T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

SEL TAŞKIN YATAKLARINDA YETİŞEN TÜRLERİN GELİŞİMLERİ İLE FİZYOLOJİK, MORFOLOJİK VE ANATOMİK ÖZELLİKLERİNİN TAŞKIN ZAMANI VE SÜRESİNE BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMLERİ

MEHTAP ALAY

DOKTORA TEZİ

PROF. DR. FERHAT KARA

OCAK - 2026
KASTAMONU

TEZ ONAYI

MEHTAP ALAY tarafından hazırlanan "**SEL TAŞKIN YATAKLARINDA YETİŞEN TÜRLERİN GELİŞİMLERİ İLE FİZYOLOJİK, MORFOLOJİK VE ANATOMİK ÖZELLİKLERİNİN TAŞKIN ZAMANI VE SÜRESİNE BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMLERİ**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **08.01.2026** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. Ferhat KARA Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Seray ÖZDEN KELEŞ Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Nezahat TURFAN Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Bilal ÇETİN Düzce Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Nagihan SEKİ Karabük Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Selahattin KAYMAKÇI .....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

MEHTAP ALAY

ÖZET

DOKTORA TEZİ

SEL TAŞKIN YATAKLARINDA YETİŞEN TÜRLERİN GELİŞİMLERİ İLE FİZYOLOJİK, MORFOLOJİK VE ANATOMİK ÖZELLİKLERİNİN TAŞKIN ZAMANI VE SÜRESİNE BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMLERİ

MEHTAP ALAY

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN: PROF. DR. FERHAT KARA

Yapılan çalışmada yedi farklı ağaç türünün (*Acer rubrum* L., *Juglans regia* L., *Platanus orientalis* L, *Fraxinus excelsior* L, *Abies nordmanniana* subsp *normandiana, Fagus orientalis* Lipsky.ve *Cupressus sempervirens* L.) üç farklı yaş grubunda (6, 12 ve 18 ay) ve dört farklı daldırma süresine (kontrol, 5, 10 ve 15 gün) maruz bırakılarak sel taşkını stresine verdikleri morfolojik, fizyolojik, kimyasal ve anatomik yanıtların belirlenmesi amaçlanmıştır. Kontrollü sera koşullarında yürütülen bu deneysel çalışma kapsamında fidanların kök boğaz çapı, boy uzunluğu, kök-gövde biyokütle oranları, mortalite oranları, klorofil, prolin, fenolik bileşik ve toplam şeker içerikleri ile yaprak, gövde ve kök dokularındaki mineral madde oranları (Na, Mg, Si, P, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Cu) detaylı biçimde analiz edilmiştir. Ayrıca özışını genişliği ve özışını yüksekliği gibi anatomik parametreler de değerlendirilmiştir. Araştırma bulguları türler arasında sel taşkını stresine verilen tepkilerinin hem yaş grubu hem de daldırma süresine bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. *Fraxinus excelsior* L. ve *Juglans regia* L. türlerinin başta anatomik gelişim olmak üzere birçok parametrede olumlu tepkiler verdiği; buna karşın *Acer rubrum* L. ve *Fagus orientalis* Lipsky türlerinin özellikle genç yaş grubunda sel stresine karşı daha toleranslı olduğu saptanmıştır. *Platanus orientalis* L. özellikle dikey büyüme açısından uzun süreli stres koşullarına uyum sağlayabilme kapasitesi sergilemiştir. *Abies nordmanniana* subsp *normandiana* ve *Cupressus sempervirens* L. ise genel olarak stres faktörüne karşı stabil ve dirençli bir gelişim profili göstermiştir. Kimyasal analizler klorofil ve prolin gibi stres göstergelerinde tür ve dokuya göre farklılaşan oranlarda değişiklikler olduğunu ortaya koymuştur. Mineral madde dağılımı ise bazı türlerde seçici birikim veya mobilizasyon eğilimleri göstermiştir. Anatomik veriler ise bazı türlerde daldırma süresinin özışını parametreleri üzerinde baskılayıcı veya uyarıcı etkiler yaratabildiğini ve bu etkinin ise yaş grubu ile etkileşimli olarak değiştiğini göstermiştir. Sonuç olarak bu çalışma farklı ağaç türlerinin taşkın stresine verdiği tepkileri çok yönlü biçimde değerlendiren bütüncül bir analiz sunmuş ve bu türlerin sel riski taşıyan alanlardaki ekolojik uygunlukları hakkında önemli bilgiler sağlamıştır. Bulgular tür seçimi, fidan yaşının belirlenmesi ve stres koşullarına adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesi açısından hem bilimsel hem de uygulayıcılar için yol gösterici niteliktedir.

ANAHTAR KELİMELER: Adaptasyon, ağaç türleri, anatomi, dayanıklılık, fizyoloji, morfoloji, sel taşkını

Ocak 2026, 250 Sayfa

ABSTRACT

PH.D THESIS

DEVELOPMENT AND PHYSIOLOJICAL, MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL CHARACTERIISTICS OF SPECIES IN FLOODPLAINS REGARDING VARIATION IN FLOOD TIMING AND DURATION

MEHTAP ALAY

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING
SUPERVISOR: PROF. DR. FERHAT KARA

This study aimed to determine the morphological, physiological, chemical, and anatomical responses of seven different tree species (*Acer rubrum* L., *Juglans regia* L., *Platanus orientalis* L., *Fraxinus excelsior* L., *Abies nordmanniana* subsp *normandiana* L., *Fagus orientalis* Lipsky, and *Cupressus sempervirens* L.) to flooding. The experiment was conducted under controlled greenhouse conditions by subjecting seedlings from three different age groups (6, 12, and 18 months) to four different flooding durations (control, 5, 10, and 15 days). Comprehensive analyses were performed on parameters such as root collar diameter, plant height, root-to-shoot biomass ratio, mortality rate, chlorophyll, proline, phenolic compounds, total sugar content, and the concentrations of mineral elements (Na, Mg, Si, P, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Cu) in leaf, stem, and root tissues. Additionally, anatomical features such as ray width and ray height were also evaluated. The findings revealed that tree species responded to flood stress in significantly different ways depending on both age group and flooding duration. *Fraxinus excelsior* L. and *Juglans regia* L. exhibited positive responses in several parameters, particularly in anatomical development. In contrast, *Acer rubrum* L. and *Fagus orientalis* Lipsky showed greater sensitivity, especially in younger seedlings. *Platanus orientalis* L. demonstrated an ability to adapt to prolonged stress conditions, particularly in terms of vertical growth. *Abies nordmanniana* subsp *normandiana* L. and *Cupressus sempervirens* L. exhibited a stable and resilient growth profile against stress overall. Chemical analyses showed that stress indicators such as chlorophyll and proline levels varied by species and tissue type. Mineral element distribution also revealed patterns of selective accumulation or mobilization in some species. Anatomical data indicated that flooding duration could have either suppressive or stimulating effects on ray development, and these effects varied in interaction with seedling age. In conclusion, this study provides a comprehensive analysis of the multifaceted responses of different tree species to flood stress and offers valuable insights into their ecological suitability for flood-prone environments. The findings serve as a guide for species selection, determination of appropriate seedling age, and development of adaptive strategies under stress conditions, benefiting both scientific research and practical applications.

KEYWORDS: Adaptation, anatomy, flood Stress, morphology, physiology, tolerance, and tree species.

January 2026, 250 Page

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında, bilgi ve tecrübeleriyle her zaman yanımda olan, akademik yolculuğum boyunca bana rehberlik eden, yönlendirmeleriyle çalışmama değer katan çok kıymetli danışmanım Prof. Dr. Ferhat KARA'ya en derin saygı ve şükranlarımı sunarım.

Araştırma sürecinde, bilgi ve deneyimleriyle katkı sağlayan, öneri ve eleştirileriyle çalışmamın daha nitelikli hale gelmesinde büyük emekleri bulunan tez juri üyeleri; Doç. Dr. Seray ÖZDEN KELEŞ, Doç. Dr. Nezahat TURFAN, Doç. Dr. Bilal ÇETİN ve Dr. Öğr. Üyesi Nagihan SEKİ'ye teşekkür ederim.

Fidan temini sürecinde sağladığı katkı ve değerli destekleri için Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Orman ve Köy İlişkileri Şube Müdürü Ercan ŞEN'e teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmaları süresince desteklerini esirgemeyen Kastamonu Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'ne, laboratuvar sürecinde bilgi ve katkılarıyla bana yardımcı olan Oktay BIYIKLIOĞLU'na ve zor zamanlarımda moral kaynağı olan Belma BERBER GÜZEL'e teşekkür ederim.

Hayatım boyunca yanımda olan, sevgileriyle, sabırlarıyla, dualarıyla bana güç veren kıymetli aileme en derin teşekkürlerimi sunuyorum. Başta, her zaman sonsuz sevgisi, fedakârlığı ve anlayışıyla bana yol gösteren, gecesini gündüzüne katarak bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan canım annem Emine ALAY'a; hayatımın her döneminde emeğini, desteğini ve şefkatini esirgemeyen, her daim arkamda duran kıymetli babam Hasan ALAY'a, kardeşlik duygusunu bana her an hissettiren, varlığıyla hep yanımda olan, desteğiyle güç veren canım abim Mesut ALAY'a desteklerinden dolayı rahmetli babaannem Melek ALAY'a ve rahmetli dedem İbrahim ALAY'a sonsuz teşekkür ederim. Varlığınız, sevgileriniz ve dualarınız benim için her zaman en büyük güç ve ilham kaynağı olmuştur.

Ayrıca, bu çalışmanın yürütülmesinde burs desteği sağlayan Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı'na ve 100/2000 YÖK Doktora Burs Programı'na ve TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı (BİDEB) 2211-A Yurtiçi Doktora Burs Programı tarafından sağlanan burs desteği için TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

MEHTAP ALAY

Kastamonu, 2026

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ... **ii**
TAAHHÜTNAME ... **iii**
ÖZET ... **iv**
ABSTRACT ... **v**
TEŞEKKÜR ... **vi**
İÇİNDEKİLER ... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ... **ix**
TABLOLAR DİZİNİ ... **xii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ... **xiv**
1. GİRİŞ ... **1**
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ ... **7**
2.1 İklim Krizi ve Taşkınlar ... 7
2.2 Türkiye'de Sel ve Taşkınlar ... 10
2.3 Taşkın Alanlarının Planlanması ... 16
2.4 Bitkilerde Büyüme, Gelişme ve Fotosentez Mekanizmaları ... 18
2.4.1 Fotosentez ve Önemi ... 20
2.4.2 Mineral Besin Elementlerinin Rolü ... 24
2.4.3 Fotosentetik Pigmentler ve Rollerinin Detaylı İncelenmesi ... 26
2.4.4 Fotosentezde Görev Alan Enzimler ... 28
2.4.5 Prolin ve Diğer Osmoprotektanlar ... 31
2.4.6 Fotosentez ve Büyüme İlişkisi ... 32
2.4.7 Taşkın Stresinde Fotosentez ve Uzun Vadeli Toparlanma ... 34
2.5 Ormanların Sel ve Taşkınlara Karşı Önemi ... 37
2.6 Taşkın Yatakları Ağaç Türleri ... 40
2.7 Tez Çalışmasında Seçilen Ağaç Türleri ... 52
2.7.1 *Acer rubrum* L. (Kırmızı Akçaağaç) ... 52
2.7.2 *Juglans regia* L. (Ceviz) ... 54
2.7.3 *Platanus orientalis* L. (Doğu Çınarı) ... 56
2.7.4 *Fraxinus excelsior* L. (Yaygın Dişbudak) ... 57
2.7.5 *Abies nordmanniana* subsp. *nordmanniana* L. (Doğu Karadeniz Göknarı) ... 59
2.7.6 *Fagus orientalis* Lipsky (Doğu Kayını) ... 60
2.7.7 *Cupressus sempervirens* L. (Akdeniz Servisi) ... 62
3. MATERYAL VE YÖNTEM ... **64**
3.1 Materyal ... 64
3.2 Çalışma Alanı ... 65
3.3 Yapay Havuz Sisteminin Tasarımı ... 66
3.4 Çalışmanın Dizaynı ... 68
3.5 Morfolojik Ölçümler ... 72
3.6 Kimyasal Ölçümler ... 74
3.6.1 Klorofil ve Karotenoid Miktarının Belirlenmesi ... 75
3.6.2 Toplam Fenolik Bileşik Miktarının Belirlenmesi ... 76
3.6.3 Prolin Miktarının Belirlenmesi ... 78
3.6.4 Anthron Yöntemi ile Glukoz ve Sukroz Tayini ... 82

3.6.5 Element Analizi 85
3.7 Anatomik Bulgulara Ait Analizler 86
3.8 İstatistiksel Analizler 88
4. BULGULAR 90
4.1 Morfolojik Değişkenlere Ait Bulgular 90
4.1.1 KBÇ'ye İlişkin Bulgular 90
4.1.2 Boy Büyümesine İlişkin Bulgular 99
4.1.3 Biyokütle Değişimine İlişkin Bulgular 107
4.1.4 Mortaliteye İlişkin Bulgular 122
4.2 Kimyasal Değişkenlere İlişkin Bulgular 131
4.3 Mineral Bileşiklere İlişkin Bulgular 144
4.4 Anatomik Değişkenlere İlişkin Bulgular 165
5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER 178
5.1 Tartışma 178
5.1.1 Morfolojik Değişimler 178
5.1.2 Kimyasal Değişimler 186
5.1.3 Mineral Bileşiklerin Değişimleri 194
5.1.4 Anatomik Değişimler 200
5.2 Sonuç ve Öneriler 207
KAYNAKLAR 213
ÖZGEÇMİŞ 249

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 1950-2018 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen sellerin illere göre dağılımı 13
Şekil 2.2 2018 yılında Türkiye'de şehirlere göre meydana gelen sel taşkını sayısı .. 13
Şekil 2.3 2019 yılında meydana gelen sel taşkınlarının aylara göre dağılımı..... 14
Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan türlerin temin edildiği yer olan Zonguldak İli Gökçebey İlçesi'nin harita üzerindeki konumu 64
Şekil 3.2 Kastamonu ili Taşköprü ilçesinin konumu 65
Şekil 3.3 Yapay havuz sisteminin oluşturulmasına yönelik uygulanan işlemler..... 66
Şekil 3.4 Sera naylonunun sera zeminine serilme ve yapay havuzun suyla doldurulma aşamasına ilişkin uygulama görseli..... 67
Şekil 3.5 Çalışmada oluşturulan yapay havuzun suyla doldurulması ve su birikimi ile taşma durumlarının kontrolü..... 68
Şekil 3.6 Sel taşkını uygulama basamakları..... 69
Şekil 3.7 Sel taşkınına maruz bırakılan fidanların yapay havuz ortamındaki genel görünümleri..... 71
Şekil 3.8 Dişbudak fidanlarının KBÇ ölçümleri 72
Şekil 3.9 Kayın fidanlarının boy ölçümü 73
Şekil 3.10 Kayın, servi ve göknar türlerine ilişkin ölü fidan örnekleri..... 73
Şekil 3.11 Akçaağaç fidanlarının kök kısımlarının gruplandırılmış hali ve kayın fidanlarının gövde kısımlarının tartılma işlemi 74
Şekil 3.12 Taze yaprak dokularının etanol çözeltisi içerisindeki halleri 75
Şekil 3.13 Toplam fenolik bileşik tayini için hazırlanan örneklerin küvetlenmiş hali 77
Şekil 3.14Toplam fenolik bileşik standart grafiği..... 78
Şekil 3.15 Prolin analizi için örneklerin hazırlanma aşamaları..... 79
Şekil 3.16 Örneklerin sıcak su banyosunda bekletilme işlemi..... 80
Şekil 3.17 Prolin standart grafiği 81
Şekil 3.1 Glikoz tayini için hazırlanan örnekler..... 82
Şekil 3.1 Glikoz standart grafiği 84
Şekil 3.1 Sukroz standart grafiği..... 85
Şekil 3.21 Element analizi için örneklerin toz haline getirilmesi işlemi..... 86
Şekil 3.22 Preparatların incelenmesi..... 88
Şekil 4.1 Akçaağaç fidanlarının daldırma süreleri ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki 92
Şekil 4.2 Ceviz fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki 93
Şekil 4.3 Çınar fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki 94
Şekil 4.4 Dişbudak fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki..... 95
Şekil 4.5 Göknar fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki..... 96
Şekil 4.6 Kayın fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki 97

Şekil 4.7 Servi fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki 98
Şekil 4.8 Akçaağaç türüne göre daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki 100
Şekil 4.9 Ceviz fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki 101
Şekil 4.10 Çınar fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki 102
Şekil 4.11 Dişbudak fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki 103
Şekil 4.12 Göknar fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki 104
Şekil 4.13 Kayın fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki 105
Şekil 4.14 Servi fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki 106
Şekil 4.15 Akçaağaç fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki..... 108
Şekil 4.16 Ceviz fidanlarında daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki 109
Şekil 4.17 Çınar fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki 110
Şekil 4.18 Dişbudak fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki 111
Şekil 4.19 Göknar fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki 111
Şekil 4.20 Kayın fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki..... 112
Şekil 4.21 Servi fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki 113
Şekil 4.22 Akçaağaç fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki 115
Şekil 4.23 Ceviz fidanlarının daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki 116
Şekil 4.24 Çınar fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki 117
Şekil 4.25 Dişbudak fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki. 118
Şekil 4.26 Göknar fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki 119
Şekil 4.27 Kayın fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki 120
Şekil 4.28 Servi fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki..... 121
Şekil 4.29 Akçaağaç fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki 123
Şekil 4.30 Ceviz fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki..... 124
Şekil 4.31 Çınar fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki 125
Şekil 4.32 Dişbudak fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki..... 126
Şekil 4.33 Göknar fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki 127
Şekil 4.34 Kayın fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki 128
Şekil 4.35 Servi fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki..... 128
Şekil 4.36 Fidan türlerine göre 6 aylık daldırma ile vejetasyon mevsimi arasındaki ilişki 130
Şekil 4.37 Akçaağaç fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması 144
Şekil 4.38 Akçaağaç fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması 145
Şekil 4.39 Akçaağaç fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması 146
Şekil 4.40 Ceviz fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması 147
Şekil 4.41 Ceviz fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması..... 148
Şekil 4.42 Ceviz fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması 149
Şekil 4.43 Ceviz fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması..... 150
Şekil 4.44 Çınar fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması..... 151
Şekil 4.45 Çınar fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması 152
Şekil 4.46 Çınar fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması 153

Şekil 4.47 Dişbudak fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması 154
Şekil 4.48 Dişbudak fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması..... 155
Şekil 4.49 Dişbudak fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması..... 156
Şekil 4.50 Göknar fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması..... 157
Şekil 4.51 Göknar fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması..... 158
Şekil 4.52 Göknar fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması..... 159
Şekil 4.53 Kayın fidanların kök mineral değerleri ortalaması..... 160
Şekil 4.54 Göknar fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması..... 161
Şekil 4.55 Kayın fidanların yaprak mineral değerleri ortalaması..... 162
Şekil 4.56 Servi fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması..... 163
Şekil 4.57 Servi fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması..... 164
Şekil 4.58 Servi fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması..... 165
Şekil 4.59 Akçaağaç fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki..... 166
Şekil 4.60 Ceviz fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki..... 167
Şekil 4.61 Çınar fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki..... 167
Şekil 4.62 Dişbudak fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki..... 168
Şekil 4.63 Göknar fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki..... 169
Şekil 4.64 Kayın fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki..... 169
Şekil 4.65 Servi fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki..... 170
Şekil 4.66 Akçaağaç fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki..... 172
Şekil 4.67 Ceviz fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki..... 173
Şekil 4.68 Çınar fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki..... 174
Şekil 4.69 Dişbudak fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki..... 174
Şekil 4.70 Göknar fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki..... 175
Şekil 4.71 Kayın fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki..... 176
Şekil 4.72 Servi fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki..... 176

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 Dünya genelinde 2020-2024 yılları arasında meydana gelen doğal afetlerin dağılımı 11
Tablo 2.2 Türkiye'de 2020-2024 yılları arasında meydana gelen doğal afetlerin dağılımı 11
Tablo 2.3 Dünya genelinde afet kaynaklı ölüm sayıları 12
Tablo 3.1 Çalışmanın deneysel uygulama dizaynı 70
Tablo 3.2 Klorofil miktarının hesaplanmasında kullanılan formüller 76
Tablo 4.1 Daldırma uygulamaları öncesinde fidanlara ait istatistiksel bulgular 90
Tablo 4.2 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama KBÇ büyümesine etkisi 92
Tablo 4.3 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama KBÇ büyümesine etkisi açısından karşılaştırılması 98
Tablo 4.4 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama boy büyümesine etkisi 99
Tablo 4.5 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama boy büyümesine etkisi açısından karşılaştırılması 106
Tablo 4.6 Farklı daldırma sürelerinin ortalama kök biyokütlesi üzerine etkisi 107
Tablo 4.7 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama kök biyokütlesine etkisinin karşılaştırılması 113
Tablo 4.8 Farklı daldırma sürelerinin ortalama gövde biyokütlesi üzerine etkisi 114
Tablo 4.9 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama gövde biyokütlesine etkisi ... 121
Tablo 4.10 Farklı daldırma sürelerinin 1 vejetasyon mevsimi sonrası fidanların mortalitesine etkisi 122
Tablo 4.11 Farklı daldırma sürelerinin 1 vejetasyon mevsimi sonrası fidanların mortalitesine etkisi 129
Tablo 4.12 6 aylık daldırmaya tabi tutulan fidanların mortalitesinin sonraki vejetasyon mevsimlerindeki (3 vejetasyon boyunca) değişimi 129
Tablo 4.13 Farklı daldırma sürelerinin akçaağaç fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi 131
Tablo 4.14 Farklı daldırma sürelerinin ceviz fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi 132
Tablo 4.15 Farklı daldırma sürelerinin çınar fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi 133
Tablo 4.16 Farklı daldırma sürelerinin dişbudak fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi 134
Tablo 4.17 Farklı daldırma sürelerinin göknar fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi 135
Tablo 4.18 Farklı daldırma sürelerinin kayın fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi 137
Tablo 4.19 Farklı daldırma sürelerinin servi fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi 138
Tablo 4.20 Farklı daldırma türlerine ait fidan türlerinde; klorofil a, klorofil b toplam klorofil karotenoid klorofil a/b ve b/a değerlerine ilişkin ortalama ve standart sapma (±) 140
Tablo 4.21 Farklı daldırma sürelerine ait fidanlarda; kök gövde ve yaprakta fenolik bileşikler, prolin ve şeker değerlerine ilişkin ortalama ve standart sapma (±) 142

Tablo 4.22 Farklı daldırma sürelerinin ortalama özışını genişliği üzerine etkisini gösteren analiz değerleri 165
Tablo 4.23 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama özışını genişliği etkisi açısından karşılaştırılması (Homojen gruplar- Tukey test) 171
Tablo 4.24 Farklı daldırma sürelerinin ortalama özışını yüksekliği üzerine etkisini gösteren analiz değerleri 171
Tablo 4.25 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama özışını yüksekliği etkisi açısından karşılaştırılması (Homojen gruplar- Tukey test) 177

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

~ : Eşdeğerlik
µg : Mikrogram
µl : Mikrolitre
µmol/g : Milimolar/Gram
B : Bor
Ca : Kalsiyum
Caro : Karotenoid
CH_4 : Metan
Chl a : Klorofil a
Chl b : Klorofil b
CL : Klor
Co : Kobalt
CO_2 : Karbon Dioksit
Cu : Bakır
Fe : Demir
Fe^{+2} : Demir
g : Gram
H_2O : Su Buharı
H_2O_2 : Hidrojen Peroksit
K : Potasyum
kg : Kilogram
m^2 : Metrekare
Mg : Magnezyum
mg/g : Miligram/Gram
ml : Milimetre
mM : milimol
mm : Milimetre
Mn : Mangan
Mn^{+2} : Mangan
mol : Molar
N : Azot
N_2O : Diazot Monoksit
Na : Sodyum
Na_2CO_3 : Sodyum Karbonat
Ni : Nikel
nm : Nanometre
O_3 : Ozon
ºC : Santigrat Derece
P : Fosfor
S : Kükürt
Si : Silisyum
sn : Saniye
SO_2 : Kükürt Dioksit
TChl : Toplam Klorofil
Zn : Çinko

Kısaltmalar

3-PGA	**:** 3-Fosfogliserat
ABD	**:** Amerika Birleşik Devletleri
ADH	**:** Alkol Dehidrojenaz
AFAD	**:** Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
A_{max}	**:** Fotosentez Hızı
APX	**:** Askorbat peroksidax
CAT	**:** Katalaz
cc	**:** Cubic Centimeters
CCI	**:** Klorofil İçerik İndesi
CFC	**:** Kloroflorokarbon
CK	**:** İyi Sulanan
CRED	**:** Afetlerin Epidemiyolojisini Araştırma Merkezi (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters)
EEA	**:** Avrupa Çevre Ajansı **(**Europan Environment Agency)
ERF	**:** Ethylene Response Factor
FEMA	**:** Federal Acil Durum Ajansı
FNR	**:** Redüktaz
G3P	**:** Gliseraldehit-3-Fosfat
HFC	**:** Hidrofloroklorokarbon
IPCC	**:** Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
KBÇ	**:** Kök Boğaz Çapı
L.	**:** Linnaeus
LASEZ	**:** Leica Application Suite
LHC	**:** Işık Hasat Kompleksi
MDA	**:** Malandialdehit
MGM	**:** Meteoroloji Genel Müdürlüğü
$NADP^+$	**:** Nikotinamid Adenin Dinükleotit Fosfat
NADPH	**:** Nikotinamid Adenin Dinükleotit Fosfat
NW	**:** Sel Taşkınına Maruz Bırakma
OİM	**:** Orman İşletme Müdürlüğü
OİŞ	**:** Orman İşletme Şefliği
P5C	**:** Glutamatı Δ^1-Pirrolin-5-Karboksilata
P5CS	**:** Δ^1-Pirrolin-5-Karboksilat Sentaz
PDC	**:** Pirüvat Dekarboksilaz
POD	**:** Guaiacol Peroksit
ProDH	**:** Prolin Dehidrogenaz
PSI	**:** Fotosistem I
PSII	**:** Fotosistem II
ROS	**:** Reaktif Oksijen Türevleri
rpm	**:** Dakikadaki Devir Sayısı (Rotations Per Minute)
RuBP	**:** Ribüloz-1,5-bisfosfat
SDA	**:** Yapısal Ayrışma Analizi **(**Structural Decomposition Analysis)
SOD	**:** Superoksitdismutaz
TA	**:** Taze Ağırlık
UV	**:** Ultraviyole
V	**:** Kullanılan Etanol (ml)
W	**:** Sel Taşkınına Maruz Bırakma
WHO	**:** Dünya Sağlık Örgütü
WL	**:** Su Basan
XRF	**:** X-Işını Floresansı

1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği ve çevresel etkileri dünya genelinde farklı biçimlerde ortaya çıkmaktadır. Bazı bölgelerde kuraklık, orman yangınları ve sıcak hava dalgaları görülürken, bazı bölgelerde ise ani, şiddetli, aşırı yağışlar ve bunlara bağlı sel, taşkın gibi kütle hareketlerinin daha sık yaşandığı bilinmektedir (Paetzold vd., 2008). Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla farklı iklim tiplerine sahip bir ülkedir ve bu çeşitlilik, yağış rejimlerinde de belirgin farklılıklara yol açmaktadır. Özellikle Karadeniz Bölgesi, yıl boyunca en fazla yağış alan bölge olarak öne çıkmaktadır. Zaman zaman meydana gelen ani ve yoğun yağışlara bağlı sel ve taşkın olayları yapılan çalışmaları destekler niteliktedir (Balka ve Türkeş, 2021). Taşkınlar yalnızca maddi ve manevi kayıplara değil, can kayıplarına da neden olan önemli doğal afetlerdendir. Türkiye'de nüfus artışıyla birlikte yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının bilinçsiz kullanımı, jeolojik yapı, coğrafi konum ve iklim değişikliğine bağlı küresel ısınma gibi etkenler taşkın olaylarının sıklığını artırmaktadır (Doğan vd., 2019).

Sel, taşkın ve heyelan gibi olayların önlenmesi ya da olası zararlarının azaltılabilmesi için bir yandan iklim özelliklerinin diğer yandan da mevcut bitki örtüsü karakteristiklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi ve planlama çalışmalarında her iki faktörün de dikkatle değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır (Süme vd., 2021). Doğal koşullar altında taşkın alanlarındaki odunsu bitki türlerinin adaptasyonunda hidrolojik rejim belirleyici bir role sahiptir. Bu sistemlerde sel sıklığı ve süresindeki küçük değişimler dahi tür kompozisyonunda önemli farklılıklara yol açabilmektedir (Rood vd., 2003).

