T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARDA, TUNCA, ERGENE NEHİR SULARININ *ALLİUM CEPA* MERİSTEMATİK HÜCRE GELİŞİMİNE OLAN ETKİLERİNİN LABORATUVAR ORTAMINDA KARŞILAŞTIRILMASI

ALMİNA KARGACIOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Tez danışmanı: Prof. Dr. Selçuk YURTSEVER

EDİRNE-2022

Almina KARGACIOĞLU'nun hazırladığı "**Arda, Tunca ve Ergene Nehir Sularının *Allium cepa* Meristematik Hücre Gelişimine Olan Etkilerinin Laboratuvar Ortamında Karşılaştırılması**" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Biyoloji Anabilim Dalında bir **Yüksek Lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri İmza

Prof. Dr. Selçuk YURTSEVER
(Tez Danışmanı).

……

Dr. Öğretim Üyesi Hayati ARDA

……

Dr. Öğretim Üyesi Orhan Onur AŞKIN

……..

Tez Savunma Tarihi: ...../……/2022

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Prof. Dr. Selçuk YURTSEVER
Tez Danışmanı ……

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

……

Prof. Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı üniversitelerde tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

22.08.2022

Almina KARGACIOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Arda, Tunca, Ergene Nehir Sularının *Allium cepa* Meristematik Hücre Gelişimine Olan Etkilerinin Laboratuvar Ortamında Karşılaştırılması.

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Hızla artan dünya nüfusu ve iklim değişikliğine paralel olarak biyosferde kritik öneme sahip olan akuatik kirlenme, 21. yüzyılda insanın baş etmesi gereken global bir sorundur. Besin zincirine, özellikle akuatik ekosistemlere bulaşan toksik maddelerin zararlı etkisi, ayrıca suyla bulaşan patojenler, insan ve diğer canlıların gelecekteki sağlıklı yaşamını tehdit etmektedir.

Bu tez çalışmasında, Trakya bölgesinde üç farklı ülkeden atık suların karıştığı Arda, Tunca ve sadece Trakya'da yer alan Ergene nehir sularının toksik etkileri *Allium cepa* testi ile *in-vivo* olarak araştırılmıştır. Laboratuvar ortamında su örneklerini içeren özel düzeneklerde yetiştirilen *A. cepa* meristematik kök hücrelerinde toksik etki sonucunda kontrol grubuna göre düşük seviyelerde kök gelişimi, mitotik indeks, ve yüksek frekansta kromozomal aberrasyonlar saptanmıştır.

Arda, Tunca, Ergene ve kontrol grubu olarak da kaynak suyunun kullanıldığı deney düzeneklerinde yetiştirilen *A. cepa* ortalama kök uzunluk (cm) ortalamalarında (Aritmetik Ortalama±Standart Hata) istatistiki olarak anlamlı farklar ortaya çıkmıştır. Kontrol grubundaki soğan köklerinin ortalama uzunluğu (8,172±2,916) diğer üç gruptan daha yüksektir. Ergene nehir suyunun kullanıldığı düzeneklerde yetişen soğan kök ortalama uzunluğu (4,501±1,703) tüm gruplar içerisinde en düşüktür ($P<0,001$). Arda nehir suyunun kullanıldığı düzeneklerde yetişen soğan kök ortalaması uzunluğu (4,569±1,620) ile Ergene ortalamaları arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($P>0,05$). Tunca nehir suyu ile muamele edilen düzeneklerde yetişen soğan kök ortalama uzunlukları (5,424±1,729) kontrol grubundan daha düşük, Arda ve Ergene ortalamalarından daha yüksek istatistiki olarak anlamlı bir fark göstermiştir

(P<0,001). Bu grupların ortalama kök sayıları ise, istatistiki olarak anlamlı bir fark göstermemiştir (P>0,05).

Aktif Mitotik İndex (AMI %) ve Kromozom Aberasyon (CA %) ortalama değerleri de kontrol ve diğer üç deney grubu arasında istatistiki olarak farklılıklar göstermiştir (P<0,001). En yüksek AMI (%) değeri ortalamasına sahip olan kontrol grubudur. İkinci yüksek AMI (%) ortalamasına sahip Arda grubudur. Birbirine yakın MI (%) değerleri içeren Tunca ve Ergene grup ortalamaları istatistiki olarak anlamlı bir fark göstermemiştir (P>0,05). Kontrol grubu, Arda, Tunca ve Ergene grubundaki CA (%) ortalamalar karşılaştırıldığında, Ergene grubunun, CA (%) ortalamasının en yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. İkinci sırada yer alan Arda grubu da Tunca ve Kontrol grubundan yüksektir. Tunca grubu, Kontrol grubundan daha yüksek bir ortalamaya sahip olsa da bu iki grup arasındaki CA (%) ortalamalarının istatistiki olarak anlamlı bir farka sahip olmadığı saptanmıştır.

Yıl : 2022

Sayfa Sayısı : 75

Anahtar Kelimeler : Edirne, Arda, Tunca, Meriç, *Allium cepa*, genotoksik, mutasyon, mitotik indeks.

MSc (Master of Science) Thesis

Comparison of the harmful effects of the water samples obtained from Arda, Tunca and Ergene rivers, using *Allium cepa* merstematic root cells.

Trakya University Insitute of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

ABSTRACT

Parallel to the climate change and rapid population growth, the pollution of the fresh water sources is an important global issue for the human to challenge in the 21st century. The toxic effects of the chemical pollutants along with water borne diseases those interfere with the food chain, particularly aquatic cycle are serious threads for the healthy future of the human and other living organisms.

In the present study, the toxic effecets of the water samples obtained from the three rivers namely Arda, Tunca and Ergene in Tharace Region were investigated using the *Allium cepa* test in the laboratory. Compared to the control group, the reduced root growth and mitotic index values were found in the meristematic root cells due to toxic effects of the water treatments those included water samples from the rivers. Also, high frequnecy of the chromosomal aberrations were recorded.

The mean lengths of the roots (cm) have showed statistically significant differences between the onion samples those were treated with the waters from Arda, Tunca, Ergene and control groups (P<0,001). The mean length (Mean±SE) of the onion roots in the control group (8,172±2,916) had the highest while Ergene group had (4,501±1,703) the lowest values among the groups. There was no statistically significant differentiation between Arda (4,569±1,620) and Ergene groups regarding the onion mean root lengths (P>0,05). The mean lengths of the onions in Tunca group (5,424±1,729) was lower than the control group, but higher than the Arda and Ergene groups. The mean number of the onion roots showed no statistically significant differences among the four group of treatments (P>0,05).

Active Mitotic Index (AMI %) and Chromosome Aberration (CA %) mean values showed statistically significant differences among the four group of treatments (P<0,001). The highest AMI value was found in the control group followed by Arda group. AMI means showed no statistically significant differences between Tunca and Ergene groups. Moreover, Ergene group had the highest CA mean value compared to the other groups and followed by Arda that had higher CA mean than Tunca and control groups. There was no statistically significant differences between Tunca and control groups regarding the CA mean values (P >0.05).

Year : 2022

Number of pages : 75

Key Words : Edirne, Arda, Tunca, Ergene, *Allium cepa*, genotoxic, mutation, mitotic index.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve tecrübeleri ile beni yönlendiren, yaptığım çalışma süresince bana değerli vaktini ve emeklerini esirgemeyen, değerli hocam sayın Prof. Dr. Selçuk YURTSEVER'e teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Yüksek lisans araştırmalarım süresince, ders aşaması ve laboratuvar çalışmalarında desteğini esirgemeyen sınıf arkadaşım Mete YURTSEVER'e teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini yanımda bulduğum, her koşulda sevgi ve güveni bana veren sevgili aileme minnetlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET……...iv
ABSTRACT……vi
TEŞEKKÜR…….....viii
İÇİNDEKİLER ……....ix
EKLER……..……...xi
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ……....xii
ŞEKİLLER DİZİNİ……xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ…….....xv
BÖLÜM 1…….....1
GİRİŞ……....1
1.1. Tezin Kapsamı……...……...1
1.2. Kaynak Araştırması……...2
1.2.1. Kirliliğin Tanımı ve Su Kirliliğinin Önemi……...2
1.2.2. Doğal Tatlısularda Saptanan Başlıca Kirletici Kategorileri…….…….3
1.2.3. Toksik Kirleticilerin Tipleri…….……..4
1.2.4. Tatlısu Ekosistemlerinin "Kara Liste" Kirleticileri……...5
1.2.5. Tatlısu Ekosistemlerinin "Gri Liste" Kirleticileri……..5
1.3. Tezin Amacı……..…...8
BÖLÜM 2……10
MATERYAL VE METOD……..10
2.1. Örnekleme Yapılan Nehirlerin Bazı Özellikleri……....10
2.2. Örnekleme Yerleri……..11
2.3. Laboratuvar Deneyleri ve Deney Grupları……16
2.3.1. Preparat Hazırlanması……..18

2.3.2. Ezme Preparat Hazırlanması……18

2.4. İstatistiksel Analiz……...……...20

BÖLÜM 3……23

BULGULAR……...22

3.1. Tunca, Arda ve Ergene Nehirleri'nden Elde Edilen Su Örneklerinin Kullanıldığı Düzeneklerdeki *Allium cepa* Kök Uzunlukları ve Kök Sayıları…….22

3.2 Arda, Tunca ve Ergene Nehirleri'nden Elde Edilen Su Örneklerinin Kullanıldığı Düzeneklerde Yetiştirilen *A. cepa* Kök Ucu Meristematik Hücrelerindeki Mitoz Bölünme ve CA Sayıları…….27

BÖLÜM 4……33

SONUÇ VE TARTIŞMA……33

4.1. Üç Farklı Nehir Suyunun Kök Uzunluğu ve Kök Sayısı Üzerine Olan Etkisi....33

4.2. Üç Farklı Nehir Suyunun Aktif Mitotik İndeks (AMI) ve Kromozom (CA) Aberrasyonlarına Olan Etkisi……..37

GENEL SONUÇ……..40

KAYNAKLAR……44

ÖZGEÇMİŞ…….51

EKLER...…….52

EKLER

Ek 1. Istranca Dağları, Çakılı beldesi; solda: Ergene kaynak suyu, sağda: suyun borulara aktarıldığı rezervuar……..….52

Ek 2. Istranca Dağları, Çakılı beldesi; solda: Ergene kaynak suyu, sağda: Poyralı Deresi kaynak yeri…….53

Ek 3. Lüleburgaz; solda: Evrensekiz Deresi, sağda: Sakızköy Deresi …..……..53

Ek 4. Lüleburgaz Deresi; solda: Lüleburgaz kent yakın görünüş, sağda: genel görünüş ……54

Ek 5. Istrancalar'da maden ocağı; Çakıllı beldesi……54

Ek 6. Istrancalar'da maden ocağı: Vizel ilçesi…….....55

Ek 7. Istrancalar'a çimento fabrikası: Evrencik köyü…….....55

Ek 8. Istrancalar'da maden ocağı: Poyralı…….……...56

Ek 9. Istrancalar'da maden ocağı; yakın görünüş; Poyralı…….....57

Ek 10. . Istrancalar'da yeni karayolu açılması ve Poyralı Deresi……..58

Ek 11. Istrancalar'da yeni karayolu açılması ve Poyralı Deresi; yakın görünüş……...59

Ek.12. Istrancalar'da kireç fabrikası; Pınarhisar…….....60

Ek13. Istrancalar'da çimento fabrikası; Pınarhisar……..60

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

AMI : Aktif mitotik indeks

CA : Kromozomal aberrasyon

AO : Aritmetik ortalama

Med : Medyan

Max : Maksimum değer

Min : Minimum değer

N : İncelenen örnek sayısı

SD : Serbestlik derecesi

SH : Standart hata

SS : Standart sapma

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Arda, Tunca, Ergene ve Meriç nehirlerinin doğdukları yerlerden itibaren Ege Denizi'ne kadar aldıkları rotayı gösteren şematik harita……..……11
Şekil 2.2. Arda Nehri……..12
Şekil 2.3. Tunca Köprüsü, Edirne ……..12
Şekil 2.4. Tunca Nehri…….. ……13
Şekil 2.5. Uzunköprü ve Ergene Nehri ……..…14
Şekil 2.6. Ergene Nehri……...15
Şekil 2.7. Nehirlerden alınan su örnekleri, ……15
Şekil 2.8. Üç farklı nehir suyu ve kontrol grubu düzeneklerindeki soğan örnekleri…...17
Şekil 2.9. Üç farklı nehir suyu ve kaynak suyu içeren bardaklardaki soğan örnekleri...18
Şekil 2.10. Laboratuvarda ezme preparatların hazırlanması……..19
Şekil 2.11. *A. cepa* kök uçlarının ezme preparat halindeki görünümü ……..19
Şekil 2.12. *A. cepa* meristematik kök ucunun mikroskopta görünümü …….20
Şekil 2.13. *A. cepa* kök ucu hücrelerinin mikroskopta görünümü ……20
Şekil 3.1. Kontrol grubu ve üç suyu içeren düzeneklerde yetiştirilen *A. cepa* kök uzunluklarını gösteren resim. ……..23
Şekil 3.2. Kontrol grubu ve üç suyu içeren düzeneklerde yetiştirilen *A. cepa* kök uzunluklarını gösteren resim; dörtlü gruplar……23
Şekil 3.3. Üç farklı nehir suyu ile muamele edilen deney düzeneklerindeki ve kontrol grubundaki soğan köklerinin uzunlukları (AO±SS)…….26
Şekil 3.4. *A. cepa* meristematik kök hücrelerinde mitoz esnasında rastlanan en yaygın CA çeşitleri; …….27
Şekil 3.5. Üç farklı nehir suyu ile muamele edilen *A. cepa* meristematik kök hücrelerinde, normal profaz, metafaz, anafaz, telofaz (A, B, C, D) evreleri ve rastlanan bazı CA çeşitleri: …….29

Şekil 3.6. Kontrol grubu ve üç farklı nehir suyu içeren düzeneklerde yetiştirilen soğan kök ucu meristematik hücrelerindeki mitoz bölünme sayıları (AO±SS)……31
Şekil 3.7. Kontrol grubu ve üç farklı nehir suyu içeren düzneklerde yetişen soğan kök ucu meristematik hücrelerindeki CA sayıları (AO+SS)……31
Şekil 3.8. Kontrol, Arda, Tunca, ve Ergene suyuna ait düzeneklerde yetişen *Allium cepa* meristematik kök hücrelerine ait AMI ve CA değerleri (AO±SS)…….....32

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge. 1.1. Tatlısu Kirlilik Tipleri, Esas Çıkış Yerleri, Etkileri ve Oluşum Kökenleri…6
Çizelge. 3.1. Arda Nehri'nden elde edilen su ile hazırlanan deney düzeneklerinde yetiştirilen soğan köklerinin uzunluklarını (cm) gösteren tanımlayıcı istatistik parametreleri ……..24
Çizelge 3.2. Tunca Nehri'nden elde edilen su ile hazırlanan deney düzeneklerinde yetiştirilen soğan köklerinin uzunluklarını (cm) gösteren tanımlayıcı istatistik parametreleri ……..24
Çizelge 3.3. Ergene Nehri'nden elde elde edilen su ile hazırlanan deney düzeneklerinde yetiştirilen soğan köklerinin uzunluklarını (cm) gösteren tanımlayıcı istatistik parametreleri ……..25
Çizelge 3.4. Kontrol grubundaki düzeneklerde yetiştirilen soğan köklerinin uzunluklarını (cm) gösteren tanımlayıcı istatistik parametreleri ……..25
Çizelge 3.5. Üç Farklı Nehir Suyundaki ve Kontrol Grubundaki Deney Düzeneklerinde Yetiştirilen Soğanların Kök Sayılarını Gösteren Tanımlayıcı İstatistik Parametreleri……...26
Çizelge 3.6. Kontrol grubu, Arda, Tunca ve Ergene Nehirlerinden Alınan Suları İçeren Deney Düzeneklerinde Yetiştirilen Soğan Kök Hücrelerinde Kayıt Edilen Mitoz Bölünme ve Kromozom Aberasyon (CA) Sayıları ile İlgili İstatistik parametreler...30
Çizelge 3.7. Kontrol grubu ve üç farklı nehir suyu içeren deney düzeneklerinde yetişen soğan meristematik kök hücrelerindeki AMI % (Aktif Mitotik Indeks) ve CA % (Kromozom Aberasyon) değerlerini gösteren istatistik parametreler……32

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1.Tezin Kapsamı

İklim değişikliği, ısınan sular ve buzulların erimesi, yer küredeki su döngüsünü etkilemekte, baş edilmesi zor su taşkınları ya da kuraklıklar ile sonuçlanmaktadır. Tatlı su kaynaklarının azalması, suyun kalitesi, hijyen ve temiz içme suyu temini, 21. Yüzyılda ortaya çıkan en önemli global sorunlar arasındadır. Besin zincirine, özellikle akuatik döngüye bulaşan çok çeşitli atık maddelerden ortaya çıkan toksik kimyasalların zararlı etkisi ve suyla bulaşma potansiyeline sahip hastalık etmenleri ekosistemlerdeki sağlıklı yaşamı ve biyoçeşitliliği tehdit etmektedir.

Dünya'da hızla artan insan nüfusuna paralel olarak yeni kentsel yerleşim alanları açılmaktadır. İnsanın ihtiyacı olan gıda maddelerinin üretiminden, akla gelemeyecek çeşitli sayıda ev gereçleri, taşıtlar ve diğer yaşamsal ürünlerin üretilebilmesi için de yeni endüstriyel alanlara yer bulunması gerekmektedir. Hızlı kentleşme ve endüstrileşme, özellikle de ormanların yok edilmesi doğal ekosistemlere, geri dönüşü pek kolay olmayacak seviyede zararlar vermektedir. Bunların sonucunda birçok canlı türünün doğal yaşam alanları büyük tahribata uğramaktadır. Doğal habitatların hızla yok olmasına ilave olarak, insanın yoğun günlük yaşamsal aktiviteleri sonucu oluşan, oldukça çeşitlilik arz eden evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kirletici atık maddeler, karasal ve sucul ekosistemleri tehdit etmektedir. Kontrolsüzce ve bilinçsizce kirletilen biyosferde, zararlı atıkların içerdiği kimyasal toksik maddeler insan ve diğer canlıların besin zincirine doğrudan veya dolaylı olarak karışmaktadır. Atık toksik maddelerin hücredeki zararlı etkileri sonucunda, birçok toplumda sayısı her geçen gün artan, alerjik reaksiyonlardan kansere kadar uzanan ve tedavisi bile henüz bilinemeyen çok çeşitli yeni sağlık problemleri giderek yaygınlaşmaktadır (Albertini vd,, 2000; Mason, 2002; Schwarzenbach, Egli, Hofstetter, Gunten, & Wehrli, 2010).

