



**T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**Yüksek Lisans Tezi**

**ASETİK ASİT UYGULAMASININ ARPA (*Hordeum vulgare* L.)  
KROMOZOMLARINA ETKİLERİ**

**Sare BEYOĞLU**

**Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı**

**Moleküler Biyoloji ve Genetik Programı**

**DANIŞMAN  
Doç. Dr. Aslıhan TEMEL**

**Mayıs, 2022**

**İSTANBUL**

Bu alışma, 10.05.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, Moleküler Biyoloji ve Genetik Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

### **Tez Jürisi**

Doç. Dr. Aslıhan TEMELİ(Danışman)  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Şule ARI  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Elif KARLIK  
İstinye Üniversitesi  
Fen Fakültesi

### **İntihal Programı Beyanı**

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

### **Proje Destekleri**

Bu tez proje ile desteklenmemiştir.

### **Tezden Üretilmiş Yayınların Künye Bilgileri**

|  |
|--|
|  |
|--|

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans ve tez çalışmalarım boyunca bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Aslıhan TEMEL'e,

Yüksek lisans döneminde desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşım İlayda GÖKTEPE'ye,

Bilimsel olanaklarından faydalandığım, İ.Ü. Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik bölümünün tüm öğretim elemanlarına ve lisansüstü öğrencilerine,

İyi ve kötü, her anımda yanımda olan, bana sonsuz destek veren başta annem, babam, kardeşlerim ve tüm AİLEME en içten duygularıyla sonsuz teşekkürler ederim.

Saygılarımla

Mayıs 2022

Sare BEYOĞLU

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

|                                                                                     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ.....                                                                          | iv   |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                   | vii  |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                                  | viii |
| TABLO LİSTESİ.....                                                                  | viii |
| SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ .....                                                     | ix   |
| ÖZET.....                                                                           | x    |
| SUMMARY.....                                                                        | xii  |
| 1. GİRİŞ.....                                                                       | 1    |
| 2. GENEL KISIMLAR .....                                                             | 6    |
| 2. 1. ARPA ( <i>HORDEUM VULGARE</i> L.) .....                                       | 6    |
| 2. 2. ASETİK ASİT (AA) .....                                                        | 9    |
| 2. 3. KROMOZOM ANOMALİLERİ.....                                                     | 11   |
| 3. MALZEME VE YÖNTEM.....                                                           | 14   |
| 3. 1. BİTKİ MATERYALİ .....                                                         | 15   |
| 3. 2. BİTKİ YETİŞTİRİLMESİ .....                                                    | 15   |
| 3. 2. 1. Arpa Tohumlarına İlave Edilecek AA Konsantrasyonlarının Hazırlanması ..... | 15   |
| 3. 2. 2. Çimlenmiş Arpa Bitkilerine AA Uygulamaları.. .....                         | 15   |
| 3. 3. FİZYOLOJİK ÖLÇÜMLER .....                                                     | 17   |
| 3. 4. PREPARAT HAZIRLANMASI .....                                                   | 17   |
| 3. 4. 1. Feulgen Boyasını Hazırlanması .....                                        | 17   |
| 3. 4. 2. Fiksasyon .....                                                            | 17   |
| 3. 4. 3. Preparat Yapımı.....                                                       | 17   |
| 3. 5. MİKROSKOPTA İNCELEME .....                                                    | 179  |
| 3. 6. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER .....                                                 | 18   |
| 4. BULGULAR.....                                                                    | 20   |
| 4. 1. AA UYGULAMASININ ARPA BÜYÜMESİNE ETKİLERİ .....                               | 20   |
| 4. 1. 1. Taze Ağırlığa Etkileri .....                                               | 22   |
| 4. 1.2. Kuru Ağırlığa Etkileri.....                                                 | 22   |
| 4.1.3. Su İçeriğine Etkileri.....                                                   | 23   |
| 4.1.4. Sürgün Uzunluğuna Etkisi .....                                               | 23   |

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1.5. Kök Uzunluğuna Etkisi.....                          | 24        |
| 4. 2. AA UYUGULAMASININ ARPA KROMOZOMLARINA ETKİLERİ ..... | 214       |
| 4.2.1. Mitotik İndekse Etkileri .....                      | 24        |
| 4.2.2. Anormallik İndeks Üzerine Etkileri .....            | 27        |
| <b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>                          | <b>28</b> |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                     | <b>32</b> |
| <b>EKLER.....</b>                                          | <b>40</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                      | <b>41</b> |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa No

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1: Arpanın Başak Morfolojisine Göre Tipleri.....                                                    | 7  |
| Şekil 2.2: Arpa Danesi.....                                                                                 | 8  |
| Şekil 2.3: Hücre Döngüsü Evreleri.....                                                                      | 12 |
| Şekil 3.1: AA'nın Arpa Tohumlarının Gelişimi Üzerine Etkisinin Araştırıldığı Çalışmamızın Ana Aşamalar..... | 16 |
| Şekil 3.2: Feulgen Boyası.....                                                                              | 17 |
| Şekil 3.3: Fikse Edilen Kökler (a), Feulgen Boyası ile Boyanmış Kökler (b).....                             | 18 |
| Şekil 4.1: Arpa Tohumlarının 2 gün (48 saat) Çimlendikten Sonraki Görüntüleri.....                          | 20 |
| Şekil 4.2: Çimlenmeden Sonra Kontrol Grubu Arpa Tohumunun Görüntüsü.....                                    | 20 |
| Şekil 4.3: Arpa Bitkisinin AA Uygulandıktan Sonra Görüntüsü.....                                            | 21 |
| Şekil 4.4: Arpa Bitkisinin İyileşme Uygulamasından Sonra Görüntüsü.....                                     | 21 |
| Şekil 4.5: Arpa Tohumlarında Gözlenen Hücre Evlerinin Görüntüsü.....                                        | 26 |
| Şekil 4.6: Anafaz Evresinde Kromozom Köprüleri Görüntüsü.....                                               | 27 |

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa No

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 2.1:</b> Arpa ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) Bitkisinin Taksonomik Sınıflandırılması..... | 6  |
| <b>Tablo 2.2:</b> AA'nın Fiziksel Özellikleri.....                                               | 10 |
| <b>Tablo 4.1:</b> Taze Ağırlık Değerleri.....                                                    | 22 |
| <b>Tablo 4.2:</b> Kuru Ağırlık Değerleri .....                                                   | 22 |
| <b>Tablo 4.3:</b> Su İçerik Değerleri.....                                                       | 23 |
| <b>Tablo 4.4:</b> Sürgün Uzunluk Değerleri.....                                                  | 23 |
| <b>Tablo 4.5:</b> Kök Uzunluk Değerleri.....                                                     | 24 |
| <b>Tablo 4.6:</b> Mitotik İndeks Değerleri.....                                                  | 25 |
| <b>Tablo 4.6:</b> Anomalik İndeks Değerleri .....                                                | 27 |

## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

| Simgeler | Açıklama           |
|----------|--------------------|
| °C       | : Santigrat Derece |
| mM       | : Milimolar        |
| %        | : Yüzde            |

| Kısaltmalar | Açıklama                         |
|-------------|----------------------------------|
| AA          | : Asetik Asit                    |
| AAB         | : Asetik Asit Bakterileri        |
| DSB         | : Çift İplik Kırığı              |
| DNA         | : Deoksiribonükleik Asit         |
| EtOH        | : Etanol                         |
| JA          | : Jasmonik Asit                  |
| HCl         | : Hidroklorik Asit               |
| HDA         | : Histon Deasetilaz              |
| PEG         | : Polietilen Glikol              |
| REC         | : İyileşme Uygulaması “Recovery” |
| ROS         | : Reaktif Oksijen Türleri        |

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### ASETİK ASİT UYGULAMASININ ARPA (*Hordeum vulgare* L.) KROMOZOMLARINA ETKİLERİ

Sare BEYOĞLU

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Aslıhan TEMEL

Bitkiler büyüme ve gelişme döneminde biyotik ve abiyotik streslere maruz kalmaktadır. Özellikle kuraklık gibi abiyotik stresler bitkilerin hücre, doku ve organ seviyesinde değişikliğe neden olmaktadır. Bu durum bitki verimini düşürerek, ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Asetik asit (AA), geleneksel tedavi ve gıda gibi çok yaygın kullanım alanı bulunan kolay elde edilebilen ucuz bir maddedir. Literatürde, AA'nın, bitkilerde kuraklık gibi abiyotik (tuzluluk, yüksek/düşük sıcaklık vb.) strese dayanıklılığı arttırdığı gösterildi.

Bu çalışmada, AA'nın arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. Bornova-92) bitkisinin taze ağırlığını, kuru ağırlığını, su içeriğini, sürgün uzamasını, kök uzunluğu ve hücre bölünmesini hangi yönlerde etkileyeceği ve bunun hücre bölünmesi ve kromozom yapısına etkileri araştırıldı. İki gün süreyle çimlendirilmiş arpa bitkilerine 10, 20 veya 30 mM olmak üzere üç farklı konsantrasyonda AA uygulandı ve bitki büyütme kabinde karanlık ortamda 1 gün bekletildi. AA uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) fideler "recovery" (REC) uygulaması için, 1 gün boyunca distile suda bekletildi. AA uygulaması ve REC uygulamasından sonra fidelerde, kök ve sürgün uzunlukları, taze ve kuru ağırlık değerleri, su içeriği, mitotik indeksi değerleri hesaplanmış ve olası kromozom anomalileri araştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, AA'nın düşük (10mM) konsantrasyonda, kısa sürede bitki gelişimini ve hücre bölünmesini etkilediğini, özellikle taze ağırlığı, kuru ağırlığı, su içeriğini, kök uzunluğu, sürgün uzamasını ve mitotik indeks ve kromozom anormalleri kontrol gruplarına göre arttırdığı ve bu etkilerin madde uzaklaştırıldıktan sonra da devam ettiği tespit edilmiştir. Bununla beraber, 10mM konsantrasyonda kromozom yapısının önemli ölçüde etkileyen olumlu bir artış

gözlemlenmiştir. 20mM konsantrasyonda, taze ağırlığı, su içeriğini, kök uzunluğu, sürgün uzamasını ve mitotik indeks değerlerinde azalma; kuru ağırlığın ve kromozom anormallerin kontrol gruplarına göre artma tespit edilmiştir. 30mM konsantrasyonda, taze ağırlığı ve mitotik indeks artma; su içeriğini, kök uzunluğu, sürgün uzamasını ve kuru ağırlığın ve kromozom anormallerinde azalma tespit edilmiştir. Rec uygulamalarında bu etkinin devam ettiği gözlenmiştir. En fazla kromozom anormalleri anafaz evresinin kromozom köprülerinde olduğu görülmüştür.

Analizlerimiz sonucunda AA'nın kısa zamanda düşük konsantrasyonlarda dahi bitki büyüme döneminde dışardan uygulanmasının bitkinin büyüme ve gelişme döneminde olumsuz koşulları azaltabileceği ve kuraklık dönemlerinde bitkilerde kullanılmasının bitki verimine ve ülkemiz ekonomisine olumlu yönde etkisi olacağı düşünülmektedir.

Mayıs 2022, 55. sayfa.

**Anahtar kelimeler:** Arpa, Kromozomal Anormallikler, Asetik asit

## **SUMMARY**

### **M.Sc. THESIS**

#### **EFFECTS OF ACETIC ACID TREATMENT ON BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) CHROMOSOMES**

**Sare BEYOĞLU**

**İstanbul University**

**Institute of Graduate Studies in Sciences**

**Department of Molecular Biology and Genetics**

**Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Asıhan TEMEL**

Plants are exposed to biotic and abiotic stresses during the period of growth and development. Abiotic stresses, especially drought, cause changes in the level of cells, tissues and organs of plants. This situation not only reduces the yield of plants, but also causes economic losses. Acetic acid (AA) is an easy-to-obtain and inexpensive substance that has a very wide range of uses, such as traditional medicine and food. In the literature, it has been shown that AA increases resistance to abiotic stress (salinity, high/low temperature etc.), such as drought, in plants.

In this study, the effects of AA on the fresh weight, dry weight, water content, shoot length, stem length and cell division of the barley plant (*Hordeum vulgare* L. cv. Bornova-92) and their effects on cell division and chromosome structure were investigated. AA in three different concentrations, 10, 20 and 30 mM, was applied to barley plants that germinated for two days and the plant was kept in a dark environment for 1 day in a growing cabinet. Then, the effects of acetic acid on the root-shoot lengths, fresh-dry weight amounts and water content, mitotic index and abnormality index of barley seeds were analyzed. Then, the seeds were kept in distilled water for “recovery” (REC) application for 1 day. AA applied and not applied (control) seedlings were kept in distilled water for the application of healing ‘recovery’ (REC) for 1 day. After AA application and REC application, root and shoot lengths, fresh and dry weight values, water content, mitotic index values were calculated in seedlings and possible chromosome anomalies were investigated.

Results, it was found that acetic acid increased plant growth, especially fresh weight, dry weight, water content, root length, shoot elongation, mitotic index and chromosomal

abnormalities at a low (10 mM) concentration in a short time compared to the control groups, and these effects continued after the substance was removed. In addition, a positive increase in the concentration of 10 mM was observed, which significantly affects the chromosome structure. At a concentration of 20 mM, a decrease in the values of fresh weight, water content, root length, shoot elongation and mitotic index was detected; an increase in dry weight and chromosomal abnormalities was detected compared to the control groups. At a concentration of 30 mM, an increase in fresh weight and mitotic index; a decrease in water content, root length, lengthening of shoots, and a decrease in dry weight and chromosomal abnormalities were detected and these effects continued after the substance was REC. It has been observed that the most chromosomal abnormalities are in the chromosome bridges of the anaphase stage.

As a result of our analyses, it is thought that the application of AA from the outside during the plant growth period, even at low concentrations in a short time, can reduce the adverse conditions during the growth and development period of the plant, and its use in plants during periods of drought will have a positive effect on plant yield and the economy of our country.

May 2022, 55 pages.

**Keywords:** Barley, Chromosomal Abnormalities, Acetic acid

## 1. GİRİŞ

Bitkiler büyüme, gelişme ve üreme dönemlerinde biyotik (patojen ve diğer mikroorganizmalarla rekabet gibi) ve abiyotik (kuraklık, tuzluluk, don ve yüksek sıcaklık gibi) streslere maruz kalmaktadır. Bu stresler bitkilerin hücre dehidrasyonunun yani iç dengesinin (homeostazi) bozulmasına ve fizyolojik işlevlerinde değişikliklere yol açmaktadır (Kaplukan, 2013).

Kuraklık, bitki büyümesini olumsuz engelleyen abiyotik stres etmenlerinin en önemlisi olduğu bilinmektedir (Kebede ve diğ., 2019). Kuraklık, “Yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu, arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve su dengenin bozulmasına sebep olan doğal olay” olarak tanımlanabilir. Tarımsal üretimi etkileyen faktörler toprak, tohum, insan ve iklimdir. Bunlardan iklim dışında kalan diğer faktörler genellikle kontrol ve ıslah edilebilir. Tarım teknikleri ne kadar gelişirse gelişsin iklim faktörleri tarımsal üretimi önemli ölçüde etkilemeye devam etmektedir (Kaplukan, 2013).

Küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişikliklerinin etkileriyle birlikte kuraklığın ortaya çıkması, yağışlardaki düzensizlik, havadaki bağıl nemde azalma, buharlaşmada artış ve toprak nemindeki azalma (Mishra ve Singh, 2010) bitkilerin su almasını engellemekle birlikte bitkilerde hücresel, doku ve organ seviyesinde değişikliğe neden olmaktadır (Beck ve diğ., 2007, Rahman ve diğ., 2019). Ayrıca kuraklığın artmasıyla toprakta paralel olarak tuz miktarında artmasıyla birlikte tarımsal ürünlerin veriminin düşmesine ve üretim miktarının azalmasına neden olmaktadır (Mishra ve Singh, 2010). Bu streslere karşı etkili yöntemlerin geliştirilmesi, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve gıda güvenliği için çok önemlidir (Beck ve diğ., 2007; Rahman ve diğ., 2019).

Bitkiler maruz kaldıkları stres etkenlerinin derecesine göre başlangıç alarm evresi, aklimasyon evresi, onarım evresi ve tükenme evresi olarak dört aşamalı bu etkenlere karşı cevap oluşturmaktadırlar (Kosova ve diğ., 2011; Korkmaz ve Durmaz, 2017).

Tahıllar, kuraklık stresine dayanımlarına göre; çavdar, tritikale (aldığı gene göre değişmekte), arpa (su isteği fazla olmasına rağmen erkenciliği sayesinde kuraklık etkilerinden daha az etkilenmekte), buğday ve yulaf şeklinde sıralanmaktadır (Kutlu, 2010).

Türkiye Ziraat Odaları Birliği'nin 2020-2021 Tarımsal Üretim Dönemi Kuraklık Risk Tahmin Raporu'na göre, Türkiye'de 22 ilde tarımsal kuraklık bulunmakta olduğu ve özellikle buğday bitkisinin rekoltesinde ciddi azalmalara yol açtığı bildirilmektedir (TZOB, 2021). Arpa, buğdaya göre daha erkenci olması nedeniyle düşük ve düzensiz yağış alan yerler için iyi bir bitkidir. Aynı zamanda tuzluluğa ve alkaliliğe oldukça dayanıklı olması yanında buğdaya göre daha hızlı bir büyüme göstererek yabancı otlara karşı üstün duruma geçebilmektedir (Doğan ve diğ., 2014). Serin iklim bitkilerinden olan arpa (çimlenme sıcaklığı minimum 3-5 °C, optimum 20 °C) buğdaya göre vejetasyon süresince toplam sıcaklık isteği daha azdır. Sıcak ve kurak hava döllenmeyi ve dane tutmayı azaltır. Arpanın kökleri toprağın derinlerine inemediğinden kurak dönemlerde hızla erken oluma geçmekte ve verimi düştüğü bildirilmektedir (TAEK, 2010). Arpanın sapa kalkma ve kardeşlenme dönemlerinde kuraklık meydana geldiğinde bitkinin fotosentezi olumsuz etkilediği için tane verimi düşmesine neden olmaktadır. Literatürde kuraklığın bitkilerin fizyolojik özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda, bitkilerin kök gövde oranı artışlar gözlenmesi, taze ağırlık, kuru ağırlık ve su içeriğinde, klorofil içeriğinin, pigment içerik alanı, stoma iletkenliğinin, mezofil iletkenliği, fotosentez yüzdesi miktarlarında azalma gözlemlendiği belirtilmektedir (Kutlu, 2010; Anjum ve diğ. 2011; Makbul ve diğ., 2011; Kasim ve diğ., 2013; Allahverdiyev ve diğ., 2015; Bandurska ve diğ., 2017; Zang ve diğ., 2018). Kuraklık stresinden etkilenen arpa bitkilerinin daha az verim alındığını ve bu durumun bir seleksiyon kriteri olabileceği öne sürmüşlerdir (Kutlu, 2010).

Bitkilerin büyüme ve gelişim dönemlerinde gerçekleşen fizyolojik olaylar, hücreler arası kimyasal iletişim bitki büyüme düzenleyiciler (Öktüren ve Sönmez, 2005) tarafından kontrol edilmektedir. Bitki büyüme düzenleyicileri doğal hormonlar ve sentetik hormonlar olmak üzere iki şekildedir. Doğal hormonlar bitki tarafından sentezlenirken, sentetik hormonlar kimya endüstrisi tarafından geliştirilen maddelerdir. Sentetik hormonlar doğal hormonlarla benzer etki göstermektedir (Çetin, 2002).

Kuraklık gibi abiyotik streslere maruz kaldıklarında bitkiler, bitki büyüme düzenleyicileri ile morfolojik, fizyolojik, sitolojik değişiklikler, biyomoleküler, hormonal cevaplar ve genetiksel tepkiler vererek savunma mekanizmalarını geliştirmekte ve olumsuz koşullarda

dayanıklılıklarını arttırabilmektedirler (Pinheiro, 2004; Yüksel ve Aksoy, 2017). Bu mekanizmalardan bazıları fotosentez, solunumu azaltarak stomaların kapanması, yeni proteinlerin sentezlenmesi ve ozmolitlerin bir araya toplanması, kinaz birikimi, reaktif oksijen türleri (ROS) oluşumu, absisik asit ve jasmonik asit (JA) gibi antimitojenik hormonları birikerek çeşitli sinyal uyarımlar oluşturmaktadır (Hsiao ve Acevedo, 1974; Zeevaart ve Creelman, 1988).

Farklı iki arpa genotipinde (Maresi, Syron) kuraklık stresinin prolin biyosentezi ve dengesi üzerine etkilerini araştırdığı bir çalışmada, kuraklık stresi altında her iki genotipe ait kök ve yapraklarda prolin ve ABA miktarlarında artış olduğunu bildirmişlerdir (Bandurska ve diğ., 2017).

Yonca bitkisinde polietilen glikol (PEG) aracılığıyla uygulanan kuraklık stresinin fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklerinin incelendiği bir çalışmada, PEG, kök gövde oranında, klorofil a ve b miktarında, ozmolit içeriğinde, yaprak su içeriği ve yaprak su potansiyelinde azalmaya neden olurken, ROS üretiminde ve lipid peroksiadyonunda artış olduğunu tespit etmişlerdir (Zang ve diğ., 2018).

Bitkilerde çeşitli sinyal uyarımlar oluşturan bu moleküller, hücre döngüsü evrelerindeki kontrol noktalarını uyarmakta ve hücre döngüsü evrelerinde G1 safhasından S safhasına geçişi bozarak, DNA sentezinin yavaşlamasına ya da mitoz safhasına geçişi geciktirerek olumsuz etkilemektedir (Hsiao ve Acevedo, 1974; Zeevaart ve Creelman, 1988; Bray, 1993; Reichheld ve diğ., 1999; Kadota ve diğ. 2005). Ayrıca stres altında büyüyen bitkiler normal koşullardaki bitkilere göre morfolojik olarak daha küçük olması hücre sayısının azalması (Razem ve diğ., 2007). Hücre döngüsünün G1/S ve G2/M kontrol noktalarında sabit kalmasına, S fazındaki sürecin uzamasına bağlı olarak ya da M safhasına geç girmesine neden olan siklin bağımlı kinazların inhibisyonuna bağlı olduğu belirtilmektedir (Kitsios ve Doonan, 2011). Bununla birlikte literatürde yapılan diğer çalışmalarda kuraklık stresinin hücre döngüsünde G1 ve G2 safhalarında hücrelerin daha fazla olduğunu belirterek kuraklık stresinin olumsuz etkiye neden olduğu, mezofil hücrelerdeki mitotik aktiviteyi hem de meristematik bölgedeki hücre bölünmesini azalttığını (Schuppler ve diğ., 1998), kuraklık stresinin serbest radikallerin, sodyum benzoat ve etilen sentezini engellediği bildirilmektedir (Beltrano ve diğ., 1999).

Arpa çok kuru ya da çok sulak olmayan her toprakta yetişebilen farklı iklim ve stres koşullarına uyum sağlayabilen bir tahıl olup dünyanın çok çeşitli bölgelerinde yetişebilmektedir. İklim koşulları açısından Türkiye'nin tüm bölgeleri arpa yetiştirilmesine uygunluk göstermektedir. Arpanın yazlık ve kışlık ekimi yapılmaktadır. Yazlıklarda protein oranı yüksek, dane küçük ve cılız, kışlıklarda ise protein oranı düşük, dane iri ve ağırdır (Güngör, 2018). Çalışmamızda kullandığımız *Hordeum vulgare* L. cv. Bornova-92 çeşidi arpa tohumları iki sıralı olup kışlık ekimi yapılan serin iklim bitkilerindendir.

Arpanın tarımsal verimini ve bitki gelişimin arttırmak için kuraklık stresine karşı geleneksel ve biyoteknolojik ıslah çalışmalarına ek olarak, dışardan uygulanan Silisyum SiO<sub>2</sub>, Salisilik asit, Asetik asit (AA) gibi kimyasalların etkisi ile bitkilerde kuraklığa dayanıklılık sağlanabilmektedir (Yıldız, Ş., 2018, Kim ve diğ., 2017, Dai ve diğ., 2020). Yapılan bir çalışmada arpa bitkisine dışardan AA uygulamasının, histon asetilasyonunu ve JA sinyal mekanizmasını teşvik ederek kuraklık dayanıklılığını arttırdığı gösterilmiştir (Kim ve diğ., 2017). Sirke asidi olmasından dolayı en tanınmış organik kimyasal bileşik olan asetik asit birçok bitki ve hayvan sisteminde sulandırılmış çözeltilerde bulunmaktadır (Le Berre ve diğ., 2011). AA su altında kalan topraklarda oluşan ana asittir ve üretilen toplam organik asitlerin % 60'ını oluşturabilmektedir (Fortes ve diğ., 2009). Yapılan araştırmalarda bazı bitkilerin kuraklığa dayanıklılığını asetat biyosentez yolağının “acetate biosynthesis pathway” teşvik edilmesinden kaynaklandığı ve dışardan AA uygulanan bitkilerin de kuraklığa karşı dayanıklı olduğu belirtilmiştir (Kim ve diğ., 2017, Utsumi ve diğ., 2019).

AA, alkolik fermantasyonun son ürünü olan doğal bir molekül olup; çok çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Dışarıdan verilen asetik asidin, maya hücrelerinde kromatin ve hücre membranı yapısını etkilediği, DNA ikili iplik kırıklarına yol açtığı ve hücre ölümüne neden olduğu gösterilmiştir. Bu tez kapsamında, asetik asit uygulamasının kromozom yapısına olan olası etkileri, sitogenetik çalışmalar için model organizma olarak görülen arpa (*Hordeum vulgare* L.) bitkisinde araştırılacaktır. Arpa olgun tohumları, farklı asetik asit konsantrasyonları ile muamele edilecek, gelişen köklerden ezme preparatlar hazırlanacak ve kromozom boyaları ile boyanıp, ışık mikroskobunda incelenecektir. Elde edilecek sonuçlara göre, sitotoksik etki göstermeyen asetik asit konsantrasyonları belirlenecektir.

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda ülkemizde arpa bitkilerinin fizyolojik özellikleri, mitotik indeksi ve kromozom anormallikleri üzerine kuraklığın olumsuz etkilerinin

hafifletilmesinde AA'ların etkilerine dair herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu tez çalışmasında kuraklık stresi şartlarında iki sıralı *Hordeum vulgare* L. Bornova-92 arpa bitkisinin, fizyolojik özellikleri, mitotik indeksi ve kromozom anormallikleri dışarıdan asetik asitin etkileri kuraklık stresine dayanıklılığının artırılması çalışmalarına yararlı olması beklenmektedir.



## 2. GENEL KISIMLAR

### 2. 1. ARPA (*HORDEUM VULGARE L.*)

Arpa (*Hordeum vulgare L.*), tahıllar arasında ekimi ilk yapılan ve bilinen en eski insan besinlerindendir (Doğan, 2021). Yapılan çalışmalarda, arpanın orijin merkezinin Etiyopya, farklılaşma merkezinin (Kiran, 1997), Verimli Hilal “Fertile Crescent” olarak bilinen bölgesi (Türkiye’nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi, İsrail, Ürdün, Lübnan, Suriye, İran, Irak ülkelerini kapsayan alan) (Badr ve diğ., 2000; Kiran, 1997) olduğu ve M.Ö. 7000’li yıllardan kalan bulgular da arpanın kültüre alınan ilk tarım bitkilerinden biri olduğunu belirtilmektedir (Kumar ve diğ., 2012).

Buğdaygiller ailesinin *Hordeum L.* cinsine ait bir üyesi olan arpa, kendi kendine döllen, on dört kromozoma sahip diploid ( $2n=2x=14$ ), tetraploid ( $2n=4x=28$ ) ve heksaploid ( $2n=6x=42$ ) genotipe sahip 32 türden ve 45 taksondan oluşmaktadır (Güngör, 2018). Arpanın taksonomisi Tablo 2.1’de gösterilmiştir (ITIS, 2018; USDA, 2021).

**Tablo 2.1: Arpa (*Hordeum vulgare L.*) Bitkisinin Taksonomik Sınıflandırılması (USDA, 2021).**

|                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------|
| Kingdom (Âlem)            | Plantae (Bitkiler)               |
| Subkingdom (Alt âlem)     | Tracheobionta (Damarlı bitkiler) |
| Superdivision (Üst bölüm) | Spermatophyta (Tohumlu bitkiler) |
| Division (Bölüm)          | Magnoliophyta (Çiçekli bitkiler) |
| Class (Sınıf)             | Liliopsida (Tek çenekliler)      |
| Subclass (Alt sınıf)      | Commelinidae                     |
| Order (Takım)             | Cyperales                        |
| Family (Familiya)         | Poaceae (Buğdaygiller)           |
| Genus (Cins)              | <i>Hordeum L.</i>                |
| Species(çeşit)            | <i>Hordeum vulgare L.</i>        |

Arpanın başağının her boğumunda üç çiçek yer almaktadır ve bu çiçeklerin döllenip tohum oluşturma (morfolojik olarak) durumuna göre farklı iki tipi bulunmaktadır. Altı sıralı (*Hordeum*

*hexastichum*), başak ekseninin bir boğumundaki üç başakçığın üçününde dane bağlaması ile oluşurken, iki sıralı arpa (*Hordeum distichum*) yalnız ortadaki başakçığın dane bağlaması ile oluşmaktadır (Gramene, 2018).



**Şekil 2.1:** Arpanın Başak Morfolojisine Göre Tipleri a) İki Sıralı (*Hordeum distichum*); b) Altı sıralı (*Hordeum hexastichum*)

Serin iklim bitkilerinden olan arpa (çimlenme sıcaklığı minimum 3-5 °C, optimum 20 °C) buğdaya göre vejetasyon süresince toplam sıcaklık isteği daha azdır. Sıcak ve kurak hava döllenmeyi ve dane tutmayı azaltır. Arpanın kökleri toprağın derinlerine inemediğinden kurak dönemlerde hızla erken oluma geçer ve verim düşer (TAEK, 2010).