Karasal ekosistemlerde sel baskınına maruz kalan bitkilerin yetiştiği topraklarda gözeneklerin suya doyması en önemli stres faktörlerinden biridir (Kozlowski, 2002). Taşkın koşullarında yalnızca suya doygunluk değil, toprak içerisindeki mineral besin elementlerinin dinamikleri de bitkiler üzerinde ek bir stres oluşturur. Suya doymuş ve oksijensiz ortamlarda toprak redoks potansiyeli azalır ve bu durum özellikle Fe^{2+} ve Mn^{2+} iyonlarının çözünürlüğünü artırarak toksisiteye neden olur (Zhang vd., 2025). Ayrıca azot döngüsü bozulur, nitrifikasyon baskılanırken denitrifikasyon hızlanır ve

bunun sonucunda azot kayıpları ortaya çıkar. Fosforun biyoyararlanımı azalırken, potasyumun yıkanması da sık rastlanan bir durumdur. Dolayısıyla taşkın ekosistemlerinde bitkilerin adaptasyon kapasitesini belirleyen tek etken su stresi değildir; mineral besinlerin mevcudiyeti ve dengesi de bu süreçte kritik bir rol oynamaktadır (Rupngam vd., 2023). Bu nedenle taşkın alanlarında yetişen bitki türleri değişen su seviyelerine ve sel koşullarına uyum sağlayabilme yeteneğine sahip olmalıdır. Taşkın toleransı, taşkın yatağı ormanlarında yaşayan bitki türlerinin başarılı bir şekilde uyum sağlaması için temel bir faktördür (Hügin ve Henrichfreise, 1992). Özellikle sel süresi, bitkilerin hayatta kalma oranını doğrudan etkileyen önemli bir değişkendir (Schnitzler, 1995). Genel olarak ağaçların taşkın suları altında kalma süresi uzadıkça fizyolojik hasar artmaktadır. Taşkın dönemlerinde en temel sorun sudaki gazların yavaş difüzyon hızına bağlı olarak ortaya çıkan oksijen eksikliğidir. Oksijenin azalması fotosentez hızını düşürür ve bu durum büyümenin yavaşlamasına, biyokütle kaybına ve nihayetinde su altında kalan bitkilerin ölümüne yol açar (Siebel ve Bouwma, 1998).

Taşkın koşullarında fotosentezdeki azalma yalnızca gaz değişiminin kısıtlanmasından değil, ışığa bağımlı ve bağımsız reaksiyon basamaklarında meydana gelen çok yönlü aksaklıklardan da kaynaklanmaktadır (Giroir ve Gschwend, 2024). Hipoksik ortamlarda köklerden gelen sinyaller yapraklardaki stomaların kapanmasına neden olur ve bu durum hücreler arası karbon dioksit (CO_2) konsantrasyonunu düşürerek Calvin döngüsünde karboksilasyon hızını sınırlar (Gil vd., 2009). Tilakoid zarında yer alan fotosistem II (PSII) proteinlerinden D1'in fotooksidatif hasara uğraması ışık reaksiyonlarının verimliliğini azaltır. Klorofil ve karotenoid gibi fotosentetik pigmentlerde meydana gelen bozulmalar ışık enerjisinin yakalanma kapasitesini düşürürken; RubisCO enziminin karboksilaz aktivitesindeki azalma, karbon fiksasyonunu doğrudan sınırlar (Sun vd., 2022). Ayrıca ışık reaksiyonlarının devam etmesine karşın karanlık reaksiyonların yavaşlaması NADPH (Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat) birikimine yol açar ve bu da reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu tetikler. Bu süreçte taşkın koşullarına toleranslı bitki türleri süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX) ve katalaz (CAT) gibi antioksidan enzimlerin aktivitelerini artırarak ve osmoprotektan birikimini hızlandırarak fotokimyasal yapının bütünlüğünü korumaya çalışır (Mishra vd., 2023).

Ağaçların yaşam döngüsü içinde fidan dönemi genellikle en hassas evre olarak kabul edilir. Ağaç türlerinin uzun vadeli kompozisyonunu şekillendirme potansiyeline sahip birçok çevresel ve biyotik faktör fidanların ortaya çıkışını, büyümesini ve hayatta kalma oranını etkiler (Costa vd., 2010). Taşkın yatağı ağaç türleri arasındaki farklı adaptasyonlar, bu ekosistemlerde fidanların hayatta kalma şansını artırır. Bu adaptasyonlar türlerin kendine özgü gençleşme nişlerini yansıtır ve yeni bireylerin kendi türlerinin olgun bireylerinin yerini alma olasılığını belirler (Kroschel ve King, 2021; Yamazaki vd., 2016).

Ancak tüm türler sel ve taşkın koşullarına aynı şekilde tepki vermez. Bu nedenle sele dayanıklı ağaç türleri, taşkın etkilerini tolere etmek ya da bunlardan kaçınmak için çeşitli adaptasyonlar geliştirmiştir (Alaoui-Sossé vd., 2005). Bu adaptasyonların büyük bir kısmı morfolojik niteliktedir. Kök, gövde ve yapraklarda meydana gelen yapısal değişimler bu süreçte önemli rol oynar. Ayrıca minerallerin bu morfolojik adaptasyonlara katkısı da dikkate değerdir. Örneğin kalsiyum (Ca), hücre çeperi stabilitesini artırarak kök ve gövde dokularının dayanıklılığını destekler. Potasyum (K), osmotik dengeyi düzenleyerek stomaların açılıp kapanmasını kontrol eder ve fotosentetik verimliliğin sürdürülmesine katkı sağlar (Shabbir vd., 2022). Magnezyum (Mg), klorofil molekülünün merkezinde yer alarak fotosentez kapasitesini doğrudan belirlerken; demir (Fe), manganez (Mn), çinko (Zn) ve bakır (Cu) gibi mikro elementler fotosistem enzimlerinin yapısında bulunur ve elektron taşınımında kritik görev üstlenir. Bu nedenle taşkın stresine karşı gelişen morfo-fizyolojik adaptasyonların mineral besin elementleriyle yakından ilişkili olduğu kabul edilmektedir (Ahmed vd., 2023). Bununla birlikte taşkın toleransında fizyolojik ve biyokimyasal süreçler de belirleyici rol oynamaktadır. Pigment bileşimindeki değişimler fotosentetik verimliliğin korunmasında önemli bir uyum mekanizmasıdır. Örneğin karotenoid/klorofil oranındaki artış, reaktif oksijen türlerinin (ROS) temizlenme kapasitesini yükseltir (Yang vd., 2023). Antioksidan enzim sistemleri (SOD, APX, CAT) oksidatif stresi azaltarak hücre zarlarının ve proteinlerin bütünlüğünü korur. Prolin, glisin betain ve trehaloz gibi osmoprotektanlar ise hücre içi osmotik dengeyi sağlayarak turgor basıncının korunmasına ve enzim fonksiyonlarının sürdürülmesine yardımcı olur. Bu fizyolojik ve biyokimyasal adaptasyonlar taşkın sonrası toparlanma süresini kısaltır ve bitkinin büyüme performansını korumasını

sağlar (Gupta ve Huang, 2014). Sel baskınları bitkilerde çeşitli morfolojik hasarlara yol açarak, onları diğer stres faktörlerine karşı daha savunmasız hale getirebilir. Bu nedenle sel sonrası bitkilerin toparlanma süreçleri genellikle ihmal edilmiş ve yeterince araştırılmamıştır (Arruda vd., 2020; Mountford ve Chapman, 1993; Neves vd., 2013). Taşkın yataklarında yayılış gösteren türlerin taşkınlara verdiği tepkilerin belirlenmesi, gelecekte hidrolojik rejimlerde meydana gelebilecek değişimlerin tür kompozisyonlarını nasıl etkileyeceğini anlamak ve tahmin etmek açısından büyük önem taşımaktadır (Anılan vd., 2016; Yüksek vd., 2021).

IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporu'na (AR6) göre Akdeniz havzasında yer alan Türkiye'de ekstrem yağış olaylarının sıklığı ve şiddetinde artış beklenmektedir. Özellikle RCP8.5 senaryosu kapsamında 2100 yılına kadar bazı bölgelerde yıllık maksimum yağış miktarında %15'e varan artışların meydana gelebileceği öngörülmektedir (IPCC, 2020). Bu durum mevcut taşkın risk yönetimi politikalarının güncellenmesini ve iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Küresel iklim değişikliğinin ekosistem hizmetleri üzerindeki etkileri yalnızca yağış rejimlerindeki değişimler ve taşkın sıklığındaki artışlarla sınırlı değildir. Karbon döngüsü, toprak verimliliği, polinatör faaliyetleri ve suyun ekosistem içindeki yeniden dağılımı gibi temel ekosistem süreçleri de bu değişimlerden doğrudan etkilenmektedir (Oishy vd., 2025). Örneğin sel ve taşkın olaylarının artması, orman ekosistemlerinde toprak organik karbonunun erozyon ve anaerobik koşullar nedeniyle hızla kaybolmasına yol açabilir. Bu durum hem küresel karbon bütçesini hem de toprak verimliliğini olumsuz etkileyebilir. Benzer şekilde toprak verimliliğindeki azalma bitki besin elementlerinin yıkanmasına neden olarak, uzun vadede bitki örtüsünün tür kompozisyonunu değiştirebilir (Rupngam ve Messiga, 2024).

Hidrolojik rejimdeki değişimler yalnızca türlerin mekânsal dağılımını değil, popülasyonların genetik çeşitliliğini ve demografik yapılarını da etkilemektedir. Uzun süreli sel baskınları veya düzensiz taşkınlar, belirli genotiplerin diğerlerine göre avantajlı hale gelmesine neden olarak popülasyon düzeyinde bir seçilim baskısı oluşturur. Bu durum taşkın toleransına sahip genetik varyantların zamanla baskın hale

gelmesine, hassas genotiplerin ise popülasyondan elenmesine yol açabilir (Liao vd., 2024). Dolayısıyla taşkın rejiminin süresi, şiddeti ve sıklığındaki değişimler ekosistemlerin genetik düzeydeki adaptasyon süreçlerini doğrudan şekillendirmektedir. Bu bağlamda doğa temelli çözümler çerçevesinde sele dayanıklı türlerin doğal popülasyonlarının korunması, ıslah programları aracılığıyla adaptif özelliklerin geliştirilmesi ve habitat restorasyonuna yönelik çalışmaların yürütülmesi öncelikli stratejiler arasında yer almaktadır (Seddon vd., 2020). Ayrıca taşkın yataklarının ekolojik işlevlerini sürdürmesini sağlamak amacıyla nehir kenarı tampon bölgelerinin oluşturulması ve taşkın ovası ormanlarının korunması, ekosistemlerin uzun vadeli direnç ve uyum kapasitesini artıran önemli uygulamalardandır (Michalczyk ve Michalczyk, 2023).

Ekstrem hava olaylarının artışıyla birlikte türlerin yaşam döngüsünde belirli gelişim aşamaları adaptasyon pencereleri olarak öne çıkmaktadır. Bu gelişim aşamaları, fotosentez kapasitesiyle doğrudan ilişkili olan primer ve sekonder büyüme süreçlerini de kapsamaktadır. Primer büyüme; nod, internodyum ve apikal meristem aktiviteleri aracılığıyla dikey boy artışını sağlarken, sekonder büyüme; kambiyumun etkinliğiyle gövde ve kök çapının artmasına ve odun dokusunun gelişmesine olanak tanır. Her iki büyüme tipi de fotosentezden elde edilen karbonhidratlara ve enerjiye bağımlıdır (Hatfield ve Prueger, 2015). Taşkın koşullarında fotosentez kapasitesindeki azalma öncelikle sekonder büyüme hızını, ardından primer büyümeyi sınırlandırır. Toleranslı türler ise pigment ve enzim bütünlüğünü koruyarak karbon akışını sürdürür ve böylece büyüme süreçlerindeki duraksamaları en aza indirir. Bu nedenle primer ve sekonder büyüme ile fotosentez arasındaki karşılıklı etkileşim, türlerin taşkın stresine adaptasyonunda belirleyici bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Sun vd., 2024). Fidan döneminde gözlenen lentisel yoğunluğundaki artış, adventif kök oluşumu ve kök havalanma dokularının gelişimi, sel baskınına karşı morfolojik uyumun başlıca göstergeleridir. Bu adaptif yapıların gelişimi yalnızca türler arasında değil, aynı türün farklı yaş grupları arasında da değişkenlik gösterebilmektedir. Dolayısıyla gelişim aşamalarına özgü tolerans mekanizmalarının ayrıntılı biçimde incelenmesi, ekosistem yönetimi stratejilerinin belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir (Mozo vd., 2021).

Taşkın olaylarının yalnızca ekolojik değil, sosyo-ekonomik etkileri de dikkate değerdir. Yerel halkın geçim kaynaklarını doğrudan etkileyen taşkınlar; odun üretimi, tıbbi bitkilerin toplanması, mera kullanımı ve tarımsal üretim gibi faaliyetlerde verim kaybına yol açabilmektedir. Bu durum ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğini ve bölgesel ekonomik istikrarı tehdit eden önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır (Balgah vd., 2023).

Gençleştirme süreci, taşkın yatağı ağaç türlerinin yaşam döngüsünde son derece hassas bir dönemdir ve orman topluluklarının tür kompozisyonunu güçlü biçimde etkileyebilir. Ancak taşkın yatağındaki türlerin tohum çimlenme kapasiteleri ile çimlenen bireylerin taşkın sonrası büyüme ve hayatta kalma oranları üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ayrıca bu türlerin taşkına maruz kalmasının fizyolojik, morfolojik ve anatomik özellikleri üzerindeki etkilerini ele alan araştırmalar da yetersizdir. Ülkemizde ise taşkın yataklarında yayılış gösteren türler üzerinde taşkın toleransına ilişkin yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma, literatürdeki mevcut boşluğu yalnızca morfolojik parametreler üzerinden değil, fizyolojik ve biyokimyasal göstergeler üzerinden de ele alarak mevcut literatürdeki boşluğu doldurmayı amaçlamıştır. Bu kapsamda incelenen türlerde pigment kompozisyonu, enzim dinamikleri, osmoprotektan birikimi ve büyüme süreçleri detaylı olarak değerlendirilmiştir. Böylece taşkın toleransının çok boyutlu bir ekofizyolojik profili ortaya konmuş, türlerin adaptasyon kapasiteleri bilimsel olarak karşılaştırılmış ve literatüre özgün bir katkı sağlanmıştır. Bu doktora tez çalışmadında, sel ve taşkın yataklarında yayılış gösteren kırmızı akçaağaç (*Acer rubrum L.*), Ceviz (*Juglans regia L.*), Doğu Çınarı (*Platanus orientalis L.*), yaygın dişbudak (*Fraxinus excelsior L.*), Doğu Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana* subsp *normandiana*), doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve Akdeniz servisi (*Cupressus sempervirens L.*) ağaç türlerinin taşkın zamanı ve süresine bağlı olarak büyüme ve gelişmeleriyle birlikte fizyolojik, anatomik ve morfolojik özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1 İklim Krizi ve Taşkınlar

Avrupa 1758–1791 yılları arasında gerçekleşen ve Sanayi Devrimi olarak adlandırılan süreçle birlikte üretim anlayışı köklü bir değişim geçirmiştir. Üretimin temel kaynağı artık toprak değil, hammaddenin işlenmesi haline gelmiştir. Bu dönemde hammadde çeşitli yollarla elde edilerek fabrikalarda işlenmiş ve pazara sunulmuştur (Mohajan, 2019). Sanayinin gelişmesiyle birlikte hammaddeye olan talep artmış ve bu durum sömürgecilik anlayışının büyük devletler tarafından benimsenmesine yol açmıştır. Endüstrileşen toplumlarda kırsal alanlardan kentlere doğru göç başlamış, bunun sonucunda zirai ve orman alanları üzerindeki baskı da önemli ölçüde artmıştır (Türkeş, 2007).

Sanayileşme ve toplumsal yaşam biçimlerindeki değişimle birlikte fosil yakıt kullanımı hızla artmıştır. Bu artış, atmosferde doğal olarak bulunan ve sera gazları olarak adlandırılan su buharı (H_2O), karbon dioksit (CO_2), ozon (O_3), metan (CH_4), kloroflorokarbonlar (CFC), hidroflorokarbonlar (HFC), diazot monoksit (N_2O) ve kükürt dioksit (SO_2) gibi gazların birikimini zamanla artırmıştır (IPCC, 2001a). Atmosferde yoğunlaşan bu gazlar, güneşten gelen enerjinin uzaya geri yansımasını engelleyerek küresel ısınma olarak bilinen sıcaklık artışına neden olmuştur (Adis ve Junk, 2002). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC, 2023) sentez raporuna göre sanayi devriminden günümüze kadar küresel sıcaklıklar 1,1ºC artmıştır.

İklim, belirli bir bölgedeki uzun süreli hava olaylarının genel karakterini ifade eder ve sıcaklık, basınç, rüzgâr, nem ve yağış gibi elemanlardan oluşur. Küresel ölçekte artan sıcaklıklar, bu iklim elemanları arasındaki etkileşimleri de değiştirmiştir (Ahmad vd., 2025; Ganbari vd., 2011). Küresel ısınma yalnızca sıcaklık artışıyla sınırlı kalmayıp; hidrolojik döngünün değişmesi, su kaynaklarının azalması, kar ve buzulların erimesi, buharlaşmanın artması, mevsimsel sıcaklık ve yağış dengesinin bozulması gibi çok sayıda süreci de etkilemiştir. Bunun sonucunda düzensiz yağışlar, sel ve taşkınlar, kuraklıklar ve yangınlar gibi meteorolojik afetler ile ekolojik bozulmaların görülme sıklığı artmıştır (Breugem vd., 2020; Galip, 2006). Küresel ısınmanın etkileri yalnızca

doğal süreçlerle sınırlı değildir; ekonomik, sosyolojik ve psikolojik boyutları da bulunmaktadır. Tarımsal üretimdeki azalma, geçimini topraktan sağlayan topluluklar için ciddi bir ekonomik darboğaz oluşturmakta ve bu da kıtlık, salgın hastalıklar, can ve mal kayıpları ile ruhsal bozukluklara yol açmaktadır (Korkanç vd., 2006).

Tarihsel kayıtlar ve iklim modellemeleri son 50 yılda ekstrem yağış olaylarının sıklığı ve şiddetinde belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. IPCC (2021) raporuna göre 1970'lerden bu yana küresel sıcaklıktaki her 1°C'lik artışın, atmosferin nem tutma kapasitesini yaklaşık %7 oranında artırdığı ve bu durumun kısa süreli ancak şiddetli yağışların daha sık meydana gelmesine yol açtığını bildirmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM, 2025) verileri de benzer bir eğilimi doğrulamaktadır; özellikle Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde yoğun yağışlı gün sayısında son 30 yılda artış olduğu bildirilmiştir. Bu süreç Clausius-Clapeyron ilişkisi ile açıklanabilir. Atmosferdeki sıcaklık artışı, havanın su buharı taşıma kapasitesini artırır ve bu da konvektif sistemlerin etkin olduğu dönemlerde kısa süreli sağanak ve ani taşkınların tetiklenmesine neden olur. Bu fiziksel mekanizma iklim değişikliğinin hidrolojik döngü üzerindeki doğrudan etkilerinden biri olup, gelecekte taşkın riskinin daha da artacağını göstermektedir (Martinkova ve Kysely, 2020).

Küresel ısınma ve buna bağlı ekstrem yağış olaylarının etkileri yalnızca ekosistemlerle sınırlı kalmayıp insan sağlığı üzerinde de ciddi sonuçlar doğurmaktadır. Sel ve taşkın sonrası su kaynaklarının kirlenmesi; kolera, leptospiroz ve tifo gibi su kaynaklı hastalıkların salgın düzeyinde ortaya çıkmasına yol açabilir (WHO, 2014). Ayrıca sel felaketleri sonrası artan sivrisinek ve diğer vektör popülasyonları, sıtma ve Batı Nil virüsü gibi hastalıkların yayılım riskini de artırmaktadır (Moise vd., 2024). Bunun yanında afet sonrası dönemde ortaya çıkan travma, kaygı bozuklukları ve depresyon da toplum sağlığını uzun vadede olumsuz etkileyebilmektedir (Akram ve Mushtaq, 2024).

Sel, büyük su kütlelerinin vadi tabanlarında, akarsu yataklarında, kıyı ve çukur alanlarda kontrolsüz biçimde akmasıyla meydana gelen doğal bir olaydır (Caretta vd., 2022; Özcan, 2006). Fuyen (2008) seli küresel sıcaklık artışına bağlı olarak atmosferdeki buhar basıncının ve nemin yükselmesi sonucu ani ve aşırı yağışların

oluşması şeklinde tanımlamıştır. Meeth vd. (2007) ise seli, yoğun yağış olaylarının sıklığı ve büyüklüğündeki artıştan kaynaklanan bir afet olarak belirtmiştir. Douglas vd. (2008) seli, adaletsiz sular olarak nitelendirerek çarpıcı bir doğal afet türü olarak tanımlamıştır. Çoğu zaman sel ve taşkın kavramları birbirinin yerine kullanılsa da aralarında fark vardır. Taşkın; nehir, dere, göl veya deniz gibi su kütlelerinin doğal drenajının bozulması sonucu yatağından taşarak çevresindeki tarım, orman, yerleşim alanlarına ve altyapıya zarar vermesi şeklinde tanımlanır (Dinç, 2019; Hulme, 2016; Türkeş vd., 2000). Türoğlu (2005) taşkını, akarsu yatağına taşıma kapasitesinin üzerinde su girişi olması durumu olarak tanımlamıştır. Erkal ve Taş (2013)'e göre taşkın, akarsuyun yatağından taşarak kara üzerine yayılması ve akışını bu şekilde sürdürmesidir. Leyer (2004) ise taşkını, akarsuyun yıllık ortalama su kütlesinin üzerine çıkması olarak açıklamıştır.

Sel ve taşkınların oluşumunu etkileyen başlıca faktörler; yağışın türü, şiddeti, miktarı ve sıklığı, yağış sonrası suyun havza içindeki dağılım biçimi, arazinin jeomorfolojik özellikleri, bitki örtüsü, yükselti, bakı, eğim derecesi ve evapotransirasyona etki eden iklimsel faktörlerdir. Akarsuların rejiminde görülen mevsimsel değişimler ve ortalamanın üzerindeki akışlar büyük ölçüde klimatik faktörlerin etkisiyle gerçekleşmektedir. Fiziksel koşullar, suyun bir afete dönüşmesini ya da etkilerinin hafiflemesini belirleyen unsurlar arasında yer almaktadır (Ciceron vd., 2001; Le Treut vd., 2007; Sarıgül ve Turoğlu, 2020). Buzulların erimesine bağlı olarak yükselen deniz seviyeleri (Hallegatte vd., 2013), kıyı şeridi, göl kenarları ve dere yatakları gibi alanlarda yapılan kontrolsüz ve plansız kentleşme (Jongman vd., 2012), ormanlardan aşırı faydalanma (Sundermann vd., 2012) ve kırsal alanlardan kentlere göç (Trenberth vd., 2003) gibi beşeri faaliyetler, akarsuların doğal yapısını bozarak suyun afete dönüşmesine zemin hazırlamaktadır (Miller vd., 2002; Ritter vd., 2002).

Küresel sıcaklıklardaki artış, diğer iklim elemanlarıyla karşılıklı etkileşim içinde olup, bu elemanların da değişmesine neden olmaktadır (AOAC, 2000; Ögüt, 2008; Uzmen, 2007). İklim değişikliği; kuraklık, hidrolojik döngünün bozulması, su kaynaklarının kalitesinde azalma, kar ve buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, aşırı buharlaşma, yağış rejimi ve miktarındaki değişiklikler ile meteorolojik afetlerin

sıklığındaki artış gibi sorunları beraberinde getirmektedir (Hoffman ve Evans, 2007; Şen, 2005).

İklim değişikliğinin sel ve taşkınlar üzerindeki en önemli etkisi yağış özelliklerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır. Havzalardaki hidrolojik döngüler, günlük, mevsimlik ve yıllık yağış miktarındaki değişimlerden doğrudan etkilenir. Küresel ısınma, okyanus ve denizlerde buharlaşmayı hızlandırarak atmosferin nem oranını artırmakta ve bu da yağış miktarının artmasına ve ekstrem yağış olaylarının daha sık görülmesine neden olmaktadır (Arnone vd., 2013; Fowler ve Onnessy, 1995; Qasim vd., 2015). Atmosferin nem tutma kapasitesindeki artışa bağlı olarak hidrolojik döngü hızlanmakta ve aşırı yağış olayları daha sık meydana gelmektedir (Cubasch vd., 2013). Yağış miktarı ve zamanındaki değişiklikler, toprak nemini ve yeraltı su rezervlerini doğrudan etkilemektedir (Caloiero vd., 2011; Yue vd., 2002; Wang vd., 2018). Toprağın suya doymasıyla birlikte yüzeysel akış artmakta ve bu da bitki örtüsünün tahrip olmasına, verimli üst toprağın erozyona uğramasına ve ekosistemlerin yaşam alanlarının zarar görmesine yol açmaktadır (Ingram, 2016; Trenberth vd., 2003; Wang vd., 2018). Ayrıca suya doygun ve oksijensiz koşullar toprakta redoks potansiyelinin azalmasına ve bunun sonucunda da Fe^{2+} ile Mn^{2+} iyonlarının çözünürlüğünün artmasına neden olarak kök sistemlerinde toksisite oluşturabilmektedir. Azot döngüsünde nitrifikasyon baskılanırken, denitrifikasyon hızlanır ve bu durum azot kayıplarını artırabilir (Nguyen vd., 2018). Fosfor, demir ve alüminyum oksitlerine bağlanarak biyoyararlanımı azaltabilir. Potasyum (K) ve magnezyum (Mg) gibi elementler ise yıkanma yoluyla üst topraktan uzaklaşabilir. Sonuç olarak taşkın sonrası büyümede görülen yavaşlama yalnızca su stresinden değil, mineral beslenme dengesinin bozulmasından da kaynaklanabilmektedir (Yi vd., 2023).

2.2 Türkiye'de Sel ve Taşkınlar

Tarih boyunca insanların karşılaştığı en önemli sorunlardan biri hiç kuşkusuz doğal afetler olmuştur. Afetlerin Epidemiyolojisini Araştırma Merkezi (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters-CRED) afeti; yerel kapasiteyi aşan, ulusal veya uluslararası düzeyde dış yardım gerektiren; büyük hasara, yıkıma ve insan kayıplarına yol açan, genellikle ani ve öngörülemeyen bir olay olarak tanımlamıştır. CRED

(2020)'e göre bir olayın afet olarak nitelendirilebilmesi için; on veya daha fazla kişinin hayatını kaybetmesi, yüz veya daha fazla kişinin etkilenmesi ve devlet tarafından olağanüstü hâl ilan edilmesi veya uluslararası yardım çağrısında bulunulması kriterlerinden en az birinin karşılanması gerektiği bildirilmiştir. Tablo 2.1'de dünya genelinde 2020-2024 yılları arasında meydana gelen doğal afetlerin dağılımı sunulmuştur.

Tablo 2.1 Dünya genelinde 2020-2024 yılları arasında meydana gelen doğal afetlerin dağılımı (Our World in Data, 2025)

Afet Türü	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**Toplam**
Sel	207	222	181	166	146	922
Yüksek sıcaklık	5	3	40	45	50	143
Kuraklık	20	25	40	21	20	126
Deprem	16	28	31	32	14	121
Orman yangını	10	19	16	17	21	83
Volkanik aktivite	3	9	5	4	7	28
Buzul gölü taşkını	-	2	1	1	1	5

Tablo 2.1, 2020–2024 yılları arasında dünya genelinde en sık meydana gelen doğal afet türünün toplam 922 olay ile sel olduğunu göstermektedir. Sel olaylarını yüksek sıcaklık (143), kuraklık (126) ve deprem (121) izlemiştir. Orman yangınları bu dönemde belirgin artış göstermiştir. Buna karşılık volkanik aktiviteler (28) ve buzul gölü taşkınları (5) daha sınırlı sayıda gerçekleşmiştir. Bu kapsamda genel olarak son beş yılda iklim kaynaklı afetlerin küresel ölçekte artış eğiliminde olduğu söylenebilmektedir. Tablo 2.2'de Türkiye'de 2020-2024 yılları arasında meydana gelen doğal afetlerin dağılımı sunulmuştur.

Tablo 2.2 Türkiye'de 2020-2024 yılları arasında meydana gelen doğal afetlerin dağılımı (AFAD, 2025; BDTİM, 2025; Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2025; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 2025)

Afet Türü	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**Toplam**
Deprem	321	270	21.054	830	194	22.669
Orman yangını	3.399	2.793	2.160	1.711	5.321	15.384
Sel ve su baskını	177	286	450	2.028	1.818	4.759
Heyelan	207	23	859	564	332	1.985

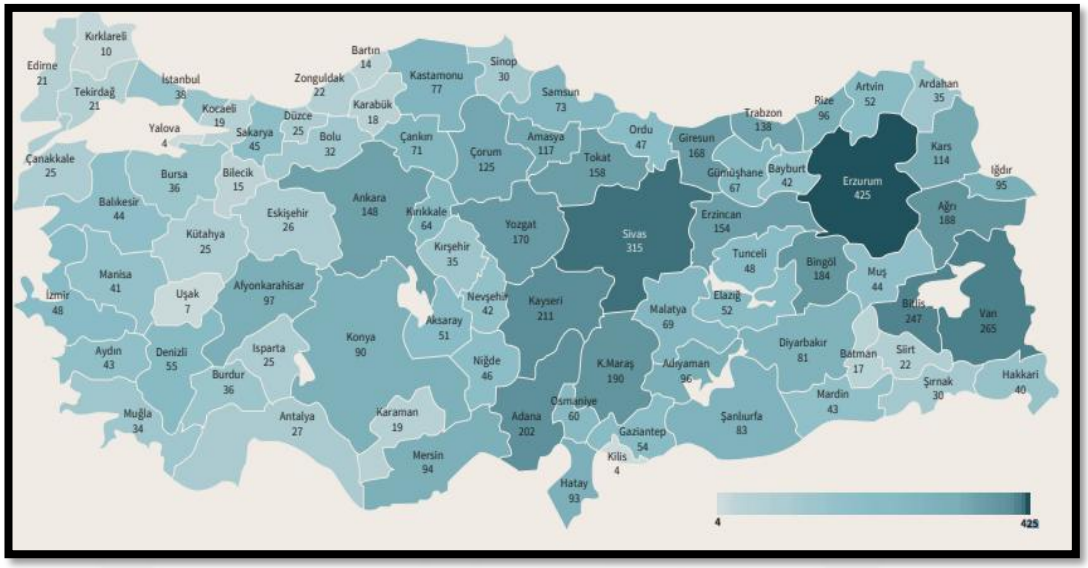
Tablo 2.2, 2020–2024 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen doğal afetler arasında depremin 22.669 olay ile en yüksek sayıya ulaştığını göstermektedir. Bunu orman yangınları, sel ve su baskını ve heyelan takip etmiştir. Tablo 2.3'de dünya genelinde afet kaynaklı ölüm sayıları sunulmuştur.