1.2. Kaynak Araştırması

Dünya'da birçok ülkedeki akuatik ekosistemler üzerinde yapılan detaylı araştırmalarda, çevresel atıkların, doğal su kaynaklarında neden olduğu kirliliğinin ürkütücü düzeylere ulaştığı rapor edilmiştir, (Iqbal, 2016; Leme & Marin-Morales, 2009; Mason, 2002; Schwarzenbach vd., 2010). Dere, çay, ırmak suları ile göl ve denizlere atık su olarak doğrudan bırakılan, şehirsel ve endüstriyel atıklar içerisinde; deri tesisleri atıkları, gıda üretim, demir fabrikaları, boya, akü, petrol, plastik, lastik, boyalar, ağır metaller, asidik maddeler ve diğer birçok kimyasaldan oluşan, çok çeşitli maddeler üreten tesislerin atıkları yer almaktadır.

Endüstriyel kökenli ve evsel atıklara ilave olarak, ziraat ve tarımsal faaliyetler sonucunda da birçok toksik madde, atık olarak karasal ve sucul ekosistemlere karışmaktadır. Çoğunlukla, yaygın herbisid ve insektisidler grubundan olan tarımsal kimyasal atıklar, doğrudan olabileceği gibi dolaylı yollardan da ekosistemlere bulaşabilmektedir. Örnek verilecek olursa, tarım arazilerinde kullanılan pestisid ambalaj ve kutuları bilinçsizce doğrudan etrafa atılmakta ve toksik atıklar böylece göl ve dere gibi tatlısu ekosistemlerine karışabilmektedir. İlginç olan gerçek, zararlı organizmalara karşı kullanılan bu pestisidlerin, hedef zararlıların yanısıra ortamda bulunan tüm organizmaları risk altına sokmasıdır (Mason, 2002; Schwarzenbach vd., 2010).

Ekosistemlerdeki besin zincirine bir kere girdikten sonra insana kolayca ulaşan atık toksik maddeler, kanser dahil akut ve kronik birçok rahatsızlıklar olarak insanın sağlıklı yaşamında etkilerini göstermektedir (Albertini vd,, 2000; Schwarzenbach vd., 2010). Böylece, çevresel atıkların içerisinde yer alan toksik kimyasal maddeler, ekosistemlerdeki canlılara önemli zararlar vererek ölümcül olmakta ve birçok türün yok olmasıyla beraber biyoçeşitliliğe tahrip etmektedir. Sonuç olarak bu ekosistemlerdeki canlı öğelerden biri olan insanoğlunun gelecekteki sağlıklı yaşamı da tehdit altına girmektedir.

1.2.1. Kirliliğin Tanımı ve Su Kirliliğinin Önemi

Evsel suyun "kişi başına günlük kullanım litre miktarı" (LPCD) ülkeler arasında farklılıklar göstermektedir. Dünya sağlık örgütü (WHO) gerekli LPCD miktarının 20-50

litre olduğunu belirtmektedir. LPCD; İngiltere'de, 136 (Mason, 2002), ABD ve Kanada'da 236, Hollanda-Amsterdam'da 119 olarak kayıtlarda bulunmaktadır (Crouch, 2020). Bundan başka tüm amaçlar için suyun kişi başına yıllık kullanım miktarı (Litre/Yıl)' da ülkeler arasında çeşitlilik (Worldometer, 2022) göstermektedir. Örneğin bu miktar, Türkmenistan'da 16281, Yunanistan'da 2373, Suudi Arabistan'da 1933, ABD 1550, Kanada 1468, Fransa'da 1244, Avusturya'a 1138 iken, Danimarka'da 318, Kongo'da 34 dür. Türkiye'de ise 2023'dür (*Chartsbin*, 2022). Ancak bu sayısal veriler, farklı kaynaklara ve yıllara göre oldukça varyasyon göstermektedir.

Böylece, suyun kirlilik kontrolü, onun mutfak, hijyen, besinler ve sağlığımızı ilgilendiren diğer evsel kullanımı açısından temiz olması önem taşımaktadır. Diğer taraftan, endüstri ve tarımdaki kullanımı da özellikle doğal su kaynakları açısından zengin olmayan ülkelerde kritik öneme sahiptir.

Çevresel kirlenme, canlıların sağlıklı yaşamını tehdit eden zararlı maddelerin atmosfer, kara ve su ekosistemlerine aşırı miktarlarda karışması kirlilik olarak adlandırılır. Çevresel kirlenme bir volkanın küllerinin çevreye verdiği zarar gibi doğal olabileceği gibi çoğunlukla hızla artan insan nüfusunun doğal ekosistemlere verdiği zararlar şeklinde olabilmektedir (Çizelge 1.1. Greenfacts, 2022). Denizel ve tatlı su ekosistemlerdeki çevresel atık kirliliği de günümüzde oldukça tehlikeli düzeylere ulaşmıştır. İnsanın yaşamsal aktiviteleri için son derece ciddi önem taşıyan tatlı su kaynakları, özellikle akarsular insan neslinin ve ekosistemdeki diğer tüm canlı türlerinin geleceği için kritik öneme sahiptir. Birçok nehir, ırmak ve dere gibi akarsular, yerleşim yerlerinin içerisinden geçerek son ve her geçtiği yerden atık maddeleri bünyesine katarak varış yerlerine ulaşırlar (Çizelge 1.1.). 1500' den fazla (Mason, 2002; Schwarzenbach vd., 2010) zararlı atık maddenin tatlı su ekosistemlerini kirlettiği bilinmektedir.

1.2.2. Doğal Tatlısularda Saptanan Başlıca Kirletici Kategorileri

Tatlısularda saptanan kirletici kategorileri; asit ve alkali maddeler, anyonlar (sülfit, siyanit v.b.) deterjanlar, evsel ve çiftlik atıkları, gıda üretim atıkları, gazlar (klor, amonyum v.b.), aşırı sıcaklık, metaller (kadmium, kurşun v.b.), gıdalardaki fosfat ve nitrat gibi maddeler, yağlar ve petrol artıkları, organik toksik kimyasallar (fenol, formol

v.b.), patojenler, pestisitler, poliklorinli bifeniller (floresan lamba içerikleri, elektrikli alet içeriklerindeki zararlı maddeler v.b) ve radyoaktif madde atıkları olarak sayılabilir.

1.2.3. Toksik Kirleticilerin Tipleri

Toksik kirletici tipleri başlıca aşağıdaki beş maddede özetlenebilir (Mason, 2002).

1) Ağır Metaller: Kurşun, kadmiyum, bakır, çinko, nikel, civa ve arsenik gibi grubu elementler en toksik metallerden olup birçoğu endüstriyel ve tarımsal aktiviteler sonucu çevreye atık olarak gelirler.
2) Organik Atıklar: Organoklorlu pestisidler, herbisidler, poliklorlu bipheniller (PCBs), klorlu alifatik hidrokarbonlar, çözücüler, organometalik bileşikler, fenoller, formol, polinüklear aromatikler bu gruptandır. Bunlar evsel, çeşitli endüstriyel ve tarımsal kökenli toksik atıklardır.
3) Gazlar: Klor ve amonyum vb. gibi gazlar.
4) Anyonlar; örneğin siyanidler, fluoridler, sülfitler bunlara örnek verilebilir.
5) Asit ve alkaliler de tehlikeli toksik maddelerdendir.

Toksisite: Kısaca zehirli olarak bilinen toksik kelimesine bağlı olarak bir kimyasal maddenin canlı hücrelere zarar vermesine veya zarar verme derecesine toksisite (zehirlilik) adı verilmektedir.
Akut toksisite: Toksik maddenin yüksek dozda ve kısa süre içerisinde zarar vermesidir.
Kronik toksisite: Toksik maddenin düşük dozda fakat kalıcı olarak uzun bir süre içerisinde zarar vermesidir.
Akut veya kronik toksisite, direkt olarak ölüme neden oluyorsa lethal, direk olarak ölüme neden olan derece altında etkili oluyorsa, subletal adını alır. Eğer toksisite dereceli olarak artarak, yani gittikçe artan bir etki şekilde etkisini gösteriyorsa kümülatif adını alır (Mason, 2002).

En tehlikeli toksik maddeler, Avrupa Birliği tarafından "Kara liste" ve "gri liste olarak iki gruba ayrılmıştır. Kara listedeki toksik kimyasallar (Greenfacts, 2022) uzun sürelerce çevrede kaldığı için ve kümülatif olarak artarak canlı hücrelerde zaman içerisinde artarak birikebildiği için son derece tehlikelidirler (Mason, 2002).

1.2.4. Tatlısu Ekosistemlerinin "Kara Liste" Kirleticileri

1) Organohalojen bileşikler; Flor, Klor. Brom, İyot içeren ve genelde boya, ilaç ve pestisid yapımında kullanılan kimyasal maddelerdir.

2) Organofosforlu bileşikler; Malathion, parathion, diazinon vb. gibi insektisid ve diğer pestisid yapımında kullanılan maddelerdir.
3) Organotin bileşikleri; ağaç, kağıt, tekstil, deri kökenli endüstriyel ürünlerde pestisid koruyucu olarak kullanılırlar.
4) Civa ve bunun türevleri.
5) Kadmiyum ve türevleri.
6) Petrol kökenli hidrokarbonlar ve mineral yağlar.
7) Diğer yapay kimyasal maddeler.

1.2.5. Akuatik Tatlısu Ekosistemlerinin "Gri Liste" Kirleticileri

1) Çinko,Bakır, Nikel, Krom, Kurşun, Selenyum, Arsenik, Antimon, Molibden, Titanyum, Kalay, Baryum, Berilyum, Bor, Uranyum, Vanadyum, Kobalt, Talyum, Telleryum ve Gümüş elementlerinin içerisinde yer aldığı bileşik maddeler.
2) Biosid ve bunların elde edildiği kaynaklar.
3) Akuatik çevrelerde, tat ve koku vasıtasıyla zararlı olan maddeler.
4) Toksik silikon bileşikleri.
5) İnorganik ve elemental fosfor bileşikleri.
6) Siyanür ve fluoridler.
7) Oksijen dengesinde ters etki yapan amonyum ve nitritler gibi maddeler.

Bütün bunların detayının verildiği tatlısulardaki kirlilik tipleri, atıldıkları yerler, zararlı etkileri ve kirliliğin ilgili olduğu bileşenle ilgili oluşum kökenleri Çizelge 1.1'de özetlenmiştir (Greenfacts, 2022).

Çizelge 1.1. Tatlısu Kirlilik Tipleri, Esas Çıkış Yerleri, Etkileri ve Oluşum Kökenleri

Kirlilik Tipi	Esas Çıkış Yeri	Etkileri	İlgili Olduğu Bileşen
Organik maddeler	Endüstriyel ve evsel atık sular	Akuatik sitemdeki oksijenin tüketilerek yok olmasında ve böylece canlıların oksijensiz kalarak ölmesine neden olur.	Çözülmüş organik karbon ve oksijen.
Patojen ve mikrobiyal bulaşıcılar	Evsel atık, hayvancılık yapılan yer atıkları v.b. doğal kaynaklar	Bulaşık su vasıtasıyla bulaşarak ishal salgını hastalıklarına ve sindirim sistemi parazitlerinin insanlarda yayılmasına neden olur, gelişen ülkelerde çocuk ölümlerinden sorumludur	*Shigella*, *Salmonella*, *Cryptosporidium*, dışkısal coliform (coliform), *Escherichia coli* (memeli dışkıları) bakterileri
Besinsel atıklar	Esas olarak tarımsal ve kentsel alanlardan ayrıca endüstriyel alanlardan çıkarlar	Alg patlamasına ve böylece aşırı oksijen tüketimiyle suda oksijensizliğe neden olur. Suda ratan aşırı nitrit nedeniyle insanlarda birçok hastalıklar ortaya çıkar.	Azot ve Fosfor kökenli NH_4, NO_2, NO lu maddelerin suda aşırı artışı
Tuzlulaşma	Alkali toprakların aşırı sulanması veya pompalama sonucu kıyıl yerlerden kıyı sularının karışmasıyla suların aşırı tuzlanması	Toparğın aşırı tuzlu sularla sulanmasıyla ürün kayıpları görülür, içilebilir Tatlısu kaynakları içilemez duruma döner	Kalsiyum, Magnezyum ve Klor gibi anyon ve anyon dengesizliği nedeniyle elektriksel duyarlık bozulması
Asitleşme	Sülfür, Azot oksitler ve partiküllerinin elektrik üretim santrallerinden, motorlu taşıtlardan ve maden ocaklarından atılımı.	Göllerin ve akarsuların asitleşmesi sonucu aquatik ekosistem canlıları zarar görür, Al gibi ağır metaller topraktan içme sularına sızar	pH
Ağır metaller	Endüstriyel alanlar ve madencilik sahaları	Tatlısu kaynakları ve sulak alanlara karışır, balık ve Gastroppod gibi hayvanlarda birikir. Bu canlılarla beslenen diğer canlı ve insanlarda toksik etki gösterir	Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Hg, As (özellikle yer altı suyunda)
Toksik organik bileşikler ve mikro organik kirleticiler	Endüstriyel alanlar, motorlu taşıtlar, çiftlikler, evsel bahçe ve belediye atıksuları	Aquatik faunaya toksik etkilerden başlayıp insanda immün sistemde aksaklık,akuıt toksite ve kısrlığa kadar birçok değişik etkiler	Kanserojen ve toksik Poliaromatik hidrokarbonlar, Poliklorlu bifeniller ve pestisdler (DDT, Aldrin, dieldrin v.b).
Termal etkenler	Baraj ve su reservuarları şeklinde bölünmesiyle su akşının yavaşlaması ve suyun ısınması. Endüstriyel soğutma bacaları v.b. sistemlerin çevresel havayı ısıtmaları	Sudaki oksijen seviyelerinin ve organik madde bozunum oranın değişmesi sonucu mevcut aquatik sistemdeki tür bileşiminde değişim meydana gelebilir	Sıcaklık
Alüvyon maddeleri	Doğal toprak erozyonu, tarımsal faaliyetler, yeni taşıt yollarının açılması, ormanların tahribatı, yapı ve diğer işler için yeni inşaat alanlarının açılımı	İçme suyu kalitesi düşer, bahsedilen olaylar sonucu aquatik sisteme dolan maddeler aquatik habitatların küçülmesine sonuçta beslenmenin zorlaşarak ve yavru yapımı engellenir	Katı atıklar, suda çamurlaşma

Günden güne artan sayıda ve çeşitlilikteki sağlık vakaları insan toplumlarının sağlıklı geleceği üzerinde ciddi tehlikeler yaratmaktadır. Sağlık problemlerine neden olan çevre kirleticilerini somut bir şekilde, bilimsel olarak saptayarak biyoçeşitliliğin, dolayısıyla da sağlıklı yaşam ortamlarının sürekliliğini sağlamak hassas bir öneme sahiptir.

Akuatik sistemlerde özellikle tatlısu ekosistemlerinde, zararlı atık maddelerin canlılarda neden olduğu hücresel zararların saptanması büyük ciddiyet arz etmektedir. Bu konuları bilimsel olarak aydınlatmak için değişik metotlar geliştirilmiştir. Bu metotlar içerisinde birçok kimyasal analizler ve biyosensörler (McLaughlin, Zarcinas, & Cook, 2000) yer almakla beraber, kommünitelerdeki değişimin incelenmesi programları büyük önem taşımaktadır. Çünkü hayvan ve bitki kommüniteleri çevrenin kirlenmesi sonucu ortaya çıkan değişimlere oldukça hassas olup hızlı ve belirgin yanıtlar verirler. Diğer taraftan kimyasal analizler bu programlarda bazı noktaları saptamada canlılara göre yetersiz kalabilirler. En önemlisi de biyolojik sistemlerdeki değişimin incelenmesi, diğer metotlara göre hem daha ucuz hem de bilimsel olarak daha güvenlidir.

Değişik kirleticilerin ekosistemlerde meydana getirdiği zararlı değişimleri saptamak için biyolojide moleküler testlerin yanı sıra deney farelerinden değişik bitki türlerinin kullanıldığı in-vivo ve in-vitro testlere kadar uzanan değişik canlı türleri genetik toksikolojide yerini almıştır. Moleküler testlerin zaman ve ekonomik dezavantajları nedeniyle, günümüzde *Drosophila* ve diğer bazı hayvansal organizmalar toksik maddelerin canlı hücrelerde neden olduğu sitotoksik, genotoksik ve mutagenik hasarları saptamada yaygınlıkla kullanılmaktadır. Bunlar arasında SMART (Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon Testi) yöntemi, mikronükleus yöntemi, AMES testi, COMET yöntemi (Badr, El-Shazly, & Mohamed, 2021; Fusconi, Gallo & Camusso, 2007; Hemachandra & Pathiratne, 2016; Leme & Marin-Morales, 2009; Guan vd., 2017. Liman, 2013; Morais vd., 2018), genetik araştırmalarda yer almaktadır.