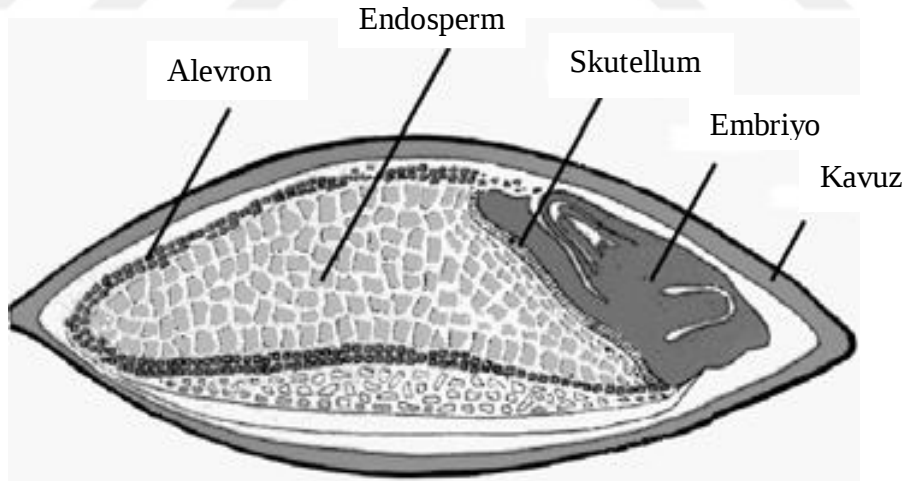
Arpa çok kuru ya da çok sulak olmayan her toprakta yetişebilen farklı iklim ve stres koşullarına uyum sağlayabilen bir tahıl olup dünyanın çok çeşitli bölgelerinde yetişebilmektedir. İklim koşulları açısından Türkiye'nin tüm bölgeleri arpa yetiştirilmesine uygunluk göstermektedir. Arpanın yazlık ve kışlık ekimi yapılmaktadır. Yazlıklarda protein oranı yüksek, dane küçük ve cılız, kışlıklarda ise protein oranı düşük, dane iri ve ağırdır (Güngör, 2018). Arpa üretiminde Türkiye; Avrupa Birliği, Rusya, Ukrayna, Avusturalya ve Kanada'dan sonra altıncı sırada yer

almaktadır. Türkiye’de tahıl üretiminde buğdaydan sonra ikinci sırada yer alan arpa; dünyada mısır, buğday ve pirinçten sonra dördüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2018).

Ekimi yapılan arpanın Türkiye’de % 90’ı hayvan yemi olarak, kalan kısmı maltlık olarak bira sanayinde ve gıda endüstrisinde kullanılırken, dünyada ise % 65’i hayvan yemi olarak, % 33’ü biyodizel üretimi ile maltlık olarak bira ve viski yapımında, % 2’si ise gıda endüstrisinde insan besini olarak kullanılmaktadır (Güngör, 2018).

Arpa, insan sağlığına yarar sağlayan bir tahıl olup ve yapısında %67 karbonhidrat, %9–13 protein bulunmaktadır. Arpa tohumunun ortalama %10–13 kadarı kavuzdur. Kavuz ve kabuklar, en dış kısmı sert ve yanları saran iç kavuz ve karını kaplayan kapçık ile sarılmıştır. Kavuzun altında meyve kabuğu bölgesi yani pericarp bulunmaktadır. Tohumunun alevron tabakası, embriyo veskutellumunda bol miktarda selenyum, bakır ve niasin (B3 vitamini) içermektedir. Embriyo meyve kabuğunun altında testa bulunmaktadır. Endospermin dış kısmında alevron tabakası ve endospermasında ise lif bulunmaktadır (Gupta ve diğ., 2010)

Şekil 2.2.



Şekil 2.2: Arpa Danesi.

Arpanın kısa yaşam döngüsü, tek yıllık bir bitki ve diploid olması ( $2n=14$ ) ile 7 büyük ( $6-8\ \mu\text{m}$ ) kromozoma sahip olması genetik çalışmalarda kullanımını arttırmaktadır (Marakli, 2012) . Bununla birlikte arpanın fizyolojik, morfolojik ve genetik açıdan büyük çeşitlilik göstermesi, geniş ölçüde tohum stoklarının ve genetik haritalarının bulunması ve kendi kendine

döllenebilmesi gibi özellikleri, arpanın fizyolojik ve moleküler çalışmalar için model bitki olarak kullanılmasında önemli rol oynamaktadır (Diversity ve diğ., 2019).

## 2.2.ASETİK ASİT (AA)

AA geleneksel tedavi ve gıda gibi yaygın kullanım alanı bulunan kolay elde edilebilen ucuz bir maddedir (Action, 2016). AA kelimesi Latince sirke anlamına “asetum”dan türetilmiştir (IUPAC, 2004, Le Berre ve diğ., 2011). AA, kimyasal terminolojide eşanlamli olarak Etanoik asit, metan karboksilik asit, asetil hidroksit ve hidrojen asetat olarak da kullanılmaktadır. Sirke asidi olmasından dolayı en tanınmış organik kimyasal bileşik olan AA, su altında kalan topraklarda oluşan ana asittir ve üretilen toplam organik asitlerin % 60'ını oluşturmaktadır (Fortes ve diğ., 2009). Birçok bitki ve hayvan sisteminde sulandırılmış çözeltilerde bulunmaktadır. Kapalı formülü  $C_2H_4O_2$ 'dir. Ekşi tadı ve keskin kokusu vardır (Le Berre ve diğ., 2011).

AA en basit karboksilik asitlerden biridir. Endüstriyel kimyasalı olarak plastik şişelerin polietilen tereftalat üretiminde, selüloz asetat (fotoğraf filmi üretim malzemesi) üretiminde, polivinil asetat (ahşap tutkalı üretim malzemesi), tekstil sektöründe elyaf ve kumaşın üretiminde, temizlik malzemelerinde seyreltik AA ajanı olarak ve gıda endüstrisinde E260 kodlu katkı maddesi asitlik ayarlayıcı olarak kullanılmaktadır (Başlioğlu, 2007).

AA; karboksilik asitlere asidik karakter veren karboksil ( $-COOH$ ) grubundaki hidrojen atomunun ortama  $H^+$  iyonu olarak vermektedir (Başlioğlu, 2007). AA sulu çözeltilerinde monoasit etkili bir zayıf asittir. Saf sulu asetik asit  $16.7^{\circ}C$ 'ın altında renksiz kristalin katıya dönüşen renksiz hidrokopik bir sıvıdır. Buna rağmen sulu çözeltilerindeki ayrışma yeteneğine bağlı olarak zayıf asit temellidir (Wolfe, 2005, Başlioğlu, 2007).

**Tablo 2.2: AA'nın Fiziksel Özellikleri.**

| <b>Fiziksel Özellikler</b> |                                                         |
|----------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Görünüş</b>             | 60.05 g/mol                                             |
| <b>Molekül Ağırlığı</b>    | 1.049 g/cm <sup>3</sup> , sıvı; 1.266 g/cm <sup>3</sup> |
| <b>Yoğunluk ve Faz</b>     | 1.049 g/cm <sup>3</sup> , sıvı; 1.266 g/cm <sup>3</sup> |
| <b>Katı Erime Noktası</b>  | 16.5 °C (289.6 ± 0.5 K)                                 |
| <b>Kaynama Noktası</b>     | 118.1 °C (391.2 ± 0.6 K)                                |
| <b>Parlama Noktası</b>     | 43°C Asidite ( pKa ) : 4.76 ( 25°C' de)                 |
| <b>Viskozite</b>           | 1.22 mPa·s ( 25 °C' de )                                |
| <b>Kırılma İndisi</b>      | 1.37 ( 20 °C' de )                                      |

Hipokrat'ın M.Ö 5. Yüzyılda yara tedavisinde sirkeyi kullandığı; Kartaca'lı Hannibal'in M.Ö 3. Yüzyılda, ordusunun yolunu tıkayan kayaları eritmek için sirke kullandığı 10. yüzyılda ise sirke ile el yıkamanın, otopsi sırasında enfeksiyonu önlediği bilinmektedir (Johnston ve Gaas, 2006). AA bakterileri (Acetobacter), şeker içeren içeceklerde bulmakta ve alkolü asetik aside dönüştürmektedir (Budak ve ark., 2014). Sirke, şarap veya elma suyu gibi içeceklerin asetik fermentasyonu ile elde edilmektedir (Caligiani ve diğ., 2007). AA'nın toksik etkisi, korroziftir ve buharları gözde iritasyona, burnun kurummasına ve yanmasına, boğazda şiddetli acıya ve akciğerlerde tıkanıklığa sebep olmaktadır.

Asetil gruplarının kaynağı ise asetat molekülüdür (Wolfe, 2005). Asetil grupları, kromatin yapısını oluşturan histonlara, histon asetiltransferaz enzimleri aracılığıyla eklenmekte ve histon deasetilaz enzimlerinin (HDA) yardımıyla histonlardan uzaklaştırılır. Histon asetilasyonu, daha gevşek bir kromatin yapısını oluşturarak, gen anlatımını teşvik eder. Histon deasetilasyonu ise daha kapalı bir kromatin yapısına neden olmaktadır (Matzki ve Matzki, 2000). Kim ve diğ., (2017) yaptıkları çalışmada *Arabidopsis*'in HDA mutantlarının, kuraklığa dayanıklı olduğu ve bu mekanizmanın asetat biyosentez yolağının “acetate biosynthesis pathway” teşvik edilmesinden kaynaklandığını ve dışarıdan AA uygulanan bitkilerin de kuraklığa karşı dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir. Utsumi ve diğ., (2019) cassave bitkilerine dışardan AA

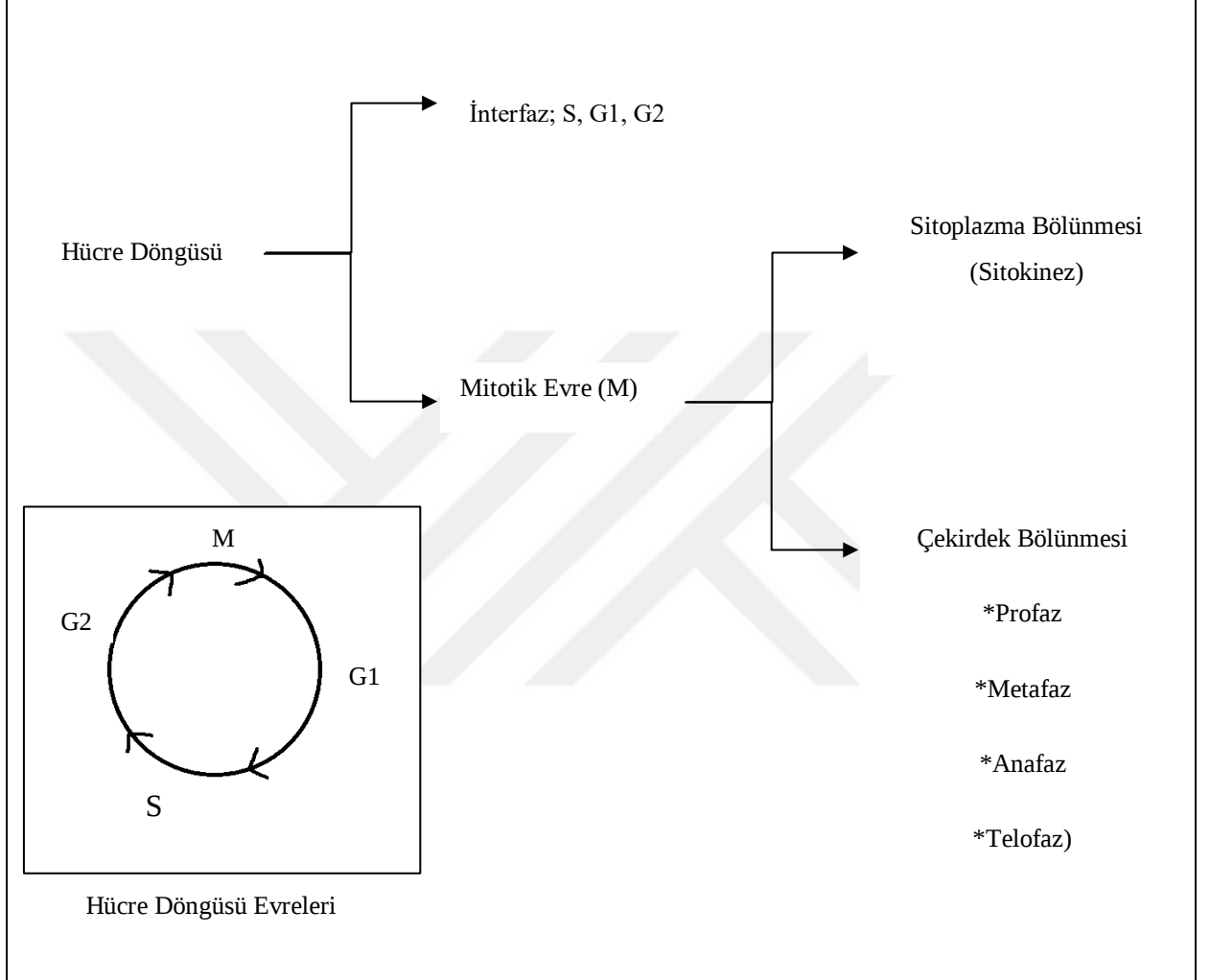
uygulanması sonucunda bitkilerin, pek çok genin anlatımının etkilendiğini ve bu durumun kuraklık dayanıklılığı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.

### 2. 3. KROMOZOM ANORMALLİKLERİ

Ökaryotik hücre döngüsü, yapısı proteinlerden oluşan siklinler; serin/treonin protein kinaz, siklin-bağımlı kinazlar (SBK) ve siklin- bağımlı kinaz inhibitörleri (SBKI) tarafından kontrol edilmektedir. Siklinler hücre döngüsünün çeşitli fazlarında periyodik olarak bir taraftan sentez edilirlerken diğer taraftan da yıkılmaktadırlar. Hücre döngüsü interfaz ve mitoz olmak üzere iki ana evreden ve dört fazdan (G1, S, G2 ve M faz) oluşmaktadır. Mitoz evresi sitoplazma bölünmesi (sitokinez) ve çekirdek Bölünmesi (profaz, metafaz, anafaz, telofaz) olmak üzere iki evreden oluşmaktadır. Hücre döngüsü evreleri Şekil 2.3’de gösterilmiştir (Mitchison, 1989).