Tablo 2.3 Dünya genelinde afet kaynaklı ölüm sayıları (Our World in Data, 2025)

Afet Türü	2020	2021	2022	2023	2024	Toplam
Yüksek sıcaklık	6.570	1.044	61.782	48.094	68.022	185.512
Deprem	196	2.742	1.753	63.473	602	68.766
Sel	6.408	4.166	8.023	7.341	6.087	32.025
Kuraklık	47	4	2.601	252	5	2.909
Orman Yangını	86	127	77	263	170	723
Volkanik aktivite	1	104	6	23	10	144

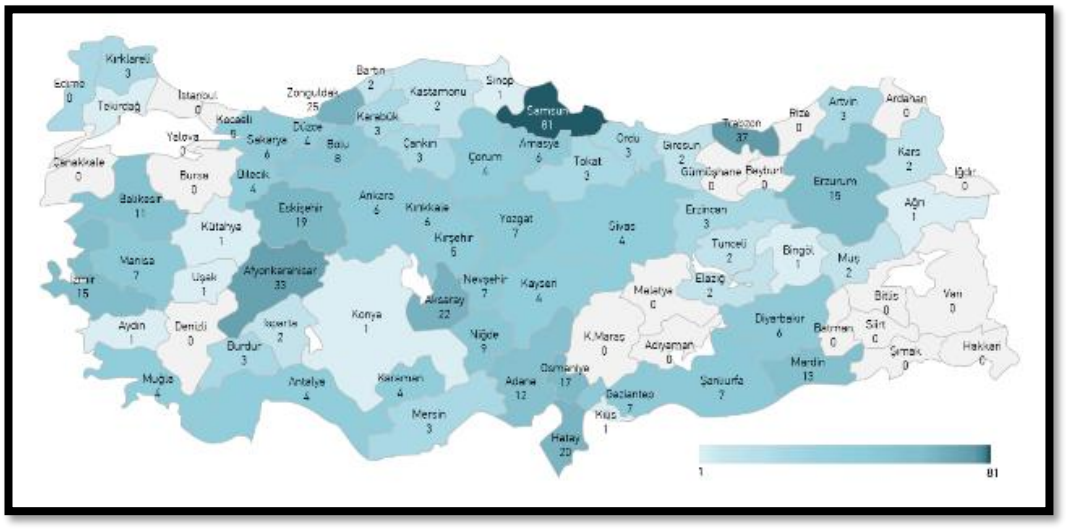
Tablo 2.3, 2020–2024 yılları arasında dünya genelinde afet kaynaklı ölümler arasında ilk sırada yüksek sıcaklık olaylarının yer aldığını; bunu sırasıyla deprem, sel, kuraklık, orman yangınları ve volkanik aktivite olaylarının izlediğini göstermektedir. Bu kapsamda özellikle sel olayları hem küresel ölçekte hem de bölgesel düzeyde önemli çevresel ve sosyoekonomik etkiler oluşturmaktadır.

Sel, nehir yataklarındaki suların taşması sonucu meydana gelen doğal bir olaydır. Taşkın sırasında akarsu kaynaklı süspansiyon ve sediman taşınımı, alüvyon tabakalarında kısa süreli fosfor (P) birikimine yol açarken; üst toprakta potasyum ve magnezyum yıkanması ile demir ve manganez indirgenmesi sonucu toprak çözeltisinde metal iyonlarının artışı meydana gelir ve bu durum bitki kökleri açısından toksisite riskini önemli ölçüde artırabilmektedir. Bu geçici besin dengesizlikleri özellikle fidan aşamasındaki bireylerde büyüme ve hayatta kalma oranlarını önemli ölçüde etkiler (Liu vd., 2025). Kuvvetli yağışlar ve kar erimeleri mevcut su miktarını artırarak taşkın riskini yükseltir. Ayrıca nehir yataklarının amacı dışında kullanılması da bu riski daha da artırmaktadır. Günümüzde plansız kentleşme nedeniyle nehir yataklarının yerleşime açılması, uygun ekolojik özelliklere sahip olmayan türlerle ağaçlandırılması, yatakların kurutulması veya doldurulması ve doğal akış yönlerinin değiştirilmesi gibi uygulamalar Türkiye'de ciddi can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Türkiye'nin engebeli coğrafi yapısı nedeniyle dağ ve tepelerde biriken kar kütleleri, ilkbahar aylarında hava sıcaklıklarının artmasıyla birlikte erimeye başlar. Karların ani erimesi durumunda nehir yatakları hızla suyla dolar ve bu durum ani sel ve taşkınların meydana gelmesine neden olabilir. Özellikle dağ eteklerinde yaşayan yerleşim alanları bu olaylar karşısında ciddi risk altındadır (Derse ve Polat, 2024). AFAD (2025) verilerine göre 1950-2018 yılları arasında Türkiye'de toplam 54.245 sel felaketi meydana geldiği bildirilmiştir. Şekil 2.1'de Türkiye'de 1950-2018 yılları arasında meydana gelen sellerin illere göre dağılımı sunulmuştur.



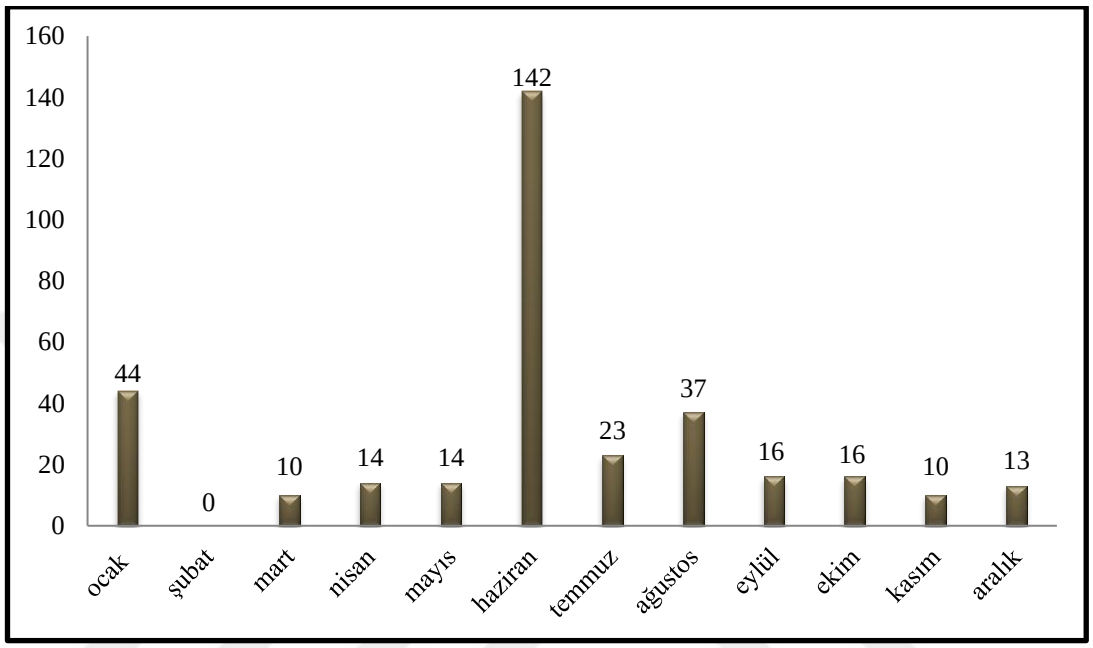
Şekil 2.1 1950-2018 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen sellerin illere göre dağılımı (AFAD yıllık raporundan değiştirilerek alınmıştır) (AFAD, 2025)

Şekil 2.1'deki 1950-2018 yılları arasında meydana gelen sel baskınları ve taşkınlar incelendiğinde Erzurum'un 425 olay ile birinci, Sivas'ın 315 olay ile ikinci ve Van'ın 265 olay ile üçüncü sırada yer aldığı görülebilmektedir. Buna karşılık Uşak, Yalova gibi illerde az sayıda sel taşkını meydana geldiği söylenebilmektedir. Türkiye'nin topografyası bütüncül olarak değerlendirildiğinde batıdan doğuya doğru yükseltinin artması ve sıcaklıkların düşmesiyle birlikte sel ve taşkın olaylarının sayısında artış olduğu görülebilmektedir (AFAD, 2018). Şekil 2.2'de 2018 yılında Türkiye'de meydana gelen taşkınlar sunulmuştur.



Şekil 2.2 2018 yılında Türkiye'de şehirlere göre meydana gelen sel taşkını sayısı (AFAD, 2018)

Şekil 2.2, 2018 yılında Türkiye'de toplam 499 sel taşkınının meydana geldiğini göstermektedir. En çok vaka görülen iller ise sırasıyla; Samsun (81), Trabzon (37) ve Afyon (33) olmuştur. Şekil 2.3'de 2019 yılında Türkiye'de meydana gelen sel taşkınlarının aylara göre dağılımı sunulmuştur.



Şekil 2.3 2019 yılında meydana gelen sel taşkınlarının aylara göre dağılımı (AFAD, 2018)

Şekil 2.3, 2019 yılında Türkiye'de toplam 339 sel ve taşkın olayının meydana geldiğini göstermektedir. Bu olayların 142'si (%49) Haziran ayında gerçekleşmiş olup, Şubat ayında herhangi bir sel olayı kaydedilmemiştir. Sel olaylarının mevsimlere göre dağılımı incelendiğinde; yaz mevsiminde %59, kış mevsiminde %20, sonbaharda %11 ve ilkbaharda %10 oranında sel olayının meydana geldiği söylenebilmektedir.

2020 yılında meydana gelen sel sayısı 177, 2021 yılında 283 ve 2022 yılında 453 olarak kaydedilmiştir. 11 Ağustos 2021'de meydana gelen ve Batı Karadeniz Sel Felaketi olarak adlandırılan olayda Kastamonu, Sinop ve Bartın illeri etkilenmiş; 97 kişi hayatını kaybetmiş ve 228 kişi yaralanmıştır. Felaketin yaşandığı gün Kastamonu'da; Küre ilçesine 198 kg/m², Pınarbaşı'na 167 kg/m², Azdavay'a 145 kg/m², İnebolu'ya 123 kg/m², Abana'ya 122 kg/m² ve Bozkurt'a 117 kg/m² yağış düşmüştür. Bozkurt'un Mamatlar köyünde ise 48 saatte toplam 420,6 kg/m² yağış kaydedilmiştir. Bartın'ın Ulus ilçesinde 90 kg/m², Çubukeli köyünde 86,8 kg/m² yağış görülmüş, en yüksek yağış miktarı Ceyüpler Köyü'nde 302,4 kg/m² olarak

ölçülmüştür. Özellikle 10 Ağustos günü bir saat içinde gerçekleşen 133,8 kg/m² yağış, Türkiye'de bir saatlik zaman diliminde ölçülmüş en yüksek yağış miktarı olmuştur (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024).

Türkiye'nin farklı coğrafi bölgeleri, iklimsel ve topoğrafik özellikleri nedeniyle sel ve taşkın tehlikesine farklı düzeylerde maruz kalmaktadır. Bu durumun yanı sıra bölgesel hidrojeokimyasal farklılıklar da önemli rol oynamaktadır. Örneğin bazı asitleşmiş orman topraklarında taşkın sonrasında Al^{+3} iyonlarının hareketliliği artabilirken, kireçli zeminlerde bulunan $CaCO_3$ tamponlama etkisi kısmen Fe ve Mn toksisitesini sınırlandırabilir. Bu nedenle taşkın yönetimi süreçlerinde bölgeye özgü besin elementi izleme programlarının planlama süreçlerine entegre edilmesi gerekmektedir (Bolan vd., 2023). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2024)'na göre Doğu Karadeniz Bölgesi'nde taşkın riski özellikle yaz aylarında, Marmara Bölgesi'nde ise kış ve ilkbahar aylarında aşırı yağışlarla birlikte kentsel taşkınlar şeklinde görülmektedir. İç Anadolu Bölgesi'nde ise taşkınların büyük bölümü ilkbahar sonu ve yaz başında, kısa süreli ve yüksek şiddetli konvektif yağışlar sonucunda meydana gelmektedir. Bu bölgesel farklılıkların anlaşılması, taşkın yönetimi stratejilerinin yerel koşullara uygun biçimde tasarlanması açısından büyük önem taşımaktadır.

İklim değişikliği senaryoları, Türkiye'de bölgesel taşkın risklerinin gelecekte daha da artacağını göstermektedir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre 2050 yılına kadar Türkiye genelinde ekstrem yağışlı gün sayısında %10–20 oranında artış beklenmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2025). 2100 yılı projeksiyonlarında özellikle Karadeniz kıyılarında ekstrem yağış frekansının %30'a kadar yükselmesi öngörülmektedir. Bu artış, mevcut taşkın kontrol altyapılarının kapasitesinin yetersiz kalmasına yol açabileceğinden yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin birlikte planlanması gerekmektedir (Gözen ve Çağlar, 2022). Uzun dönemli istatistikler 1970'lerden itibaren Türkiye'de taşkın olaylarının hem sıklığında hem de şiddetinde artış yaşandığını ortaya koymuştur. 1970–2000 yılları arasında yıllık ortalama 150–200 arasında değişen taşkın sayısı, 2000 sonrası dönemde 300'ün üzerine çıkmıştır. IPCC 6. Değerlendirme Raporu (AR6, 2020) verilerine göre de Türkiye'de ekstrem yağışlı gün sayısının 2050 yılına kadar %10–20, 2100 yılına kadar ise %25–30 oranında artması beklenmektedir (Gözen ve Çağlar, 2022). Bu

projeksiyonlar mevcut taşkın yönetimi stratejilerinin güncellenmesi ve uyum kapasitesinin artırılmasının kaçınılmaz olduğunu göstermektedir.

Toplum temelli risk azaltma yaklaşımları, sel ve taşkın zararlarının azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yerel halkın taşkın öncesinde bilinçlendirilmesi, erken uyarı sistemlerine erişimin sağlanması ve geleneksel bilgi ile modern hidrometeorolojik verilerin bir arada kullanılması afetlere karşı toplumsal dayanıklılığı artırmaktadır (Hermans vd., 2022). Ayrıca kıyı ve dere kenarı ekosistemlerinin restorasyonu, taşkın sularının hızını ve şiddetini azaltarak hem risk yönetimine katkı sağlamakta hem de biyolojik çeşitliliğin korunmasına destek olmaktadır. Bu tür doğa temelli çözümler, uzun vadede maliyet açısından etkin ve ekosistem dostu stratejiler olarak öne çıkmaktadır (Llobet vd., 2022).

2.3 Taşkın Alanlarının Planlanması

Sel ve taşkınlar yalnızca meteorolojik etmenlerin sonucu olarak değil, yoğun insan faaliyetlerinin etkisiyle de meydana gelmektedir. Türkiye gibi sanayi ve ekonomik faaliyetlerin arttığı, akarsu havzalarında kentleşmenin hızlandığı bölgelerde hidrolojik denge bozulmakta ve bu durum ciddi can ve mal kayıplarına yol açan taşkınların oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle taşkınların önlenebilmesi için doğal kaynakların bilinçli kullanımı ve kaynak yönetiminin doğru planlanması büyük önem taşımaktadır. Sel ve taşkın zararlarını en aza indirmek için taşkın öncesi hazırlık, taşkın sırasındaki müdahale ve taşkın sonrası rehabilitasyon çalışmalarının planlı biçimde yürütülmesi gerekmektedir.

Taşkınların olumsuz etkilerinin yönetimi artık geleceğe yönelik bir kaygı değil, günümüzün önemli bir gerekliliğidir. Türkiye'de taşkın alanlarının planlanmasına yönelik büyük ölçekli projeler Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Bu kapsamda Türkiye, 25 taşkın havzasına ayrılmış olup planlama süreci taşkın öncesi ve taşkın sonrası adımlar olmak üzere iki aşamada ele alınmaktadır. Bu planlamalarda; havzaların ekolojik özellikleri, arazi kullanımı ve su yönetimi kararları birlikte değerlendirilmekte ve taşkın riskini azaltmaya yönelik bütüncül bir yaklaşım benimsenmektedir (Şahin, 2024). Yerleşim

alanlarına yakın bölgelerde bitki örtüsünün azalması ve ormanların aşırı kullanımı, yağış sularının toprağa sızmasını engellemekte ve taşkın riskini artırmaktadır. Bu nedenle bozuk meşe ormanlarının korunması, dik yamaçlarda tıraşlama yapılmaması, sahil kesimlerindeki doğal bitki türlerinin korunması önemlidir. Ayrıca göknar, kayın ve kavak gibi orman ağaçlarının sürdürülebilir şekilde kullanılması, yağışın yoğun olduğu bölgelerde ağaçlandırma çalışmaları ile erozyonun azaltılması, dere yataklarının genişletilmesi ve temizlenmesi temel hedefler arasındadır (Dutal, 2022).

Chorynski vd. (2022) çalışmasında günlük yağış, nem, yağışlı gün sayısı ve maksimum yağış verilerinin kullanılarak taşkın riski yüksek alanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda yağış miktarı ve eğimin yüksek olduğu bölgelerin taşkın riski açısından en hassas alanlar olduğu ortaya konulmuştur. Taşkın alanı planlamasında doğa temelli çözümler hem taşkın riskini azaltmada hem de ekosistem hizmetlerini güçlendirmede giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Sulak alan restorasyonu, taşkın ovası ormanlarının korunması ve dere kenarı tampon bölgelerinin oluşturulması gibi uygulamalar, taşkın sularının hızını düşürürken aynı zamanda yer altı suyu beslenmesini desteklemektedir (Ferreira vd., 2023).

Entegre havza yönetimi anlayışı, taşkın alanı planlamasında çok paydaşlı ve çok sektörlü bir işbirliğini gerektirir. Bu kapsamda taşkın öncesi ve sonrası toprak besin durumu izleme protokolleri oluşturulmalıdır (Homeck vd., 2011). Doğa temelli çözümlerle birlikte ameliorasyon uygulamaları taşkın sonrası toprak iyileştirme süreçlerine katkı sağlar (Islam vd., 2021). Tarım, orman, şehircilik ve su yönetimi kurumlarının koordineli çalışması hem taşkın riskini azaltır hem de havza ölçeğinde suyun dengeli ve sürdürülebilir kullanımını sağlar. Ayrıca yerel yönetimler ve sivil toplum kuruluşlarının katılımı, alınan önlemlerin yerel koşullara uyumunu güçlendirir (Koç, 2018).

Günümüzde taşkın risk yönetimi uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri ve yapay zekâ tabanlı modelleme teknikleri ile daha hassas biçimde yürütülmektedir. Sentinel-1 ve Sentinel-2 uydu verileri, taşkın alanlarının hızlı tespiti ve su yayılım haritalarının oluşturulması için kullanılmaktadır (Amer, 2025). Ayrıca HEC-RAS ve MIKE FLOOD gibi hidrolojik modelleme yazılımları, farklı yağış senaryolarına göre taşkın

yayılım simülasyonları yapılmasına olanak tanımakta ve erken uyarı sistemleriyle entegre çalışarak riskli bölgelerde tahliye planlarının optimize edilmesini sağlamaktadır (Qaswar vd., 2020). IoT tabanlı sensör ağları ise dere ve nehir seviyelerinin anlık izlenmesine imkân tanıyarak erken müdahale sürelerini artırmaktadır (Peker vd., 2024).

Ekosistem hizmetlerinin ekonomik değeri dikkate alındığında doğa temelli taşkın yönetimi stratejilerinin maliyet-fayda açısından da avantajlı olduğu görülmektedir. Taşkın ovası restorasyon projeleri, başlangıçta yüksek maliyetli görünse de uzun vadede taşkın zararlarının azaltılması, su kalitesinin yükselmesi ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi faydalarla bu maliyeti fazlasıyla karşılamaktadır (Natho ve Hudson, 2024). Uluslararası örnekler çok boyutlu taşkın yönetimi yaklaşımlarının başarıyla uygulanabileceğini göstermektedir. Örneğin Hollanda'nın Room for the River projesi, taşkın alanlarının su tutma kapasitesini artırmak için doğa temelli çözümler ile mühendislik yöntemlerini birleştirmiştir (Rijke vd., 2012). ABD'de FEMA'nın Ulusal Taşkın Sigortası Programı, yüksek riskli bölgelerde ekonomik kayıpları azaltmak için mali koruma mekanizmaları geliştirmiştir (Zhang vd., 2023). Japonya ise şehir içi taşkın kontrolünde yer altı su tünelleri ve drenaj sistemleri ile öne çıkmaktadır (Nakamura ve Oosawa, 2021). Bu örnekler farklı iklim ve coğrafi koşullarda entegre ve doğa temelli taşkın yönetimi yaklaşımlarının başarılı biçimde uygulanabileceğini göstermektedir. Benzer stratejilerin Türkiye'nin farklı havzalarına, hidrolojik, ekolojik ve sosyo-ekonomik koşullar dikkate alınarak uyarlanması hem afet riskinin azaltılmasına hem de ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

2.4 Bitkilerde Büyüme, Gelişme ve Fotosentez Mekanizmaları

Bitkilerde büyüme ve gelişme, yaşam döngüsü boyunca hücre bölünmesi, hücre uzaması ve hücre farklılaşması gibi birbirine bağlı biyolojik süreçleri kapsayan; genetik olarak programlanmış ancak çevresel koşullara uyum gösterebilen karmaşık bir organizasyon sürecidir. Bu süreç yalnızca bitkinin boyutlarındaki artışı değil; morfolojik, anatomik, fizyolojik ve biyokimyasal düzeylerdeki değişimleri de kapsamaktadır (Clark ve Pazdernik, 2012). Büyüme; kütle, hacim ve boyut artışı

anlamına gelirken, gelişme; olgunlaşma, işlevsel kapasitenin artması ve yapıların özelleşmesini ifade eder. Çok yıllık odunsu bitkiler olan ağaçlar, büyüme ve gelişme süreçlerini yıllara yayılan birikimli bir biçimde sürdürür. Bu özellikleri sayesinde karbon döngüsünün düzenlenmesi, su tutma kapasitesinin artırılması, taşkın riskinin azaltılması ve habitat çeşitliliğinin korunması gibi ekosistem hizmetlerinde önemli rol oynarlar (Brukhin ve Morozova, 2011).

Büyüme üç temel biyolojik mekanizmayla sağlanır. Bunlar; hücre bölünmesi, hücre uzaması ve hücre farklılaşmasıdır (Kaiser ve Scheuring, 2020). Bu süreçlerin etkinliği; ışık, sıcaklık, toprak nemi, mineral besinler, hormon dengesi ve genetik faktörler gibi etkenlerle belirlenir (Xu vd., 2021). Bitkilerde büyüme primer ve sekonder olmak üzere iki biçimde gerçekleşir. Primer büyüme, kök ve gövde uçlarındaki apikal meristemlerin bölünme aktivitesiyle bitkinin boyca uzamasını sağlar. Apikal meristemler farklılaşmamış, yüksek mitotik aktiviteye sahip hücrelerden oluşur ve kök ile sürgün uçlarında yeni hücreler üretir (Raygoza vd., 2020). Bu büyüme süreci; bölünme, uzama ve olgunlaşma bölgeleri olarak üç aşamada gerçekleşir. Gövdedeki nod (boğum) ve internodyum (boğum arası) yapıları, dallanma biçimini ve ışık alma kapasitesini belirleyen temel morfolojik unsurlardır (Lersten ve Carlson, 2004).

Hormonlar, primer büyümenin düzenlenmesinde kritik rol oynar. Auksinler hücre uzamasını teşvik ederken apikal dominansı korur; gibberellinler internodyum uzamasını artırır; sitokininler hücre bölünmesini destekler; absisik asit (ABA) ise stres koşullarında büyümeyi baskılar (Schaller vd., 2014; Schneider vd., 2019). Sel ve taşkın gibi hipoksik ortamlarda oksijen yetersizliği büyümeyi yavaşlatsa da kavak ve söğüt gibi bazı türler lentisel hipertrofisi, adventif kök oluşumu ve aerenkima dokusu geliştirme yoluyla büyümeyi sürdürebilir (Rodriguez ve Luquez, 2016). Primer büyüme sırasında primer ksilem ve floem dokuları oluşur. Ksilem, su ve mineral taşınımını, floem ise organik madde iletimini sağlar. Kalsiyum ve bor hücre çeperi dayanıklılığını artırırken, potasyum turgor basıncını ve stoma hareketlerini düzenler (Peaucelle vd., 2012). Magnezyum klorofilin merkez atomudur; çinko, bakır ve manganez ise lignifikasyon ve enzim aktivitelerinde görev alır. Bu nedenle taşkın koşullarında bozulan mineral denge yalnızca fotosentezi değil, büyüme süreçlerini de sınırlar (Ahmed vd., 2023).

Sekonder büyüme, odunsu bitkilerde gövde ve köklerin kalınlaşmasını sağlayan bir süreçtir. Bu büyüme vasküler kambiyum ve mantar kambiyumu (fellogen) gibi yanal meristemlerin etkinliğiyle gerçekleşir (Ragni ve Greb, 2018). Vasküler kambiyum, içe doğru sekonder ksilem (odun dokusu), dışa doğru sekonder floem (soymuk dokusu) üretir (Carlsbecker ve Augstein, 2021). Ilıman iklimlerde kambiyal aktivite mevsimseldir; ilkbaharda oluşan geniş hücreli erken odun, sonbaharda oluşan dar hücreli geç odun ile yıllık halkaları meydana getirir (Pace vd., 2023).

Özışınları, gövde içinde yatay madde taşınımı sağlar ve nişasta gibi depo maddelerin depolanmasında rol oynar (Pfautsch vd., 2015). İğne yapraklılar suyu trakeidler aracılığıyla taşırken, geniş yapraklı türler geniş çaplı damar elemanlarıyla daha hızlı iletim sağlar. Taşkın toleransı yüksek türler genellikle daha geniş damar çapına sahip olup, bu sayede su taşınımını kolaylaştırırken kavitasyon riskini de göze alırlar (Mauseth ve Stevenson, 2004).

Mantar kambiyumu (fellogen) dışa doğru mantar doku (fellom), içe doğru phelloderm üretir. Fellom hücreleri su kaybını ve patojen girişini önleyen süberin tabakası oluşturur (Teixeira, 2022). Taşkın koşullarında bazı türlerde gövde alt kısımlarında lentisel hipertrofisi ve aerenkima benzeri hava boşlukları gelişerek oksijen taşınımını kolaylaştırır (Shimamura vd., 2010). Bu durum kambiyal aktivitenin sürmesini ve mekanik stabilitenin korunmasını sağlar (Turley ve Etchells, 2022).

Sonuç olarak primer büyüme bitkinin dikey uzamasını sağlayarak ışık rekabetinde avantaj kazandırırken, sekonder büyüme yapısal dayanıklılığı ve uzun ömürlülüğü destekler. Taşkın toleransı yüksek türler, her iki büyüme sürecinde de çevresel streslere karşı morfo-anatomik uyum mekanizmaları geliştirerek, ekosistemlerdeki denge ve çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunur (Pan vd., 2021).

2.4.1 Fotosentez ve Önemi

Fotosentez, bitkilerin, alglerin ve bazı bakterilerin güneş ışığını kimyasal enerjiye dönüştürerek organik bileşikler ürettiği temel biyokimyasal süreçtir. Bu süreç, karasal ekosistemlerde birincil üretimin kaynağını oluşturur ve besin zincirinin ilk halkasını meydana getirir. Bitkiler açısından fotosentez yalnızca enerji üretim mekanizması

değil, hücresel yapıların oluşumunda kullanılan karbon iskeletlerinin üretim merkezidir (Amthor, 2025). Atmosferden alınan CO_2'nin su ve ışık enerjisiyle kloroplastlarda reaksiyona girmesi sonucunda glikoz gibi organik bileşikler sentezlenir. Bu bileşikler hem bitkinin metabolik süreçlerinde hem de diğer canlıların enerji kaynağı olarak kullanılır (Alberts vd., 2002).

Fotosentezin bitkilerdeki büyüme ve gelişme açısından önemi, üretilen karbonhidratların miktarı, taşındıkları organlar ve dönüştükleri bileşiklerle doğrudan ilişkilidir. Fotosentez ürünleri; yapısal polisakkaritlerin (selüloz, hemiselüloz), depo karbonhidratların (nişasta, inülin), enerji taşıyıcı moleküllerin (Adenozin tri fosfat (ATP) ve metabolik öncüllerin (amino asit, lipid, nükleotid) sentezinde kullanılır (Wenqi, 2025). Bu nedenle fotosentez, hücre çeperi bileşenlerinden iletim dokusu yapısına kadar hem primer hem sekonder büyüme süreçlerinde temel bir rol oynar (Friend vd., 2019). Ekosistem düzeyinde fotosentez, karbon döngüsünün temel itici gücüdür ve atmosferdeki CO_2 seviyesinin düzenlenmesinde merkezi rol üstlenir. Özellikle orman ekosistemlerinde geniş ve iğne yapraklı türlerin mevsimsel fotosentetik aktiviteleri yıllık karbon yutak kapasitesini belirler. Yüksek fotosentetik verime sahip türler yalnızca kendi biyokütle artışlarını değil, ekosistemin karbon depolama kapasitesini de artırır (Ballantyne vd., 2021). Fotosentez aynı zamanda büyüme düzenleyici hormonların sentezini ve bitkisel gelişimin koordinasyonunu etkiler. Yüksek fotosentetik aktivite, meristematik bölgelerde hücre bölünmesini teşvik eden hormonların üretimini artırırken, düşük fotosentez karbon iskeletini sınırlayarak büyüme hızını düşürür ve kaynak–havuz dengesini değiştirir (Choi, 2024).

