ancak söz konusu dayanıklılık mekanizmaları bitki türüne ve kuraklığın şiddetine göre değişim göstermektedir. Böylece dayanıklı genotiplerin yada alternatif dayanıklı ürünlerin seçiminde dayanım/toleranslık gücünün belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu hususta farklı bitki türlerinde polyethylene glycol (PEG) uygulanması kuraklık stresinin oluşumunda bir çok araştırmacı tarafından önerilmiştir [53-55]. PEG, bulunduğu ortamın ozmotik basıncını modifiye ederek bitkinin su alımını kontrol etmekte olup, bitkilerde kuraklık stresinin oluşmasını sağlamaktadır. Ancak başarılı bir stresin oluşturulabilmesi için PEG uygulamalarının kontrollü koşullarında yapılması önem arz etmektedir. Bu hususta doku kültürü yöntemlerin kullanımı avantaj sağlamaktadır. Kuraklık stresi, *in vitro* koşullarda PEG içeren besi ortamında, kontrollü ve homojen koşullar da uygulanarak günümüzde gerçekleştirilmektedir [56, 57].

Bu çalışmada ise yaşlandırılmamış (kontrol) ve farklı sürelerde yüksek nem ve sıcaklık oranlarında suni olarak yaşlandırılmış Amaranth tohumlarının farklı dozlarda PEG içeren MS besin ortamında kültüre alarak kuraklık stresine karşı tepkileri belirlenmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Güç Testleri

Delouche ve Baskin (1973), yaptıkları çalışmada kontrollü olmayan depo şartlarında depolanan tohumların stresle karşılaştığında güçlü partilerin strese dayanıklı olabileceklerini tespit etmişlerdir. Çalışma da farklı tohum partilerinin (kavun, fasulye, soya ve mısır) çimlenme oranlarının belirlenmesinden sonra tohum partilerini 6, 12, 18 ve 24 ay kontrolsüz depo koşullarında depolanmış ve çimlenmelerine tekrardan bakıldığında ilk canlılık düzeyleri ile depolama sonrası canlılık düzeyleri arasında belirgin bir fark olduğunu gözlemlenmiştir [58].

Delouche (1973), 94 laboratuvar koşullarında soya fasulyesi tohumlarında yapmış olduğu çalışmada tohumların çimlenmesi ile tarla çıkışlarını karşılaştırmış ve düşük çimlenme gösteren tohum partilerinin tarla performansının da zayıf olduğu kanısına varmıştır. Çimlenme oranları % 90-94 arasında olan tohum partilerinin tarla çıkış oranı % 48 civarında olurken çimlenme oranı % 85 - 89 arasında olan tohum partilerin tarla çıkış oranları % 25 civarında olmuş ve çimlenme oranı % 85' ten aşağı olan tohum partilerde ise hiç çıkış olmadığı tespit etmiştir [59].

Ellis ve Roberts (1980) tohum gücünün, tohumun yaşının ve canlılığının belirlenmesinde önemli etkenlerden olduğunu belirtmektedirler. Tohumun yaşlanmasında ise çimlenme oranının azalması ve tohumun bozulmasının etki ettiğini belirtmişler [60].

McDonald (1980)'a göre, vigor testinin amacı, tohum kalitesini belirleyebilmek ve çimlenme performansı bakımından tohum partilerinin birbirine uygun sıralamasını sağlayabilmek amacıyla tekrar edilebilir, objektif, hızlı, ekonomik ve pratik olması şeklinde ifade etmiştir [61].

Perry (1980)' e göre, 'Çıkış Gücü' kavramı 'Tohum Gücü' nün karşılığı olarak açıklamaktadır. Tohum gücünün ise tek başına ölçülebilir bir özellik olmamakla birlikte, tohum performansı ile bir arada tanımlanan bir kavram olduğunu belirtmiştir [62].

Roberts (1984) tohum partileri içerisinde farklı çimlenme kabiliyetine sahip tohumlarının bulunmasının kalite farklılıklarının belirlenmesinde, çimlenme testinin yetersiz kaldığını gösteren sınırlamaların başında geldiğini ifade etmiştir [22].

Barla ve Dolinka (1988), mısır ve buğday tohumları çalışmalarında stres vigor testi uygulaması yapmıştır ve bu çalışmada, % 0,15 sodyum hipoklorit ihtiva eden buğday taneleri 2 gün 20 °C' de, daha sonra iki gün 2 °C' de; mısır taneleri ise 2 gün 25 °C de, daha sonra iki gün de 50 °C' de suda ıslatılmışlar, ıslatma süresi bitiminde tohumlar, rulo kağıtlarda 96 saat, 20 °C veya 25 °C'de kökçük belirene kadar çimlendirmişlerdir. Kompleks stres vigor testine ait sonuçlarına göre; geleneksel soğuk test, hızlandırılmış yaşlanma ve iletkenlik testi ile karşılaştırmışlar ve elde edilen sonuçlara göre; CSVT sonuçları, tohum partilerinin genel fiziksel durumunu ve ISTA'nın önerdiği güç tanımını yansıttığını belirtmişlerdir. Mısır erken veya normal ekim tarihinde (1 ve 16 Nisan) ekildiğinde CSVT değerleri ile tarla çıkışı arasındaki korelasyonun geleneksel metotlardan daha yüksek ve önemli olduğunu, vigor gücünün tane verimi ile ilgili olmadığını saptamışlardır [63].

Copeland ve McDonald (1995), tohumun ticari olarak üretiminde vigor testlerinin önemini vurgulamışlardır [64].

Lovato ve Balboni (1997), mısır tohumunda tohum gücünün tarla veya laboratuvar koşullarında belirlenmesi amacı ile yapmış olduğu çalışma sonuçlarına göre, tohum gücünden düşükse tarla performansı hakkında bilgi vermeyeceğini, standart çimlenme testinin ise uygun şartlarda ekim yapılması tarla çıkışı ile korelasyonunun düşük olduğunu, soğuk test ve kompleks stres vigor testinin tarla çıkışı ile büyük bir farklılık gösterdiğini ve tohum partileri arasındaki farklılığa bağlı olarak ambarlarda muhafaza edilen tohumların kalitesi 1 yıllık depolamadan sonra azalma gösterdiğini tespit etmişlerdir [65].

## **2.2. Kontrollü Bozulma ve Hızlı Yaşlandırma**

Hızlı yaşlandırma testinde tohumların 40 - 45 °C sıcaklık ve 48 - 144 saat oransal nemde bekletilmesi sonucunda tohum canlılıklarında bir değişim gösterdiği görülmektedir.

Uygulamalar sonunda tohum partileri ile çeşitler arasında yüksek performans olduğunu belirtmiştir [30, 66].

Delouche ve Baskin (1973), bir tohum partisinin genetik farklılıkları dışında depolanabilirlik potansiyeli ile depolama öncesi bozulmasını tarlada olgunlaşma süresi ile ilişkilendirmişler ve dolayısıyla depolanabilirliğin tohum partilerinde fizyolojik kalite ile ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, bu çalışmalarında tohum partilerinin standart çimlendirme testleri ile depo ömürlerinin karşılaştırılmayacağını, ancak hızlı yaşlandırma testi ile depolama yetenekleri hakkında ön bilgi edinilebileceğini bildirmişlerdir [58].

Hampton ve ark. (1992), fasulye ve mungo fasulyesindeki çalışmalarında, kontrollü bozulma testini farklı iki türün tohum partilerinin sınıflandırmasında kullanmışlardır. Bu iki fasulye türü için uygulama sıcaklık ve süreleri 45 °C sıcaklıkta 48 saat iken mungo fasulyesinde % 20, fasulyede ise, % 22 nem uygulanmıştır. Araştırma sonucunda kontrollü bozulma testi ile her iki türde tohum gücü düşük olan tohum partilerinin belirlenebileceği tespit edilmiştir. Test sonuçlarının fasulyede tarla çıkışı ile ilişkisinin bulunduğu tespit edilirken, mungo fasulyesinde bu ilişkinin istatistiki olarak önemsiz olduğu görülmüştür [67].

Modarresi ve TeKrony (2002), buğday tohumları ile yapmış oldukları çalışmada tohumlara yaşlandırma testleri uygulamışlar ve standart çimlenme ile elektriksel iletkenlik testini kıyaslamışlardır. Elektriksel iletkenlik ile hızlı yaşlandırmada arasında önemli bir ilişki görülmemiştir. 45 °C sıcaklıkta 96 saatte çimlenme bakımından yüksek oranda düşüş görülmüştür. 41 °C sıcaklıkta 96 saat, 43 °C sıcaklıkta 72 saat, 45 °C sıcaklıkta 72 saat yaşlandırma testlerinde ise partiler arasında istatistiksel olarak bir fark görmemişlerdir. ( $r=0,95$ ,  $P<0.001$ ) [68].

Steiner ve Stahl (2002), küçük olan tohumların kontrollü bozulma testlerinin tohum partilerinin sınıflandırılması için kullanılabilirlik durumunu araştırmışlardır ve bu çalışmada çavdar türünde ait farklı genetik özelliklere sahip altı tohum partisi arasındaki güç farklılığını belirlemek amacıyla 45 °C sıcaklıkta, % 20 nemde 24 saat süre ile kontrollü bozulma testi uygulanmışlar ve sonuç olarak kontrollü bozulma testi ile güç farklılıklarının tespit edilebileceğini gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar 80 günlük depolamanın 24 saatlik

kontrollü bozulma testine eş değer olduğunu tespit etmişlerdir [69].

Moderssi ve Van Damme (2003), kontrollü bozulma testi için buğdayda optimum nem, süre ve sıcaklık varyasyonlarının belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, kontrollü bozulma testi uygulamasında 45°C sıcaklık, % 18 nem ve 72 saat süre kombinasyonunun tohum gücü farklılıklarının ortaya konulmasında en etkili kombinasyon olduğu kanısına varmışlardır [70].

Hampton ve ark. (2004), bezelye (*Pisum sativum* L.) tohumlarında farklı süre ve sıcaklık kombinasyonlarının uygulanmasıyla hızlı yaşlandırma testini uygulamayı hedeflemişlerdir. İlk denemede Aztec çeşidi ile 2 tohum partisi kullanılmış ve tohumlar, farklı süre (48, 72 ve 96 saat) ve sıcaklık (41 °C, 42 °C ve 45 °C) ile yaşlandırılmıştır. 45 °C sıcaklıkta 72 ve 96 saat uygulamalarında yaşlandırma sonucu partilerde tohum ölümü gerçekleşmiştir. Başka bir denemede ise Aztec ve Princess çeşitlerinde 3 tohum partisi kullanılmıştır. Tohum partilerinin 2 denemede de başlangıç canlılıklarına sahip olduğu gözlenmiştir. Partiler arasında güç farklılıklarını belirlemek amacıyla tohumlar, yaşlandırma işlemi uygulamalarında 41 °C ve 42 °C' sıcaklıkta 48, 72 ve 96 saat uygulamaya tabi tutulmuştur. 42 °C'de 96 saatte ölüm meydana gelmiştir. Çalışma sonucunda yaşlandırma sıcaklığı süreleri arttığında çimlenme yüzdelerinde azalma görülmüştür. Sıcaklık ve süre kombinasyonlarında çeşit ve partiler arasında farklılıklar meydana gelmiş ve 41 °C ve 72 saat periyodunun partiler arasında geniş dağılım gösterdiği tespit edilmiştir [71].

Singhabumrung ve Juntakool (2004), Tayland' da üretilen şeker mısırı tohumlarına, tarla çıkış tahmini ve laboratuvar koşullarında güvenilirliğini tespit etmek için hızlı yaşlandırma uygulamış ve hızlı yaşlandırma testi kombinasyonu olarak üç farklı sıcaklık (41, 43 ve 45 °C) ve bu üç ayrı sıcaklığın denendiği süre uygulamaların (48, 72, 96 saat) göre kompleks stres vigor testi sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Hızlı yaşlandırma testinde 43 °C / 72 saat kombinasyonu ile tarla çıkışı arasında yüksek korelasyon tespit etmişlerdir [28].

Diederrichnen ve Jones- Flory (2005) yapmış olduğu ketende yapmış oldukları çalışmada, 42 °C sıcaklıkta 48 ve 72 saat süreyle hızlı yaşlandırma testi uygulamışlar ve genotipik farklılıkları incelemişlerdir. Çeşitlerin ilk nemleri % 5,2 – 7,6 arasında 4. Gün başlangıç

canlılıkları % 61 - % 88 arasında 7. gün başlangıç canlılıkları ise % 87 - % 96 arasında değişmiştir. Tohumlar 48 ve 72 saat yaşlandırma testi sonrasında 7 gün sonunda alınan sayımlarda çimlenme değerindeki düşüş sırasıyla % 0 – 72,8 ve % 61,51 arasında değişkenlik göstermiştir. 72 saat yaşlandırma sonrası 4 günlük çimlenme sonrasında genotipler arasında önemli farkının olmadığı gözlenirken, 48 saat yaşlandırmadan sonra çimlenme oranındaki değerlerin düşüşü önemli bulunmuştur. Ayrıca tohum partilerinin ortalama nem değerinin 48 saat sonunda % 6,3' ten % 25,9' a yükseldiği 72 saat sonunda ise % 37,1' e yükseldiği belirlenmiştir [72].