Allium cepa bitkisel model organizmalar içerisinde "soğan testi" ile ucuz ve güvenilir bir test olarak genotoksik araştırmalarda yerini almıştır. (Awe, & Akpan, 2017; Abubacker & Sathya, 2017, Martins, Souza & Souza, 2016). *A. cepa* meristematik hücrelerinde birçok kimyasal madde, pestisid, ağır metaller ve diğer maddelerin toksik

etkisi sonucu ortaya çıkan kromozomal aberasyonların saptandığı çalışmalar, karasal ve sucul ekosistemleri kapsayan uzunca bir literatür listesini içermektedir (Kaur vd., 2019; Leme & Marin-Morales, 2009; Tedesco & Laughinghouse, 2012). Sayısız endüstriyel, tarım ve yerleşim alanları ile daha birçok değişik jeolojik yapıdaki arazilerden geçerek son varış noktasına ulaşan akarsuların karmaşık kirlenme süreçleri ve boyutlarını tanımlayan araştırma sonuçları akuatik toksikololojideki önemini korumaktadır.

1.3.Tezin Amacı

Trakya'daki en büyük akarsular olan Meriç, Tunca ve Ergene nehirlerinin kirliliğinin son onlu yıllarda özellikle endüstriyel kirlenme sonucu oldukça arttığı bilinmektedir. Edirne sınırları içerisinde yer alan ilk iki nehirden başka Bulgaristan'dan doğarak Yunanistan'dan geçerek akan Arda Nehri, Tunca ile beraber Meriç nehriyle Edirne sınırları içerisinde birleşmektedir. Bu nehirlerin bazı faunistik özelikleri içerdikleri atık maddelerdeki kimyasalların varlığı ve seviyeleri (Aytas vd., 2014, Divrik, Çamur-Elipek, Öterler & Kırgız, 2020; Güher & Demir, 2018; Sakcali vd., 2009, Tokatlı, 2019) hakkında bazı çalışmalar yapılmıştır. Arda, Tunca ve Meriç nehirlerinin doğdukları yer olan Bulgaristan'da bu nehirlerin kirliliği ile ilgili analizleri de içeren değişik araştırmalar da bulunmaktadır (Kenderov vd., 2014; Kirin vd., 2013; Kostadinova vd., 2013; Mihaylova & Kostadinova, 2012; Negm, Romanescu, & Zelenakova, 2020; Paskalev, 2022).

Ancak bu nehirlerin kirli sularının canlı hücrelerde oluşturabileceği zararlar hakkındaki sitogenetik araştırma sayısı sadece iki çalışma ile sınırlıdır. Ergene'yi içeren çalışmada (Kanev, Özdemir & Gökalp, 2017) su örneklerindeki metal seviyeleri ve suyun sitogenetik etkileri *A. cepa* üzerinde araştırılmıştır. Yine Ergene sularını içeren diğer çalışma çavdar bitkisi *Secale cereale* ile yapılmıştır (Bekoğlu Yılmaz, 2013). Edirne ilindeki çevresel suların ve içme sularının araştırıldığı diğer bir çalışma Arda, Tunca, Ergene ve Meriç su örneklerini de içermiş (Soylu, 2012), bu suların mutajenitesi saptamada AMES testi kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasında Edirne'nin üç nehri Arda, Tunca ve Ergene'den alınan su örnekleri kullanılarak, bu suların *A. cepa* meristematik kök hücrelerindeki toksik etkileri laboratuvar ortamında in-vivo araştırılmıştır. Bu üç nehir doğdukları kaynaklar ve

yerleşim yerleri ve geçtikleri diğer coğrafik alanlar bakımından nispeten farklılık göstermektedir. Örneğin Ergene nehri çoğunlukla endüstriyel olmak üzere, evsel ve tarımsal kirlenme gösterirken, Arda ve Tunca ise daha çok evsel ve belli derecelerde endüstriyel ve tarımsal kimyasal atıklara maruz kalmaktadır. Meriç nehri'nden de su örnekleri alınarak incelenmiş ancak detayları burada tartışılmamıştır. Bu tez çalışması özellikle yerel bölgelerden geçen diğer üç akarsuyun kirliliğini saptamaya yönelik olduğundan kompleks bir kirlenme rejimine sahip olan Meriç nehri çalışmaya dahil edilmemiştir. Çünkü Danube'den sonra Balkanlar'ın en uzun ikinci nehri olan Meriç nehri, Arda ve Tunca dahil daha bir çok küçük akarsuların karışmasıyla oluşmaktadır. Bu nedenle Meriç verilerinin çalışma sonuçlarını yanıltıcı etkilemesinden kaçınılmıştır. Ancak Meriç nehri gelecekte detaylı çalışmalarda yer alarak sonuçları bu tezdeki verilerle karşılaştırılabilecektir. Ancak, yukarıda da belirtildiği gibi, Trakya'daki üç farklı nehir sularındaki toksik etkilerin *A. cepa* testi ile saptanması ve karşılaştırılması açısından bu çalışma ilk olma özelliğindedir.

BÖLÜM 2

MATERYAL ve METOD

2.1. Örnekleme Yapılan Nehirlerin Bazı Özellikleri

Arda nehri: Bulgaristan'da doğu Rodoplar'dan doğar. Adını doğuş yeri olan Smolyan'daki Arda köyünden alır. Doğu'ya doğru Rudozem, Kırcaali ve Ivaylovgrad'ı geçerek Yunanistan'a ulaşır. Edirne'de henüz çok kısa bir mesafe aldıktan sonra Yunanistan sınırında Meriç ile birleşir. Toplam uzunluğu 290 km olup, 240km'si Bulgaristan'da kalır. Bulgaristan'da elektrik ve sulama için kullanılan Kırcaali, Studen Kladenets ve Ivaylovgrad barajlarını besler (Şekil 2.1).

Tunca Nehri: Bulgaristan'da Balkanlar'daki Stara Planina'dan doğar. Güneye doğru Kalofer, Yambol ve Elhovo' yerleşimlerini geçerek, Bulgaristan Türkiye sınırını oluşturur. Edirne'de Meriç Nehri'ne karışan Tunca 365 km toplam uzunlukta olup sadece 12 km'si Türkiye'de yer alır. Tunca'ya 50 kadar küçük dere ve akarsular karışır. Bulgaristan'ın Koprinka ve Zhrebchevo barajlarını besler (Şekil 2.1).

Ergene Nehri: Istranca Dağları'nın eteklerinde yer alan Çakıllı kasabasından doğar. Toplam uzunluğu 283 km'dir. Çerkezköy, Çorlu, Muratlı, Lüleburgaz, Pehlivanköy, Alpullu dereleri ve daha birçok daha küçük akarsuyu bünyesine katarak Pehlivanköy'den geçer. Uzunköprü civarında en geniş boyutuna ulaşır. Enez'de Saros Körfezi'ne dökülmeden 50 km önce Adasarhanlı'da Meriç birleşir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Arda, Tunca, Ergene ve Meriç nehirlerinin doğdukları yerlerden itibaren Ege Denizi'ne kadar aldıkları rotayı gösteren şematik harita.

2.2. Örnekleme Yerleri

Çalışmada kullanılan su örnekleri Arda, Tunca ve Ergene nehirlerinden elde edilmiştir (Şekil 2.2-2.6). Bu nehirlerden 2020 Mayıs ayının ilk haftasında önceden belirlenen örnekleme yerlerinden su örnekleri, alınarak laboratuvara getirilmiştir. Su örnekleri nehirlerin örnekleme yerlerinde ipe bağlı bir damacana ile suya batırılarak elde edilmiştir (Şekil 2.7). Su örnekleri laboratuvara getirilerek +4Cdeki buzdolabında muhafaza edilmiştir. Aynı hafta 2-3 gün içerisinde, zaman geçirmeden deney çalışma düzenekleri kurularak deneyler tamamlanmıştır. Arda örnekleme yeri, Edirne-Pazarkule'de Yunanistan Türkiye sınırında Arda nehrinin hemen Türkiye'ye giriş yaptığı yerdir. Tunca örnekleme yeri, Tunca Nehri'nin Meriç'e tam birleşme yerinden hemen önceki bir kesimden, Kasımpaşa Cami yakınıdır. Uzunköprü ilçesindeki taştan yapılmış tarihi Uzunköprü'nün Edirne yönündeki ilk kuzey ayağının altı da üçüncü örnekleme yeridir.



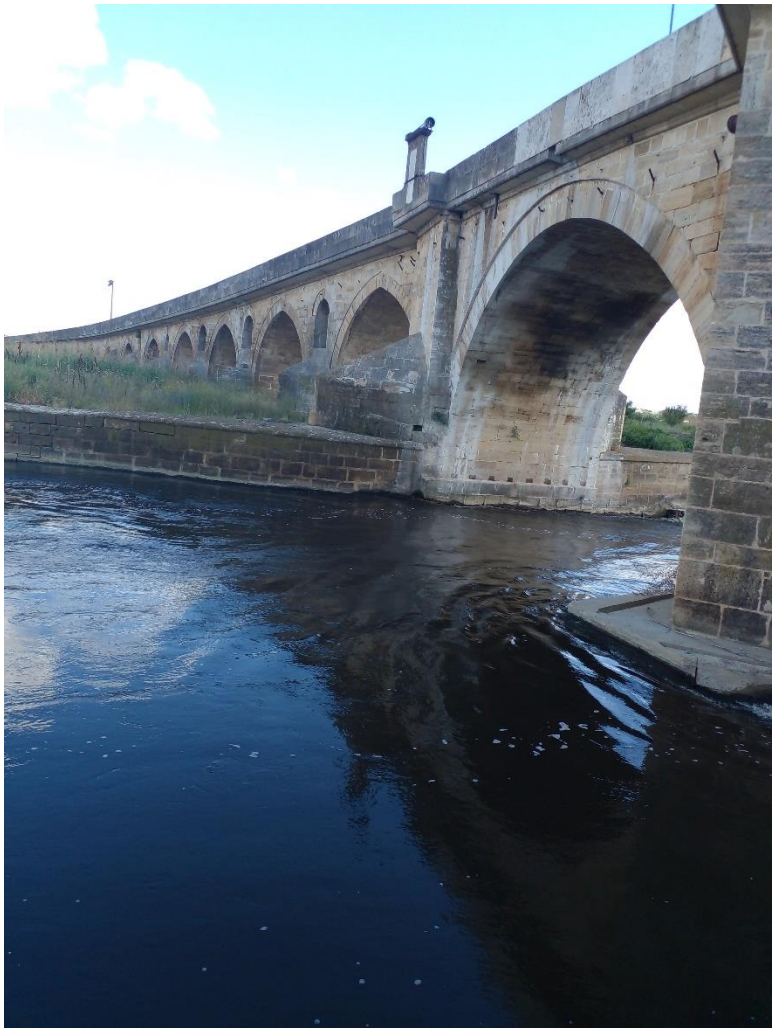
Şekil 2.2. Arda Nehri; solda: genel görünüş, sağda: yakın görünüş, suda yavru balıklar (Haziran 2022).



Şekil 2.3. Tunca Köprüsü, Edirne (Haziran 2022).



Şekil 2.4. Tunca Nehri; üstte: genel görünüş, altta: yakın görünüş (Haziran 2022.



Şekil 2.5. Uzunköprü ve Ergene Nehri (Temmuz 2022).



Şekil 2.6. Ergene Nehri; solda: genel görünüş, sağda: yakın görünüş (Temmuz 2022).



Şekil 2.7. Nehirlerden alınan su örnekleri, soldan sağa; Kontrol, Arda, Meriç, Tunca, Ergene.

2.3. Laboratuvar Deneyleri ve Deney Grupları

Laboratuvardaki dört farklı çalışma düzenekleri, Arda, Tunca ve Ergene nehirlerinden alınan su örnekleri ve kontrol grubu için normal içme suyu ile hazırlanmıştır. Kontrol grubunda herhangi bir kimyasal katkı maddesi içermeyen ve güvenilir olduğu bilinen bir ticari markanın damacana kaynak suyu kullanılmıştır. Bu su örnekleri ile özel olarak hazırlanmış düzeneklerde *Allium cepa* (mutfak soğanı) soğanları yetiştirilerek, meristematik kök ucu hücreleri incelenmiştir. Üç farklı nehir suyunun *A. cepa* örneklerinde kök sayısına, kök uzamasına, mitoz bölünmeye olan etkileri ve mitoz bölünme esnasında meydana gelebilecek kromozom aberrasyonları (CA: Chromosomal Aberration) araştırılmıştır. Deneylerden elde edilen sayısal veriler kontrol grubu verileriyle ve gruplar arası değerlerle istatistiksel olarak karşılaştırılarak yorumlarda bulunulmuştur. Tüm deney düzenekleri eş zamanlı olarak belirlenen bir zamanda kurulmuş ve yine eş zamanlı olarak sürdürülerek sonlandırılmıştır.

Kök sayısı ve kök uzunluklarının araştırıldığı düzeneklerde her grup için 9 ar replikat kullanılmıştır (Şekil 2.8). Her farklı deney grubu için 9 adet bardağa ilgili deney grubuna ait su örneği konularak soğan örnekleri kök gelişimi için bu düzeneklerde yedi gün bırakılmıştır. Herhangi bir kimyasal madde kullanılmadan arazide yetiştirildiği bilinen doğal soğan örnekleri yerel bir marketten satın alınmıştır. Soğan örneklerinin aynı büyüklükte olmasına dikkat edilmiştir. Deneylerde ortalama çapı 3,5 cm ve ağırlığı da 10 gr civarında olan soğan örnekleri kullanılmıştır. Deneylerden önce, soğanların kurumuş dış tabaka kabukları ve kök ucu kısımları atılmıştır. Öncelikle soğanlar bir gün kadar doğal içme suyu içeren kap içerisinde bırakılmış, sağlıklı olanlar seçilerek deneylerde kullanılmıştır. Deneylerde *Allium cepa* örneklerinin yetiştirildiği düzeneklerde, boyutları 19 ml'lik, çapı 5,5 cm ve yüksekliği 12 cm olan cam bardaklar kullanılmıştır (Şekil 2.9). Bardaklara birer adet *A. cepa* örneği kürdan ile tutturularak kök kısımları suya değecek şekilde yerleştirilmiştir. Kök sayısı ve uzunluklarının araştırıldığı deneylerde yedi gün sonunda her bir bardaktaki soğanların, kök sayıları kayıt edilmiş, kök uzunlukları da cetvel ile ölçülmüştür.

Üç farklı nehir suyunun soğan meristematik kök hücrelerindeki mitoz bölünme evrelerine ve kromozom aberrasyonlarına olan toksik etkilerini araştırmak için yukarıda belirtilen düzenekler dışında diğer deney seti ayrıca kurulmuştur. Yine kontrol grubu ve

üç nehir suyunu içeren bardakların bulunduğu düzenekler 9 ar replikat içermiştir. Bu düzeneklerde soğanlar üç gün tutulmuş ve süre sonunda 2-3 cm uzunluktaki kök uçları kesilerek bunlardan preparatlar hazırlanmıştır. Preparatlar mikroskopta incelenerek farklı nehir sularını içeren düzeneklerde gelişmeye bırakılan soğan meristematik kök hücrelerindeki mitoz evrelerinin sayıları ve CA sayıları kayıt edilmiştir. Ayrıca Aktif Mitotik İndeks (AMI %) ve kromozom aberrasyon oranları (CA %) da hesaplanmıştır (Abubacker & Sathya, 2017). Preparatlar Olympus CX22 ışık mikroskobunda incelenmiştir.

Her bir soğana ait 6 adet kök ucu preparatı yapılarak bunların her birinden 500 hücre incelenmiştir (her bir gruptan: 9 adet soğan, 4 grup X 9 = toplam 36 soğan, her bir soğandan 6 kök, 36x6= toplam 196 kök; genel toplam 196 X 500 =98000 hücre). Hücrelerdeki mitoz (profaz, metafaz, anafaz ve telofaz) ve interfaz sayıları kayıt edilmiştir. Bölünmede olan hücreler içerisinde anormal bölünme durumunda olanların çeşitleri (CA = Kromozomal Aberation) "Fiskesjö 1985" e göre gruplandırılarak sayısal veriler istatistiki testlerde kullanılmıştır. Gerekli fotoğraflar, ışık mikroskobu kullanılarak 40x büyütmede foto mikroskopla çekilmiştir.



Şekil 2.8. Üç farklı nehir suyu ve kontrol grubu düzeneklerindeki soğan örnekleri.



Şekil 2.9. Üç farklı nehir suyu ve kaynak suyu içeren bardaklardaki soğan örnekleri. Soldan sağa; Kontrol, Arda, Tunca, Ergene.

2.3.1. Preparat Hazırlanması

Kontrol grubu ve diğer üç nehir suyu grubu için yapılmış olan düzeneklerde yetiştirilen soğanlara ait kök uçları bisturi ile kesilmiş ve bu kök örnekleri Carnoy sıvısında 48 saat süreyle fikse edilmiştir. Her bir soğana ait 6 adet kök ucu Carnoy da fikse edildikten sonra bunlar başka bir zamanda gerektiğinde kullanılmak üzere %70 alkol içeren şişelerde muhafazaya alınmıştır. Alkol içerisindeki stok şişelerden alınan köklerden ezme preparat hazırlanarak meristematik kök ucu hücreleri mikroskopta incelenmiştir.

