



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

**KURŞUN VE KADMIYUMUN KAYACIK (*Ostrya carpinifolia* Scop.)
FİDANLARININ MORFOLOJİK VE BİYOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

VİLDAN KURNAZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi ŞEMSETTİN KULAÇ**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURŞUN VE KADMİNYUMUN KAYACIK (*Ostrya carpinifolia*
Scop.) FİDANLARININ MORFOLOJİK FİZYOLOJİK VE
BİYOKİMYASAL GELİŞİMİNE ETKİSİ**

Vildan KURNAZ tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr.

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr.

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr.

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr.

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr.

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: .../.../2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

20 Haziran 2019

Vildan KURNAZ

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımlarından dolayı çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Şemsettin Kulaç'a, Dr. Öğr. Üyesi Ali Kemal Özbayram ve Doç. Dr. Hakan Şevik'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir fedakarlıktan kaçınmayarak bana her anlamda destek olup beni yüksek lisans yapmaya yönlendiren ama göremeyen nurlar içindeki biricik sevgili babım Muhsin Çoruh'a, annem Asuman Çaruh'a sevgili eşim ve meslektaşım Ahmet Kurnaz'a, bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili Çoruh ve Kurnaz ailelerime ve Çalışma arkadaşşıma sabırları ve destekleri için sonsuz teşekkür ederim.

20 Haziran 2019

Vildan KURNAZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
KISALTMALAR.....	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. AĞIR METAL STRESİ	1
1.2. ÇALIŞMAYA KONU AĞIR METALLER.....	3
1.2.1. Kadmiyum (Cd).....	3
1.2.2. Kurşun (Pb)	3
1.3. AĞIR METAL BİRİKİMİNİN BİTKİLERDE YOL AÇTIĞI ZARARLAR. 4	
1.3.1. Morfolojik Değişiklikler	4
1.4. KAYACIK (<i>OSTRYA CARPINIFOLIA</i> SCOP.) CİNSİNİN TANITIMI.....	5
1.4.1. Kayacığın Sistematikteki Yeri	6
1.4.2. Kayacığın Genel Özellikleri	6
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. MATERYAL	13
3.1.1. Tohumların Elde Edilmesi	13
3.2. YÖNTEM	14
3.2.1. Fidanların Yetiştirme Aşamaları.....	14
3.2.2. Ağır Metal Uygulamaları	15
3.2.3. Kayacık Fidanlarında Bazı Morfolojik ve Biyokimyasal Karakterlerin Mevsimsel Belirlenmesi.....	17
3.2.3.1. Morfolojik özelliklerin ölçülmesi	17
3.2.3.2. Toplam Çözünbilir Karbohidrat Tayini.....	18
3.2.3.3. Prolin Tayini	20
4. BULGULAR.....	22
4.1. AĞIR METAL TÜRÜNE VE DOZUNA BAĞLI OLARAK AYLIK ÇAP ARTIŞ MİKTARI.....	22
4.1.1. Kadmiyum Elementine Bağlı Aylık Çap Değişimi.....	23
4.1.2. Kurşun elementine bağlı aylık Çap değişimi.....	25
4.2. AĞIR METAL TÜRÜNE VE DOZUNA BAĞLI OLARAK AYLIK BOY ARTIŞ MİKTARI.....	27
4.2.1. Kadmiyum Elementine Bağlı Aylık Boy Değişimi	28

4.2.2. Kurşun Elementine Bağlı Aylık Boy Değişimi.....	30
4.3. AĞIR METAL TÜRÜNE VE DOZUNA BAĞLI OLARAK TOPLAM ÇÖZÜLEBİLİR KARBONHİDRAT MİKTARINDAKİ DEĞİŞİMLER.....	32
4.3.1. Kadmiyum elementine bağlı aylık Toplam çözülebilir karbonhidrat miktarındaki değişim.....	33
4.3.2. Kurşun Elementine Bağlı Aylık Toplam Çözülebilir Karbonhidrat Miktarındaki Değişim.....	35
4.4. AĞIR METAL TÜRÜNE VE DOZUNA BAĞLI OLARAK PROLİN MİKTARI.....	37
4.4.1. Kadmiyum Elementine Bağlı Aylık Prolin Miktarındaki Değişim	38
4.4.2. Kurşun Elementine Bağlı Aylık Prolin Miktarındaki Değişim.....	40
5. TARTIŞMA.....	42
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	46
7. KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ.....	1

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. <i>Ostrya carpinifolia</i> 'nın dünya üzerindeki ve Türkiye'deki Davis'in, kare sistemine göre yayıldığı yerler (Anonim, 2013).	7
Şekil 3.1. Araştırmaya konu kayacık orijinleri (Kulaç vd., 2013).	14
Şekil 3.2. Kum, Torf ve Perlitten oluşan 1:1:1 oranındaki fidan yetiştirme materyalinin hazırlanması.	14
Şekil 3.3. Fidanlara ağır metal ilave edilmesi.	16
Şekil 3.4. Kayacık fidanlarından yaprak örneği alınması.	16
Şekil 3.5. Kayacık fidanlarının çap boy ölçümü.	17
Şekil 3.6. Kayacık fidanlarının boy ölçümü.	17
Şekil 3.7. Toplam karbonhidrat ölçümü için örneklerin hazırlanması a) kuru kayacık yapraklarının cam kırıkları ile porselen havanda öğütülmesi işlemi ve b)numunelere etanol ilave edilmesi, c) etanol ilave edilmiş yaprak örneklerinin vida kapaklı cam tüplere koyulması ve d) santrifüj yapılması. .	19
Şekil 3.8. Toplam karbonhidrat ölçümü için 50 µl örnek üzerine saf su, fenol ve H ₂ SO ₄ ilave edilmesi(a,b), örneklerin soğumak için bırakılması ve ölçüm yapılması (c,d).	19
Şekil 4.1. Cd elementine bağlı ay bazında çap değişimi.	25
Şekil 4.2. Pb elementine bağlı ay bazında çap değişimi.	27
Şekil 4.3. Cd elementine bağlı ay bazında boy değişimi.	30
Şekil 4.4. Pb elementine bağlı ay bazında boy değişimi.	32
Şekil 4.5. Cd elementine bağlı toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının ay bazında değişimi.	35
Şekil 4.6. Pb elementine bağlı toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının ay bazında değişimi.	37
Şekil 4.7. Cd elementine bağlı prolin miktarının ay bazında değişimi.	40
Şekil 4.8. Pb elementine bağlı prolin miktarının ay bazında değişimi.	41

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.6. <i>Ostrya Carpinifolia</i> Scop.(Kayacık) ile <i>Carpinus</i> (Gürgen) cinsinin farklılıkları (Kulaç, 2013).	9
Çizelge 3.1. Çalışılan orijinlere ilişkin bazı özellikler.....	13
Çizelge 3.2. Fidanların Cd-Pb işlemlerine ait deneme deseni.	15
Çizelge 4.1. Ağır metal dozuna bağlı çap ve boy değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.	22
Çizelge 4.2. Cd elementine maruz bırakılan fidanların ay bazında çap değişimi.....	23
Çizelge 4.3. Pb elementine maruz bırakılan fidanların ay bazında çap değişimi.	25
Çizelge 4.4. Ağır metal dozuna bağlı boy değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.	27
Çizelge 4.5. Cd elementine maruz bırakılan fidanların ay bazında boy değişimi	28
Çizelge 4.6. Pb elementine maruz bırakılan fidanların ay bazında boy değişimi.....	30
Çizelge 4.7. Ağır metal dozuna bağlı toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.	32
Çizelge 4.8. Kadmiyum elementine maruz bırakılan fidanlarda toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının ay bazında değişimi.....	34
Çizelge 4.9. Kurşun elementine maruz bırakılan fidanlarda toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının ay bazında değişimi.....	35
Çizelge 4.10. Ağır metal dozuna bağlı prolin miktarının değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.	37
Çizelge 4.11. Kadmiyum elementine maruz bırakılan fidanlarda prolin miktarının ay bazında değişimi.	38
Çizelge 4.12. Kurşun elementine maruz bırakılan fidanlarda prolin miktarının ay bazında değişimi	40

KISALTMALAR

Cd	Kadmiyum
Pb	Kurşun
cm ³	Santimetre küp
FB	Fidan boyu
GA	Gövde taze ağırlığı
GKA	Gövde kuru ağırlığı
gr	Gram
K	Potasyum
KA	Kök taze ağırlığı
KB	Kök boyu
KBÇ	Kök boğaz çapı
KKA	Kök kuru ağırlığı
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
Mn	Mangan
Mo	Molibden
N	Azot
TS	Tomurcuk sayısı
Zn	Çinko

ÖZET

KURŞUN VE KADMİYUMUN KAYACIK (*Ostrya carpinifolia* Scop.) FİDANLARININ MORFOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Vildan KURNAZ

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şemsettin KULAÇ

Haziran 2019, 50 sayfa

Bu çalışmada, kitlesel fidan üretimine yardımcı olmak amacıyla kurşun ve kadmiyumun kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) fidanlarının morfolojik ve biyokimyasal gelişimine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Türkiye’de doğal olarak bulunan kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.), Avrupa’da Değerli Yapraklılar ağına göre öncelikli türler arasında yer almaktadır. Türkiye’de bugüne kadar oldukça ihmal edilmiş bir orman ağacı türüdür. Bu çalışmada; Türkiye’de doğal yayılış gösteren 5 farklı popülasyondan (Akseki, Adana, Finike, Kastamonu, Düzce) elde edilen fidanlara 2 farklı ağır metal (Cd ve Pb) ve 3 farklı doz (150, 300 ve 750 ppm) uygulanmıştır. Uygulanan ağır metallerin morfolojik ve biyokimyasal karakterlerine etkileri araştırılmıştır. Uygulamalar, 12x25 boyutlarındaki tüplere ekilmiş 1 yaşındaki kayacık fidanlarına yapılmıştır. Tüp harcı 1:1:1 oranlarında orman toprağı + torf + perlitten oluşturulmuştur. Uygulama her 15 günde bir tekrarlanmış ve 5ay (Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim) sürmüştür. Vejetasyon süresi boyunca her ay sonunda fidanların prolin ve karbonhidrat miktarlarının ölçümünün yanı sıra çap ve boy ölçülerek kıyaslanmıştır. Sonuç olarak, her iki ağır metal kullanımında da ağır metal dozu arttıkça çap ve boy artışında azalma meydana gelmiştir. Ayrıca popülasyon bazında tüm ağır metal uygulamaları sonucunda en fazla boy büyümesi Akseki orjininde görülürken en fazla çap gelişimi ise Adana orjininde görülmüştür. Tüm aylarda 750 ppm doz Cd ve Pb uygulamalarında en iyi boy gelişimi Adana popülasyonunda en düşük boy gelişimi ise Düzce popülasyonunda ölçülmüştür. Çap gelişimi 750 ppm doz Cd uygulamalarında en yüksek Adana orjininde, 750 ppm doz Pb uygulamalarında ise en yüksek Akseki orjininde ölçülmüştür. Biyokimyasal özellikler incelendiğinde Prolin ve karbonhidrat miktarlarının popülasyonlar arası ağır metal kullanımına göre farklılıklar oluşmuştur. Her iki ağır metal uygulamalarında ağır metal dozu arttıkça prolin ve toplam çözünebilir karbonhidrat miktarının arttırdığı görülmüştür. Ayrıca tüm ağır metallere göre popülasyonlar arası kıyaslandığında en fazla prolin ve toplam karbonhidrat miktarı Finike popülasyonunda ölçülmüştür. Tüm aylara bakıldığında 750 ppm doz Cd uygulamalarında en yüksek prolin miktarı Finike Popülasyonlarında, 750 ppm doz Pb uygulamalarında ise en yüksek prolin miktarı Kastamonu popülasyonunda ölçülmüştür. 750 ppm doz Cd uygulamalarında Toplam Çözülebilir karbonhidrat miktarı en fazla Finike popülasyonunda ölçülürken, 750 ppm doz Pb uygulamalarında ise en yüksek karbonhidrat miktarı ise Adana popülasyonunda ölçülmüştür.

Anahtar sözcükler: Ağır metal, Kayacık, *Ostrya carpinifolia* Scop., Morfoloji.

ABSTRACT

THE EFFECTS OF LEAD AND CADMIUM ON THE MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF EUROPEAN HOP-HORNBEAM (*Ostrya carpinifolia Scop.*) SEEDLINGS

Vildan KURNAZ

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Şemsettin KULAÇ

June 2019, 50 pages

In this study, the effect of lead and cadmium on the morphological and biochemical development of European hop-hornbeam (*Ostrya carpinifolia Scop.*) was investigated. European hop-hornbeam naturally found in Turkey (*Ostry carpinifolia Scop.*), is among the priority species by the Precious Petals network in Europe. Turkey is a forest tree species rather neglected so far. In this study; five from different populations naturally occurring in Turkey (Akseki, Antalya, Finike, Kastamonu, Duzce), two different heavy metal (Cd and Pb) and three different doses (150, 300 and 750 ppm) were used. The effects of applied heavy metals on morphological and biochemical characteristics were investigated. Applications were made to 1 year old rock seedlings planted in 12x25 tubes. Tube mortar is composed of 1: 1: 1 ratio of forest soil + peat + perlite. The administration was repeated every 15 days and lasted for 5 months (June, July, August, September and October). At the end of each month during the vegetation period, the proline and carbohydrate amounts of the seedlings were measured as well as the diameter and height were compared. As a result, the increase in diameter and length decreased as heavy metal dose increased in both heavy metal use. In addition, the highest height growth was observed in Akseki origin and the largest diameter development was observed in Adana origin as a result of all heavy metal applications on population basis. The best height development was observed in the Adana population and the lowest height development was observed in the Düzce population in Cd and Pb applications at 750 ppm doses in all months. Diameter development was measured at the highest Adana origin in 750 ppm dose Cd applications and at the highest Akseki origin in 750 ppm dose Pb applications. Biochemical properties of proline and carbohydrate amounts of heavy metal use in different populations were different. It was found that proline and total soluble carbohydrate amount increased as heavy metal dose increased in both heavy metal applications. In addition, the highest amount of proline and total carbohydrates were measured in the Finike population when compared to all heavy metals. In all months, the highest proline content of 750 ppm dose Cd was measured in Finike Populations and the highest proline content of 750 ppm dose Pb was measured in Kastamonu population. Total soluble carbohydrate amount was measured in Finike population in 750 ppm dose applications, while the highest carbohydrate amount was measured in Adana population in 750 ppm dose Pb applications.

Keywords: Heavy metal, European hop-hornbeam, *Ostrya carpinifolia Scop.*, Morphology.

1. GİRİŞ

Dünya yüzeyindeki tüm organizmaların yaşamını tehdit eden önemli bir çevre sorunu haline gelen ağır metaller günümüzde ekosistemlerin toprak, su ve hava gibi ortamlarda yaygın bir şekilde birikmeye başlamıştır. Endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzozları, maden yatakları ve işletmeleri, volkanik faaliyetler, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar ile kentsel atıklar ağır metallerin çevreye yayılmasına neden olan etmenlerin başında gelmektedir (Stresty ve Madhava Rao, 1999). Ağır metallere çinko, mangan, kobalt, bakır, nikel ve molibden bitki gelişimi için gerekliyken toksik etkisi gösteren ağır metaller ise alüminyum, vanadyum, arsenik, civa, kurşun, kadmiyum ve selenyumdur (Gür vd., 2004). Ağır metallerin toksik etkisi sebebiyle bitkilerde gözlenen stoma hareketleri, su alımı, transpirasyon, enzim aktivitesi, fotosentez, çimlenme protein sentezi, hormonal denge gibi fizyolojik ve biyokimyasal olayların bozulmasına sebep olmaktadır (Kennedy ve Gonsalves, 1987).

Metallerin tür ve miktarları, yararı, zararı, zararın şiddeti ve türü, zarar oluşum süreci vb., bitkilerin ağır metal toksisite tolerans sınırlarının bilinebilmesi için göz önünde bulundurulmalıdır. Göz önüne alınan bu durumlar bitkilerin gelişimi ve canlılığı için önemlidir (Paschke vd., 2005).

Dünyada doğal kaynaklar içinde çeşitli formlar halinde bulunan kurşun (Pb^{++}), ağır metaller arasında düzenli ve çok geniş çaplı olarak açığa çıkmaktadır (Nriagu, J.O., 1992).

Yapılan birçok çalışma sonucunda önemli miktarda kurşun genel itibariyle toprakta bulunmaktadır. Bitki ve topraktaki kurşun kirlenmesinin başlıca sebepleri; motorlu taşıtların egzoz gazları, maden ocakları, metal işleyen tesisler, endüstriyel faaliyetler, kurşunla işlenmiş atık sular, sanayi atıkları ve tarımda gübreleme vb. etmenlerdir (Kabata-Pendias ve Pendias 1984).

1.1. AĞIR METAL STRESİ

Doğada bulunan elementlerin çoğu bitki dokularının yapısına girmektedir. Doğadaki elementlerden 19 tanesi (karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N), fosfor (P),

nikel (Ni), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), kükürt (S), potasyum (K), magnezyum (Mg), silisyum (Si), demir (Fe), çinko (Zn), manganez (Mn), bakır (Cu), bor (B), klor (Cl), molibden(Mo)) bitkiler için mutlak gerekli besin maddeleri iken kobalt (Co), selenyum (Se), galyum (Ga), vanadyum(V) gibi bazıları da sadece bazı bitkilere veya proseslere gerekli olduğu kabul edilen yararlı elementlerdir. Bu elementlerin çoğu bitki gelişimi için mutlak gerekli iken kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), arsenik (As), civa (Hg), krom (Cr), demir (Fe) gibi bazı elementlerin ya tamamı ya da belirli bir seviyeden fazlası toksik etki yapmaktadır. Her ne kadar bitkilerin besin iyonları alımı seçici ise de, yetiştirme ortamında bulunan ve bitki bünyesine pasif yollarla geçebilen bazı ağır metaller besin zincirine dahil olabilmektedir. Bunun sonucu olarak ağır metaller bitkilere ve bitkilerle beslenen insan ve hayvanlara toksik etkiler yapabilmektedirler. Toksikite metaller arasında farklılık gösterebileceği gibi farklı organizmalardaki etkisi de farklı olabilmektedir. Ortaya çıkan faydalı veya zararlı etkiler elementin tipine ve konsantrasyonuna bağlı olduğu kadar değişik türlerin genetiklerine bağlı olarak ortaya koydukları fizyolojik davranışlara da bağlıdır (Güvercin, 2017).

Bitkinin yetiştirme ortamındaki ağır metal toksisitesi ile kök tüyü indeksi azalmakta ve bunun sonucu olarak da topraktan su ve besin maddelerinin alımı engellenerek bitki-su ilişkisi olumsuz yönde etkilenmektedir. Toksik seviyedeki Al, Pb, Cu, Mn, Zn, Cd ve Cr'un lateral köklerde kısalmaya ve bunun sonucu olarak kompakt bir kök sisteminin oluşmasına neden olduklarını gösteren kaynaklar mevcuttur (Güvercin, 2017; Ayhan vd., 2006).