Amirnia ve ark. (2011), buğday da yapmış olduğu çalışmada; yaşlandırılmış buğday tohumlarının çimlenme oranları üzerine farklı priming uygulamalarının etkisinin bulunmasını hedeflemiştir. Denemede su buharıyla doymuş ortamda buğday tohumları ortamda ve 40°C sıcaklıkta 72 saat süresince hızlı yaşlandırma testine tabi tutulmuştur. Yaşlanmış tohumlar % 1 KNO<sub>3</sub>, % 1 KCl, % 1 NaCl ve saf su ile ön muamele uygulayarak çimlendirilmiştir. Sonuçlara göre priming çimlenme oranını etkilememiştir. Fakat çimlenme homojenliğini ve çimlenme hızı üzerinde olumlu etki meydana getirmiştir. Çimlenme en çok % 1 KCl ve % 1 KNO<sub>3</sub> muamelesi ile sağlanmıştır [73].

### **2.3. Kuraklık Stresi**

Dell'aquila (2000), mercimek tohumlarında yapmış olduğu çalışmada tuz ve sıcaklık uygulamasının sıcak-şok uygulamaları ile protein sentezi ve çimlenme üzerindeki etkisini açıklamayı hedeflemiştir. Mercimek tohumları 30 – 40 °C sıcaklığa maruz bırakılarak her biri ayrılarak yada birleştirilerek 0,1; 0,2 ve 0,3 M NaCl yada % 34,1 (m / v) PEG - 8000' de 6-12 saat arasında tutulmuş ve sonuç olarak çimlenmelerinin düştüğü belenmiştir. 20 - 40 °C' de tuz konsantrasyonları artırılarak 12 saatte tutulan mercimeklerde metionin içeriği düşerken, 30 °C' de sadece 0.3 M' lık NaCl uygulaması protein sentezini az da olsa engellediğini açıklamıştır [74].

Alexieva ve ark. (2001), buğdayda 7 gün, bezelyede ise 10 gün boyunca % 10 PEG 6000' de bitkilerin kuraklık stresine karşı göstermiş olduğu değişimleri incelemiştir. Her iki bitki için yaş ve kuru ağırlıkları incelendiğinde kontrol bitkilerine göre kayıpların olduğu

gözlemlerken, yaprak su içeriğinde azalma olduğu belirlenmiştir [75].

Giri ve Schillinger (2003), laboratuvar koşullarında 2 kışlık buğday çeşidinin tohumlarına ön uygulama yapmışlardır. Ön uygulamada 10 polietilen glikol (PEG) kimyasal uygulamıştır. Çalışma sonunda ise priming boyunca çeşitler arasında çimlenme oranlarında farklıklar olduğu tespit edilmiştir. Buğday tohumlarında priming uygulamalarının çimlenme ve çıkış performanslarını büyük oranda etkilediğini saptamışlardır [76].

Liu ve Stützel (2004)'in 4 farklı Amarant bitkisinde yaptıkları kuraklık stresi çalışmasında kuraklık stresin bitki yaprak alanı ve kuru ağırlığında azalmalara neden olduğunu belirlemişlerdir [77].

Sanchez ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada PEG 6000 uygulaması ile oluşturulan kuraklık stresinin bezelye epikotillerinin gelişiminde azalmalara sebep olduğunu, gelişim ve ozmotik düzenleme ile turgor düzenlenmesi arasındaki korelasyonunda etkili olduğunu bildirmişlerdir [78].

Türkan ve ark. (2005), fasulye (*Phaseolus vulgaris*) ve tepary bean (*Phaseolus acutifolius*) türlerinin Polyethylene glycol (PEG) ile yaptıkları kuraklık stresi çalışmasında; 14 gün boyunca devam eden stres koşullarında, kök ve gövde kuru ağırlıklarında önemli farklılıklar gözlemlendiğini, yaprak nispi nem içeriği ve stoma geçirgenliği bakımından tepary bean (*Phaseolus acutifolius*) türünün kuraklık stresine karşı daha dayanıklı olduğunu bildirmişlerdir [79].

Van den Berg ve Zeng (2006), çim çeşidlerinde PEG 6000 ile oluşturdukları kuraklık stresi çalışması sonucunda 0,3 MPa stres koşullarında üç çeşitte de çimlenme oranında ve sürgün uzunluğunda azalma meydana geldiğini ve kök gelişimlerinde ise önemli farklılıklar olduğunu belirlemişlerdir [80].

Kaydan ve Yağmur (2008), Presto tiritikale çeşidinde PEG 6000 uygulaması ile oluşturulan kuraklık stresi sonucunda kuraklık stresin çimlenme ve fide özelliklerini önemli derecede azalttığını belirlemişlerdir [81].



Farsiani ve Ghobadi (2009), sert ve şeker mısırında çimlenme ve erken fide döneminde tuz stresinin PEG uygulamasından daha etkili olduğunu ve şeker mısırın her iki stres faktörüne toleranslı olduğu tespit edilmiştir [82].

Hamidi ve Safarnejad (2010), 6 farklı yonca genotipinde ve farklı ozmotik potansiyel düzeylerinde (0, -3, -6 ve -9) çimlenme üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada -9 bar stres koşulunda çimlenme oranında, fide oluşum oranında artışlar ve sürgün ve kök uzunluklarında ise önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir [83].

Tsago ve ark. (2013), çalışmalarında sorgum bitkisinde farklı genotipleri *in vitro* koşullarında farklı PEG dozlarında (0, 0,5; 1,0; 1,5 ve 2.0 % (w / v)) kuraklık stresine tabi tutmuşlardır. Elde edilen kalluslarda farklı parametreler incelemişlerdir. Sonuçlarına göre kuraklık stresine karşı Gambella-1107 ve Melkam çeşitlerinin dayanıklı olduğu görülmüştür [84].

Muscolo ve ark (2014), 4 farklı mercimek tohumlarına beş dozda (% 0, % 10, % 15, % 18 ve % 21) Polietilen glikol (PEG-6000) uygulaması yapmış ve daha sonra 24, 48 ve 72 saat içinde farklı parametreleri değerlendirmişlerdir. Artan kuraklıkla çimlenmenin tüm çeşitlerde gerilediği görülmüş. Kuraklığa duyarlı Ustica ve Pantellerya' da çeşitlerinin kuraklıktan daha fazla etkilendiği görülmüştür [85].

Vibhuti ve ark. (2015), çeltik çeşitlerinin tuz ve kuraklık stresine karşı tepkilerini incelemiş oldukları çalışmada, su stresine bağlı olarak çimlenme oranının değişim gösterdiği, su stresinin artmasına bağlı olarak sap uzunluğu, sap kuru ağırlığı, kök uzunluğu, sap yaş ağırlığı ve kök yaş ağırlıklarının tüm çeşitlerde azaldığını belirtmişlerdir [86].

Swathi ve ark. (2017), farklı manş fasulyesine uygulamış oldukları osmatik basınç ve su stresi ile sap uzunluğunun ve çimlenme oranlarının azaldığı kök uzunluğunun ise artmış olduğunu belirtmişlerdir [87].

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Bitki Materyali**

Araştırma Uşak Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tarımsal Biyoteknoloji Laboratuvarı' nda 2017 ve 2018 yılları arasında yürütülmüştür. Araştırmada 2017 yılında ticari olarak temin edilen *Amaranthus hypochondriacus* bitki tohumları kullanılmıştır.

#### **3.2. Çalışmada Kullanılan Ortamlar ve Sterilizasyon Koşulları**

Çalışmada tohumların çimlenmesi ve bitkilerin rejenerasyonu *in vitro* koşullarda % 3 sukroz ve % 0.6 agar ile katılaştırılan Murashige ve Skoog (MS) besin ortamında gerçekleştirilmiştir. Besin ortamının pH' sı 1 N NaOH ve 1 N HCl kullanılarak 5.8' e ayarlanmıştır. Çalışmada kullanılan besin ortamı, kültür kapları, saf su, yaşlandırma testlerinde kullanılan malzemeler ve gerekli diğer ekipmanlar TOMY SX-7000 otoklav cihazında 118 kPa basınç altında, 121 °C' de, 20 dk boyunca bekletilerek sterilizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Petri kutuları ve cam malzemeleri ise etüvde 180 °C' de, 2 saat boyunca bekletilerek steril edilmiştir.

#### **3.3. Tohumların Homojenliğinin Sağlanması**

Güç testine tabi tutulan tohumların uniform ve benzer olması denemenin sağlıklı bir şekilde yürütülmesinde önem arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada tohum ağırlıklarına bakılarak materyalin homojenliği sağlanmış ve her uygulamada 100'er adet tohum kullanılmıştır.

#### **3.4 Tohumların Yüze Sterilizasyonu**

*In vitro* çalışmalarında, bitkisel materyallerin yüzelelerinde bulunan ve kontaminasyona neden olan bakteri, virüs ve mantar gibi zararlıların uzaklaştırılması önem arz etmektedir [88]. Ancak sterilizasyon işleminde uygulanan kimyasalların, mikroorganizmaların yanı sıra bitkisel materyalinin de zarar görmesine neden olabilmektedirler. Bu nedenle tohumların

sterilizasyon işlemlerinde, uygun dezenfektan dozu ve uygulama süresinin belirlenmesi amacı ile daha önce homojenitesi sağlanan Amaranth tohumları 15 dk süre ile % 10, % 20 ve % 30 oranlarında ticari çamaşır suyunda (% 5 NaOCl) bekletilerek ardından steril saf su ile 3 × 5 dk boyunca durulama işlemi yapılmış ve besi ortamlarında bir hafta boyunca kültüre alınmıştır. Deneme dört tekerrür ve her tekerrür de 25 tohum gelecek şekilde kurulup yürütülmüştür. Bir hafta sonra bulaşık ve çimlenme oranları değerlendirilmiş ve en iyi dezenfektan dozu ve süresi belirlenmiş ve çalışmanın devamında yüzey sterilizasyonunda kullanılmıştır.

### **3.5. Güç Testlerin Uygulanması**

Sterilizasyon aşamasından sonra tohumlar önceki ağırlıklarına ulaşmaya kadar oda sıcaklığında ve steril petri kutularda oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra, her uygulamaya ait tohumlar hızlı yaşlandırma ve kontrollü bozulma testlerine tabi tutulmuştur. hızlı yaşlandırma üç farklı sıcaklıkta ayrı denemeler olarak kurulmuştur. Ayrıca kontrollü bozulma testi iki farklı nemde tek sıcaklıkta ayrı denemeler halinde uygulanmıştır.

#### **3.5.1. Hızlı Yaşlandırma Testi**

Hızlı yaşlandırma testi resim 3.1.' de görüldüğü gibi su kabı içerisinde yerleştirilmiş 10 x 10 x 3 cm ebatlarında ayaklı metalik tel örtülü düzenekte gerçekleştirilmiştir. Steril tohumlar tek katlı olarak steril kabin içerisinde yaşlandırma düzeneğine yerleştirilmiştir. Yüksek oransal nem oluşturabilme amacıyla su kabının içerisine 300 mL steril saf su konulmuş, nem kaybını ve sterilizasyon muhafızası için steril alüminyum folyo ile kapatılmış ve streç film ile sarılmıştır.

Her bir partideki tohumlar 40, 45 ve 50 °C' de 24, 48, 72 ve 96 saat süre ile bekletilmiştir. Belirtilen süreler sonunda kontrol olarak düşünülen tohumlarla birlikte hızlı yaşlandırmaya maruz bırakılan tohumlar MS ortamı içeren steril magenta kutulara aktarılmıştır. Her deneme 4 tekerrür ve her tekerrürde 25 tohum gelecek şekilde yürütülmüştür [14].



Resim 3.1. Yaşlandırma ve kontrollü bozulma güç testlerinde kullanılan ekipman

### 3.5.2. Kontrollü Bozulma

Kontrollü bozulma testinde ilk önce tohum partilerinin nemi iki ayrı uygulama olarak % 18 ve % 24' e tohumların ağırlıklarından faydalanılarak ayarlanmıştır. Daha sonra dışarıdan nem alış verişini engellemek için alüminyum karışumlu hava geçirmeyen malzeme ile hermetik olarak paketlenmiştir (Resim 3.2.).



Resim 3.2. Tohumların alüminyum karışumlu hava geçirmeyen paketlere konulması

Daha sonra % 18 ve % 24 oranında nem içeren tohumlar 40 °C sıcaklıkta ve 24, 48, 72 ve 96 saat boyunca kontrollü bozulma testine maruz bırakılmıştır. Belirtilen süreler sonunda

tohumlar paketlerinden çıkartılarak, besi ortamında ve  $4 \times 25$  (tekerrür / adet) tohum üzerinden kültüre alınarak çimlendirme testleri yapılmıştır [89]. Tüm denemeler iklim dolabında ve 16 saat ışık ve 8 saat karanlık fotoperiyodunda  $24 \pm 1$  °C' de bekletilmiştir.

Çimlenen tohum sayımları 14. gün boyunca günlük olarak yapılmış ve 21. gün sonunda normal fidelerde aşağıda belirlenen parametrelerin ölçümleri yapılmıştır.

### **3.6. Fizyolojik Parametrelerin Ölçümü ve Analizleri**

#### **3.6.1. Çimlenme Oranı (%)**

Çimlenen tohumlar her gün aynı saatte sayılmıştır. Kökçük 2 mm' ye ulaştığında tohum çimlenmiş olarak kabul edilmiştir [90, 91]. Çimlenme tamamlandığında, çimlenme oranı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Çimlenme oranı (\%)} = \frac{\text{Toplam çimlenen tohum sayısı}}{25} \times 100$$

#### **3.6.2. Ortalama Çimlenme Süresi (gün) (OÇS):**

Ortalama Çimlenme Süresi (gün) (OÇS) ISTA (2003)'den yararlanılarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{OÇS} = \frac{\sum (D.n)}{\sum n}$$

Formülde;

OÇS: Ortalama çimlenme süresi

n: D Gündeki çimlenen tohum sayısı

D: Çimlenme testi başlangıcından itibaren geçen gün sayısı.

### **3.7. Fide Ölçüm, Sayım, Tartım ve Analizler**

Tüm denemelerin fide ölçüm, sayım, tartım ve analizleri 21. günün sonunda yapılmıştır.