Hücreler bölünme sinyali almadıkları süre boyunca hücre siklusunun aktif fazlarına (G1, G2, S ve M) girmez ve istirahat fazı denilen G0 fazında beklemektedir. Dinlenme halindeki (G0) hücre, büyüme faktörleri tarafından stimüle edilerek hücre döngüsüne G1 fazına girmektedirler. Bölünmeye devam etmeyip G1 fazından ayrılan hücreler ise diferansiye olmak üzere farklı bir yöne kaymaktadır. Hücre G1 fazında büyür, normal fonksiyonlarına devam eder ve DNA sentezi için hazırlanır. İnterfaz evresinden önce G1 fazı oluşmakta ve bu fazda RNA ile protein sentezi (nüklear DNA replikasyonu) gerçekleşmektedir. S fazında mitozun sonucuyla DNA sentezinin başlangıcı arasındaki aralık G1 fazı olarak adlandırılmaktadır. Bu fazın sonuna doğru bir kontrol noktası yer almaktadır. S fazına giren hücrede DNA sentezi ile sentriollerin sentezi ve çoğalması gerçekleşmektedir. Ardından hücre G2 fazına girer ve büyümeye devam eder. G2 safhası, büyümenin ve sentezin ikinci dönemi olarak mitozun başlamasına öncülük etmektedir. G2 fazında DNA çoğalması sonrası iğ iplikleri ve aster proteinleri sentezlenmektedir. M evresinde ise kromozom ayrılımı ve hücre bölünmesi gerçekleşmektedir. Birçok hücre; protein kütlesi ve organellerini ikilemek ve büyütme için, DNA’sını kopyalamak ve bölünmek için ayırdığı zamandan çok daha fazlasına gereksinim duymaktadır. Bu nedenle büyümeye daha fazla zaman ayırmak için hücre döngüsünün ana fazlarına ek olarak G1 kontrol noktası, G2 kontrol noktası, M kontrol noktası, olarak aralık evreleri yerleştirilmiştir (Mitchison, 1989; Martinez ve diğ., 1990).

İnterfazı oluşturan G1, S ve G2 safhalarının süreleri türden türe farklılıklar gösterir ve genel olarak interfaz safhası, total hücre döngüsünün %90'ı veya daha fazlasını kapsar (Mitchison,1989).



**Şekil 2.3:** Hücre Döngüsü Evreleri; İnterfaz Evresi (G1 fazı hücre büyür; S fazı DNA sentezi; G2 fazı hücre bölünmesi için hazırlıklar tamamlanır) ve Mitotik Evre (Çekirdek Bölünmesi ve Sitokinezisi kapsar).

En az DNA içeren hücreler G0-G1 safhasında, bunun iki katı olanlar G2-M safhasında yer almaktadır. S safhasındaki hücreler ise ikisinin arasında bir DNA içeriği göstermektedir. Döngünün G0-G1, S ve G2-M safha uzunlukları bu üç gruptan birindeki hücrelerin fraksiyonundan hesaplanmaktadır (Martinez ve diğ., 1990).

Kromozom anomalileri "Chromosome aberrations"; kromozom sayı "numerical" ve yapısındaki "structural" değişimler olarak iki farklı şekilde oluşmaktadır. İnsan başta olmak üzere canlıların yaşamına çok büyük etkileri bulunmaktadır. Canlı doğumlarının yaklaşık

%0.6'sında kromozom anomalisi görülmektedir. Yapısal ve sayısal anomaliler kendiliğinden oluşabileceği gibi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenler sonucunda da meydana gelebilmektedir. Kromozom anomalilerinin teşvik edilmesinin ıslah çalışmaları açısından da önemi bulunmaktadır. X- ve gamma ışınları gibi iyonize radyasyon, genellikle DNA'da ikili iplik kırıklarına; kimyasallar ise genellikle kromatid tipi anomalilere yol açmaktadır. Sayı anomalileri, türe özgü diploid kromozom sayısından sapmalar olarak ifade edilmektedir. Kromozom takımındaki azalma veya artışlar euploidy olarak isimlendirilirken; kromozom sayısındaki azalma veya artışlar aneuploidy adlandırılmaktadır. Hücre bölünmesi sırasındaki hatalar, sayı anomalilerine neden olmaktadır. Yapısal anomaliler ise kromozom/kromozomlar arasındaki yeniden düzenlemelerdir ve meydana gelmeleri için DSBlerin bulunması gerekmektedir. Yapısal anomaliler; delesyon, duplikasyon, inversiyon, izokromozom, halka kromozom ve translokasyon olarak gruplanmaktadır. Delesyon, kromozomun bir parçasının kaybolması durumudur. Duplikasyon, kromozomun bir parçasının, normalden fazla kopya sayısına sahip olmasıdır. İnversiyon, kromozomun bir parçasının ters dönmesi sonucunda oluşmaktadır. 2 aynı koldan oluşan kromozomlara ise izokromozom adı verilir. Kromozomun 2 kolunun birleşerek, halka yapısı aldığı zaman halka kromozom oluşmaktadır. Homolog olmayan kromozomlar arasındaki parça değişimine ise translokasyon adı verilmektedir (Karkucak, 2016; Tepe, 2022).

Kromozom anomalileri, kalıtsal “inherited, consitutional” veya edinilmiş (kazanılmış, yeni) “acquired, de novo” olabilmektedir (Jackson ve Marks, 2018). Pek çok uygulama, kromozom anomalilerine ve mutasyonlara yol açabilmektedir. Bu tür uygulamalar mutajen veya genotoksik olarak isimlendirilmektedir (İlhan ve diğ., 2014). Genotoksisite analizleri, kromozom anormalikleri ve mikronukleus testi, Comet (Araldi ve diğ., 2015), mitotik indeks (İlhan ve diğ., 2014) ve mutasyon tarama (Labra ve diğ., 2003) analizlerini kapsamaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında, AA'nın, arpa bitkisine dışarıdan eklenen AA'nın, daha düşük konsantrasyonlarda ve daha kısa sürede arpa gelişimini hangi yönlerde etkileyeceği ve bunun hücre bölünmesi ve kromozom yapısına etki edip, etmeyeceği araştırılmıştır. AA kısa sürede, düşük ve orta konsantrasyonda bile bitki gelişimini, özellikle su içeriğini, sürgün uzamasını ve hücre bölünmesini arttırdığı ve bu etkilerin madde uzaklaştırıldıktan sonra da devam ettiği gösterilmiştir. Bununla beraber, kromozom yapısına anlamlı etkileri gözlenmemiştir.

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### 3.1. BİTKİ MATERYALİ

Bu tez çalışmasında Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilen *Hordeum vulgare* L. cv. Bornova-92 çeşidi arpa tohumları kullanılmıştır. Tohumlar ekimleri yapılincaya kadar buzdolabında 4°C de bekletilmiştir.

#### 3.2. BİTKİ YETİŞTİRİLMESİ

Çalışmamızda analize alacağımız arpa tohumları (*Hordeum vulgare* L. cv. Bornova-92) petri kapları (9 cm çapında) içine üstten ve alttan 2 kat steril filtre kağıdı arasına yerleştirilmiş ve üzerlerine 6 ml distile su ilave edilerek kaplar parafilm ile sarılmıştır. Ardından petri kapları bitki büyüme kabininde (25°C, karanlık, %70 nem) 2 gün (48 saat) boyunca çimlenmeye bırakılmıştır.

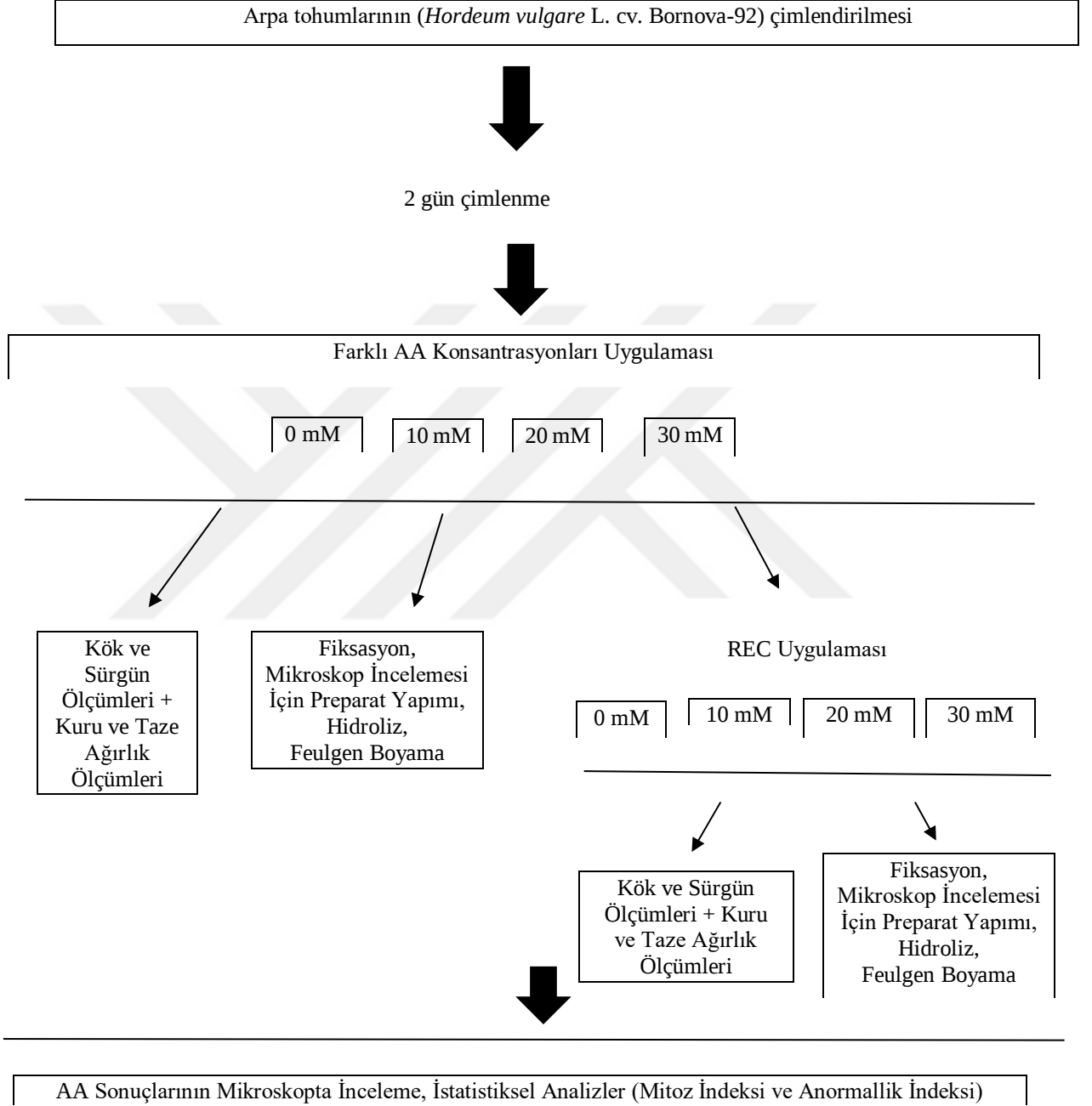
##### 3.2.1. Arpa Tohumlarına İlave Edilecek Farklı AA Konsantrasyonlarının Hazırlanması

Farklı konsantrasyonlarda AA'nın arpa tohumlarının gelişimini hangi yönde etkileyeceğini ve bunun hücre bölünmesi ve kromozom yapısına etki edip etmeyeceğini araştırdığımız çalışmamızda kullandığımız asetik asit %100 saflığında olup, AA konsantrasyonları sırasıyla; 10 mM konsantrasyon için; 5996 µl steril distile su içerisine 3,43 µl asetik asit eklenerek, 20 mM konsantrasyon için; 5953 µl steril distile su içerisine 6,86 µl asetik asit eklenerek, 30 mM konsantrasyon için; 5983 µl steril distile su içerisine 10,29 µl asetik asit ilave edilerek hazırlanmıştır.

##### 3.2.2. Çimlenmiş Arpa Tohumlarına Farklı AA Uygulamaları

İki gün boyunca çimlenmiş tohumlar arasından morfolojik olarak yaklaşık benzer boyut ve uzunluktaki tohumlar seçilmiş ve 5'erli adetlerde steril dört ayrı petri kabına alınmıştır. Birinci petri kabına 0 mM olan kontrol kabına 6 ml distile su, ikinci petri kabına 10 mM konsantrasyonda asetik asit, üçüncü petri kabına 20 mM konsantrasyonda asetik asit, dördüncü petri kabına 30 mM konsantrasyonda asetik asit karışımı ilave edildikten sonra petri kapları parafilm ile kapatılıp 24 saat (25°C, karanlık, %70 nem) bitki büyüme kabininde bekletilmiştir. Ardından petri kaplarındaki arpa tohumları su ile durulanmış ve 1 gün boyunca 'recovery

(iyileşme)' aşaması için distile su içerisinde bekletildikten sonra arpa tohumları deneyde kullanılmıştır.



**Şekil 3.1: AA'nın Arpa Bitkilerinin Gelişimi Üzerine Etkisinin Araştırıldığı Çalışmamızın ana aşamalar**

### 3.3. FİZYOLOJİK ÖLÇÜMLER

Araştırmada farklı konsantrasyonlardaki AA (0 mM, 10 mM, 20 mM ve 30 mM) ile 24 saat muamele edilen arpa bitkilerinin kök ve sürgün uzunlukları, taze ağırlığı, kuru ağırlığı ölçümleri yapıldıktan sonra su içerikleri hesaplandı. Bu aşamanın ardından aynı bitkileri 48 saat recovery (REC) uygulamaları yapıldı. 48 saatin sonunda arpa bitkilerinin kök ve sürgün uzunlukları, taze ağırlığı, kuru ağırlığı ölçümleri yapıldıktan sonra su içerikleri hesaplanmıştır. Her iki uygulamada da bitkilerin taze ağırlıklarının (Fresh weight, FW) miktarı hassas terazide ölçüm yapılarak, kuru ağırlıklarının (Dry weight, DW) miktarlarının belirlemek, 80°C etüvde, ağırlıkları sabit kalana kadar (yaklaşık 5 gün) bekletilmiş ve hassas terazide (KERN) ölçüldü. AA ve REC uygulamalarında taze ve kuru ağırlık miktarlarının ölçümlerinden sonra tespit edilen değerler bitkilerin su içeriğinin belirlenmesi için aşağıdaki formül kullanılarak hesaplandı.

$$WC\% = (FW - DW) / FW \times 100$$

### 3.4. PREPARAT HAZIRLANMASI

#### 3.4.1. Feulgen Boyasını Hazırlanması

Çalışmamızda mitoz bölünmenin ve kromozom anormallerinin en iyi şekilde görülebilmesini sağlamak için, Feulgen boyası taze hazırlanıp kullanıldı. Feulgen boyasını hazırlamak için; 1 gram bazik fuksin (C.1. 42510), 200 ml kaynar suda çözündürüldü ve sıcaklık yaklaşık 50°C'ye düşünce filtre kağıdı ile süzüldü. Üzerine 30 ml 1M HCL ve 3 gram potasyum metabisülfid (E224, Sigma) eklenen çözelti, karanlık ortamda ve oda sıcaklığında 24 saat bekletildi. 24 saat sonra boyanın üzerine 0.5 gram aktif karbon (EC231-153-3, Merck) eklenip ve 4°C'de 24 saat bekletildi. Çözelti, filtre kağıdından süzülüp, şeffaf bir renk aldıktan sonra kullanıma hazır olduğu anlaşıldı. Boya, kullanılana kadar 4°C'de karanlıkta saklandı (Singh, 2017).