Taşkın ekosistemlerinde fotosentez, stres koşullarında enerji üretiminin ve karbon akışının devamını sağlaması açısından büyük önem taşır. Uzun süreli su baskınları sırasında yaprak yüzeylerinin suyla kaplanması, ışığın azalması ve stomaların kapanması fotosentetik aktivitenin düşmesine yol açar (Herrera, 2013). Ancak taşkın toleranslı türler pigment bileşimlerini, yaprak morfolojilerini ve metabolik düzenlemelerini değiştirerek fotosentez kapasitelerini koruyabilir ya da su çekildikten sonra hızla toparlanabilir (Iwanaga ve Yamamoto, 2008).

Fotosentez ışık reaksiyonları (fotokimyasal evre) ve karanlık reaksiyonlar (karbon fiksasyonu evresi) olmak üzere iki temel biyokimyasal evrede gerçekleşir. Bu iki aşama kloroplastın farklı bölgelerinde yürütülür ve birlikte organik karbon bileşiklerinin sentezini sağlar. Işık reaksiyonları, kloroplastın tilakoid zarlarında gerçekleşir ve bu süreçte Fotosistem II (PSII) ile Fotosistem I (PSI) protein kompleksleri görev yapar (Wood ve Johnson, 2020). PSII'de suyun fotolizi sonucu oksijen açığa çıkar, protonlar tilakoid lümenine pompalanır ve elektronlar elektron taşıma zincirine aktarılır (Barber, 2012). Elektronlar plastoquinon, sitokrom b6f kompleksi ve plastosiyanin üzerinden PSI'ye taşınır; PSI'de ikinci kez uyarılan elektronlar ferredoksin-$NADP^+$ redüktaz (FNR) enzimi aracılığıyla $NADP^+$'ı NADPH'ye indirger. Tilakoid zarında oluşan proton gradyanı ATP sentazı aktive eder ve ATP sentezlenir (Malone vd., 2021). Bu aşamanın verimliliği pigment sağlığı, tilakoid zar bütünlüğü ve fotokimyasal kuantum verimi gibi faktörlere bağlıdır. Taşkın koşullarında hipoksi ve oksidatif stres, tilakoid zar proteinlerini tahrip ederek PSII etkinliğini düşürür. Bu nedenle taşkın toleranslı türler, SOD, APX ve CAT gibi antioksidan enzim aktivitelerini artırarak fotooksidatif hasarı sınırlar ve fotokimyasal kapasiteyi korur (Hasanuzzaman vd., 2020).

Karanlık reaksiyonlar, ışık reaksiyonlarında üretilen ATP ve NADPH'ye bağımlı olarak kloroplast stromasında gerçekleşir. Bu evrede atmosferik CO_2, ribüloz-1,5-bisfosfat (RuBP) ile birleşir ve 3-fosfogliserat (3-PGA) oluşturur (Erb ve Zarzycki, 2018). Calvin döngüsü karboksilasyon, indirgenme ve regenerasyon aşamalarından oluşur. İndirgenme evresinde 3-PGA, ATP ve NADPH kullanılarak gliseraldehit-3-fosfat (G3P)'ye indirgenir. G3P'nin bir kısmı glikoz sentezine yönlendirilirken geri kalanı RuBP'nin yeniden oluşumu için kullanılır (Lopez ve Barclay, 2017). Calvin döngüsünün hızı RubisCO aktivitesi, stromadaki ATP/NADPH oranı ve CO_2 difüzyonu ile ilişkilidir. Düşük CO_2 seviyeleri veya taşkın koşullarında stomaların kapanması RubisCO'nun karboksilaz aktivitesini azaltır, oksijenaz aktivitesini artırarak fotorespirasyonu başlatır. Bu durum karbon kaybına neden olur ve büyüme hızını düşürür (Cavanagh vd., 2023).

Fotosentezin verimliliği, pigment çeşitliliği ve oranlarıyla yakından ilişkilidir. Klorofil-a fotosistemlerin merkezinde yer alırken klorofil-b ışık hasat komplekslerinde

(LHC) görev alır. Klorofil-a/b oranı bitkinin ışık adaptasyonunu belirler (Manoj ve Manekkathodi, 2021). Taşkın koşullarında klorofil sentezi baskılanabilir; ancak toleranslı türler pigment yıkımını sınırlayarak fotosistem dengesini korur (Rupngam ve Messiga, 2024). Karotenoidler (β-karoten, lutein, zeaksantin) ışık soğurma spektrumunu genişletir ve aşırı ışık enerjisini ısıya dönüştürerek fotooksidatif hasarı önler (Maoka, 2020). Antosiyaninler ise fazla ışığı filtreleyip reaktif oksijen türlerinin birikimini azaltarak fotosistemleri dolaylı olarak korur (Zheng vd., 2021).

Fotosentez süreci tamamen enzimlerle katalizlenen reaksiyonlardan oluşur (Huang vd., 2020). Işık reaksiyonlarında ATP sentaz, sitokrom b6f kompleksi, plastosiyanin ve FNR görev yaparken; karanlık reaksiyonlarda RubisCO, PGK, G3P-DH, FBPase ve SBPase gibi enzimler karbon asimilasyonunu sağlar (Dellero vd., 2021). Bu enzimlerin büyük kısmı mineral kofaktörlere bağımlıdır. Mg^{2+} RubisCO'nun aktivasyonu için gereklidir; Fe ve Cu elektron taşıma zincirinde görev alır; Mn PSII'nin su ayrışma kompleksinde kofaktör olarak işlev görür; Zn karbonik anhidraz yapısında bulunur ve P, ATP/ADP döngüsü için zorunludur (Dau vd., 2008). Taşkın koşullarında bu elementlerin biyoerişilebilirliği değiştiği için enzim kinetikleri de etkilenir (Read vd., 2021). Özellikle hipoksi altında RubisCO'nun karboksilaz aktivitesi azalır, buna karşılık ADH ve PDC gibi fermentatif enzimler devreye girerek enerji üretimini minimum düzeyde sürdürür (Pezeshki ve DeLaune, 2012).

Hipoksik koşullarda bitkiler ayrıca prolin, glisin betain, trehaloz ve mannitol gibi osmolitleri biriktirir. Bu bileşikler hücre su dengesini, zar stabilitesini ve enzim yapısını koruyarak fotosentezin devamlılığını sağlar (Mehta ve Vyas, 2023; Singh vd., 2022). Prolin özellikle ROS nötralizasyonunda, tilakoid zar bütünlüğünün korunmasında ve RubisCO stabilitesinde önemli rol oynar (Molinari vd., 2007; Renzetti vd., 2024). Glisin betain ve trehaloz, fotosistem II'nin yapısal stabilitesini desteklerken iyon toksisitesini azaltır (Jarin vd., 2024; Suo vd., 2017). Bu osmoprotektanların birikimi abscisik asit (ABA) ve ethylene response factor (ERF) gibi sinyal yolları aracılığıyla düzenlenir (Müller ve Bosch, 2015).

Bitkilerin yaşam döngüsü boyunca sergiledikleri büyüme evreleri fotosentez hızı, verimliliği ve karbon akışıyla doğrudan ilişkilidir (Tournier vd., 2025). Çimlenme

evresinde enerji ihtiyacı tohum rezervlerinden karşılanır; proplastidler ışığın etkisiyle kloroplasta dönüşür ve sınırlı düzeyde klorofil sentezi başlar (Kwon vd., 2017). Vejetatif evrede kloroplast yoğunluğu ve RubisCO aktivitesi maksimuma ulaşır; karbon iskeletleri hücre çeperi sentezine ve enerji metabolizmasına yönlendirilir (Gago vd., 2016). Bu evrede taşkın koşulları stomaların kapanması, mezofil iletkenliğinin azalması ve klorofil bozulması yoluyla fotosentezi sınırlar; toleranslı türler aerenkima dokusu geliştirerek oksijen iletimini artırır ve prolin birikimiyle ozmotik dengeyi korur (Herrera, 2013). Generatif evrede karbon dağılımı üreme organlarına kayar; klorofil-a/b oranı optimize edilerek enerji kullanımı dengelenir, karbonhidratlar tohumlara taşınır (Zhang vd., 2024). Taşkın sırasında karbon akışının kesilmesi tohum ve meyve verimini azaltır; toleranslı türler fotosistem II stabilitesini koruyarak ve osmoprotektan birikimini artırarak üreme başarısını kısmen sürdürebilir (Wu vd., 2025). Senesens evresinde klorofil yıkımı artar, karotenoid ve antosiyanin birikimi ROS temizliğini sağlar; antioksidan enzim aktiviteleri yüksek olan türler yaprak fonksiyonunu daha uzun süre koruyabilir (Guo vd., 2021; Sachdev vd., 2021).

Sonuç olarak fotosentez, bitkilerin büyüme, gelişme ve stres koşullarına adaptasyonunda merkezi bir rol oynar. Pigmentlerin ışık yakalama kapasitesi, enzimlerin katalitik etkinliği, minerallerin biyoyararlanabilirliği ve osmoprotektanların dengeleyici etkisi bir araya gelerek fotosentez verimliliğini belirler. Taşkın ekosistemlerinde bu süreçlerin sürdürülebilmesi, bitkilerin hem bireysel yaşama başarısını hem de ekosistemlerin karbon döngüsünü doğrudan şekillendirir (Xu vd., 2015).

2.4.2 Mineral Besin Elementlerinin Rolü

Bitkilerin yaşam döngüsü boyunca büyüme, gelişme ve stres koşullarına adaptasyonu yalnızca genetik yapı ve çevresel etkenlerle değil; mineral besin elementlerinin miktarı, dağılımı ve biyoyararlanabilirliğiyle de yakından ilişkilidir. Taşkın ekosistemlerinde suyla doygunluk ve oksijen eksikliği, toprak kimyasını köklü biçimde değiştirir ve element döngülerini karmaşık şekilde etkiler (Erkaya, 2024).

Redoks potansiyelinin düşmesi, demir elementinin indirgenmiş formlarının çözünürlüğünü artırarak köklerde toksisiteye neden olurken; fotosentezde elektron taşıma zincirinde ve oksidoredüktaz enzim aktivitelerinde görev alır. Ayrıca klorofil biyosentezi için de gereklidir (Ravet ve Pilon, 2013). Manganez elementinin indirgenmiş formları, redoks koşullarında çözünürlüğü artarak toksisiteye neden olabilir. Fotosistem II'nin su ayrışma kompleksinde görev alır ve lignifikasyon ile ksilem farklılaşması süreçlerinde etkilidir. Ayrıca Mn-SOD enziminin yapısında yer alarak antioksidan savunmada rol oynar (Holzschuh vd., 2014; Rao vd., 2025). Fosfor elementinin biyoyararlanabilirliği taşkın koşullarında azalır. Fosfor, enerji metabolizmasındaki ATP döngüsünü, karbon akışını ve nükleik asit sentezini düzenler. Kök gelişimi, hücre membranı bütünlüğü ve büyüme süreçlerinin devamı için kritik öneme sahiptir (Ahmed vd., 2023; Saberi vd., 2006). Potasyum elementinin taşkın koşullarında yıkanması gözlenir. Potasyum, stomaların açılıp kapanmasını düzenleyerek gaz değişimini kontrol eder, fotosentez-transpirasyon dengesini korur ve ozmotik dengeyi sağlar (Ahmed vd., 2023; Fleischer vd., 1998). Sodyum, özellikle potasyum ile birlikte hücre içi iyon dengesinin sağlanmasında görev alır. Bazı halofit bitkilerinde osmotik düzenlemede ve suyun bitki içinde taşınmasında yardımcı element olarak işlev görür. Taşkın ekosistemlerinde toprak tuzluluğu arttığında sodyum düzeyleri kritik öneme ulaşabilir ve iyon toksisitesine neden olabilir (Anumalla vd., 2025). Magnezyum elementinin yıkanması, toprakta dengesizliklere yol açar. Klorofilin merkez atomu olarak fotosentez kapasitesini belirler, ATP'nin yapısında yer alır ve enerji metabolizmasını düzenler (Ahmed vd., 2023; Saberi vd., 2006). Bakır elementi, elektron taşıma zincirinde yer alır ve oksidoredüktaz enzim aktivitelerinde etkilidir. Cu/Zn-SOD enziminde kofaktör olarak görev yapar ve oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağlar (Rao vd., 2025). Kükürt, proteinlerin, enzimlerin ve bazı koenzimlerin yapısında yer alır. Glutatyon gibi antioksidan bileşiklerin sentezinde görev alarak oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağlar. Taşkın koşullarında sülfatın indirgenmesi sonucu hidrojen sülfür (H_2S) oluşabilir ve bu durum köklerde toksisiteye neden olabilir (Ahmed vd., 2023). Klor elementi, fotosentezde elektron taşınımında görev alır ve hücresel ozmotik dengenin korunmasında etkilidir. Ayrıca stomaların düzenlenmesi ve hücre içi turgor basıncının ayarlanmasında potasyumla birlikte rol oynar (Fleischer vd., 1998). Bakır elementi, elektron taşıma zincirinde yer alır ve oksidoredüktaz enzim aktivitelerinde etkilidir. Cu/Zn-SOD

enziminde kofaktör olarak görev yapar ve oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağlar (Rao vd., 2025). Kalsiyum, hücre çeperi stabilitesini sağlayarak kök ve gövde dokularının dayanıklılığını artırır. Ayrıca taşkın sırasında hücre içi kalsiyum sinyali, abscisik asit ve etilen hormonlarıyla etkileşerek stoma kapanması, prolin üretimi ve stres yanıtlarını düzenler (Edel ve Kudla, 2016).

Bu süreçler sonunda toprak, bazı elementlerde toksisite riski taşırken bazılarında kritik düzeylerin altına düşen dengesiz bir besin profili sunar (Nguyen vd., 2018). Minerallerin etkisi yalnızca toprakta değil, bitkinin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerinde de görülür. Mineraller yalnızca yapısal ve metabolik bileşenler değil, hücresel sinyal ağlarının anahtar düzenleyicileridir. Bu süreçler ekosistem düzeyinde de etkisini gösterir. Mineral toleransı yüksek türler, taşkın alanlarında öncü rol üstlenirken; toleransı yüksek türler zamanla geri çekilir. Özellikle fidan aşamasındaki bireyler, mineral dengesizliğine daha açık oldukları için hayatta kalma oranları düşer (Parolin, 2009). Uzun süreli taşkın koşulları, belirli mineral toleransına sahip genotiplerin seçilmesine yol açarak popülasyon yapısını ve genetik çeşitliliği değiştirir. Ayrıca mineral kayıpları; karbon döngüsü, toprak verimliliği ve biyolojik çeşitlilik gibi ekosistem hizmetlerini de sınırlar (Nguyen vd., 2018).

Sonuç olarak taşkın ekosistemlerinde mineral elementler, üç düzeyde eş zamanlı etki gösterir. Toprak düzeyinde, redoks koşulları elementlerin çözünürlüğünü ve taşınımını belirlerken, bitki düzeyinde, mineraller morfolojik yapıları güçlendirir, fizyolojik süreçleri sürdürür ve stres adaptasyonunu düzenler. Ekosistem düzeyinde ise mineral dengesizlikleri tür dağılımını, genetik çeşitliliği ve ekosistem hizmetlerini etkiler. Dolayısıyla mineral elementler, taşkın ekosistemlerinde yalnızca bir beslenme kaynağı değil, çok boyutlu adaptasyon mekanizmalarının temel belirleyicisidir (Zhang vd., 2021).

2.4.3 Fotosentetik Pigmentler ve Rollerinin Detaylı İncelenmesi

Fotosentetik pigmentler, bitkilerin ışık enerjisini yakalayıp kimyasal enerjiye dönüştürmesini sağlayan ve ışık stresine karşı koruma mekanizmalarında görev alan temel biyomoleküllerdir. Kloroplastların tilakoid zarları ve stromasında bulunan bu

pigmentler hem ışık absorpsiyonu hem de fotokoruma işlevi görerek fotosentezin verimliliğini doğrudan etkiler (Simkin vd., 2022). Pigmentlerin türü, miktarı ve oranı; bitkinin yetiştiği ortamın ışık yoğunluğu, su durumu, sıcaklık ve özellikle taşkın gibi stres koşullarına uyum kapasitesini belirler (Shtang vd., 2024).

Klorofiller, oksijenli fotosentetik organizmalarda bulunan en temel pigment grubudur. Klorofil-a, Fotosistem II (PSII) ve Fotosistem I (PSI) reaksiyon merkezlerinde doğrudan görev alır ve mavi (~430 nm) ile kırmızı (~662 nm) dalga boylarındaki ışığı en verimli şekilde absorbe eder (Ishikita vd., 2006). Klorofil-b ise esas olarak ışık hasat komplekslerinde (LHC) bulunur ve mavi-yeşil (~453 nm) ile kırmızı-turuncu (~642 nm) ışığı soğurarak enerji transfer aralığını genişletir. Klorofil-a/b oranı, bitkilerin ışık adaptasyon düzeyini yansıtan önemli bir göstergedir. Gölge koşullarında genellikle bu oran düşer. Bunun sebebi klorofil-b miktarının artması ve düşük ışıkta fotosentetik verimliliğin yükselmesidir (Manoj ve Manekkathodi, 2021). Taşkın koşullarında hipoksi ve kloroplast bozulması, klorofil sentezini baskılar ve pigment yıkımını hızlandırır. Klorofilaz enzimi aracılığıyla gerçekleşen bu yıkım, klorofil a/b oranını değiştirir ve fotosistemlerde enerji dağılımını bozar. Toleranslı türler, taşkın sırasında dahi klorofil sentezini sürdürebilir veya pigment kaybını en aza indirmek için antioksidan sistemlerini aktive eder (Rupngam ve Messiga, 2024).

Karotenoidler, klorofillerin ışık soğurma kapasitesini tamamlayan ve fotooksidatif hasara karşı koruma sağlayan yağda çözünebilen pigmentlerdir. Karotenler ve ksantofiller olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Karotenoidler mavi-yeşil ışığı absorbe ederek fotosistemlere enerji aktarır, ancak en önemli rolleri aşırı ışık enerjisini ısıya dönüştürerek fotokimyasal sistemleri korumaktır (Maoka, 2020). Bu süreç ksantofil döngüsü olarak bilinir; violaksantin, anteraksantin ve zeaksantin arasındaki dönüşümler sayesinde fazla enerji non-fotokimyasal söndürme (NPQ) mekanizmasıyla ısı olarak yayılır. Taşkın koşullarında ışık şiddetinin ani değişimi ve oksijen eksikliği sonucu oluşan reaktif oksijen türleri (ROS) fotosistemlere zarar verebilir. Karotenoidler, bu ROS'u doğrudan temizleyerek fotosentetik aparatın bütünlüğünü korur. Özellikle β-karoten, PSII reaksiyon merkezindeki D1 proteininin oksidatif hasara karşı korunmasında kritik rol oynar (Nan vd., 2022).

Antosiyaninler, flavonoid grubuna ait, vakuollerde depolanan ve bitkilere kırmızı, mor ve mavi renkler kazandıran suda çözünebilen pigmentlerdir. Fotosentezde doğrudan rol oynamasalar da aşırı ışığı filtreleyerek ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimini azaltarak fotosistemlerin korunmasına dolaylı yoldan katkı sağlarlar (Zheng vd., 2021). Genellikle genç yapraklarda veya stres koşullarında sentezlenirler. Taşkın sonrası toparlanma evresinde antosiyanin düzeylerindeki artış, yaprak yüzeyinde fotokoruma sağlar ve yeni fotosentetik dokuların gelişimini destekler (Gould, 2004). Taşkın toleransı yüksek türler, genellikle yüksek karotenoid/klorofil oranına sahiptir. Bu özellik, ROS temizleme kapasitelerini artırır. Ayrıca bu türler, klorofil a/b oranındaki değişimi sınırlayarak fotosistemler arası enerji dengesini korur ve pigment sentezini hızla yeniden başlatarak fotosentezin toparlanma süresini kısaltır (Dinç vd., 2012).

Fotosentetik pigmentler yalnızca ışık enerjisi toplamakla kalmaz, aynı zamanda antioksidan savunma sistemleriyle entegre çalışır. Magnezyum eksikliği, klorofil biyosentezini sınırlayarak kloroz oluşturur. Demir eksikliğinde, damar aralarında interveinal kloroz görülür ve PSII/LHC komplekslerinin stabilitesi azalır. Azot yetersizliği, toplam klorofil miktarını düşürür (Ishfaq vd., 2022). Manganez eksikliği, PSII'nin oksijen geliştirici kompleksini zayıflatırken; bakır/çinko dengesizliği, SOD izoenzimlerinin etkinliğini azaltır. Bu nedenle taşkın sonrası pigment kompozisyonunun hızla toparlanabilmesi, ilgili mineral kofaktörlerin yeniden sağlanmasına bağlıdır (Gupta, 2020). Taşkın koşullarında klorofil biyosentezinde görevli enzimler baskılanabilir (Dalal ve Tripathy, 2012). Buna karşılık karotenoid sentezinde görev alan enzimler genellikle daha dirençlidir. Ayrıca prolin, askorbat ve glutatyon gibi metabolitler, pigment-protein komplekslerinin stabilitesini koruyarak fotokimyasal verimliliğin sürdürülmesine yardımcı olur (Acevedo vd., 2023).

2.4.4 Fotosentezde Görev Alan Enzimler

Fotosentez, ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesi ve bu enerjinin karbon fiksasyonunda kullanılmasını sağlayan çok aşamalı bir biyokimyasal süreçtir. Tüm aşamalar enzimler tarafından katalizlenir. Bu nedenle fotosentetik verimlilik yalnızca pigmentlerin ışığı absorbe etme kapasitesine değil; enzimlerin miktarı, aktivitesi,

yapısal bütünlüğü ve çevresel streslere dayanıklılığına da bağlıdır (Huang vd., 2020). Fotosentezde görev alan enzimler ışığa bağımlı reaksiyonlar (fotokimyasal evre) ve ışığa bağımlı olmayan reaksiyonlar (karbon fiksasyonu evresi, Calvin-Benson döngüsü) olmak üzere iki ana grupta incelenir. Ancak bu iki evre arasında güçlü bir enerji ve metabolik etkileşim vardır (Mettler vd., 2014).

Işık reaksiyonları kloroplastın tilakoid zarında gerçekleşir. Burada ATP sentaz kompleksi, proton gradyanını kullanarak ADP'nin ATP'ye fosforilasyonunu gerçekleştirir. Bu proton gradyanı, Fotosistem II (PSII) tarafından başlatılan suyun fotolizi sonucu oluşur. Elektronlar sitochrom b6f kompleksi, plastoquinon ve plastosiyanin aracılığıyla fotosistemler arasında taşınırken protonlar lümene pompalanır (Yamori vd., 2011). Anten kompleksleri, klorofil ve karotenoid içeren pigment–protein yapılarıdır; bu komplekslerin doğru katlanması ve kararlılığı şaperon proteinleri tarafından sağlanır. Işık reaksiyonları sırasında oluşan reaktif oksijen türleri, fotosentetik zar proteinlerine zarar verebilir (Chi vd., 2012). Bu nedenle süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX) ve katalaz (CAT) gibi antioksidan enzimler, ROS'u temizleyerek fotooksidatif stresi azaltır ve PSII'nin D1 proteini gibi kritik bileşenlerin bütünlüğünü korur (Didaran vd., 2024).

Karanlık reaksiyonlar kloroplastın stromasında gerçekleşir ve karbon asimilasyonu aşamasını oluşturur. Bu evrenin en önemli enzimi RubisCO'dur. RubisCO, atmosferdeki CO_2'yi ribüloz-1,5-bisfosfat (RuBP) ile birleştirerek 3-fosfogliserat (3-PGA) oluşumunu katalizler. Ancak RubisCO aynı zamanda oksijenle de reaksiyona girebilir ve bu durum özellikle yüksek sıcaklık ve düşük CO_2 koşullarında fotorespirasyonu tetikler (Busch, 2020). Fotorespirasyon sırasında glikolat oksidaz, serin hidroksimetiltransferaz ve glutamat semialdehit aminotransferaz gibi enzimler devreye girer. Bu süreç net karbon kazanımını azaltsa da foto-oksidatif hasarı önleyici bir işlev görür. Calvin döngüsünün diğer önemli enzimleri arasında fosfogliserat kinaz (PGK), gliseraldehit-3-fosfat dehidrogenaz (G3P-DH), fruktose-1,6-bisfosfataz (FBPase) ve sedoheptuloz-1,7-bisfosfataz (SBPase) bulunur (Dellero vd., 2021). Bu enzimler karbon fiksasyonu sırasında ATP ve NADPH'nin etkin kullanımını sağlar. Fotosentezde pigment sentezi ve yıkımı da enzimatik kontrol altındadır. Klorofil biyosentezinde, klorofil sentaz, protochlorophyllide oksidoredüktaz ve magnezyum

şelataz görev alırken; klorofil yıkımı, klorofilaz ve feofitinaz enzimleriyle gerçekleşir. Karotenoid biyosentezinde ise fitoen sentaz, likopen siklaz ve zeaksantin epoksidaz gibi enzimler yer alır ve bu enzimler fotokoruma mekanizmalarının sürdürülmesinde kritik rol oynar (Wang vd., 2024).

Taşkın ve uzun süreli su baskını gibi hipoksik stres koşullarında, fotosentezde görev yapan enzimlerin aktivitesinde önemli değişimler meydana gelir. Oksijen yetersizliği, RubisCO'nun karboksilaz aktivitesini azaltırken, oksijenaz aktivitesini artırır ve bu durum net karbon kazanımını sınırlar (Pezeshki ve DeLaune, 2012). Enerji metabolizması anaerobik yollara kayar ve bu süreçte pirüvat dekarboksilaz (PDC) ve alkol dehidrojenaz (ADH) gibi fermentatif enzimler devreye girerek minimal ATP üretimini sürdürür. Aynı zamanda reaktif oksijen türlerin üretimi artar ve buna karşılık antioksidan enzimlerin aktivitesi yükselir. SOD, APX ve CAT enzimlerindeki bu artış, kloroplast yapısının ve fotosentetik sistemin korunmasına doğrudan katkı sağlar (Ismond vd., 2003).

Sonuç olarak fotosentezde görev alan enzimler; ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesinden, atmosferik karbonun organik bileşiklere bağlanmasına kadar tüm sürecin katalitik temelini oluşturur. Bu enzimlerin çoğu mineral kofaktörlere bağımlıdır. Örneğin RubisCO aktivitesi Mg^{+2} iyonuna, karbonik anhidraz Zn'ye, SOD izoenzimleri ise Cu/Zn-SOD, Fe-SOD ve Mn-SOD formlarında görev yapar (Stec, 2012). APX ve katalaz enzimleri hem-Fe içerirken, ferredoksin-$NADP^{+}$ redüktaz (FNR) ve sitokrom kompleksleri Fe–S kümeleri taşır. Hipoksik taşkın koşullarında, bu metallerin biyoerişilebilirliği ve valans durumu değiştiği için enzim kinetikleri de olumsuz etkilenir (Read vd., 2021). Enzimlerin çevresel streslere adaptasyon kapasitesi, bitkilerin fotosentetik verimliliğini ve büyüme potansiyelini belirleyen en kritik biyokimyasal faktörlerden biridir (Xu vd., 2015). Özellikle taşkın toleranslı türlerde hem enerji üretimi hem de karbon fiksasyonu aşamalarında görev alan enzimlerin yapısal dayanıklılığı ve fonksiyonel sürekliliği, uzun süreli stres koşullarında bile fotosentezin devamını mümkün kılar (Lee vd., 2019).

2.4.5 Prolin ve Diğer Osmoprotektanlar

Bitkiler, sel ve taşkın gibi aşırı su streslerinde yalnızca oksijen eksikliğine değil; iyon dengesizliği, metabolik yavaşlama ve oksidatif strese de maruz kalır. Bu koşullarda prolin, glisin betain, trehaloz ve mannitol gibi düşük molekül ağırlıklı organik bileşikler (osmoprotektanlar) hücresel dengenin korunmasında hayati rol oynar (Mehta ve Vyas, 2023). Bu bileşikler, hücre su potansiyelini düzenleyerek turgor basıncını korur, protein ve zar yapılarını stabilize eder, reaktif oksijen türlerini temizler ve enzim aktivitelerinin sürekliliğini destekler (Singh vd., 2022).

Prolin, taşkın ve hipoksi altında en fazla biriken osmolitlerden biridir. Hücre içinde serbest halde bulunur ve osmotik basıncın düzenlenmesine katkı sağlar. Yüksek prolin düzeyi, hücrelerin su tutma kapasitesini artırarak plazmoliz riskini azaltır (Khan vd., 2025). Özellikle kök ve genç sürgünlerde, metabolik faaliyetlerin sürdürülmesinde kritik öneme sahiptir. Ayrıca güçlü bir antioksidan olarak görev yapar; hidroksil radikali, süperoksit anyonu ve hidrojen peroksiti nötralize ederek lipid peroksidasyonunu ve protein hasarını sınırlar (Renzetti vd., 2024). Prolinin biyosentezi başlıca glutamat yolu üzerinden gerçekleşir. Δ^1-pirrolin-5-karboksilat sentaz (P5CS) enzimi glutamatı Δ^1-pirrolin-5-karboksilata (P5C) dönüştürür; ardından P5C redüktaz (P5CR) enzimi P5C'yi prolince indirger (Meena vd., 2019). Hipoksik koşullarda P5CS gen ekspresyonunun artması, prolin birikiminin temel nedenidir. Yıkım süreci ise mitokondride prolin dehidrogenaz (ProDH) ve P5C dehidrogenaz enzimleriyle yürütülür. Stres altında ProDH aktivitesi baskılanarak, prolinin hücrede birikmesi sağlanır (Funck vd., 2008). Ayrıca prolin, proteinlerin üç boyutlu yapısını korur, zar akışkanlığını sürdürür ve tilakoid zarlarının bütünlüğünü destekleyerek fotosentez sisteminin korunmasına katkı verir (Molinari vd., 2007).