Fide ölçümlerinde ise; sürgün boyu (cm), hipokotil uzunluğu (cm), yaprak sayısı (adet), bitki yaş ağırlığı (g), bitki kuru ağırlığı (mg), kök uzunluğu (cm) ve fide başına düşen kök sayısı (adet), sürgün sayısı (adet) parametreleri ölçülmüştür. Ölçümler yapılmadan önce besi ortamından kaynaklı kalıntılar temizlenmiştir.

### **3.7.1. Sürgün Boyu (cm)**

Kök boğazı bölgesinden uç kısma kadar olan uzaklık cetvel yardımıyla ölçülmüş ve cm olarak kaydedilmiştir.

### **3.7.2. Yaprak Sayısı (adet)**

Fide başına oluşan yapraklar adet olarak sayılarak belirlenmiştir.

### **3.7.3. Fide Yaş Ağırlığı (g)**

Her bir fide sökülüp temizlendikten sonra hassas terazide (0,0001 grama duyarlı) gram olarak tartılarak bulunmuştur.

### **3.7.4. Fide Kuru Ağırlığı (mg)**

Yaş ağırlıkları belirlenen örneklerin 45 °C etüvde 2 gün süreyle kurutulduktan sonra zaman kaybetmeden hemen tartılmasıyla mg olarak belirlenmiştir.

### **3.7.5. Kök Uzunluğu (cm)**

Bitkideki en uzun kök ölçümü yapılarak kök uzunluğu cm cinsinden belirlenmiştir.

### **3.7.6. Fide Başına Düşen Kök Sayısı (adet)**

Köklerin sayılmasıyla adet olarak belirlenmiştir.

### **3.7.7. Sürgün Sayısı (adet)**

Sürgünlerin sayıları adet olarak belirlenmiştir.

### **3.7.8. Hipokotil Uzunluğu (cm)**

Bitkinin hipokotili cetvel yardımı ile ölçülmüş ve cm olarak ifade edilmiştir.

### **3.7.9. Yaprak Sayısı (adet)**

Fide başına oluşan yapraklar sayılarak adet olarak belirlenmiştir.

## **3.8. PEG Uygulaması (Kuraklık Stresi)**

Kontrol (yaşlandırma yapılmamış) ve yaşlandırma testleri sonucu performanslarında önemli düşüş olan amaranth tohum lotları kuraklık stresine tabi tutulmuştur. Kuraklık stresinin çimlenme ve fide oluşum üzerine tepkisinin belirlenmesi amacıyla 21 gün boyunca % 0, % 10, % 20 ve % 30'luk polietilen glikol ( PEG 6000) dozları *in vitro* koşullarında % 1.5 sukroz içeren ve % 10 gelrite (gellan gum) ile katılaştırılan MS besin ortamında kültüre alınmıştır.

### **3.8.1. Kuraklık Stresi Sonucunda Yapılan Ölçümler ve Analizleri**

Kuraklık denemesi sonucunda çimlenme oranları ve farklı parametrelerin analizi 3.6. ve 3.7.'de anlatıldığı şekilde ölçülmüştür.

### **3.8.2. İstatistik Analizleri**

Denemeler, faktöriyel deneme desenine göre kurulmuştur. Her muamelede 4 tekerrür ve her tekerrürde 25 tohum olacak şekilde yürütülmüştür. Elde edilen veriler, IBM SPSS 21 bilgisayar programı aracılığıyla One Way ANOVA kullanılarak varyans analizi yapılmış ve Post hoc Duncan testi ile gruplandırılarak ortalamalar arasındaki farklar belirlenmiştir.

## **4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**

### **4.1. Amaranth Tohumlarının Yüzey Sterilizasyonu**

Doku kültürü çalışmalarında tohumların mantar, bakteri ve benzeri organizmalarından arındırılması için gerekli dezenfektan dozunun ve sterilizasyon süresinin belirlenmesi oldukça önemlidir [92]. Yüzey sterilizasyonunda hidrojen peroksit, gümüş nitrat, civa, sodyum hipoklorit gibi kimyasallar yer almakta fakat bunlar arasında sodyum hipoklorit (çamaşır suyu) en yaygın olarak kullanılmaktadır [93]. Ancak, yapılan çeşitli doku kültürü çalışmalarında sterilizasyon amaçlı kullanılan NaOCl, çimlenmeyi doğrudan etkilediği ve engellediği belirtilmiştir. Bu hususta en düşük ve en etkili dezenfektan konsantrasyonunun belirlenmesi gerekmektedir [88]. Bu nedenle, çalışmada ilk önce en uygun dezenfektan dozu ve uygulama süresi belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmada Amaranth tohumlarının yüzey sterilizasyonu, oda sıcaklığında ve ticari çamaşır suyu (% 5 NaClO) ile 15 dk boyunca % 10, 20 ve 30 oranlarda gerçekleştirilmiştir. Daha sonra steril saf su ile 3'er kez 3 dk boyunca durulama yapılmıştır. Steril edilen tohumlar, % 3 (w/v) sukroz içeren ve % 0.6 (w/v) agar ile katılaştırılmış MS besin ortamında kültüre alınmıştır. Tüm kültür ortamları  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 16 saat ışık ve 8 saat karanlık fotoperiyodunda bir hafta boyunca bekletilmiştir. Daha sonra, steril edilmiş olan tohumlar; bulaşıklık, tohum çimlenme yüzdesi (%) ve gelişen fide oranı (%) bakımından değerlendirilmiş ve en uygun dezenfektan dozu belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre uygulanan farklı çamaşır suyu oranlarında her hangi bir bulaşıklık söz konusu olmamıştır. Ancak uygulanan %10' luk çamaşır suyunda daha fazla çimlenen tohum yüzdesi (%) ve gelişen fide yüzdesi (%) tespit edilmiştir. Bundan dolayı % 10 çamaşır suyu ve 15 dk süre ile yapılan sterilizasyon en uygun doz ve süre olarak belirlenmiş ve çalışmanın devamında kullanılmıştır.

### **4.2. Güç Testlerin Uygulanması**

#### **4.2.1. 40 °C' de Hızlı Yaşlandırma Testinin Etkileri**



Çalışmada 40 °C' de, farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen sonuçlar ile ilgili yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Amaranat tohumlarına 40 °C' de ve farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen varyans analiz sonuçları

VK	SD	Çimlenme oranı (cm)		Kök uzunluğu (cm)		Fide başına düşen kök sayısı (adet)		Sürgün boyu (cm)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Saatler	4	157,20	3,75**	0,04	0,22	0,27	4,22**	0,22	3,33**
Hata	15	41,87		0,17		0,06		0,07	
Genel Toplam	19								
Varyasyon Kaynakları	SD	Sürgün sayısı (adet)		Yaprak sayısı (adet)		Hipokotil uzunluğu (cm)		Fide yaş ağırlık (g)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Saatler	4	0,49	12,64*	0,49	12,64*	1,46	20,74**	0,32	47,20**
Hata	15	0,04		0,04		0,07		0,01	
Genel toplam	19								
Varyasyon Kaynakları	SD	Fide kuru ağırlık (g)		OÇS (gün)					
		KO	F	KO	F				
Saatler	4	0,00	43,41*	0,65	10,70*				
Hata	15	0,00		0,06					
Genel toplam	19								

\*\* $P \leq 0,01$  düzeyinde önemli

Çizelge 4.1.' de görüldüğü gibi kök uzunluğu hariç diğer parametrelerde farklı saat uygulamalarının ortalama değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak % 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). İstatistiki olarak önemli bulunan ortalama değerler arasındaki farklılığın belirlenmesinde Post hoc Duncan testi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.2.' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Amaranat tohumlarına 40 °C' de ve farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen Post hoc Duncan testi sonuçları

Uygulama saatleri (sa)	Çimlenme oranı (%)	Kök uzunluğu (cm)	Fide başına düşen kök sayısı (adet)	Sürgün boyu (cm)	Sürgün sayısı (adet)	Yaprak sayısı (adet)	Hipokotil uzunluğu (cm)	Fide Yaş ağırlığı (g)	Fide Kuru ağırlığı (g)	OÇS (gün)
kontrol	94,00a	6,02a	2,05a	1,41a	1,15bc	2,64bc	4,90a	0,94b	0,06b	2,36b
24	92,00ab	6,06a	2,13a	1,35ab	1,94a	3,34a	4,34b	1,13a	0,09a	1,71c
48	83,00bc	5,88b	1,76ab	1,27abc	1,43b	2,59c	4,35b	0,66c	0,05c	2,40b
72	85,00abc	5,84b	1,60b	0,94bc	1,43b	2,66bc	3,56c	0,56cd	0,04cd	2,30b
96	79,00c	5,87b	1,56b	0,90c	1,03c	3,08ab	3,45c	0,44d	0,03d	2,85a

\*\* Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalama değerler arasındaki farklılıklar Post hoc Duncan testine göre 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre 40 °C' de hızlı yaşlandırma testinin farklı saat uygulamalarında çimlenme oranlarının % 79-94 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. En fazla çimlenme oranı kontrol gruplarında izlenirken en düşük ortalama değerler ise 96 saat hızlı yaşlandırma süre sonucunda elde edilmiştir. Çizelge 4.2' de görüldüğü gibi uygulama sürelerinin artması ile genel olarak tohum çimlenme oranlarında bir azalma olduğu görülmektedir.

Çalışma sonuçlarına göre kök uzunlukları 5,84 – 6,06 cm arasında değişmektedir. Kök uzunluğu bakımından en uzun kökler 24 saat ve kontrol uygulanmasından elde edilmiş ve istatistiksel olarak aynı grupta yer almış olup, benzerlik göstermiştir. Diğer saat uygulamaları arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı, aynı grup içerisinde yer aldıkları ve kök uzunlukları açısından benzerlik gösterdikleri görülmektedir.

Kök sayıları 1,56 – 2,13 adet arasında değişim göstermiş olup, sırasıyla kontrol, 24 ve 48 saat yaşlandırma süre muameleleri arasında istatistiksel olarak herhangi farklılık olmadığı ve aynı grup içerisinde yer aldıkları görülmektedir. Ayrıca, 72 ve 96 saat uygulaması yaşlandırma testi sonuçlarında önemli derecede düşüşler izlenmiş ve istatistiksel açıdan farklılık göstererek aynı grupta yer almıştır.

Sürgün boyları 0,90 - 1,41 cm arasında değişmiştir. En uzun sürgünler kontrol, 24 saat ve 48 saat süre uygulamalarından elde edilmiş ve istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır. Ayrıca en kısa sürgün boyu ise 96 saat süre uygulamasından elde edilmiştir.

Sürgün sayısına bakıldığında en düşük sayımlar 96 saat süre uygulamada elde edilirken en fazla sürgün sayısı 1,94 adet ile 24 saat yaşlandırma süresinde elde edilmiştir. Kontrol grubu dışındaki uygulama sürelerin kıyaslanması sonucunda yaşlandırma süresinin artması sürgün sayılarının azalmasına neden olmuştur.

En fazla yaprak sayısı 3,34 adet ile 24 saat yaşlandırma süresinde izlenirken en düşük yaprak sayısının ise 2,59 adet ile 48 saat yaşlandırma süresinde olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre kontrol grubu ve uygulama süreleri arasında düzensiz bir değişim olduğu görülmektedir.

Hipokotil uzunlukları 4,90 – 3,45 (cm) arasında değişmektedir. En uzun ve en kısa hipokotiller sırasıyla kontrol grubu ve 96 saat süre uygulamasında olduğu görülmektedir. Hipokotil uzunlukları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak kontrol ve ilerleyen uygulama süreleri ile hipokotil uzunluklarının belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir.

Fide yaş ağırlıkları 0,44 – 1,13 g arasında değişim göstermektedir. En fazla ve en kısa yaş ağırlık sırasıyla 24 saat ve 96 saat uygulamalarından elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kontrol grubu ve uygulama süreleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve 24 saat uygulama süresi hariç diğer sürelerde düzenli bir azalma görülmüştür.

Fide kuru ağırlıkları incelendiğinde fide yaş ağırlığı sonuçları ile paralellik göstermektedir. Fide kuru ağırlıkları 0,03 - 0,09 g arasında değişim göstermiştir. En fazla kuru ağırlık 24saat süre uygulamada elde edilirken en düşük kuru ağırlık 96 saat uygulamasında elde edilmiştir.

Ortalama çimlenme süresi (OÇS) ise 2,85- 1,71 gün arasında değişim göstermektedir. Uygulama süreleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuş ve 3 farklı grupta yer almıştır. En erken ortalama çimlenen tohum 24 saat uygulamasında izlenirken en geç ortalama çimlenme süresi ise 96 saat uygulamasından elde edilmiştir.