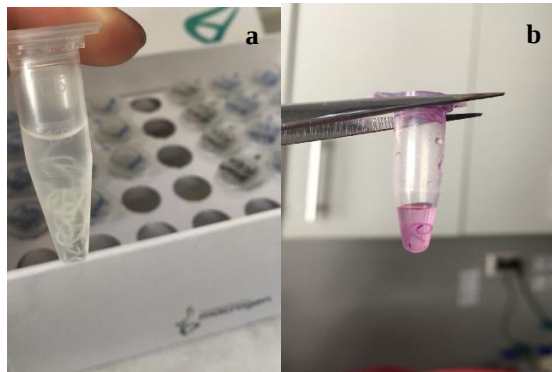
Şekil 3.2: Feulgen Boyası.

### 3.4.2. Fiksasyon

Arpa bitkilerinin kökleri AA (24 saat) ve REC uygulamalarından (48 saat) sonraki köklerin kurumaması için kökler 1-1.5 cm uzunluğundaki en uç kısımları kesilip, taze hazırlanmış fiksatif (etil alkol:asetik asit) (3:1) içinde, (4°C’de) bir gece boyunca fikse edildi. Fikse edilen kökler 70% etil alkol içerisinde saklandı (Şekil 3.2 a).

### 3.4.3. Preparat Yapımı

Fikse edilmiş kök uçları cam saati içinde distile su ile 3 kere durulandıktan sonra 1 M HCL içinde 60°C’de 18 dk boyunca hidroliz edildi. Durulanan kök uçları Feulgen boyasının içine yerleştirilip, buzdolabında (4°C), karanlıkta 1 saat boyunca boyanmaya bırakıldı. Mor-pembe renkte boyanmış kök uçları (yaklaşık 0,5 cm), lamın ortasına yerleştirilip, üzerine 100 µl AA (%45) damlatılıp, lamel kapatılıp ezildi. Işık mikroskopunda birkaç dakika süreyle incelendikten sonra, özgün boyanmış ve iyi ezilmiş olduğuna karar verilen preparatlar, kalıcı preparat haline getirildi. Bunun için, preparatlar, %45 asetik asit içerisinde, lam ve lamel ayrılana kadar bekletilmiştir. Lam ve lamel eş zamanlı olarak %70-80-96 etil alkol serisi ve ksilenden geçirildikten sonra, çeker ocakta kurumaya bırakıldı. Daha sonra lamın ortasına, 1 damla Kanada balsamı (101691, Merck) damlatılıp, üzerine lamel kapatılmış ve çeker ocakta 2 gün kurumaya bırakıldı (Şekil 3.2 b)



Şekil 3.3: Fikse Edilen Kökler (a), Preparat yapımı için Feulgen boyası ile boyanmış kökler (b).

### 3.5. MİKROSKOPTA İNCELEME

Kalıcı hale getirilen preparatlar, ışık mikroskopunda (Olympus) 40× objektif altında 100X büyütmede incelenmiştir. Değerlendirmeye alınan her hücrenin bulunduğu hücre döngüsü

evresi, kromozom sayı ve/veya yapı anomalileri içerip, içermediği her konsantrasyon ve uygulama için yaklaşık 15000 hücre sayılarak analiz edilmiş ve mitotik index (MI) hesaplanmıştır. Anomali (anormallik) (AI) ise her konsantrasyon için 300 bölünen hücrede yüzde olarak ( $\% \text{ anomali indeksi} = \left( \frac{\text{anomal hücre sayısı}}{\text{toplam hücre sayısı}} \right) \times 100$ ) hesaplanmıştır. Preparatlar, dijital görüntüleme sistemi (Image Pro-Plus ve Kameram 390CU) ile görüntülenmiştir.

### 3.6. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

Çalışmamızda tüm deneyler, koşullar sabit tutularak bağımsız zamanlarda 3 tekrürde gerçekleştirilmiştir. Her analiz için 3 değerin aritmetik ortalaması, standart hata değerleri Excel (Microsoft Office) programı ile hesaplanmıştır. Bu tez çalışmasında, zaman (AA 24 saat ve REC 48 saat) ve konsantrasyon (0, 10, 20 ve 30 mM) olmak üzere 2 bağımsız değişken bulunmakta olup; tüm gruplar arasındaki parametrelerle ilgili istatistiksel farklılıklar ANOVA programı ile hesaplanmıştır. Analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıkların önemlilik düzeyi  $P < 0.05$  olan değerler istatistiksel bakımdan anlamlı kabul edilmiştir. Bütün şekillerdeki hata çubukları ortalama  $\pm$  standart sapmayı gösterecek şekilde belirtilmiştir.

## 4.BULGULAR

### 4.1. AA UYGULAMASININ ARPA BÜYÜMESİNE ETKİLERİ

Araştırmamızda malzeme ve yöntemde belirtildiği gibi *Hordeum vulgare* L. cv. Bornova-92 çeşidi arpa tohumları 2 gün boyunca çimlendirildi. Arpa tohumlarının kavuzu kalın olduğu için AA uygulamasından önce su ile çimlendirildi (Şekil 4.1.).



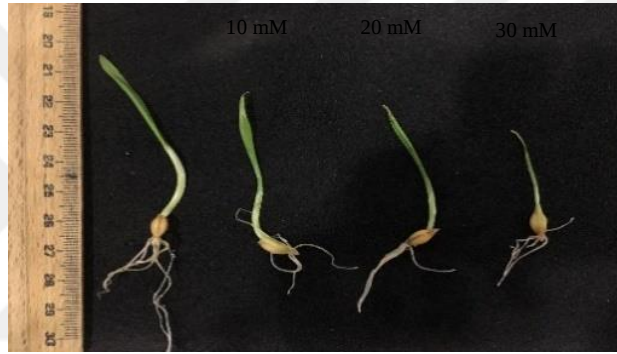
Şekil 4.1. Arpa tohumlarının 2 gün (48 saat) çimlendikten sonraki görüntüleri.



Şekil 4.2. Çimlenmeden sonra kontrol grubu arpa tohumunun görüntüsü (Kontrol grubu için erpa tohumları distile su ile çimlendirilmiştir).



**Şekil 4.3:** Arpa bitkisinin AA uygulandıktan sonra görüntüsü (Kontrol grubu için distile su, deney grubu için 10, 20 ve 30 mM uygulanan arpa tohumları 24 saat karanlıkta çimlendirildi).



**Şekil 4.4:** Arpa bitkisinin iyileşme uygulamasından sonra görüntüsü (Kontrol grubu için distile su, deney grubu için 10, 20 ve 30 mM uygulanan arpa tohumları su ile durulanmış ve 24 saat boyunca ‘recovery (iyileşme)’ aşaması için distile su içerisinde bekletilmiştir).

#### 4. 1. 1. Taze Ağırlığa Etkileri

24 saat AA ve 48 saat REC uygulamalarından sonra arpa bitkilerinin taze ağırlıklarının ölçümü ve istatistiksel değerlendirmeleri Tablo 4.1’de verilmiştir. AA’in arpa bitkilerinin taze ağırlığı üzerine önemli etkileri çok anlamlı olup; bu etki, AA uzaklaştırıldıktan sonra da devam etmektedir. AA zaman arasında çok anlamlı ( $p \leq 0.01$ ) bir etkileşim bulunmaktadır. AA, özellikle REC aşamasından sonra taze ağırlıkta artışa neden olmaktadır.

**Tablo 4.1:** Taze Ağırlık Değerleri.

| Zaman                   | AA Uygulamaları (24 saat)                                                        |               |               |               | REC Uygulamaları (48 saat) |                   |                |                |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------|-------------------|----------------|----------------|
| AA Konsantrasyonları    | 0 mM                                                                             | 10 mM         | 20 mM         | 30 mM         | 0 mM                       | 10 mM             | 20 mM          | 30 mM          |
| Taze ağırlık (mg/bitki) | 0.229 ± 0.002                                                                    | 0.317 ± 0.017 | 0.187 ± 0.009 | 0.253 ± 0.007 | 0.3153 ± 0.019             | 0.4506 ± 0.009*** | 0.3723 ± 0.007 | 0.3306 ± 0.012 |
|                         | p Konsantrasyon, 0.000002****, p Zaman, 0.000001****, p İnteraction, 0.005332*** |               |               |               |                            |                   |                |                |

$P \leq 0.05$  \*,  $P \leq 0.01$  \*\*,  $P \leq 0.001$  \*\*\*,  $P \leq 0.0001$  \*\*\*\*, \*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark ( $p \leq 0,05$ ) düzeyinde önemsizdir.

#### 4. 1. 2. Kuru Ağırlığa Etkileri

AA’in, kuru ağırlık üzerine etkileri anlamlı ( $p \leq 0.05$ ); zamanın etkileri ise çok ( $p \leq 0.01$ ) anlamlıdır. AA’in etkileri ise zamana bağlı olarak çok anlamlı ( $p \leq 0.01$ ) biçimde değişmektedir. AA, özellikle REC aşamasından sonra kuru ağırlıkta artışa neden olmaktadır.

**Tablo 4.2:** Kuru Ağırlık Değerleri.

| Zaman                   | AA Uygulamaları (24 saat)                                                   |                 |                   |                   | REC Uygulamaları (48 saat) |                  |                   |                |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------------------|------------------|-------------------|----------------|
| AA Konsantrasyonları    | 0 mM                                                                        | 10 mM           | 20 mM             | 30 mM             | 0 mM                       | 10 mM            | 20 mM             | 30 mM          |
| Kuru Ağırlık (mg/bitki) | 0.0226± 0.0013                                                              | 0.031± 0.001*** | 0.0216± 0.0013*** | 0.0243± 0.0011*** | 0.036± 0.0005              | 0.038± 0.0016*** | 0.0423± 0.0002*** | 0.0416± 0.0023 |
|                         | p Konsantrasyon 0.048470*; p Zaman 0.000001****; p İnteraction 0.005374 *** |                 |                   |                   |                            |                  |                   |                |

$P \leq 0.05$  \*,  $P \leq 0.01$  \*\*,  $P \leq 0.001$  \*\*\*,  $P \leq 0.0001$  \*\*\*\*. \*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark ( $p \leq 0,05$ ) düzeyinde önemsizdir

#### 4. 1. 3. Su İçeriklerinin Hesaplanması

AA'nın ve zamanın, su içeriğine etkileri çok anlamlı ( $p \leq 0.01$ ) olup; aralarında çok anlamlı ( $p \leq 0.01$ ) bir etkileşim bulunmaktadır. AA, özellikle REC aşamasından sonra su içeriğinde artışa neden olmaktadır.

**Tablo 4.3: AA'nın Su İçeriğine Etkileri.**

| Zaman                                                                          | AA Uygulamaları (24 saat) |                 |                 |                 | REC Uygulamaları (48 saat) |                |                 |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------------|----------------|-----------------|------------------|
| AA Konsantrasyonları                                                           | 0 mM                      | 10 mM           | 20 mM           | 30 mM           | 0 mM                       | 10 mM          | 20 mM           | 30 mM            |
| %                                                                              | 20.63±<br>0.0016          | 28.63±<br>0.016 | 16.53±<br>0.008 | 22.90±<br>0.007 | 27.87±<br>0.0185           | 41.23±<br>0.01 | 33.07±<br>0.007 | 28.90±<br>0.0115 |
| p Konsantrasyon 0.000002 ****; p Zaman 0.000001****; p İnteraction 0.005312*** |                           |                 |                 |                 |                            |                |                 |                  |

$P \leq 0.05$  \*,  $P \leq 0.01$  \*\*,  $P \leq 0.001$  \*\*\*,  $P \leq 0.0001$  \*\*\*\*, \*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark ( $p \leq 0,05$ ) düzeyinde önemsizdir.

#### 4.1.5. Sürgün Uzunluğu

AA'nın ve zamanın, sürgün uzamasına etkileri çok anlamlı ( $p \leq 0.01$ ) olup; aralarında çok anlamlı ( $p \leq 0.01$ ) bir etkileşim bulunmaktadır. AA, özellikle REC aşamasından sonra sürgün uzunluğunda artışa neden olmaktadır.

**Tablo 4.4: Sürgün Uzunluk Değerleri.**

| Zaman                                                                       | AA Uygulamaları (24 saat) |                  |                 |                 | REC Uygulamaları (48 saat) |                   |                  |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| AA Konsantrasyonları                                                        | 0 mM                      | 10 mM            | 20 mM           | 30 mM           | 0 mM                       | 10 mM             | 20 mM            | 30 mM             |
| Sürgün Uzunluğu (cm)                                                        | 2.866 ±<br>0.054          | 2.683 ±<br>0.075 | 2.36 ±<br>0.108 | 3.37 ±<br>0.175 | 4.34 ±<br>0.165            | 6.323 ±<br>0.1346 | 5.823 ±<br>0.328 | 5.716 ±<br>0.3217 |
| p Konsantrasyon 0.004018**, p Zaman 0.000001****, p İnteraction 0.001070*** |                           |                  |                 |                 |                            |                   |                  |                   |

$P \leq 0.05$  \*,  $P \leq 0.01$  \*\*,  $P \leq 0.001$  \*\*\*,  $P \leq 0.0001$  \*\*\*\*, \*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark ( $p \leq 0,05$ ) düzeyinde önemsizdir.

#### 4.1.4. Kök Uzunluğu (cm) Üzerine Etkileri

AA'nın ve zamanın, kök uzamasına etkileri çok anlamlı ( $p \leq 0.01$ ) olup; aralarında çok anlamlı ( $p \leq 0.01$ ) bir etkileşim bulunmaktadır. AA, özellikle REC aşamasından sonra kök uzunluğunda artışa neden olmaktadır.

**Tablo 4.5: Kök Uzunluk Değerleri.**

| Zaman                                                                       | AA Uygulamaları (24 saat) |            |             |              | REC Uygulamaları (48 saat) |            |             |              |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------|-------------|--------------|----------------------------|------------|-------------|--------------|
| AA Konsantrasyonları                                                        | 0 mM                      | 10 mM      | 20 mM       | 30 mM        | 0 mM                       | 10 mM      | 20 mM       | 30 mM        |
| Kök uzunluğu (cm)                                                           | 2.183±0.089               | 2.72±0.063 | 2.006±0.099 | 2.346±0.0268 | 3.676±0.047                | 4.33±0.194 | 2.713±0.156 | 3.476±0.0438 |
| p Konsantrasyon 0.000002***, p Zaman 0.000001****, p İnteraction 0.012593** |                           |            |             |              |                            |            |             |              |

P ≤ 0.05 \*, P ≤ 0.01 \*\*, P ≤ 0.001 \*\*\*, P ≤ 0.0001 \*\*\*\*, \*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark (p ≤ 0,05) düzeyinde önemsizdir.