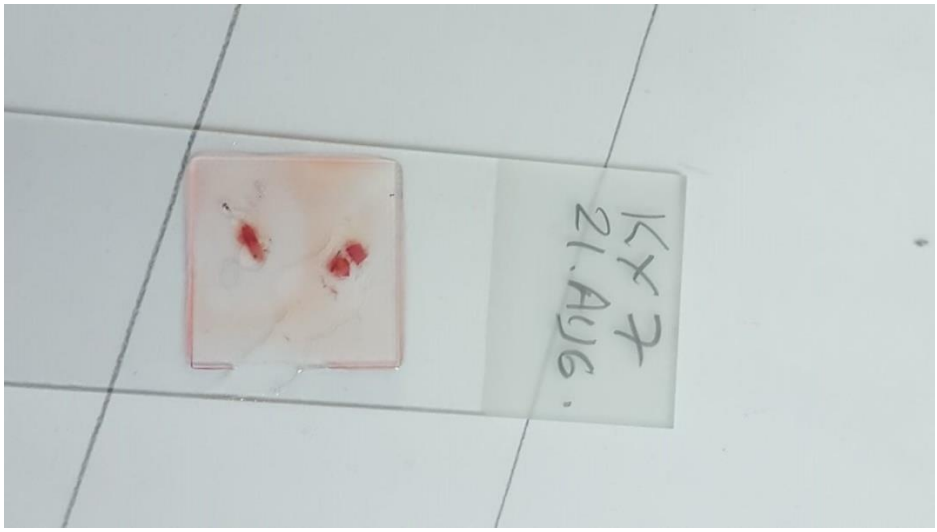
2.3.2. Ezme Preparat Hazırlanması

Stok şişelerindeki alkolden çıkarılan her bir kökten bir adet preparat yapılmıştır (Şekil 2.10). Soğan kök uçları, önce bir saat camı içerisine konmuş daha sonra üzerine 3 damla hidroklorik asit (HCl; 1 M) damlatılmıştır. Saat camındaki kök ucu örneği, Bunsen beki (ispirto ocağı) üzerinde 6 saniye ısıtılmıştır. Kök uçları 15 dakika bekletildikten sonra distile su ile üç defa çalkalanmıştır. Kök uçları, tekrar başka bir saat camı içerisine

aktarılarak üzerine iki damla asetokarmin boyası damlatılmıştır. İspirto ocağı üzerinde 6 saniye ısıtılan kök uçlarındaki kromozomların boyanması için 15 dakika beklenmiştir. Boya muamelesi yapılan kök uçları lam üzerine alınmış bir damla su damlatılarak lamel ile kapatılmıştır (Şekil 2.11). Lamelin üzerine hafifçe bastırılarak elde edilen ezme preparattaki kök hücreleri mikroskopta incelenmiştir (Şekil 2.12-2.13).



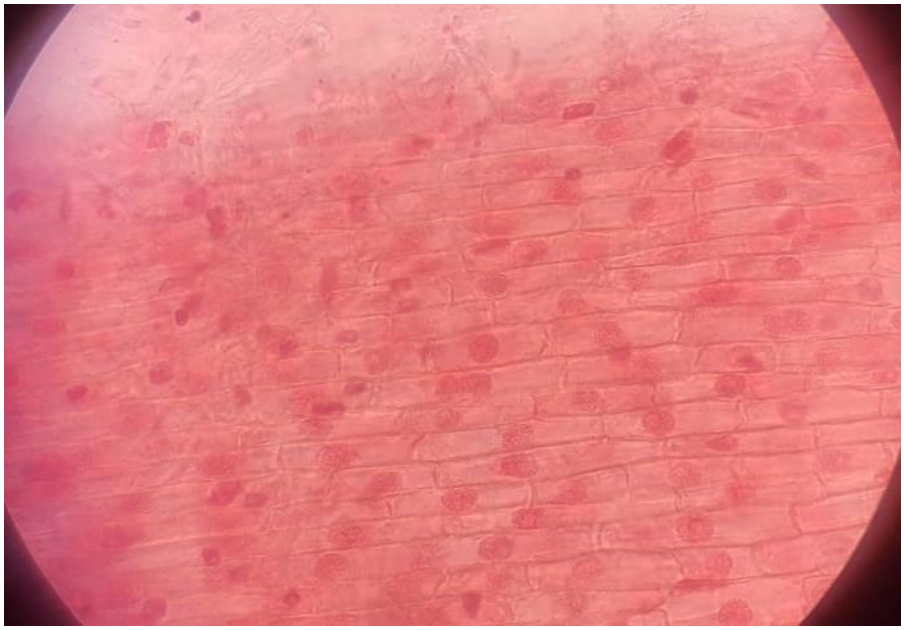
Şekil 2.10. Laboratuvarda ezme preparatların hazırlanması.



Şekil 2.11. *A. cepa* kök uçlarının ezme preparat halindeki görünümü.



Şekil 2.12. *A. cepa* meristematik kök ucunun mikroskopta görünümü.



Şekil 2.13. *A. cepa* kök ucu hücrelerinin mikroskopta görünümü.

2.4. İstatistiksel analiz

Çalışmanın sayısal verileri başlıca üç farklı analiz aşamalarına tabi tutulmuştur. Öncelikle üç farklı akarsudan elde edilen su örnekleriyle hazırlanan deney düzeneklerinde yetiştirilen soğanların ortalama kök uzunluğu ve kök sayılarının kontrol grubundan farklı

olup olmadığı istatistiksel analizlerde saptanmaya çalışılmıştır. İstatistiksel testler ayrıca deney gruplarının kendi aralarındaki farklılıkları saptamak için de uygulanmıştır.

Ayrıca kontrol grubu ve üç farklı nehir suyu düzeneklerinde gelişen soğan kök ucu meristematik hücrelerindeki Mitoz evrelerinin sayıları ve bu hücrelerdeki CA sayıları analizleri istatistiksel analizleri içermiştir.

Son olarak, üç farklı gruba ait toplam mitoz bölünme geçiren hücre sayılarına bağlı mitotik indekslerin (AMI %) kontrol grubundan ve kendi aralarında farklılık gösterip göstermediği karşılaştırılmıştır. Yine kromozom Aberrasyon (CA%) oranları ortalama sayılarının da kontrol grubundan ve kendi aralarında farklılık göstermediği istatistiksel olarak test edilmiştir.

Üç farklı grupta ve sadece damacana kaynak suyu içeren (kontrol grubu) düzeneklerde gelişmeye bırakılan soğanların ortalama kök uzunluklarının (cm) anlamlı istatistiki bir farka sahip olup olmadığını saptamak için ANOVA (Tek Yönlü Varyans Analizi) uygulanmıştır. ANOVA test sonuçlarına göre farklılık gösteren gruplar ise Tukey testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Dört farklı deney grubuna ait ortalama kök sayılarının farklı olup olmadığı Kruskal-Wallis Testi ile saptanmıştır. İstatistik testlerde anlamlılık düzeyi olarak 0,05 önem seviyesi kullanılmıştır.

Farklı deney düzeneklerine ait tanımlayıcı istatistiki parametreleri gereken kısımlarda tablolarda özetlenmiştir. Sayısal veriler, Sokal & Rohlf (1995)'den yararlanılarak Minitab (V.15) istatistik programıyla analiz edilmiştir.

BÖLÜM 3

BULGULAR

3.1. Tunca, Arda ve Ergene Nehirleri'nden Elde Edilen Su Örneklerinin Kullanıldığı Düzeneklerdeki *Allium cepa* Kök Uzunlukları ve Kök Sayıları

Üç farklı nehir suyu kullanılarak hazırlanan düzeneklerde yetiştirilen soğan kök uzunlukları ve kontrol grubuna ait (Şekil 3.1-3.2) uzunluklarına ait (2 cm den küçük olanlar kayıt edilmemiştir) istatistik parametreler aşağıdaki çizelgelerde (Çizelge 3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4) verilmiştir. Bu dört gruba ait kök uzunluk ortalamaları (cm) ANOVA ile test edildiğinde ($P>0,05$) bunlar arasında anlamlı bir istatistiki fark ortaya çıkmaktadır (ANOVA; $F= 227,37$; $P<0,001$). Şekil 3.3'den de anlaşılacağı üzere kontrol grubundaki soğan köklerinin ortalama uzunluğu (8,172±2,916) diğer üç gruptan daha yüksek olarak istatistiki olarak anlamlı bir fark göstermektedir. Ergene nehir suyunun kullanıldığı düzeneklerde yetişen soğan kök uzunluk ortalamasının (4,501±1,703) tüm gruplar içerisinde en düşük olduğu görülmektedir. Arda nehir suyunun kullanıldığı düzeneklerde yetişen soğan kök uzunluk ortalaması (4,569±1,620) Ergene ortalamasına yakın çıkmaktadır. Belirtilen bu iki grup ortalamaları arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır (TUKEY Testi; $P>0,05$). Diğer taraftan Tunca nehir suyu ile muamele edilen düzeneklerde yetişen soğan kök ortalamaları (5,424±1,729) kontrol grubundan daha düşük, Arda ve Ergene ortalamalarından daha yüksek olarak istatistiki anlamlı bir fark göstermektedir (TUKEY Testi; $P>0,05$).



Şekil 3.1. Kontrol grubu ve üç suyu içeren düzeneklerde yetiştirilen *A. cepa* kök uzunluklarını gösteren resim. Aşağıdan yukarı; Kontrol, Tunca, Arda, Ergene.



Şekil 3.2. Kontrol, Tunca, Arda ve Ergene (Soldan sağa) suyu içeren düzeneklerde yetiştirilen *A. cepa* kök uzunluklarını gösteren dörtlü grupların resmi.

Dört farklı deney grubuna ait soğan köklerinin ortalama sayıları (Çizelge 3.5) incelendiğinde Tunca grubunun en düşük, Ergene grubunun ise en yüksek ortalamaya sahip olduğu görülmektedir. Bu sayısal verilere Kruskal-Wallis Testi uygulandığında, soğan kök sayısı ortalamalarının dört grup arasında istatistiki olarak anlamlı bir farka sahip olmadığı (H=0,83; SD=3; P=0,842) ortaya çıkmaktadır. Böylece soğan kök sayısı genel ortalaması bu çalışmadaki soğanlar için 34 civarında ortaya çıkmıştır.

Çizelge 3.1. Arda Nehri'nden elde edilen su ile hazırlanan deney düzeneklerinde yetiştirilen soğan köklerinin uzunluklarını (cm) gösteren tanımlayıcı istatistik parametreleri (Genel toplam:297 adet kök).

Grup	N	AO	SH	SS	Med	Min	Max
Arda1	26	4,281	0,232	1,184	4,350	2,200	6,200
Arda2	25	5,768	0,404	2,022	5,600	2,300	9,100
Arda3	27	6,811	0,270	1,405	7,000	4,400	9,300
Arda4	27	4,911	0,274	1,426	5,000	2,500	7,500
Arda5	31	5,439	0,195	1,086	5,600	2,500	7,500
Arda6	47	3,849	0,139	0,894	4,000	2,500	5,700
Arda7	40	4,640	0,193	1,218	4,600	2,000	7,200
Arda8	52	3,136	0,077	0,559	3,100	2,000	4,500
Arda9	22	3,945	0,341	1,599	3,400	2,200	7,300

Çizelge 3.2. Tunca Nehri'nden elde edilen su ile hazırlanan deney düzeneklerinde yetiştirilen soğan köklerinin uzunluklarını (cm) gösteren tanımlayıcı istatistik parametreleri (Genel toplam:283 adet kök).

Grup	N	AO	SH	SS	Med	Min	Max
Tunca1	33	5,915	0,304	1,746	6,200	2,400	8,700
Tunca2	50	4,282	0,117	0,825	4,400	2,100	5,700
Tunca3	8	2,513	0,278	0,786	2,250	2,000	4,400
Tunca4	32	5,766	0,282	1,593	6,200	2,000	8,100
Tunca5	42	5,838	0,202	1,309	6,300	2,100	7,500
Tunca6	30	6,617	0,398	2,180	7,400	2,000	9,200
Tunca7	13	4,085	0,207	0,745	3,900	3,100	5,000

Tunca8	44	6,330	0,217	1,439	6,650	2,700	8,900
Tunca9	31	4,706	0,244	1,359	4,900	2,200	7,200

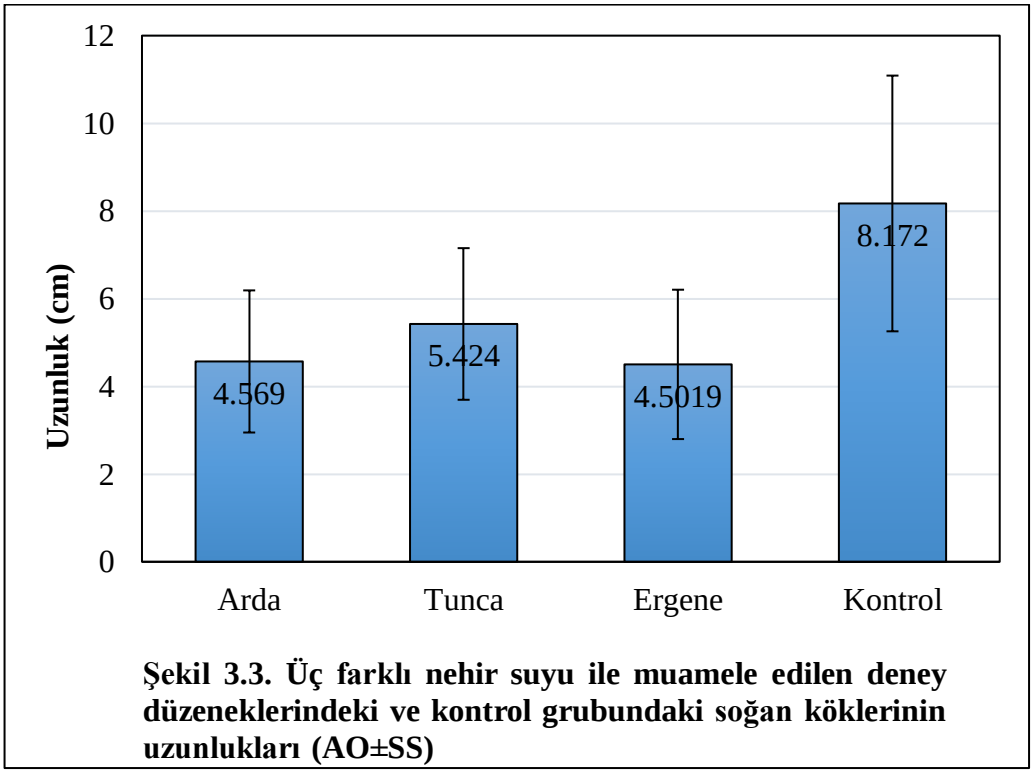
Çizelge 3.3. Ergene Nehri'nden elde elde edilen su ile hazırlanan deney düzeneklerinde yetiştirilen soğan köklerinin uzunluklarını (cm) gösteren tanımlayıcı istatistik parametreleri (Genel toplam:309 adet kök) .

Grup	N	AO	SH	SS	Med	Min	Max
Ergene1	19	2,716	0,151	0,659	2,600	2,000	4,000
Ergene2	65	4,912	0,218	1,761	4,900	2,000	8,200
Ergene3	51	5,357	0,227	1,621	5,500	2,000	7i700
Ergene4	46	4,117	0,134	0,908	4,300	2,100	6,900
Ergene5	37	3,173	0,121	0,734	3,200	2,100	4,700
Ergene6	21	3,652	0,226	1,035	3,700	2,000	5,600
Ergene7	43	5,612	0,297	1,945	6,000	2,800	8,900
Ergene8	27	4,526	0,316	1,640	4,500	2,200	7,500

Çizelge 3.4. Kontrol grubundaki düzeneklerde yetiştirilen soğan köklerinin uzunluklarını (cm) gösteren tanımlayıcı istatistik parametreleri (Genel toplam:364 adet kök) .

Grup	N	AO	SH	SS	Med	Min	Max
K1	31	5,203	0,194	1,083	5,100	3,500	7,200
K2	42	9,940	0,400	2,595	10,500	4,000	13,800
K3	31	10,500	0,634	3,529	12,000	3,000	14,500
K4	42	7,088	0,227	1,468	7,200	4,300	10,500
K5	35	6,549	0,279	1,653	7,000	3,000	9,000
K6	24	6,488	0,432	2,119	6,700	3,200	10,300

K7	66	6,459	0,159	1,294	6,700	3,200	8,500
K8	39	9,890	0,374	2,335	10,000	3,500	13,200
K9	27	10.233	0,438	2,277	10,900	4,200	12,700
K10	27	11,089	0,573	2,980	11,200	5,100	14,800



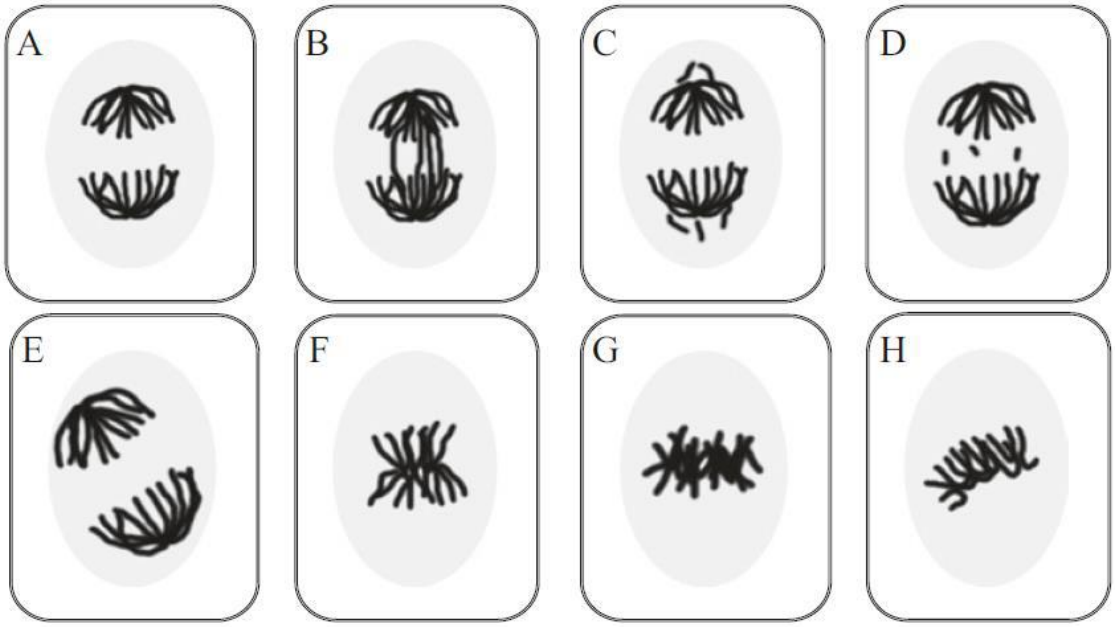
Şekil 3.3. Üç farklı nehir suyu ile muamele edilen deney düzeneklerindeki ve kontrol grubundaki soğan köklerinin uzunlukları (AO±SS)

Çizelge 3.5. Üç Farklı Nehir Suyundaki ve Kontrol Grubundaki Deney Düzeneklerinde Yetiştirilen Soğanların Kök Sayılarını Gösteren Tanımlayıcı İstatistik Parametreleri.