#### **4.2.2. 45 °C' de Hızlı Yaşlandırma Testinin Etkileri**

Çalışmada 45 °C' de yapılan hızlı yaşlandırma testinin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3' de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi farklı uygulama sürelerinin etkileri altında kök uzunlukları bakımından istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmamış iken sürgün boyu, fide başına düşen kök sayısı, yaprak sayısı, hipkotil uzunlukları, yaş ağırlıkları ve tohum çimlenme oranı ortalamaları arasında 0,01 düzeyinde, ayrıca kuru ağırlık ortalamaları arasında 0,05 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Amaranat tohumlarına 45 °C' de ve farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen varyans analiz sonuçları

Vk	Sd	Çimlenme oranı (%)		Kök uzunluğu (cm)		Fide başına düşen kök sayısı (adet)		Sürgün boyu (cm)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Saatler	4	266,80	5,40**	0,37	1,74*	0,42	12,39**	0,14	7,08**
Hata	15	49,33		0,21		0,03		0,02	
Genel toplam	19								
Vk	Sd	Sürgün sayısı (adet)		Yaprak sayısı (adet)		Hipokotil uzunluğu (cm)		Fide yaş ağırlık (g)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Saatler	4	0,23	6,18**	0,85	14,94**	1,75	20,73**	0,16	17,28**
Hata	15	0,04		0,05		0,08		0,01	
Genel toplam	19								
Vk	sd	Fide kuru ağırlık (g)		OÇS (gün)					
		KO	F	KO	F				
Saatler	4	0,00	3,43**	20,24	158,91**				
Hata	15	0,00		0,12					
Genel toplam	19								

\*\* $P \leq 0.01$  düzeyinde önemli, \*  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli

İstatistiksel olarak önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklılığın belirlenmesinde post hoc duncan testi kullanılmıştır (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.4. Amaranat tohumlarına 45 °C' de ve farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen Post hoc Duncan testi sonuçları

Uygulama saatleri (sa)	Çimlenme oranı (%)*	Kök uzunluğu (cm)**	Fide başına düşen Kök Sayısı (adet)**	Sürgün boyu (cm)*	Sürgün sayısı (adet)**	Yaprak sayısı (adet)**	Hipokotil uzunluğu (cm)**	Fide Yaş ağırlık (g)**	Fide Kuru ağırlık (g)**	OÇS (gün)**
Kontrol	94,00a	6,02a	2,05a	1,41a	1,15b	2,64b	4,90a	0,94a	0,06a	2,36d
24	90,00a	6,38a	1,35b	1,45a	1,73a	3,68a	3,72b	0,60b	0,05b	4,89c
48	85,00ab	5,89b	1,35b	1,16b	1,71a	3,78a	3,53b	0,59b	0,05b	5,05c
72	77,00bc	5,78b	1,33b	1,16b	1,65a	3,61a	3,33b	0,45b	0,04c	6,41b
96	74,00c	5,56b	1,28b	0,99b	1,61a	3,56a	3,29b	0,45b	0,04c	8,50a

\*\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında Post hoc Duncan testine göre 0,01 düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur

\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında Post hoc Duncan testine göre 0,05 düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur.

Çalışmada 45 °C' de hızlı yaşlandırma testinin farklı saat uygulamalarında çimlenme oranları % 74 - 94 arasında değişim göstermektedir. En fazla çimlenme oranı istatistiksel

olarak kontrol, 24 ve 48 saat süre uygulamalarından elde edilirken en az çimlenme oranı ise 96 saat süre uygulamasından elde edilmiştir.

Kök uzunlukları, 5,56 – 6,38 cm arasında değişmekte olup, en uzun kökler kontrol ve 24 saat uygulamasından elde edilmiş ve en kısa kökler ise 48, 72 ve 96 saat yaşlandırma süre uygulamalarında görülmüş olup, farklı gruplarda yer almışlardır.

Fide başına düşen kök sayıları 1,28 – 2,05 adet arasında değişmektedir. En fazla kök sayısı kontrol grubunda elde edilmiş, diğer süre uygulamalardan elde edilen sonuçlar ile arasında önemli derecede farklılık göstermiş ve ayrı gruplarda yer almışlardır.

En uzun sürgün boyu 1,45 cm ile 24 saat, en kısa sürgünler ise 0,99 cm ile 96 saat yaşlandırma uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol ve 24 saat uygulaması ile 48, 72 ve 96 saat uygulamaları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuş ve farklı gruplarda yer almışlardır.

Sürgün sayısına bakıldığında en düşük sayımlar 1,15 adet ile kontrol grubunda elde edilirken en fazla sürgünler 1,73 adet ile 24 saat ve 1,71 adet ile 48 saat yaşlandırma uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol grubu dışında diğer uygulama saatlerinde sürenin artması ile sürgün sayılarının azaldığı, fakat istatistiki olarak aralarında önemli bir farklılık olmadığı 24, 48, 72 ve 96 saat uygulamalarının aynı grupta yer aldığı görülmektedir.

Yaprak sayısında ise ortalamalar 2,64 – 3,78 adet arasında değişmekte olup kontrol grubunda en düşük ortalama yaprak sayısı elde edilmiş ve diğer uygulamalardan istatistiksel olarak farklı bir grupta yer almıştır.

Hipokotil uzunluğu bakımından ortalamalar 3,29 - 4,90 cm arasında değişim göstermektedir. En uzun hipokotil kontrol uygulamasından elde edilmiş ve diğer süre uygulamaları arasındaki farklılık istatistiki açısından önemli bulunmuştur. Diğer uygulamalar aynı grupta yer almasına rağmen yaşlandırma süresinin artmasıyla hipokotil uzunluğunun azaldığı görülmektedir.

Fide yaş ağırlığı bakımından ortalamalar 0,45 - 0,94 g arasında değişmektedir. Kontrol ile diğer süre uygulamaları arasında istatistiki açıdan 0,01 düzeyde önemli farklılık bulunmuştur. En yüksek değer kontrol grubunda elde edilirken sürenin artmasıyla fidenin yaş ağırlığında azalma olduğu görülmektedir.

Kuru ağırlığı bakımından ortalamalar 0,04 - 0,06 g arasında değişim göstermektedir. Tüm süre uygulamalarına bakıldığında istatistiksel olarak ortalamalar üç farklı grup altında yer almıştır. En fazla kuru ağırlığı kontrol uygulamasından elde edilirken en az kuru ağırlık ise istatistiki açıdan benzerlik gösteren 72 ve 96 saat uygulamalarından elde edilmiştir.

Ortalama çimlenme süreleri (OÇS) ise 2,36 - 8,50 gün arasında değişim göstermektedir. En uzun OÇS 96 saat yaşlandırma uygulamasında görülürken en kısa OÇS kontrol grubunda görülmektedir. Ortalamalar arasındaki farklar 0.01 düzeyinde önemli bulunmuş olup 24 ve 48 saat aynı grupta yer alırken, diğer uygulamaların her biri ise farklı grupta görülmüştür.

#### 4.2.3. 50 °C Derece Hızlı Yaşlandırma Testinin Etkileri

Amarant bitkisinin tohumları ile 50 °C' de yapılan yaşlandırma sonucu elde edilen varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.5' de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Amarant tohumlarına 50 °C' de ve farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen varyans analiz sonuçları

Vk	SD	Çimlenme oranı (%)		Kök uzunluğu (cm)		Fide başına düşen kök sayısı (adet)		Sürgün boyu (cm)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
saatler	4	6772,80	634,95**	40,99	1245,18**	3,65	136,59**	1,589	299,16**
hata	15	10,67		0,03		0,027		0,01	
Genel toplam	19								
Vk	SD	Sürgün sayısı (adet)		Yaprak sayısı (adet)		Hipokotil uzunluğu (cm)		Fide yaş ağırlık (g)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
saatler	4	2,27	283,85**	12,13	687,78**	18,64	539,22**	0,67	178,45**
hata	15	0,01		0,01		0,03		0,00	
Genel toplam	19								
Vk	SD	Fide kuru ağırlık (%)		OÇS (gün)					
		KO	F	KO	F				
saatler	4	0,00	93,32**	97,37	855,63**				
hata	15	0,00		0,11					
Genel toplam	19								

\*\* $P \leq 0.01$  düzeyinde önemli

Çizelge’de görüldüğü gibi farklı yaşlandırma uygulama saatlerine göre tüm parametrelerde ortalama değer arasındaki farklılıklar 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik olarak önemli bulunan ortalama değerlerin arasındaki farklılığın belirlenmesinde Post hoc Duncan testi uygulanmış sonuçları Çizelge 4.6’ de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Amaranat tohumlarına 50 °C’ de ve farklı sürelerde uygulanan hızlı yaşlandırma testinden elde edilen Post hoc Duncan testi sonuçları

Uygulama saatleri (sa)	Çimlenme oranı (%)	Kök uzunluğu (cm)	Fide başına düşen kök sayısı (adet)	Sürgün boyu (cm)	Sürgün sayısı (adet)	Yaprak sayısı (adet)	Hipokotil uzunluğu (cm)	Fide Yaş ağırlık (g)	Fide Kuru ağırlık (g)	OÇS (gün)
Kontrol	94,00a	6,02a	2,05a	1,41a	1,15b	2,64b	4,90a	0,94a	0,06a	2,36b
24	10,00b	5,66b	1,30b	0,70b	1,55a	3,59a	2,10b	0,18b	0,01b	11,50a
48	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c
72	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c
96	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c

\*\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında Post hoc Duncan testine göre 0,01 düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur

Elde edilen sonuçlara göre çimlenme oranı kontrol uygulamasında % 94, 24 saat uygulamasında % 10 iken diğer süre uygulamalarında her hangi bir çimlenme oranı gözlenmemiştir.

Kök uzunlukları bakımından en uzun kökler 6,02 cm ile kontrol uygulamasında elde edilmiş ve en kısa kökler ise 5,66 cm ile 24 saat uygulamasında kayıt edilmiş ve istatistiki olarak farklı gruplarda yer almışlardır.

Fide başına düşen kök sayısı kontrol uygulamasında 2,05 adet görülmüş iken 24 saat uygulamasında 1,30 adet kök elde edilmiş ve istatistiki olarak farklı gruplarda yer almışlardır.

Sürgün boyu kontrolde 1,41 cm ve 24 saat uygulamasında 0,7 cm olarak ölçülmüş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar önemli bulunarak farklı gruplarda yer almışlardır.

Sürgün sayısı bakımından en fazla 1,55 adet ile 24 saat uygulamasında ve en az sürgünler 1,15 adet ile kontrol uygulamasında elde edilmiştir.

Yaprak sayısı kontrol uygulamasında 2,64 adet iken 24 saat uygulamasında 3,59 adet elde edilmiş ve istatistiki olarak farklı gruplarda yer almışlardır.

En uzun hipokotil 4,90 cm ile kontrol ve en kısa 24 saat uygulamasından elde edilmiştir. Ortalama değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuş ve farklı gruplarda yer almışlardır.

Fide yaş ve kuru ağırlıkları birbirleri ile benzerlik göstermekte olup en yüksek ortalama fide yaş ağırlığı 0.94 g ve ortalama kuru fide ağırlığı 0,06 g ile kontrol grubundan elde edilmiştir.

Ortalama çimlenme süreleri (OÇS) kontrol ve 24 saat uygulamalarında sırası ile 2,36 ve 11,50 gün olarak belirlenmiştir.

#### 4.2.4. Amaranat Tohumlarının % 18 Nem ile 40°C de Kontrollü Bozulma Testinin Etkileri

Çalışmada % 18 nemde ve 40 °C' de farklı uygulama süreleri ile yapılan kontrollü bozulma testinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.7' de verilmiş ve tüm parametreler arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) farklılık izlenmiştir.

Çizelge 4.7. Amaranat tohumlarının % 18 nem ve 40 °C' de farklı uygulama süreleri ile yapılan kontrollü bozulma testine ilişkin parametrelerin varyans analizi sonuçları

VK	SD	Çimlenme oranı (%)		Kök uzunluğu (cm)		Fide başına düşen kök sayısı (adet)		Sürgün boyu (cm)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Saatler	4	6321,20	41,08**	14,36	4,75**	0,41	2,57**	0,63	42,60**
Hata	15	153,86		3,07		0,16		0,01	
Genel toplam	19								
VK	SD	Sürgün sayısı (adet)		Yaprak sayısı (adet)		Hipokotil uzunluğu (cm)		Yaş ağırlık (g)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Saatler	4	1,06	8,83**	9,99	35,72**	9,99	3,72**	0,60	78,46**
Hata	15	0,12		0,28		0,28		0,01	
Genel toplam	19								
VK	Sd	Kuru ağırlık (g)		OÇS (gün)					
		KO	F	KO	F				
Saatler	4	0,00	49,28**	60,00	35,62**				
Hata	15	0,00		1,68					
Genel toplam	19								

\*\* $P \leq 0,01$  düzeyinde önemli,



İstatistik olarak önemli bulunan parametrelerin ortalama değerleri arasındaki farklılığı belirlemede Post hoc Duncan testi uygulanmış sonuçları Çizelge 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Amaran tohumlarının % 18 nem ve 40 °C' de farklı uygulama süreleri ile yapılan kontrollü bozulma testine ilişkin parametrelerin Post hoc Duncan testi sonuçları

Uygulama saatleri (sa)	Çimlenme oranı (%)	Kök uzunluğu (cm)	Fide başına düşen kök sayısı (adet)	Sürgün boyu (cm)	Sürgün sayısı (adet)	Yaprak sayısı (adet)	Hipokotil uzunluğu (cm)	Fide yaş ağırlık (g)	Fide Kuru ağırlık (g)	OÇS (gün)
kontrol	94,00a	6,02a	2,05a	1,41a	1,15b	2,64b	4,90a	0,94a	0,06a	2,36d
24	93,00a	5,73a	1,90b	0,90b	1,61a	2,92b	4,88a	0,55b	0,03b	4,15cd
48	77,00a	5,01a	2,08a	0,65c	1,58a	2,87b	4,28a	0,34c	0,01c	4,78c
72	18,00b	2,34b	1,37c	0,47cd	1,00b	2,37b	2,00b	0,02d	0,00d	8,62b
96	15,00b	2,00b	1,50d	0,45d	1,10b	3,75a	1,69b	0,01d	0,00d	12,00a

\*\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında Post hoc Duncan testine göre 0,01 düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur

Çizelge 4.8' de görüldüğü gibi % 18 nem ve 40 °C' de yapılan kontrollü bozulma testinin farklı süre uygulamalarından elde edilen sonuçlara göre; çimlenme oranları, % 15 - 94 arasında değişim göstermiştir. En fazla çimlenme oranı kontrol grubunda görülür iken en düşük oran ise 96 saat kontrollü bozulma uygulamalarından elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kontrol, 24 ve 48 saat uygulamalarında istatistiksel olarak her hangi bir farklılık izlenmemiş ve aynı grupta yer almalarına rağmen çimlenme oranlarında düşüşler gözlemlenmiştir. Bunun ile birlikte 72 ve 96 saat uygulamaları istatistiksel olarak farklı bir grupta yer almış ve çimlenme oranlarında önemli derecede azalma görülmüştür.