## 4.2. AA UYGULAMASININ ARPA KROMOZOMLARINA ETKİLERİ

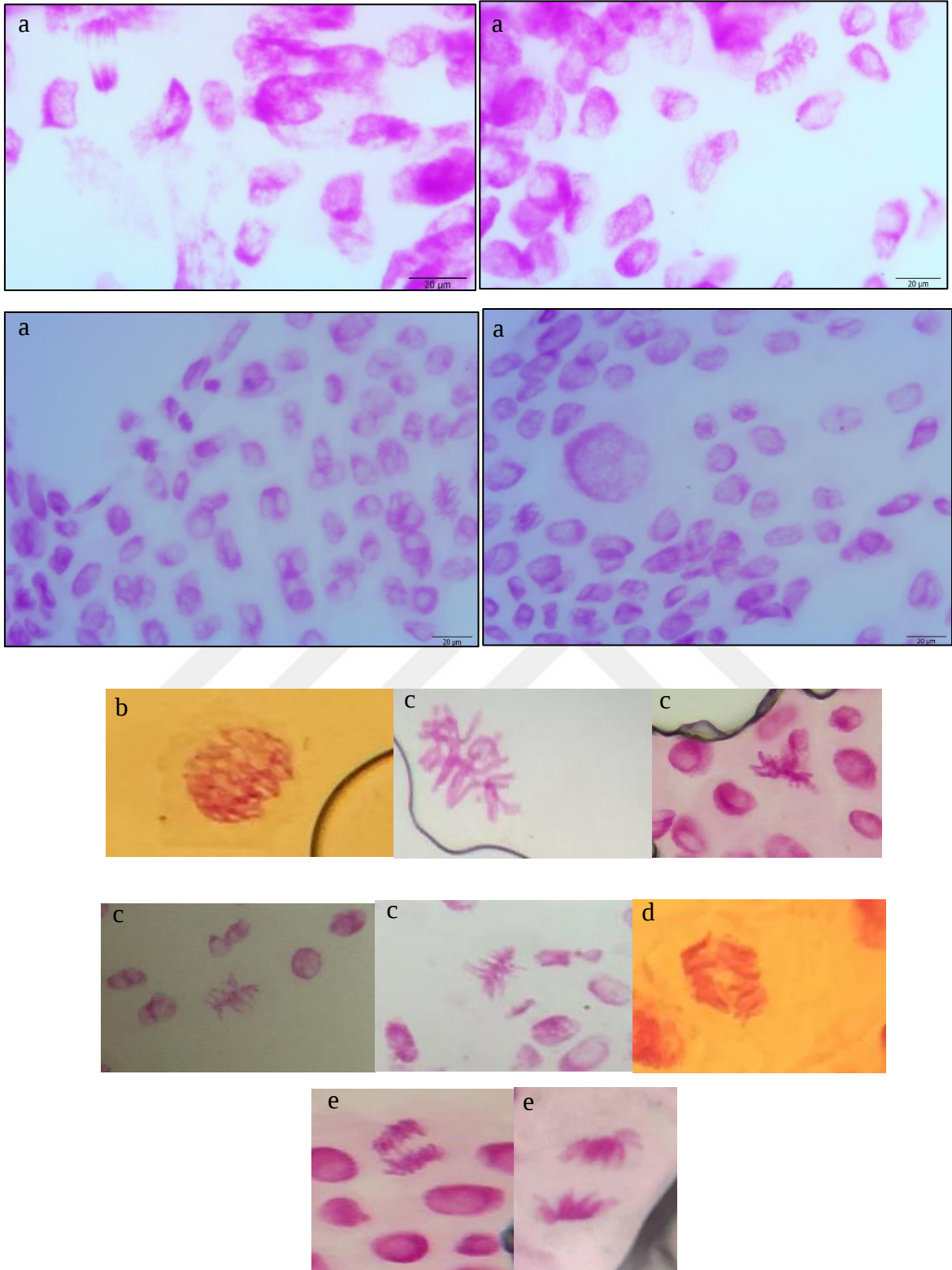
### 4.2.1. Mitotik İndeks Etkileri

Hücre fazlarının sayımı ve incelenmesi sonucunda AA uygulamasının mitozda etkileri ile zaman arasında (p Zaman 0.000729) oldukça anlamlı olduğu ancak AA konsantrasyon ve uygulamada geçen zaman arasında istatistiksel olarak anlamsız (p İnteraction 0.144589) olduğu belirlenmiştir. AA uygulamasında kontrol grubuna göre 20 mM AA'da hücre bölünme oranında az bir artış olmasına rağmen REC uygulamasından kontrol grubuna göre tüm konsantrasyonlarda hücre bölünme oranının azalma olduğu gözlenmiştir. Mitotik indeks ve istatistiksel veriler Tablo 4.6'da belirtilmiştir. Belirlenen verilerde AA'nin kontrol gruplarına göre arpa tohumlarının mitotik indeksine istatistiksel olarak azaltıcı bir etkisi olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5)

**Tablo 4.6: Mitotik İndeks Değerleri.**

| Zaman                                                                    | AA Uygulamaları (24 saat) |            |             |             | REC Uygulamaları (48 saat) |            |             |             |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------|-------------|-------------|----------------------------|------------|-------------|-------------|
| AA Konsantrasyonları                                                     | 0 mM                      | 10 mM      | 20 mM       | 30 mM       | 0 mM                       | 10 mM      | 20 mM       | 30 mM       |
|                                                                          | 4.73±0.288                | 4.13±0.276 | 5.696±0.369 | 3.726±0.217 | 6.33±0.306                 | 5.23±0.378 | 5.723±0.369 | 5.403±0.168 |
| p Konsantrasyon 0.013725**, p Zaman 0.000729 ***; p İnteraction 0.144589 |                           |            |             |             |                            |            |             |             |

P ≤ 0.05 \*, P ≤ 0.01 \*\*, P ≤ 0.001 \*\*\*, P ≤ 0.0001 \*\*\*\*, \*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark (p ≤ 0,05) düzeyinde önemsizdir.



**Şekil 4.5: Arpa bitklerinde gözlenen hücre evlerinin görüntüsü. a-İnterfaz b-Profaz c-Metafaz d-Anafaz e-Telefaz.**

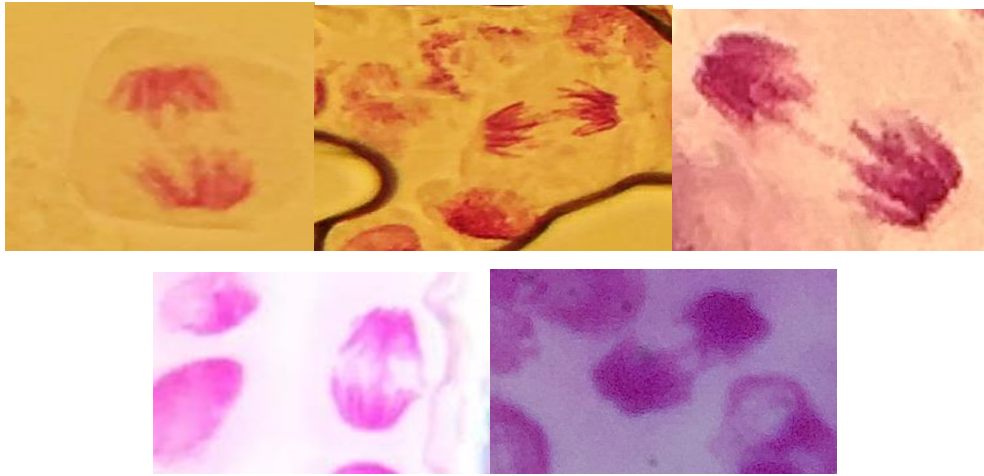
#### 4.2.2. Anomalik İndeks Üzerine Etkisi

AA uygulamasının anormal hücre bölünmeleri üzerine etkileri ile zaman arasında (p Zaman, 0.000007); konsantrasyon ve uygulamalarda geçen sürenin oldukça çok anlamlı (p İnteraction, 0.000001) olmasına karşı konsantrasyonun hücre bölünmesi üzerine olan etkisi istatistiksel olarak anlamsız (p Konsantrasyon 0.258778) olduğu ( $P < 0.05$ ) belirlenmiştir (Tablo 4.7). Analizimizde AA uygulamalarında kontrol grubuna göre tüm konsantrasyonlarda kromozom anormallerin sayısı artarken REC uygulamalarının sonucunda kontrol grubun göre tüm konsantrasyonlarda azalma olduğu belirlenmiştir. AA uygulamalarında Şekil 4.7’de görüldüğü gibi kromozom anormalleri tüm konsantrasyonlarda anafaz evresinde olup en yaygın anormal hücre bölünme türü kromozom köprülerinde olduğu gözlenmiştir.

**Tablo 4.7:** Anomalik İndeks Değerleri.

| Zaman                | AA Uygulamaları (24 saat)                                                        |                   |                 |                  | REC Uygulamaları (48 saat) |                  |                 |                 |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|------------------|----------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| AA Konsantrasyonları | 0 mM                                                                             | 10 mM             | 20 mM           | 30 mM            | 0 mM                       | 10 mM            | 20 mM           | 30 mM           |
|                      | 0.093±<br>0.0027                                                                 | 0.17±<br>0.0047** | 0.143±<br>0.007 | 0.134±<br>0.0066 | 0.22±<br>0.0123            | 0.146±<br>0.0027 | 0.17±<br>0.0047 | 0.153±<br>0.007 |
|                      | p Konsantrasyon 0.258778 ns; p Zaman, 0.000007 ***; p İnteraction, 0.000001 **** |                   |                 |                  |                            |                  |                 |                 |

$P \leq 0.05$  \*,  $P \leq 0.01$  \*\*,  $P \leq 0.001$  \*\*\*,  $P \leq 0.0001$  \*\*\*\*, \*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark ( $p \leq 0,05$ ) düzeyinde önemsizdir



**Şekil 4.6:** Anafaz evresinde kromozom köprüleri görüntüsü.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, AA (kontrol, 10, 20, 30 mM AA) *Hordeum vulgare* L. cv. Bornova-92 çeşidi arpa tohumlarının çimlenme sonrasındaki gelişimini hangi yönlerde etkileyeceği ve bunun hücre bölünmesi ve kromozom yapısına etki edip etmeyeceği araştırılmıştır. Analiz sonuçlarımızda arpa tohumları çimlenmeden sonra eklenen asetik asit konsantrasyonlarının düşük konsantrasyonlarda ve daha kısa sürede bitkinin gelişimine ve kromozom anormalliklerine etki ettiği ve asetik asit ortamdan uzaklaştığında da bu etkinin devam ettiği tespit edilmiştir.

Araştırmamızda arpa bitkilerine dışardan uygulanan AA'nın bitkilerinin taze ağırlıkları üzerine etkisi, distile su içinde çimlendirilmiş kontrol grupları ile göre değerlendirdiğimizde 10 mM AA uygulanan bitkilerin taze ağırlıklarında artma, 20 mM AA'de ise azalma olduğu tespit edilmiştir. Bu etkinin AA ortamdan uzaklaştırıldığında da devam ettiği gözlenmiştir.

Taze ağırlıklarını ölçümlerinden sonra AA'nın bitkilerinin kuru ağırlıkları üzerine etkisi, kontrol gruplarına göre 10 mM AA uygulanan bitkilerin kuru ağırlıklarında artış, 20 mM AA ve 30 mM AA'de ise azalma olduğu görülmektedir. REC uygulamalarında ise tüm konsantrasyonlarda artış gözlenmiştir. Raskin (1992), bitkilere dışarıdan eklenen salisilik asidin bitki üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmada, salisilik asidin mahsulün kuru ağırlığını azalttığı ve 0.05 mM'de arpa köklerinde potasyum emilimini önemli ölçüde azaltması ile bağlantılı olabileceği belirtilmiştir. Çalışmamızda da arpa bitkilerinin taze ağırlıklarında gözlenen artma ve azalmanın, bitki hücrelerindeki sodyum ve potasyum dengesinin değişmesi, hücrenin geçirgenliği ile düşük PH seviyesinin değişmesi ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir.

Bitkilerinin su içeriklerinin sonuçları, kontrol gruplarına göre 10 mM AA ve 30 mM AA uygulanan bitkilerde artış olduğu, 20 mM AA'de ise azalma olduğu tespit edilmiştir. REC uygulamalarında ise tüm konsantrasyonlarda artış gözlenmiştir. Su stresinde bitkilerin su içeriğinin azaldığı bilinmektedir. Keyvan (2010) su stresi altında dört çeşit buğday bitkisinin üzerindeki etkisini incelediği bir çalışmada, bitkilerin su içeriğinin yüzde 43'e (%88'den %45'e) azaldığını bildirmiştir. Bitkilere su stresi altında ve dışardan uygulanan salisilik asit uygulanan farklı bir çalışmada ise, bitkilerin yapraklarındaki su içeriğini de azalma olduğu ve bitkilere (20 veya 30 günlük fazında) salisilik asidin uygulanmasının su stresinin etkilerini

kısmen azalttığı ve kontrol bitkilerine göre bitkinin diğer bölgelerinde su içeriğinde bir artış olduğu bildirilmiştir (Hayat ve diğ., 2008).

Bitkilerde kuraklık stresinin fizyolojik değişikliklerinin incelendiği ve bu stres altında dışarıdan bazı mineral ve tuzların bitkilere uygulanmasının etkilerinin araştırıldığı bazı çalışmalarda analiz sonuçlarımıza paralellik göstermektedir. Allahverdiyev ve diğ., (2015), kuraklık stresinin buğday genotipleri (*Triticum durum* ve *Triticum aestivum* L.) üzerindeki etkileriyle ilgili olarak bazı fizyolojik parametreleri incelemişlerdir. Çalışma sonunda kuraklık stresinin, fotosentez yüzdesinde, stoma iletkenliğinde, solunum yüzdesinde, mezofil iletkenliğinde, pigment içerik alanında, kuru ağırlık ve yapraklarında su içeriğinde azalmaya sebep olduğunu ayrıca buğday genotiplerinde su eksikliğinden dolayı bitkinin verimliliğini azalttığını bildirmişlerdir. Bazı minerallerin veya tuzların bitkilere uygulanmasının etkisini gösteren farklı bir çalışmada ise, Salisilik asidin, domateslerde su eksikliğine ve fasulye bitkilerinde düşük ve yüksek sıcaklığa karşı direncini arttırdığını belirtmişlerdir. Salisilik asit bezelye bitkilerinde de yüksek sıcaklıklardan kaynaklanan strese karşı bitkinin direnci arttırmakta etkili olduğu belirtilmektedir (Ebrahimian ve Bybordi, 2012).

Japonya Yokohama'daki Riken Enstitüsü'nde yapılan bir araştırmada *Arabidopsis*'in kuraklık koşullarına karşı direncini artırmada bitkilere dışardan uygulanan AA'nın etkisi incelenmiş. Çalışmanın sonucunda *Arabidopsis* ve diğer bazı bitkilerin kuru bir ortamda kaldığı zaman asetat üretmek için biyolojik bir mekanizmaya sahip olduğu ve bitkilerde dışardan eklenen AA'nın madde bitkilerin susuzluk durumlarıyla baş etme yeteneğini artırdığını belirtmişlerdir. Deneyde 14 gün, asetat ile muamele edilen bitkilerin ise yüzde 70'inin hayatta kaldığı, diğer tüm bitkilerin öldüğünü bildirmişlerdir. Araştırmacılar, sürecin genetiği değiştirilmiş bitkilerde daha etkili olduğu ve daha fazla miktarda asetat üretimi ile ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır (Kim ve diğ., 2017).