Grup	N	AO	SH	SS	Med
Arda	9	33,00	3,57	10,70	27,00
Tunca	9	31,44	4,58	13,73	32,00
Ergene	8	38,63	5,60	15,84	40,00
Kontrol	10	36,40	3,85	12,19	33,00

3.2. Arda, Tunca ve Ergene Nehirleri'nden Elde Edilen Su Örneklerinin Kullanıldığı Düzeneklerde Yetiştirilen *A. cepa* Kök Ucu Meristematik Hücrelerindeki Mitoz Bölünme ve CA Sayıları

Arda, Tunca ve Ergene sularını içeren deneysel düzeneklerde yetiştirilen *A. cepa* meristematik kök hücrelerinde görülen en yaygın başlıca CA çeşitlerini (Şekil 3.4) gruplandırmada Fiskesjö (1985) tanımları kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında saptanan bazı CA fotoğrafları da Şekil 3.5'de görülmektedir.



Şekil 3.4. *A. cepa* meristematik kök hücrelerinde mitoz esnasında rastlanan en yaygın CA çeşitleri; (A) Anafaz (normal), (B) Bridge, (C) Vagrant, (D) Fragmented, (E) Diagonal (F) Metafaz (normal), (G) Sticky, (H) C mitoz (Grana, 2018).

Şekilde 3.4.deki (Grana, 2018) bu CA çeşitleri (Fiskesjö, 1985) aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

Bridge (Kromozom köprüsü): Bazı kardeş kromatidlerin ayrılmadan yapışık kalması.

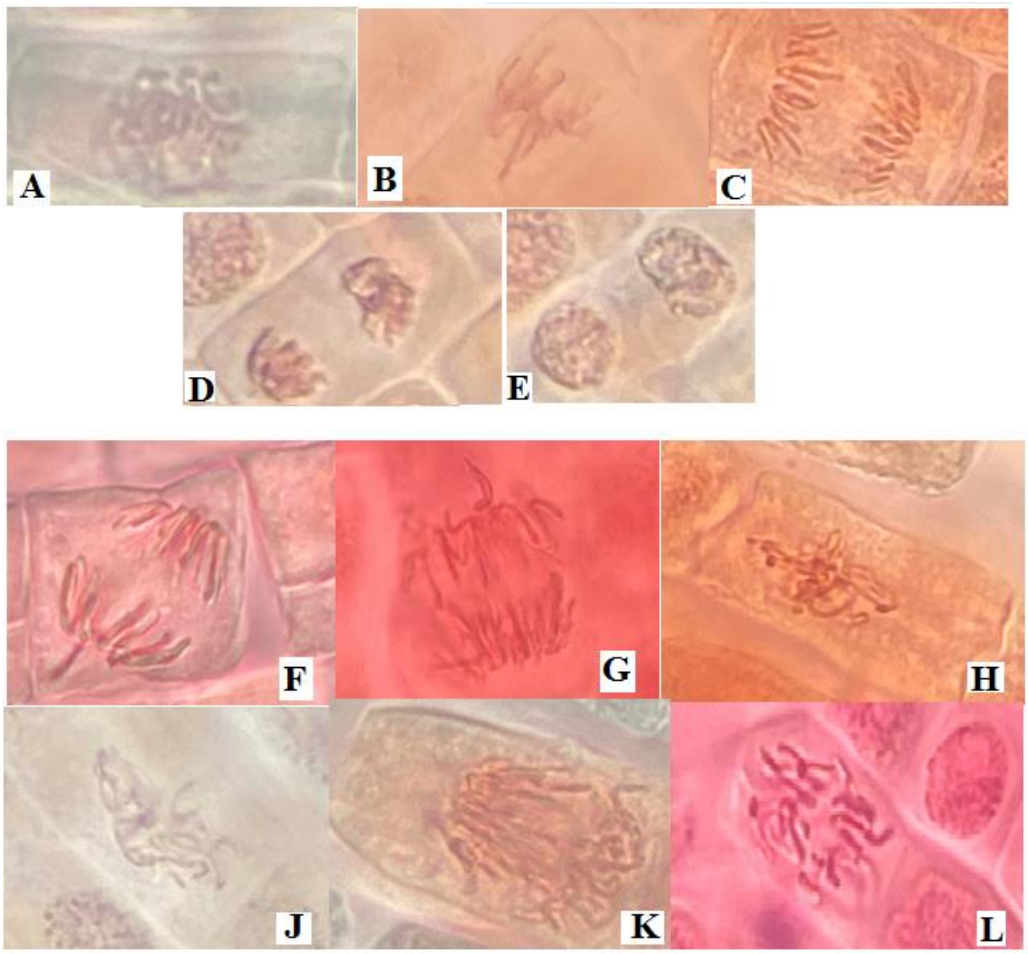
Vagrant (Dağınık kromozom): Anormal mikrotübül yapısı nedeniyle bazı kromozomların kutuplara hareket etmemesi.

Fragmented (Parçalı kromozomlar): Bazı kromozomların parçalanması.

Diagonal kutuplaşma: İğ iplikleri oluşum hatası nedeniyle kromozomların hücrede köşeli kutuplaşması.

Sticky (Yapmış kromozomlar): Bağımsız hareket özelliklerini yitiren bazı kromozomların birbirinden ayrılmadan yapışık gibi bir arada kalması.

C-Mitoz: Kolşisin ile muamele edilmiş gibi bazı kromozomların hücre plağında hareketsiz kalması.



Şekil 3.5. Üç farklı nehir suyu ile muamele edilen *A. cepa* meristematik kök hücrelerinde, normal profaz, metafaz, anafaz, telofaz (A, B, C, D) evreleri ve rastlanan bazı CA çeşitleri: (F) Diagonal anafaz ve vagrant. (G) Normal anafaz ve vagrant. (H) Sticky (J) Fragmented ve vagrant; (K) Bridge; (J) Vagrant ve fragmented.

Kontrol grubu, Arda, Tunca ve Ergene suyunun kullanıldığı düzeneklerde yetişen *A. cepa* meristematik kök hücrelerindeki ait mitoz bölünme (profaz+metafaz+anafaz+telofaz) ve CA sayıları ile ilgili bazı istatistik parametreler Çizelge 3.6'da verilmiştir. Tablodaki sayısal veriler ve Şekil 3.6 dikkatli incelendiğinde, Kontrol grubundaki hücrelerde mitoz sayı ortalamalarının diğer üç gruptan daha yüksektir. Arda grubu ortalaması ikinci olan yüksek değerdir. Daha sonra sırasıyla ortalamaları birbirlerine yakın olan Tunca ve Ergene grupları gelmektedir.

Kromozom aberrasyon sayılarına bakıldığında, kontrol grubunda sadece 8 soğanda toplam 44 aberrasyon kayıt edilmiştir. Yine Çizelge 3.6 ya göre, Kontrol grubu ve üç farklı nehir suyu ile muamele edilen soğan gruplarındaki hücrelerde kayıt edilen

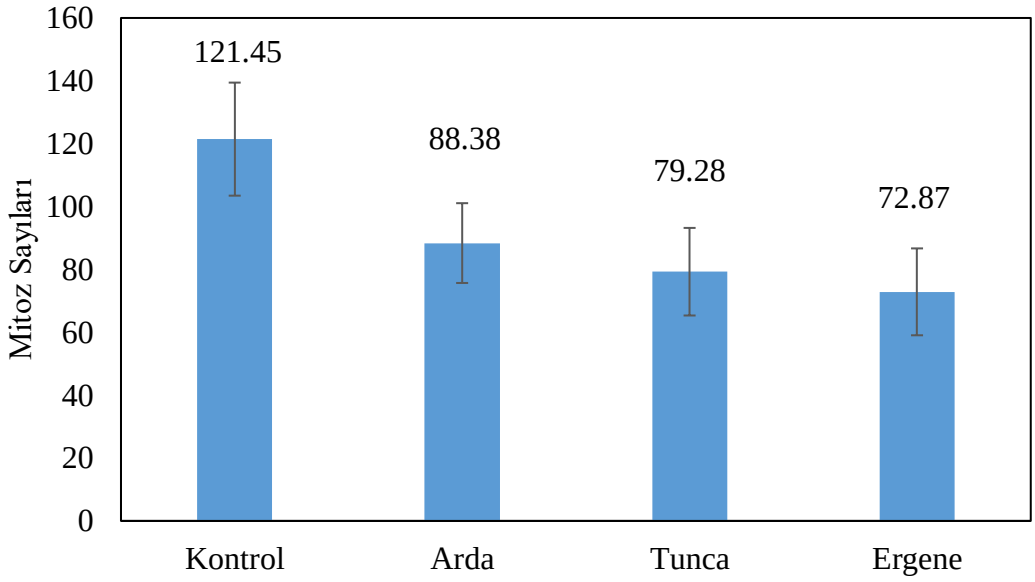
CA sayılarının tüm dört grup arasında farklılıklar gösterdiği ortaya çıkmaktadır. En yüksek CA ortalamasının Ergene grubunda olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla Tunca ve Arda grupları gelmektedir. En düşük CA ortalama sayısının Kontrol grubunda olduğu da net olarak görülmektedir (Şekil 3.7).

Çizelge 3.6'daki sayısal veriler kullanılarak dört gruba ait *A. cepa* meristematik kök hücrelerindeki aktif mitotik index (AMI %) ve aberrasyon oranları (CA%) istatistik olarak analiz edildiğinde (Abubacker & Sathya, 2017) Çizelge 3.7. ve Şekil 3.8 elde edilmektedir. İstatistik test sonuçlarına bakıldığında, Diğer üç gruba göre en yüksek AMI (%) değeri ortalamasına sahip kontrol grubunun bu farkının istatistiki olarak anlamlı olduğu ortaya çıkmaktadır. İkinci yüksek AMI (%) ortalamasına sahip Arda grubunun Tunca ve Ergene'den istatistiki olarak anlamlı bir fark taşıdığı görülmektedir. Birbirine yakın AMI (%) değerleri içeren Tunca ve Ergene grup ortalamaları istatistiki olarak anlamlı bir fark göstermemektedir.

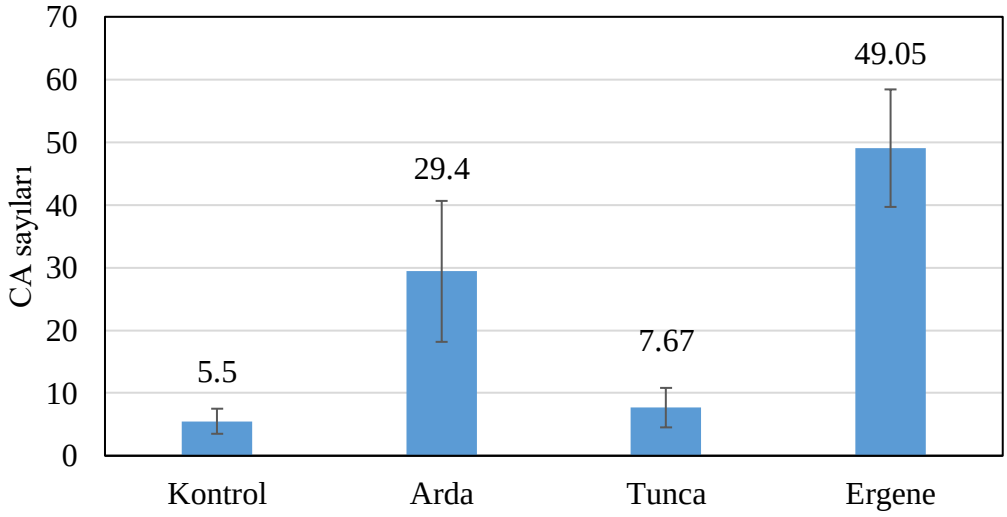
Kontrol grubu, Arda, Tunca ve Ergene grubundaki CA (%) ortalamaları istatistiki olarak karşılaştırıldığında (Çizelge 3.7), Ergene grubundaki CA (%) ortalamasının istatistiki olarak anlamlı seviyede diğer gruplardan yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3.8). İkinci sırada yer alan Arda grubu da Tunca ve Kontrol grubundan daha yüksek istatistiki anlamlı bir farka sahiptir. Tunca grubu, Kontrol grubundan daha yüksek bir ortalamaya sahip olsa da bu iki grup arasındaki CA (%) ortalamaları istatistiki olarak anlamlı bir farka sahip değildir.

Çizelge 3.6. Kontrol grubu, Arda, Tunca ve Ergene Nehirlerinden Alınan Suları İçeren Deney Düzeneklerinde Yetiştirilen Soğan Kök Hücrelerinde Kayıt Edilen Mitoz Bölünme ve Kromozom Aberasyon (CA) Sayıları ile İlgili İstatistik parametreler.

	Mitoz				CA			
	AO	SS	SE	Med	AO	SS	SE	Med
Kontrol	121,45	17,98	2,32	122,00	5,50	2,00	0,71	5,00
Arda	88,38	12,69	1,64	87,00	29.40	11,24	1,45	29,00
Tunca	79,28	13,93	1,80	78,50	7,67	3,15	0,40	7,00
Ergene	72,87	13,82	1,78	71,50	49,05	9,37	1,21	49,00



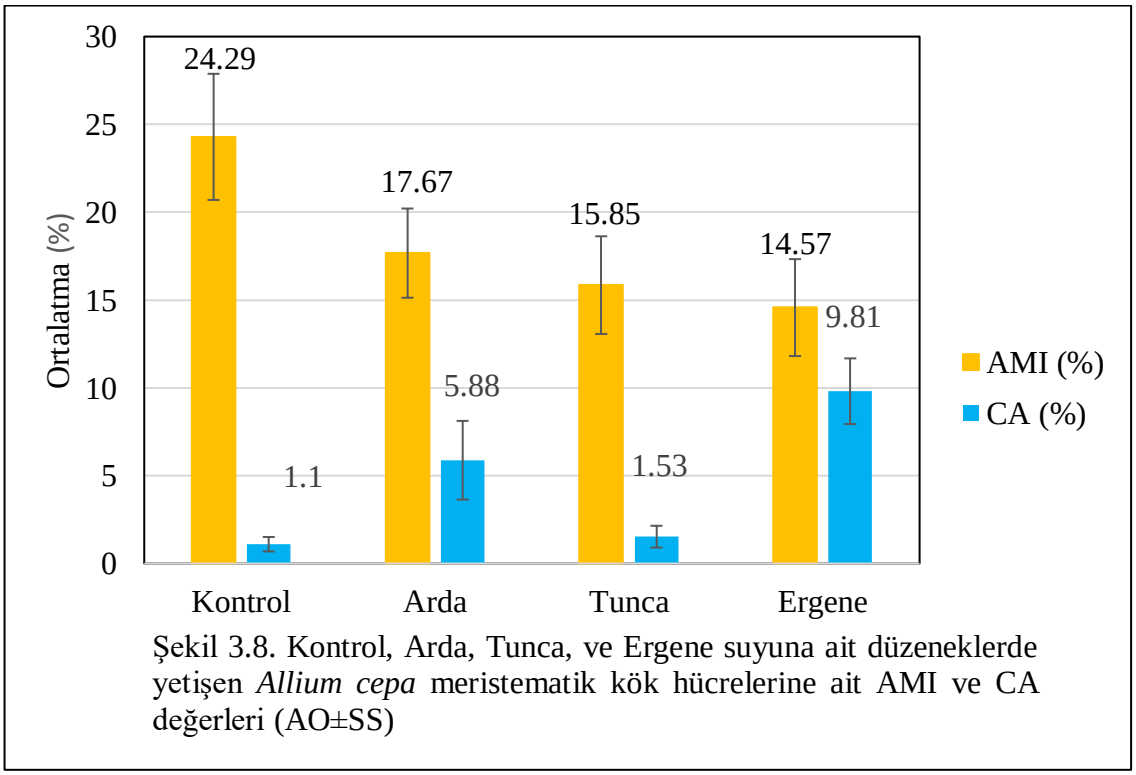
Şekil 3.6. Kontrol grubu ve üç farklı nehir suyu içeren düzeneklerde yetiştirilen soğan kök ucu meristematik hücrelerindeki mitoz bölünme sayıları (AO±SS)



Şekil 3.7. Kontrol grubu ve üç farklı nehir suyu içeren düzneklerde yetişen soğan kök ucu meristematik hücrelerindeki CA sayıları (AO+SS)

Çizelge 3.7. Kontrol grubu ve üç farklı nehir suyu içeren deney düzeneklerinde yetişen soğan meristematik kök hücrelerindeki AMI % (Aktif Mitotik Indeks) ve CA % (Kromozom Aberasyon) değerlerini gösteren istatistik parametreler. Değişik harfle belirtilen gruplar istatistiki olarak anlamlı farka sahiptir.

Grup	AMI (%)			CA (%)		
	F=128,79;P<0,001			F=256,95; P<0001		
	AO	SS	test	AO	SS	test
Kontrol	24,29	3,59	A	1,10	0,40	A
Arda	17,67	2,54	B	5,88	2,24	B
Tunca	15,85	2,78	C	1,53	0,62	A
Ergene	14,57	2,76	C	9,81	1,87	C



Şekil 3.8. Kontrol, Arda, Tunca, ve Ergene suyuna ait düzeneklerde yetişen *Allium cepa* meristematik kök hücrelerine ait AMI ve CA değerleri (AO±SS)

BÖLÜM 4

SONUÇ ve TARTIŞMA

4.1. Üç Farklı Nehir Suyunun Kök Uzunluğu ve Kök Sayısı Üzerine Olan Etkisi

Arda, Tunca ve Ergene nehir sularının toksik etkilerini araştırmak için gerçekleştirilen bu tez çalışması ile *A. cepa*'nın, güvenilir bir çevresel kirlilik bioindikatörü olduğu bir kez daha ispat edilmiştir. Çünkü her üç nehir suyu ile muamele edilen *A. cepa* meristematik kök hücrelerinde bu suların kirli içeriği dolayısıyla toksik etkiler ortaya çıkmıştır. Bu kirli suların içerisindeki zararlı toksik maddelerin kök hücrelerinde mitoz bölünmeyi inhibe ederek kök hücrelerinin normal büyüme süreçlerini engellediği saptanmıştır. Nehir suyu içeren düzeneklerde yetiştirilen soğanların kökleri, temiz içme suyu içeren kontrol grubu düzeneklerde yetiştirilen soğanların ortalama uzunluklarından istatistiki olarak anlamlı şekilde kısa kalmıştır. Kök uzunluklarıyla bağlantılı olarak, nehir suları ile muamele edilen düzeneklerde yetişen soğanların meristematik kök hücrelerinde AMI değerleri de kontrol grubuna göre oldukça düşük seviyelerde kalmıştır. Diğer taraftan, hücrelerde saptanan yüksek CA değerleri de nehir suları içerisindeki zararlı toksik maddelerin mutajenik etki gösterdiğini olarak ortaya çıkarmıştır. Tüm bu sonuçlar, bu üç nehir suyundaki varlığı daha önceki birçok çalışmada (Aytaş vd., 2014; Bekoğlu Yılmaz, 2013, Divrik vd., 2020; Kanev, Özdemir & Gökalp, 2017; Kostadinova vd., 2013; Sakcali vd., 2019; Tokatlı, 2019) belirlenen atık toksik maddelerin canlı hücrelere zarar verebilecek seviyelerde olduğunu doğrulamaktadır.