Kök uzunlukları ise 2,00 - 6,02 cm arasında değişim göstermektedir. En uzun kökler kontrol, 24 ve 48 saat uygulamalarından elde edilmiş iken en kısa kökler 72 ve 96 saat süre uygulamalarında görülmüş ve her iki grup arasında istatistiksel olarak 0,01 düzeyinde önemli farklılıklar izlenmiştir. Uygulama süresinin artması ile kök uzunluklarında önemli derecede azalmalara neden olmuştur.

Fide başına düşen kök sayılarında ise en yüksek ortalama değer kontrol ve 48 saat, en düşük ortalama değer ise 72 saat uygulamasından elde edilmiş ve farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Sürgün boylarında ise en yüksek ortalama değer 1,41 cm ile kontrol grubunda elde edilmiş ve diğer süre uygulamalarında sürenin artması ile ortalamalarda düzenli bir şekilde düşüş izlenmiştir.

Sürgün sayısına bakıldığında en yüksek değerler 24 ve 48 saat uygulamalarında elde edilirken, en düşük değerler kontrol, 72 ve 96 saat uygulamalarında izlenmiş ve her iki grup arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Yaprak sayısında ise en fazla ortalama 96 saat uygulamasında izlenirken diğer uygulama sürelerinin arasında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık görülmemektedir.

Hipokotil uzunlukları, 1,69 – 4,90 cm arasında değişmiştir. En uzun hipokotiller kontrol, 24, 48 saat uygulamalarında izlenirken en kısa hipokotiller 72 ve 96 saat uygulama süresinden elde edilmiş ve her iki grup arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Yaş ve kuru ağırlıkları bakımından her iki parametrenin sonuçları birbirine paralellik göstermiş ve en fazla yaş ve kuru ağırlıkları kontrol uygulamalarında ve en az 72 ve 96 saat uygulamalarında elde edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuş ve farklı gruplarda yer almışlardır.

Ortalama çimlenme süreleri (OÇS) 2,36 ve 12,00 gün arası değişim göstermiştir. En geciken tohum lotu ortalama çimlenme süresileri (OÇS) açısından 96 saat uygulama süresinde belirlenirken, en hızlı çimlenme ise kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Sonuçlarımıza göre uygulama sürelerinin artması ile ortalama çimlenme sürelerinde düzenli bir artışa neden olmuş ve genel olarak ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuş ve farklı gruplarda yer almışlardır.

#### **4.2.5. Amaranat Tohumlarının % 24 Nem ile 40 °C de Kontrollü Bozulma Testinin Etkileri**

Çalışmada % 24 nemde ve 40 °C ve farklı uygulama sürelerinde yapılan kontrollü bozulma testinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9' de verilmiştir ve tüm parametreler arasında

istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) farklılık izlenmiştir.

Çizelge 4.9. Amarant tohumlarının %24 nemde ve 40 °C' de farklı uygulama süreleri ile yapılan kontrollü bozulma testine ilişkin parametrelerin varyans analizi sonuçları

Vk	SD	Çimlenme oranı (%)		Kök uzunluğu (cm)		Fide başına düşen kök sayısı (adet)		Sürgün boyu (cm)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
saatler	4	7122,80	178,07**	14,97	39,60**	1,49	15,70**	0,48	42,79**
hata	15	40,00		0,37		0,095		0,01	
Genel toplam	19								
Vk	Sd	Sürgün sayısı (adet)		Yaprak sayısı (adet)		Hipokotil uzunluğu (cm)		Fide yaş ağırlık (g)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Saatler	4	0,54	12,71**	0,73	15,36**	5,51	32,807**	0,43	56,89**
Hata	15	0,04		0,04		0,16		0,00	
Genel toplam	19								
Vk	sd	Fide kuru ağırlık (g)		OÇS (gün)					
		KO	F	KO	F				
Saatler	4	0,00	46,75**	17,24	17,47**				
Hata	15	0,00		0,98					
Genel toplam	19								

\*\* $P \leq 0.01$  düzeyinde önemli,

İstatistiksel olarak önemli bulunan ortalama değerleri arasındaki farklılığı belirlemede Post hoc Duncan testi uygulanmış ve sonuçlar çizelge 4.10' da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Amarant tohumlarının %24 nemde ve 40 °C' de farklı uygulama süreleri ile yapılan kontrollü bozulma testine ilişkin parametrelerin Post hoc Duncan testi sonuçları

Uygulama saatleri (sa)	Çimlenme oranı (%)	kök uzunluğu (cm)	Fide başına düşen kök sayısı (adet)	Sürgün boyu (cm)	Sürgün sayısı (adet)	Yaprak sayısı (adet)	Hipokotil uzunluğu (cm)	Fide yaş ağırlık (mg)	Fide kuru ağırlık (mg)	OÇS (gün)
kontrol	94,00a	6,02a	2,05b	1,41a	1,15b	2,64c	4,90a	0,94a	0,06a	2,36c
24	91,00a	5,37a	2,37ab	0,68cd	1,73a	3,04ab	4,69a	0,58b	0,04b	4,30b
48	91,00a	3,71b	2,73a	1,03b	1,94a	3,31a	3,14b	0,47b	0,04b	4,92b
72	14,00b	1,06c	1,34c	0,52d	1,12b	2,17d	2,12c	0,06d	0,01d	6,60a
96	16,00b	3,45b	1,38c	0,75c	1,68a	2,86bc	3,10b	0,29c	0,02c	7,76a

\*\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında Post hoc Duncan testine göre 0,01 düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur

Çizelge 4.10' da görüldüğü gibi, Amarant tohumlarının % 24 nem ile 40 °C' de kontrollü bozulma testinin farklı süre uygulamalarından elde edilen sonuçlara göre çimlenme oranları

% 14 - 94 arasında değişim göstermiştir. En fazla çimlenme oranı istatistiksel olarak kontrol, 24 ve 48 saat uygulamalarından elde edilmiş ve en az ise 72 ve 96 saat uygulamalarında elde edilmiş ve her iki grup arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Kök uzunlukları ise 1,06 – 6,02 cm arasında değişim göstermektedir. Kök uzunluğu bakımından en uzun kökler kontrol grubunda gözlemlenir iken en kısa kökler ise 72 saat uygulamasından görülmüştür.

Fide başına düşen kök sayıları en fazla 48 saat uygulamasında ve en düşük ortalama değer ise 72 ve 96 saat uygulamalarında elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kontrol ve uygulama süreleri arasında düzensiz bir değişim söz konusu olmuştur.

Sürgün boylarında ise en yüksek ortalama 1,41 cm ile kontrol grubunda ve en kısa boy ortalaması 72 saat süre uygulamasında elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kontrol ve farklı uygulama süreleri arasında; sürenin artması ile sürgün boylarında düzensiz bir değişim izlenmiş ve genel olarak aralarındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Sürgün sayısına bakıldığında en düşük değer 1,12 adet ile 72 saat ve 1,15 adet ile kontrol uygulamalarında izlenmiş ve en fazla sayımlar ise 1,94 adet ile 48 saat, 1,73 adet ile 24 saat ve 1,68 adet ile 96 saat uygulamalarında elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sürenin artması ile sürgün sayımlarında düzensiz bir artış görülmüştür.

Yaprak sayısında ise en fazla ortalama değer 3,31 adet ile 48 saat uygulama süresinde izlenirken en düşük ortalama 2,17 adet ile 72 saat uygulamasında görülmüş ve genel olarak ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Hipokotil uzunlukları, 2,12 – 4,90 cm arasında değişmiştir. En uzun hipokotil uzunluğu kontrol ve 24 saat uygulamasında izlenirken en kısa hipokotiller 72 saat uygulama süresinden elde edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklar önemli bulunmuş ve üç farklı grupta yer almıştır.

Yaş ağırlığı ve kuru ağırlığı bir birine paralel olarak sırasıyla 0,06 – 0,94 g ile 0,01 – 0,06 g

arasında değişmiştir. En fazla yaş ve kuru ağırlık kontrol grubunda izlenirken en düşük ortalama yaş ve kuru ağırlık ise 72 saat süre uygulamasından elde edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklar önemli bulunmuş ve dört farklı grupta yer almıştır.

Ortalama çimlenme süreleri (OÇS) ise 2,36 – 7,76 arasında değişim göstermektedir. En fazla 7.76 gün OÇS 96 saat uygulamada görülürken, en az 2,36 gün OÇS değeri ise kontrol grubunda görölmektedir. Elde edilen sonuçlara göre sürenin artması ile ortalama çimlenme sürelerinde artış izlenmiştir. Ortalamalar arasındaki farklar önemli bulunmuş ve üç farklı grupta yer almıştır.

Tohumda canlılık azalışı sadece depo süresince yada doğal yaşlanma koşullarında değil bunun yanında stres faktörleri (yüksek nem ve sıcaklık) altında da meydana gelmektedir. Bu durum için kullandığımız göstergeler tohum güç testleridir. Yapılan güç testi sonuçlarına göre canlılık performansında en fazla azalış gösteren lotlar bir sonraki aşama olan kuraklık stresi için seçilmiştir. Örneğin bu seçim Hızlı yaşlandırma testinde ölçülen farklı parametrelerin sonuçlarına göre 45 °C ve 48 ve saat süre uygulama gören Amaran tohumlarında saptanmıştır.

Yapılan bir çok çalışmalarda 45 °C sıcaklık uygulamasının daha etkili olduğu bildirilmiştir [94-96]. Ayrıca yüksek sıcaklıkların ( $\geq 40$  °C) tohum çimlenmesinde sınırlayıcı bir faktör olduğu ve çimlenme oranlarını önemli ölçüde inhibe ettiği belirtilmiştir [97]. Herhangi bir güç (stres) testi koşullarda kullanılan sıcaklık ve nem parametreleri canlılık için belirleyicidir. Bu sebeple kullandığımız sıcaklık ve nem artışı sürece bağlı olarak tohum canlılık ve çimlenme performansını dolaylı olarak azaltması kaçınılmazdır. Sonuçlarımıza göre uygulanan güç testlerinden yapılan lot seçimlerimizde bu kriter bağlayıcı olmuştur, örneğin; 40 °C' de 72 saatte elde edilen önemli boyuttaki canlılık kaybı, 45 °C ' de 48 saatlik yaşlanma sonucu elde edilmiştir.

Çalışma sonuçlarına bakıldığında artan uygulama süreleri aynı zamanda çimlenme oranlarında azalmalara yol açmış olup, 45 °C' de ve hızlı yaşlandırma testinde her artan uygulama süresi çimlenme oranlarında düzenli bir düşüşe sebep olmuş, çimlenme oluşumları daha yavaş gerçekleşmiş, hatta uygulanan 50 °C sıcaklığın 48, 72 ve 96 saat

uygulamalarında her hangi bir çimlenme söz konusu olmamıştır. Farklı araştırmacılar; yaşlanan tohumların en öne çıkan özellikleri, gecikmiş çimlenme oranı ile ortaya çıkmakta ve bunun devamında yaşlanma süresine paralel olarak tohumların rezerv oranlarında ortaya çıkan azalışlar nedeniyle fidelerin oluşumu ve gelişimleri daha yavaş gerçekleştiğini belirtmişlerdir [2, 39, 42, 44, 98]. Bu sonuçlar çalışma bulgularımız ile benzerlik göstermektedir.

Çalışma sonuçlarımıza göre 45 °C ve hızlı yaşlandırılmış Amarant tohumlarının çimlenme oranlarında artan uygulama süresine paralel olarak azalışlar meydana gelmiştir. Elde edilen bulgularımız diğer araştırmacıların bulgularına benzerlik göstermektedir [99, 100 101].

Çalışma sonuçlarımıza göre 45 °C ve uygulanan farklı sürelerde ölçülen parametrelerin varyans analizi sonuçlarına bakıldığında, yaşlanmanın özellikle çimlenme oranı (%), kök uzunluğu (cm), fide başına düşen kök sayısı (adet), sürgün boyu (cm), yaprak sayısı (adet), hipokotil uzunluğu (cm), fide yaş ağırlık (g), fide kuru ağırlıklarında (g), istatistiksel olarak önemli derecede olumsuz etkiler bıraktığı belirlenmiştir. Bulgularımız diğer araştırmacıların sonuçlarına benzerlik gösterdiği ve birbirini desteklediği görülmektedir [102-107].

#### **4.3. A. *hypochondriacus* Bitkisinin Kuraklık Stresine (PEG) Karşı Tepkilerinin Belirlenmesi**

Çalışmada, yaşlanmayan ve 72 saat 40 °C' de ayrıca 48 saat 45 °C' de hızlı yaşlandırma testine tabi tutulan Amarant tohumlarının kuraklık stresine karşın tepkilerinin belirlenmesi amacıyla *in vitro* koşullarında % 0 (kontrol), % 10, % 20 ve % 30 oranlarda PEG-6000 içeren ortamlarda kültüre alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre % 20 ve 30 PEG - 6000 uygulamalarında her hangi bir çimlenme izlenmemiş, ancak % 0 ve % 10 PEG-6000 uygulamasından elde edilen değerlerin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11' de verilmiştir.