Kurşun bitkiler için gerekli olmayan fakat bütün bitkilerde doğal olarak bulunan bir elementtir (Güvercin, 2017). Kurşun bitki yapısındaki makro moleküllerin fonksiyonel gruplarında yer alan metal iyonlarını, topraktan mineral maddelerin alımını ve bitki su kapasitesini düzenleyen çeşitli enzimlerin aktivitesini değiştirerek, çimlenme, sürgün gelişimi (boy), kök ve gövde kuru ağırlığını olumsuz yönde etkiler (Güvercin, 2017; Ayhan vd., 2006).

Çinkoya maruz bırakılan tohumların sadece çimlenme oranlarının değil hipokotil ve radikula büyümesinin de engellendiği bildirilmiştir (Velioğlu vd., 2000). Yüksek konsantrasyondaki çinko; bitkide küçülmeye, tohum sayısında, tohum ağırlığında ve çözünebilir proteinlerde azalmaya sebep olmaktadır (Tilki, 2008). Bitkilerde kadmiyum stresinin en belirgin etkileri ise kök ve gövde büyümesindeki indirgenme, yaprak kuru

ağırlığında azalma, klorofil sentezinde engellenme ve oksidatif stres oluşumudur (Güvercin, 2017; Ayhan vd., 2006)

Kadmiyumun toksik konsantrasyonları antioksidan enzimlerin aktivitesini engelleyerek oksidatif strese neden olur ve membran hasarları, lipid peroksidasyonuna bağlı hücre ölümleri ve enzim inaktivasyonlarına yol açar (Güvercin 2017; Farooq vd. 2013; Ayhan vd., 2006).

1.2. ÇALIŞMAYA KONU AĞIR METALLER

1.2.1. Kadmiyum (Cd)

Birçok özelliği ile çinkoya benzeyen kadmiyum elementi gümüş beyazlığında, yumuşak, oldukça elektropozitif ve işlenebilir bir metaldir. Kadmiyum ve bileşikleri aşırı zehirli metallerdir. Kadmiyumun doğada tek başına bulunmamaktadır (Seven vd., 2018).

Yıllık olarak kadmiyum yayılı 25,000- 30,000 tondur. İnsan faaliyetleri ile doğaya yayılan kısmı ise 4000-13000 tondur. Önemli kadmiyum yayılım kaynakları; rafine edilmiş yiyecek maddeleri, sigara dumanı, kahve, su boruları, kömür yakılması, çay, tohum aşamasında kullanılan gübreler, kabuklu deniz ürünleri ve fabrika bacalarından çıkan baca gazlarıdır (Seven vd., 2018).

Kadmiyum, hayvan ve bitkiler için zehirli etkiye sahip elementtir. Bitki bünyesinde karbonhidrat ve azot metabolizmalarını değiştirmesinden dolayı birçok fizyolojik değişime sebep olmaktadır. Bu fizyolojik değişimler; fotosentezi engellemekte Proteinlerin-SH gruplarındaki enzimleri inaktive etmekte, fotosentezi engellemekte, transpirasyon ile su kaybının azalmasına, stomaların kapanmasına ve klorofil biyosentezini engellemektedir. Bunların yanında ağır metallerin serbest radikal oluşturduğu ve bu nedenle tilakoid membran lipitlerinin oksidatif parçalanmasına sebep olduğu, bu gibi olaylarda ise klorofil yıkımının arttığı ve sentezlerin inaktif duruma gelmektedir (Asri ve Sönmez, 2009).

1.2.2. Kurşun (Pb)

Kurşun insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme aşırı zarar veren bir elemettir. Mavimsi renkli veya gümüş grisi rengine sahip yumuşak yapıda bir metaldir. Kurşun çevresel kirlilik yaratmasının nedeni, metal veya bileşikler şeklinde atmosfere yayılmasıdır.

Ayrıca kurşun her zaman toksik özelliğe sahip olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütünün WHO (Dünya Sağlık Örgütünün) göre çalışma alanlarında izin verilen üst sınır 0.1 mg/m^3 'tür (Seven vd., 2018).

Motorlu taşıtlarda benzinin yanması ile meydana gelen tetra etil kurşunu, çevre kirliliğine neden olan kurşunun önemli miktarını oluşturmaktadır. Bitkiler için Kurşun elementi önemli derecede gerekli değildir. Toprakta kurşun 15-40 ppm bulunmaktadır. Toprakta toplam kurşun konsantrasyonu 150 ppm sınırını aşmadığı sürece insan ve bitki sağlığı için tehlike arz etmemektedir. Fakat 300 ppm'i geçtiği durumda insan sağlığı üzerine önemli derecede tehlikelidir. Bitki hücresinde kurşun hücre turgoru ve hücre duvarı stabilitesini olumsuz yönde etkilediğinden dolayı stoma hareketlerini ve yaprak alanını azaltması nedeniyle bitkinin su hareketini önemli derecede etkilemektedir. Kurşun bitki kökleri tarafından tutulması ve kök gelişimini azaltmasından dolayı bitki besin alımını önemli derecede etkilenmektedir (Asri ve Sönmez, 2009).

1.3. AĞIR METAL BİRİKİMİNİN BİTKİLERDE YOL AÇTIĞI ZARARLAR

Aşırı metale maruz kalma, bitkilerde birçok değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişikliklerin yol açtığı zararların bir kısmı gözle görülebilir ve ölçülebilir (morfolojik değişiklikler) düzeyde iken, birçoğunun saptanabilmesi ise karmaşık biyokimyasal analizler gerektirmektedir (Ayhan vd., 2005).

1.3.1. Morfolojik Değişiklikler

Metal zararının ilk ve en belirgin etkisi köklerde görülür. Yüksek metal derişimine maruz kalmış bitkilerde kökler, normal bitki köklerine göre oldukça kısa kalmakta ve saçak kök sayısında azalma, yan köklerde artma ya da azalma görülebilmektedir. Bunların dışında köklerde lignifikasyon ile epidermis ve hipodermiste bazı yapısal değişikliklerde saptanmıştır. Metal alınımı devam ettikçe etkisi gövde de gözükmekte ve gövde uzaması da etkilenmektedir. Gerek kök ve gerekse gövdenin yaş ve kuru ağırlıklarında azalma meydana gelmekte ve bitki büyümesi yavaşlamaktadır (Barceló ve Poschenrieder, 1990; Punz ve Sieghardt, 1993; Hagemeyer ve Breckle, 1996; Peralta vd., 2000; Munzuroğlu ve Geçkil, 2002; Stolt vd., 2003; Köleli vd., 2004; Sharma vd., 2004; Chaoui ve Ferjani, 2005; Lombardi ve Sebastiani, 2005). Ayrıca metal çeşidine ve derişimine bağlı olarak yaprak şekillerinde değişiklik, yapraklarda alan küçülmesi, sararma ve nekrotik leke oluşumu da görülmektedir. Lanaras vd. (1993), yaptıkları

çalışmada; yüksek derişimde Cu uygulamasının *Triticum aestivum* yapraklarının küçülmesine, yaprak kuru ve taze ağırlığında azalmaya neden olduğunu tespit etmişler, protein ve klorofil miktarında da azalma saptamışlardır. Lombardi ve Sebastiani (2005), adlı araştırmacılar tarafından yapılan bir çalışmada belirli derişimlerdeki Cu metalinin yapraklarda senesense ve nekrotik lekelerle neden olduğunu saptanmıştır(Ayhan vd., 2005).

1.4. KAYACIK (*Ostrya carpinifolia* Scop.) CİNSİNİN TANITIMI

Kayacık, son yıllarda Orman Genel Müdürlüğü tarafından da önemsenen (üretimi, korunması, ağaçlandırma çalışmalarında kullanımı ve tohum bahçeleri oluşturulması vb.) özel ağaç türlerimizden biridir. Kayacık hem kendi varlığı hem de diğer orman canlılarına sağladığı yararlar ile orman ekosisteminin ve biyolojik çeşitliliğin önemli parçalarından biridir.

Kayacık cinsi dünyada sekiz türden oluşmaktadır; bunlardan bir tanesi Meksika'da, bir tanesi Avrasya'da, üç tanesi doğu Asya ve Japonya'da ve üçü Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'ya özgüdür (Rushforth, 1985). Ülkemizde sadece gürgen yapraklı kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) doğal olarak bulunmaktadır. Binom adı ve etimolojik kökü; Yunanca'dan türetilen *Ostrya* ,sert ağaç ,kemik gibi olan anlamını taşımaktadır., *Carpinifolia* ise; yaprakları gürgen gibi anlamına gelmektedir (Kulaç vd., 2013). Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Corylaceae ailesine ait, nemli ve sıcak ortamlarda 15-20 m yüksekliğe kadar erişebilen, 30 cm'ye varan çapıyla boylu ağaç vasfına erişebilen ve kışın yapraklarını döken bir ağaç türüdür.

Kayacık; Corylaceae ailesine aittir, 18 m yüksekliğe kadar erişebilen ve kışın yapraklarını döken bir ağaç türüdür. Rushforth Kayacık türlerini 8'e ayırmıştır; *Ostrya carpinifolia* Scop., *Ostrya chisosensis* Correll, *Ostrya guatemalensis* (Winkler) Rose, *Ostrya japonica* Sarg., *Ostrya knowltonii* Coville, *Ostrya multinervis* Rehd., *Ostrya rehderiana* Chun, *Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch, *Ostrya yunnanensis* Hu ve *Ostrya oregoniana* (fossil) (Rushforth, 1985). Türkiye'de böyle büyük çap ve boya ulaşan kayacıkla sadece Cide-Şehdağı'nda karşılaşmıştır (Merev vd., 1998). Ayrıca Erzurum İspir yöresinde saf meşcereler oluştururken, Artvin, Trabzon, Kastamonu, Sinop, Düzce, Saimbeyli, Andırın, Ulukışla, Göksun, Feke, Acıpayam, Gazipaşa, Akseki ve Finike civarlarında 3-8 m boylarında ağaççık ve ağaç şeklinde ve ormanlar içinde münferit ve

küçük gruplar şekilde bulunmaktadır (Kulaç, 2013).

1.4.1. Kayacığın Sistematikteki Yeri

Alem : Plantea

Alt Alem : Trachebionta

Şube : Magnoliophyta (Kapalı Tohumlu)

Sınıf : Magnoliopsida (Çift Çenekli)

Alt Sınıf : Hamamelidae

Takım : Fagales

Familiya : Betulacea (Huşgiller)

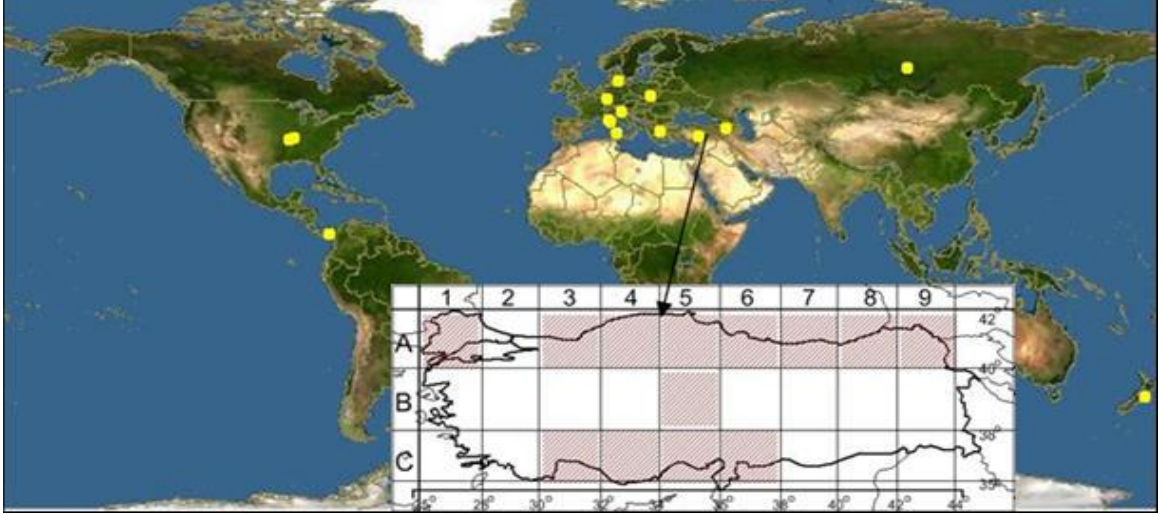
Cins : *Ostrya Scop.*

Tür: *Ostrya carpinifolia*

1.4.2. Kayacığın Genel Özellikleri

Kayacık türünün dünya üzerinde yayılışı; Batı Asya'da: Lübnan, Suriye, Türkiye; Kafkasya'da: Azerbaycan, Gürcistan, Rusya; Orta Avrupa'da: Avusturya ve İsviçre; Güneydoğu Avrupa'da: Arnavutluk, Bulgaristan, Yunanistan ile İtalya'da ve Güneybatı Asya olarak da Fransa'da doğal olarak görülür (Anonim, 2011).

Ülkemizde Orta ve Doğu Karadeniz başta olmak üzere özellikle Çoruh vadisinde, Karadeniz boyunca Sinop, Zonguldak, samsun Antalya, Adana ve Antakya ormanlarında doğal yayılış yaptığı görülmektedir.(Anşin ve Özkan, 1997). Doğu Akdeniz gibi yüksek rakımlarda ağaççık şeklindedir. Türkiye'de Davis'in kare sistemine göre Akdeniz ve Karadeniz boyunca A1 Kırklareli, A3 Zonguldak, A4 Kastamonu, A5 Sinop, A6 Tokat, A7 Trabzon, A8 Artvin, A9 Erzurum, B5 Adana, C3 Antalya, C4 İçel, C5 Adana, C6 Hatay karelerinde gösterilmiştir (Şekil 2.1) (Anonim, 2011).



Şekil 2.1. *Ostrya carpinifolia*'nın dünya üzerindeki ve Türkiye'deki Davis'ın, kare sistemine göre yayıldığı yerler (Anonim, 2013).

Türkiye'de yapılan çalışmalar kayacığın Doğu Karadeniz Bölümü dışında yoğunlaştığını göstermektedir. Batı Anadolu, Trakya, Marmara Bölgesi, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da da bu türle karşılaşılmamıştır (Gerçek vd., 1998; Yaltırık, 1981) Ülkemizde yapılan fito-sosyolojik çalışmaların Doğu Karadeniz Bölümü dışında yoğunlaştığını belirtmektedir (Gerçek vd., 1998). Kayacık en düşük rakımlarda 50 m, en yüksek rakımda da 1700 m'lerde görülmektedir (Anonim, 2011).

Kayacık bireylerinin rakımlara göre boy gelişimi değişim göstermektedir. Nemli ve sıcak ortamlarda 20 m'yi aşan boy ve 30 cm'ye varan çapıyla boylu orman ağacı vasfına erişen sadece Cide-Şehdağı'nda görülen kayacık, yüksek rakımlarda, özellikle Doğu Akdeniz'de ağaççık şeklindedir. Orman içerisinde seyrek ve 3-8 m boylarında küçük ağaç şeklinde Artvin, Kastamonu, Andırın, Göksun ve Feke dolaylarında görülür(Gerçek vd., 1998). Ayrıca Erzurum ili İspir bölgesinde saf ormanlar oluşturmaktadır. Diğer bölgelerde ise genelde başka türlerle karışıma girerler ve gruplar halinde görülmektedirler (Kulaç, 2013).

Kayacık; sıcak ve kalkerli muhitlerde yayılış göstermektedir. Tepelik arazilerin güney ve doğu yamaçlarında ve vadi içerisinde düzlüklerde bulunmaktadırlar (Kayacık,1981). Kuzey ve kuzey-doğu bakılarda normal kapalı meşcereler şeklinde bulunurken, güney bakılar da ise kayalıklar içerisinde tek tek bireyler halinde ve genellikle küçük ağaç formunda bulunmaktadır (Gerçek vd., 1998). Bitki örtüsü tarafından korunan nemli, verimli ve mineral topraklar kayacık için en iyi yetişme ortamıdır(Anonim, 1948). Kum miktarı az, kil miktarı yüksek, orta derecede verimli olan ve iyi temizlenmiş toprağı

tercih etmektedir. Ayrıca asitli topraklarda büyümektedir (Anonim, 2007a).

Kayacık yapılan birçok gözleme göre kuraklığa dayanıklı olduğu ya da kurak koşulları tercih ettiği ve yetiştiği ortam koşullarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Anonim, 2006b).

Ostrya carpinifolia, en fazla 20°C sıcaklığa dayanabilmekte, en iyi gelişimini bol güneş alan ve ormanlık alanlarda yapmaktadır (Anonim, 2007a). Koyu siper koşullara dayanamaz ve ışıklı veya yarı gölgeli alanları tercih ederken gölgeyi en çok tolere edebilen ağaç türlerinden biridir (Anonim, 2006b).

Genç sürgünler tüylü iken, tomurcukları sivri, konik ve tüsüzdür. Kısa sapları vardır. Yaprak saplarının sürgün üzerinde bıraktığı yaprak sapı izi daire dilimi biçimindedir ve üzerinde 5 tane iletim demeti vardır. Yaprak kenarları keskin çift dişli, damarları çıkık ve taze iken tüylüdür ama sonraları bu tüyler dökülür. Uzunluğu 4-10 cm, genişliği 2.5-6 cm arasındadır, 11-17 çift yan damarları bulunur. Yapraklarının alt yüzü açık yeşil, üst yüzü ise koyu yeşildir (Kayacık, 1981). Sürgünleri boz-kahverenginde, bol sayıda gözle görülebilen lentiselleri bulunur ve tüylüdür. Yan tomurcukları sürgünlere almaçlı dizilmişken, uç tomurcuk pseudoterminaldir. Tomurcukları dıştan 3-4 çift pulla çevrilmiş olup sivri uçlu yumurta biçimindedir. Tomurcuklar sürgünle dar açı yapacak şekilde dışa yönelikken, pulları tüylü olup yeşilimtırak-kahverengindedir (Yaltırık, 1981). Yapılan araştırmalar bu türün yaklaşık 150 yıl gibi orta seviyede ömürleri olduğunu göstermiştir (Anonim, 2006b).

Erkek çiçekler 5-7 cm uzunluğunda ve silindirik, Aşağıya sarkan bir eksen üzerinde toplanarak sarkık kurulları vardır. Sonbaharda belirir ve kışı tomurcuk halde geçirir, ilkbaharda olgunlaşır. Kurulları kışı açıkta geçirir (Anonim, 2011). Dişi çiçek kurulları önceleri dik, sonraları uzayarak aşağıya sarkan kedicik halinde kurullar oluşturur. Dişi çiçek dihyumlarının *Carpinus*'ta olduğu gibi iki yan çiçeği gelişmiştir. Her bir dihyum da iki yan çiçek vardır, ortadaki körelmiştir (Anşin ve Özkan 1998).

Dişi çiçekler 2-3 cm boyunda olup, açık yeşil renktedir ve Nisan ayında ortaya çıkar. İnce çiçek tozu konakları da açık yeşildir. Çanak yapraklar ovaryumu sarmış, onunla kaynaşmıştır. Dişi çiçeğin, üç brahteciğinin birleşmesinden meyveyi tamamen içerisine alan torba gibi bir örtü, mahfaza gelişmiştir. Yalnız çiçek safhasında iken torbanın uç kısmı açıktır, sonra kapanır. Ovaryum iki karpelden oluşmuştur. Ucunda iplik gibi iki stigması vardır (Kayacık, 1981). Tıpkı Şerbetçi Otu (*Humulus lupulus*)'nun meyvesine

benzeyen bu meyve örtüsü döllendikten sonra kapanmaktadır (Anşin ve Özkan, 1998).