Glisin betain de taşkın stresinde önemli bir osmoprotektandır. Hücre içi K^+ artışı su dengesinin korunmasına katkı sağlarken, Ca^{2+} hipoksiye karşı sinyal molekülü olarak görev yapar ve zar stabilitesini destekler. Fe^{2+} ve Mn^{2+} artışıyla oluşan oksidatif yük, prolin–askorbat–glutatyon döngüsünün etkinliğini artırır ve bu nedenle osmoregülasyon ve mineral toksisite kontrolü birlikte değerlendirilmelidir (Basit vd., 2025). Glisin betain, fotosistem II (PSII) ve RubisCO gibi enzimlerin yapısal

bütünlüğünü korur (Suo vd., 2017). Ayrıca Na^+ ve Cl^- toksisitesini azaltarak iyon dengesini düzenler (Jarin vd., 2024). Trehaloz, iki glikoz molekülünden oluşan bir disakkarittir ve enerji rezervi ile zar-protein koruyucu olarak görev yapar. Hipoksik ortamlarda metabolik yavaşlama sırasında enerji dengesini korur ve protein agregasyonunu önler (Kuczynska vd., 2024). Mannitol ve diğer şeker alkolleri ise serbest radikal temizleyici özellikleriyle oksidatif zararı azaltır ve hücre içi su tutulumunu artırarak plazmolizi önler (Bianco vd., 2011). Osmoprotektan birikimi genetik ve hormonal olarak düzenlenir. Özellikle ethylene response factor (ERF) ailesine ait transkripsiyon faktörleri, prolin biyosentez genlerini aktive eder. Abscisik asit (ABA) sinyali ise hem prolin hem glisin betain birikimini artırarak stomaların kapanmasını ve su dengesinin korunmasını sağlar (Müller ve Bosch, 2015).

Sonuç olarak osmoprotektanlar taşkın stresine karşı bitkilerin çok katmanlı savunma sisteminin temel bileşenleridir. Bu moleküller osmotik dengeyi, antioksidan savunmayı, protein ve zar stabilitesini korur; ayrıca fotosentez ve enerji metabolizmasının sürekliliğini sağlar (Ghosh vd., 2021). Taşkın toleransı yüksek türlerde, prolin ve diğer osmoprotektanların hızlı ve yüksek düzeyde birikimi, uzun süreli hipoksi koşullarında bile metabolik faaliyetlerin sürdürülmesine ve bitkinin hayatta kalma şansının artmasına katkı sağlar (Chen vd., 2022).

2.4.6 Fotosentez ve Büyüme İlişkisi

Fotosentez, bitkilerin hem primer hem de sekonder büyüme süreçlerinde enerji ve karbon kaynağını sağlayan temel biyokimyasal motorudur. Her iki büyüme tipi de hücre bölünmesi, hücre uzaması ve hücre farklılaşması gibi süreçlere dayanır; ancak bu süreçlerin gerçekleşebilmesi için gerekli olan ATP, indirgenmiş eşdeğerler (NADPH) ve karbon iskeletleri fotosentez yoluyla üretilir (Bathe vd., 2023).

Primer büyüme, apikal meristemlerde gerçekleşen hücre bölünmesi ve uzamasıyla karakterizedir. Bu meristematik dokular yüksek metabolik aktiviteye sahip olduklarından sürekli enerji ve yapıtaşı talep ederler (Galeno vd., 2024). Fotosentezden elde edilen gliseraldehit-3-fosfat (G3P) gibi trioz şekerleri sakkaroz formuna dönüştürülerek floem aracılığıyla apikal bölgelere taşınır. Burada sakkaroz,

hücre çeperi sentezi için selüloz ve hemiselüloz öncüllerine; protoplazma oluşumu için ise amino asit ve lipid yapıtaşlarına dönüştürülür (Ludewig ve Flügge, 2013).

Primer büyüme döneminde fotosentetik organlarda yüksek klorofil-a/b oranı görülür. Bu durum yüksek ışık koşullarında foton yakalama kapasitesini ve enerji dönüşüm verimliliğini artırır. RubisCO aktivitesi ile ATP/NADPH üretimi hücre uzamasında gerekli olan metabolik yolları destekleyecek düzeydedir (Kitajima ve Hogan, 2003). Fotosentez kaynaklı karbon iskeletleri auksin tarafından yönlendirilerek hücre uzaması süreçlerinde kullanılır. Sitokininler apikal meristemlerde hücre bölünmesini destekler ve bu hormonların biyosentezi yapraklardaki fotosentetik aktivite ile pozitif bir ilişki gösterir (Balasubramanian vd., 2024). Taşkın koşullarında CO_2 alımının azalması primer büyüme hızını sınırlar. Ancak toleranslı türler aerenkima oluşumu sayesinde köklere oksijen taşır, prolin birikimiyle ozmotik dengeyi korur ve pigment yıkımını minimize ederek apikal meristemlerin karbon talebini karşılamaya devam eder (Zhang vd., 2025).

Sekonder büyüme, vasküler kambiyumun içe doğru sekonder ksilem, dışa doğru sekonder floem üretmesiyle gerçekleşir. Ksilem dokusunun ligninleşmesi, selüloz ve hemiselüloz birikimiyle mekanik dayanıklılık kazanması doğrudan fotosentezden gelen karbonhidratlara bağlıdır. Lignin öncülleri olan fenilpropanoidler, şikimat yolundan sentezlenir ve bu yolun karbon girdisi fotosentez kaynaklı şekerlerden sağlanır (Zhang vd., 2020). Kambiyal hücre bölünmesi, hücre çeperi kalınlaşması ve sekonder metabolit sentezi yüksek miktarda ATP gerektirir. Bu enerji, yapraklarda üretilen ATP'nin doğrudan taşınmasıyla değil, karbonhidratların floemle kambiyuma taşınıp burada solunarak ATP üretilmesiyle sağlanır (Turley ve Etchells, 2022). Sekonder büyüme döneminde yaprakların fotosentetik verimliliğini koruması oldukça önemlidir. Bunun sebebi odun dokusunun lignifikasyonu ve kalınlaşmasının yüksek karbon yatırımı gerektirmesidir. Bu dönemde RubisCO aktivitesi vegetatif evreye kıyasla daha dengeli bir seviyede sürerken, sürekli karbon akışı sağlanır. Antioksidan enzimler (SOD, APX, CAT) özellikle kambiyal dokularda reaktif oksijen türlerinin kontrolü için aktiftir ve bu durum hücre bölünmesinin sürekliliği açısından önem taşır (Erb ve Zarzycki, 2018). Auksin, floem yoluyla apikal meristemlerden kambiyuma taşınarak kambiyal aktiviteyi teşvik eder; sitokininler ksilem farklılaşmasını

hızlandırır, giberellinler ise hücre çeperi uzaması ve lignin birikimini düzenler (Makila vd., 2023). Taşkın koşullarında sekonder büyüme yavaşlar. Bunun sebebi hipoksik ortamın lignin sentezinde görevli enzimlerin aktivitesini sınırlandırmasıdır. Ancak toleranslı türlerde kambiyal dokuda aerenkima benzeri boşluklar gelişebilir. Bu yapılar oksijen difüzyonunu kolaylaştırarak sekonder büyümenin tamamen durmasını engeller (Sou vd., 2021).

Bitkiler büyüme mevsiminin başında primer büyümeye öncelik verir ve bu dönemde fotosentez ürünleri büyük oranda sürgün ve yaprak uzamasına yönlendirilir. Yaprak alanı arttıkça fotosentetik kapasite yükselir ve bu kapasite ilerleyen dönemde sekonder büyüme için gerekli karbon akışını sağlar. Mevsim ilerledikçe karbon tahsisi giderek kambiyuma kayar ve bu geçişin hızı türün yaşam stratejisine, çevresel koşullara ve fotosentez verimine bağlı olarak değişir (Lauri vd., 2010). Taşkın ekosistemlerinde bu denge daha da kritik hale gelir. Uzun süreli hipoksi primer büyüme için gerekli apikal meristem aktivitesini sınırlandırabilir. Bu durumda bitki sekonder büyümeyi de azaltarak metabolik enerjisini hayatta kalma stratejilerine yönlendirir (Garcia vd., 2024). Yüksek fotosentetik kapasite hem primer hem de sekonder büyümenin eş zamanlı ilerlemesini sağlar ve bu durum özellikle hızlı büyüyen kavak ve söğüt türlerinde belirgindir (Kesic vd., 2025). Fotosentezdeki düşüş önce sekonder büyüme hızında azalmaya, ardından primer büyümede duraksamaya yol açar. Bunun nedeni bitkinin uzun vadeli karbon yatırımlarını (odun dokusu) kısa vadeli hayatta kalma stratejilerine tercih etmesidir. Pigmentlerin, enzimlerin ve fotosentetik yapının bütünlüğünün korunması, taşkın koşullarında bile karbon akışının devam etmesini sağlar ve bu durum hem büyümenin hem de ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik önem taşır (Wang vd., 2018).

2.4.7 Taşkın Stresinde Fotosentez ve Uzun Vadeli Toparlanma

Taşkın ve uzun süreli su baskını, kara bitkileri için en zorlu çevresel stres faktörlerinden biridir. Bunun nedeni bu durumun hem oksijen yetersizliğini (hipoksi) hem de fiziksel ve kimyasal çevre değişimlerini aynı anda tetiklemesidir (Fukao vd., 2019). Fotosentez açısından bu koşullar; gaz değişiminin kısıtlanması, ışığın yaprak dokularına daha az ulaşması, su fazlalığının kök ve yaprak fizyolojisini etkilemesi ve

oksidatif stresin artması gibi çok yönlü kısıtlamalar doğurur. Bu stres, taşkın süresince fotosentetik kapasitenin hızla düşmesine neden olurken, uzun vadeli ekofizyolojik etkiler genellikle toparlanma döneminde ortaya çıkar (Sasidharan vd., 2018). Bitkinin bu süreci başarıyla atlatabilmesi, pigment ve enzim bütünlüğünü koruma, osmoprotektan birikimi, yapısal uyum geliştirme ve kaynak-havuz dengesini yeniden kurma yeteneğine bağlıdır (Ghosh vd., 2021).

Taşkın sırasında yaprak yüzeyinde biriken su tabakası stomaların gaz alışverişini mekanik olarak engeller. Aynı zamanda hipoksi köklerde abscisik asit (ABA) miktarını artırarak stomaların kapanmasına neden olur. Bu durum hücre içi CO_2 düzeyini düşürür ve Calvin döngüsünde karboksilasyon hızını sınırlar (Sibbernsen ve Mott, 2010). Suyun yaprak yüzeyini kaplaması, özellikle kırmızı ve mavi dalga boylarındaki ışığın yaprak içine geçişini azaltır ve bu da klorofil-a'nın ışık absorpsiyonunu düşürerek fotosistem II'nin (PSII) verimliliğini azaltır. Tilakoid zarlarındaki D1 proteininin fotooksidatif hasara uğraması da ışık reaksiyonlarını olumsuz etkiler (Liu ve Lersel, 2021). Hipoksi, klorofil sentezinde görevli enzimlerden protochlorophyllide oksidoredüktazın aktivitesini düşürürken klorofilazı artırarak pigment yıkımını hızlandırır. Buna karşılık toleranslı türler, karotenoid/klorofil oranını yükselterek reaktif oksijen türlerinin zararlarını sınırlar. Özellikle zeaksantin birikimi, fazla enerjinin ısıya dönüştürülmesini sağlayan non-fotokimyasal söndürme (NPQ) kapasitesini artırır (Abbas vd., 2022). CO_2 alımının azalması Calvin döngüsünü yavaşlatırken ışık reaksiyonları devam eder ve bu durum NADPH ile ATP birikimine yol açar. Bu dengesizlik ROS üretimini tetikler. Toleranslı türler fazla enerjiyi Mehler reaksiyonu ya da malat valisi gibi alternatif elektron yollarına yönlendirerek fotoinhibisyon riskini azaltır (Roberty vd., 2014).

Taşkın sonrasında fotosentetik kapasitenin yeniden kazanılması pigment sentezinin hızla başlamasıyla gerçekleşir. Klorofil sentaz ve fitol kinaz gibi enzimler yeniden aktifleşerek klorofil üretimini artırır. PSII'de hasar gören D1 proteini, psbA geninin yeniden ekspresyonuyla sentezlenir (Mulo vd., 2012). Toparlanma döneminde prolin, glisin betain ve trehaloz gibi osmoprotektanların düzeyi yüksek kalır. Bu moleküller yeni gelişen yaprak ve sürgünlerde zar bütünlüğünü korur ve protein denatürasyonunu önler. Antioksidan enzimler (SOD, APX, CAT) serbest radikalleri temizleyerek

fotokimyasal yapıların onarımını hızlandırır (Seki vd., 2007). Taşkın sırasında karbon akışı büyük ölçüde kısıtlandığından, su çekildikten sonra kaynak organlar yeniden aktif hale gelir. İlk olarak yapraklar ve genç sürgünler gibi hızlı büyüyen organlara karbon tahsisi yapılır. Kökler ise oksijenlenme sağlandığında yeniden karbon almaya başlar (Striker, 2012). Toleranslı türlerde aerenkima dokusu gelişimi taşkın sonrasında da devam eder ve bu yapı köklerde oksijen taşınmasını kalıcı hale getirir. Lentisel hipertrofisi ve adventif kök oluşumu kök sisteminin yeniden işlev kazanmasını destekler (Pires vd., 2018). Toparlanma döneminde fotosentez ve büyüme süreçleri arasında yeniden bir denge kurulması gerekir. Eğer fotosentez kapasitesi büyüme talebinin gerisinde kalırsa bitki büyümeyi sınırlandırır ve önceliği yaşamsal fonksiyonların sürdürülmesine verir. Ancak fotosentez hızla toparlanırsa hem primer hem de sekonder büyüme eş zamanlı olarak yeniden hız kazanır (Gururani vd., 2015).

Hızlı toparlanan türler (örneğin söğüt ve kavak), taşkın sonrası birkaç gün içinde pigment sentezini ve stomal iletkenliği artırarak yeniden aktif fotosenteze geçer. Bu da kısa sürede vegetatif büyüme ve biyokütle artışı sağlar (Mozo vd., 2021). Yavaş toparlanan türler (örneğin dişbudak ve akçaağaç) önce kök sistemini onarır; fotosentez toparlanması daha uzun sürer ancak uzun vadede daha dengeli bir karbon dağılımı sağlar (Keller vd., 2023). Yüksek pigment ve antioksidan kapasitesine sahip türler (örneğin kızılağaç ve meşe), fotoinhibisyonu sınırlayarak fotosentez kaybını en aza indirir ve böylece toparlanma sürecine avantajlı başlar (Sun vd., 2024).

Türlerin bireysel toparlanma kapasitesi, populasyon dinamiklerini ve ekosistem hizmetlerini doğrudan etkiler. Hızlı toparlanan türler taşkın alanlarında öncü rol üstlenerek karbon depolama hızını artırırken, yavaş ama dayanıklı türler ekosistemin uzun vadeli stabilitesini sağlar (Xiuyu vd., 2024). Sonuç olarak taşkın sonrası fotosentezin yeniden kazanılması yalnızca bireysel büyüme başarısını değil, ormanların karbon dengesi, su döngüsü ve habitat sürekliliği açısından ekosistem düzeyinde sürdürülebilirliği belirleyen temel bir faktördür (Sheil, 2018).

2.5 Ormanların Sel ve Taşkınlara Karşı Önemi

Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %29,4'ü (23,4 milyon hektarlık alanı) ormanlarla kaplıdır. Ormanlar, yalnızca yerküre için oksijen sağlayan ekosistemler değil, iklimi düzenleyici işlevleriyle de büyük önem taşımaktadır (Li vd., 2023). Yağışlı dönemlerde fazla suyu tutarak yüzey akışını azaltır ve bu sayede hem sel ve taşkın riskini düşürür hem de kurak dönemlerde suyun daha dengeli kullanılmasına katkı sağlar. Avrupa Çevre Ajansı'nın (European Environment Agency, EEA) 2015 yılında yayımladığı rapora göre orman örtüsünün %30 olduğu su havzalarında su tutma oranı, orman örtüsünün %10 olduğu havzalara göre %25 daha fazladır. Orman örtüsünün %70'e ulaştığı havzalarda ise bu oran, orman örtüsünün yalnızca %10 olduğu alanlara kıyasla %50 daha yüksektir. Ayrıca ormanlık havzalarda yaz aylarında su tutma kapasitesi kış aylarına göre ortalama %25 oranında daha fazladır (EEA, 2015).

Ağaç türleri arasındaki morfolojik farklılıklar, su tutma kapasitesinde belirleyici rol oynar (Cseresnyés ve Csontos, 2007; 2014; Vineyt ve Hatton, 1990). Zagyvai vd. (2019) çalışmasında bitki türlerinin su tutma kapasitelerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda iğne yapraklı türlerin su tutma kapasitesinin geniş yapraklı türlere göre daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca su tutma kapasitesi en yüksek türün ladin olduğu, ardından kayın ve meşenin geldiği bildirilmiştir.

Farklı tür kompozisyonlarına sahip orman meşcerelerinde yapılan araştırmalar, ölü örtü birikme dinamiklerinin ve topraktaki organik madde miktarının, orman topraklarının fiziksel özelliklerini ve buna bağlı olarak yağmur suyunu tutma kapasitesini etkilediğini göstermektedir (Ghanbary vd., 2012; Wang vd., 2018; Vartapetian vd., 2003a; Zagyvai vd., 2019). İlek vd. (2014) göknar, ladin ve kayın meşcereleri altında toprak örnekleri toplayarak farklı katmanlardaki fiziksel özellikleri, ayrışma derecelerini ve su tutma kapasitelerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda ladin meşcerelerinin kayın ve göknar meşcerelerine kıyasla daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu ortaya konulmuştur. Literatürdeki bu bulgular, ormanlardaki tür çeşitliliği ve yaprak döküntülerinin ayrışma dinamiklerinin,

toprakların su tutma yeteneğini ve dolayısıyla ekosistemin hidrolojik dengesini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır.

Orman ekosistemlerinde tutulan su miktarı; sıcaklık, rüzgâr ve yağış gibi iklimsel faktörlerin yanı sıra meşcere yaşı, kapalılık oranı ile meşceredeki ağaç türlerinin biyolojik ve morfolojik özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Aranda vd., 2012; Bastrup-Birk vd., 2004; Li vd., 2023). Ölü örtü birikimi, orman ekosistemlerinde toprak organik maddesinin temel kaynağıdır. Bu tabaka, toprağın nemini koruyarak yağışla gelen suyun tutulmasını sağlar ve sıcaklık değişimlerine karşı koruyucu bir yalıtım görevi görür (Meier ve Leuschner, 2008). Ölü örtü tabakasının özellikleri, bitki örtüsünün türüne, tür kompozisyonuna ve uygulanan silvikültürel yöntemlere bağlı olarak farklılık gösterebilir (Durrant vd., 2016; Fernald vd., 2012; Scartazza vd., 2016). Zagyvai-Kiss vd. (2019)'a göre ölü örtü tabakası, toprağın su tutma kapasitesini artıran önemli bir bileşendir. Ayrıca ölü örtü, besin elementi döngüsünde tampon görevi görür. Taşkın sırasında yüzeye taşınan ince sedimanlar, fosfor (P) ve mikro elementlerin geçici olarak tutulmasını sağlarken; taşkın çekildikten sonra bu tabaka mineralizasyon süreciyle azot (N) ve kükürt (S) salınımına katkıda bulunur (Preiner vd., 2020). Bununla birlikte uzun süreli su baskınları sırasında potasyum (K) ve magnezyum (Mg) elementlerinin yıkanması hızlanabilir. Mikorizal mantar birliktelikleri ise özellikle fosfor (P) ve çinko (Zn) alımını artırarak fidanların taşkın sonrası toparlanmasını hızlandırır (Siczek vd., 2008). İlek vd. (2021), sarıçam, göknar, meşe ve kayın türlerinin ibre ve yapraklarını kullanarak yürüttükleri çalışmada, bu türlerin farklı oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulan kombinasyonların orman toprağının hidro-fiziksel özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda göknar ibrelerinin sarıçam ibrelerine göre artan oranlarda daha fazla su tuttuğu ve buna bağlı olarak göknar–kayın meşcerelerinin su tutma kapasitesinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Farklı ağaç türlerinin su tutma kapasitesi yalnızca kök morfolojisi ve yaprak özellikleriyle değil, mevsimsel fenolojiyle de yakından ilişkilidir. Yapraklı türlerde ilkbahar ve yaz aylarında gerçekleşen yüksek terleme (transpirasyon) oranları, yağış sonrası yüzey akışını önemli ölçüde azaltabilirken; iğne yapraklı türlerde yıl boyunca yaprakların korunması, kış ve erken ilkbahar dönemlerinde dahi su tutma kapasitesinin

devam etmesine katkı sağlar (Swidrak vd., 2013). Ayrıca ölü örtü tabakasının kalınlığı ve organik madde miktarı, toprağın su emme kapasitesini doğrudan etkileyerek taşkın anında suyun emilimini artırır ve taşkın pik debilerinin düşürülmesinde kritik bir rol oynar (Cui ve Pan, 2023).

Taşkın sonrası orman ekosistemlerinde meydana gelen karbon döngüsündeki geri bildirim süreçleri de büyük önem taşır. Sel veya taşkınla birlikte toprakta anaerobik koşullar oluştuğunda mikrobiyal aktivite yavaşlar, organik karbonun mineralizasyonu azalır ve kısa vadede toprakta karbon depolanması artabilir. Ancak su baskınının uzun sürmesi köklerin ölmesine, toprak yapısının bozulmasına ve dolayısıyla karbon salınımının artmasına neden olarak ekosistemin net karbon dengesini olumsuz yönde etkileyebilir (Tang vd., 2024). Bu nedenle ormanların taşkın sonrası karbon döngüsündeki rolü hem iklim değişikliğiyle mücadele hem de taşkın yönetimi stratejileri açısından bütüncül bir şekilde değerlendirilmelidir. Orman ekosistemleri taşkın riskini yalnızca fiziksel yollarla değil, biyolojik süreçler aracılığıyla da azaltır. Kök bölgesinde yaşayan mikorizal mantarlar ve toprak biyotası, toprağın gözenekliliğini ve su tutma kapasitesini artırarak infiltrasyon (su sızma) hızını yükseltir. Gelişmiş kök sistemleri, toprağın yapısını iyileştirerek yağış sularının yer altına süzülmesini kolaylaştırır ve yüzey akışını sınırlar (Asmelash vd., 2016). Bu hidrolojik tamponlama etkisi özellikle dik yamaçlı, yoğun yağış alan bölgelerde taşkınların şiddetini azaltmada hayati bir öneme sahiptir. Ormanların yanı sıra sulak alanlar, çayır-meralar ve kıyı ekosistemleri de taşkın riskinin azaltılmasında kritik rol oynar. Sulak alanlar, orman ekosistemleriyle birlikte çalışarak suyun akış hızını düşürür ve fazla suyun toprağa sızmasını destekler. Orman kenarındaki sulak alanlar gelen suyun enerjisini azaltırken, orman kök sistemleri bu suyun yer altına geçişini kolaylaştırır (Rowland vd., 2025). Bu etkileşim özellikle geniş havzalarda taşkın pik debilerinin önemli ölçüde düşürülmesini sağlar. Kıyı ekosistemleri ise fırtına kaynaklı taşkınlarda dalga enerjisini absorbe ederek kıyı erozyonunu ve tuzlu su girişini sınırlar. Çayır ve mera alanları yüksek infiltrasyon kapasiteleri sayesinde yüzey akışını azaltır, taşkın sularının yayılmasını engeller. Bu ekosistemlerin entegre biçimde korunması, taşkın yönetiminde çok katmanlı ve doğal bir ekolojik bariyer görevi görür (Diego vd., 2025).

2.6 Taşkın Yatakları Ağaç Türleri

Toprağın üst katmanındaki su miktarı, tarla kapasitesinin %20'sini aştığında yüzeysel akış oluşmaya başlar (Nilsen ve Orcutt, 1996; O'Neill vd., 2016). Aşırı su stresi veya su baskını; yanlış sulama, küresel ısınma, insan kaynaklı faaliyetler ve meteorolojik olaylar sonucunda gelişebilir. Bu durumun etkileri, ağaç türüne ve uygulanan silvikültürel yöntemlere göre değişiklik gösterebilir (Jackson ve Ram, 2003; Qasim vd., 2015; Vartapetian vd., 2003b). IPCC (2022) verilerine göre düzensiz yağışlar, buzulların erimesine bağlı olarak deniz seviyesinin yükselmesi ve yerel iklim özelliklerindeki değişiklikler, kereste üretiminin artışıyla birlikte ormanlar üzerindeki baskıyı artırmıştır. Bu nedenle orman ekosistemlerinin sürdürülebilirliği açısından sel ve taşkınlara dayanıklı türlerin seçilmesi giderek daha önemli hale gelmiştir (Christianson vd., 2010; Liu vd., 2018; Tuskan vd., 2003). Türlerin taşkın koşullarına verdiği morfolojik ve fizyolojik tepkilerin anlaşılması yalnızca ekosistem yönetimi değil, iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesi açısından da kritik öneme sahiptir.

Sel taşkınları sırasında suyun toprak gözeneklerine dolmasıyla oksijen bakımından zengin hava uzaklaşır ve toprakta oksijen eksikliği (hipoksi) oluşur (Beerling, 2007; Geigenberger, 2003). Suya doymuş topraklarda gaz difüzyonu yavaşladığı için oksijenin köklere ulaşması zorlaşır ve kök solunumu düşer (Armstrong, 1979; Lorimer vd., 2011). Kökler, bitkinin mineral ve su alımını sağlamakla kalmaz; mikrobiyal etkileşimler ve çevresel stres sinyallerinin algılanmasında da önemli rol oynar (Jaeger vd., 2009; Haase vd., 2003; O'Neill vd., 2016; Pagnussat vd., 2004). Taşkın stresine maruz kalan bitkilerde köklerde reaktif oksijen türleri birikir (Else vd., 2006; Ernst vd., 2010; Herrera, 2013; Liu vd., 2018). Paralin vd. (2010) çalışmasında taşkın alanlarındaki ağaç türlerindeki yapısal değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda taşkına maruz kalan bitkilerde yaprak yüzey alanının küçüldüğü, stoma açıklığının azaldığı ve mumsu tabakanın kalınlaştığı ortaya konulmuştur. Bu morfolojik uyumlar, bitkilerin taşkın sonrası hayatta kalma olasılığını artırırken, ekosistemde tür çeşitliliğinin korunmasına katkı sağlar. Benzer şekilde çeşitli çalışmalarda da taşkın yatağında yaşayan birçok ağaç türünün aşırı buharlaşma, yüksek sıcaklık ve yoğun ışığa karşı korunmak için yaprak yüzey alanlarını

küçülttükleri ortaya konulmuştur (Singleton vd., 1999; Schlüter, 1989; Waldhoff, 2003; Waldhoff ve Furch, 2002).

Sel taşkını ayrıca bitkilerde sürgün metabolizmasını, stoma iletkenliğini, terleme oranını, solunumu ve fotosentez hızını azaltır (Else vd., 1995; Visser vd., 2003). Bu fizyolojik etkiler çoğu zaman mineral beslenmedeki değişimlerle birlikte görülür. Taşkın sırasında toprakta Fe ve Mn çözünürlüğü artarak yapraklarda kloroz ve nekroz riskini yükseltir; P sabitlenir ve karbon akışı sınırlanır, K kayıpları ise stoma kontrolünü bozar (Schaffer vd., 1992). Bazı çalışmalarda taşkın sonrası yapraklardaki Ca, Mg ve Zn düzeylerinde türlere göre farklı değişimler olduğu ortaya konulmuş ve bu elementlerin tolerans aralıklarının dayanıklılığı belirleyen temel faktörlerden biri olduğu bildirilmiştir (Banach vd., 2009; Habibi vd., 2023). Fotosentezdeki düşüşler, stomaların kapanması ve difüzyonun kısıtlanması gibi stoma dışı sınırlamalarla ilişkilidir (Pezeshki, 2001). Bununla birlikte bazı türler su baskınlarına karşı tolerans (Peeters vd., 2002) veya alışma yeteneği (Piper vd., 2008; Pryor vd., 2006) geliştirebilmektedir. Toleranslı odunsu türler, belirli bir uyum sürecinden sonra yaprak su potansiyelini ve fotosentetik aktivitesini koruyabilir (Kogawara vd., 2006; Li vd., 2004; Sena Gomes ve Kozlowski, 1980). Ayrıca sürekli su altında kalmaktan farklı olarak aralıklı taşkınlar, köklerin yeniden oksijenlenmesiyle birlikte reaktif oksijen üretimini artırarak bitkilerde daha fazla stres yaratabilir (Biemelt vd., 2000; Geigenberger, 2003; Smith vd., 1992).