Çizelge 4.11. *A. hypochondriacus* türünde yaşlanmayan ve 72 saat 40 °C ve 48 saat 45 °C’ de hızlı yaşlandırma testine tabi tutulan tohumların kontrol ve % 10 PEG-6000 içeren ortamlardan ölçülen farklı parametrelerin varyans analizi sonuçları

VK	SD	Çimlenme oranı (%)		Kök uzunluğu (cm)		Fide başına düşen kök sayısı (adet)	
		KO	F	KO	F	KO	F
Muamele	5	2183,28	87,72**	0,30	1,26*	0,040	1,28*
Hata	12	24,88		0,241		0,031	
Toplam	17						
VK	SD	Sürgün boyu (cm)		Yaprak sayısı (adet)		Hipokotil uzunluğu (cm)	
		KO	F	KO	KO	KO	F
Muamele	5	0,28	4,42*	1,142	3,038**	0,109	8,01**
Hata	12	0,06		0,376		0,014	
Toplam	17						
VK	SD	Fide yaş ağırlığı (g)		Fide yaş ağırlığı (g)			
		KO	KO	KO	F		
Muamele	5	0,109	0,109	0,00	87,72**		
Hata	12	0,014	0,014	0,00			
Toplam	17						

\*\* $P \leq 0.01$  düzeyinde önemli, \*  $P \leq 0.05$  düzeyinde önemli

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi, sürgün boyu, kök uzunluğu, fide başına düşen kök sayısı ve fide kuru ağırlığı bakımından 0,05 düzeyinde ve yaprak sayısı, hipokotil uzunluğu, fide yaş ağırlığı ve çimlenme oranı bakımından farklılıkların 0,01 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. İstatistik olarak önemli bulunan ortalama değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan post hoc duncan testi sonuçları Çizelge 4.12’ de verilmiştir.

Çizelge 4.12. *A. hypochondriacus* türünde yaşlanmayan ve 72 saat 40 °C ve 48 saat 45 °C’de hızlı yaşlanma testine tabi tutulan tohumların farklı oranlarda PEG-6000 içeren ortamlardan elde edilen farklı parametrelere ait post hoc Duncan testi sonuçları

Uygulamalar			Çimlenme oranı (%)**	Kök uzunluğu (cm)*	Fide başına düşen kök sayısı (adet)*	Sürgün boyu (cm)*	Yaprak sayısı (adet)**	Hipokotil uzunluğu (cm)**	Yaş Ağırlık (g)**	Kuru ağırlık (g)*
Kontrol (Yaşlanmayan)	Hızlı yaşlandırma testi									
	40°C’de 72 saat	45°C’de 48 saat								
%0 PEG	-	-	93,33a	1,57c	1,00c	1,30a	3,32ab	5,47a	0,54a	0,03a
%10 PEG	-	-	74,66b	1,78b	1,00c	0,91b	3,34ab	2,54c	0,33ab	0,02ab
%20 PEG	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%30 PEG	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-	% 0-PEG	-	89,33a	1,67c	1,04c	1,16ab	2,90ab	4,50b	0,35a	0,02ab
-	% 10 PEG	-	45,33c	2,28a	1,12b	0,38c	2,42b	1,64d	0,08c	0,00c
-	%20 PEG	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-	%30 PEG	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-	-	% 0-PEG-	73,33b	1,76c	1,16b	0,92b	4,03a	2,60c	0,13bc	0,00c
-	-	% 10 PEG	33,33d	1,31d	1,29a	0,43c	2,44b	1,34d	0,08c	0,00c
-	-	%20 PEG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-	-	%30 PEG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

\*\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında Post hoc Duncan testine göre 0,01 düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur;

\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında Post hoc Duncan testine göre 0,05 düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur

Çizelge 4.12’ de görüldüğü gibi çimlenmesi gerçekleşen (% 0 - 10 PEG 6000) tohumların oranı % 33,33- 89,33 arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yaşlanan tohum gruplarında % 10 PEG uygulamasında çimlenme oranında yaşlanmayan tohum gruplarına göre daha fazla düşüşler meydana gelmiştir. Ayrıca, % 20 ve 30 PEG - 6000 uygulamalarında her hangi bir çimlenme izlenmemiştir.

Kök uzunluğu: çimlenmesi gerçekleşen ( % 0 - 10 PEG 6000) tohumlarda 1,31-2,28 cm arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yaşlanmayan ve 40 °C’ de 72 saat süre ile yaşlanan tohum gruplarında PEG oranının artmasıyla kök uzunluklarında artış ve 45 °C’ de 48 saat süre ile yaşlanan tohum gruplarında PEG oranının artmasıyla kök uzunluklarında



azalma izlenmiştir. İstatistiki olarak ortalama değerler arasındaki farklar önemli bulunmuştur.

Fide başına düşen kök sayısı çimlenmesi gerçekleşen ( % 0-10 PEG 6000) tohumlarda 1,00-1,29 adet arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlara göre % 10 PEG uygulaması, yaşlanmayan tohumların kök sayılarında herhangi bir değişikliğe sebep olmamış ancak suni olarak yaşlanan her iki tohum gruplarında artışa sebep olmuştur. İstatistiki olarak ortalama değerler arasındaki farklar önemli bulunmuş ve üç farklar grupta yer almıştır.

Sürgün boyu çimlenmesi gerçekleşen ( % 0 - 10 PEG 6000) tohumlarda 0,38 -1,30 cm arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Yaşlanmayan ve yaşlanan her üç tohum grubunda % 10 PEG uygulamasında ile sürgün boylarında belirgin azalmalara sebep olmuştur. İstatistiki olarak ortalama değerler arasındaki farklar önemli bulunmuş ve üç farklar grupta yer almıştır.

Yaprak sayıları çimlenmesi gerçekleşen ( % 0 - 10 PEG 6000) tohumlarda 2,42 – 4,03 adet arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlara göre istatistiksel olarak en fazla yapraklar 45 °C' de 48 saat süreyle yaşlanan ve % 0 PEG - 6000 uygulamasından elde edilmiştir.

Hipokotil uzunlukları çimlenmesi gerçekleşen ( % 0 - 10 PEG 6000 uygulanmış) tohumlarda 1,34 – 5,47 cm arasında değişmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında en uzun hipokotiller yaşlanmayan ve % 0 PEG uygulamasından elde edilmiş ayrıca en kısa hipokotiller ise 45 °C' de 48 saat süreyle yaşlanan ve %10 PEG 6000 içeren muamele sonucunda elde edilmiştir. İstatistiki olarak ortalama değerler arasındaki farklar önemli bulunmuştur.

Yaş ve kuru ağırlıkları bakımında elde edilen sonuçlar incelendiğinde en fazla yaş ve kuru ağırlıkları çimlenmesi gerçekleşen yaşlanmayan tohumlarda ve % 0 PEG uygulamasında sırasıyla 0,54 ve 0,03 g olarak belirlenmiştir. En az yaş ağırlık 0.08 g olarak 45 °C' de 48 saat süreyle suni yaşlanan ve % 10 PEG 6000 içeren muamele sonucunda elde edilmiştir. Ancak kuru ağırlık  $\mu\text{g}$  düzeyde olduğundan dolayı değerlendirilmemiştir.

Kuraklık stresi bitki gelişimini etkileyen, tarımsal yetiştiriciliği sınırlandıran ve tarımsal üretimini olumsuz yönde etkileyen en önemli stres faktörleri arasında yer almaktadır. Su miktarının bitkinin ihtiyacından daha az olduğu mevsimlerde ortaya çıkmakta susuzluk miktarı ve dağılıma bağlı % 100 verim kayıplarına neden olabilmektedir [108, 109].

Kuraklık stresine karşın mücadelede en etkili yolların başında toleransı yüksek olan alternatif ürünlerin kullanımını gelmektedir. Bununla birlikte farklı türlerin kuraklık stresine karşın tepkimelerinin belirlenmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada yaşlanmayan ve suni yaşlanan tohumların *in vitro* koşullarında ve PEG içeren ortamlarda kuraklık stresine karşın tepkileri belirlenmiştir. Bu hususta yapılan çalışmalarda PEG uygulamalarının, kuraklık stresi benzeri bir etki oluşturduğu ve bunun devamında bitki dokularının nem içeriklerinde hızlı bir düşüşe neden olduğu bildirilmiştir [110, 111]. Bununla birlikte PEG varlığında hücredeki su içeriğinin azalması söz konusu olmakta, bu nedenle, kuraklık stresi çalışmalarında ve toleranslık genotiplerin seçiminde PEG uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda *in vitro* koşullarında kuraklık stresini temsil eden PEG uygulamasının homojen ve kontrollü koşullarında yapılmasına olanak sağlamaktadır [112].

Elde edilen sonuçlara göre suni yaşlanan tohum gruplarında PEG oranının artması ile çimlenme oranında düşüslere sebep olmuştur. % 10 PEG uygulamasında çimlenme oranı, suni yaşlanan tohumlarda yaşlanmayan tohumlara nazaren daha fazla olumsuz yönde etkilendikleri görülmüştür. Ayrıca, % 20 ve 30 PEG - 6000 uygulamalarında her hangi bir çimlenme izlenmemiştir. Farklı araştırmacıların yapmış oldukları kuraklık stresi çalışmalarında; bitki türüne bağlı hatta aynı türün farklı genotiplerine bağlı olarak tohum çimlenme oranlarında farklılıklar izlendiğini ve kuraklık stresinin çimlenmede önemli azalmalara yol açtığı bildirilmiştir [82, 113, 114].

Elde edilen sonuçlara göre yaşlanmayan ve 40 °C' de 72 saat sürede yapılan hızlı yaşlandırma testine tabi tutulan tohumların % 10 PEG uygulaması sonuçunda kök uzunluklarında artış izlenmiştir. Bulgularımıza paralel olarak yapılan çalışmalarda kuraklık stresine dayanıklılıkta, daha uzun kök sistemine sahip çeşitlerin daha avantajlı oldukları ve bu özelliğın genetiksel olduğu bildirilmiştir [81,115]. Ayrıca 45 °C' de 48 saat süre ile suni yaşlanan tohum gruplarında PEG oranının artmasıyla kök uzunluklarında azalma izlenmiştir. Yapılan kuraklık stresi çalışmalarında farklı çeşitlerin kuraklığa farklı tepkiler gösterdiği diğer araştırmacılar tarafından bildirilmiştir [113, 116 ].

Elde edilen sonuçlara göre yaşlanmayan ve suni yaşlanan her üç tohum grubunda PEG oranının artması ile sürgün boylarında belirgin azalmalara sebep olmuştur. Ancak % 10 PEG uygulamasında sürgün boyu, suni yaşlanan tohumlarda, yaşlanmayan tohumlara nazaran daha fazla olumsuz yönde etkilendikleri görülmüştür. Ayrıca en uzun hipokotiller yaşlanmayan ve % 0 PEG uygulamasından elde edilir iken en kısa hipokotiller ise 45 °C' de 48 saat süreyle suni yaşlanan ve % 10 PEG 6000 içeren muamele sonucunda elde edilmiştir. Yapılan farklı çalışmalarda yine kuraklık stresinin fide gelişiminin azalmasına neden olduğunu bildirmişlerdir [117].

Bulgularımıza göre kuraklık stresinin fide yaş ve kuru ağırlıklarını olumsuz yönde etkilediğini ve artan PEG doz uygulamalarında fide yaş ve kuru ağırlıklarında daha fazla azalmalara neden olduğu görülmüştür. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalara göre çimlenen fidelerde su alımının azalmasının fide büyümesini olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir [118, 119].

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Elde edilen sonuçlarımıza göre yaşlandırmayan ve 24, 48, 72 ve 96 saat süreler ile 45 °C' de hızlı yaşlandırma testinde fide başına düşen kök sayısı, hipokotil uzunluğu, yaş ve kuru ağırlığı parametrelerin arasında düzenli bir düşüş izlenmiştir. Ayrıca kök uzunluğu ve sürgün boylarında 45 °C' de ve 24 saat uygulama grubunda artış ve diğer sürelerde düzenli bir azalış söz konusu olmuştur. Sürgün sayısında ise yaşlanmayan kontrol grubu hariç diğer uygulama saatlerinde düzenli bir azalışa neden olmuş bunların aksine OÇS' de uygulama süreleri arasında düzenli bir artış izlenmiş ve en iyi yaşlandırma sıcaklığı olarak kabul edilmiştir.

Kontrollü bozulma testinin 40 °C' de % 18 ve % 24 nem düzeylerinde elde edilen sonuçlara göre, farklı parametrelerde ve artan uygulama sürelerinde düzenli bir düşüş görülmemiştir. Hızlı yaşlandırma testinde yaşlandırma sıcaklığı 45 °C' ye kadar yükselmesi gerektiğini ve 40 °C' nin her iki hızlı yaşlandırma ve kontrollü bozulma testlerinde yaşlandırmak için yeterli olmadığı belirlenmiştir.

Her iki yaşlandırma sıcaklığının farklı uygulama süreleri karşılaştırıldığında ölçülen fide ve tohum kalite parametreleri; sıcaklık artışı tohumdaki fizyolojik olayların yavaşlaması (enzim aktivitesinin değişimi) ve canlı dokuların zarar görmesi teşvik edildiği için daha olumsuz yönde etkilenmiştir. Testin sıcaklığındaki artış ile canlılığın daha kısa sürede azalması hatta kaybolması kaçınılmazdır.