Allium cepa'nın toksikoloji çalışmalarında güvenle kullanılabileceğinin gösterilmesinden sonra (Levan, 1938) bu bitki ile yapılan çevresel kirlilik araştırmalarının

öncüsü sayılabilecek Fiskesjö (1985), yaptığı deneylerde farklı kimyasalların soğan köklerinin uzamasını inhibe ettiğini göstermiştir. Bu tez çalışmadaki sonuçlara benzer

olarak, endüstriyel ve kentsel kirlenme etkisi altında olan Slovenya'daki Drava nehrinden suların kullanıldığı *A. cepa* testinde (Smaka-Kincl, Stegnar, Lovka & Toman, 1996) kontrol grubuna göre köklerin kısa kalması, nehir sularındaki toksik maddelerin kök gelişimine olan zararlı etkisini kanıtlamıştır. Sri Lanka'da endüstriyel, kentsel ve tarımsal kirleticilerin karıştığı Danguga akarsuyunun sedimentlerini içeren düzeneklerde yetiştirilen *A. cepa* kök gelişimi, toksik maddeye maruz bırakılma süresine bağlı olarak oldukça baskılanmıştır (Wijeyaratne & Wadasinghe, 2019). Yine aynı ülkede *Oreochromis niloticus*'ta comet testi ile *A. cepa* testinin aynı anda yürütüldüğü araştırmada (Hemachandra & Pathiratne, 2016), tekstil fabrikalarının atıklarıyla kirlenen Kelani Nehir sularının, *A. cepa* kök gelişimini önlediği ispat edilmiştir. Birçok çeşitte atık kirleticilere maruz kaldığı bilinen Brezilya'daki Corrente Nehir sularıyla yapılan *A. cepa* testinde (Batista vd., 2019), yağışlı ve yağışsız mevsimlerdeki ağır metal kirleticilerinin sudaki yoğunluğuna bağlı olarak *A. cepa* kök uzunluklarında varyasyonlar saptanmıştır. Nijerya'da bazı endüstriyel atık sular kullanılarak yapılan laboratuvar deneylerinde (Olorunfemi, Ogieseri & Akinboro, 2011), sularda yüksek seviyede saptanan Cd, Ni, Pb, gibi ağır metallerin *A. cepa*' da kök gelişimini engellediği ayrıca köklerde ciddi yapısal ve morfolojik bozukluklara yol açtığı gözlenmiştir. Filipinlerde, maden çıkarma alanlarındaki sularda bulunan toksik atık maddelerin *A. cepa* köklerinin büyümesini engellediği bildirilmiştir (Cabuga vd., 2017). *A. cepa* ile yürütülen bir laboratuvar çalışmasında (Qin, Jiao, Zhang, Jiang, & Liu, 2010), yüksek konsantrasyonlarda ve uygulama süresine bağlı olarak aliminyum'un kök gelişimini baskıladığı gösterilmiştir. Diğer bir ekolojik çalışmada, (Fusconi vd.,2007) kadmiumun düşük konsantrasyonlarında bile *Pisum sativum* köklerinin gelişmesini inhibe eden önemli bir toksik kirletici olduğu saptanmıştır.

İlginç olarak, Farizan ve ekibi (2021)'nin Malezya'daki bazı nehir suları ile yaptıkları deneylerde, suların kromozom aberasyonlarına neden olmasına rağmen, *A. cepa* kök uzunluk ortalamalarının kontrol grubundan farklılık göstermediğini bildirmiştir. Wierzbicka (1987), *A. cepa* ile yaptığı çalışmada, soğanlarda yapılan bazı mekanik

etkilerin (delik delme, üst kısmı kesme, dış kabuk çıkarma vb.) soğan kök uzamasını genelde etkilemediğini, tersine bu çeşit mekanik etkilerin kök büyümesini uyardığını göstermiştir. Ancak Arda, Tunca ve Ergene nehir sularıyla yürütülen bu tez

çalışmasındaki bulgulardan da net bir şekilde anlaşılacağı üzere,, canlı hücrelere zararlı olduğu bilinen atık maddelerin (ağır metal, pestisid, kentsel atıklar vb.) laboratuvar çalışmalarıyla test edildiği, büyük bir sayı oluşturan bilimsel çalışmaların hemen hepsinde de (Badr, vd., 2021; Iqbal, 2016; Kaur vd., 2019; Leme & Marin-Morales, 2009; Vujošević, Anđelković, Savić & Blagojević, 2008) *A.cepa* kök uzamasının toksik maddeler nedeniyle inhibe edildiği açıkça gösterilmiştir. Bu çalışma sonucunda üç farklı nehir suyu içeren düzeneklerdeki soğanların kök uzunluk ortalamaları kontrol grubuna göre neredeyse yarı yarıya daha kısa kalmıştır. Bu sonuçlar da, bu nehir sularına karışan atıkların, bu nehirlerin kendi ekosistemlerindeki ve yakınlarından geçtikleri diğer ekosistemlerdeki canlıların ne derece ciddi riskler altında olduğunu vurgulamaktadır. Bu nehirlerin taşıdığı atık suların, ağır metaller, radyoaktivite ile diğer makro ve mikro elementleri (Aytaş vd., 2014; Divrik vd., 2020; Kanev, Özdemir & Gökalp, 2017; Kostadinova vd., 2013; Sakcali vd., 2019; Tokatlı, 2019) bazı yerlerde, artan seviyelerde içerdiği bilinmektedir. Dolayısıyla çeşitli toksik maddeleri taşıdığı bilinen bu çalışmadaki üç nehir suyunun *A. cepa* kök büyümesini baskılaması, *A. cepa* kök uzunluğundaki varyasyonlarının toksikolojik çalışmalarda güvenli bir bio-indikatör olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Çünkü toksik madde varlığı ve miktarına bağlı olarak mitoz bölünme, dolayısıyla kök gelişimi baskılanarak kökler büyüyememektedir.

Değişik kirletici maddelere maruz kalmış su örneklerinin (Cabuga vd., 2017; Firbas & Amon, 2013; Vujošević vd., 2008) analiz edildiği araştırmalardan başka, bazı pestisidlerin etkisiyle (Ogeleka, Okieimen, Ekpudi & Tudararo-Aherobo, 2016) de *A.cepa* kök uzunluklarını bu çalışmadaki ortalamalara yakın çıktığı bulunmuş, böylece toksik maddelerin kök uzamasını engellediği kanıtlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin istatistik analiz sonuçları da, kirli suların soğan kök hücrelerinde sitotoksik etki göstererek mitoz bölünmeyi baskıladığını ortaya çıkarmaktadır. Böylece benzer çalışmalardaki gibi, bu çalışma da aquatik ekosistemlere bulaşmış toksik maddelerin canlı hücrelerdeki potansiyel etkilerinin saptanmasında, kök uzunluğu

oldukça yararlı bir biyolojik parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü kök uzunluğundaki varyasyonlar, büyüme sırasında farklılaşan kökün apikal aktivitesinde fiziksel ve kimyasal dış etkenlerin baskılanması sonucu meydana gelen değişimleri açığa çıkarmaktadır (Fusconi vd., 2007;). Diğer taraftan bitki kökleri çevresel değişimlere oldukça hassas olup (Badr, vd., 2021), etrafa bulaşmış olan kirleticilerin bitkinin diğer hücrelerine ulaşmadan önce ilk temas noktalarından birisidir.

A. cepa'nın model test organizması olarak kullanıldığı bazı toksikoloji çalışmalarında, ortalama kök sayısının (Fatma, Verma, Kamal, A. & Srivastava, 2018; Sreeranjini & Siril, 2011) da uygulanan maddeye göre farklılık gösterdiği ilginç bir sonuç olarak gösterilmiştir. Bazı ağır metallerin *A.cepa* üzerindeki toksik etkilerinin araştırıldığı öncü çalışmalardan birinde (Wierzbicka & Antosievicz, 1988), kök sayısı ve kök uzunluğunun, soğan büyüklüğü ile ilişkili olmadığı ayrıca mitotik indeks ile kök uzunluklarının da korrelasyon göstermediği saptamıştır. Bu tez çalışmasındaki deney sonuçlarına göre, kontrol grubu ve farklı üç nehir suları içeren düzeneklerde yetişen *A. cepa* kök ortalama sayılarında istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Fiskesjö (1985)'in çalışmasında ve daha önceki çalışmaların birçoğunda *A. cepa* kök ortalama sayılarının varyasyonuyla ilgili bir tartışılabilecek bir görüş ortaya çıkmamaktadır. Soğan kök sayılarının istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermemesi, bu karakterin bir genetik özellik olabileceğini işaret etmektedir. Fakat unutulmamalıdır ki, deneysel laboratuvar çalışmalarında, aynı kültürden elde edilmiş soğan örneklerinin kullanılması genetik açıdan ve deneylerin güvenirliği açısından önem taşımaktadır. Bu tez çalışmasında kullanılmış olan *A. cepa* örnekleri aynı popülasyondan elde edilmiştir. Buna bağlı olarak aynı genetik kökenden geldiği bilinen soğanların kök ortalama sayılarını istatistiki olarak anlamlı bir fark göstermemesi sürpriz bir sonuç değildir. Böylece, bu tez çalışması bu açıdan da, gelecekte farklı popülasyonlardan genetik köken almış soğan çeşitleri veya soğan türlerine ait kök sayılarının araştırılabileceği başka çalışmaların ilginç sonuçlar ortaya çıkarabileceğini göstermiştir.

4.2. Üç Farklı Nehir Suyunun Aktif Mitotik İndeks (AMI) ve Kromozom (CA) Aberasyonlarına Olan Etkisi

Bu tez çalışması sonuçlarına göre Arda, Tunca ve Ergene nehirlerinden elde edilen suların kullanıldığı düzeneklerde yetiştirilen soğanların, kontrol grubuna göre daha kısa kalması ayrıca düşük AMI ve yüksek CA seviyeleri, net olarak suların içerisindeki toksik maddelerin riskli seviyelerde olduğunu kanıtlamaktadır. Bu çalışma verilerine göre ilginç olarak ortaya çıkan bir sonuç, kök uzunluk ortalamalarında Arda ve Ergene düzeneklerinde istatistiki olarak anlamlı bir fark ortaya çıkmamasıdır. Arda deney düzeneklerinde elde edilen AMI değerlerinin birbirinden anlamlı bir fark göstermeyen Tunca ve Ergene'den yüksektir. Buna karşın en yüksek CA değerleri Ergene deney düzeneklerinde ortaya çıkmıştır. Bu durum Ergene nehir sularının diğer iki nehirden daha yüksek seviyede mutagenik maddeler taşıdığını vurgulamaktadır. Bunun başlıca nedeni Ergene Nehri'nin, Arda ve Tunca nehirlerine göre daha yoğun miktarda endüstriyel kirlenme göstermesidir. Ergene Nehri gibi çevresindeki birçok fabrikalar nedeniyle endüstriyel kirlenme gösteren benzer akarsularla yapılan araştırmalar (Iqbal, 2016; Leme & Marin-Morales, 2009), bu sularda yüksek miktarlarda saptanan Pb, Zn, Co, Cd and Cu gibi ağır metallerin CA düzeylerini arttıran önemli mutagenler olduğu gösterilmiştir. Dolayısıyla toksikoloji çalışmalarında saptanan CA düzeyleri, kanserojen ve mutajenik toksik maddelerin klastogenik ve anagenik etkilerini göstermede kullanılan önemli bir parametre olarak kendisini göstermektedir (Bolle, Mastrangelo, Tucci & Evandri, 2004; Carita & Marin-Morales, 2008; Chauhan & Gupta, 2005; Leme & Marin-Morales, 2009; Matsumoto vd., 2006; Tedesco & Laughinghouse, 2012). Kaynak yeri olan Istranca Dağlarından tertemiz çıkıp henüz birkaç km ilerledikten hemen sonra Istranca eteklerinde birçok maden ocakları atıklarıyla boğulmaya başlayan Ergene Nehrinin, özellikle tekstil fabrikaları ve diğer birçok endüstriyel fabrikaların yer aldığı Çerkezköy ve Çorlu civarında neredeyse ölümünün gerçekleştiğini söyleyebileceğimiz düzeyde kirlenmeye uğramaktadır. Yine Istranca ormanlarını da perişan eden iki çimento fabrikasının atıklarını ve daha sonra Lüleburgaz, Hayrabolu, Pehivanköy civarındaki birçok dereleri de bünyesine alarak ilerleyen Ergene Nehri, Enez'de Saros Körfezine ulaşmadan 50 km önce Meriç Nehri ile birleşmektedir. Belirtilen tüm bu bölümlerde kentsel ve endüstriyel kirlenmeden başka, tarımsal alanlardan karışan pestisidler de Ergene ekosistemini harap eden diğer mutajenik bir kirlenme etkenidir. Mevcut durumda, suyunda belki bakteriden

başka canlı olduğunu söylemenin güç olduğu Ergene'de geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda nehirde saptanmış olan (Divrik, Kırgız, Arslan, Çamur-Elipek, & Güher, 2008.) canlıların bu nehrin zaman içerisinde nasıl zehirlendiği hakkında bir fikir vermektedir.

Bu çalışma sonuçlarına göre Tunca Nehri'ne ait düzeneklerde yetiştirilen *A. cepa* kök uzunluğu ortalaması ve CA değerleri Arda ve Ergene'den düşük çıkması Tunca Nehri'nin diğer iki nehre göre daha düşük seviyede mutajenik etkili atık maddeler içerdiğini vurgulamaktadır. Bulgaristan'da Balkanlar'dan doğan Tunca Nehri civardaki birçok derelerden beslenerek Bulgaristan ve Türkiye sınırını oluşturduktan sonra Edirne'de Meriç Nehri'ne karışır. Bulgaristan'da nispeten az endüstriyel kirlenmeye uğradığı ifade edilen Tunca, daha çok içerisinden geçtiği yerleşim yerlerinden evsel atıklarla kirlenir. Aynı zamanda Bulgaristan'da elektrik, sulama, balıkçılık ve içme suyu amaçlı kullanılan iki adet barajı besler (Kenderov vd., 2014). Tunca'nın en yoğun olarak Türkiye'ye yakın kısımlarında amonyum ve nitratlar gibi organik kirleticilere maruz kaldığı belirtilmektedir (Kostadinova vd., 2013; Paskalev, 2022). Sadece 13 km'lik bir kısmı Türkiye'de yer alan Tunca'nın çoğunlukla evsel ve tarımsal kirleticilere maruz kaldığı söylenebilir. Yakın geçmişteki bazı flora ve faunistik çalışmalar (Çamur-Elipek, Arslan, Kırgız & Öterler, 2006. Güher & Demir, 2018; Kenderov vd., 2014; Mihaylova & Kostadinova, 2012) Tunca'nın hala canlı bir ekosistem örneği olduğunu işaret etmektedir.

Arda Nehir suyu düzeneklerinde CA değerleri, kontrol grubu ve Tunca'dan yüksek ancak Ergene'den de oldukça düşüktür. Bu çalışmada örnek alınan yere göre, Arda Nehri'nin de mutagenik toksik maddeler bakımından kirli seviyelerde olduğunu söylemek mümkündür. Bulgarsitan'da oldukça fazla kentsel alandan geçmesi nedeniyle Arda Nehri'nin yoğun bir evsel atık su ve nispeten Tunca'dan daha fazla endüstriyel atık su aldığını söylemek mümkündür. Üzerinde elektrik ve sulama amaçlı kullanılan dört baraj yer almaktadır (Negm vd., 2020). Arda Nehri'nin Bulgaristan'da belli kesimlerde yoğunlukla madencilik ve diğer metal fabrikaları tarafından kirletildiği belirtilmektedir (Paskalev, 2022). Birçok dere ile beslenen Arda Nehri'nin birçok kolunun nispeten temiz olduğu bilinmektedir. Arda Nehri'nin daha çok Yunanistan sınırında yer alan Smolyan

bölgesindeki özellikle kurşun, çinko ve diğer madenler ile bunları işleyen metal ve makine endüstri tesislerinin atıklarıya kirletildiği bilinmektedir Arda ve Tunca nehirlerinin pestisid kirlenmesi açasından riskli olmadığı da bildirilmektedir.

En yüksek CA değeri içeren Ergene ve en düşük CA değeri içeren Tunca arasında AMI değerleri istatistiki olarak anlamlı fark göstermemiştir. Yine bu ikisinden yüksek AMI değeri içeren Arda'nın CA değeri Ergene'den yüksektir. Bu varyasyonları etkileyen birinci nokta, bu nehirlerin içerdiği toksik maddelerin konsantrasyonları ile ilgili olabilir. Çünkü toksik maddelerin konsantrasyon ve etki sürelerine paralel olarak kök hücrelerindeki AMI değerleri varyasyon gösterebilmektedir (Vazhangat & Thoppil, 2016). İkinci olarak da, sitotoksik etki yapan bir maddenin aynı zamanda genotoksik etkili de olacağı her zaman söylenemez. Çünkü genotoksik etki DNA hasarı ve CA değerleri ile ilgili olabilir. Sitotoksik etki ise DNA replikasyonu ve mitozun baskılanması sonucu, AMI değerleri ile yani hücre büyümesi ve letalite ile ilgili olabilir (Bianchi, Espindola, & Marin-Morales, 2011; Chandra vd., 2005; El-Shahaby, Abdel, Soliman, & Mashaly, 2003; Francisko vd. 2017; Iqbal, 2016).