Gadgil ve Gadgil (1975) çalışmasında radiata çamı ve Douglas göknarı fidanlarının 1; 2; 4; 8 ve 16 haftalık sürelerle sel koşullarına maruz bırakılarak mikorizal gelişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Fidanlar hem toprak hem de kum ortamında yetiştirilmiş ve sera koşullarında dört ay boyunca kontrollü sulama rejimi uygulanmıştır. Her bir süre sonunda saksıların farklı bölgelerinden mikorizal kök örnekleri toplanarak yapısal ayrışma analizi ile fosfor alımı değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda kontrol gruplarındaki fidanlar daha fazla mikorizaya ve beyaz kök uçlarına sahipken, sel altında kalan fidanların bu özelliklerinin kademeli olarak azaldığı; bir haftalık su baskınının belirgin bir fark yaratmadığı, iki haftalık taşkın süresinden sonra her iki türde de adventif köklerin morumsu-siyah renge döndüğü ve mikorizaların belirginleştiği; dört hafta ve daha uzun süreli taşkınlarda kök uçlarının

siyahlaştığı, mikorizaların kahverengiye dönüştüğü ve genel kök renginin koyulaştığı ortaya konulmuştur. Ayrıca fosfor alımı açısından bir haftalık taşkın süresinin anlamlı bir etki yaratmazken, iki haftalık taşkın sonrasında Douglas göknarının köklerinde fosfor alımının azaldığı, radiata çamının köklerinde ise değişim olmadığı; dört haftadan uzun taşkınlarda ise Douglas göknarında fosfor alımında belirgin azalma olduğu, yetişme ortamının bu farklılık üzerinde etkili olmadığı bildirilmiştir.

Smith vd. (1989) çalışmasında ceviz fidanlarının üç farklı büyüme aşamasına (vejetasyon dönemi dışında, tomurcuklanma başlangıcında ve vejetasyon dönemi içinde) göre boy uzamaları ve taşkına maruziyet durumlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada her bir grup, 28 gün boyunca sel taşkını koşullarına maruz bırakılmış, uygulama sonrasında fidanlarda meydana gelen morfolojik değişimler kaydedilmiş ve yapraklarda element analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda vejetasyon dönemi dışında su baskınına maruz kalan fidanların büyüme açısından önemli ölçüde etkilenmediği, vejetasyon dönemi içinde suya maruz kalanlara göre daha az olumsuz etki gösterdiği, tomurcuklanma döneminde taşkına maruz kalan fidanların diğer gruplara kıyasla en küçük yaprak alanına sahip olduğu ve kontrol grubuna göre daha kısa boy gösterdiği bildirilmiştir. Element analizleri sonucunda sel taşkını uygulanan fidanlarda azot (N) ve Fe konsantrasyonlarının düştüğü, ancak taşkın sonrasında 56 gün içinde yapılan analizlerde P, Ca, Mg, Zn ve Mn miktarlarının su basmayan kontrol grubuna göre arttığı ortaya konulmuştur. Vejetasyon dönemi dışında suya maruz kalan fidanlarda yaprak alanı, boy uzunluğu, gövde çapı ve kuru madde ağırlıkları üzerinde belirgin bir etki olmadığı, buna karşılık vejetasyon dönemi içinde su altında kalan fidanlarda yapraklardaki besin elementlerinin konsantrasyonları kontrol grubuna göre daha düşük olduğu ve sel taşkını koşullarında kök metabolizmasının bozulduğu, nitrifikasyon yoluyla azotun kullanılabilirliğinin azaldığı ve indirgenmiş mangan (Mn^{+2}) ile demir (Fe^{+2}) gibi toksik iyonların biriktiği vurgulanmıştır.

Wang vd. (2016) çalışmasında kel selvi tohumlarının 3 cm (yüzeysel) ve 15 cm (derin) olmak üzere iki farklı dikim derinliğinde 120 gün boyunca sel taşkını stresine maruz bırakılması ve kök uzunluğu, yaprak, gövde ve kuru kök biyokütlesi değerlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda 15 cm derinliğe dikilen fidanlarda boy

uzunluğu kontrol grubuna göre azaldığı, ancak yüzeysel dikimde bu farkın anlamlı olmadığı, her iki dikim yönteminde de kök biyokütlesinin kontrol grubuna göre azaldığı, ancak genel biyokütle dağılımında anlamlı farklılığın olmadığı ortaya konulmuştur. Ayrıca kontrol grubundaki bitkilerin yaprak alanı indeksinin sel taşkınına maruz kalanlara göre daha yüksek olduğu, 15 cm derinliğe dikilen fidanlarda klorofil miktarının kontrol grubuna göre daha yüksek bulunduğu da bildirilmiştir. Çalışmada derin dikimin belirli koşullarda fotosentetik pigment sentezini destekleyebileceği vurgulanmıştır.

Wang vd. (2013) çalışmasında Avrupa ladini türüne ait bir yaşındaki fidanların üç farklı uygulama grubunda (kontrol grubu, büyüme döneminde 4 hafta boyunca sel taşkınına maruz bırakılan grup ve dinlenme döneminde 4 hafta boyunca sel taşkınına maruz bırakılan grup) besin elementlerinin değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada uygulama sonrasında tüm fidanlar 4 haftalık dinlenme evresine alınmış ve toplamda 128 adet fidan ile çalışma yürütülmüştür. Çalışma sonucunda büyüme döneminde taşkına maruz kalan fidanların yapraklarındaki besin içeriklerinin, dinlenme döneminde suya maruz kalanlara göre belirgin şekilde farklılık gösterdiği, dinlenme döneminde taşkına maruz bırakılan bireylerde kalsiyum (Ca) içeriğinin daha yüksek olduğu, buna karşın forfor (P), demir (Fe), bor (B) ve bakır (Cu) elementlerinin anlamlı bir farklılık göstermediği ortaya konulmuştur. Bu kapsamda Avrupa ladininin taşkın zamanlamasına bağlı olarak farklı besin alım tepkileri verdiğini söylenebilmektedir.

Wang vd. (2015) çalışmasında dört büyüme evresindeki (dinlenme evresi (1–4. hafta), erken büyüme dönemi (5–8. hafta) ve geç büyüme dönemi (9–12. hafta)) huş ağacı ve tüylü huş ağacı türlerine ait bir yaşındaki fidanların kök ve morfolojik değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda her iki türde de büyüme döneminde meydana gelen taşkınların kök ve yaprak morfolojisinin önemli ölçüde etkilendiği, taşkına maruz kalan bireylerde yaprak alanının azaldığı, bu azalışın en fazla tüylü huş ağacında olduğu, bu türün yapraklarında su kaybını azaltmaya yönelik mumsu bir tabaka geliştiği ortaya konulmuştur. Taşkın süresince her iki türün bireylerinde de adventif köklerin oluşumunun arttığı ve bu durumun su baskını koşullarında su ve oksijen taşınımını sürdürmek için geliştirilen bir adaptasyon olduğu bildirilmiştir.

Erken dönemde sel taşkınına maruz kalan huş ağacı bireylerinin, geç dönemde taşkına uğrayanlara göre daha fazla lentisel oluşturduğu vurgulanmıştır. Genel olarak tüylü huş ağacı türünün sel taşkını koşullarına huş ağacı türüne göre daha yüksek dayanıklılık gösterdiği dile getirilmiştir.

Wang (2016) çalışmasında Avrupa ladini ve tüylü huş türlerine ait bir yaşındaki fidanlardaki sel taşkınının fizyolojik ve morfolojik etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada iki farklı dönem (dinlenme dönemi (1-4. haftalar) ve büyüme dönemi (5-10. haftalar)) de sel taşkını uygulaması yapılmıştır. Her iki dönemde de fidanlar, sel taşkınına maruz bırakılmış ve uygulama sonrası dört haftalık dinlenme sürecine alınmıştır. Her türden 64 fidan kullanılmıştır. Çalışma sonucunda dinlenme döneminde yapılan sel taşkını uygulamasının her iki türde de kök uzunluğu, kök yüzey alanı, kök ucu sayısı, kök biyokütlesi ve kök hidrolik iletkenliği üzerinde anlamlı bir etki yaratmadığı ortaya konulmuştur. Ayrıca lentisel yuğunluğunun tüylü huş fidanlarında daha yüksek bulunduğu, ancak taşkın düzeyleri arasında fark görülmediği, büyüme dönemi taşkını sonrası, Avrupa ladininde kalsiyum (Ca) içeriğinde artış gözlenirken, tüylü huşta magnezyum (Mg) ve potasyum (K) miktarlarının arttığı, iğne yapraklı türlerin su baskınlarına daha toleranslı, geniş yapraklı türlerin ise taşkın koşullarına daha toleranslı olduğu bildirilmiştir.

Zúñiga-Feest vd. (2017), Şili mersini ağacı ve kış kabuğu ağacının iki farklı taşkın tipi (ani ve kademeli sel taşkını) altında fotosentez, stoma iletkenliği ve stoma yoğunluğundaki değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada tohumlar doğal yayılış alanlarından 10 farklı bireyden toplanmış, 50 cc'lik saksılara ekilerek sera koşullarında bir yıl büyütülmüştür. Her tür için 12 fidanlık üç grup (kontrol, ani taşkın ve kademeli taşkın) oluşturulmuştur. Kademeli taşkın uygulamasında, bitkiler ilk 5 gün boyunca günde 1–6 saat arasında suya batırılmış, 6–10. günlerde süre 12 saate çıkarılmış, 11–15. günler arasında ise tamamen 24 saatlik su altında kalma periyoduna ulaşılmıştır. Bu aşamadan sonra fideler 45 gün boyunca sürekli suya batırılmış halde tutulmuştur. Ani taşkın uygulamasında ise fideler 60 gün boyunca kesintisiz su altında kalmıştır. Her iki türde de 10 rastgele seçilen fidede boy ölçümleri ve hayatta kalma oranları kaydedilmiştir. Çalışma sonucunda 60 günlük ani taşkına maruz kalan bireylerin %78'inin hayatta kaldığı, türler arasında genel hayatta kalma oranı açısından

anlamlı fark olmadığı ancak kış kabuğu ağacının bireylerinin Şili mersini ağacına göre daha fazla boy artışı gösterdiği ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışmada kış mersini ağacının fidanlarında kademeli taşkın uygulaması sonrasında boy uzunluğunun %110 oranında arttığı bildirilmiştir. Buna ek olarak çalışmada stoma yoğunluğunun türler arasında belirgin farklılık gösterdiği; kademeli taşkın koşullarında kış kabuğu ağacı fidanlarının en yüksek stoma yoğunluğuna (yaklaşık 537 mm^{-2}) sahip olduğu, stoma iletkenliği bakımından türler arasında; Şili mersini ağacı fidanlarının lehine anlamlı bir farklılık olduğu (~0.25 mol m^{-2} s^{-1}), kış kabuğu ağacı fidanlarının ise daha düşük bir değere (~0.05 mol m^{-2} s^{-1}) sahip olduğu vurgulanmıştır. Araştırmada, her iki türde de stoma iletkenliğinin sabah saatlerinde (09.00–10.00) en yüksek düzeye ulaştığı, terleme oranının ise gün boyunca sabit kaldığı bildirilmiştir.

Song (2019) tarafından yapılan çalışmada dere yataklarında doğal olarak yetişen doğu kavak türünün farklı yaş ve çap kademelerinin sel taşkınına karşı dayanıklılığının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda 6 m x 8 m boyutlarında beş farklı deneme alanı oluşturulmuş ve bu alanlarda 1 ila 8 yaş aralığında bulunan bireyler incelenmiştir. Toplam 135 ağaç bireyinin gövde çapı ve boy uzunluğu ölçülmüş ve her deneme alanı için ortalama değerler değerlendirmeye alınmıştır. Morfolojik ölçümler dışında kalan bireyler ise gözlem altında tutulmuştur. Çalışma sonucunda gövde çapı ve boyu yüksek olan ağaçların sel taşkınlarına karşı daha dayanıklı olduğu ve yaklaşık 86 gün boyunca hayatta kalabildikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışmada ağaç yaşı ile hayatta kalma başarısı arasında anlamlı bir ilişki olmadığı bildirilmiştir.

Karcher ve King (2021) çalışmasında altı farklı türün (su meşesi, Teksas meşesi, salkım meşesi, şeker hünnap, yeşil dişbudak ve Amerikan karaağacı) bir yaşındaki fidanlarını kullanarak taşkın süresinin türlerin hayatta kalma oranları üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada sel taşkınına maruz bırakılmayan kontrol grubu, 15 gün taşkın uygulaması ve 25 gün taşkın uygulaması olmak üzere üç farklı uygulama yapılmıştır. Uygulama sonrasında fidanların 3., 6. ve 9. haftalardaki hayatta kalma oranları ölçülmüştür. Çalışma sonucunda en fazla ölümün 3. haftada gerçekleştiği, tohum ağırlığı yüksek türlerin (su meşesi, Teksas meşesi ve salkım meşesi), tohum ağırlığı düşük türlere (şeker hünnap, yeşil dişbudak ve Amerikan karaağacı) göre tüm uygulama gruplarında taşkına karşı daha dayanıklı olduğu ortaya

konulmuştur. Bu sonuçlar, tohum büyüklüğünün taşkın toleransında önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Li vd. (2023) çalışmasında cevizli mürdüm eriği ve Güneydoğu Asya mersini türlerinin farklı ekim desenleri (tek ekim, saf ekim, karışık ekim) ve sulama koşullarının büyüme ve fizyolojik parametreler üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda iyi sulanan koşullarda tek ekim desenine sahip cevizli mürdüm eriği fidanlarında gövde boyu, primer kök yaş ağırlığı, gövde taze ağırlığı, yaprak alanı, yaprak taze ağırlığı ve toplam biyokütle değerlerinin yüksek çıktığı ancak aynı koşullarda Güneydoğu Asya mersini fidanlarında primer kök ağırlığında belirgin bir azalma gözlendiği ortaya konulmuştur. Karışık ekim uygulamalarında, cevizli mürdüm eriği fidanlarında gövde boyu, yaprak alanı ve taze yaprak ağırlığı azalırken, Güneydoğu Asya mersini fidanlarında gövde taze ağırlığının anlamlı şekilde düştüğü, tek ekim ve saf ekim desenlerinde iyi sulanan gruplar karşılaştırıldığında her iki türde de primer kök aktivitesinin belirgin biçimde azaldığı bildirilmiştir. Buna karşın iyi sulanan karışık ekim koşullarında Güneydoğu Asya mersini fidanlarında primer kök aktivitesinin arttığı, aynı saksıda bulunan cevizli mürdüm eriği fidanlarında ise kök gözenekliliğinde artış olduğu bildirilmiştir. Her iki türe ait tüm uygulamalarda klorofil a, klorofil b, karotenoid ve toplam klorofil içeriklerinde anlamlı değişiklikler olduğu, iyi sulanan uygulamalarda saf ve tek ekim desenine sahip fidanlarda klorofil miktarlarının genel olarak azaldığı, yalnızca Güneydoğu Asya mersini türünde klorofil b içeriğinin arttığı, karışık ekim deseninde ve iyi sulanan cevizli mürdüm eriği fidanlarında klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içeriklerinin azaldığı, buna karşılık Güneydoğu Asya mersini fidanlarında karotenoid düzeylerinin arttığı bildirilmiştir. Su baskını koşullarında yapılan uygulamalarda, saf ve karışık ekim grupları karşılaştırıldığında, her iki türde de net fotosentez oranı, terleme hızı ve stoma iletkenliği değerlerinin arttığı ortaya konulmuştur. Genel olarak çalışmada cevizli mürdüm eriği türünün tür içi rekabet gösterdiği, Güneydoğu Asya mersininin ise sel taşkını stresine daha iyi uyum sağladığı vurgulanmıştır. Her iki türde de taşkın koşullarında büyümenin devam ettiği, ayrıca sel taşkınına maruz kalan bireylerde askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesinin artmasının, hidrojen peroksitin (H_2O_2) zararlı etkilerini azalttığı ve köklerde biriken nişastanın anoksiye karşı koruyucu rol oynadığı ifade edilmiştir. Bu çalışma, taşkın koşullarında karışık

ekim yönteminin hem büyüme hem de fizyolojik dayanıklılık açısından daha avantajlı bir strateji olduğunu ortaya koymuştur.

Li vd. (2023) çalışmasında kanatlı ceviz türüne ait 42 adet bir yaşındaki fidanın biyokimyasal ve fizyolojik değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada fidanlar sel taşkınına maruz bırakılmadan (kontrol) ve 3; 6; 12; 48 ve 72 saatlik taşkın süreleriyle uygulanarak değerlendirilmiştir. Uygulama sonrasında yapraklardaki malondialdehit (MDA), SOD, POD ve klorofil içerik indeksi (CCI) değerlerindeki değişimler analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda SOD enzim aktivitesinin 3. ve 48. saatlerde azaldığı, POD aktivitesinin ise 6. saatte belirgin şekilde arttığı, daha sonraki aşamalarda tekrar düştüğü, MDA içeriğinin 24. saatte anlamlı biçimde azaldığı, CCI değerinin ise 12. saatte düştüğü ve sonraki taşkın sürelerinde sabit kaldığı ortaya konulmuştur. Araştırmada, MDA'nın sel taşkını koşullarında lipit peroksidasyonunun son ürünü olarak ortaya çıktığı, SOD ve POD gibi antioksidan enzimlerin ise reaktif oksijen türlerini (ROS) temizleyerek bitkilerin taşkına karşı adaptasyonunda kritik rol oynadığı vurgulanmıştır. Çalışmada enzim aktivitelerindeki bu değişimlerin bitkinin su baskınına verdiği fizyolojik tepkiyi ve uyum yeteneğini artırdığı, yapraklarda gözlenen bu biyokimyasal tepkilere rağmen kanatlı cevizin toprak üstü organlarında önemli bir hasar oluşmadığı ve bu türün sel taşkınına dayanıklı bir ağaç türü olduğu ifade edilmiştir.

Tian vd. (2023) çalışmasında farklı iklim bölgelerinde yetişen Güneydoğu Asya mersini ve cevizli mürdüm eriği türlerinin 130 günlük sel taşkını stresi altında farklı dikim kombinasyonlarına verdikleri morfolojik ve fizyolojik tepkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada her iki tür için iki farklı su seviyesi (iyi sulanan ve su basan koşullar) belirlenmiştir. Ayrıca üç farklı ekim deseni (tek ekim deseni (her saksıya 8 cm aralıkla iki fidan dikilmesi), saf ekim deseni (her saksıya bir fidan dikilmesi) ve karışık ekim deseni (iki türün birlikte dikilmesi) uygulanmıştır. Çalışma sonucunda cevizli mürdüm eriği türünün tek ekim deseninde en iyi büyüme performansını gösterdiği; gövde boyu, yaprak alanı ve toplam biyokütle değerlerinde belirgin artış olduğu, buna karşılık Güneydoğu Asya mersini türünde su taşkını koşullarında primer kök ağırlığının azaldığı ortaya konulmuştur. Karışık ekim deseninde ise her iki türde de bazı büyüme parametrelerinde düşüş olduğu, bu

durumun türler arası rekabetin stres koşullarında büyümeyi olumsuz etkilemesinden kaynaklı olduğu bildirilmiştir. Genel olarak çalışmada ekim stratejisi ve tür kombinasyonlarının, sel taşkını koşullarında bitki performansı üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğu ve uygun dikim modelinin tür dayanıklılığını artırabileceği ortaya konulmuştur.

Keller vd. (2023) çalışmasında farklı ağaç türlerinin (kırmızı akçaağaç, gümüş akçaağaç, şeker akçaağaç, kara huş, sarı huş, acı ceviz, kara ceviz, Amerikan lariksi, beyaz ladin, kara ladin, kırmızı çam, Doğu beyaz çamı, Amerikan çınarı, beyaz meşe, bataklık meşesi, kel selvi, Batı mazısı ve Amerikan karaağacı) sel taşkınına dayanıklılığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada seçilen türlere ait bir yaşındaki fidanlar 3; 6; 9; 12 ve 15 haftalık periyotlarla su altında tutulmuş ve hayatta kalma kapasiteleri değerlendirmiştir. Araştırmada, görünür yeşil dokusu bulunmayan fidanlar ölü olarak kabul edilmiştir. Deneme sonucunda türler, sel taşkınına karşı gösterdikleri dayanıklılığa göre altı farklı gruba ayrılmıştır. En yüksek dayanıklılığı gösteren grup (birinci grup), %98–100 oranında hayatta kalma başarısına sahipken, 12 cm'den fazla boy uzaması ve 3 mm'den fazla çap artışı gösteren türler olarak nitelendirilmiştir. Bu grupta yer alan kel selvi, Amerikan karaağacı ve kara huş en dirençli türler olarak öne çıkmıştır. Özellikle kel selvi, 120 gün boyunca sel taşkınına maruz kalmasına rağmen büyümesini sürdürmüş ve tamamen hayatta kalmıştır. Şeker akçaağacı ve Doğu beyaz çamı da (ikinci grup) %100 hayatta kalma oranı göstermiş, kısa süreli taşkınlarda dahi gövde çapını artırmayı başarmıştır. Batı mazısı, kırmızı akçaağaç, Amerikan lariksi, bataklık meşesi ve sarı huş türlerinde (üçüncü grup) 6 ila 12 haftalık taşkın süresince %69 ila %95 arasında değişen hayatta kalma oranları gözlenmiş, ancak çap artışı açısından belirgin bir fark bulunmamıştır. Daha düşük dayanıklılık gösteren dördüncü grup türleri olan kara ladin ve Doğu beyaz çamı %43 ila %80 oranında hayatta kalmış, boy ve çap artışları ise sınırlı kalmıştır. Şeker akçaağacı ve karacevizde (beşinci grup) hayatta kalma oranı %5 ila %16 arasında değişmiş, büyüme değerleri oldukça düşük kalmıştır. En toleranslı türlerin yer aldığı altıncı grup ise beyaz ladin, beyaz meşe ve kırmızı çam türlerinden oluşmuş ve bu türlerde %47 ila %87 arasında hayatta kalma oranı, 5 cm'den az boy uzaması ve 2 mm'den az çap artışı belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışmada kel selvi, Amerikan karaağacı ve kara huş türlerinin sel taşkınına karşı en yüksek toleransa sahip olduğu, özelliklekel selvinin uzun süreli taşkın koşullarında

bile büyümesini sürdürebilen en dayanıklı tür olduğunu ortaya konulmuş ve buna karşın beyaz ladin, beyaz meşe ve kırmızı çam gibi türlerin sel taşkınına en toleranslı türler olduğu bildirilmiştir.

Mattos vd. (2023) çalışmasında orman ve savan ekosistemlerinin geçmiş ve günümüz sınırlarının modellenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda geçmişte bu iki ekosistem tipi arasında belirgin sınırlar bulunduğu ancak günümüzde bu sınırların ortadan kalktığı ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışmada özellikle savan ekosistemlerinin aşırı yağış ve düşük sıcaklık koşullarında çifte stres yaşadığı ve bunun sonucunda toprakta karbon depolama kapasitesinin azaldığı bildirilmiştir.

Moleküler düzeyde yapılan araştırmalar, su basması toleransında belirli genlerin ve sinyal yollarının kritik rol oynadığını ortaya koymuştur. Hipoksik koşullarda aktive olan etilen sinyalleşme yolu, adventif kök gelişimini ve aerenkima dokusu oluşumunu uyararak oksijen taşınımını kolaylaştırmaktadır (Ni vd., 2019; Sasidharan ve Voesenek, 2015). Bunun yanı sıra su baskını sırasında bitkilerde metabolizma, oksijenin sınırlı olduğu ortamlara uyum sağlamak amacıyla anaerobik solunuma yönelir ve bu süreçte pirüvat dekarboksilaz (PDC) ve alkol dehidrojenaz (ADH) enzim aktivitelerinde artış gözlenir. Bu biyokimyasal adaptasyonlar, taşkın toleransına sahip türlerde hücre bütünlüğünün korunmasını ve hayatta kalma süresinin uzamasını sağlar (Gao vd., 2023; Ismond vd., 2003). Farklı ağaç türlerinin taşkın koşullarına tepkileri karşılaştırıldığında kök morfolojisi, gövde havalanma yapıları ve fotosentetik kapasite bakımından belirgin farklılıklar görülmektedir. Örneğin söğüt ve kavak türleri, hızlı adventif kök gelişimi ve yüksek aerenkima dokusu oranı sayesinde taşkın koşullarına yüksek tolerans gösterirken; dar yapraklı dişbudak ve kızılağaç gibi türlerde kök oksijenasyonu sınırlı düzeyde kalmaktadır (Mozo vd., 2021; Rodriguez ve Luquez, 2016; Tulik vd., 2020). Bu türler arası farklılıkların ayrıntılı biçimde ortaya konması, taşkın alanlarının planlanmasında ve ekolojik restorasyon projelerinde önemli bir rehber niteliği taşımaktadır.

Ayrıca yerel ve egzotik türler arasındaki adaptasyon farkı da değerlendirilmelidir. Yerel türler, bulundukları ekosistemlerin hidromorfolojik dinamiklerine uzun yıllar boyunca evrimsel olarak uyum sağlamış olduklarından, genellikle bölgesel taşkın

rejimlerine karşı daha yüksek dayanıklılık sergilerler. Egzotik türler ise kimi zaman hızlı büyüme ya da yüksek biyokütle üretimi gibi avantajlar sunsalar da yerel patojenlere karşı savunmasız olabilir ve uzun vadede ekosistem dengesini bozma riski taşırlar (Rai ve Singh, 2020; Russo vd., 2025). Bu nedenle tür seçiminde yalnızca taşkın toleransı değil, ekosistem uyumu ve uzun vadeli sürdürülebilirlik de dikkate alınmalıdır. Böylece seçilen türler hem ekolojik dengeyi koruyabilir hem de yerel halkın ekonomik ve kültürel beklentilerini karşılayarak taşkın yönetimi uygulamalarında sürdürülebilir bir çözüm sunabilir (Fremout vd., 2022).

Ülkemizde sel taşkını üzerine yapılan araştırmaların büyük çoğunluğu zirai bitkiler üzerine yoğunlaşmış olsa da (Bradford, 1983; Gürkan vd., 2017; Kuşvuran vd., 2011; McNamara ve Mitchell, 1989; Tareq vd., 2020), orman ağaç türleriyle ilgili çalışmaların yok denecek kadar az olduğu görülmektedir. Bu nedenle yürütülen çalışmada, literatürde doğal olarak taşkın yataklarında yayılış gösterdiği belirtilen ve temini ile bakımı kolay olan türler tercih edilmiştir. Bu türler; Kırmız akçaağaç (*Acer rubrum L.*), ceviz (*Juglans regia L.*), doğu çınarı (*Platanus orientalis L.*), Yaygın dişbudak (*Fraxinus excelsior L.*), Göknar (*Abies nordmanniana* subsp *normandiana L.*), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve Akdeniz servisi (*Cupressus sempervirens*) olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmanın önemi, sel taşkınlarının yalnızca tarımsal ürünler üzerindeki değil, aynı zamanda orman ekosistemleri üzerindeki etkilerini incelemesinde yatmaktadır. Orman ağaçları su baskınlarına karşı farklı düzeylerde tolerans gösterir ve bu farklılık ekosistem dengesinin sürdürülebilmesi açısından kritik bir faktördür. Orman türlerinin su altında kaldıklarında nasıl tepkiler verdiğini ve toparlanma süreçlerini anlamak, sel olaylarının uzun vadeli ekolojik etkilerini değerlendirmek açısından büyük önem taşır. Ülkemizde iklim değişikliği ve hatalı arazi kullanımı nedeniyle birçok bölge giderek artan sıklıkta sel taşkınlarına maruz kalmaktadır. Bu durum sadece tarımsal üretimi değil, orman ekosistemlerinin işleyişini, biyoçeşitliliği ve ekosistem hizmetlerini de tehdit etmektedir (Aydın ve Kaptı, 2024). Çalışmanın temel amacı, orman ağaç türlerinin su baskını koşullarına karşı gösterdikleri dayanıklılığı belirleyerek, taşkınlara dirençli türlerin seçilmesine katkı sağlamak ve gelecekteki orman yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine bilimsel bir temel oluşturmaktır. Tür seçimi yalnızca

ekolojik dayanıklılık açısından değil, aynı zamanda sosyo-ekonomik fayda potansiyeli bakımından da değerlendirilmelidir. Yerel halkın odun, reçine, meyve, tıbbi bileşenler veya gölgeleme gibi ekosistem hizmetlerinden doğrudan faydalandığı türler, toplumsal kabulü yüksek ve sürdürülebilir ağaçlandırma projelerinde öncelikli tercih edilmelidir. Örneğin ceviz türleri hem yüksek ekonomik değere sahip odun üretimi hem de meyve verimiyle öne çıkarken; servi türü düşük bakım gereksinimi, kuraklığa dayanıklılığı ve yüksek peyzaj değeriyle hem kırsal hem de kentsel alanlarda tercih edilebilir. Dolayısıyla tür seçimi yapılırken yalnızca taşkın toleransı değil, yerel halkın ekonomik ve kültürel gereksinimleri de dikkate alınmalıdır. Bu çalışma, orman yönetimi ve ağaçlandırma projelerinde su baskınına dayanıklı türlerin önceliklendirilmesi gerektiğini vurgulayarak, ekosistemlerin korunması ve iyileştirilmesi için önemli bilimsel veriler sağlamayı hedeflemiştir. Ayrıca bu tür araştırmalar, iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesi açısından da geleceğe dönük güçlü bir altyapı oluşturmaktadır.

Yapılan literatür incelemesi, sel ve taşkın konusunun meteorolojik, hidrolojik, ekolojik ve sosyo-ekonomik yönleriyle kapsamlı biçimde ele alındığını ortaya koymaktadır. Türkiye özelinde afet istatistikleri, bölgesel risk dağılımları ve iklim değişikliği projeksiyonları ayrıntılı olarak raporlanmıştır. Uluslararası çalışmalarda ise doğa temelli çözümler, mühendislik altyapıları ve entegre taşkın yönetimi uygulamaları ön plana çıkmaktadır. Ancak orman ağaç türlerinin taşkın koşullarına karşı toleranslarını ele alan araştırmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Özellikle Türkiye'ye özgü türler üzerinde yürütülmüş deneysel ve uzun dönemli gözlemler içeren çalışmalar neredeyse yoktur. Bununla birlikte tür seçiminde yalnızca ekolojik dayanıklılığın değil, sosyo-ekonomik kriterlerin de birlikte değerlendirildiği bütüncül araştırmaların eksikliği dikkat çekmektedir. Bu nedenle yapılacak her yeni çalışma, yalnızca bilimsel bilgi birikimini artırmakla kalmayıp, iklim değişikliğine karşı dirençli orman yönetimi politikalarının geliştirilmesinde yol gösterici bir rol üstlenecektir. Bu tez çalışması hem yerel orman türlerinin taşkın toleransını belirlemeyi hem de ekosistem temelli taşkın yönetimi stratejilerine veri sağlamayı amaçlayarak, literatürdeki bu önemli boşluğu doldurmayı hedeflemiştir.