Çalışmanın devamında *in vitro* koşullarında yaşlanmayan ve farklı düzeylerde yaşlandırılmış *A. hypochondriacus* tohumlarının kuraklık stresine karşı morfolojik ve fizyolojik tepkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarımıza göre % 10, % 20 ve % 30 farklı PEG - 6000 doz uygulama neticesinde dayanıklılık ve duyarlılık seviyeleri sadece % 10 PEG doz uygulamasında elde edilmiş ve diğer doz uygulamalarında herhangi bir çimlenme söz konusu olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca her üç tohum grubunda PEG oranının artması; çimlenme oranlarında azalışlara, sürgün boylarında belirgin azalmalara, yaş ve kuru ağırlıklarında azalmalara ve kök uzunluklarında 45 °C' de ve 48 saat süre ile yaşlanan tohum grupları hariç artışa neden olmuştur.

Çalışma bulgularımıza göre yaşlanan Amarant tohumlarının kuraklık stresine daha duyarlı olduğu ve daha fazla verim kayıplarına ve dolayısıyla maliyetlerin artıracığı söylenebilir. Kurak koşullarda yaşlanmayan tohum kullanımı daha fazla verim elde edilmesinde gereklidir.

## KAYNAKLAR

- [1].Casini, P.; La Rocca, F. “Amaranthus cruentus L. is suitable for cultivation in Central Italy: field evaluation and response to plant densities”. *Italian Journal of Agronomy*, v. 9, n. 4, p. 166-175, 2014. <http://dx.doi.org/10.4081/ija.2014.602>.
- [2]. Byrd, H.W., Delouche, J.C. (1971) “Deterioration of soybean seed in soybean seed in storage. Proc”. *Assn. Offic. Seed Anal.* 61:41–57.
- [3]. Holm L, Doll J, Holm E, Pancho J, Herberger J. “World Weeds: Natural Histories and Distribution. Toronto”: *JohnWiley & Sons*; 1997. 15.
- [4]. Lehman, J. 1989. “Proteins of grain amaranth. Legacy” 2:3-6. *Am. Amaranth Inst. Bricelyn, MN*.
- [5]. Baskin J. M. and C. C. Baskin. 1988. “Role of temperature in regulating the timing of germination in *Portulaca oleracea*”. *Canadian Journal of Botany* 66: 563-567.
- [6]. Mallory MA, Hall RV, McNabb AP, Pratt DB, Jellen EN, Maughan PJ. “Development and characterization of microsatellite markers for the grain amaranths”. *Crop Sci.* 2008;48:1098–1106. 2.
- [7]. Mosyakin S, Robertson K. “Amaranthus L., in Flora of North America North of Mexico”. *Vol. 4. NY: New York*; 2003. 9.
- [8]. Şehirali, S. 1989. “Tohumluk ve Teknolojisi”. *Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara*.
- [9]. Steiner, A. M. and Stahl, M. 2001. “Vigour rating of rye varietal categories (secale *Cereale L.*) using controlled deterioration testing”, *Seed Science and Technology*, 30, 219-222.
- [10]. Gamel, T. H., Mesallam, A. S., Damir, A. A., Shekib, L. A., & Linssen, J. P. (2007). “Characterization of amaranth seeds oils”. *Journal of Food Lipids*, 14(3), 323-334. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4522.2007.00089.x>.
- [11]. Lee, C., 2011. “Grain Amaranth. University of Kentucky, College of Agriculture”, *Cooperative Extension Service*, July 2011. <http://www.uky.edu/Ag/CCD/introsheets/amaranth.pdf> (Erişim tarihi: 19.03.2014).
- [12]. O’Brien, G.K., Price, M.L., 2008. “Amaranth Grain and Vegetable Types”. *Echo Technical Note, Revised by Larry Yarger*. <https://c.yumcdn.com/sites/www.echocommunity.org>.
- [13]. Steckel LE. “The dioecious *Amaranthus* spp. ”: *Here to stay. Weed Technol.* 2007;21:567–570. 1.
- [14]. Bhering, M.C., Dias, D.C.F.S. Tokuhisa, D. and Dias, L.A.D.S. 2004. “Vigor evaluation of melon seeds by controlled deterioration test”. *Revista Brasileira de Sementes*,

26(1),125-129.

[15]. Babaoğlu M, Gürel E ve Özcan S (2001) “Bitki Biyoteknolojisi I. Doku Kültürü ve Uygulamaları”. *Selçuk Üniversitesi Basımevi*, 374[1].

[16]. Stallknecht, G.F., and Schulz-Schaeffer, J.R., 1993. “Amaranth Rediscovered. In: New crops. Eds”: *J. Janick and J.E. Simon. Wiley. New York.* p. 211-218.

[17]. Goertz, S.H. ve Coons, J.M., 1989. “Germination response of tepary and navy beans to sodium chloride and temperature”. *Hortscience*, 24 (6), 923-925.

[18]. Palombini, S. V., Claus, T., Maruyama, S. A., Gohara, A. K., Pereira Souza, A. H., Souza, N. E., Visentainer, J. V., Marques Gomes, S. T., & Matsushita, M. (2013). “Evaluation of nutritional compounds in new amaranth and quinoa cultivars”. *Food Science and Technology*, 33(2), 339-344. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612013005000051>.

[19]. Berghofer, E., Schoenlechner, R., 2002. “Grain amaranth in Pseudocereals and Less Common Cereals. Eds”: *Belton P.S. Taylor J.R.N.. SpringerVerlag. Berlin.* pp. 219-260.

[20]. Hegarty, T.W., 1977. “Seed vigour in field beans and its influence on plant stand”. *Journal Agriculture Science*, 88, 169-173.

[21]. Plate, A.Y.A., Areas, J.A.G., 2002: “Cholesterol-lowering effect of extruded amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) in hypercholesterolemic rabbits. *Food Chemistry*, 76(1): 1-6.

[22]. Roberts, E.H. 1984. “The control of seed quality and its relationships to crop productivity”. *Proceedings of the Australian Seed Research Conference*, 11-25.

[23].Walters, C., Ballesteros, D., Vertucci, V. A. (2010). “Structural mechanics of seed deterioration”: *Standing the test of time. Plant Sci.* 179:565–573.

[24]. Perry, D.A. 1978. “Problem of the development and application of vigour tests to vegetable seeds”. *Acta Horticulturae*, 83,141-146.

[25]. Bressani, R. 1989. “The proteins of grain amaranth”. *Food Rev. Int.* 5:13-38.

[26]. Capell T, Bassie L, Christou P, 2004. “Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress”. *PNAS*, 101 (26): 9909-9914.

[27]. Perry, D.A., 1978b. “Report of the vigor test committee 1974-1977”. *Seed Science and Technology*, 6, 159-181.

[28]. Singhabumrung, V. and Juntakool, S. 2004. “Vigour test results for prediction of field emergence for sweet corn. Proceedings of the 42nd Kasetsart University Annual Conference”, *Kasetsart, Thailand, 3-6 February. Erişim: http://www.cababstractsplus.org/google/abstract.asp?Aco=200431506* 68.

[29]. Lopes, R.R.; Franke, L.B. “Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade

- fisiológica de sementes de azevém (*Lolium multiflorum* L.) ”. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.1, p.123-130, 2010.
- [30]. Diederichsen, A. and Jones- Flory, L.L 2005. “Accelerated ageing tests with seeds of 11 flax (*Linum usitatissimum*) cultivars”. *Seed Science ve Technology*, 33, 419-429.
- [31]. ISTA, 1995. “Handbook of Vigour Test Methods. Third Edition”. (J.G. Hampton, D.M. TeKrony, editörler) *International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland*.
- [32]. ISTA, 2012. International Rules for Seed Testing. Edition 2012. “International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland Venter, A.V. 2000”. *Seedvigortesting. Journal of New Seeds*, 2(4), 51-58.
- [33]. Matthews, S. 1993. “Ageing tests as basis for evaluating seed quality”. *Acta Horticulturae* 362, 251-263.
- [34]. Omamor I.B., Asemota A.O., Eke C.R., Ezia E.I. 2007. “Fungal contaminants of the oil palm tissue culture in Nigerian Institute for Oil Palm Research (NIFOR) ”. *African Journal of Agricultural Research*, 2: 534-537.
- [35]. McDonald, M.B. (1999) Seed deterioration: “ Physiology, repair and assessment”. *Seed Sci. Technol.* 27:177–237.
- [36]. Y. Lei, J. Yin, C. Li. “Effects of osmotic stress and sodium nitroprusside pretreatment on proline metabolism of wheat seedlings”. *Biologia Plantarum* 51 (2): (2007) 386–390.
- [37]. Kapoor, N., Arya, A., Siddiqui, M. A., Kumar, H., Amir, A. (2011) “Physiological and biochemical changes during seed deterioration in aged seeds of rice (*Oryza sativa* L.) Amer”. *J. Plant Physiol.* 6:28–35.
- [38]. Yin X., He D., Gupta R., and Yang P. 2015. “Physiological and proteomic analyses on artificially aged Brassica napus seed”. *Front Plant.* doi: 10.3389/fpls.2015.00112.
- [39]. Woodstock, L.W. (1973) “Physiological and biochemical tests for seed vigor”. *Seed Sci. Technol.* 1:127–157.
- [40]. Hampton, J.G., TeKrony, D.M., 1995. “Handbook of vigour test methods 3rd edition”. *The International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland*.
- [41]. Cantliffe, D.J. 1981. “Vigor in vegetable seeds”. *Acta Horticulturae*, 111, 219-226.
- [42]. McDonald, M.B. (1975) “A review and evaluation of seed vigor tests”. *Proc. Assn. Offic. Seed Anal.* 65:109–139.
- [43]. Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour, H. R., Zeinali, E. (2011) “Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean”. *Intl. J. Plant Production* 5:65–70.

- [44]. Nik, S. M. M., Tilebeni, H.G., Zeinali, E., Tavassoli, A. (2011) "Effects of seed ageing on heterotrophic seedling growth in cotton. *American-Eurasian J. Agr. Environ. Sci.* 10:653–657.
- [45]. Yanmaz, R., Demir, I. and Ozcoban, M. 1997. "Determination of appropriate ageing tests conditions for cucurbit seeds". *Acta Horticulturae* 492, 281-287.
- [46]. Jones, T.J. Flowers & M.B. Jones (Eds.), "Plants Under Stress. (pp. 1–10) Cambridge": *Cambridge University Press*.
- [47]. Mahajan, S. and Tuteja, N. 2005. "Cold, salinity and drought stresses": *an overview* . *Arch Biochem Biophys* 444 : 139 – 158.
- [48]. Clark LJ, Cope RE, Whalley WR, Barraclough PB, Wade LJ (2002) "Root penetration of strong soil in rainfed lowland rice": *comparison of laboratory screens with field performance*. *Field Crops Res* 76:189–198.
- [49]. Toole E.H., Hendricks S.B., 1996. "Physiology of seed germination, *Ann. Rev.*" . *Plant Physiol.* 7: 299-324.
- [50]. Kalefetoğlu T, Ekmekçi Y (2005) "Bitkilerde Kuraklık Stresinin Etkileri ve Dayanıklılık Mekanizmaları, G.Ü". *Fen Bilimleri Enstitüsü Derg.* 18(4): 723-740.
- [51]. Atalay, E., Yetim, E., Soylu, S., Sade, B. ve Yorgancılar, M. 2011. "Farklı priming uygulamalarının ekmeklik buğday çeşitlerinde çimlenmenin başlangıç dönemdeki etkinliği. Türkiye IV". *Tohumculuk Kongresi*, 14-17 Haziran, Samsun. 535-539.
- [52]. Kuşvuran, Ş., Daşgan, H.Y., Abak, K. (2008). "Farklı bamya genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri". *VII. Sebze Tarımı Sempozyumu*, 26-29 Ağustos, Yalova, Türkiye, 329-333.
- [53]. Caruso, A., Cheddor, F., Carpin, S., Depierreux, C., Delmotte, F.M., Kahlem, G., Morabito, D. 2008. "Physiological characterization and identification of genes differentially expressed in response to drought induced by PEG 6000 in *Populus canadensis* leaves". *Journal of Plant Physiology*, 165(9): 932-41.
- [54]. Chen, J., Wu, W., Zheng, Y., Hou, K., Xu, Y., Zai, J. 2010. "Drought resistance of *Angelica dahurica* during seedling stage under polyethylene glycol (PEG-6000)- simulated drought stress". *China journal of Chinese Materia Medica*, 35(2): 149-53.
- [55]. Zhu, J., Li, Z., Kang, H., Fan, Y. 2005. "Effects of polyethylene glycol (PEG)-simulated drought stress on *Pinus sylvestris* var". *mongolica seed germination on sandy land*. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 16(5): 801-4.
- [56]. Asraf, M., Iram, A. (2005). "Drought Stress Induced Changes in Some Organic Substances in Nodules and Other Plant Parts of Two Potential Legumes Differing in Salt Tolerance". *Flora*, 200: 535–546.