Bu çalışma sonuçlarına göre üç nehir suyunun içerdiği düzeneklerin hepsinde de kontrol grubuna göre AMI düşük değerlerde çıkmıştır. AMI değerleri bir hücre döngüsünde bölünme halindeki hücrelerin sayısı ile karakterize edilmektedir. Yapılan deneylerde ortaya çıkan düşük AMI değerleri kirli suların içerisindeki atık maddelerin sitoksik etkilerini kanıtlamaktadır. Bu sitotksik etkiler nedeniyle hücrelerin çoğalması baskılanmakta ve dokunun büyümesi engellenmektedir (Fernandes, Mazzeo & Marin-Morales, 2007; Leme & Morales, 2009; Leme, Angelis, & Marin-Morales, 2008; Matsumoto vd., 2006).

Deney sonuçlarına göre her üç nehirde de ortaya çıkan yüksek CA değerleri bu kirli suların içeriklerinde normal seviyelerin üzerinde yer aldığı tahmin edilen atık maddelerin genotoksik etkisine bağlanabilir. Yüksek CA değerleri, kromozomların yapısında ve toplam sayısında kendiliğinden veya zararlı kimyasal maddelerin etkisiyle meydana gelen genetik değişimler ile karakterize edilmektedir. Yüksek CA değerleriyle beraber, diğer nüklear anormallikler örneğin mikronükleus (Grover & Kaur, 1999; Kwasniewska & Bara, 2022; Ma vd., 1995), kardeş kromatid değişimi (Badr, vd., 2021)

vb. nüklear bozukluk (Carita & Marin-Morales, 2008; Fernandez vd., 2007; Migid, Azab & Ibrahim, 2007) düzeyleri birçok çalışmada toksik çevresel kimyasal kirleticilerin ve gıda katkı maddelerinin mutagenik, kanserojen ve diğer potansiyel zararlarını saptayabilen ölçüler olarak ortaya çıkmaktadır. Bütün araştırmalarda toksik maddelerin DNA sentezini inhibe ettiği (Badr, vd., 2021; Fusconi, Gallo & Camusso, 2007; Iqbal, 2016), anafaz ve interfazda kromatin yapısında bozulmalara neden olduğu (Njagi & Gopalan, 1982; Sasaki vd., 2002), DNA hasarına neden olduğu ve DNA replikasyonunu da engelleyerek (Albertini vd., 2000) mitotik indeksin düşük çıkmasında (Fernandes vd., 2007; Seth, Misra, Chauhan & Singh, 2008; Smaka-Kincl vd., 1996) rol oynadığı gerçeği doğrulanmıştır. Toksik madde yoğunluğuna ve etksine maruz kalma derecesine bağlı olarak da insanda bazı enzimleri inhibe ederek metabolik reaksiyonları bloke ettiği, böylece değişik hastalıkların ortaya çıkmasında rol oynayabileceği ispat edilmiştir. Zararlı kimyasal maddeler, pestisidler, vb. kirlerticilerle yapılan invivo ve invitro deneysel çalışmalarda, atık toksik maddelerin hücrelerde sitotoksik etkili olduğu, birçok metabolik bozukluklara ve genotoksiteye neden olarak kanserojen etki gösterebildiği de kanıtlamıştır (Albertini vd., 2000). Böylece birçok benzer çalışmada olduğu gibi (Awe, & Akpan, 2017; Abubacker & Sathya, 2017, Kaur vd., 2019; Leme & Marin-Morales, 2009; Martins vd., 2016; Tedesco & Laughinghouse, 2012) bu çalışma da da *Allium* spp.. sitotoksite ve genotoksite araştırmalarında güvenle kullanılabilen bir model organizma olmuştur.

GENEL SONUÇ

Günümüzde, Ergene Nehri kaynağının beton bir rezervuar ile doğuş noktasında hapsedildiğini söylemek yanlış olmaz. Çünkü ilk çıktığı yerde, su rezervuarı olarak modifiye edilmiş olan su kaynağı buradan çevredeki yerleşim yerlerine aktarılmaktadır. Dolan rezervuardan ve etraftan çıkan fazla su, zamana bağlı olarak yağmur suları ile ancak küçük bir dere olarak varlığını sürdürebilmektedir. Bugün Ergene olarak bilinen akarsu, kent merkezlerinden çıkan atık su taşıyan dere olarak devam etmekte ve etraftaki diğer dereler ile birleşerek büyümektedir. (Ek, 1-4). Ergene"nin kaynağı ve Uzunköprü'ye kadar kirlenme rotası). Ergene'ye karışan diğer dere ve akarsularda da

durum aynıdır. Kısaca, Istranca'lardan kaynak alan birçok küçük ve orta büyüklükteki dereler hemen yakınlarındaki yerleşim yerlerinden önce, beton rezervuarlara çevrilerek, akan sular yerleşim yerlerinin evsel ihtiyaç suyu olarak kullanılmaktadır. Birçoğu da endüstriyel tesislere su kaynağı sağlamaktadır. Daha sonra Ergene'ye karışan suların büyük çoğunluğu, esas olarak yerleşim yerlerinden ve tesislerden çıkan kullanılmış atık sulardan oluşmaktadır. Daha büyük dereler ise küçük rezervuar ya da baraj halinde yine kentsel kullanım için kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu akarsuların da denizle birleştiği yerlerde birçok canlı için önem taşıyan delta ekosistemleri de engellenerek tahrip olmaktadır.

Laboratuvar ortamında in-vivo olarak *A. cepa* meristematik hücreleri üzerinde yapılan bu toksikoloji çalışmasında, Arda, Tunca ve Ergene nehirlerinden alınan suların kirli olduğu, bu nedenle canlı hücrelerde toksik etki yaptığı elde edilen sayısal verilerin istatistiki analiziyle kanıtlanmıştır. Bu nedenle çalışma, Trakya'daki kirli nehir sularının insan sağlığına ve diğer canlılara olan zararlı etkilerini laboratuvar ortamında *A.cepa* ile test ederek gözleyebilme açısından ilk olma niteliğindedir. Daha önce Trakya'da *A. cepa* ile su kirliliği ve suyun bazı parametreleri sadece iki çalışma ile Ergene Nehri'nde incelenmiş ve bu nehrin sularının sitotoksik ve genotoksik olduğu gösterilmiştir (Bekoğlu Yılmaz, 2013, Kanev, Özdemir & Gökalp, 2017). AMES testinin kullanıldığı bir yüksek lisans tez çalışmasında ise (Soylu, 2012) Arda, Tunca, Meriç ve Ergene nehirlerinin bazı örnek sedimentleri ile Ergene suyu ve Ergene suyu ile sulanan bazı çeltik tarlalarının sedimentlerinde bakterial mutagenite saptanmıştır. Arda, Meriç ve Tunca sularının ise mutagenite içermediği bildirilmiştir. Egene suyunun insan sağlığı açısından zararlarının somut olarak gösterildiği dikkate değer bir çalışma Yolal (2014) tarafından yapılmıştır. Araştırmada Ergene civarı ve Trakya'nın diğer yeri kısımlardan kanserli hastaların vücutlarında saptanan kanserojen Cd ve Pb ağır metallerin (Udiba vd., 2015) anlamlı yüksekliği tüm olgularda gözlenmiştir. Bölgede Ergene Nehir suyu ve diğer nehirlerle sulanan tarımsal ürünlerde yoğun bulunan ağır metallerin besin zinciri ile geçtiği gerçeği (McLaughlin vd., 2020) bölgedeki tüm popülasyonun karşı karşıya olduğu ciddi bir çevresel kirlenme sorunu olduğu vurgulanmıştır.

Trakya'da çevresel kirlenme sonucu etrafa bulaşan toksik maddelerin, direk etkilerini veya etrafta yetişen ürünler ile besin zinciri vasıtasıyla eksistemlerde, bulaştığı canlılar üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan toksikoloji araştırmalarının

oldukça sınırlı sayıda olduğu ortaya çıkmaktadır. Yapılan çalışmaların çoğu Ergene ve Meriç nehir kirliliğinin zararlı etkileri olduğunu teorik bilgilerle tanımlamaya çalışan, deneysel verilere dayanmayan, yayınlardır. Bu yayınların içerisinde, yeterli uzman kişilerin yer almadığı ve yeterince uygulamalı arazi araştırmaları içermeyen, zaman ve ekonomik açıdan sadece israf kabul edilebilecek bazı projeler de yer almaktadır. Belirtilen yayınların birçoğunda ilginç olan, somut çözüm ve öneriler yerine bu nehirlerin bugün içerisinde ne kadar canlı organizmanın var olduğu bile tartışılabilir olan Ergene'nin içerdiği toksik maddelerin hala normal seviyelerde olduğunun iddia edilmesi muğlaklığıdır. Bütün bunlar dikkate alındığında, herhangi detaylı bir çalışmaya gereksinim olmadan bile insan baskısı altındaki bu ekosistemlerin çıplak gözle gözlenmesi, kirlenmenin sadece akuatik ortamda değil karasal ekosistemlerde de ne derece vahim olduğunu görebilmek zor değildir. Örneğin, yakın zamanda Istranca Ormanları'nın kalbinde, Vize ovasındaki önemli su kaynaklarından biri olan "Karpuız Kaldıran Suyu" ve diğer su kaynaklarının yakınında yapılan çimento fabrikası ve ormanların eteklerinde boylu boyunca yer alan çok sayıdaki maden ocaklarının doğa tahribatına karşı olan duyarsızlık dikkate değerdir (Ek. 5-13).

Sonuç olarak, tüm dünyanın sorunu olan hızlı nüfus artışı ve küresel ısınma çok çeşitli canlıların yaşadığı habitatların yok olmasına, akuatik ve karasal ekosistemlerin yoğun bir şekilde toksik maddelerle kirlenerek ciddi şekilde tahribata uğramasına neden olmaktadır. Böylece her geçen gün artarak fakirleşen biyoçeşitlilik, tüm canlı türleri ve insanın sağlıklı geleceğininim ne derecede tehlikede olduğunun sinyallerini vermektedir. Oldukça yüksek sayıda sayı ve çeşitlikteki bilimsel araştırmalardan üretilen yayınlarda, çevresel problemler ve insan sağlığının geleceği için alınması gereken önlemler sürekli irdelenmektedir. Ancak, insanın sağlıklı geleceği için yapılması gereken en önemli noktanın eğitim olduğu herkes tarafından bilinmesi gereken bir gerçektir. Ancak bu eğitimin temeli, insanın yaşadığı çevredeki diğer insanların ve gelecek nesillerin de sağlıklı bir ortamda yaşama hakkına sahip olduğu bilincinin hızla yayılmasındadır. Bu hız da, bu kavram üzerine gösterilecek ciddi hassasiyete sahip, saygı ve sevgi düzeyine ulaşmanın evrenselliğinde yer almaktadır.

Arda Tunca ve Ergene nehirlerinden alınan su örneklerinin toksik etkilerinin araştırıldığı bu tez çalışmasının istatistiki olarak değerlendirme özet sonuçları aşağıda verilmiştir.

1) Arda, Tunca ve Ergene nehir sularının her üçünün de *A. cepa* meristematik kök hücrelerinde toksik etkili olduğu ortaya çıkmıştır.
2) Toksik etki, köklerin uzamasını inhibe etmiştir. Tunca düzeneklerinde yetişen soğan kök uzunlukları kontrol grubundan daha düşük, Arda ve Ergene'den anlamlı olarak daha uzundur. Arda ve Ergene nehir suyunun kullanıldığı düzeneklerdeki soğan kök uzunluk ortalamaları farkı anlamlı değildir.
3) Soğan köklerinin ortalama sayıları yüksekten düşüğe, Egene, Kontrol, Arda, Tunca şeklinde olup farklar anlamlı değildir.
4) AMI (%) ortalama değeri kontrol grubunda anlamlı olarak en yüksektir. Arda AMI (%) ortalaması Tunca ve Ergene'den anlamlı yüksektir. Tunca ve Ergene arasında AMI (%) farkı anlamlı değildir.
5) CA (%) ortalaması Ergene grubunda diğer gruplardan anlamlı yüksektir. Arda CA (%)'si, Tunca ve Kontrolden anlamlı yüksektir. Tunca, kontrol grubundan daha yüksek anlamlı olmayan CA (%) ortalamasına sahiptir.

Özetle bu tez çalışma sonuçlarına göre, toksikolojik açıdan, Ergene Nehri'nin doğal halini ve canlılığını tamamen kaybetmiş, toksik özellikli bir atık su kanalı olduğunu söylemek yanlış olmaz. Tunca Nehri'nin, çoğunlukla organik evsel kirleticiler içeren fakat içerisinde hala kurbağaların çoğalabildiği özellikte, hala canlılığını koruduğunu söylemek mümkündür. Arda Nehri, suda yüzen balık yavrularını rahatça görebileceğimiz berraklıkta bir akarsu özelliğini korumaktadır. Ancak bu tez çalışması sonuçlarına katkı yapabilecek gelecekteki çalışmalarla güncellenmesi daha ilginç sonuçlar ortaya çıkarabilecektir. Özellikle Meriç Nehri'nin de yer alacağı farklı örnekleme istasyonları ve farklı örnekleme zamanlarıyla ilgili verileri içeren çalışmalar, genç araştırmacıların çalışmalarında yer alabilecektir.

KAYNAKLAR

Aytas, Ş., Erenturk, S., Aslani, M. M. A. A., Yusan, S., Turkozu, D., Gök, C., Karali, T., Gokce, M. & Oguz, K. F. (2014). Determination and evaluation of natural radioactivity and heavy metal levels in the aquatic environment of trans-boundary rivers: Maritza, Tundja and Arda. *The Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 300,* 933–945.

Abubacker, M. N. & Sathya, C. (2017). Genotoxic Effect of Heavy Metals Cr, Cu, Pb and Zn using *Allium cepa* L. *Biosciences Biotechnology Research Asia, 14,* 1181-1186.

Albertini, R. J., Anderson, D., Douglas, G. R., Hagmar, L., Hemminki, K., Merlo, F., Natarajan, A. T., Norppa, H., Shuker, D. E. G., Tice, R., Waters, M. D., & Aitio, A. (2000). IPCS guidelines for the monitoring of genotoxic effects of carcinogens in humans. *Mutation Research 463,* 111–172.

Awe, E. T. & Akpan, U. U. (2017). Cytological study of *Allium cepa* and *Allium sativum*. *Acta Satech 9,* 113-120.

Badr, A., El-Shazly, H. H. & Mohamed, H .I. (2021). Plant Responses to Induced Genotoxicity and Oxidative Stress by Chemicals Khan, Z., Ansari, M. H. K & Shahwar, D. (eds.): *Induced Genotoxicity and Oxidative Stress in Plants.* (s. 103-131). Singapur: Springer.

Batista, N. J. C., Cavalcante, A. A. C. M., Oliveira, M. G., Medeiros, E. C. N., Machado, J. L., Evangelista, S. R. Dias, J. F., Santos, C E. I., Duarte, A., Silva, F. R. & Silva, J. (2016). Genotoxic and mutagenic evaluation of water samples from a river under the influence of different anthropogenic activities. *Chemosphere 164,* 134-141.

Bekoğlu Yılmaz, D. (2013). Ergene nehri suyunun *Secale cereale* L. tohumunun çimlenmesi ve kök ucu mitoz bölünmesi üzerine etkisi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi) Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Bianchi, J. Espindola, E. L. G. & Marin-Morales, M A. (2011). Genotoxicity and mutagenicity of water samples from the Monjolinho River (Brazil) after receiving untreated effluents. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 74,* 826-833.

Bolle, P., Mastrangelo, S., Tucci, P., & Evandri M. G. (2004) Clastogenicity of atrazine assessed with the *Allium cepa* test, *Environmental and Molecular Mutagenesis, 43,* 137–141.

Cabuga, C. C, Abelada, J. J. Z., Apostado, R. R. Q., Hernando, B. J. H., Lador, J. E. C., Obenza, O. L. P., Presilda, C. J. R. & Havana, H. C. (2017). *Allium cepa* test: An

evaluation of genotoxicity. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 7,* 12-19.

Carita, R. & Marin-Morales, M.A. (2008). Induction of chromosome aberrations in the *Allium cepa* test system caused by exposure of seeds to industrial effluents contaminated with azo dyes, *Chemosphere 72,* 722–725.

Chandra, S., Chauhan, L. K. S., Murthy, R. C., Saxena, P. N., Pande, P. N. & Gupta, S. K. (2005). Comparative biomonitoring of leachates from hazardous solid waste of two industries using *Allium* test, Science of the Total Environment. 347, (2005) 46–52.

Chartsbin. (2022). 11.Temmuz.2022 tarihinde http://chartsbin.com/view/1455 adresinden erişildi.

Chauhan, L. K. S. & Gupta, S. K. (2005). Combined cytogenetic and ultrastructural effects of substituted urea herbicides and synthetic pyrethroid insecticide on the root meristem cells of *Allium cepa*, *Pest Biochemistry and Physiology 82,* 27–35.

Crouch, M L. (2020). *Stochastic evaluation of per capita domestic water requirements in view of various lifestyles*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Faculty of Engineering at Stellenbosch University, Stellenbosch.

Çamur Elipek, B., Arslan, N., Kırgız, T. & Öterler, B. (2006). Benthic macrofauna in Tunca River (Turkey) and their relationships with environmental variables. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica 34*, 360-366.

Divrik, M. T., Çamur Elipek, B., Öterler, B., Kırgız, T. (2020). Multivariance analyses on the distribution of micro-macro elements and their derivates at Meriç River (Thrace Region, Turkey). *Aquatic Research, 3,* 144-154.