Bitkilerin kuraklık toleransı, birçok gen tarafından kontrol edilen karmaşık bir nicel özellik olmasından dolayı çalışılmalarda anlaşılması en zor özelliklerden birisidir. Kuraklık stresine maruz kaldığında bitkilerde oksidatif hasara neden olan süperoksitler, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> radikalleri ve hidroksil radikalleri gibi aktif oksijen türleri (AOS) üretilir. Bitkiler doğal olarak antioksidan enzimler içerir ve bu enzimler bitkilerin stres toleransına katkıda bulmaktadır (Hayat ve diğ., 2008). Bitkiler, kuraklık boyunca geliştirdikleri farklı stratejiler veya mekanizmalardan bazıları; su emilimini artırmak için köklerin uzunluğunu arttırması, yaprak terlemesini

azaltması veya hücrenin suyunu kaybından koruyan prolin, sorbitol gibi bilinen mekanizmalardır (Kebede ve diğ., 2019).

Çalışmamızda AA uygulaması kontrol gruplarına göre 10 mM AA ve 30 mM'da bitkilerin kök uzunluğunda artma, 20 mM AA'da ise azalma olduğu tespit edilmiştir. REC uygulamalarında ise kontrol gruplarına göre aynı AA konsantrasyonlarda benzer sonuçlar görülmüştür. Analiz sonuçlarımızda AA etkisinin düşük miktarda köklerin uzamasını teşvik ederken daha yüksek miktarlarda önleyici bir etkiye sebep olduğu gözlenmiştir.

Benzer bir çalışmada arpa bitkilerine dışarıdan uygulanan 5mM konsantrasyonda AA uygulaması bitkinin köklerinin büyümesini teşvik ettiği ve 20mM'da yaklaşık %25, 10mM'den daha yüksek bir AA konsantrasyonu kullanıldığında kök büyümesini %90 azalttığı bildirilmiştir. Kökler bitkinin en çok etkilenen kısımlar olmasına rağmen AA'nın kök uzunluğuna belirli bir konsantrasyonda etkilediği fakat inhibe etmediği bildirilmektedir (Gussin ve Lynch, 1982). Salisilik asidin arpa bitkisi üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla yapılan başka bir çalışmada ise, düşük konsantrasyonda (3.0mM dan az) asit kullanımına bağlı olarak kök uzunluğunda herhangi bir azalma gözlenmemiştir (Almaghrabi, 2012). Allen ve Allen (2020) kuraklık stresinde asetik asitin bitkilerin kuraklık stresinde kuraklık toleranslarını inceledikleri bir çalışmada, AA'nın hücre zarının geçirgenliğini değiştiren çoklu doymamış yağ asitlerini azaltarak plazma zarının bileşimini değiştirdiği ve böylece bitkinin büyümesi için gerekli bilişenlerin geçirgenliğini de etkilediği bildirilmiştir. Düşük bir miktar kullanıldığında bile 0.1-1mM arpa tohumlarında AA konsantrasyonunda kök büyümesi engellendiğini bildirmişlerdir. Kuraklık stresi altındaki buğdayın (*Triticum aestivum* L.) kuraklıkta fide gelişimi üzerine yapılan bir araştırmada, kuraklığın şiddeti arttıkça kök sayısı, kök uzunluğu, koleoptil uzunluğu, sürgün uzunluğu ve hücre bölünmesi çok önemli derecede azalttığını ve dışardan uygulanan putresinin özellikle 1 mM'lık dozunun, kuraklığın olumsuz etkilerini azalttığını bildirmişlerdir (Aydın ve diğ., 2016).

Bitkilerin fotosentez mekanizması diğer fizyolojik süreçlere göre tuzlara karşı çok hassastır. Tuz arttıkça su absorpsiyonunun olmaması nedeniyle hücreler sertliklerini kaybetmektedir. Enzimler sulu bir ortamda normal olarak çalıştıkları için fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerin performansında bir azalmaya yol açmaktadır. Bu etkiler, fotosentez mekanizmasını ve dolayısı ile büyüme ve gelişmeyi etkilemektedir (Noreen ve diğ., 2021). Bitkilerin taze ağırlıklarında artması, düşük AA miktarları ile ilişkilendirilebilmektedir.

Analizlerimizde AA arpa bitkilerinin sürgün uzunluğu üzerine etkileri, kontrol gruplarına göre 10 mM AA ve 20 mM AA'da azalma, 30 mM AA'da ise artma tespit edilmiştir. REC uygulamalarında ise tüm konsantrasyonlarda en fazla artışın 10 mM AA'da olduğu gözlenmiştir. Almaghrabi (2012) mahsüller üzerine Felrulik asit uyguladıkları çalışmasının sonuçlarında 30 Mm Ferulik asitin bitki çimlenmesini, sürgün uzunluğu üzerinde inhibe edici bir etkisinin olduğu ve sürgen uzunluğunda %25 bir azalmanın gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise bitkilere dışardan eklenen asidin düşük konsantrasyonlarda sürgün büyümesini inhibe etmediği, fakat konsantrasyon arttığında (45mM'de asit), sürgün büyümesinin %90 inhibisyon gözlemlendiği bildirilmiştir (Allen, 2020).

Armstrong (1996) çalışmasında AA'in kök ve sürgün uzunluğuna etkisinin farklı olduğunu bildirmiştir. Köklerin en yüksek emme gücüne sahip olduğu için zehirli veya zararlı maddeleri emerken en çok ve hızlı etkilenen kısım olacaktır. Organik asitlerin emildikten sonra dağılması bitki geneline yayıldığında ise sürgün üzerindeki etkisi köklere göre daha az olduğu belirtilmektedir. 35 günlük bir süre boyunca yüksek konsantrasyonlarda AA (1-67mM) uygulanan bitkilerin büyümesini ve bazı temel köklerin büyümesini engellendiği ayrıca köklerde mantar gelişimi belirtileri göstermeye başladığını ve bitkilerin sağlıksız hale geldiği, bu nedenle zaman ve konsantrasyon faktörüne dikkat edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Analizlerimizde arpa bitkilerine dışardan uyguladığımız AA'nın kontrol gruplarına göre 10 mM AA ve 30 mM AA'da uygulanan bitkilerin hücre bölünmesinde yani mitotik indeks'te azalma, 20 mM AA'da ise çok az artma gözlenmiştir. REC uygulamalarının ise tüm konsantrasyonlarda azalma olduğu gözlenmiştir.

Kuraklık stresinin buğday yapraklarında hücre bölünmesi ve hücre döngüsünde yer alan kinazlara etkilerini inceleyen Schuppler ve diğ. (1998), çalışma sonucunda kuraklık stresinin hem mezofil hücrelerdeki mitotik aktiviteyi hem de meristematik bölgedeki hücre bölünmesini azalttığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte kuraklık stresinin hücre döngüsünde G1 ve G2 safhalarında hücrelerin daha fazla olduğunu belirterek kuraklık stresinin olumsuz etkiye neden olduğunu belirtmişlerdir. Benzer etkileri (Jang ve diğ., 2005), mısır bitkisinin kuraklık stresinin hücre bölünmesi ve döngüsü üzerine yaptıkları çalışmalarında bitkinin tozlaşmasının erken döneminde su eksikliğinden kaynaklı hücre bölünmesinde azalma olduğunu bildirilmişlerdir. Ayrıca kuraklık stresinin mitoz bölünmenin S safhasını inhibe ederek azalttığını, G1 ve G2 safhalarının strese bağlı olarak artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Setter ve Flannangan, (2001),

tütün bitkisinde BY-2 hücrelerinde abiyotik streslerin hücre döngüsü üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada tütün bitkisine yüksek sıcaklık ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> uygulamasıyla oluşturulan stres sonucunda G1/S veya G2/M hücre döngüsünde geçici olarak durmasına sebep olduğu ve hücre döngüsündeki bu yavaşlamanın siklinlerin ekspresyonuna bağlı olabileceğini bildirmişlerdir. Beltrano ve diğ., (1999), buğday bitkisinde kuraklık stresinin etilen üretimi ve total protein miktarına etkisini inceledikleri çalışmanın sonucunda kuraklık stresinin serbest radikallerin, sodyum benzoat ve etilen sentezini engellediğini bildirirken, total protein miktarının ise kuraklık stres sonucunda arttığını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda dışardan asetik asit eklenen arpa bitkilerinin düşük dozlarda hücre bölünmesini azaltıcı bir etkisi olduğu görülmektedir. Aydın ve diğ., (2016), kuraklık stresi altındaki buğdayın (*Triticum aestivum* L.) fide gelişimi ve hücre bölünmesi üzerine, bitkiye dışardan uygulanan putresin uygulamasının etkisini araştırmışlardır. Araştırmada PEG 6000'in konsantrasyonu, hücre bölünmesini bitkiye dışardan eklenen putresin uygulaması çok önemli derecede azalttığını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda kontrol gruplarına göre tüm konsantrasyonlarda kromozom anormallerinde artış olduğu gözlenmiştir. REC uygulamalarında ise tüm konsantrasyonlarda azalma gözlenmiştir. En fazla kromozom anormalleri anafaz evresinin kromozom köprülerinde olduğu görülmüştür.

Kuraklık stresi, kloroplast hasarına neden olarak fotosentezi sınırlayan önemli bir abiyotik faktördür. Su eksikliği, hücrede katalaz (CAT) ve peroksidaz (POX) gibi antioksidanların dengesinin bozulmasından kaynaklanan oksidatif stres oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda kuraklık stresinden kaynaklı oluşturan antioksidanlar, dut ve buğday çeşitlerinde su eksikliğine önemli bir tepki gösterdiği. Ayrıca bitkide birçok fizyolojik ve biyokimyasal değişikliğe yol açan membran stabilite indeksine zarar verdiği bildirilmiştir (Hayat ve diğ., 2008). Kuraklığın arpadaki tane verimini %49-87 oranında azalttığı ve bu nedenle, kuraklığa dayanıklı çeşitler geliştirmek, mahsul yetiştiricileri ve agronomistler arasında son derece önemli bir konudur (Kebede ve diğ., 2019).

Araştırmamıza ait sonuçların, son yıllarda küresel ısınma ve çevre kirliliğinin etkisiyle hızla artış gösteren tuzluluk problemi görülen veya tuz içeren sulama suyuna sahip alanlarda arpa çeşitlerinin yetiştiriciliği yapılmasıyla elde edilecek sonuçlarla desteklenmesi gerekliliği unutulmamalıdır.

Kaynak özetlerinde kuraklığın ve diğer abiyotik streslerin tohum çimlenmesi, bitki büyüme ve verim kalitesi, antioksidan enzim aktivitesi ve bazı biyokimyasal ve metabolik değişiklikler üzerindeki etkileri ile ilgili çalışmalarda çalışmamıza benzer sonuçlar görülmektedir. Kuraklığın bitkilerin hücre bölünmesi, hücre döngüsü (Schuppler ve diğ., 1998; Setter ve Flannigan, 2001; Kakumanu ve diğ., 2012) ve total protein miktarı (Beltrano ve diğ., 1999; Akhazari ve Pessarakli, 2016; Ghorbanli ve diğ., 2012) üzerine yapılmış az sayıda çalışmalarda benzerlik görülmüştür. Tüm bu verilerde kuraklığın sebep olduğu olumsuz etkileri ortadan kaldıracı olarak dışarıdan uygulanan kimyasalların kuraklık stresi arasındaki ilişkiyi açıklığa kavuşturmak için yapılan çalışmalar ise son yıllarda yapılan birkaç çalışma ile sınırlıdır (Yamaguchi ve diğ., 2007; Peng ve diğ., 2014; Aydın ve diğ., 2016; Liu ve diğ., 2016; Mustafavi ve diğ., 2016).

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda ülkemizde arpa bitkisine AA uygulamalarının bitkinin fiziksel özelliklerine, mitotik indeksine ve kromozom anormallikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Asetik asidin, kısa sürede, düşük ve orta konsantrasyonda bile bitki gelişimini, özellikle taze ve kuru ağırlığını, su içeriğini, sürgün uzamasını ve hücre bölünmesini arttırdığı ve bu etkilerin madde uzaklaştırıldıktan sonrada devam ettiği gösterilmiştir. Bununla beraber, kromozom yapısına anlamlı etkileri gözlenmemiştir. Bu tez çalışmasında elde edilen bulgular, AA'nın etkilediği bitki gelişim mekanizmalarına yönelik fikir vermektedir. Daha sonraki çalışmalarda DNA/kromozom yapısındaki değişimlerin daha hassas ve/veya moleküler analizler ile incelenmesi gerektiği ifade edilebilir.

## KAYNAKLAR

- Action, C.P., 2016, Ethylene Glycol (CAS # 107-21-1) GreenScreen Assessment Prepared for: Clean Production, Date: January 15 2022.
- Allahverdiyev, T.I., Talai, J.M., Huseynova, I.M., Aliyev, J.A., 2015. Effect of Drought Stress on Some Physiological Parameters, Yield, Yield Components of Durum (*Triticum durum* desf) and Bread (*Triticum aestivum* L.) Wheat Genotypes. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*, 1, 50-62.
- Allen, M. M. ve Allen, D. J., 2020, Biostimulant Potential of Acetic Acid Under Drought Stress Is Confounded by pH-Dependent Root Growth Inhibition, *Frontiers in Plant Science*, 1–10.
- Almaghrabi, O. A., 2012, Control of Wild Oat (*Avena fatua*) Using Some Phenolic Compounds I – Germination and Some Growth Parameters, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 19(1), 17–24.
- Akhazari, D., Pessarakli, M., 2016. Effect of Drought Stress on Total Protein, Essential Oil Content, and Physiological Traits of *Levisticum officinale* Koch. *Journal of Plant Nutrition*, 39, 1365-1371.
- Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C., Lei, W., 2011. Morphological, Physiological and Biochemical Responses of Plants to Drought Stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 2026-2032.
- Araldi, R. P., de Melo, T. C., Mendes, T. B., de Sá Júnior, P. L., Nozima, B. H. N., Ito, E. T., de Carvalho, R. F., de Souza, E. B., & de Cassia Stocco, R., 2015, Using the Comet and Micronucleus Assays for Genotoxicity Studies, *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 72, 74–82.
- Armstrong, B. Y. J ve Armstrong, W., 1996, Phragmites die-back: Sulphide- and Acetic Acid-Induced Bud and Root Death, Lignifications, and Blockages within Aeration and Vascular Systems, *Pubmed*, 601–614.
- Aydın, M., Hossein Pour, A., Tosun, M., Haliloğlu, K., 2016. Effect of Application of Putrescine on Seedling Growth and Cell Division of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Drought Stress. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 26(3), 319-332.
- Badr A, Müller K, Schafer Pregl R, El Rabey H, Effgen S, İbrahim HH, Pozzi C, Rohde W, Salamani F., 2000. On the Origin and Domestication History of Barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution*, 17(4), 499-510.
- Bandurska, H., Niedziela, J., Pietrowska-Borek, M., Nuc, K., Chanzinikolau, T., Razikowska, D., 2017. Regulation of Proline Biosynthesis and Resistance to Drought Stress in two Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes of Different Origin. *Elsevier*, 118, 427-437.