- [57]. Iraki, N.M., Bressan, R.A., Bressan, R.A., Carpita, N.C. 1989. "Extracellular Polysaccharides and Proteins of Tobacco Cell Cultures and Changes in Composition Associated with Growth-Limiting Adaptation to Water and Saline Stress". *Plant Physiol.*, 91:54-61.
- [58]. Delouche, J.C., 1973. "Seed Vigour in Soybean. Proceedings of the 3rd Soybean Seed Research Conference", 3, 56-72.
- [59]. Delouche, J.C., Baskin, C.C., 1973. "Accelerated Ageing Technique for Predicting the Relative Storability of Seed Lots". *Seed Sci. & Technol.* 1: 427-452.
- [60]. El-Tayeb MA, Hassanein AM (2000) "Germination, seedling growth, some organic solutes and peroxidase expression of different *Vicia faba* lines as influenced by water stress". *Acta Agron Hung* 48:11–20.
- [61]. McDonald, M.B. (1980). "Assessment of seed quality". *HortScience*, 15, 784-788.
- [62]. Perry, D.A. 1980. "The concept of seed vigour and its relevance to seed production techniques". *Seed Production. Ed. P.D. Hebblethwaite, Butterworths*, London.
- [63]. Barla, S.G. and Dolinka, B. 1988. "Complex stressing vigour test: A new method for wheat and maize seeds". *Seed-Science-and-Technology*, 16: 1, 63-73.
- [64]. Dami, I., Hughes, H.G. 1997. "Effect of PEG-induced water stress on *in vitro* hardening of 'Valiant' grape". *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 47:97- 101.
- [65]. Lovato, A. and Balboni, N. 1997 "Seed Vigour in Maize (*Zea mays* L.) ": *Two-Year Laboratory and Field Test Compared Ital. J. Agon.*, 1, 1, 1-6.
- [66]. Hegarty, T.W., 1974. "Seed quality and field emergence in calabrese and leeks". *Journal Horticultural Science*, 49, 189-196.
- [67]. Hampton, J.G., Johnstone, K.A., Eua-umpon, V., 1992. "Ageing vigour tests for mungbean and french bean seed lots". *Seed Science and Technology* , 20, 643-653.
- [68]. Modareresi, R., Rucker, M. and Tekrony, D.M. 2002. "Accelerated ageing test for comparing wheat seed vigour". *Seed Science ve Technology*, 30, 683-687.
- [69]. Stoller E.W., and Wax L.M. 2003. "Temperature effects on germination of nine *Amaranthus* species". *Weed Science Society of America*, <https://doi.org/10.1614/WS-03-012R>.
- [70]. Mondaressi, R., Van Damme, P., 2002. "Application of the controlled deterioration test to evaluate wheat seed vigour". *Seed Science and Technology*, 31, 771-775.
- [71]. Hampton, J.G., Brunton, B.J., Pemberton, G.M. and Rowarth, J.S. 2004. "Temperature and time variables for accelerated ageing vigour testing of pea (*Pisum sativum* L.) seed". *Seed Science ve Technology*, 32, 261-264.

- [72]. Diederichsen, A. and Jones- Flory, L.L 2005. "Accelerated ageing tests with seeds of 11 flax (*Linum usitatissimum*) cultivars". *Seed Science ve Technology*, 33, 419-429.
- [73]. Amirnia, R., Tajbakhsh, M. and Ghiyasi, M. 2011. "Priming'in yaşlandırılmış buğday tohumlarının çimlenme gelişmesi üzerine etkisi". *Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi*, 14-17 Haziran, Samsun. 224-228.
- [74]. Dell'Aquila, A., 2000. "Effect of Combined Salt and Heat Treatments on Germination and Heat-Shock Protein Synthesis in Lentil Seeds". *Biologica Plantarum*, 43(4): 591-594.
- [75]. Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S., Karanov, E., 2001. "The Effect of Drought Ultraviolet Radiation on Growth and Stress Markers in Pea and Wheat. Plant", *Cell And Environment*, 24 (12): 1337-1344.
- [76]. Giri, G. S. and Schillinger, F. 2003. "Seed Priming Winter Wheat for Germination, Emergence and Yield". *Crop Science*, 43(6) : 2135.
- [77]. Liu, F. and Stützel, H., 2004, "Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress", *Scientia Horticulturae*, 102: 15-27.
- [78]. Sanchez, f.j., Andres, e.f., Tenorio, j.l., Ayerbe, l., 2004. "Growth of Epicotyls, Turgor Maintenance and Osmotic Adjustment in Pea Plants (*Pisum sativum* L.) Subjected to Water Stress". *Field Crops Research*, 86: 81-90.
- [79]. Türkan, İ., Bor, M., Özdemir, F., Koca, H., 2005. "Differential Responses of Lipid Peroxidation and Antioxidants in the Leaves of Drought-Tolerant *P. acutifolius* Gray and Drought Sensitive *P. vulgaris* L. Subjected to Polyethylene Glycol Mediated Water Stress". *Plant Science*, 168; 223-231.
- [80]. Van der Berg, L. ve Zeng, Y.J., 2006. "Response of South African indigenous grass species to drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000". *South African Journal of Botany*, 72:284-286.
- [81]. Kaydan, D. and Yağmur, M., 2008. "Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl". *African Journal of Biotechnology*, 7(16):2862-2868.
- [82]. Farsiani, A. and Ghobadi, M.E., 2009. "Effects of PEG and NaCl stress on two cultivars of corn (*Zea Mays* L.) at germination and early seedling stages". *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 3(9):442-445.
- [83]. Hamidi, H. and Safarnejad, A., (2010). "Effect of drought stress on alfalfa cultivars (*Medicago sativa* L.) in germination stage". *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 8 (6): 705-709.

- [84]. Tsago Y., Andargie M., Takele A. 2013. “*In Vitro* Screening for Drought Tolerance in Different Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Varieties”. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. Vol. 9 No. 3, 72-83 ISSN 1997-0838.
- [85]. Muscolo A., Sidari M., Anastasi U, Santonoceto C., Maggio A. 2014. “Effect of PEG-induced drought stress on seed germination of four lentil genotypes”. *Journal of Plant Interactions*. [https://doi.org/ 10. 1080 /17429145.2013.835880](https://doi.org/10.1080/17429145.2013.835880).
- [86]. Vibhuti, Shahi. C., Bargali, K. And Bargali, S.S., 2014. “Seed germination and seedling growth parameters of rice varieties as affected by salt and water stress”. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 85(1):102 – 108.
- [87]. Swathi, L., Reddy, D. M., Sudhakar, P And Vineela, V., 2017. “Screening of mungbean genotypes against water stress mediated through polyethylene glycol”. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*. 6(10) : 2524 – 2531.
- [88]. Hajyzadeh M., Turktas M., Khawar KM., Unver T. 2014 miR408 “Overexpression Causes Increased Drought Tolerance in Chickpea (2014)” *Gene* doi:10.1016/j.gene.
- [89]. Bradnock, W. T. 1975. “Vigour of seeds. Advances in Research and Technology of Seeds part 1, Centre For Agricultural Publishing and Documentation”. Edited by W.T. Bradnock s: 73-80.
- [90]. Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1980. “Towards a rational basis for testing seed quality. In Seed Production”, *Butterworths*, London 605-645.
- [91]. Golezanik, G., Aliloo, A.A., Valizadem, M. and Moghaddam, M. 2008. “Effects of hydro and osmopriming on seed germination and field emergence of lentil”. *University of Tabriz, faculty of Agriculture*. Tabriz, Iran.
- [92]. Bhatti, K.M.K. 2001. “Mercimek (*Lens culinaris* Medik.)’te Doku Kültürü Çalışmaları ve *Agrobacterium tumefaciens* Aracılığıyla Gen Aktarımı”. *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, YÖK Tez No: 120164*, Ankara.
- [93]. Polowick, P.L., Baliski, D.S. and Mahon, J.D. 2004. “*Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) gene integration, expression and inheritance”. *Plant Cell Reports*, 23,485-491.
- [94]. Bhering, M.C., Dias, D.C.F.S., Tokuhisa, D., Dias, L.A.D.S., 2004. “Vigor evaluation of melon seeds by controlled deterioration test”. *Revista Brasileira de Sementes*, 26(1), 125-129.

- [95]. Torres, S.B., Marcos-Filho, J., 2005. "Physiological potential evaluation in melon (*Cucumis melo* L.) seeds". *Seed Science and Technology*,33,341-350.
- [96]. Mavi, K., Kenanoğlu B., Çelikkol, T., Demir, İ., 2008. "Kabak tohum partilerinde tohum gücü testlerinin kullanımı, çıkış ve depo ömrü ile ilişkileri". *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü VII. Sebze Tarımı Sempozyumu*, Antalya, 213-217.
- [97]. Zheng, Y.L., Ma, H.C., Scheller, R., Gao, Z., Zheng, Y. (2013) "Influence of environmental factors on seed germination of *Bombax malabaricum* DC". *Acta Ecologica Sinica* 33:0382–0388.
- [98]. Al-Maskri, A.Y., Khan, M.M., Khan, I.A., Al-Habsi, K. (2003) "Effect of accelerated ageing on viability, vigor (RGR), lipid peroxidation and leakage in carrot (*Daucus carota* L.) seeds". *Intl. J. Agr. Biol.* 5:580–584.
- [99]. Janmohammadi, M., Fallahnezhad, Y., Golshan, M., Mohammadi, H. 2008. "Controlled ageing for storability assessment and predicting seedling early growth of canola cultivars (*Brassica napus* L.)". *ARPJ Agric Biol Sci.* 3: 22-26.
- [100]. Ghassemi-Golezani, K., Khomari, S., Dalil, B., Hosseinzadeh-Mahootchy, A., Chadordooz-Jeddi, A. (2010) "Effects of seed aging on field performance of winter oilseed rape". *J Food Agric Environ.* 8: 175-178.
- [101]. Martins ABN, Costa CJ, Xavier FDM, Brunes AP, Dias LW, Aline Klug Radke AK, Eberhardt PEDR, Cavalcante JA, Vera MJG, Lilian Vanussa Madruga de Tunes LVMD, Moraes DMD. 2018. "Accelerated aging test in amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) seeds". *Aust. J. Crop Sci.* 12(03): 444-448. ISSN:1835-2707 doi: 10.21475/ajcs.18.12.03.pne890.
- [102]. Bailly, C.O, Benamar, A., Corbineau, F., Come, D. (2000) "Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming". *Seed Science Research.* 10: 35–42.
- [103]. Goel, A., Goel, A.K. Sheoran, I. S. (2003) "Changes in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds". *J.of plant physiology.* 160: 1093-1100.
- [104]. McDonald, C.M., Floyd, C.D., Waniska, R.D. (2004) "Effect of accelerated aging on mize , Sorghun and sorghum". *J. of cereal science.* 39: 351- 361.
- [105]. Seiadat, S.A., Moosavi, A., Sharafizadeh, M. (2012) Effect of seed priming on antioxidant activity and germination characteristics of Maize seeds under different aging treatments". *Research Journals of Seed Scienc.* 5 (2): 51-62.

- [106]. Ansari, O., Sharif-Zadeh, F. (2013) "Improving germination of primed mountain rye seeds with heat shock treatment". *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 25(3): 1-6.
- [107]. Martins ABN, Costa CJ, Xavier FDM, Brunes AP, Dias LW, Aline Klug Radke AK, Eberhardt PEDR, Cavalcante JA, Vera MJG, Lilian Vanussa Madruga de Tunes LVMD, Moraes DMD. 2018. "Accelerated aging test in amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) seeds". *Aust. J. Crop Sci.* 12(03): 444-448. ISSN:1835-2707 doi: 10.21475/ajcs.18.12.03.pne890.
- [108]. Copeland, L.O. and MacDonald, M.B. 1995. "Principles of Seed Science and Technology". 3 rd ed. *Chapman and Hall*, New York, NY.
- [109]. Lafitte HR, Li ZK, Vijayakumar CHM, Gao YM, Shi Y, Xu JL, Fu BY, Yu SB, Ali AJ, Domingo J, Maghirang R, Torres R, Mackill D (2006) "Improvement of rice drought tolerance through backcross breeding": *evaluation of donors and selection in drought nurseries*. *Field Crops Res* 97:77–86.
- [110]. Akubugwo, I.E., Obasi, N.A., Chinyere, G.C., Ugbogu, A.E., 2007. "Nutritional and chemical value of *Amaranthus hybridus* L. leaves from AṢkpo", *Nigeria. African Journal of Biotechnology*, 6(24): 2833-2839.
- [111]. Eser, B., İlbi, H., 2005. "Tohumlarda Kalite Kontrol Kriterleri. Tohum Bilimi Ve Teknolojisi", *Ege Üniversitesi, Tohum Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi*, İzmir, Yayın No:3 Cilt II,. Sayfa 639-655.
- [112]. Henderson, T., A. Schneiter, B. Johnson, N. Riveland, and B.G. Schatz. 1993. "Production of amaranth in the northern Great Plains. p. 22-30. In: *Alternative crop and alternative crop production research*". *A progress report*. May 1993. North Dakota State Univ., Fargo.
- [113]. Çarpıcı, B.E ve Erdel, B., 2015. "Bazı yonca çeşitlerinde kuraklık stresinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi". *Derim*, 32(2):201-210, Bursa.
- [114]. Pantola, S., Vibhuti, Bargalı, K. And Bargalı, S.S., 2017 "Screening of tree leguminous crops for drought stress tolerance at germination and seedling growth stage". *Indian Journal of Agricultural Sciences* 87(4); 467-472.
- [115]. Avcı S., İleri O., Kaya M.D. 2017. "Genotypic Variation Among Sorghum Cultivars for Seed Vigor, Salt and Drought Stresses". *Tarım Bilimleri Dergisi*, 23, page 3.
- [116]. Mut, Z. ve Akay, H., 2010. "Effect of seed size and drought stress on germination and seedling growth of naked oat". *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16(4):459-467.
- [117]. Ahmadizadeh M, Valizadeh M, Zaefizadeh M, Shahbazi H (2011). "Evaluation of interaction between genotype and environments in term of germination and seedling growth in durum wheat landraces". *Adv Environ Biol* 5: 551–558.

[118]. Almansouri, M., Kinet, J. M. and Lutts, S., 2001. "Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat". *Plant and Soil*. 231:243-254.

[119]. Putnam, D.H., Oplinger, E.S., Doll, J.D., Schulte, E.M., 2014. "Amarant". <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/amaranth.html> (Erişim tarihi: 19.03.2014).



## ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Kütahya’da doğdu. İlköğrenimini Atakent ilkokulunda, orta öğrenimini Abdurrahman Paşa orta okulunda, Lise öğrenimini Atatürk Lisesinde tamamladı. 2010 yılında girdiği Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü’nden 2014 yılında mezun oldu. 2016 yılında Uşak Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine başladı.