10-15 tanesi bir arada sarkık salkımlar oluşturan meyveleri sivri uçlu torbacıklar içerisinde. Bu torbacıklar ilk olarak beyaz renkte olup, olgunlaştıkça kahverengini almaktadır (Anonim, 2011). Çiçeklenme ilkbaharda yapraklanma ile olurken, meyve ise sonbaharda olur (Kayacık 1981)

Çizelge 2.6. *Ostrya Carpinifolia* Scop.(Kayacık) ile *Carpinus* (Gürgen) cinsinin farklılıkları (Kulaç, 2013).

Cinsler ve özellikleri	<i>Ostrya</i> Scop.	<i>Carpinus</i> L.
Erkek çiçek kurulları (kışın)	Açıkta	Tomurcukta
Dişi çiçek kurulları (kışın)	Tomurcukta	Tomurcukta
Kabuk	Önceleri koyu gri, yaşlandıkça uzunlamasına şeritli çatlaklı	Gövde kabukları gri renkli düzgün
Tomurcuklar	Sürgünlere tamamen yatmış değil dar bir açı ile dışarı yönelik	Sürgünlere tamamen yatmış durumda
Yapraklar	12-18 çift olan yaprak yan damarları sayısı fazla	Yan damarlar 7-14 çift
Meyve örtüsü ve meyve	Üç brahtecikten oluşan meyve örtüsü var. Nuks meyve şişkin bir kese içinde	Üç brahtecikten oluşan meyve örtüsü var. Meyve açıkta
Odun	Odun rengi gürgenden daha koyu	Odun rengi açık

Tohum ile üretilen kayacığın, tohumlarında çimlenme engeli vardır. Kayacık tohumları sonbaharda dökülür, çimlenme ise ertesi yıl ilkbaharda gerçekleşir (Kulaç vd., 2013)

Kayacık'ın kök sistemi yayılış alanlarına göre değişiklik göstermektedir. Kayacık vadi içi düzlüklerde, tepelik arazilerde doğu ve güney yamaçlarda daha çok kalkerli sıcak mühitlerde yayılış yapmaktadır (Kayacık 1981). Bitki örtüsü tarafından korunan nemli, verimli, mineral topraklar kayacık için en iyi yetişme ortamıdır (The Forest Service, 1948).

2. LİTERATÜR TARAMASI

Pandey ve Tripathi (2011), yaptığı bir çalışmada Cd, As ve Pb gibi ağır metallerin, *Albizia procera* fidanlarının morfolojik ve biyokimyasal parametreleri üzerine farklı etkisini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda bakıldığında tüm dozlarda (1, 5 ve 10 ppm), klorofil, ham protein, amino asit ve çözülebilir karbonhidrat miktarında önemli bir azalma gözlenirken, prolin miktarı kontrol grubu ile kıyaslandığında önemli ölçüde artmıştır. Ayrıca ağır metal uygulamalarının tümünde kök uzunluğu, yaprak alanı ve bitki biyokütlesi ile negatif korelasyon ortaya koymuştur. Parametrelerin çoğunda ağır metal dozuna bağlı değişiklikler gözlenmektedir (Pandey ve Tripathi, 2011).

Azizollahi vd. (2019), yaptığı çalışmada Cd'nin *Satureja hortensis* L. bitkisi bünyesinde birikimini, bitki büyümesini, fizyolojik tepkiler ve biyokimyasal karakterler üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. Bitkiler büyüme ortamında 0 (kontrol), 2.5, 5 ve 15 mg L⁻¹ olmak üzere farklı düzeylerde Cd konsantrasyonlarına tabi tutulmuşlardır. Elde edilen sonuçlarda ise Cd toksisitesi bitki büyümesini olumsuz etkilemesine ek olarak klorofil içeriğini önemli ölçüde azaltmaktadır. Prolin, çözünen ve indirgeyici karbonhidratlar, antosiyanin içeriği ve antioksidan enzimlerin aktivitesi ise Cd'ye maruz kalmanın bir sonucu olarak önemli ölçüde artmıştır. (Azizollahi vd., 2019).

Zhou vd. (2019), yaptıkları bir çalışmada *Cinnamomum camphora* (Kafur ağacı) fidanları düşük konsantrasyon Cu (Cu1), yüksek konsantrasyon Cu (Cu2), düşük konsantrasyon Cd (Cd1), yüksek konsantrasyon Cd (Cd2), düşük konsantrasyon Cu-Cd kombine (Cu1Cd1), ve yüksek konsantrasyon Cu-Cd kombine (Cu2Cd2), ve bir kontrol olarak kirlenmemiş toprakta yetiştirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda Cu ve Cd uygulamaları prolin ve toplam çözülebilir karbonhidrat miktarında artışa neden olmuştur. Prolin içeriği ve çözünen karbonhidrat içeriği *C. camphora*'nın ağır metal streslerine karşı direncini değerlendirmek için kullanılabilir (Zhou vd., 2019).

Kursunun elma (Munzuroğlu ve Gür, 2000), tütün (Tuna vd., 2002), çam (Chaney ve Strickland, 1984), meşe, ladin (Holub ve Ostrolucka, 1984) kayısı (Kılış vd. 2009) ile kayısı ve kiraz (Gür ve Topdemir, 2008) polenlerinde çimlenme ve fidan büyümesini engellediği daha önceki çalışmalarda tespit edilmiştir. Ağır metal iyonları sadece

solunumdaki elektron tasıma sistemini etkilemez aynı zamanda enzim aktivitesini kısmen veya tamamen inaktif hale getirerek indirekt olarak bitki büyümesini de engellerler. Enzim aktivitesi ve solunumdaki azalmanın bir sonucu olarak polen çimlenmesi ve fidan büyümesini de olumsuz yönde etkilemektedir (Kılış vd., 2009).

Doğan vd 2009 yaptığı çalışmada, farklı derişimlerdeki Cd (0, 0.01, 0.1 ve 1 mg L⁻¹) etkisinde 96 saat bırakılan *Ceratophyllum demersum* L.'de meydana gelen bazı fizyolojik ve morfolojik değişimler incelenmiştir. Kadmiyum uygulamasının düşük derişimlerinde dikkate değer morfolojik değişim olmazken, yüksek derişimde ise yapraklarda dökülmeler ve kısmi doku yumuşamalarının olduğu görülmüştür. Kadmiyumun 0.01, 0.1 ve 1 mg L⁻¹ derişimlerinde yetiştirilen makrofit dokularının Cd derişimleri kontrole göre sırasıyla 15.4, 33.5 ve 160.0 kat arttığı belirlenmiştir. Toplam çözülebilir karbonhidrat ve protein miktarlarında azalma görülmüştür. Prolin ve sistein aminoasitlerinde artış belirlenmiştir.

Xu vd. (2019), yaptıkları çalışmada toprağa ilave edilen kadmiyum ile birlikte ozona maruz bırakılan *Populus alba* 'Berolinensis' türünde görünür hasar, bitki büyümesi, fotosentez, oksidatif stres, antioksidan enzim aktiviteleri ve Cd'nin biyolojik birikimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Cd konsantrasyonu içeren (0, 100 ve 500 mg kg⁻¹) toprakda kavak fidanları yetiştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar yüksek Cd (500 mg kg⁻¹) derişimine maruz bırakılan bitkilerde belirgin yaprak zedelenmesi görülürken, kök ağırlığını (%41,6 oranında) ve toplam biyokütleyi (%17,4 oranında) azaldığı görülmüştür. Ayrıca net fotosentetik hızı ve stoma iletkenliğini inhibe olduğu belirlenmiştir. Cd'nin yapraklarda birikiminin ve Cd kirliliği yüksek olan topraklarda yetişen kavak bitkilerinin gövde büyümesinin hızlı bir şekilde arttığı görülmüştür.

Cd stresine maruz kalan bezelye bitkilerinde yapılan çalışmada prolin içeriğinde %97 oranında, Cd stresine karşı dışsal olarak uygulanan SA'in ise prolin miktarını %138,8 oranında arttırdığı belirlenmiştir (Gaballah ve Rady, 2012). Cd stresi altındaki bezelye bitkileri için SA'in poatansiyel bir antioksidan olabileceğini de ileri sürmüşler. Uygulanan SA'in bu yararlı etkisinin bir dizi biyokimyasal olayın niteliğindeki değişimler sonucu olduğu saptanmıştır. Cd toksisitesine cevapta prolin birikimi *Triticum aestivum*, *Vigna radiate*, *Helianthus annuus* ve *Phaseolus vulgaris* bitkilerinde de belirlenmiştir (Rady, 2011). Dolayısıyla prolin birikimi stres toleransında bir indikatördür. (Ashraf ve Foolad, 2007).

Ağır metale maruz kalmıs birçok bitkide strese cevap olarak serbest prolin birikiminin olduğu görülmüstür (Alia-Saradhi, 1991).

Farklı konsantrasyonlarda kursun ve kadmiyuma maruz bırakılan iki buğday varyetesinde (*Triticum aestivum* L. cv. Gerek-79 ve Bolal-2973) prolin birikiminin olduğu tespit edilmistir (ncel vd., 2000).

Trebouxia erici likenine bakır uygulandığında prolin miktarının arttığı belirtilmiştir (Bockar vd., 2004).

Phaseolus vulgaris L. bitkisine değisik ağır metaller uygulandığında prolin içeriğinin arttığı tespit edilmistir (Zengin ve Munzuroğlu, 2005). Bakır ve çinkoya maruz bırakılan *Lemna minor*'da prolin birikiminin olduğu görülmüstür (Bassi ve Sharma, 1993).

Oryza sativa bitkisi $CuSO_4$ 'a maruz bırakıldığında prolin miktarının arttığı kaydedilmiştir (Costa vd., 2016).

Silene vulgaris'in metale toleranslı olan ve olmayan ekotipleri bakır, kadmiyum ve çinkoyla muamele edildiğinde yapraklarda prolin miktarının oldukça attığı ve özellikle de metale toleranslı olan ekotipte bu miktarın toleranslı olmayan ekotipe göre 5-6 kat daha fazla olduğu tespit edilmistir (Schat vd., 1997)

Buğday bitkisine çinko ve bakır uygulamasıyla prolin miktarının arttığı bildirilmiştir (Bassi ve Sharma, 1993).

Yapılan baska bir çalışmada *Solanum nigrum* L.'nin yapraklarında ve köklerinde hücre içi serbest prolin miktarının Cd uygulamalarıyla arttığı bildirilmistir (Costa ve Morel, 1994).

Farklı bilim adamları tarafından Ağır metal kirliliğinden dolayı farklı bitki türlerinde klorofil miktarının azaldığı ortaya konulmuştur. Örneğin Ağır metal kirliliği (Ni-Cu) olan topraklarda büyüyen *Empetrum nigrum*'un klorofil içeriğinde % 15-30 oranında azalma olduğu llmştir. (Monni, 2001)

Bayu vd. (2006), yaptıkları bir araştırmada İstanbul' un belirli yerlerinden toplanan ağaçlarda, klorofil miktarının kontrol bitkilerine göre azaldığını saptamıştır. Yapılan araştırma, klorofil miktarının azalmasına; ağaç türlerinin, mevsimsel faktörlerin, yerin durumunun ve ağır metal stresinin neden olduğunu belirtilmistir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

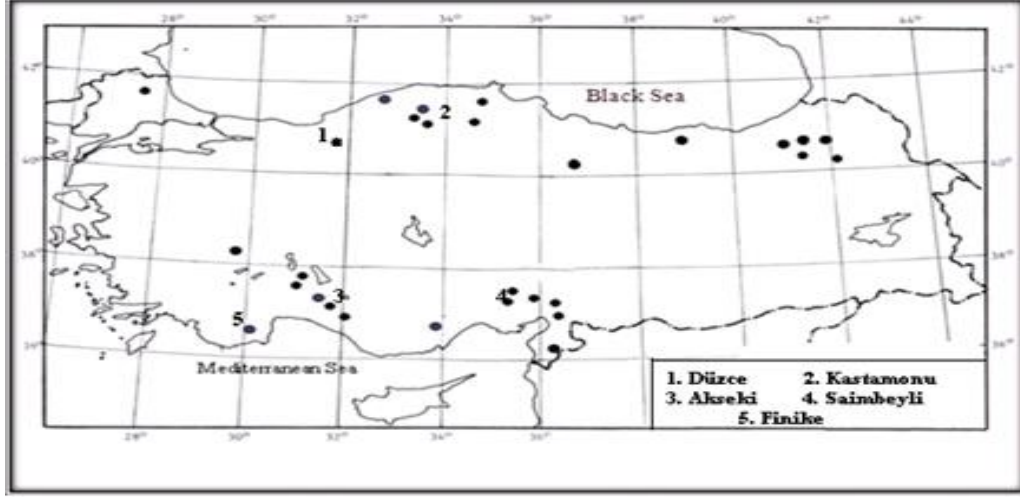
3.1. MATERYAL

3.1.1. Tohumların Elde Edilmesi

Araştırmada kullanılan 1+0 yaşındaki fidanlar; Kastamonu-Cide, Adana-Saimbeyli, Antalya-Akseki, Antalya-Finike, Düzce-Yığılca olmak üzere 5 farklı orijinden 2013 yılı sonbaharında temin edilmiştir (Çizelge 3.1, Şekil 3.1). Kayacık tohumlarının doğal yayılış alanlarına göre değişik zamanlarda her bir orijin içerisindeki en az on ağaçtan tohum toplanmıştır. Hava kurusu hale getirilen ve oda sıcaklığında saklanan tohumlardan, her orijine ait bireylerden eşit ağırlıkta tohum alınarak karıştırılmıştır. İşlemler yapıncaya kadar +4 derecede buzdolaplarında bekletilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışılan orijinlere ilişkin bazı özellikler.

Numara	Orijin	Enlem	Boylam	Rakım (m)	Ort. Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)
1	Kastamonu-Şehdağ	41° 47'	33° 07'	700	13,4	807
2	Adana-Saimbeyli	38° 01'	36° 06'	1225	11,7	592
3	Antalya-Akseki	37° 05'	31° 46'	1300	12,3	786
4	Antalya-Finike	36° 19'	30° 05'	820	17,6	938
5	Düzce-Yığılca	40° 55'	31° 20'	550	12,3	775



Şekil 3.1. Araştırmaya konu kayacık orijinleri (Kulaç vd., 2013).

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Fidanların Yetiştirme Aşamaları

Toplanan tüm tohumlar +2 derecede soğuk çıplak katlamaya alınmıştır. Katlamada 2 ay bekletilen tohumlardan çimlenmeye başlayanlar 1:1:1 oranlarında karıştırılan dere kumu, torf ve perlit karışımından oluşan ortamlara ekimleri yapılmıştır (Şekil 2.8).

Ekim işlemleri 2013 mayıs ayının sonlarında, Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi'ne ait seralarda, 12x25 cm lik polietilen tüplere ekilmiştir. Düzenli olarak bakım ve sulama işlemleri uygulanmıştır.



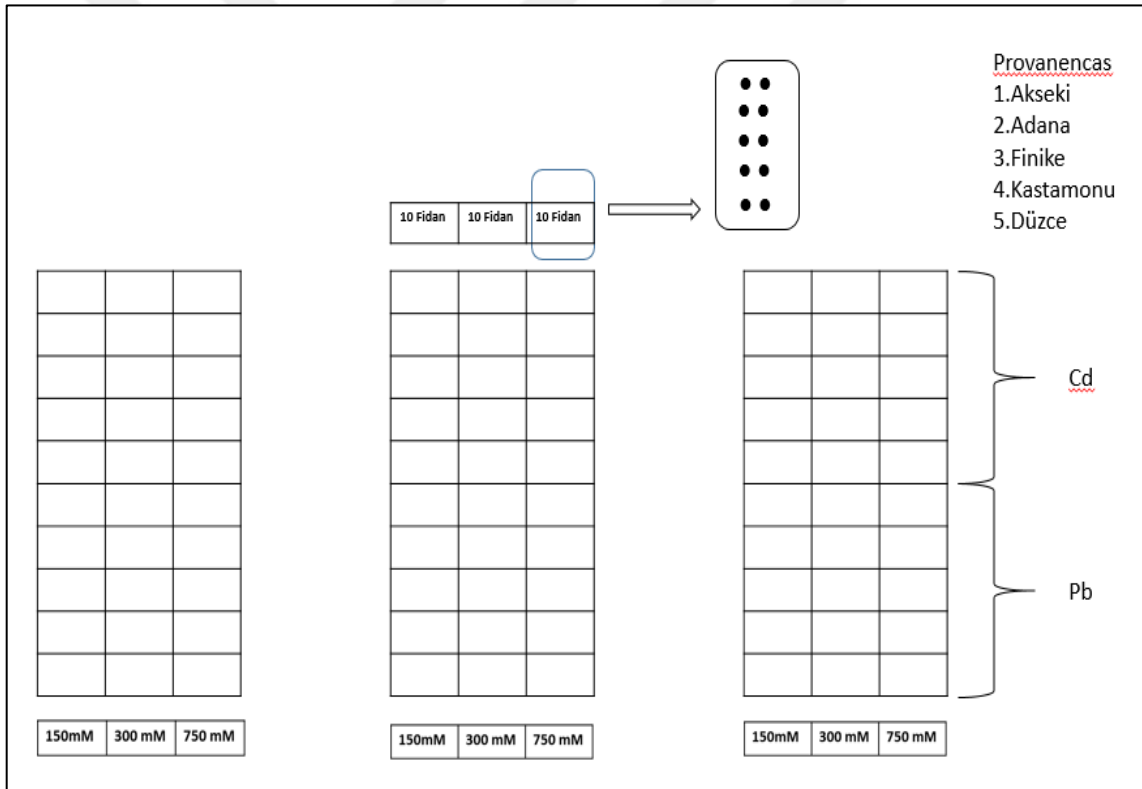
Şekil 3.2. Kum, Torf ve Perlitten oluşan 1:1:1 oranındaki fidan yetiştirme materyalinin hazırlanması.

3.2.2. Ağır Metal Uygulamaları

Bu çalışma kapsamında 5 farklı orjinden alınan tohumların çimlendirilmesinden sonra 1 yaşını tamamlayan kayacık fidanlarına 3 farklı dozda, 2 farklı ağır metal denemeleri yapılmıştır. Çalışma amacı ise; farklı dozlardaki iki farklı ağır metalin (Kadmiyum ve Kurşun) farklı popülasyonlardan elde edilmiş kayacık fidanlarına morfolojik, ve biyokimyasal etkilerini ortaya koymaktır.

5 farklı orijin, 2 farklı ağır metal (kurşun ve kadmiyum), 3 farklı doz (150 Mm, 300 Mm, 750 Mm), 3 tekrar ve 10 ar fidan kullanılmıştır. $5 \times 2 \times 3 \times 3 \times 10 = 900$ fidan ve 100 fidan da kontrol olarak kullanılarak toplamda 1000 fidan kullanılmıştır. Uygulanan Cd-Pb işlemine ait deneme deseni Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Fidanların Cd-Pb işlemlerine ait deneme deseni.