Divrik, M. T., Kırgız, T., Arslan, N., Çamur-Elipek, B. & Güher, H. (2008). Çorlu Deresi'nin (Tekirdağ) Oligochaeta faunası ve bazı fizikokimyasal özelliklerinin zamana bağlı değişimi. *Su Ürünleri Dergisi, 25,* 253-257.

El-Shahaby, O. A., Abdel Migid, H. M., Soliman, M. I., & Mashaly, I. A. (2003). Genotoxicity screening of industrial wastewater using the *Allium cepa* chromosome aberration assay, *Pakistan Journal of Biological Sciences, 6,* 23–28.

Farizan, A., Norfatimah, M. Y., Aili, Z. N., Lyena, W. Z. A. & Indah, M. A. (2021). Use of cytological and molecular biological method for water pollution monitoring. IOP Conf. series: *Earth and Environmental Science 674.* 012108. doi:10.1088/1755-315/674/1/012108.

Fatma, F., Verma, S., Kamal, A. & Srivastava, A. (2018). Monitoring of morphotoxic, cytotoxic and genotoxic potential of mancozeb using *Allium* assay. *Chemosphere, 195, 864-70.*

Fernandes, T. C. C., Mazzeo, D. E. C. & Marin-Morales, M. A. (2007). Mechanism of micronuclei formation in polyploidizated cells of *Allium cepa* exposed to trifluralin herbicide. *Pesticide Biochemistry and Physiology, 88,* 252–259.

Firbas, P. & Amon, T. (2013). *Allium* chromosome aberration test for evaluation effect of cleaning municipal water with Constructed Wetland (CW) in Sveti Tomaž, Slovenia. *Journal of Bioremediation and Biodegradation, 4,* 12-19.

Fiskesjö, G. (1985). The *Allium* Test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas, 102,* 99-112.

Fusconi, A., Gallo, C. & Camusso, W. (2007) Effects of kadmium on root apical meristems of *Pisum sativum* L.: cell viability, cell proliferation and microtubule pattern as suitable markers for assessment of stress pollution. *Mutation Research, 632,* 9-19.

Greenfacts. (2022). Water resources. 11.Temmuz.2022 tarihinde https://www.greenfacts.org/en/water-resources/figtableboxes/5.htm adresinden erişildi.

Grana, E. (2018). *Advances in Plant Ecophysiology Techniques*, Adela M. Sánchez-Moreiras & Manuel J. Reigosa (Eds.). Chapter 13: Mitotic İndeks. pp.: 213-240. Cham-Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93233-0.

Grover, I. S. & Kaur, I. S. (1999). Genotoxicity of wastewater samples from sewage and industrial effluent detected by the *Allium* root anaphase aberration and micronucleus assays, *Mutatation Research. 426,* 183–188.

Güher, H. & Demir, Y. (2018). Tunca Nehri'nin (Edirne) rotifera faunası ve komünite yapısı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi* Dergisi, 14, 125-137.

Hemachandra, C. K. & Pathiratne, A. (2016). Combination of physico-chemical analysis, *Allium cepa* test system and *Oreochromis niloticus* erythrocyte based comet assay/nuclear abnormalities tests for cyto-genotoxicity assessments of treated effluents discharged from textile industries. *Ecotoxicology and Environnetal Safety, 131,* 54-64.

Iqbal, M. (2016). *Viciafaba* bioassay for environmental toxicity monitoring: A review. *Chemosphere, 144,* 785–802.

Kanev, M. O., Özdemir, K. & Gökalp, F. D. (2017). Ergene nehir suyunun soğan (*Allium cepa* L.) kök ucu hücrelerinde genotoksik etkisinin değerlendirilmesi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi, 3,* 111-117.

Kaur, M., Sharma,A. Soodan, R K., Chahal, V., Kumar, K., Katnoria, J. K. & Nagpal, A K. (2019). *Allium cepa* root chromosomal aberration assay: A Tool to assess

genotoxicity of environmental contaminants. *Environmental Contaminants and Natural Products*, 65-93.

Kenderov, L., Pavlova, M., Trichkova, T., Tyufekchieva, V., Vidinova, Y., Kozuharov, D., Botev, I., Hubenov, Z., Uzunov, Y., Stoichev, S., Beshkova, M., Kalcheva, H., Kalchev, R. (2014). Trophic State and Trophic Structure in Three Bulgarian Reservoirs. *Acta Zoologica Bulgari*ca, 66, 247-254.

Kirin D., Hanzelová V., Shukerova, S., Hristov S., Turceková, L., Spakulova, M., Barciová, T. (2013). Biodiversity and ecological appraisal of the freshwater ecosystem of the river Arda, Bulgaria. *Scientific Papers. Series D. Animal Science., Vol. LVI,* ISSN 2285-5750, 341-348. (http://wasen.net).

Kostadinova, G., Georgieva, N., Yaneva, Z., Petkov, G., Todorova, M & Miteva, C. (2013) . Tundzha River water quality as a source for irrigation in agriculture. *Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19,* 635-643.

Kwasniewska, J. & Bara, A V. (2022). Plant Cytogenetics in the Micronuclei Investigation—The past, the current status and perspectives.

Leme, M. D. & Marin-Morales, M.A. (2009). *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application. *Mutation Research, 682,* 71-81.

Leme, M. D., Angelis, D. F. & Marin-Morales, M. A. (2008). Action mechanisms of petroleum hydrocarbons present in waters impacted by an oil spill on the genetic material of *Allium cepa* root cells, *Aquatic Toxicology, 88,* 214–219.

Levan, A. (1938). The effect of colchicine on root mitoses in *Allium*. *Hereditas, 24,* 471.

Liman, R. (2013). Genotoxic effects of Bismuth (III) oxide nanoparticles by *Allium* and Comet assay. *Chemosphere 93,* 269-273.

Ma, T.-H., Xu, Z., Xu, C., McConnell, H. E., Rabago, V., Arreola, G.A. & Zhang, H. (1995). The improved *Allium/Vicia* root tip micronucleus assay for clastogenicity of environmental pollutants, *Mutatation Research, 334,* 185–195.

Martins, M. N. C., Souza, V. V. & Souza, T. S. (2016). Cytotoxic, genotoxic and mutagenic effects of sewage sludge on *Allium cepa*. *Chemosphere, 148,* 481-486.

Mason, C. F. (2002). *Biology of Freshwater Pollution* (2.baskı). Essex: Longman Scientific

Technical.

Matsumoto, S. T., Mantovani, M. S., Malaguttii, M. I. A., Dias, A. L., Fonseca, I. C. & Marin-Morales, M. A. (2006). Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluents, as evaluated by the micronucleus test and comet assay using

the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root-tips, *Genetics and Molecular Biology, 29,* 148–158.

Mihaylova, G. & Kostadinova, G. (2012). Macrozoobenthos communities as indicator for ecological status assessment of surface water bodies in Toundja River. Bulgaria. *Journal of Balkan Ecology, 15,* 173-189.

Migid, A. H. M., Azab, Y. A. & Ibrahim, W. M. (2007). Use of plant genotoxicity bioassay for the evaluation of efficiency of algal biofilters in bioremediation of toxic industrial effluent, *Ecotoxicology and Environmental Safety, 66,* 57–64.

Morais, C. R., Bonetti, A M., Mota, A. A., Campos, C. S., Souto, N., Naves, P. C., Santos, V. S. V., Júnior, O. E. C., Pavanin, L. A., Rezende, A. A. A., Spanó, M. A. & Pereira, B. B. (2018). Evaluation of toxicity, mutagenicity and carcinogenicity of samples from domestic and industrial sewage. *Chemosphere 201,* 342-350.

McLaughlin, M. J. , Zarcinas, B. A., Stevens, D. P. & Cook, N. (2000). Soil testing for heavy metals. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 31,* 1661-1700.

Negm, A M., Romanescu, G. & Zelenakova, M. (2020). *Water Resources Management in Balkan Countries.* Switzerland: Springer.

Njagi, G. D. & Gopalan, H. N. (1982). Cytogenetic effects of food preservatives-sodium benzoate and sodium sulphite on *Vicia faba* root meristems. *Mutation Research, 102,* 213-219.

Ogeleka, D. F., Okieimen, F. E., Ekpudi, F. O. & Tudararo-Aherobo, L. E. (2016). Short-term phyto-toxicity consequences of a non-selective herbicide glyphosate (Roundup) on the growth of onions (*Allium cepa* Linn.). *African Journal of Biotechnology, 15,* 740-744.

Olorunfemi, D. I., Ogieseri, U. M & Akinboro, A. (2011). Genotoxicity screening of industrial effluents using onion bulbs (*Allium cepa* L.). *Journal of Applied. Science Environmental Management, 15,* 211 – 216.

Paskalev, A. (2022). Water Resources Management in Bulgaria. 16.Temmuz.2022 tarihinde https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/documents/41/207805/207805_doc.pdf adresinden erişildi.

Qin, R., Jiao, Y., Zhang, S., Jiang, W. & Liu, D. (2010). Effects of aluminum on nucleoli in root tip cells and selected physiological and biochemical characters in *Allium cepa* var. *agrogarum* L. *BMC Plant Biology 10:225*. http://www.biomedcentral.com/1471- 2229/10/225.

Sakcali, M. S., Yılmaz, R., Gucel, S., Yarci, C. & Ozturk, M. (2009). Water pollution studies in the rivers of the Edirne Region–Turkey. *Aquatic Ecosystem Health & Management, 12,* 313–319.

Sasaki, Y. F., Kawaguchi, S., Kamaya, A., Ohshita, M., Kabasawa, K., Iwama, K., Taniguchi, K. & Tsuda, S. (2002). The comet assay with 8 mouse organs: Results with 39 currently used food additives, *Mutation. Research, 519,* 103–119.

Schwarzenbach, R. P., Egli, T., Hofstetter, T. B., Gunten, U.,& Wehrli1, B. (2010). Global water pollution and human health. *Annual Review of Environment and Resources, 35,* 109-136.

Seth, C.S., Misra, V., Chauhan, L. K. & Singh, R. R. (2008). Genotoxicity of cadmium on root meristem cells of *Allium cepa*: cytogenetic and Comet assay approach. Ecotoxicology and Environmetal Safety., 71 (3): 711-6. doi: 10.1016/j.ecoenv.2008.02.003. Epub 2008 Mar 20. PMID: 18358534.

Sreeranjini, S. & Siril, E. A. (2011). Evaluation of anti-genotoxicity of the leaf extracts of *Morinda citrifolia* Linn. *Plant, Soil and Environment, 57*, 222-227.

Soylu, H. (2012). *Edirne İlindeki Çevresel Sular ve İçme-Kullanma Sularının Bakteriyolojik Ames Testi İle Mutajenitelerinin Araştırılması*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi) Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. (1995) *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research* (3rd Edition). New York: W.H. Freeman & Co.

Smaka-Kincl, V., Stegnar, P., Lovka, M. & Toman, M J. (1996). The evaluation of waste, surface and ground water quality using the *Allium* test procedure**.** *Mutation Research/Genetic Toxicology, 368,* 171-179.

Tedesco, S. B. & Laughinghouse, H. D. (2012). Bioindicator of genotoxicity: The *Allium cepa* test. (s. 137-158) Srivastava, J. K. (Ed.). *Environmental Contamination* https://www.intechopen.com/chapters/29315.

Tokatlı, C. (2019). Sediment quality of Ergene River Basin: bio–ecological risk assessment of toxic metals. *Environmental Monitoring and Assessment, 191:* 706.

Udiba, U. U., Stella, A., Balli, G., Dawaki, S. I., Oddy-Obi, I. C. &, Agboun, T. D. T. (2015). Toxicity potential of *Allium cepa* L. as a bioindicator of heavy metal pollution status of River Galma basin around Dakace industrial layout, Zaria, Nigeria. *International Journal of Biological Sciences and Applications 2,*76-85.

Vazhangat, P. & Thoppil, J.E. (2016). Apoptotic induction via membrane/DNA damage and metabolic inactivation by synthetic food colorants in *Allium cepa* root meristem. *Turkish Journal of Biology, 40:* 922–933.

Vujošević, M., Anđelković, S., Savić, G. & Blagojević, J. (2008). Genotoxicity screening of the river Rasina in Serbia using the Allium anaphase–telophase test. *Environmental Monitoring and Assessesment, 147,* 75–81.

Wierzbicka, M. (1987) An improved method of preparing onion bulbs for *Allium* test. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae 56*, 43-53.

Wierzbicka, M. & Antosievicz, D. M. (1988). *Allium* test - Some questions. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae 57*, 201-215.

Worldometer. (2022). Global water use by country. 12.Temmuz.2022 tarihinde https://www.worldometers.info/water/) adresinden erişildi.

Yolal, M. (2014). *Ergene Nehri çevresinde ve Trakya'da yaşayan ürotelyal tümörlü olguların tümörlü ve normal epitelinde, kanda ağır metallerin incelenmesi ve nehir kirliliği ile ilişkisinin araştırılması*. (Yayımlanmamış uzmanlık tezi). Trakya Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Edirne.

ÖZGEÇMİŞ

01.01.1998 tarihinde İstanbul'un Küçükçekmece ilçesinde doğdum. İlköğretim ve ortaöğretimimi İstanbul'da tamamladım. 2015 yılında ÖSYM sınavı ile Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümünü kazandım ve 2019 yılında mezun oldum. 2019 yılı güz döneminde Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimime başladım.

EKLER

Istranca Dağları'ndan doğarak Ergene ve Meriç nehirlerine karışan bazı akarsuların, kaynaktan Meriç'e doğru kirlenme rotası bazı dereleri içeren resimlerle verilmiştir (Ek 1-4.) Yapılan gözlemlerden ortaya çıkan en önemli nokta, İstanbul dahil çevredeki birçok kentin içme suyu kaynaklarının yer aldığı Istrancalar savurganca tahrip edildiği bilinmektedir. Bu tahribatlarla ilgili somut, bilgi amaçlı birkaç resim (Ek 1-13) "EKLER" kısmında verilmektedir. Istrancalar'da süre gelen tahribatlarla ilgili yakın zamandaki bazı doğa tahribatlarına ait resimler de eklenmiştir (Ek 5-13). Bütün bunlardan anlaşılacağı üzere, doğal habitatlar ve su kaynakları geriye dönüşü mümkün olmayacak zararlara uğramaktadır. Çok uzun olmayan bir gelecekte bu su kaynaklarına bağlı olan yerleşim yerlerinde, önemli su sorunu olacağını ve bunun sonuçlarını tahmin etmek zor değildir.



Ek 1. Istranca Dağları, Çakılı beldesi; solda: Ergene kaynak suyu, sağda: suyun borulara aktarıldığı rezervuar (Haziran 2022).



Ek 2. Istranca Dağları, Çakılı beldesi; solda: Ergene kaynak suyu, sağda: Poyralı Deresi kaynak yeri (Haziran 2022).



Ek 3. Lüleburgaz; solda: Evrensekiz Deresi, sağda: Sakızköy Deresi (Haziran 2022).



Ek 4. Lüleburgaz Deresi; solda: Lüleburgaz kent yakın görünüş, sağda: genel görünüş (Haziran 2022).



Ek 5. Istrancalar'da maden ocağı; Çakıllı beldesi (Haziran 2022).



Ek 6. Istrancalar'da maden ocağı: Vize ilçesi (Haziran 2022).



Ek7. Istrancalar'a çimento fabrikası; Evrencik köyü (Haziran 2022).



Ek 8. Istrancalar'da maden ocağı; Poyralı (Haziran 2022).



Ek 9. Istrancalar'da maden ocağı; Poyralı (Haziran 2022).



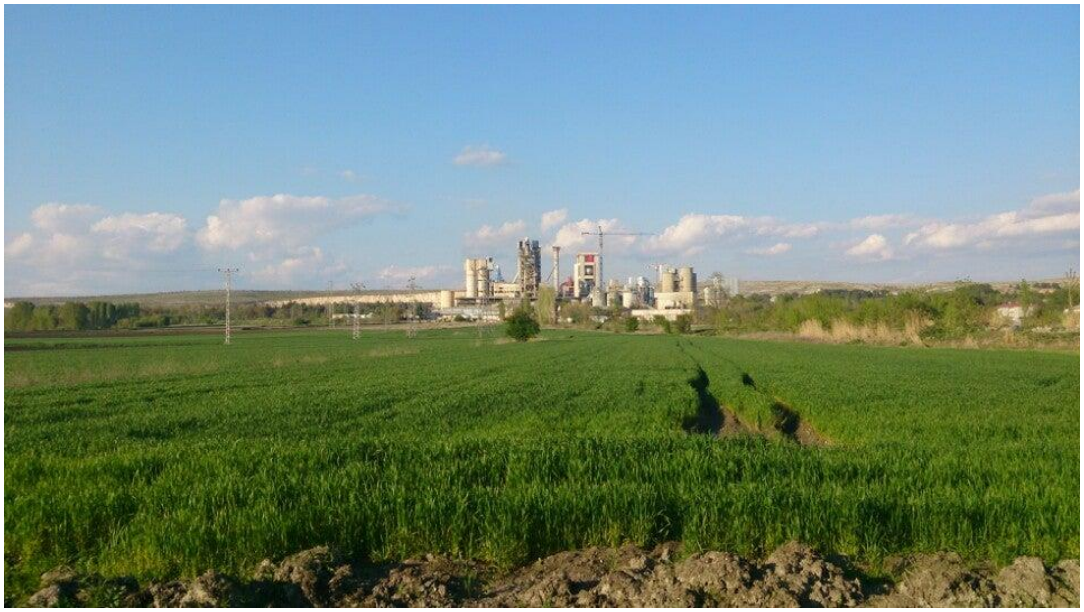
Ek10. Istrancalar’da yeni karayolu açılması ve Poyralı Deresi (Haziran 2022).



Ek 11. Istrancalar'da yeni karayolu açılması; Poyralı (Haziran 2022).



Ek 12. Istrancalar'da kireç fabrikası; Pınarhisar (Haziran 2022).


Ek 13. Istrancalar'da çimento fabrikası; Pınarhisar (Haziran 2022).