- Başıoğlu, B., 2007, Su-Karboksilik asit karışımı-Çözücü Dörtlü Sistemlerin Sıvı-Sıvı Denge Verileri, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Temel İşlemler ve Termodinamik Programı, İstanbul, 81s.
- Beck, E.H., Fetting, S., Knake, C., Hartig, K., Bhattarai, T., 2007. Specific and Unspecific Responses of Plants to Cold and Drought Stress. *Journal of Biosciences*, 32(3), 501-510.
- Beltrano, J., Ronco, M. G., Montaldi, E. R., 1999. Drought Stress Syndrome in Wheat Is Provoked by Ethylene Evolution Imbalance and Reversed by Rewatering, Aminoethoxyvinylglycine, or Sodium Benzoate. *Journal of Plant Growth Regulator*, 18, 59-64.
- Budak, N. H., Aykin, E., Seydim, A. C., Greene, A. K., ve Guzel-Seydim, Z. B., 2014, Functional Properties of Vinegar, *Journal of Food Science*, 79 (5).
- Bray, E.A., 1993. Molecular Responses to Water Deficit. *Plant Physiology*, 103,1035-1040.
- Caligiani, A., Acquotti, D., Palla, G., & Bocchi, V., 2007, Identification and quantification of the main organic components of vinegars by high resolution <sup>1</sup>H NMR spectroscopy, *Analytica Chimica Acta* (Vol. 585, Issue 1).
- Çetin, V., 2002, Meyve ve Sebzelerde Kullanılan Bitki Gelişmeyi Düzenleyiciler. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* (2) 40-50.
- Dai, L., Li, J., Harmens, H., Zheng, X., & Zhang, C., 2020, Melatonin enhances drought resistance by regulating leaf stomatal behaviour, root growth and catalase activity in two contrasting rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes, *Plant Physiology and Biochemistry*, 149, December 2019.
- Doğan, H.C., 2021 *Hordeum vulgare*, Kocaeli Bitkileri <https://kocaelibitkileri.com/hordeum-vulgare/> [03.11.2021:].
- Ebrahimian, E ve Bybordi, A., 2012, Effect of Salinity, Salicylic Acid, Silicium and Ascorbic Acid on Lipid Peroxidation, Antioxidant Enzyme Activity and Fatty Acid Content of Sunflower, *African Journal of Agricultural Research* Vol. 7(25), 3685–3694.
- FAO, 2018. The State of Agricultural Commodity Markets 2018, Erişim Tarihi, 09.04.2022. <https://www.fao.org/3/I9542EN/i9542en.pdf>.
- Fortes, M. de Á., de Sousa, R. O., Schmidt, F., de Oliveira, A. C., & Vahl, L. C., 2009, Calcium Effects on Acetic Acid Toxicity in Rice, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40(15–16), 2536–2544.
- Ghorbanli, M., Gafarabad, M., Amirkiani T., Mamaghani, A. B., 2012. Investigation of Proline, Total Protein, Chlorophyll, Ascorbate and Dehydroascorbate Changes under Drought Stress in Akria and Mobil Tomato Cultivars. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 3(2), 651-658.
- Gussin, B. Y. E. J., ve Lynch, J. M., 1982, Effect of Local Concentration of Acetic Acid Around Barley Roots on Growth, *Agricultural Research Council Letcombe Laboratory*, 345–348.

- Gupta M, Abu Ghannam N, Gallagher E (2010). Barley for Brewing: Characteristic Changes During Malting, Brewing and Applications of its by Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (3), 318-328.
- Güngör, Ö., 2018, Tuz Stresi Uygulanmış Arpa Bitkilerinde WRKY Transkripsiyon Faktörlerinin Ekspresyon Analizi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı Moleküller Biyoloji ve Genetik Programı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 56s.
- Hayat, S., Hasan, S. A., Fariduddin, Q ve Ahmad, A., 2008, Growth of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) in Response to Salicylic Acid Under Water Stress, *Journal of Plant Interactions*, 3(4), 297–304.
- Hsiao, T.C., Acevedo, E., 1974. Plant Responses to Water Deficits Water Use Efficiency an Drought Resistance. *Agricultural Meteorology*, 14, 59-84.
- İlhan, D., 2014, Bitkilerde Kullanılan Mutajenite Testleri, Kafkas Üniversitesi ,7: 29-47.
- Jackson, M, Marks, L G. H. W. M. ve J. B. W., 2018, The Genetic Basis of Disease, *Essays in Biochemistry*, 0(62), 643–723.
- Johnston, C. S ve Gaas, C. A., 2006, Vinegar: Medicinal Uses and Antiglycemic Effect, *Medscape General Medicine*, 8(2).
- Jang, S.J., Shin, S.H., Yee, S.T., Hwang, B., Im, K.H., Park, K.Y., 2005. Effects of Abiotic Stresses on Cell Cycle Progression in Tobacco BY-2 Cells. *Molecules and Cells*, 20(1), 136-141.
- Kadota, Y., Furuichi, T., Sano T., Kaya, H., Gunji, W., Murakami, Y., Muto, S., Hasezawa, S., Kuchitsu, K., 2005. Cell-Cycle-Dependent Regulation of Oxidative Stress Responses and Ca<sup>2+</sup> Permeable Channels Nttc1a/B in Tobacco BY-2 Cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 336, 1259–1267.
- Kakumanu, A., Ambavarm, M.M.R., Klumas, C., Krishnan, A., Batlang, U., Myers, E., Greene, R., Pereira, A., 2012. Effects of Drought on Gene Expression in Maize Reproductive and Leaf Meristem Tissue Revealed by RNA-Seq. *Plant Physiology*, 160, 846-867.
- Kapluhan, E., 2013, Türkiye’de Kuraklık ve Kuraklığın Tarıma Etkisi, *Marmara Coğrafya Dergisi Sayı 27 Ocak- 2013*, 487-510.
- Karkucak, M., 2016, Kromozom anomalileri ve fertilité problemleri, *Androloji Bülteni* 2016; 18(64): 33–39.
- Kebede, A., Kang, M. S., ve Bekele, E., 2019, Advances in Mechanisms of Drought Tolerance in Crops, with Emphasis on Barley, *Drought Tolerance Mechanisms in Crops*, Chapter 5, 265-314.
- Keyvan, S., 2010, The Effects of Drought Stress on Yield, Relative Water Content, Proline, Soluble Carbohydrates and Chlorophyll of Bread Wheat Cultivars, *Journal of Animal & Plant Sciences*, Islamic Azad University, Kermanshah Branch, Iran, 8(3), 1051–1060.

- Kim, J. M., To, T. K., Matsui, A., Tanoi, K., Kobayashi, N. I., Matsuda, F., Habu, Y., Ogawa, D., Sakamoto, T., Matsunaga, S., Bashir, K., Rasheed, S., Ando, M., Takeda, H., Kawaura, K., Kusano, M., Fukushima, A., Endo, T. A., Kuromori, T., Seki, M., 2017, Acetate-mediated Novel Survival Strategy Against Drought in Plants, *Nature Plants*, 3June, 4–10.
- Kiran, A. K., 1997, Charaterization of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Materials Collected in Southeast Anatolian Region, *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü*,
- Kitsios, G., Doonan J.H., 2011. Cyclin Dependent Protein Kinases and Stress Responses in Plants. *Plant Signaling and Behavior*, 6, 204-209.
- Korkmaz, H., Durmaz, A., 2017. Bitkilerin Abiyotik Stres Faktörlerine Verdiği Cevaplar, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 192-207.
- Kosova, K., Vitamvasa, P., Prasila, I. T., Renaut, J., 2011. Plant Proteome Changes under Abiotic Stress Contribution of Proteomics Studies to Understanding Plant Stress Response. *Journal of Proteomics*, 74, 1301- 1322.
- Kumar, S., Mishra, C. N., Sarkar, B., & Singh, S. S., 2012 Barley (*Hordeum vulgare* L.), Breeding Indian Field crops – (*Hordeum vulgare* L.), January.
- Kutlu, İ., 2010, Tahıllarda Kuraklık Stresi Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 3(1): 35-41.
- Labra, M., Di Fabio, T., Grassi, F., Regondi, S. M. G., Bracale, M., Vannini, C., ve Agradi, E., 2003, AFLP Analysis as Biomarker of Exposure to Organic and Inorganic Genotoxic Substances in Plants, *Chemosphere*, 52(7), 1183–1188.
- Liu, Y., Liang, H., Ly, X., Wen, D.L.X., Liao, Y., 2016. Effect of Polyamines on the Grain Filling of Wheat Under Drought Stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 100, 113-129.
- Makbul, S., Güler, S.N., Durmuş, N., Güven, S., 2011. Changes in Anatomical and Physiological Parameters of Soybean Under Drought Stress. *Turk Journal of Botany*, 35, 369-377
- Marakli, S., 2012 Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Kültür Varyetelerinde Transpozon ve Kromozom Analizleri, *İstanbul Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*, 102s.
- Martinez, J. E., Beck, J. R., Allsbrook, W. C., Pantazis, C. G., 1990. Flow Citometric DNA Analysis. *Clinical Laboratory Science*, 3, 180-183.
- Matzke, M.A ve Matzke, A.J.M., 2000, Plant Gene Silencing, Institute of Molecular Biology, Austrian Academy of Sciences, Salzburg, Austria, Springer Book Archive, 298s.
- Mitchison JM (1989) Cell cycle growth and periodicities. In: Nasim A, Young P, Johnson BF (eds) *Molecular biology of the fission yeast*. Academic, New York, 205–242.

- Mustafavi, S. H., Shekari, F., Maleki, H.H., 2016. Influence of Exogenous Polyamines on Antioxidant Defence and Essential Oil Production in Valerian (*Valeriana officinalis* L.) Plants under Drought Stress. *Acta Agricultrua Slovenica*, 107, 81-91.
- Öktüren F, Sönmez S (2005) Bitki Besin Maddeleri ve Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicileri (Hormonlar) Arasındaki İlişkiler. *Derim. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü*. 22 (2) 20:32
- Özkan, Ş. S .ve Topçu, G.D., 2017, Farklı Tuz (NaCl) Konsantrasyonlarının Bazı Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinin Çimlenme Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* 2017: 5 (2): 37–43 ISSN: 2147–8384
- Pinheiro, H.A., DaMatta, F.M., Chaves, A.R.M., Fontes, E.P.B., Loureiro, M.E., 2004. Drought Tolerance in Relation to Protection Against Oxidative Stress in Clones of *Coffea canephora* Subjected to Long-term Drought. *Plant Science*, 167, 1307-1314.
- (USDA) United States Department of Agriculture, 2021., <https://bit.ly/3FQVRam> [10.12.2021].
- Natarajan, A. T., 2002, Chromosome Aberrations: Past, Present and Future, *Mutation Research Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 504(1–2), 3–16.
- Peng, Z.L.Y., Zhang, Q.X., Pan, H.M., Ma, X., Huang, K.L., Yan, Y.H., 2014. Exogenous Spermidine Improves Water Stress Tolerance of White Clover (*Trifolium repens* L.) Involved in Antioxidant Defence, Geneexpression and Proline Metabolism. *Plant Omics Journal*, 7, 517- 526.
- Raskin, I., 1992, Role of salicylic acid in plants, *Ag Biotech Center, Rutgers University, Cook College*.
- Razem, F.A., Baron, K., Hill, R.D., 2007. Turning on Gibberellin and Absciscic Acid Signaling. *Current Opinion Plant Biology*, 9:454-459.
- Reichheld, J.P., Vernoux, T., Lardon, F., Van Montagu, M., Inze, D., 1999. Specific Checkpoints Regulate Plant Cell Cycle Progression in Response to Oxidative Stress, *Plant Journal*, 17, 647–656.
- Setter, T. L., Flannigan, B. A., 2001. Water Deficit Inhibits Cell Division and Expression of Transcripts Involved in Cell Proliferation and Endoreduplication in Maize Endosperm. *Journal of Experimental Botany*, 52, 1401-1408.
- Schuppler, U., He, P. H., John, P. C. L., Munns, R., 1998. Effect of Water Stress on Cell Division and Cell-Division- Cycle 2-Like Cell-Cycle Kinase Activity in Wheat Leaves. *Plant Phsiology*, 117, 667-678.
- Yıldız, Ş., 2018, Kuraklık Stresi Altında Arpa Bitkilerinin Yapraklarına SiO<sub>2</sub> Nanopartikül uygulamasının Etkilerinin İncelenmesi, *Mersin Üniversitesi Biyoteknoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, 54s.

- TZOB, Türkiye ziraat odaları birliği., 2021, Bayraktar, “TZOB 2020-2021 Tarımsal Üretim Dönemi Kuraklık Risk Tahmin Raporu”nu açıkladı <https://bit.ly/3qzayZd> [06.12.2022].
- TEPE, B., 2022. Mayoz ve Eşeyli Yaşam Döngüleri, Biyoloji Campbell & Reece, 2021, 60s, <https://dokumen.tips/documents/13-mayoz-ve-eeeyli-yaam-dngleri-bektas-kaltma-giri-dna-ebeveynlerden.html?page=1> [10.04.2022].
- Utsumi, Y., Utsumi, C., Tanaka, M., Ha, C. Van, Takahashi, S., Matsui, A., Matsunaga, T. M., Matsunaga, S., Kanno, Y., Seo, M., Okamoto, Y., Moriya, E., ve Seki, M., 2019, Acetic acid treatment enhances drought avoidance in cassava (*Manihot esculenta* crantz), *Frontiers in Plant Science*, 10 April, 1–12.
- IUPAC Geçici Tavsiyeleri 2004 Bölüm P-12.1; 4. sayfa
- Zang, C., Shl, S., Wang, B., Zhao, J., 2018. Physiological and Biochemical Changes in Different Drought Tolerant Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Varieties under PEG Induced Drought Stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 25.
- Zeevaart, J.A.D., Creelman, R.A., 1988. Metabolism and Physiology of Absciscic Acid. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39, 439-473.
- Yamaguchi, K., Takahashi, Y., Berberich, T., Imai, A., Takahashi, T., Micheal, A.J., Kusano, T., 2007. A Protective Role for the Polyamine Spermine Against Drought Stress in Arabidopsis. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 352, 486–490.
- Yüksel, A., Aksoy, Ö., 2017, Su Stresi Koşullarında Bitkilerde Gözlenen Değişimler, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2146-0132, 10 (2): 01-05.
- Wolfe, A. J, 2005, The Acetate Switch, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 69(1).

**EKLER**

## ÖZGEÇMİŞ

| Kişisel Bilgiler |                                                                          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Adı Soyadı       | Sare BEYOĞLU                                                             |
| Doğum Yeri       |                                                                          |
| Doğum Tarihi     | Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz.                               |
| Uyruğu           | <input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer: |
| E-Posta Adresi   |                                                                          |
| Web Adresi       |                                                                          |

| Eğitim Bilgileri |                                            |
|------------------|--------------------------------------------|
| Lisans           |                                            |
| Üniversite       |                                            |
| Fakülte          |                                            |
| Bölümü           |                                            |
| Mezuniyet Yılı   | Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz. |

| Yüksek Lisans |                                             |
|---------------|---------------------------------------------|
| Üniversite    | İstanbul Üniversitesi                       |
| Enstitü Adı   | Fen Bilimleri Enstitüsü                     |
| Anabilim Dalı | Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı |
| Programı      | Moleküler Biyoloji ve Genetik Programı      |

| Makale ve Bildiriler |  |
|----------------------|--|
|                      |  |