Ağır metaller (Cd ve Pb) 3 farklı doza göre hesaplanmış ve her fidanın dibine 100 ml olarak ilave edilmiştir. 15 lt suda; Cd 150 mM dan 0,6 gr, Cd 300 mM dan 1,23gr, Cd 750 mM dan 6,15 gr, Pb 150 mM dan 0,8 gr, 300 mM dan 1,6 gr, 750 mM dan 8 gr ağır metal ilave edilerek homojen olarak karışım sağlanmış ve fidanlara verilmiştir. Ağır metal ilave edilmiş sular tüplere verilmiştir.

Uygulama her 15 günde bir tekrarlanmış ve 5 ay (Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim) sürmüştür. Vejetasyon süresi boyunca her ay sonunda fidanların çap ve boyları ölçülmüş, ayrıca her fidandan alınan yaprak örnekleri sıvı azottan geçirilerek -80 °C de derin dondurucuya yerleştirilmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 3.3. Fidanlara ağır metal ilave edilmesi.

Ağır metal verilen fidanlarda ay sonlarında her fidandan alınan yaprak örnekleri aliminyum folyoya sarılıp permanent kalemle hangi örneğe ait olduğu yazılıp sıvı azota batırılmış ve -80°C de soğuk hava dolaplarında saklanmıştır.



Şekil 3.4. Kayacık fidanlarından yaprak örneği alınması.

Ağır metal verilen fidanlarda ve kontrol grubunda yer alan fidanların her ayın sonunda çap ve boy ölçümü gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5. Kayacık fidanlarının çap boy ölçümü.



Şekil 3.6. Kayacık fidanlarının boy ölçümü.

3.2.3. Kayacık Fidanlarında Bazı Morfolojik Ve Biyokimyasal Karakterlerin Mevsimsel Belirlenmesi

Kastamonu-Cide Şehdağ, Adana-Saimbeyli, Antalya-Akseki, Antalya-Finike, Düzce-Yığılca, orijinlerinden 15 Mayıs ve 15 Ekim 2014 tarihleri arasında her 15 günde bir kez tekrarlanan ölçümlerde, 2 farklı ağır metal ve 5 farklı orijinin her birinden rastgele seçilen 10 ar adet fidan kullanılarak toplam 900 adet fidanda ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerde fidanların kök boğaz çapı (KBÇ), fidan boyu (FB), toplam karbohidrat değerleri ve prolin içerikleri belirlenmiştir.

3.2.3.1. Morfolojik özelliklerin ölçülmesi

Fidan boyu, kök boğazı çapından tepe tomurcuğuna kadar 0,1 cm hassasiyetle ölçüldü ve her fidan için tekrarlandı. Fidan kök boğazı çapı 0,01 cm hassasiyete sahip dijital kumpasla ölçülmüştür.

3.2.3.2. Toplam Çözünebilir Karbohidrat Tayini

Dubois vd.(1956)'in yaptığı araştırmalara göre toplam çözünebilir karbohidratlar belirlenerek, glikoz stoğu (20µg/ml) olarak hazırlanmıştır. Bu hazırlanan glikoz stoğu için 0.02 gr glikoz tartılarak 1 lt saf suyla tamamlanmıştır. Karışım manyetik karıştırıcıda takriben 10 dk boyunca homojenlik sağlanana kadar karıştırılmıştır.% 5'lik fenol çözeltisi 5 gr fenolün üzeri 100 ml saf su tamamlanarak oluşturulmuştur. Kör olarak 1 ml H₂O +1 ml % 5' lik fenol (Surechem Products LTD., P 1922) +5 ml H₂SO₄ oluşturulan tüp ölçüm için 15 dakika soğumaya bırakılmıştır.

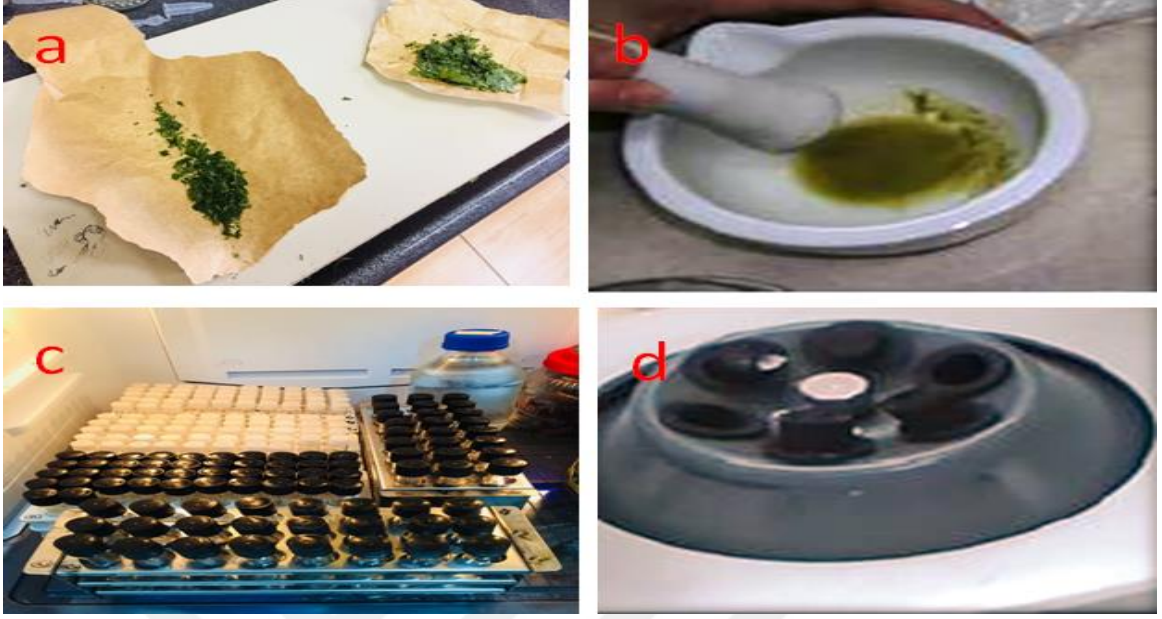
1 ml glikoz stoğu standart ölçümü için, 1 ml %5'lik fenol ve 5 ml H₂SO₄ (Sigma,33,974-1) bulunduran bir tüp oluşturulmuştur. Oluşturulan bu her iki tüp fenol ve H₂SO₄ eklenmesinden sonra bir kez vorteks (Fision Whirli Mier) ile karışım yapıp kör ölçüme hazır olması için 15 dakika soğumaya bırakılır. Ölçüm için 2 tane kör kullanılmıştır.

Örnek hazırlığında kök boğazın çapından makasla kesilip karıştırılan ve kese kağıdına koyulan 3 adet kayacık yaprakları kurutulmak üzere 60° C'de 48 saat fırınlanmıştır. Kurutulan kayacık yaprakları numuneleri çift katlı alüminyum folyoya sarılıp ağzı kilitli poşetlere koyularak etiketlenmiş ve -20°C lik dondurucularda ölçüm zamanı için bekletilmiştir. Kuru örneklerinde 0.1'er gr olacak şekilde 5 adet kayacık yaprağı örneği, hassas terazide tartılmış ve porselen havanda takriben 5 gr cam kırığı veya kuvars ile beraber öğütülmüştür. Öğütülen bu 0,1 g'lık kuru yaprağımıza %80'lik ethanol ile homojenlik sağlanmıştır. Bu örnekler vida kapaklı cam tüplere küçük cam huniler ile koyulmuştur. Vida kapaklı cam tüpler içerisindeki örnekler 5000 rpm de 5 dakika santrifüj (Nüve FN 615) yapıldıktan sonra süpernatantta (camlarından arınmış numune çözeltileri) +4°C'lik buzluklarda 48 saat bekletilmiştir. Böylelikle 5 tekrarlı hazırlanan çözeltiler ölçüm için hazır olmuşlardır.

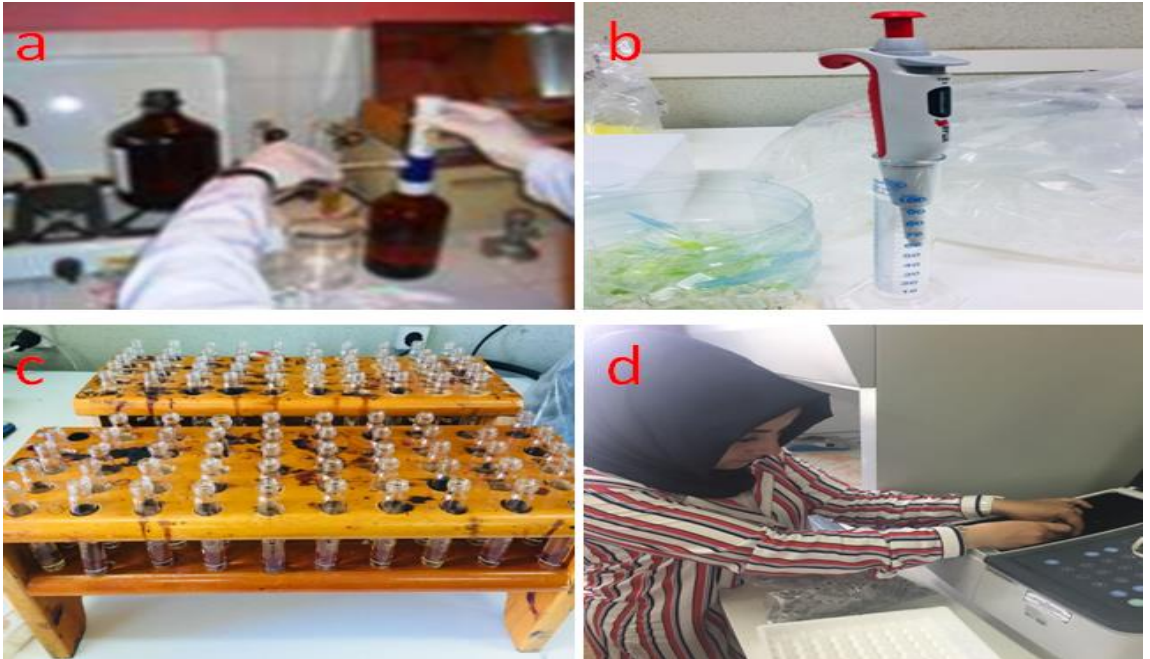
Spektrofotometrik ölçüme hazırlanan 1ml lik örnek için, cam tüp içerisine konulan 50'şer µllik numune üzerine 950 µl lik su ilave edilmiştir. Bu 1 ml 'lik örnek üzerine 1 ml de fenol(%5'lik) ilave edilmiş ve vorteks ile karıştırılmıştır. Bu karışım üzerine 5 ml H₂SO₄ eklenerek tekrar karıştırılmış ve 15 dk soğuması için beklenmiştir.

Bu spektrofotometre'ye hazırlanan körler yerleştirilmiş ve 490 nm'de makine sıfırlanmıştır. Ardından standart çözeltileri ölçülmüş ve hesaplamalarda kullanılmak için kayıt altına alınmıştır. Son işlem olarakta soğuyan numuneler 3 ml'lik küvetlerde

490 nm de köre karşı absorbanlar okunmuş ve toplam karbonhidratlerin miktarları mg/100 kuru ağırlıkları olarak hesap edilmiştir.



Şekil 3.7. Toplam karbonhidrat ölçümü için örneklerin hazırlanması a) kuru kayacık yapraklarının cam kırıkları ile porselen havanda öğütülmesi işlemi ve b) numunelere etanol ilave edilmesi, c) etanol ilave edilmiş yaprak örneklerinin vida kapaklı cam tüplere koyulması ve d) santrifüj yapılması.



Şekil 3.8. Toplam karbonhidrat ölçümü için 50 µl örnek üzerine saf su, fenol ve H₂SO₄ ilave edilmesi(a,b), örneklerin soğumak için bırakılması ve ölçüm yapılması (c,d).

3.2.3.3. Prolin Tayini

Prolin miktarını tayin ederken Asit-Ninhidrin metodu kullanılmıştır (Bates vd., 1973) Asit-Ninhidrin metodu ile prolin tayini için kullanılanlar; saf prolin (standart grafik çizimi için), glasiyal asetik asit, asit-ninhidrin çözeltisi, toluen ve %3'lük sülfosalisik asittir.

%3 lük sülfosalisilik asit hazırlarken, 6 gr sülfosalisilik asidi 180 ml saf su içerisinde seyreltilerek 200 ml ye tamamlanmıştır.

Ninhidrin reaktif hazırlanırken, 1,25 gr ninhidrin tartılmış ve üzerine 30 ml glasiyal asetik ve 20 ml fosforik asit eklenmiş ve ışık almayan bir kap içerisinde 65-70 °C'ye kadar ısıtılırken karıştırılmıştır. Sıvının rengi mavi-mor arası renge ulaştığında sıvının çözündüğüne karar verilip soğumaya bırakılır ve ardından sıvı açık sarı rengi aldığı anda ölçümlerde kullanılmaya hazır hale gelmiş olur.

Kör hazırlığında ise, 1 ml sülfosalisilik asidin üzerine 1 ml glasiyal asetik asit ve 1 ml ninhidrin karışımı eklenir. Bu karışım vortekste karıştırıldıktan sonra 60 dakika 100 °C bekletilir ve daha sonra 10 dakika buz banyosunda bekletilerek üzerine 4ml toluen eklendiğinde ölçüm için hazır hale gelmiştir.

Prolin standartının hazırlanmasında saf prolin (Merck, K1033734) kullanılmış ve 1ml'sinde 100 gr prolin bulunduran çözelti içerisinde 0; 10; 20; 40; 60 ml alınıp %3'lük sülfosalisilik asitle 1 ml'ye tamamlanarak çözelti oluşturulmuştur. Bu oluşturulan çözelti üzerine 1 ml glasiyal asetik asit ve 1ml asit-ninhidrin çözeltisi, 30 ml glasiyal asetik asit ve 20 ml 6 M fosforik asit eklenmiştir. Hazırlanan çözelti örnekleri 100 °C lik etüvde 1 saat bekletilir ve sonra reaksiyonu durdurmak için 10 dakika buz banyosunda bekletilmiştir.

Absorbansları ölçmek için her tüpe 4 ml toluen eklenip, vorteksle karışım sağlandıktan sonra 520 nm dalga boyunda spektrofotometre kullanılmıştır. Kör olarak toluen kullanılmış, ölçüm için ise makine toluen ile sıfırlanması sağlanmıştır. 60 °C'ye ayarlanmış etüvde kurutulmuş kayacık yaprakları ölçüm için kullanılmıştır. Ölçüm için kullanılan örneklerden 0,24 g alınıp 8 ml %3'lük sülfosalisilik asit içerisinde homojenliği sağlanmış ve 4 kat tülbentten geçirilmiştir. Süzülen örnekler 5 dakika 5000 rpm de santrifüj edilmiştir. Süzüntüden 1'er ml alınmış ve üzerine 1 ml glasiyal asetik asit ve 1 ml ninhidrin karışımı ilave edilerek numunelerin vortekste karışımı sağlanıp 100 °C'ye ayarlanmış etüvde 1 saat bekletilir. Daha sonra 10 dakika bu reaksiyonu

durdurmak amacıyla buz banyosunda bekletilir. Bu aşamalardan sonra her tüp üzerine 4 ml toluen ilave edilerek yeniden vorteksten geçirilir ve 5 dakika beklenip ölçüm yapılır. Böylelikle spektrofotometrede okunan absorbans değerleri standart grafikte μg prolin olarak hesaplanmış ve böylece 1 g kuru ağırlıktaki prolin miktarı belirlenmiş olur. Süzüntü 5000 rpm de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Süzüntüden 1er ml alınıp üzerine 1 ml glacial asetik asit ve 1 ml ninhidrin karışımı eklenerek örnekler vortekste karıştırılarak $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ye ayarlı etüvde 1 saat bekletildikten sonra reaksiyonu durdurmak için buz banyosunda 10 dakika bekletilmiştir. Her tüp üzerine 4 ml Toluen eklenerek tekrar vorteksten geçirilip 5 dakika bekletildikten sonra ölçüm yapılmıştır. Elde edilen absorbans değerleri spektrofotometrede hazır olan standart grafik üzerinden μg prolin olarak belirlenmiş ve buradan 1 gr kuru ağırlıktaki prolin miktarı hesaplanmıştır.

1.4.1. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma sonunda, elde edilen verilere, SPSS 19.0 istatistik paket programı ile Varyans analizi yapılmıştır. Farklı dozlardaki iki farklı ağır metalin (Kadmiyum ve Kursaun) 5 farklı popülasyonlardan elde edilmiş kayacık fidanlarına morfolojik, ve biyokimyasal bakımından etkileri istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olup olmadığını ortaya koymak amacıyla varyans analizleri (ANOVA) yapılmış ve homojen grupların belirlenmesinde Duncan testi kullanılmıştır (Özdamar, 1999).

4. BULGULAR

4.1. AĞIR METAL TÜRÜNE VE DOZUNA BAĞLI OLARAK AYLIK ÇAP ARTIŞ MİKTARI

Çalışma kapsamında öncelikle çalışmaya konu elementlerin beş farklı orijin üzerine uygulanan üç farklı doz miktarına bağlı aylık olarak çap değişimleri belirlenmiştir. Elementlerin doz miktarına bağlı olarak çap ve boy değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla varyans analizi uygulanmıştır. Çap değişiminin ağır metal uygulamaları, orijin ve doz bakımından ay bazında değişimini gösterir varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ağır metal dozuna bağlı çap ve boy değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Ölçüm Zamanı		Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Haziran	Orjin	9.487	4	2.372	7.486	.000
	AmxD	49.010	7	7.001	22.101	.000
	Orjin * AmxD	27.973	28	.999	3.154	.000
	Error	25.344	80	.317		
	Total	4436.735	120			
	Corrected Total	111.814	119			
Temmuz	Orjin	6.148	4	1.537	2.866	.028
	AmxD	88.389	7	12.627	23.547	.000
	Orjin * AmxD	38.788	28	1.385	2.583	.001
	Error	42.900	80	.536		
	Total	7459.719	120			
	Corrected Total	176.224	119			
Ağustos	Orjin	1.481	4	.370	.837	.505
	AmxD	97.863	7	13.980	31.625	.000
	Orjin * AmxD	24.356	28	.870	1.968	.010
	Error	35.366	80	.442		
	Total	9224.648	120			
	Corrected Total	159.066	119			

Çizelge 4.1 (Devamı). Ağır metal dozuna bağlı çap ve boy değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Eylül	Orjin	7.923	4	1.981	3.307	.015
	AmxD	102.217	7	14.602	24.380	.000
	Orjin * AmxD	43.143	28	1.541	2.572	.001
	Error	47.917	80	.599		
	Total	11818.895	120			
	Corrected Total	201.200	119			
Ekim	Orjin	8.217	4	2.054	1.746	.148
	AmxD	110.335	7	15.762	13.397	.000
	Orjin * AmxD	39.533	28	1.412	1.200	.260
	Error	94.126	80	1.177		
	Total	14867.407	120			
	Corrected Total	252.211	119			

4.1.1. Kadmiyum Elementine Bağlı Aylık Çap Değişimi

Üç farklı dozda Cd elementi uygulanan 5 farklı kayacık orjinlerinin haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim aylarında fidan çapı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara varyans analizi ve Ducan testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Cd elementine maruz bırakılan fidanların ay bazında çap değişimi.