2.7 Tez Çalışmasında Seçilen Ağaç Türleri

Bu bölümde Kırmızı Akçaağaç (*Acer rubrum L.*), Ceviz (*Juglans orientalis L.*), Doğu çınarı (*Platanus regia L.*), Dişbudak (*Fraxinus excelsior L.*), Doğu Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana subsp normandiana L.*), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve Servi (*Cupressus sempervirens L.*) türlerinin genel özellikleri ile sel ve taşkın koşullarına karşı dayanıklılıkları kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Tezin bundan sonraki bölümlerinde bu ağaç türlerinin Latince adları yerine Türkçe isimleri kullanılacaktır. Bu türlerin seçilme nedeni hem ekolojik dayanıklılık hem de uygulama kolaylığı açısından çeşitli avantajlar sunmalarıdır. Öncelikle, bu türlerin tamamı Türkiye'nin farklı ekolojik bölgelerinde doğal olarak yayılış göstermekte veya kültürel olarak yetiştirilmektedir. Böylece yerel iklim koşullarına ve toprak tiplerine uyum sağlamış olmaları, çalışmanın sonuçlarının sahaya uygulanabilirliğini artırmaktadır.

Ayrıca bu türler farklı yaprak tipleri, kök morfolojileri ve büyüme özellikleri sayesinde su baskını koşullarına verdikleri tepkiler açısından birbirinden farklı ekolojik stratejileri temsil etmektedir. Örneğin; akçaağaç ve çınar, hızlı büyüme yetenekleriyle dikkat çekerken, dişbudak ve kayın, kök sistemleriyle suya dayanıklılığı yüksek türlerdir. Göknar ve servi, iğne yapraklı grubu temsil ederek farklı morfolojik yapılarıyla suya doygun ortamlardaki toleransın karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır. Ceviz ise hem ekonomik değeri yüksek hem de suya orta düzeyde dayanıklılık göstermesi nedeniyle değerlendirmeye alınmıştır. Dolayısıyla bu türlerin seçimi, yalnızca bilimsel çeşitlilik sağlamak amacıyla değil, aynı zamanda ülkemizde yaygın kullanılan ve ekosistem hizmetleri açısından önemli türleri temsil etmeleri nedeniyle yapılmıştır. Bu yaklaşımla, farklı ekolojik özelliklere sahip türlerin taşkın koşullarına verdiği tepkiler karşılaştırılarak, taşkınlara dayanıklı ve sürdürülebilir orman yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

2.7.1 *Acer rubrum* L. (Kırmızı Akçaağaç)

Kırmızı akçaağaç, *Sapindaceae* familyasına ait, geniş adaptasyon yeteneği ve yüksek ekolojik toleransı ile bilinen, Kuzey Amerika kökenli ancak farklı iklim bölgelerinde kolayca yetiştirilebilen yaprak döken bir ağaç türüdür (McDermot vd., 2020).

Ortalama 20–30 metre boya ulaşabilen akçaağaç, doğal yayılışında nemli alüvyal topraklardan kurak yamaçlara kadar geniş bir ekolojik alanda bulunabilir. Adını, sonbaharda yapraklarında görülen parlak kırmızı renk değişiminden alır. Bu renklenme, yapraklarda antosiyanin birikiminin artması ile oluşur ve gün uzunluğu ile sıcaklık düşüşü gibi çevresel faktörlere toleranslı bir pigment sentez mekanizmasını yansıtır (Anderson ve Ryser, 2015). Akçaağaçlar erken tomurcuk patlaması ve hızlı yaprak gelişimi sayesinde kısa büyüme dönemlerinde fotosentez kapasitesini en üst düzeye çıkarır. Yaprakları genellikle 3–5 loplu, dişli kenarlı ve 6–10 cm uzunluğundadır. Çiçeklenme, yaprak açmadan hemen önce gerçekleşir ve bu durum tozlaşma verimliliğini artırır. Meyveleri çift kanatlı samara formundadır ve rüzgârla yayılır (Dillen vd., 2012).

Kırmızı akçaağaç odunu diffüz-porlu yapısı ile tanınır ve bu özellik mevsimsel su iletiminde dalgalanmayı azaltır. Damar çapları 50–80 µm arasında değişir ve orta düzeyde kavitasyon direnci sağlar. Özışınları geniş ve çok sıralı olup yatay madde iletiminde ve karbonhidrat depolanmasında önemli rol oynar. Mekanik olarak orta yoğunluktaki odunu hem elastikiyet hem de basınç dayanımı açısından dengelidir (Woodcock, 2022). Fotosentezde C_3 metabolizması kullanır; gölge toleransı ve tam güneş altında yüksek fotosentetik hız gösterebilmesi geniş ekolojik uyumunun temel nedenidir. Düşük ışık koşullarında klorofil-b oranı artarak ışık toplama verimliliği yükselir (Kubiske ve Pregitzer, 1996). Taşkın koşullarında kısa süreli stomatal iletkenlik azalması görülse de, su çekildikten sonra fotosentetik toparlanma hızlıdır. Antioksidan enzim aktivitesi ve prolin birikimi, oksijen eksikliğinin olumsuz etkilerini hafifletir (Anderson ve Pezeshki, 2000). Taşkın altında aerenkima dokusu gelişimi artarak köklere oksijen taşınımını kolaylaştırır ve toksik anaerobik bileşiklerin birikimini sınırlar. Ayrıca P5CS geninin aktive olmasıyla prolin üretimi artar ve böylece hücresel su dengesi korunur. Ksantofil döngüsü de ani ışık değişimlerinde fotoinhibisyon riskini azaltır (Anella ve Whitlow, 2000).

Kırmızı akçaağaç, taşkın düzlüğü ormanlarında öncü ve eşlikçi tür olarak önemli bir rol oynar. Yüksek tohum üretimi ve hızlı fide büyümesi, taşkın sonrası bozulan alanların yeniden bitkilendirilmesinde avantaj sağlar. Kök sistemi hem derin hem de yüzeysel katmanlara yayılır ve bu sayede su emilimi ve besin erişimi dengelenir

(Warren vd., 2004). Uzun süreli su baskınlarında yaprak dökümünü geciktirerek fotosentezi sürdürmesi, taşkın sonrası hızlı karbon kazanımı sağlar. Sonuç olarak Kırmızı akçaağaç; geniş ekolojik toleransı, fenolojik esnekliği, orta yoğunluktaki odun yapısı ve taşkın stresine karşı geliştirdiği morfo-fizyolojik adaptasyonları ile hem doğal ekosistemlerde hem de orman restorasyonu ve taşkın sonrası rehabilitasyon projelerinde yüksek potansiyele sahip bir türdür. Pigment bileşimi, antioksidan savunması ve osmotik düzenleme mekanizmaları, bu türün sel ve taşkın koşullarında bile büyüme ve fotosentezini sürdürmesini sağlamaktadır (Bissiwu vd., 2022). Ayrıca taşkın koşullarında Mg ve K takviyesi fotosentetik toparlanmayı hızlandırabilir; Fe/Mn birikimine orta düzeyde toleranslı olan tür, kök oksijenlenmesi desteklendiğinde yaprak klorofilini hızla yenileyebilir (Tripepi ve Mitchell, 1984). Tezin bundan sonraki bölümünde kırmızı akçağaç 'akçağaç' olarak ifade edilecektir.

2.7.2 *Juglans regia* L. (Ceviz)

Ceviz, *Juglandaceae* familyasına ait, Anadolu ve Kafkasya kökenli, yaprak döken, uzun ömürlü ve odunsu bir ağaç türüdür. Genellikle 20–25 metre boya ulaşır ve geniş, derin kök sistemi sayesinde hem kurak hem de yarı kurak iklimlerde gelişebilir. Bu güçlü kök yapısı, taşkın düzlüğü ekosistemlerinde de yaşamını sürdürebilmesini sağlar (Bergmeier vd., 2000). Değerli odunu ve besleyici meyvesi sayesinde ceviz hem ekolojik hem de ekonomik yönden önemli bir türdür. Ceviz, ilkbaharda yapraklanmadan önce çiçeklenir. Erkek çiçekler sarkık salkımlar (amentum) hâlinde, dişi çiçekler ise terminal konumda küçük gruplar hâlinde bulunur. Bu fenolojik düzen, rüzgârla tozlaşma verimliliğini (anemofili) artırır. Yaprakları bileşik ve tek tüysü yapıdadır ve genellikle 7–13 yaprakçıktan oluşur. Yaprakçıklar oval, dişli kenarlı ve 8–12 cm uzunluğundadır. Sonbaharda sarıdan kahverengiye dönen yapraklar dökülür. Meyve kabuğu kalın ve odunsu yapıda olup, içteki tohum yüksek oranda yağ, protein ve antioksidan bileşikler içerir (Rabrenovic vd., 2023).

Ceviz odunu yarı halka-porlu bir yapıya sahiptir. Erken odun kısmında geniş çaplı damarlar (~150–250 μm) bulunur, geç odun kısmında ise daha dar damarlar yer alır. Bu düzenleme ilkbaharda yüksek su iletimine, yaz sonuna doğru ise kavitasyon riskinin azalmasına olanak tanır. Özışınları geniş ve belirgindir, bu da yatay madde

taşınımında önemli bir rol oynar (Yaman, 2008). Ceviz odununda kahverengi öz odun ile açık renkli diri odun arasında belirgin bir geçiş vardır; bu renk farkı fenolik bileşik birikimi sonucu oluşur. C_3 fotosentez yoluna sahip olan ceviz, tam güneş ışığında yüksek fotosentetik hız gösterebilir, ancak genç bireyler yarı gölge koşullarına da uyum sağlayabilir (Burtin vd., 1998). Yapraklardaki klorofil-a/b oranı orta düzeydedir; yüksek ışıkta artarak fotokimyasal verimliliği optimize eder. Sıcaklık ve su stresi altında stomatal iletkenlik azalırken, taşkın koşullarında stomalar daha yavaş kapanır; bu da kısa süreli su baskınlarında fotosentezin devamını sağlar (Gauthier ve Jacobs, 2011). Taşkın stresine maruz kalan cevizlerde lentisel hipertrofisi ve adventif kök gelişimi gözlenir. Köklerde aerenkima dokusu oluşarak oksijen taşınımı kolaylaşır. P5CS geninin artan aktivitesi, prolin birikimini hızlandırır ve bu sayede hücre içi osmotik denge korunur. Aynı zamanda ksantofil döngüsü devreye girerek ani ışık değişimlerinde fotoinhibisyon riskini azaltır (Kozlowski, 1997).

Ceviz, derin kökleri sayesinde kuraklığa dayanıklı olmasının yanı sıra alüvyal topraklar ve mevsimsel taşkın alanlarında da yaşayabilir. Taşkın sırasında yüzeysel toprakta oksijen eksikliği oluştuğunda, derin kökler oksijenli tabakalardan su alımını sürdürür. Odun ve kök dokularındaki yüksek fenolik bileşik oranı, çürümeye karşı direnci artırır (Liu vd., 2022). Meyveler, taşkın sonrası karbon rezervlerinin yenilenmesinde önemli enerji kaynağıdır. Ceviz hem kurak hem de suya doygun koşullara uyum sağlayabilen nadir türlerdendir. Morfolojik yapısı, pigment ve enzim dinamikleri, osmoprotektan birikimi ve kök oksijenlenmesi gibi mekanizmalar sayesinde taşkınlara karşı yüksek tolerans gösterir (Gauthier ve Jacobs, 2011). Bu özellikleri nedeniyle ekolojik restorasyon projelerinde hem ekonomik hem ekolojik katkı sunabilecek stratejik bir tür olarak değerlendirilmektedir (Zhang ve Liu, 2008). Ayrıca derin kök yapısı sayesinde Ca ve Mg alımı yüksektir. Taşkın koşullarında üst toprakta P sabitlenmesi olduğunda, mikorizal birliktelikler P alımını destekleyerek büyüme kayıplarını sınırlar. Fe ve Mn fazlalığına orta-yüksek düzeyde toleranslı olan ceviz, kireçli topraklarda $CaCO_3$ tampon etkisiyle bu toksisiteyi azaltabilir (Galindo vd., 2022).

2.7.3 *Platanus orientalis* L. (Doğu Çınarı)

Doğu çınarı, *Platanaceae* familyasına ait, Akdeniz havzası, Anadolu, Kafkasya ve Batı Asya kökenli, uzun ömürlü, görkemli ve yaprak döken bir ağaç türüdür. Doğal ortamında 30–35 metre boya, 2–3 metreye kadar gövde çapına ulaşabilir. Geniş tepe yapısı, kalın gövdesi ve dekoratif kabuk dokusu ile dikkat çeker. Tarih boyunca özellikle şehir peyzajlarında, park ve nehir kenarı ağaçlandırmalarında tercih edilmiştir (Kamer Aksoy, 2022). Doğu çınarı, erken ilkbaharda yapraklanma ile eş zamanlı çiçeklenir. Tek evcikli bir türdür; erkek ve dişi çiçekler farklı başçıklar hâlinde yer alır. Erkek çiçekler bol polen üretirken, dişi çiçekler küresel formdadır ve tozlaşma rüzgâr aracılığıyla gerçekleşir. Yaprakları büyük (20–25 cm), derin loplu, elsi ve parlak yeşil renklidir. Sonbaharda sarıdan kahverengiye döner ve dökülür. Meyveler küresel, dikenli ve çok sayıda küçük tohum içeren başçıklar şeklinde olgunlaşır (Sevik vd., 2019). Çınar odunu halka-porlu yapıya sahiptir. İlkbahar odununda geniş çaplı damar elemanları (~200–300 µm), yaz odununda ise daha dar çaplı ve kalın çeperli hücreler bulunur. Bu yapı, ilkbaharda yüksek su iletim kapasitesi sağlarken yaz döneminde suyun verimli kullanımını destekler (Ruffinatto vd., 2023). Özışınları geniş ve belirgindir; bu sayede hem su ve besin taşınımı hem de nişasta gibi depo maddelerin depolanması etkin şekilde gerçekleşir. Diri odun açık renkli, öz odun ise koyu kahverengidir (Yaman, 2009).

Doğu çınarı, yüksek fotosentetik kapasiteye sahip C_3 metabolizması ile çalışır. Geniş yaprak yüzey alanı sayesinde tam güneş altında yüksek karbon asimilasyonu gerçekleştirir. Klorofil-a/b oranı yüksek olduğundan, açık alanlarda ışık kullanım verimliliği artar (Velikova vd., 2020). Geniş mezofil yapısı ve yüksek yaprak spesifik alanı hem yüksek fotosentez hızı hem de uzun yaprak ömrü sağlar. Taşkın koşullarında stomaların kapanma hızı orta düzeydedir, bu da kısa süreli su baskınlarında fotosentezin devamına olanak tanır (Velikova vd., 2018).

Taşkın stresinde çınar köklerinde lentisel hipertrofisi ve adventif kök oluşumu gözlenebilir. Kök kabuğu ve odun dokusunda aerenkima gelişimi sınırlı olsa da derin kök sistemi oksijen taşınımını destekler. Hipoksi koşullarında prolin ve çözünür şeker birikimi artar, bu da hücre içi osmotik dengenin korunmasını sağlar. Aynı zamanda

ksantofil döngüsünün aktifleşmesi, ani ışık değişimlerinde fotoinhibisyonu sınırlar (Kamer Aksoy, 2022). Çınar, nehir kenarı ekosistemlerinde gölgeleme, erozyon kontrolü ve habitat oluşturma açısından kritik bir türdür. Derin ve yayvan kök sistemi hem suya erişim hem de mekanik stabilite sağlar. Taşkın toleransı orta–yüksek düzeydedir; kısa süreli ve mevsimsel taşkınlara iyi uyum gösterir. Uzun süreli su baskınlarında yaprak dökümü artabilir, ancak su çekildikten sonra hızlı sürgün verme özelliği sayesinde yeniden yeşerir (Mirzakhani vd., 2024). Doğu çınarı geniş yaprak alanı, güçlü iletim sistemi, pigment dinamikleri ve osmoprotektan birikimi sayesinde taşkın alanlarında ekolojik işlevselliğini koruyabilir. Hem estetik değeri hem de ekosistem hizmetleri (gölge, karbon tutumu, toprak koruma) açısından değerli olup, restorasyon ve peyzaj projelerinde uzun ömürlü ve dayanıklı bir tür olarak öne çıkar. Geniş yaprak yüzeyi nedeniyle yüksek K talebi vardır; kısa süreli taşkınlarda K'nin korunması stoma kontrolünü destekler. Mn kofaktörlü enzimlerin etkinliği korunduğunda PSII verimi daha az azalır (Velikova vd., 2018). Tezin bundan sonraki bölümünde doğu çınarı 'çınar' olarak ifade edilecektir.

2.7.4 *Fraxinus excelsior* L. (Yaygın Dişbudak)

Yaygın dişbudak, *Oleaceae* familyasına ait, Avrupa, Batı Asya ve Kafkasya'da doğal olarak yayılış gösteren, yaprak döken ve uzun ömürlü bir ağaç türüdür. Doğal ortamında 30–40 metre boya ulaşabilen bu tür, düzgün gövdesi ve yoğun tepe yapısıyla dikkat çeker. Nehir kenarları, alüvyal düzlükler ve nemli orman açıklıkları, dişbudağın en sık görüldüğü ekosistemlerdir (Dobrowolska vd., 2011). Yaygın dişbudak, erken ilkbaharda çiçeklenir ve genellikle yapraklanmadan önce çiçek açar. Çiçekler çoğunlukla iki evciklidir ve tozlaşma rüzgâr aracılığıyla gerçekleşir. Meyveler samara tipi, tek tohumlu ve rüzgârla uzak mesafelere taşınabilen yapıdadır. Yapraklar karşılıklı dizili, bileşik yapılı olup genellikle 7–13 yaprakçıktan oluşur. Yaprakçıklar eliptik–mızraksı formda, ince dişli kenarlıdır. Sonbaharda yapraklar sarımsı kahverengiye dönerek dökülür (Clark, 2013).

Yaygın dişbudak odunu halka-porlu yapıya sahiptir. İlkbahar odununda geniş damar elemanları (250–350 μm) yer alırken, yaz odununda daha dar ve kalın çeperli hücreler hâkimdir. Bu anatomik düzenleme, ilkbaharda yüksek su iletim kapasitesi sağlarken

yaz aylarında su kullanım etkinliğini artırır (Jourdain vd., 2025). Özışınları orta genişlikte olup, depo işlevi ve yatay madde taşınımında görev alır. Odun rengi açık kremden açık kahverengiye kadar değişir; sert, elastik ve dayanıklı bir yapıya sahiptir (Metcalfe, 1938). Yaygın dişbudak, C_3 fotosentez yoluna sahip bir türdür ve tam güneş ışığında yüksek net fotosentez hızına ulaşabilir. Yaprak spesifik alanı orta düzeydedir, bu da ışık kullanımı ile yaprak dayanıklılığı arasında dengeli bir yapı sağlar. Klorofil-a/b oranı yüksektir, bu da tam ışık koşullarında enerji dönüşüm verimliliğini artırır. Taşkın koşullarında stomatal iletkenlik kontrollü bir şekilde azalır, böylece hem su kaybı sınırlanır hem de belli düzeyde CO_2 alımı devam eder (Eller vd., 2017).

Hipoksik koşullarda dişbudak köklerinde aerenkima dokusu gelişimi belirgin biçimde artar. Bu yapı, köklerden gövdeye oksijen taşınmasını kolaylaştırır. Ayrıca lentisel hipertrofisi ve adventif kök oluşumu taşkın adaptasyon mekanizmaları arasında yer alır. Prolin, çözünür şekerler ve glisin betain birikimi hücre içi osmotik dengeyi koruyarak stres koşullarında hücre stabilitesini sürdürür. Ksantofil döngüsü, ani ışık değişimlerinde fotoinhibisyonu sınırlandırarak fotosentetik aparatın korunmasına katkı sağlar (Jaeger vd., 2009). Dişbudaklar nehir kenarları ve taşkın yataklarında güçlü kök sisteminin toprağa tutunma kapasitesi sayesinde erozyon kontrolünde önemli rol oynar. Orta–yüksek taşkın toleransına sahiptir. Uzun süreli su baskınlarında fotosentez hızında azalma görülse de su çekildikten sonra hızlı yapraklanma ve büyüme kapasitesiyle toparlanma gösterir. Derin kökleri, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu alanlarda sürekli nem erişimini mümkün kılar (Dufour ve Piegay, 2008). Dişbudak, yüksek odun kalitesi, hızlı büyüme kapasitesi, fotosentetik verimliliği ve taşkın toleransı ile hem ekolojik restorasyon hem de odun üretimi açısından değerli bir türdür. Alüvyal ormanlarda biyolojik çeşitliliği desteklemesi, kök sisteminin erozyon önleyici etkisi ve taşkın sonrası hızlı toparlanma yeteneği ile öne çıkar (Dobrowolska vd., 2011). Ayrıca belirgin aerenkima oluşumu, çinko -bağımlı karbonik anhidraz ve magnezyum -bağımlı RubisCO enzimlerinin aktivitesini koruyarak karboksilasyon hızının daha hızlı toparlanmasına yardımcı olur. Fe ve Mn fazlalığına karşı yaprak düzeyinde güçlü antioksidan yanıt sergileyen bir türdür (Petrova vd., 2022). Tezin bundan sonraki bölümünde yaygın dişbudak ‘dişbudak’ ismi ile ifade edilecektir.

2.7.5 *Abies nordmanniana* subsp. *nordmanniana* L. (Doğu Karadeniz Göknarı)

Doğu Karadeniz göknarı, *Pinaceae* familyasına ait, Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesine endemik, iğne yapraklı ve uzun ömürlü bir ağaç türüdür. Doğal olarak 900–2.200 metre rakımlar arasında, nemli ve serin dağ ormanlarında yayılış gösterir. Karadeniz'in denize bakan yamaçlarında, yüksek yağış ve düşük sıcaklık dalgalanmalarıyla karakterize iklim koşullarında en iyi gelişimi gösterir (Mısır vd., 2012). Doğu Karadeniz göknarı, 50–60 metre boya ve 1,5–2 metre çapa ulaşabilen görkemli bir türdür. Gövdesi düzgün, silindirik formda; kabuğu gençlikte gri ve pürüzsüz, yaşlandıkça pullu ve çatlaklı bir yapı kazanır. İğne yaprakları 2–3 cm uzunluğunda, üst yüzü koyu yeşil ve parlak, alt yüzü ise iki beyaz stoma bandıyla belirgindir (Cregg ve Bates, 2007). Yapraklar sürgünler üzerinde tarakvari dizilim gösterir. Kozalakları dik duruşludur, 12–20 cm uzunluğunda olup olgunlaştığında açık kahverengi renge döner ve olgunlaşma sonrasında pulları dağılır (Fir vd., 2013).

Doğu Karadeniz göknarı odunu yumuşak, düzgün lifli ve açık sarımsı beyaz renktedir, bu da onu işlenmeye elverişli hale getirir. Ksilemde su taşınımı yalnızca trakeidler aracılığıyla gerçekleşir. Trakeid çapları 30–45 μm civarındadır ve çeperlerinde kenarlı çukurcuklar bulunur (Topaçoğlu ve Keleş, 2025). Özışınları dar ve tek sıralıdır, bu da iğne yapraklılar için tipik bir özelliktir. Yıllık halkalar belirgindir; erken odun geniş lümenli, geç odun ise dar lümenli ve kalın çeperlidir. Bu yapı hem mekanik dayanıklılık hem de su iletim verimliliği açısından optimal bir denge sağlar (Esteban vd., 2009). Doğu Karadeniz göknarı, yüksek gölge toleransına sahip bir türdür. Düşük ışık koşullarında bile fotosentezini sürdürebilir. Klorofil-a/b oranı gölgede düşerek ışık toplama komplekslerinin verimliliğini artırır. İğne yapraklardaki stomalar alt yüzeyde bulunur ve bu yapı yüksek nem koşullarında bile transpirasyonu dengede tutar. Fotosentez hızı yaz aylarında maksimuma ulaşırken, kış aylarında metabolik faaliyetler yavaşlar ancak tamamen durmaz (Sevik vd., 2016). Doğu Karadeniz göknarı, doğal olarak yüksek dağlık alanlarda yetiştiğinden, uzun süreli su baskınlarına karşı adaptasyonu sınırlıdır. Genç fidanlar kısa süreli yüzeysel su birikintilerine orta düzeyde dayanabilir. Ancak hipoksik koşullarda aerenkima oluşumu zayıftır, bu da kök oksijen taşınımını kısıtlar ve uzun süreli taşkınlarda kök

çürüklüğü riskini artırır. Stres altında prolin ve çözünür şeker birikimi artarak hücre içi osmotik dengenin korunması sağlanır (Thomas vd., 2005).

Doğu Karadeniz göknarı, bulunduğu ekosistemlerde toprak erozyonunu önleyici, kar örtüsünü stabilize edici ve mikroklimayı düzenleyici işlevler üstlenir. Derin kök sistemi toprağı güçlendirir ve suyun yeraltına süzülmesini kolaylaştırır. Göknar ormanları, birçok endemik bitki ve hayvan türü için önemli habitatlar oluşturur. Odunu; inşaat, kaplama, ambalaj ve mobilya sanayinde yaygın olarak kullanılır. Ayrıca estetik görünümü ve yoğun iğne yaprak örtüsü nedeniyle süs bitkisi ve yılbaşı ağacı olarak da değerlidir (Göktürk vd., 2006). Doğu Karadeniz göknarı, yüksek rakım adaptasyonu, gölge toleransı ve kaliteli odunu ile ekolojik ve ekonomik değeri yüksek bir türdür. Ancak taşkın toleransı düşüktür. Uzun süreli su baskınlarında Fe/Mn toksisitesine ve P kıtlığına karşı toleranslıdır. Ayrıca iğne yapraklarda Mg eksikliği klorozu hızla artırır. Bu nedenle göknarın yetiştirileceği alanlarda drenaj düzenlemeleri, kireçleme ve organik madde takviyesi gibi önlemler alınmalıdır (Aslam vd., 2023). Doğu Karadeniz göknarı, taşkınlara toleranslılığına rağmen nemli ve serin dağ ekosistemlerinde ekolojik dengeyi koruyan kilit türlerden biri olarak değerlendirilmektedir (Fir vd., 2013). Tezin bundan sonraki bölümünde Doğu Karadeniz göknarı ‘göknar’ olarak ifade edilecektir.

2.7.6 *Fagus orientalis* Lipsky (Doğu Kayını)

Doğu kayını, *Fagaceae* familyasına ait, geniş yapraklı ve uzun ömürlü bir orman ağacıdır. Türkiye’de özellikle Karadeniz Bölgesi ile Marmara’nın kuzey kesimlerinde geniş yayılış gösterir. Avrupa kayınından morfolojik ve fizyolojik bazı özellikleriyle ayrılır. Nemli ve serin iklim koşullarında en iyi gelişimi gösterir ve doğal olarak 300–1.800 metre rakımlar arasında bulunur (Dağtekin, 2018). Doğu kayını 35–45 metre boya, 1,5–2 metre çapa ulaşabilir; düzgün gövdesi ve geniş tepesiyle dikkat çeker. Genç gövdelerde kabuk ince, düzgün ve gri renklidir, yaşlandıkça hafif çatlaklı bir görünüm kazanır. Yaprakları 6–12 cm uzunluğunda, eliptik-oval formda, kenarları hafif dalgalı ve tüysüzdür (Christian, 2019). İlkbaharda açık yeşil renkte olan yapraklar, yazın koyu yeşile, sonbaharda ise sarımsı kahverengiye döner. Çiçekleri tek

evciklidir; erkek çiçekler sarkık küresel salkımlar halinde, dişi çiçekler ise dikenli kupula içinde gelişen tohumlara dönüşür (Kandemir ve Kaya, 2009).

Doğu kayını odunu açık sarımsı kahverengi, homojen dokulu ve yarı sert karakterdedir. İletim dokusunda hem traheler hem de trakeidler bulunur. Trahe çapı ortalama 40–80 µm olup dağınık gözenekli bir düzen sergiler. Özışınları geniş ve çok sıralıdır, bu da radyal yönde besin iletimini kolaylaştırır. Yıllık halkalar belirgindir; erken odun hücreleri geniş lümenli, geç odun hücreleri ise kalın çeperlidir. Bu yapı hem mekanik dayanıklılık hem de su iletim kapasitesi açısından denge sağlar (Pourtahmasi vd., 2011). Doğu kayını, yüksek fotosentetik kapasiteye sahip, gölge toleranslı bir türdür. Geniş yaprak yüzeyi ve yüksek klorofil-a/b oranı sayesinde düşük ışık koşullarında dahi karbon asimilasyonu yüksektir. Stomalar yaprağın alt yüzeyinde yer aldığından su kaybı sınırlıdır. Fotosentez hızı ilkbahar sonu ve yaz başında maksimum seviyeye ulaşır, yaz sonu ve sonbaharda yaşlanmayla birlikte azalır (Odorico vd., 2023).