Popilasyon Adı	Doz	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Akseki	150 ppm	5.48 abcdefgh	9.13 klm	9.58 ghijkl	10.47ghijklm	11.46 cdefghijk
	300 ppm	5.78 defghij	7.78 cdefghijk	8.42 abcdefg	9.02 bcdefg	11.30 cdefghijk
	750 ppm	4.98 abcd	6.46 abc	7.29 a	8.79 abcdef	9.66 abcde
	Kontrol	6.590 hijklmno	10.05 m	10.64 l	11.61 m	12.66 jk
Adana	150 ppm	6.76 ijklmno	7.61 cdefghij	9.27 efghijk	10.02 fghijk	10.96 bcdefghij
	300 ppm	5.33 abcdefg	7.44 bcdefghi	8.03 abcde	10.01 fghijk	10.42 bcdefghi
	750 ppm	4.49 a	6.65 abcde	7.82 abcd	9.55 defghijk	12.10 fghijk
	Kontrol	6.28 fghijkl	9.24 lm	10.04 hijkl	11.80 m	12.59 ijk
Finike	150 ppm	6.41 fghijklm	7.53 cdefghij	8.71 bcdefg	10.04 fghijkl	10.04 abcdef
	300 ppm	7.08 lmno	7.05 bcdefgh	8.68 bcdefg	8.82 abcdef	11.62 defghijk
	750 ppm	5.58 abcdefgh	7.44 bcdefghi	7.85 abcd	9.52 defghijk	10.41 bcdefghi
	Kontrol	7.43 mno	8.91 jklm	10.69 l	10.88 jklm	12.25 ghijk

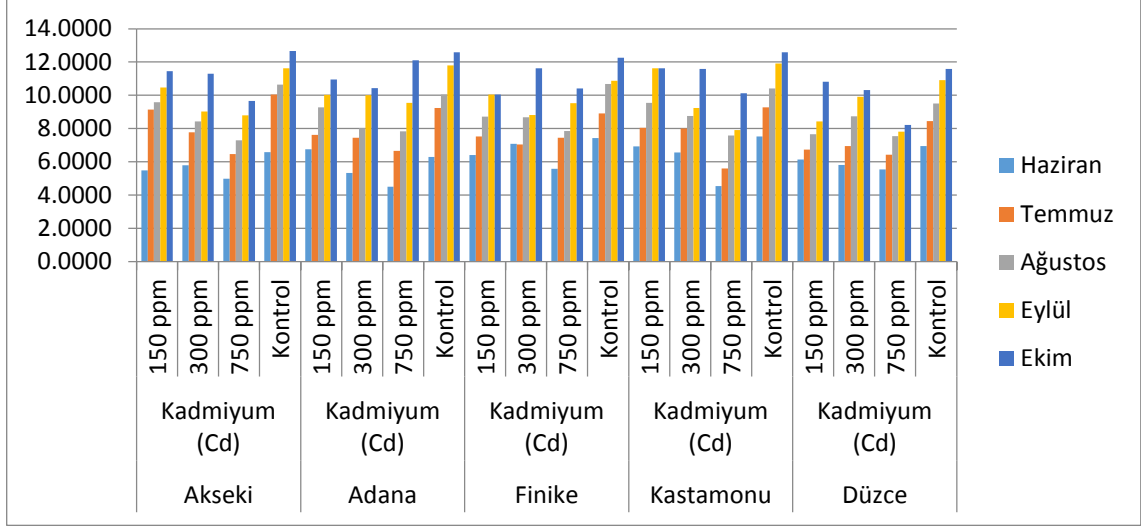
Çizelge 4.2 (Devamı). Cd elementine maruz bırakılan fidanların ay bazında çap değişimi.

Kastamonu	150 ppm	6.92 klmno	8.04 efghijkl	9.54 ghijkl	11.61 m	11.61 defghijk
	300 ppm	6.55 hijklmno	8.0 defghijkl	8.75 bcdefg	9.24 bcdefghi	11.57 defghijk
	750 ppm	4.54 a	5.59 a	7.57 ab	7.90 abc	10.12 abcdefg
	Kontrol	7.52 no	9.28 lm	10.42 kl	11.92 m	12.59 ijk
Düzce	150 ppm	6.14 efghijkl	6.74 abcdef	7.65 ab	8.44 abcde	10.81 bcdefghij
	300 ppm	5.81 defghijk	6.95 abcdefg	8.73bcdefg	9.91 efghijk	10.31 abcdefgh
	750 ppm	5.55 abcdefgh	6.42 abc	7.53 ab	7.80 ab	8.21 a
	Kontrol	6.95 lmno	8.45 hijkl	9.50 ghijkl	10.91 jklm	11.58 defghijk

*** Her ay için ayrı ayrı Duncan testi uygulanmıştır (Yukarıdaki gruplaşmalar her ay için farklıdır).

Tablo sonuçları incelendiğinde tüm aylar arasındaki değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde fidan gövde çapındaki değişim doz bazında en düşük 750 ppm, daha sonra 300 ppm ve en yüksek ise 150 ppm doz kadmiyum uygulanan fidanlarda ölçülmüştür. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan gruplar incelendiğinde en büyük çap genişliği istisna olarak 750 ppm doz kadmiyum uygulanan Adana orjinindeki fidanların ekim ayı ölçümleri olduğu görülmektedir. Bir sonraki en büyük çap genişliği ise 300 ppm doz Cd uygulanan Finike orjinindeki fidanların ekim ayı ölçümleri olduğu görülmektedir. En düşük çap genişliği ise haziran ayında yapılan ölçümler sonucunda 750 ppm doz kadmiyum uygulanan Adana ve Kastamonu orjinleri olduğu görülmektedir. Yukarıdaki tablo incelendiğinde ilk ay sonu yapılan ölçümlerde sırasıyla en düşük çap genişliğine sahip Adana ve Kastamonu orjinleri beşinci ayın sonunda yapılan ölçümler sonucunda en büyük çap genişliğine sahip orjinler konumuna gelmektedirler.

Üç farklı dozda kadmiyum uygulanan kayacık fidanlarının aylık fidan çapı değişimini gösterir grafik Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Cd elementine bağlı ay bazında çap değişimi.

4.1.2. Kurşun elementine bağlı aylık Çap değişimi

Üç farklı dozda Pb elementi uygulanan 5 farklı kayacık orjinlerinin haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim aylarında fidan çapı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara varyans analizi ve Ducan testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Pb elementine maruz bırakılan fidanların ay bazında çap değişimi.

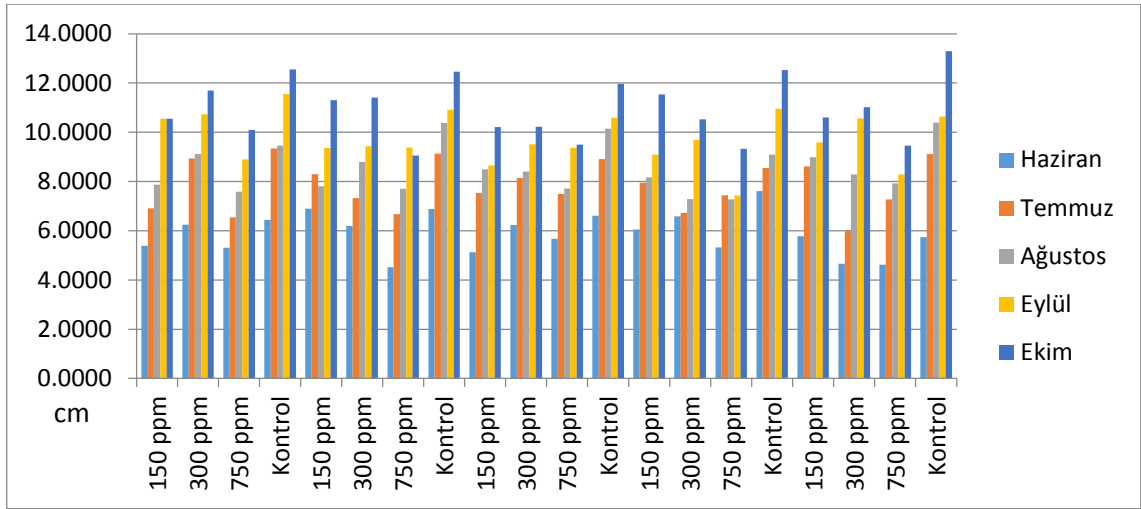
Popilasyon Adı	Doz	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Akseki	150 ppm	5.39 abcdefg	6.90 abcdefg	7.87 abcd	10.55 ghijklm	10.55 bcdefghij
	300 ppm	6.24 fghijkl	8.93 jklm	9.12 defghij	10.73 ijklm	11.69 efghijk
	750 ppm	5.30 abcdef	6.55 abcd	7.59 ab	8.9 bcdef	10.1 abcdefg
	Kontrol	6.44 ghijklmn	9.33 lm	9.46 fghijkl	11.54 lm	12.55 ijk
Adana	150 ppm	6.90 jklmno	8.29 ghijkl	7.81 abcd	9.37 cdefghij	11.3 bcdefghijk
	300 ppm	6.19 efghijkl	7.33 bcdefghi	8.79 bcdefgh	9.43 defghijk	11.40 cdefghijk
	750 ppm	4.51 a	6.67 abcde	7.70 abc	9.38 cdefghij	9.05 ab
	Kontrol	6.88 jklmno	9.13 klm	10.37 jkl	10.91 jklm	12.45 hijk
Finike	150 ppm	5.12 abcde	7.52 cdefghij	8.49 abcdefg	8.64 abcdef	10.20 abcdefg
	300 ppm	6.22 efghijkl	8.14 fghijkl	8.4 abcdefg	9.51 defghijk	10.22 abcdefg
	750 ppm	5.67 bcdefghi	7.49 cdefghij	7.71 abc	9.36 cdefghij	9.49 abcd
	Kontrol	6.60 hijklmno	8.91 jklm	10.14 ijkl	10.59 hijklm	11.96 fghijk

Çizelge 4.3 (Devamı). Pb elementine maruz bırakılan fidanların ay bazında çap değişimi.

Kastamonu	150 ppm	6.05 defghijkl	7.95 defghijkl	8.17 abcdef	9.08 bcdefgh	11.54 defghijk
	300 ppm	6.59 hijklmno	6.73 abcdef	7.29 a	9.69 defghijk	10.51 bcdefghij
	750 ppm	5.32 abcdefg	7.44 bcdefghi	7.27 a	7.43 a	9.32 abc
	Kontrol	7.6133 o	8.54 ijkl	9.09 defghi	10.95 klm	12.53 ijk
Düzce	150 ppm	5.78 defghij	8.61 ijkl	8.99 cdefghi	9.59 defghijk	10.6 bcdefghij
	300 ppm	4.66 abc	6.00 ab	8.29 abcdefg	10.55ghijklm	11.01 bcdefghij
	750 ppm	4.62 ab	7.27 bcdefghi	7.91 abcd	8.29 abcd	9.45 abcd
	Kontrol	5.73 cdefghi	9.12 klm	10.38 jkl	10.64 ijklm	13.29 k

Tablo sonuçları incelendiğinde tüm aylar arasındaki değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Ducan testi sonucunda oluşan gruplar incelendiğinde en büyük çap genişliği 300 ppm doz kurşun uygulanan Akseki orjinindeki fidanların ekim ayı ölçümleri olduğu görülmektedir. Bir sonraki en büyük çap genişliği ise 150 ppm doz Pb uygulanan Kastamonu orjinindeki fidanların ekim ayındaki ölçümleri olduğu görülmektedir. En düşük çap genişliği ise haziran ayında yapılan ölçümler sonucunda 750 ppm doz kadmiyum uygulanan Adana ve Düzce orjinleri olduğu görülmektedir. Yukarıdaki tablo incelendiğinde haziran ayı ölçümleri ve ekim ayı ölçümleri kıyaslandığında en fazla çap artışı 300 ppm doz Pb uygulanan Düzce orjininde görülmektedir.

Üç farklı dozda kadmiyum uygulanan kayacık fidanlarının aylık fidan çapı değişimini gösterir grafik Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Pb elementine bağlı ay bazında çap değişimi.

4.2. AĞIR METAL TÜRÜNE VE DOZUNA BAĞLI OLARAK AYLIK BOY ARTIŞ MİKTARI

Çalışma kapsamında öncelikle çalışmaya konu elementlerin beş farklı orijin üzerine uygulanan üç farklı doz miktarına bağlı aylık olarak boy değişimi belirlenmiştir. Elementlerin doz miktarına bağlı olarak boy değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla varyans analizi uygulanmıştır. Boy değişiminin ağır metal uygulamaları, orijin ve doz bakımından ay bazında değişimini gösterir varyans analizi sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ağır metal dozuna bağlı boy değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Ölçüm Zamanı		Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Haziran	Orjin	1887.533	4	471.883	12.146	0.000
	AmxD	6160.792	7	880.113	22.654	0.000
	Orjin * AmxD	4203.667	28	150.131	3.864	0.000
	Error	3108.000	80	38.850		
	Total	469353.000	120			
	Corrected Total	15359.992	119			
Temmuz	Orjin	3313.617	4	828.404	12.794	0.000
	AmxD	6072.233	7	867.462	13.397	0.000
	Orjin * AmxD	4835.850	28	172.709	2.667	0.000
	Error	5180.000	80	64.750		
	Total	958210.000	120			
	Corrected Total	19401.700	119			

Çizelge 4.4 (Devamı). Ağır metal dozuna bağlı boy değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Ağustos	Orjin	2797.333	4	699.333	8.066	0.000
	AmxD	6961.833	7	994.548	11.471	0.000
	Orjin * AmxD	6282.000	28	224.357	2.588	0.001
	Error	6936.000	80	86.700		
	Total	1477178.000	120			
	Corrected Total	22977.167	119			
Eylül	Orjin	5615.217	4	1403.804	9.394	0.000
	AmxD	5001.300	7	714.471	4.781	0.000
	Orjin * AmxD	6922.783	28	247.242	1.655	0.042
	Error	11954.667	80	149.433		
	Total	1772406.000	120			
	Corrected Total	29493.967	119			
Ekim	Orjin	4139.300	4	1034.825	11.258	0.000
	AmxD	7562.367	7	1080.338	11.753	0.000
	Orjin * AmxD	4874.967	28	174.106	1.894	0.014
	Error	7353.333	80	91.917		
	Total	1913458.000	120			
	Corrected Total	23929.967	119			

4.2.1. Kadmiyum Elementine Bağlı Aylık Boy Değişimi

Üç farklı dozda Cd elementi uygulanan 5 farklı kayacık orjinlerinin haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim aylarında fidan boyu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara varyans analizi ve Ducan testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Cd elementine maruz bırakılan fidanların ay bazında boy değişimi

Popilasyon Adı	Doz	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Akseki	150 ppm	42.66 a	96.66 hijk	112.33 efg hijk	115.66 bcdefghij	129.66 cdefghijklm
	300 ppm	56.33 cdefghi	94.33 fghijk	109.00 defghij	126.33 defghij	130.66 defghijklm
	750 ppm	49.00 abcd	83.00 bcdefgh	84.66 a	113.00 bcdefghi	119.33 cdefghi
	Kontrol	58.33 cdefghij	97.00 hijk	108.66 defghij	127.33 defghij	140.00 klm
Adana	150 ppm	68.33 ijklmnop	80.33 bcdefg	125.00 ijk	136.66 hij	140.00 klm
	300 ppm	65.33 ghijklmno	89.33 efg hijk	115.66 efg hijk	127.00 defghi	134.66 fghijklm
	750 ppm	55.33 bcdefgh	94.66 fghijk	113.66 efg hijk	128.66 defghij	128.66 cdefghijklm
	Kontrol	79.00 rs	95.66 ghijk	127.33 jk	134.66 ghij	136.00 ghijklm

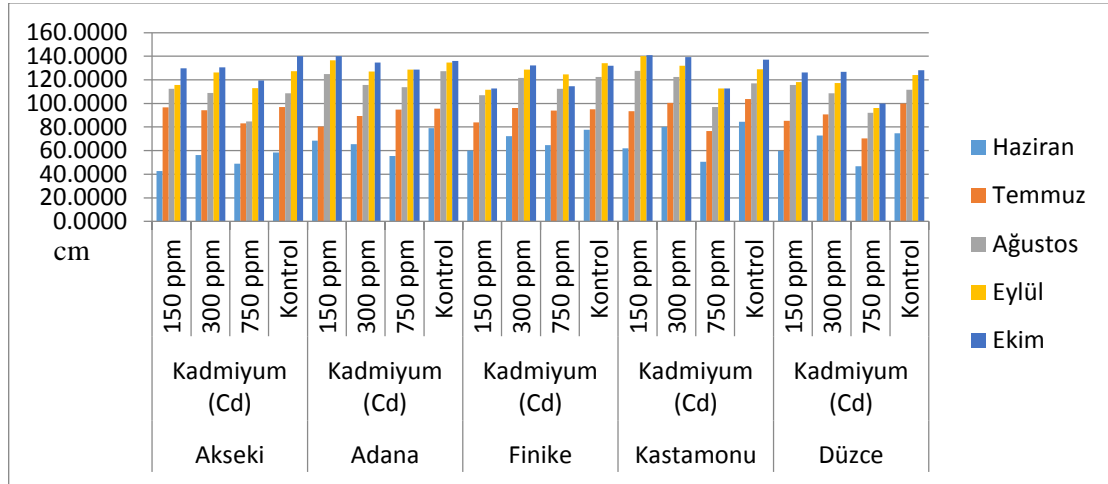
Çizelge 4.5 (Devamı). Cd elementine maruz bırakılan fidanların ay bazında boy değişimi.

Finike	150 ppm	60.00 defghijkl	84.00 cdefghi	107.00 defghi	111.66 bcdefg	112.66 bcd
	300 ppm	72.33 mnopr	96.00 ghijk	121.66 ghijk	128.66 efghij	132.33 efghijklm
	750 ppm	64.66 fghijklmno	94.00 fghijk	112.33 efghijk	124.66 defghij	114.66 bcde
	Kontrol	77.66 prs	95.00 fghijk	122.33 hijk	134.00 fghij	132.00 defghijklm
Kastamonu	150 ppm	62.00 efghijklmn	93.33 fghijk	127.66 k	140.00 j	141.00 lm
	300 ppm	80.00 rs	100.33 jkl	122.33 hijk	132.00 efghij	139.33 jklm
	750 ppm	50.66 abcde	76.66 abcde	97.00 abcde	112.66 bcdefgh	112.66 bcd
	Kontrol	84.33 s	103.66 kl	117.00 fghijk	129.00 efghij	137.00 hijklm
Düzce	150 ppm	59.66 defghijk	85.33 defghij	115.66 efghijk	118.00 bcdefghij	126.33 cdefghijklm
	300 ppm	72.66 nopr	90.66 efghijk	108.66 defghij	117.33 bcdefghij	126.66 cdefghijklm
	750 ppm	46.66 abc	70.33 abcd	92.00 abcd	96.00 ab	100.00 ab
	Kontrol	74.66 oprs	100.00 ijk	111.66 efghijk	124.00 defghij	128.00 cdefghijklm
*** Her ay için ayrı ayrı Duncan testi uygulanmıştır (Yukarıdaki gruplaşmalar her ay için farklıdır).						

Tablo sonuçları incelendiğinde tüm aylar arasındaki değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde fidan boyu değişimi haziran ayında en düşük 150 ppm doz Cd uygulanan Akseki orjininde, en yüksek ise 300 ppm doz Cd uygulanan Kastamonu orjininde ölçülmüştür. Temmuz ayında en düşük fidan boyu 750 ppm doz uygulanan Düzce orjininde ölçülürken en yüksek ise 150 ppm doz Cd uygulanan Akseki orininde ölçülmüştür. Ağustos ayında en düşük fidan boyu 750 ppm doz uygulanan Akseki orjininde ölçülürken en yüksek ise 300 ppm doz Cd uygulanan Kastamonu orininde ölçülmüştür. Eylül ayında en düşük fidan boyu 750 ppm doz uygulanan Düzce orjininde ölçülürken en yüksek ise 150 ppm doz Cd uygulanan Kastamonu orininde ölçülmüştür. Ekim ayında en düşük fidan boyu 750 ppm doz uygulanan Düzce orjininde ölçülürken en yüksek ise 150 ppm doz Cd uygulanan Adana orininde ölçülmüştür. Yukarıdaki tablo incelendiğinde en az boy büyümesi 750 ppm doz Cd uygulanan orjinler olduğu görülmektedir. Bundan dolayı 750 ppm doz Cd

uygulanan fidanlarda, 5 aylık ölçümler sonucunda en fazla boy yapan Adana orjinine ait fidanlar olduğu görülmektedir.

Üç farklı dozda kadmiyum uygulanan kayacık fidanlarının aylık fidan boyu değişimini gösterir grafik Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Cd elementine bağlı ay bazında boy değişimi.

4.2.2. Kurşun Elementine Bağlı Aylık Boy Değişimi

Üç farklı dozda Pb elementi uygulanan 5 farklı kayacık orjinlerinin haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim aylarında fidan boyu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara varyans analizi ve Ducan testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Pb elementine maruz bırakılan fidanların ay bazında boy değişimi.

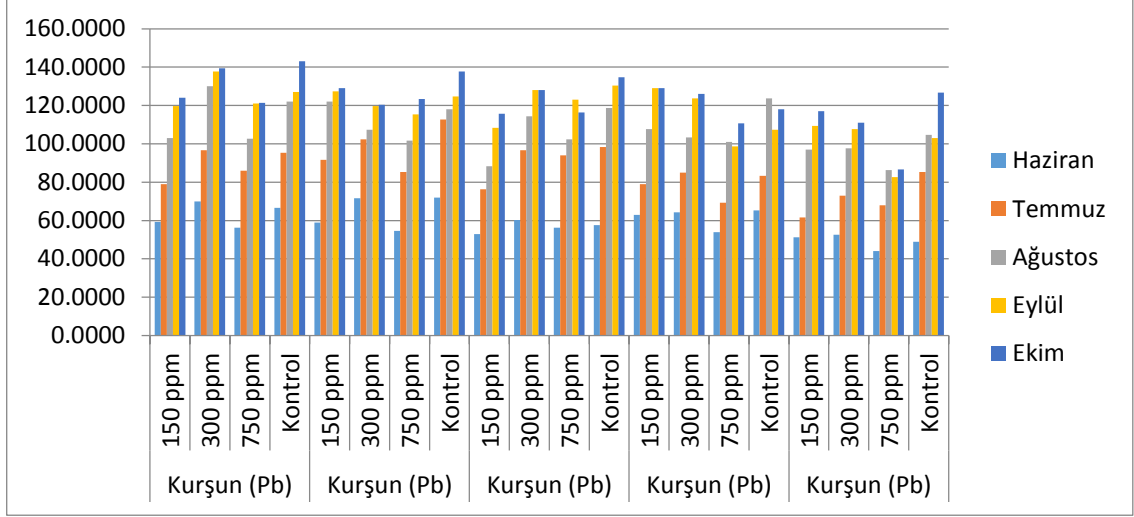
Popilasyon Adı	Doz	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Akseki	150 ppm	59.33 defghij	79.00 bcdef	103.00 bcdef	119.66 bcdefghij	124.00 cdefghijklm
	300 ppm	70.00 jklmnop	96.66 hijk	130.00 k	137.66 ij	139.33 jklm
	750 ppm	56.33 cdefghi	86.00 defghij	102.66 bcdef	121.00 cdefghij	121.33 cdefghijk
	Kontrol	66.66 hijklmnop	95.33 ghijk	122.00 ghijk	127.00 defghij	143.00 m
Adana	150 ppm	59.00 defghij	91.66 efghijk	122.00 ghijk	127.33 defghij	129.00 cdefghijklm
	300 ppm	71.66 klmnop	102.33 kl	107.33 defghi	119.66 bcdefghij	120.33 cdefghij
	750 ppm	54.66 abcdefgh	85.33 defghij	101.66 abcdef	115.33 bcdefghij	123.33 cdefghijkl
	Kontrol	72.00 lmnop	112.66 l	118.00 fghijk	124.66 defghij	137.66 ijklm
Finike	150 ppm	53.00 abcdefg	76.33 abcde	88.33 abc	108.33 bcde	115.66 bcdef
	300 ppm	60.33 defghijklm	96.66 hijk	114.33 efghijk	128.00 efghij	128.00 cdefghijklm
	750 ppm	56.33 cdefghi	94.00 defghij	102.33 abcdef	123.00 defghij	116.33 bcdef
	Kontrol	57.66 cdefghi	98.33 hijkl	118.66 fghijk	130.33 efghij	134.66 fghijklm

Çizelge 4.6 (Devamı). Pb elementine maruz bırakılan fidanların ay bazında boy değişimi.

Kastamonu	150 ppm	63.00 efghijklmno	79.00 bcdef	107.66 defghi	129.00 efghij	129.00 cdefghijklm
	300 ppm	64.33 fghijklmno	85.00 defghij	103.33 bcdefg	123.66 defghij	126.00 cdefghijklm
	750 ppm	54.00 abcdefg	69.33 abc	101.00 abcdef	98.66 abc	110.66 bc
	Kontrol	65.33 ghijklmno	83.33 bcdefgh	123.66 ijk	107.33 bcde	118.00 bcdefgh
Düzce	150 ppm	51.33 abcde	61.66 a	97.00 abcde	109.33 bcdef	117.00 bcdefg
	300 ppm	52.66 abcdef	73.00 abcd	97.66 abcde	107.66 bcde	111.00 bc
	750 ppm	44.00 ab	68.00 ab	86.33 ab	82.66 a	86.66 a
	Kontrol	49.00 abcd	85.33 defghij	104.66 cdefgh	103.00 abcd	126.66 cdefghijklm
*** Her ay için ayrı ayrı Duncan testi uygulanmıştır (Yukarıdaki gruplaşmalar her ay için farklıdır).						

Tablo sonuçları incelendiğinde tüm aylar arasındaki değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde fidan boyu değişimi haziran ayında en düşük 750 ppm doz Pb uygulanan Düzce orjininde, en yüksek ise 300 ppm doz Cd uygulanan Adana orjininde ölçülmüştür. Temmuz ayında en düşük fidan boyu 150 ppm doz Pb uygulanan Düzce orjininde ölçülürken en yüksek ise 150 ppm doz Pb uygulanan Adana orininde ölçülmüştür. Ağustos ayında en düşük fidan boyu 750 ppm doz Pb uygulanan Düzce orjininde ölçülürken en yüksek ise 300 ppm doz Pb uygulanan Akseki orininde ölçülmüştür. Eylül ayında en düşük fidan boyu 750 ppm doz uygulanan Düzce orjininde ölçülürken en yüksek ise 300 ppm doz Pb uygulanan Akseki orininde ölçülmüştür. Ekim ayında en düşük fidan boyu 750 ppm doz Pb uygulanan Düzce orjininde ölçülürken en yüksek ise 300 ppm doz Cd uygulanan Akseki orininde ölçülmüştür. Yukarıdaki tablo incelendiğinde en az boy büyümesi 750 ppm doz ppm uygulanan Düzce orjini olduğu görülmektedir. Tabloda değerler incelendiğinde 300 ppm doz Pb uygulaması Akseki orjininin boy artışına ve 5 aylık ölçümler sonucunda tüm orjinler arasında en fazla boya sahip olmasında önemli derecede katkı sağlamıştır. Ayrıca tüm aylara bakıldığında yüksek doz Pb uygulamalarında orjinler arası en yüksek boya Adana orjinini sahip olduğu görülmektedir.

Üç farklı dozda kadmiyum uygulanan kayacık fidanlarının aylık fidan boyu değişimini gösterir grafik Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4. Pb elementine bağlı ay bazında boy değişimi.

4.3. Ağır Metal Türüne ve Dozuna Bağlı Olarak Toplam Çözülebilir Karbonhidrat Miktarındaki değişimler

Çalışma kapsamında öncelikle çalışmaya konu elementlerin beş farklı orijin üzerine uygulanan üç farklı doz miktarına bağlı toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının değişimi belirlenmiştir. Elementlerin doz miktarına bağlı olarak toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi uygulanmıştır. Karbonhidrat miktarının ağır metal uygulamaları, orijin ve doz bakımından ay bazında değişimini gösterir varyans analizi sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Ağır metal dozuna bağlı toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.

AYLAR		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Haziran	ORJİN	408.993	4	102.248	67.968	.000
	DOZ	1772.628	5	354.526	235.667	.000
	ORJİN * DOZ	777.391	20	38.870	25.838	.000
	Error	361.045	240	1.504		
	Total	32924.820	270			
	Corrected Total	3320.057	269			

Çizelge 4.7 (Devamı). Ağır metal dozuna bağlı toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Temmuz	ORJIN	175.469	4	43.867	42.210	.000
	DOZ	632.549	5	126.510	121.729	.000
	ORJIN * DOZ	144.382	20	7.219	6.946	.000
	Error	249.426	240	1.039		
	Total	13734.543	270			
	Corrected Total	1201.825	269			
Ağustos	ORJIN	56.177	4	14.044	21.037	.000
	DOZ	837.583	5	167.517	250.930	.000
	ORJIN * DOZ	201.714	20	10.086	15.108	.000
	Error	160.220	240	.668		
	Total	14884.717	270			
	Corrected Total	1255.693	269			
Eylül	ORJIN	23.705	4	5.926	6.720	.000
	DOZ	639.890	5	127.978	145.128	.000
	ORJIN * DOZ	220.920	20	11.046	12.526	.000
	Error	211.639	240	.882		
	Total	20945.135	270			
	Corrected Total	1096.153	269			
Ekim	ORJIN	94.366	4	23.591	24.706	.000
	DOZ	1235.548	5	247.110	258.784	.000
	ORJIN * DOZ	493.520	20	24.676	25.842	.000
	Error	229.173	240	.955		
	Total	31360.733	270			
	Corrected Total	2052.607	269			

4.3.1. Kadmiyum Elementine Bağlı Aylık Toplam Çözülebilir Karbonhidrat Miktarındaki Değişim

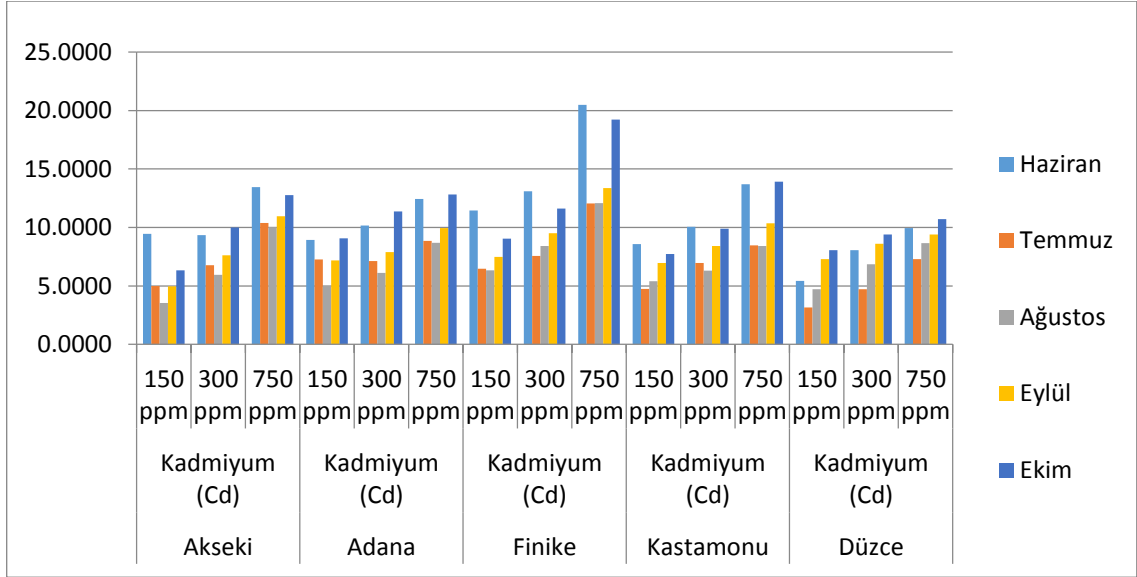
Üç farklı dozda kadmiyum elementine maruz bırakılan 5 farklı kayacık orjini fidanlarında 5 aylık süreçte toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Kadmiyum elementine maruz bırakılan fidanlarda toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının ay bazında değişimi.

Popilasyon Adı	Doz	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Akseki	150 ppm	9.45 ghik	4.99 b	3.55 a	4.95 a	6.34 a
	300 ppm	9.33 fgghi	6.77 def	5.95 de	7.62 defg	10.01 hik
	750 ppm	13.44 op	10.39 l	10.04 l	10.95 r	12.76 o
Adana	150 ppm	8.92 fgh	7.27 efg	4.99 cd	7.18 cde	9.07 ghi
	300 ppm	10.17 ikl	7.13 efg	6.10 def	7.90 defgh	11.36 m
	750 ppm	12.44 no	8.85 k	8.69 hik	9.94 mnop	12.82 o
Finike	150 ppm	11.44 mn	6.46 cde	6.321 ef	7.48 cde	9.04 efg
	300 ppm	13.10 op	7.56 efg	8.42 ghi	9.52 lmn	11.61 mn
	750 ppm	20.49 t	12.04 m	12.09 m	13.37 s	19.23 r
Kastamonu	150 ppm	8.58 efg	4.76 b	5.41 ed	6.97 cde	7.73 bc
	300 ppm	10.06 hikl	6.96 efg	6.30 ef	8.40 lmn	9.88 ghik
	750 ppm	13.70 p	8.46 hik	8.40 ghi	10.35 s	13.91 p
Düzce	150 ppm	5.42 a	3.17 a	4.72 bc	7.30 cde	8.05 bcde
	300 ppm	8.05 def	4.72 b	6.85 f	8.59 ghikl	9.39 ghi
	750 ppm	9.94 hikl	7.30 efg	8.65 hik	9.39 klmn	10.71 klm
*** Her ay için ayrı ayrı Duncan testi uygulanmıştır (Yukarıdaki gruplaşmalar her ay için farklıdır).						

Tablo sonuçları incelendiğinde tüm aylar arasındaki değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı doz bazında en düşük 150 ppm, daha sonra 300 ppm ve en yüksek ise 750 ppm doz kadmiyum uygulanan fidanlarda ölçülmüştür. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan gruplar incelendiğinde en yüksek toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı 750 ppm doz kadmiyum uygulanan Finike orjininden ekim ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. Bir sonraki en yüksek toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı ise aynı grupta yer alan 750 ppm doz kadmiyum uygulanan Kastamonu orjininden haziran ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. En düşük toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı 150 ppm doz kadmiyum uygulanan Düzce orjininden temmuz ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. İkinci en yüksek toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı ise 150 ppm doz kadmiyum uygulanan Akseki orjininden agustos ayında alınan örneklerde ölçülmüştür.

Üç farklı dozda kadmiyum uygulanan kayacık fidanlarının aylık toplam çözülebilir karbonhidrat miktarlarındaki değişimini gösterir grafik Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Cd elementine bağlı toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının ay bazında değişimi.

4.3.2. Kurşun Elementine Bağlı Aylık Toplam Çözülebilir Karbonhidrat Miktarındaki Değişim

Üç farklı dozda Kurşun elementine maruz bırakılan 5 farklı kayacık orjini fidanlarında 5 ay boyunca toplam çözülebilir karbonhidrat miktarındaki değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır. Duncan testi her ay için yapılmıştır. Her ay için alınan örneklerden ölçülen değerlerin Duncan testi sonucu oluşan gruplar ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kurşun elementine maruz bırakılan fidanlarda toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının ay bazında değişimi.

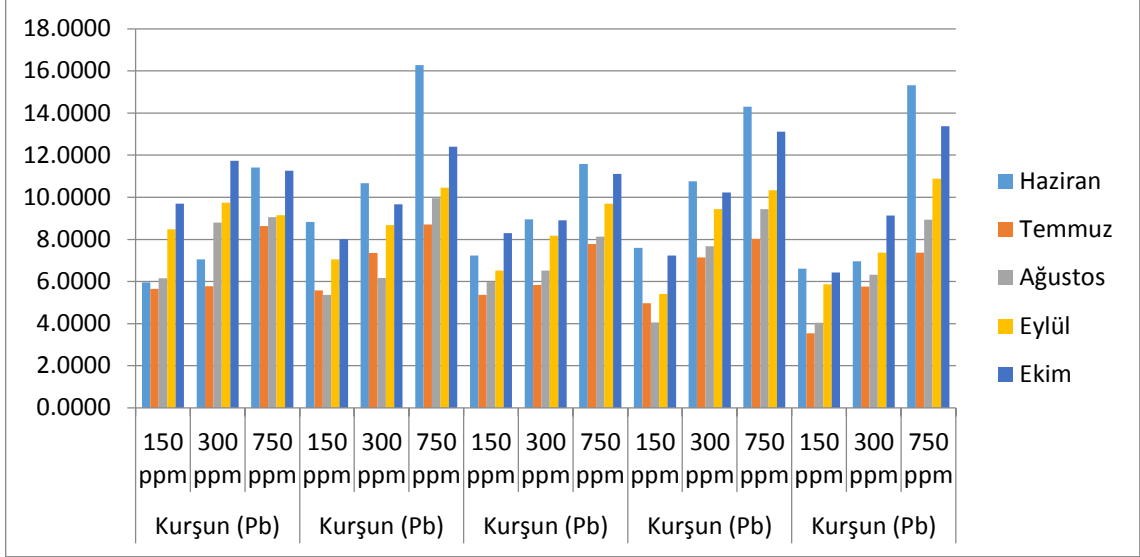
Popilasyon Adı	Doz	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Akseki	150 ppm	5.96 ab	5.65 bc	6.15 def	8.47 ghik	9.69 ghi
	300 ppm	7.05 bcd	5.77 bcd	8.80 fik	9.74 mno	11.72 hik
	750 ppm	11.41 mn	8.63 ikl	9.05ik	9.15 iklm	11.26 m
Adana	150 ppm	8.83 efg	5.57 bc	5.36 cd	7.04 cd	8.00 bcd
	300 ppm	10.66 klm	7.35 efg	6.17def	8.67 hikl	9.67 ghi
	750 ppm	16.28 s	8.70 ik	9.95 l	10.46 opr	12.40 no
Finike	150 ppm	7.22 bcd	5.36 bcd	5.97 def	6.52 bc	8.29 cdef
	300 ppm	8.95 fghi	5.83 fghi	6.52 ef	8.17 efghi	8.91 defg
	750 ppm	11.57 mn	7.77 mn	8.13 gh	9.69 mno	11.10 lm

Çizelge 4.9 (Devamı). Kurşun elementine maruz bırakılan fidanlarda toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının ay bazında değişimi.

Kastamonu	150 ppm	7.59 cde	4.96 b	4.06 ab	5.40 bc	7.22 ab
	300 ppm	10.75 lm	7.14 efg	7.66 g	9.44 efgh	10.23 ikl
	750 ppm	14.29 pr	8.02 ghik	9.44 kl	10.34 mno	13.11 op
Düzce	150 ppm	6.61 abc	3.54 a	4.04 ab	5.86 ab	6.43 a
	300 ppm	6.96 bcd	5.75 bcd	6.32 ef	7.37 cde	9.13 fgh
	750 ppm	15.32 rs	7.37 efg	8.94 hik	10.88 pr	13.37 op
*** Her ay için ayrı ayrı Duncan testi uygulanmıştır (Yukarıdaki gruplaşmalar her ay için farklıdır).						

Tablodaki veriler incelendiğinde tüm aylar arasındaki değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı en düşük 150 ppm doz kurşun uygulanan fidanlarda ölçülürken en yüksek prolin miktarı ise 750 ppm doz kurşun uygulanan fidanlarda ölçülmüştür. Tablo 4.6.'daki değerler incelendiğinde en yüksek toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı 750 ppm doz kurşun uygulanan Adana orjininden haziran ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. İkinci en yüksek toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı ise 750 ppm doz kurşun uygulanan Düzce orjininden Haziran ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. En düşük toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı ise 150 ppm doz kurşun uygulanan Düzce orjininden temmuz ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. İkinci en düşük toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı da aynı orjinin 150 ppm doz kurşun uygulanan ve ağustos ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. Tablo değerleri incelendiğinde orjinler arası tüm dozlarda en düşük toplam çözülebilir karbonhidrat miktarında Düzce orjininin sahip olduğu görülmektedir.

Üç farklı dozda kurşun uygulanan kayacık fidanlarının aylık toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı miktarlarındaki değişimini gösterir grafik Şekil 4.6'de verilmiştir.



Şekil 4.6. Pb elementine bağlı toplam çözülebilir karbonhidrat miktarının ay bazında değişimi.

4.4. AĞIR METAL TÜRÜNE VE DOZUNA BAĞLI OLARAK PROLIN MİKTARI

Çalışma kapsamında öncelikle çalışmaya konu elementlerin beş farklı orijin üzerine uygulanan üç farklı doz miktarına bağlı prolin değişimi belirlenmiştir. Elementlerin doz miktarına bağlı olarak prolin değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi uygulanmıştır. Prolin konsantrasyonunun ağır metal uygulamaları, orijin ve doz bakımından ay bazında değişimini gösterir varyans analizi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Ağır metal dozuna bağlı prolin miktarının değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.

AYLAR		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Haziran	ORJİN	2.285	4	0.571	53.826	0.000
	DOZ	5.562	5	1.112	104.812	0.000
	ORJİN * DOZ	3.825	20	0.191	18.021	0.000
	Error	2.547	240	0.011		
	Total	170.079	270			
	Corrected Total	14.218	269			

Çizelge 4.10 (Devamı). Ağır metal dozuna bağlı prolin miktarının değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Temmuz	ORJIN	1.751	4	0.438	130.325	.000
	DOZ	3.281	5	0.656	195.396	0.000
	ORJIN * DOZ	3.352	20	0.168	49.906	.000
	Error	0.806	240	0.003		
	Total	110.183	270			
	Corrected Total	9.191	269			
Ağustos	ORJIN	1.926	4	0.482	145.660	0.000
	DOZ	3.142	5	0.628	190.067	0.000
	ORJIN * DOZ	2.253	20	0.113	34.075	0.000
	Error	0.793	240	0.003		
	Total	139.115	270			
	Corrected Total	8.114	269			
Eylül	ORJIN	1.958	4	0.489	192.306	0.000
	DOZ	4.606	5	0.921	361.985	0.000
	ORJIN * DOZ	2.534	20	0.127	49.783	0.000
	Error	0.611	240	0.003		
	Total	178.658	270			
	Corrected Total	9.708	269			
Ekim	ORJIN	1.968	4	.492	210.703	0.000
	DOZ	5.883	5	1.177	503.880	0.000
	ORJIN * DOZ	2.546	20	0.127	54.517	0.000
	Error	0.560	240	.002		
	Total	231.352	270			
	Corrected Total	10.957	269			

4.4.1. Kadmiyum Elementine Bağlı Aylık Prolin Miktarındaki Değişim

Üç farklı dozda kadmiyum elementine maruz bırakılan kayacık fidanlarında 5 aylık süreçte prolin değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Kadmiyum elementine maruz bırakılan fidanlarda prolin miktarının ay bazında değişimi.

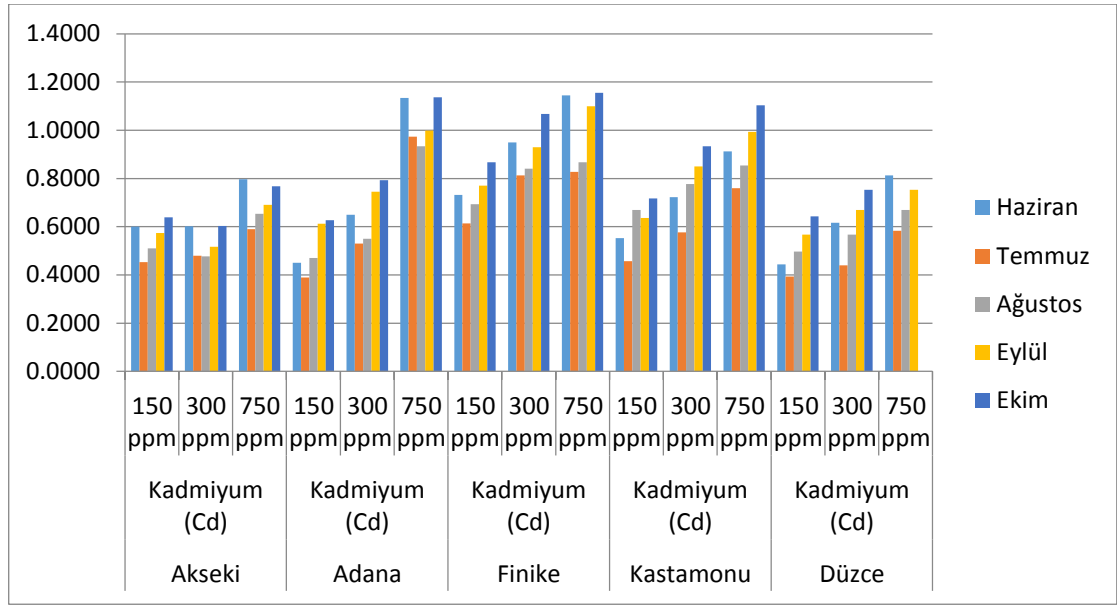
Popilasyon Adı	Doz	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Akseki	150 ppm	0.60 cde	0.45 bcd	0.51 bc	0.57 c	0.63 abc
	300 ppm	0.60 cde	0.48 de	0.47 b	0.51 b	0.60 a
	750 ppm	0.79 ikl	0.59 gh	0.65ef	0.69 fg	0.76 fg

Çizelge 4.11 (Devamı). Kadmiyum elementine maruz bırakılan fidanlarda prolin miktarının ay bazında değişimi.

Adana	150 ppm	0.45 a	0.38 a	0.47 b	0.61 cd	0.62 ab
	300 ppm	0.65 defg	0.53 ef	0.55 cd	0.74 ghi	0.79 fg
	750 ppm	1.13 p	0.97 n	0.93 lmn	0.99 mn	1.13 pr
Finike	150 ppm	0.73 ghi	0.61 gh	0.69 f	0.77 i	0.86 ik
	300 ppm	0.94 no	0.8133 lm	0.84 hik	0.93 l	1.06 no
	750 ppm	1.14 p	0.82 m	0.86 ik	1.10 p	1.15 r
Kastamonu	150 ppm	0.55 bcd	0.45 cd	0.67 ef	0.63 de	0.71 de
	300 ppm	0.72 fghi	0.57 fg	0.77g	0.85 k	0.93 l
	750 ppm	0.91 mn	0.76 ıkl	0.85 hik	0.99 m	1.10 op
Düzce	150 ppm	0.44 a	0.39 ab	0.49 bc	0.56 c	0.64 abc
	300 ppm	0.61 cdef	0.44 abcd	0.56 d	0.67 ef	0.75 ef
	750 ppm	0.81 klm	0.58 fgh	0.67 ef	0.75 hi	0.93 l
*** Her ay için ayrı ayrı Duncan testi uygulanmıştır (Yukarıdaki gruplaşmalar her ay için farklıdır).						

Tablo sonuçları incelendiğinde tüm aylar arasındaki değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde prolin miktarı doz bazında en düşük 150 ppm, daha sonra 300 ppm ve en yüksek ise 750 ppm doz kadmiyum uygulanan fidanlarda ölçülmüştür. Orjin, ay ve doz bakımından incelendiğinde en yüksek prolin miktarı 750 ppm doz kadmiyum uygulanan Finike orjininden ekim ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. Bir sonraki en yüksek prolin miktarı ise aynı grupta yer alan 750 ppm doz kadmiyum uygulanan Finike ve Adana orjinlerinden haziran ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. En düşük prolin miktarı 150 ppm doz kadmiyum uygulanan Adana orjininden temmuz ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. İkinci en yüksek prolin miktarı ise 150 ppm doz kadmiyum uygulanan Düzce orjininden haziran ayında alınan örneklerde ölçülmüştür.

Üç farklı dozda kadmiyum uygulanan kayacık fidanlarının aylık prolin miktarlarındaki değişimini gösterir grafik Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Cd elementine bağlı prolin miktarının ay bazında değişimi.

4.4.2. Kurşun Elementine Bağlı Aylık Prolin Miktarındaki Değişim

Üç farklı dozda kurşun elementine maruz bırakılan kayacık fidanlarında 5 aylık süreçte prolin değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.12’de verilmiştir.

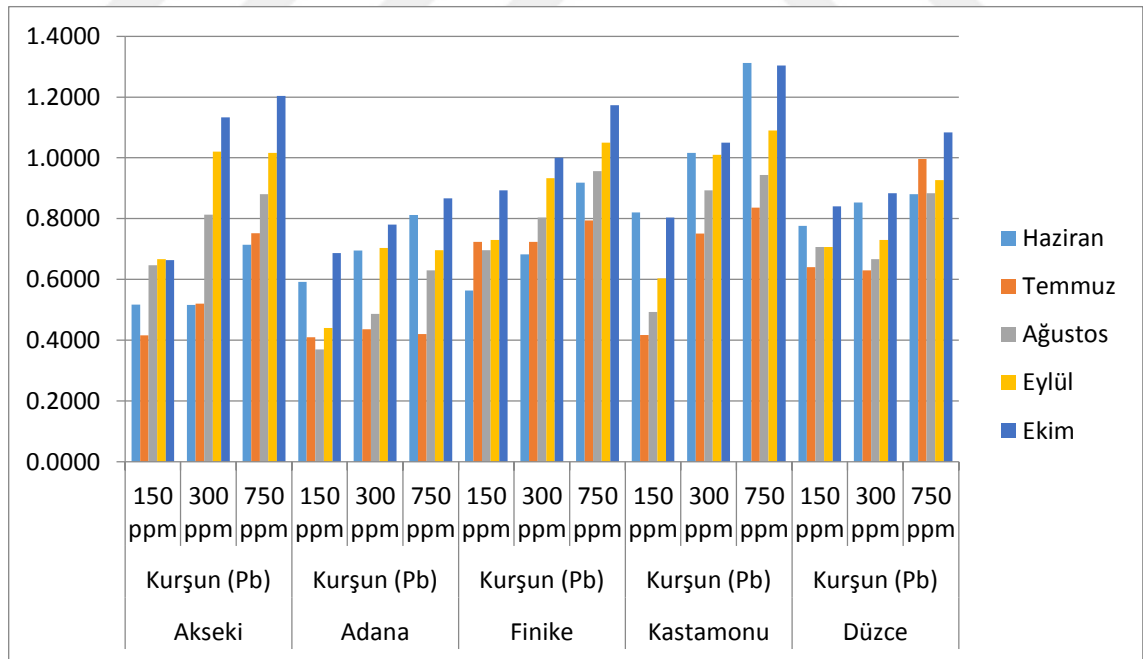
Çizelge 4.12. Kurşun elementine maruz bırakılan fidanlarda prolin miktarının ay bazında değişimi

Popilasyon Adı	Doz	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Akseki	150 ppm	0.51 abc	0.41 abc	0.64 ef	0.66ef	0.66 bc
	300 ppm	0.51 abc	0.52 e	0.81 ghi	1.02 mn	1.13 pr
	750 ppm	0.71 fgik	0.75 ik	0.88 kl	1.01 mn	1.20 s
Adana	150 ppm	0.59 cde	0.41 abc	0.37 a	0.44 a	0.68 cd
	300 ppm	0.69 efghi	0.43 abcd	0.48 b	0.70 fgh	0.78 fg
	750 ppm	0.81 klm	0.42 abcd	0.63 e	0.69 fg	0.86 ik
Finike	150 ppm	0.56 cd	0.72 ı	0.69 f	0.73 ghi	0.89 kl
	300 ppm	0.68 efgh	0.72ı	0.80 gh	0.93 l	1.00 m
	750 ppm	0.91 mno	0.79 klm	0.95 n	1.05 no	1.17 rs
Kastamonu	150 ppm	0.82 klm	0.41 abc	0.49 bc	0.60 cd	0.80 gh
	300 ppm	1.01 o	0.75 ik	0.89 m	1.01 mn	1.05 n
	750 ppm	1.31 r	0.83 m	0.94 mn	1.09 op	1.30 t
Düzce	150 ppm	0.77 hikl	0.64 h	0.70 f	0.70 fgh	0.84 hi
	300 ppm	0.85 lmn	0.63 gh	0.66 ef	0.73 ghi	0.88 ik
	750 ppm	0.88 lmn	0.99 n	0.88 kl	0.92 l	1.08 no

*** Her ay için ayrı ayrı Duncan testi uygulanmıştır (Yukarıdaki gruplaşmalar her ay için farklıdır).

Tablo sonuçları incelendiğinde tüm aylar arasındaki değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde prolin miktarı verilen dozla doğru orantılıdır. Yani en düşük prolin miktarı 150 ppm doz kurşun uygulanan fidanlarda ölçülürken en yüksek prolin miktarı ise 750 ppm doz kurşun uygulanan fidanlarda ölçülmüştür. Tablo 4.3.'deki değerler incelendiğinde en yüksek prolin miktarı 750 ppm doz kurşun uygulanan Kastamonu orjininden ekim ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. İkinci en yüksek prolin miktarı ise 750 ppm doz kurşun uygulanan Akseki orjininden ekim ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. En düşük prolin miktarı ise 150 ppm doz kurşun uygulanan Adana orjininden ağustos ayında alınan örneklerde ölçülürken ikinci en düşük prolin miktarı da aynı orjinin 300 ppm doz kurşun uygulanan ve ağustos ayında alınan örneklerde ölçülmüştür. Tablo değerleri incelendiğinde orjinler arası tüm dozlarda en düşük prolin miktarına Adana orjininin sahip olduğu görülmektedir.

Üç farklı dozda kurşun uygulanan kayacık fidanlarının aylık prolin miktarlarındaki değişimini gösterir grafik Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Pb elementine bağlı prolin miktarının ay bazında değişimi.

5. TARTIŞMA

Çalışma kapsamında beş farklı popülasyona ait kayacık fidanlarına üç farklı dozda kadmuyum ve kurşun ağır metali uygulanmıştır. Beş ay boyunca düzenli olarak ağır metallere maruz bırakılan fidanların morfolojik ve fizyolojik değişimleri vejetasyon süreci boyunca incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı yoğun bir şekilde salınımı devam eden ve canlı sağlığına önemli derecede etki eden bu iki ağır metalin kayacık bitkisi üzerindeki etkisini belirlemektir. Ağır metal çalışmaları kayacık türü üzerinde hiç uygulanmamışken diğer orman ağaçları üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Fakat daha çok tek yıllık zirai bitkiler olan buğday, yulaf, turp gibi bitkiler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Özellikle literatürde çok yıllık odunsu türlerde ağır metale bağlı morfolojik ve fizyolojik değişimler üzerine etkisini inceleyen çok az sayıda çalışma bulunmaktadır.

Bu elementlerin kanserojen olmaları yanında düşük konsantrasyonlarda bile toksit etki gösterebilmeleri bu elementlerin ön plana çıkmasında temel etkenler olarak gösterilebilir (Keçeci 2019.) Çalışmaya konu olan Kadmiyum doğada yoğun bir şekilde bulunması ile birlikte insan ve bitki sağlığı açısından önemli derecede toksit etkiye sahip bir kirleticidir. Kadmiyum bitkilerde birçok morfolojik ve biyokimyasal değişime neden olmaktadır. Bunlardan en önemlileri fotosentezin engellenmesi, enzimleri inaktif duruma getirmesi, stomaların kapanması gibi etkilere neden olmaktadır (Asri ve Sönmez, 2009).

Çalışmaya konu olan bir diğer ağır metal ise Kurşun'dur. Bu elementi önemli derecede gerekli değildir. Toprakta kurşun 15-40 ppm bulunmaktadır. Toprakta toplam kurşun konsantrasyonu 150 ppm sınırını aşmadığı sürece insan ve bitki sağlığı için tehlike arz etmemektedir. Bitki hücresinde kurşun hücre turgoru ve hücre duvarı stabilitesini olumsuz yönde etkilediğinden dolayı stoma hareketlerini ve yaprak alanını azaltması nedeniyle bitkinin su hareketini önemli derecede etkilemektedir. Kurşun bitki kökleri tarafından alınması ve kök gelişimini azaltmasından dolayı bitki besin alımını önemli derecede etkilemekte ve gelişimi yavaşlatmaktadır (Asri ve Sönmez, 2009).

Kurşunun elma (Munzuroğlu ve Gür, 2000), tütün (Tuna vd., 2002), çam (Chaney ve Strickland, 1984), meşe, ladin (Holub ve Ostrolucka, 1984) kayısı (Kılış vd., 2009) ile

kayısı ve kiraz (Gür ve Topdemir, 2008) polenlerinde çimlenme ve fidan gelişimini engellediği daha önceki çalışmalarda tespit edilmiştir. Ağır metal iyonları sadece solunumdaki elektron taşıma sistemini etkilemez aynı zamanda enzim aktivitesini kısmen veya tamamen inaktif hale getirerek indirekt olarak bitki büyümesini de engellerler. Enzim aktivitesi ve solunumdaki azalmanın bir sonucu olarak polen çimlenmesi ve fidan büyümesini de olumsuz yönde etkilemektedir (Kılış vd. 2009). Bu çalışmada ise fidan morfolojik özelliklerinden özellikle çap ve boy artışını olumsuz yönde etkilediği ortaya çıkmamıştır.

Pandey ve Tripathi (2011) yaptığı bir çalışmada Cd, As ve Pb gibi ağır metallerin *Albizia procera* bitkisinin yapraklarındaki toplam çözülebilir karbonhidrat miktarında önemli derecede bir azalma meydana getirirken, prolin miktarı kontrol grubu ile kıyaslandığında önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir. Ayrıca ağır metal uygulamalarının tümünde kök uzunluğu, yaprak alanı ve bitki biyokütlesi ile negatif korelasyon ortaya koymuştur. Bu çalışmada ise kullanılan ağır metal ve doza bağlı prolin miktarı ve toplam çözülebilir karbonhidrat miktarı arttığı görülmektedir.

Azizollahi vd. (2019), yaptığı çalışmada Cd'nin *Satureja hortensis* L. bitkisi üzerinde birikimini, bitki büyümesini, fizyolojik tepkiler ve biyokimyasal karakterler üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlarda ise Cd toksisitesi bitki büyümesini olumsuz etkilemesine ek olarak klorofil içeriğini önemli ölçüde azaltmaktadır. Prolin, çözünen ve indirgeyici karbonhidratlar, antosiyanin içeriği ve antioksidan enzimlerin aktivitesi ise Cd'ye maruz kalmanın bir sonucu olarak önemli ölçüde artmıştır. Bu çalışma ise kıyaslandığında prolin ve toplam çözülebilir karbonhidrat miktarında artış uygulanan doza göre arttığı gözlenmektedir.

Doğan vd. (2009), yaptığı çalışmada, farklı derişimlerdeki Cd (0, 0.01, 0.1 ve 1 mg L⁻¹) etkisinde 96 saat bırakılan *Ceratophyllum demersum* L.'de meydana gelen bazı fizyolojik ve morfolojik değişimler incelenmiştir. Kadmiyum uygulamasının düşük derişimlerinde dikkate değer morfolojik değişim olmazken, yüksek derişimde ise yapraklarda dökülmeler ve kısmi doku yumuşamalarının olduğu görülmüştür. Kadmiyumun 0.01, 0.1 ve 1 mg L⁻¹ derişimlerinde yetiştirilen makrofit dokularının Cd derişimleri kontrole göre sırasıyla 15.4, 33.5 ve 160.0 kat arttığı belirlenmiştir. Toplam çözülebilir karbonhidrat ve protein miktarlarında azalma görülmüştür. Prolin ve sistein aminoasitlerinde artış belirlenmiştir. Bu çalışmada da benzer şekilde kadmiyum oranı

yükseldikçe prolin miktarlarında azalmalar meydana gelmiştir. Aynı durum kurşun için de geçerlidir.

Xu vd. (2019), yaptıkları çalışmada toprağa ilave edilen kadmiyum ile birlikte ozona maruz bırakılan *Populus alba* 'Berolinensis' türünde görünür hasar ve büyüme birlikte fotosentez, oksidatif stres, antioksidan enzim aktiviteleri ve Cd'nin biyolojik birikimi üzerindeki etkileşimli etkileri incelenmiştir. Cd konsantrasyonu içeren (0, 100 ve 500 mg kg⁻¹) toprakda kavak fidanları yetiştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar yüksek Cd (500 mg kg⁻¹) derişimine maruz bırakılan bitkilerde belirgin yaprak zedelenmesi görülürken, kök ağırlığını (%41,6 oranında) ve toplam biyokütleyi (%17,4 oranında) azaldığı yani bitki gelişimini azalttığı görülmüştür. Bu çalışmada da her iki özellikte de hem boy hem de çap gelişiminde ağır metal doz artışına bağlı bitki gelişiminin düştüğü tespit edilmiştir.

Cd stresine maruz kalan bezelye bitkilerinde yapılan çalışmada prolin içeriğinde %97 oranında, Cd stresine karşı dışsal olarak uygulanan SA'in ise prolin miktarını %138.8 oranında artırdığı belirlenmiştir (Gaballah ve Rady, 2012). Cd stresi altındaki bezelye bitkileri için SA'in potansiyel bir antioksidan olabileceğini de ileri sürmüşler. Uygulanan SA'in bu yararlı etkisinin bir dizi biyokimyasal olayın niteliğindeki değişimler sonucu olduğu saptanmıştır. Cd toksisitesine cevapta prolin birikimi *Triticum aestivum*, *Vigna radiate*, *Helianthus annuus* ve *Phaseolus vulgaris* bitkilerinde de belirlenmiştir (Rady, 2011). Dolayısıyla prolin birikimi stres toleransında bir indikatördür (Ashraf ve Foolad, 2007). Bu çalışmada da kayacık bitkisi hem kadmiyum hem de kurşun miktarlarının artışına bağlı olarak prolin miktarlarında artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Her iki ağır metalin yüksek dozları kayacıkta stres oluşturmakta ve buna bağlı olarak prolin birikimi meydana gelmektedir. Benzer şekilde birçok çalışmada ağır metale maruz kalmıs bitkilerde strese cevap olarak serbest prolin birikiminin olduğu vurgulanmaktadır (Alia-Saradhi, 1991). Örneğin farklı konsantrasyonlarda kurşun ve kadmiyuma maruz bırakılan iki buğday varyetesinde (*Triticum aestivum* L. cv. Gerek-79 ve Bolal-2973) prolin birikiminin olduğu tespit edilmiştir (Öncel vd., 2000). Bu çalışmada da benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde *Phaseolus vulgaris* L. bitkisine değişik ağır metaller uygulandığında prolin içeriğinin arttığı tespit edilmiştir (Zengin ve Munzuroğlu, 2005). Yapılan başka bir çalışmada *Solanum nigrum* L.'nin yapraklarında ve köklerinde hücre içi serbest prolin

miktarının Cd uygulamalarıyla arttığı bildirilmiştir (Costa ve Morel, 1994). Bu çalışma ile benzer sonuçlar vermiştir.

Fizyolojik özellikler incelendiğinde Prolin ve karbonhidrat miktarlarının popülasyonlar arası ağır metal kullanımına göre farklılıklar oluşmuştur. Tüm aylara bakıldığında prolin miktarı en yüksek 750 ppm doz kurşun uygulanan Kastamonu popülasyonunda elde edilirken en düşük prolin miktarı ise Finike popülasyonunda ölçülmüştür. Karbonhidrat miktarının en fazla olduğu en yüksek 750 ppm doz kadmiyum uygulanan Finike popülasyonunda ölçülürken en düşük karbonhidrat miktarı ise Düzce popülasyonunda ölçülmüştür. *Silene vulgaris*'in metale toleranslı olan ve olmayan ekotipleri bakır, kadmiyum ve çinkoyla muamele edildiğinde yapraklarda prolin miktarının oldukça arttığı ve özellikle de metale toleranslı olan ekotipte bu miktarın toleranslı olmayan ekotipe göre 5-6 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Schat vd., 1997). Schat vd. göre (1997), çalışmasına göre değerlendirdiğimizde Kastamonu popülasyonu kurşun yoğunluğuna karşı en yüksek prolin biriktirdiği için bu ağır metale en dayanıklı popülasyon olduğu söylenebilir. Aynı şekilde Kadmiyum için ise en yüksek prolin birikimi Finike popülasyonunda tespit edildiği için kadmiyuma en dayanıklı popülasyon Finike olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada farklı orjinlerden kayacık türüne uygulanan üç farklı doz da kadmiyum ve kurşun ağır metallerin yol açtığı prolin miktarı, karbonhidrat miktarı ve çap-boy değişimleri aylık ölçümler ile ortaya konulmuştur. Diğer çalışmalarda görülen benzer olayların yanı sıra bu çalışmada farklı iki metalin ve üç farklı dozda uygulanan farklı iklim özelliklerine sahip beş popülasyona ait bireylerin bu uygulanan işlemlere karşı gösterdiği toleranslarda incelenmiştir. Farklı biyoiklim özelliklerine sahip orjinlerin ağır metale karşı gösterdikleri direç ve bu strese dayalı gerçekleştirdikleri fizyolojik ve morfolojik değişimlerin popülasyon farklılığına göre değişimi incelenmiştir. Bu konu ile benzer çalışma olmaması ile birlikte bu zamana kadar yapılan çalışmalar ise tek bir popülasyona uygulanan ağır metalin bitki üzerinde oluşturduğu fizyolojik ve morfolojik özellikler üzerine etkileri incelenmiştir. Bu tarz bir çalışma diğer bitki türleri için ağır metale karşı en dayanıklı popülasyonlarının belirlenmesinde önem arz edeceğinden dolayı bu tür çalışmaların sayısı artırılması gerekmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; Türkiye’de doğal yayılış gösteren 5 farklı popülasyondan (Akseki, Adana, Finike, Kastamonu, Düzce) elde edilen fidanlara 2 farklı ağır metal (Cd ve Pb) ve 3 farklı doz (150, 300 ve 750 ppm) uygulanmıştır. Çalışma kapsamında farklı popülasyonlardaki fidanların ağır metal uygulamalarına karşı morfolojik ve biyokimyasal değişimleri aylık periyotlarla yapılan ölçümler ile ortaya konulmuştur.

Morfolojik özellikler incelendiğinde boy ve çap gelişimleri ağır metal kullanımına göre popülasyonlar arasında farklılıklar oluşturmuştur. Tüm aylarda en iyi boy gelişimi Adana popülasyonunda en düşük boy gelişimi ise Düzce popülasyonunda ölçülmüştür.

Çap gelişiminde ise sadece eylül ayında popülasyonlar arasında istatistiki fark bulunmuştur. Çap gelişimi Pb elementi uygulamalarında en düşük Düzce orijinlerinde en yüksek ise Akseki popülasyonunda elde edilmiştir. Her iki ağır metal kullanımında da ağır metal dozu arttıkça çap ve boy artışında azalma meydana gelmiştir.

Fizyolojik özellikler incelendiğinde prolin ve karbonhidrat miktarlarının popülasyonlar arası ağır metal kullanımına göre farklılıklar oluşmuştur. Tüm aylara bakıldığında prolin miktarı en yüksek dozda (750 ppm) kurşun uygulanan Kastamonu popülasyonunda elde edilirken en düşük prolin miktarı ise 150 ppm doz kurşun uygulanan Adana popülasyonunda ölçülmüştür. Cd uygulamalarında ise en yüksek prolin miktarı Tüm aylara bakıldığında prolin miktarı en yüksek 750 ppm doz kadmiyum uygulanan Finike popülasyonunda elde edilirken en düşük prolin miktarı 150 ppm doz Cd uygulanan Adana popülasyonunda ölçülmüştür.

Tüm aylara bakıldığında toplam çözülebilir karbonhidrat miktarında ise en yüksek 750 ppm doz kadmiyum uygulanan Finike popülasyonunda ölçülürken en düşük karbonhidrat miktarı ise Düzce popülasyonunda ölçülmüştür. Pb uygulamalarında ise en yüksek karbonhidrat miktarı 750 ppm doz kurşun uygulanan Adana popülasyonunda en düşük karbonhidrat miktarı ise 150 ppm doz Pb uygulanan Düzce popülasyonunda ölçülmüştür.

Türkiye’de doğal olarak bulunan kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.), Avrupa’da Değerli Yapraklılar ağına göre öncelikli türler arasında yer almaktadır. Türkiye’de bugüne kadar oldukça ihmal edilmiş bir orman ağacı türüdür. Oysaki, Avrupa’da park bahçelerde, yol kenarlarında, ev bahçeleri ve çiftlik bahçelerinde münferit olarak ya da canlı çit olarak yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Makaslanmaya çok iyi cevap vermesi ve yoğun sürgün oluşturması nedeniyle canlı çit olarak kullanılabilir. Ayrıca odun yoğunluğunun yüksek olması ve odunu zaman geçtikçe kararmamasından dolayı oldukça rağbet görmektedir.

Bu çalışma ile kadmiyum ve kurşun metallerine yoğun bir şekilde maruz kalan kent merkezleri ve sanayi alanları için kitlesel ve bu metallere dayanıklı fidan üretimi için önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucu bu ağır metallere karşı dayanıklı popülasyonlar belirlenmiştir. Çalışma sonucu verilerine göre kurşun yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda yapılacak bitkilendirme işlemi için Kastamonu ve Adana popülasyonları tercih edilebilir. Kadmiyum yoğunluğu fazla olan alanlar için ise Finike ve Adana popülasyonu önerilebilir. Ayrıca 750 ppm yoğunlukta kurşun ve kadmiyuma maruz kalmasına rağmen gelişimine gayet iyi devam eden Adana popülasyonu ağır metallerin yoğun olduğu bölgelerin ağaçlandırılması için önerilebilir.

7. KAYNAKLAR

- Anonim 2010, Erişim 25 Nisan 2019, <https://en.wikipedia.org/wiki/IUCN_Red_List#cite_note-15.>
- Anonim, 2011a, Erişim 20 Şubat 2019, <<http://www.agaclar.org/agac.asp?id=407>>.
- Anonim, 2011b, Erişim 13 Şubat 2019, <<http://davisla.wordpress.com/2011/07/11/plant-of-the-week-ostrya-carpinifolia/>>.
- Anonim, 2011c, Erişim 20 Mayıs 2019, <http://www.tubives.com/index.php?sayfa=1&tax_id=8469>.
- Anonim, 2013, *Erişim 10 Mayıs 2019*, <http://eol.org/data_objects/21357614>.
- Anşin, R., Özkan, Z.C. (1997). *Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar*. Trabzon: KTÜ Orman Fakültesi 2. baskı.
- Asri, F. Ö., & Sönmez, S. (2006). Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. *Derim*, 23(2), 36-45.
- Avcı, M. (2005). *Çeşitlilik ve Endemizm Açısından Türkiye'nin Bitki Örtüsü*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi.
- Ayhan, B., Ekmekçi, Y., & Tanyolaç, D. (2005). Bitkilerde ağır metal zararları ve korunma mekanizmaları. *Anadolu University Journal of Science And Technology*, 7(1), 1-16.
- Azizollahi, Z., Ghaderian, S. M., & Ghotbi-Ravandi, A. A. (2019). Cadmium accumulation and its effects on physiological and biochemical characters of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *International Journal of Phytoremediation*, 1-13.
- Çakmak, E. (2013). "Orijin Katlama ve Çimlendirme Sıcaklığının Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Tohumlarının Çimlenmesine Etkisi", Yüksek lisans tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- Çelik, H. (2008). "Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Tohumlarda Çimlenme Kabiliyetinin Artırılması", Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Da Costa, M. V. J., & Sharma, P. K. (2016). Effect of copper oxide nanoparticles on growth, morphology, photosynthesis, and antioxidant response in *Oryza sativa*. *Photosynthetica*, 54(1), 110-119.
- Davis, P. H., Mill, R. R., & Tan, K. (1988). Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Supplement 1). *Edinburgh University Press*, 10, 317-551.
- Demirayak, F. 2002, *Biyolojik Çeşitlilik-Doğa Koruma ve Sürdürülebilir Kalkınma*, TÜBİTAK VIZYON 2023 Projesi Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli-TÜBİTAK, Türkiye.
- Duran, C., & Guenek, H. (2010). Effects of the ecological factors on vegetation in river basins of northern part of Mersin city(South of Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 3(3), 137-152.

- Erik, S., & Tarıkahya, B. (2004). Türkiye Florası Üzerine. *Kebikeç*, 17(1), 139-163.
- Farooq, M. A., Ali, S., Hameed, A., Ishaque, W., Mahmood, K., & Iqbal, Z. (2013). Alleviation of cadmium toxicity by silicon is related to elevated photosynthesis, antioxidant enzymes; suppressed cadmium uptake and oxidative stress in cotton. *Ecotoxicology and environmental safety*, 96(1), 242-249.
- Gerçek, Z., Merev, N., Anşın, R., Özkan, Z. C., Terzioğlu, S., Serdar, B., & Birtürk, T. (1998). Türkiye'deki Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.)'ın ekolojik odun anatomisi. İcinde *Kasnak Meşesi ve Türkiye Florası Sempozyumu*, (ss 21-23).
- Güçdemir, İ. (2006). *Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi, Güncelleştirilmiş ve genişletilmiş baskı*, Ankara: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.
- Gültekin, H. C. (2011). Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.). *Orman ve Av Dergisi*, 88(5), 37-41.
- Güvercin, D. (2017). Sorgum Tohumlarında Ağır Metal Stresi Etkilerinin Hafifletilmesinde Bazı Bitki Büyüme Regülatörlerinin Rolü. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(3), 886-893.
- Kaçar, B. 1982. "Gübreler ve Gübreleme Tekniğı", Ankara, Türkiye: Gübre Fabrikaları T.A.Ş Yayınları.
- Karagöz, A., Zencirci, N., Tan, A., Taşkın, T., Köksel, H., Sürek, M., Toker C., & Özbek, K. (2010), İcinde Bitki Genetik Kaynaklarının Korunması ve Kullanımı, *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, Ankara, Türkiye (ss. 155-177).
- Kayacık, H. (1981). *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiğı*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Keçeci, H.B. (2019). 'Bazı Ağır Metal Kirliliklerinin İzlenmesinde Mavi Ladin (*Picea pungens* Elgm biyomonitör olarak kullanılabilirliği' Yüksek lisans tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Katamonu Türkiye.
- Koski, V., & Antola, J. (1993). National Tree Breeding and Seed Production Programme for Turkey. *Prepared in cooperation with the Forest Tree Seed and Tree Breeding Research Directorate*.
- Kulaç, Ş., Güney, D., Çiçek, E., & Turna, İ. (2013). Effect of provenance, stratification and temperature on the germination of European hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) seeds. *Food, Agriculture and Environment (JFAE)*, 11, 2815-2819.
- Kulaç, Ş., Güney, D., Gürpınar, A., & Karaca, Z. (2014). Farklı Populasyonlardan Toplanan Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Tohumlarında Populasyonlar Arası ve İçi Çimlenme Varyasyonları. İcinde II. *Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Isparta*, (ss 111-116).
- Pandey, P., & Tripathi, A. K. (2011). Effect of heavy metals on morphological and biochemical characteristics of *Albizia procera* (Roxb.) Benth. seedlings. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(5), 1009.
- Rusforth, K. (1985). *Ostrya*. *The Plantsman*, 7,(1), 208-212.
- Seven, T., Can, B., Darende, B. N., & Ocak, S. (2018). Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliğı. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.

- Şıklar, S. (2001). Orman Ağaçlarında Genetik Çeşitlilik, Gen Koruma ve Ülkemizdeki Uygulamalar, *Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 2, 95-104.
- Tilki, F. (2008). Conservation Of Biodiversity and Noble Hardwoods In Turkish Forests. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(2), 112-116.
- Turk, J. (2000). Bazı Bitki Tohumlarında Çimlenmenin Aktivasyonu. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24, 579-584.
- Xu, S., Li, B., Li, P., He, X., Chen, W., Yan, K., & Wang, Y. (2019). Soil high Cd exacerbates the adverse impact of elevated O₃ on *Populus alba* 'Berolinensis' L. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 174, 35-42.
- Yaltırık, F. (1981). *Orman ve Parklardaki Bazı Yapraklı Ağaç ve Çalıların Kışın Tanınması Dendroloji-I*, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Zhou, J., Cheng, K., Zheng, J., Liu, Z., Shen, W., Fan, H., & Jin, Z. (2019). Physiological and Biochemical Characteristics of *Cinnamomum camphora* in Response to Cu- and Cd-Contaminated Soil. *Water, Air, & Soil Pollution*, 230(1), 15.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Vildan KURNAZ
Doğum Tarihi ve Yeri :22.07.1987
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :vildan_coruh@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Orman Müh.	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Orman Müh.	Düzce Üniversitesi	2012
Lise		Çamlıca Kız Lisesi (Y.D.A.)	2006