Bu tür, derin ve iyi drene olmuş toprakları tercih eder. Dolayısıyla uzun süreli su baskınlarına düşük tolerans gösterir. Kök sistemi geniş bir şekilde yüzeye yakın yayılır ve yan kökler oluşturur. Bu yapı kısa süreli yüzeysel su birikintilerine dayanıklılık sağlar ancak kalıcı taşkın koşullarında hipoksiye toleranslıdır. Taşkın stresinde prolin, çözünür şeker ve fenolik bileşiklerin birikimi artar, bu bileşikler hücre zarını stabilize ederek oksidatif hasarı sınırlar (Packham vd., 2012). Doğu kayını, yaprak döken orman ekosistemlerinin baskın türlerinden biridir. Yoğun yaprak örtüsü, alt tabakadaki ışığı sınırlayarak gölgeye uyum sağlamış otsu türlerin gelişmesine imkân tanır. Geniş kök sistemi, toprağın su tutma kapasitesini artırır, erozyonu önler ve yaprak dökümüyle toprağa organik madde kazandırarak verimliliği yükseltir (Azadeh vd., 2025). Odunu mobilya, parke, kontrplak, kaplama ve kâğıt endüstrisinde yaygın şekilde kullanılır. Ayrıca yüksek ısıl değeri nedeniyle yakacak odun olarak da değerlidir (Topaloğlu vd., 2013). Doğu kayını, yüksek gölge toleransı, geniş yaprak yüzeyi ve karbon asimilasyon kapasitesiyle nemli orman ekosistemlerinde ekolojik dengeyi koruyan önemli bir türdür. Ancak uzun süreli taşkınlara karşı toleranslılığı, habitat seçiciliğinde belirleyici bir faktördür (Dağtekin vd., 2020). Beslenme dengesinde Ca ve bor (B) elementlerinin korunması, hücre çeperi stabilitesi için kritik önemdedir. Taşkın altında

K kaybı, stomal kontrolü zayıflatabilir. Uzamış hipoksik koşullarda Fe birikimine bağlı kloroz riski artabileceğinden, toprak pH yönetimi bu türün taşkın sahalarında yetiştirilmesinde önemli bir faktör olarak değerlendirilmelidir (Leuschner, 2020). Tezin bundan sonraki bölümünde Doğu kayını 'kayın' olarak ifade edilecektir.

2.7.7 *Cupressus sempervirens* L. (Akdeniz Servisi)

Akdeniz servisi, *Cupressaceae* familyasına ait, iğne yapraklı, her dem yeşil ve uzun ömürlü bir ağaç türüdür. Akdeniz havzasına özgü olan servi, Türkiye'de özellikle Ege ve Akdeniz bölgelerinde doğal ya da kültürel olarak yayılış gösterir. Dikey formu, uzun ömürlülüğü ve kültürel önemi nedeniyle hem ekolojik hem de estetik değeri yüksek bir türdür (Kaya ve Işık, 2002). Genellikle 20–30 metre boya, 50–100 cm çapa ulaşabilir. İnce ve sütun formunda gelişen bireylerin yanı sıra, geniş tepeli varyantları da bulunur. Genç gövde kabuğu ince ve pürüzsüz, yaşlandıkça çatlaklı ve pul pul dökülen bir yapı kazanır. Yaprakları pul şeklinde, 0,5–1 milimetre (mm) uzunluğunda, karşılıklı dizili ve dallara sıkıca yapışıktır (Caudullo ve Rigo, 2016). Yaprak rengi genellikle koyu yeşil, bazı kültivarlarında mavimsi tonlar gösterebilir. Kozalakları yuvarlak veya hafif elipsoid formda, 2–4 cm çapında, odunsu yapıda ve olgunlaştığında kahverengi renktedir (Ermeydan vd., 2011).

Akdeniz servisi odunu açık sarıdan kırmızımsı kahverengiye kadar değişen renkte olup karakteristik reçine kokusuna sahiptir. Odun dokusu homojen, ince taneli ve dayanıklıdır. Su iletimi yalnızca trakeidler aracılığıyla sağlanır; bu hücreler dar çaplı, kalın çeperli ve kenarlı çukurcuk yapısına sahiptir (Esteban vd., 2023). Özışınları ince ve tek sıralıdır. Reçine kanalları bulunmaz, ancak hücreler arası boşluklarda reçine birikimi görülebilir. Servi, her dem yeşil yaprakları sayesinde yıl boyunca fotosentez yapabilen bir türdür (Zorer vd., 2014). Küçük yaprak yüzeyi, kalın kutikula tabakası ve çukurda yer alan stomalar su kaybını en aza indirir. Bu sayede yüksek sıcaklık ve düşük nem koşullarında dahi fotosentetik aktivitesini sürdürebilir (Yousif ve Shahbaz, 2023). Klorofil-a/b oranı yüksektir, bu da yoğun güneş ışığına uyumunu güçlendirir. Servi, kuraklığa orta-yüksek düzeyde dayanıklı, ancak uzun süreli taşkın koşullarına karşı oldukça hassas bir türdür. Kök sistemi derinlere inerek suya ulaşabilir, ancak aşırı doygun topraklarda hipoksi geliştiğinde kök dokusu zarar görür. Taşkın stresinde

prolin ve çözünür şeker birikimi sınırlı kaldığı için fizyolojik dayanıklılık düşer. Genç bireyler kısa süreli su baskınlarına karşı daha toleranslıyken, olgun ağaçlarda bu tolerans bir miktar artabilir (Baldi vd., 2012).

Akdeniz ekosistemlerinde servi, erozyon kontrolü ve rüzgâr kıran olarak önemli bir ekolojik rol oynar. Derin kök sistemi toprağı sıkılaştırarak heyelan riskini azaltır. Her dem yeşil yapraklarıyla yıl boyunca karbon döngüsüne katkıda bulunur. Ayrıca mikroklima oluşturma kapasitesi sayesinde kurak bölgelerde tarımsal alanların sınır bitkisi olarak da kullanılır (Brofas vd., 2006). Odunu dayanıklı, aromatik ve böceklenmeye karşı dirençlidir. Bu nedenle mobilya, kaplama, marangozluk ve dış mekân uygulamalarında tercih edilir. Peyzaj alanlarında, özellikle mezarlık, park ve bahçelerde, dikey formu ve simgesel anlamı nedeniyle sıkça kullanılır (Weick vd., 2023). Akdeniz servisi, yüksek sıcaklık ve kuraklığa adaptasyonu, yıl boyu fotosentetik aktivitesi ve ekosistem hizmetleri ile Akdeniz ikliminin karakteristik türlerinden biridir. Ancak uzun süreli taşkın koşullarına düşük toleransı, bu türün sulak alan restorasyonu veya taşkın riski yüksek bölgelerde kullanılmasını kısıtlar (Djuma vd., 2024). Taşkın sırasında köklerde K^{+} birikimi ve Ca^{+2} sinyalizasyonu yetersiz kalabilir; bu da Fe/Mn fazlalığına karşı toleranslılığı artırır. Bu nedenle suya doygun alanlarda yükseltilmiş sırt dikimi ve toprak iyileştirme uygulamaları önerilmektedir. Akdeniz servisi, taşkın toleranslılığına rağmen kurak ve sıcak Akdeniz koşullarında ekosistem dengesini destekleyen, dayanıklı ve yüksek estetik değere sahip bir türdür (Yazel vd., 2022). Tezin bundan sonraki kısımlarında Akdeniz servisi ‘servi’ olarak ifade edilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmada; akçaağaç, ceviz, çınar, dişbudak, göknar, kayın ve servi olmak üzere toplam yedi tür kullanılmıştır. Şekil 3.1'de bu türlerin temin edildiği yer olan Zonguldak İli Gökçebey İlçesi'nin harita üzerindeki konumu sunulmuştur.



Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan türlerin temin edildiği yer olan Zonguldak İli Gökçebey İlçesi'nin harita üzerindeki konumu (Coğrafyaharita.com, 2025)

Şekil 3.1'de gösterilen Zonguldak İli Gökçebey İlçesi'nin Alaplı Mevkii'nde yer alan, 41°19'02" Kuzey ve 32°05'39" Doğu koordinatlarına sahip Gökçebey Orman Fidanlık Şefliği'nden türlere erişilmiştir. 1984 yılında kurulan fidanlık, 701 dekar büyüklüğünde bir alana sahiptir ve rakımı 61 metredir. Fidanlıkta ağırlıklı olarak geniş yapraklı orman ağaç türleri yetiştirilmekte, bunun yanı sıra iğne yapraklı türlerin üretimi de gerçekleştirilmektedir.

Göknar tohumları; Çaykara Orman İşletme Şefliği (OİŞ)'nden (Sürmene Orman İşletme Müdürlüğü (OİM)), ceviz tohumları; Ereğli OİŞ'nden (Ereğli OİM), çınar

tohumları; Çaycuma OİŞ'nden (Zonguldak OİM), servi tohumları; Sarıgöl OİŞ'nden (Devrek OİM), kayın tohumları; Sarıgöl OİŞ'nden (Devrek OİM), akçaağaç tohumları; Çaylıoğlu OİŞ'nden (Ereğli OİM) ve dişbudak tohumları; Çaycuma OİŞ'nden (Zonguldak OİM) 2021 yılı Eylül–Ekim ayları içerisinde, tohum meşcerelerinden toplanarak Gökçebey Orman Fidanlık Şefliği'ne getirilmiştir.

Tohumlar, fidanlığa getirildikten sonra kuru bir bezin üzerine serilerek güneş altında kurutulmuştur. Kuruyan tohumlar, türlerine göre ayrı ayrı çuvallanmış ve ekim işlemine kadar serin, rutubetsiz ve rüzgârsız hangarlarda muhafaza edilmiştir. Kasım ayında, tohumlar türlerine göre ayrı olacak şekilde toprakla doldurulmuş çok yıllık fidan fide poşetlerine (UV filtreli, körüklü, 15 × 35 cm, 3 kg) ekilmiştir. Ekim işleminin ardından tüpler, dış ortamda bulunan repikaj yastıklarına yerleştirilmiştir.

3.2 Çalışma Alanı

Çalışma kapsamında naylon sera içerisinde uygulamalar yapılmıştır. Şekil 3.2'de naylon sera işleminin yürütüldüğü Kastamonu ili Taşköprü ilçesinin konumu sunulmuştur.



Şekil 3.2 Kastamonu ili Taşköprü ilçesinin konumu (Coğrafyaharita.com, 2025)

Şekil 3.2’de görülen Kastamonu ili Taşköprü ilçesinin Çördük Köyü’nde bulunan naylon sera içerisinde uygulama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Seranın koordinatları 41°33'09" Kuzey ve 34°14'34" Doğu şeklindedir.

2022 yılı Temmuz ayında fidan temini yapıldıktan sonra, fidanlar Kastamonu İli Taşköprü İlçesi’nde bulunan seraya getirilmiştir. Dış koşullardan etkilenmemeleri için fidanlar, çalışma başlangıcına kadar sera içerisinde muhafaza edilmiştir. Taşıma sırasında fiziksel hasar gören, kuruyan veya hastalıklı olduğu düşünülen fidanlar çalışmaya dâhil edilmemiştir. Aynı şekilde sera içinde bekleme sürecinde kuruyan fidanlar da selekte edilerek çalışma dışında bırakılmıştır. Adaptasyonun başarılı olabilmesi için fidanlar, çalışma dönemine kadar sera içinde tutulmuştur. Çalışmanın başlangıç tarihi olan Eylül ayına kadar fidanların sulama rejimleri kontrollü bir şekilde sürdürülmüştür. Temin edilen fidanların yaşları arasında herhangi bir fark bulunmamaktadır.

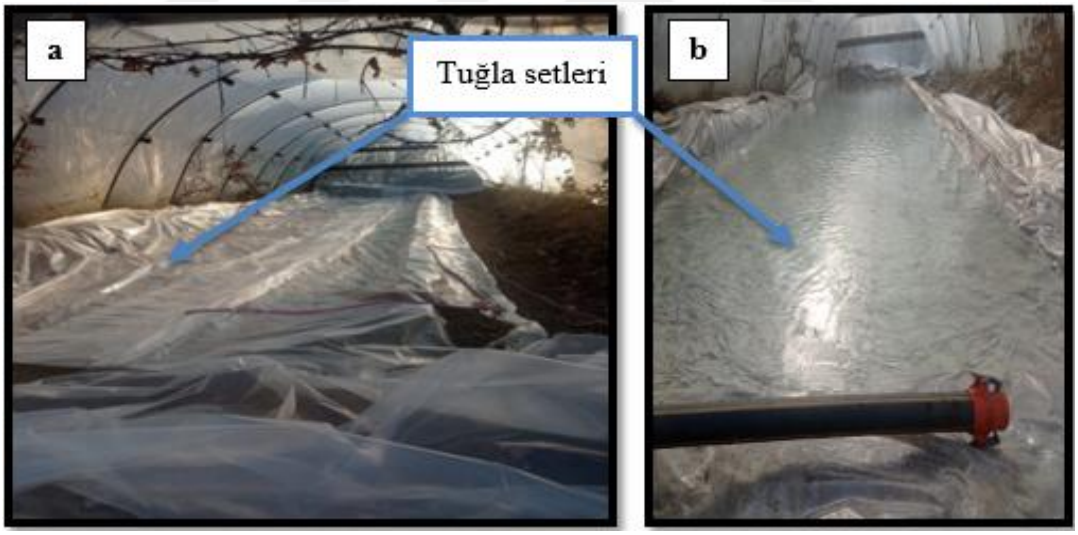
3.3 Yapay Havuz Sisteminin Tasarımı

Çalışmada analizlere geçilmeden önce gerekli önlemlerin alınabilmesi için yapay havuz sistemi tasarlanmıştır. Şekil 3.3’de sistemin oluşturulma aşamaları sırasıyla gösterilmiştir.



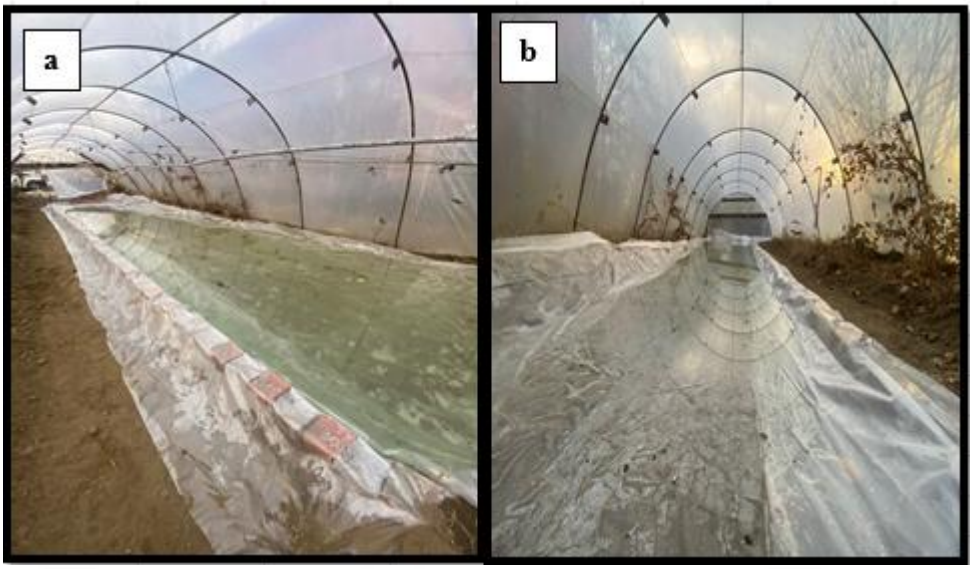
Şekil 3.3 Yapay havuz sisteminin oluşturulmasına yönelik uygulanan işlemler

Şekil 3.3, çalışmanın gerçekleştirildiği seranın demir omurgalı, naylon kaplı bir yapıdan oluştuğunu ve 50 m x 20 m ölçülerine sahip olduğunu göstermektedir. Çalışmaya başlanmadan önce 2022 yılı Temmuz ayında sera içerisinde bulunan yabani otlar temizlenmiş, seranın tabanı düzeltilmiş ve sera naylonu üzerindeki yırtık, delik gibi fiziksel kusurlar giderilmiştir (Şekil 3.3a). Havuz zemininin düzgün olması için traktör yardımıyla zemin silindirlenmiş, yüzeyde bulunan iri taşlar ve bitki kökleri temizlenmiştir (Şekil 3.3b). Seranın ön ve arka giriş kısımları kapatılarak rüzgâr sirkülasyonu engellenmiştir. Ayrıca seranın dış yüzeyinde gölgelik oluşturan ağaç dalları kesilerek ışığın seranın her noktasına eşit ulaşması sağlanmıştır. Düzenlenen sera zeminine 10 x 10 m boyutlarında bir havuz yapılabilmesi için kenar kısımlarda 19 x 19 x 13,5 cm ölçülerinde tuğlalar kullanılmıştır (Şekil 3.3c). Tuğlalar, hassas su terazisi yardımıyla dikkatlice hizalanarak dengelenmiştir (Şekil 3.3d). Şekil 3.4'de sera naylonunun sera zeminine serilme ve yapay havuzun suyla doldurulma aşamasına ilişkin uygulama görseli sunulmuştur.



Şekil 3.4 Sera naylonunun sera zeminine serilme ve yapay havuzun suyla doldurulma aşamasına ilişkin uygulama görseli

Şekil 3.4, önce havuz zemininin hazırlandığını ve su tutmayı sağlayan tuğla setlerinin oluşturulduğunu göstermektedir (Şekil 3.4a). Daha sonra 25 x 25 m ölçülerindeki sera naylonu ikiye katlanarak sera zeminine serilmiştir (Şekil 3.4b). Şekil 3.5'de çalışmada oluşturulan yapay havuzun suyla doldurulması ve su birikimi ile taşma durumlarının kontrolüne ait görsel sunulmuştur.

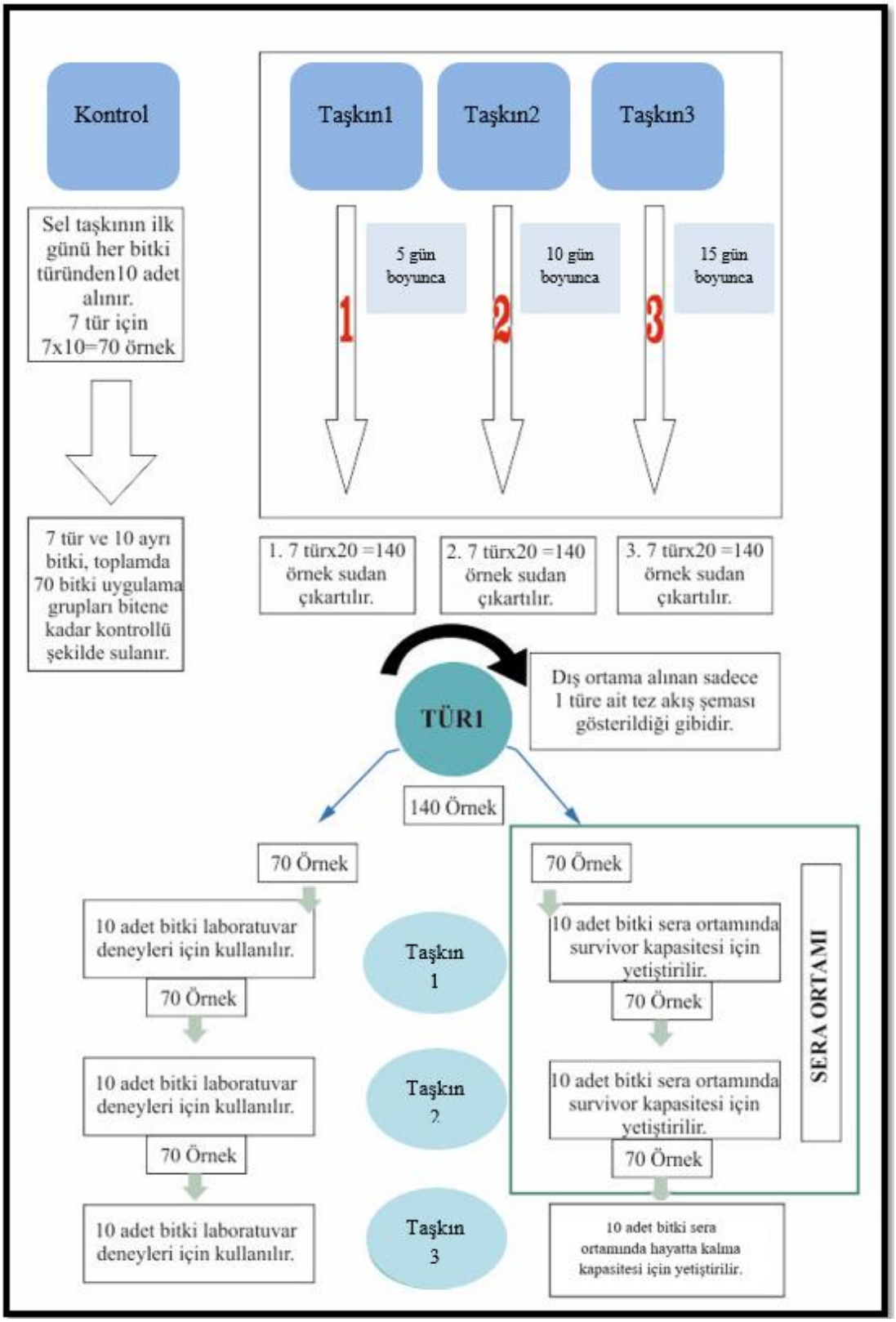


Şekil 3.5 Çalışmada oluşturulan yapay havuzun suyla doldurulması ve su birikimi ile taşma durumlarının kontrolü

Şekil 3.5, çalışmaya başlamadan önce yapay havuzun suyla doldurulduğunu; zemindeki naylonda imalat hatası bulunmadığının ve tuğla setlerinde su sızıntısı olmadığının kontrol edilerek doğrulandığını göstermektedir. Ayrıca havuz içerisinde suyun her noktada eşit birikmesini sağlamak için gerekli tesviye işlemleri yapılmıştır (Şekil 3.5a). Bu hazırlıkların ardından suya daldırma deneyleri gerçekleştirilmiş ve işlem sırasında yapay havuzla ilgili herhangi bir problem yaşanmamıştır (Şekil 3.5b).

3.4 Çalışmanın Dizaynı

Şekil 3.6'da çalışmada kontrollü koşullarda farklı sürelerde yapay taşkın simülasyonu uygulamak amacıyla yapılan işlem basamakları sunulmuştur.



Şekil 3.6 Sel taşkını uygulama basamakları

Şekil 3.6, deney kapsamında toplam 7 bitki türünün kullanıldığını ve her türden 10'ar adet fidanın alınarak kontrol ve taşkın uygulama gruplarına ayrıldığını göstermektedir. Taşkın1 (5 gün), taşkın2 (10 gün) ve taşkın3 (15 gün) olmak üzere üç farklı taşkın süresi belirlenmiş ve bu süreler suya daldırma şeklinde uygulanmıştır. Her taşkın süresinin sonunda her türden 20 örnek (toplamda 140 örnek) sudan çıkarılmıştır. Elde edilen örneklerin yarısı (70 adet) laboratuvar analizlerinde morfolojik, fiziksel ve kimyasal ölçümler için; diğer yarısı (70 adet) ise sera ortamında hayatta kalma kapasitesinin belirlenmesi amacıyla yetiştirilmiştir. Tablo 3.1'de çalışmanın deneysel uygulama dizaynı verilmiştir.

Tablo 3.1 Çalışmanın deneysel uygulama dizaynı

Uygulama Süresi	**Uygulama Grubu**	**Fidan Türü (Her biri 20 adet)**	**Toplam Fidan Sayısı (Adet)**
6 Aylık	Kontrol, 5 Gün, 10 Gün, 15 Gün Suya Daldırma	Akçağaç, ceviz, çınar dişbudak, göknar, kayın, servi	560
12 Aylık	Kontrol, 5 Gün, 10 Gün, 15 Gün Suya Daldırma	Akçağaç, ceviz, çınar dişbudak, göknar, kayın, servi	560
18 Aylık	Kontrol, 5 Gün, 10 Gün, 15 Gün Suya Daldırma	Akçağaç, ceviz, çınar dişbudak, göknar, kayın, servi	560
Toplam			**1680**

Tablo 3.1, çalışmada akçaağaç, ceviz, çınar, dişbudak, göknar, kayın ve servi olmak üzere toplam yedi türün kullanıldığını göstermektedir. Kullanılan fidanlardan göknardışındaki türler Zonguldak orijinlidir ve türler arasında yaş farkı bulunmamaktadır. Elde edilen fidanlar 6 aylık, 12 aylık ve 18 aylık olacak şekilde rastgele gruplara ayrılmıştır. Her yaş grubundaki fidanlar yine rastgele olarak kontrol, 5 günlük suya daldırma, 10 günlük suya daldırma ve 15 günlük suya daldırma olmak üzere dört uygulama grubuna ayrılmıştır. Her bir suya daldırma periyodunda 20 fidan yer almıştır. Her gruptaki 20 fidandan 10 tanesi morfolojik, fiziksel ve kimyasal analizlerde kullanılmış; kalan 10 fidan ise hayatta kalma kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla ayrılmıştır. Toplamda 7 tür, 3 farklı yaş grubu ve 4 uygulama periyodu için 1680 adet fidan kullanılmıştır. Bu çalışmada yapay havuz sistemi kullanılarak oluşturulan sel taşkını projeksiyonu kapsamında; farklı yaş, süre ve türlerdeki ağaç

fidanlarının taşkın stresi altında geçirdikleri morfolojik, fiziksel ve kimyasal değişimlerin yanı sıra hayatta kalma kapasitelerinin araştırılması da amaçlanmıştır. Şekil 3.7'de sel taşkınına maruz bırakılan fidanların yapay havuz ortamındaki genel görünümleri sunulmuştur.



Şekil 3.7 Sel taşkınına maruz bırakılan fidanların yapay havuz ortamındaki genel görünümleri

Şekil 3.7, temin edilen fidanların uygulamalara başlanmadan önce sera ortamında bekletildiğini ve bu süreçte sağlıklı bireylerin rastgele seçilerek su dolu yapay havuz sistemine yerleştirildiğini göstermektedir. Havuzdaki su seviyesi fidanların kök boğazına kadar gelecek şekilde ayarlanmış, suyun bu seviyenin altına düşmemesine özen gösterilmiştir. Bu amaçla gün aşırı su takviyesi yapılarak su seviyesi sabit tutulmuştur.

Kontrol grubundaki fidanlar, sel taşkını uygulamasına maruz bırakılmamış; yapay havuzla aynı sera ortamında, havuzun kenarında yerleştirilmiş ve sulama rejimleri kontrollü biçimde sürdürülmüştür. Yapay havuza ilk daldırmaların yapılmasının ardından, kontrol grubundaki 10 fidanın morfolojik ölçümleri gerçekleştirilmiş, kimyasal analizlerde kullanılacak örnekler hazırlanarak +4°C'de muhafaza edilmiştir. Uygulama basamaklarının detayları, morfolojik ve kimyasal ölçümler bölümlerinde açıklanmıştır.

Sel taşkını uygulamaları 6 aylık fidanlarda 20 Kasım 2022–5 Aralık 2022 tarihleri arasında, 12 aylık fidanlarda 2 Nisan 2023–17 Nisan 2023 tarihleri arasında ve 18 aylık fidanlarda 2 Eylül 2023–17 Eylül 2023 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu

uygulamalar sonucunda farklı yaş gruplarındaki fidanların taşkın koşullarına verdikleri tepkiler gözlemlenmiş ve ölçümler için gerekli veriler toplanmıştır.

3.5 Morfolojik Ölçümler

Taşkın uygulamaları sonrasında fidanlarda morfolojik değişimleri saptamak amacıyla kök boğaz çapı (KBÇ), mortalite, fidan boyu, kök ve gövde biyokütle ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.8'de dişbudak fidanlarının KBÇ ölçüm uygulamasına ilişkin görsel sunulmuştur.



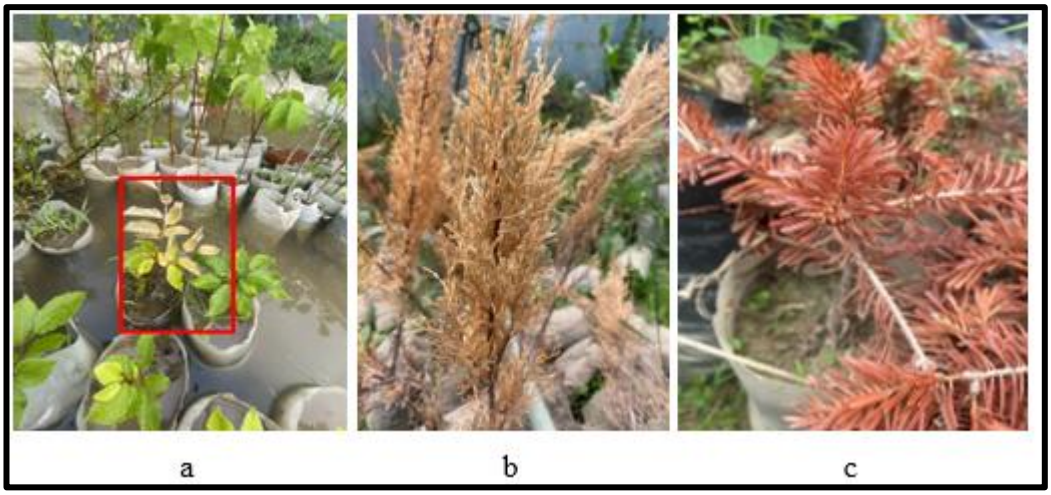
Şekil 3.8 Dişbudak fidanlarının KBÇ ölçümleri

KBÇ'nın bitkinin kök ile gövdesinin birleşim noktasından dijital kumpas kullanılarak 0,1 mm hassasiyetle ölçülerek kayıt edilmiştir (Şekil 3.8). Her tür için 10 bitkiden elde edilen ölçümlerin ortalaması alınmış ve sonuçlar mm cinsinden kaydedilmiştir. Şekil 3.9'da Kayın fidanlarının boy ölçüm uygulamasına ilişkin görsel sunulmuştur.



Şekil 3.9 Kayın fidanlarının boy ölçümü

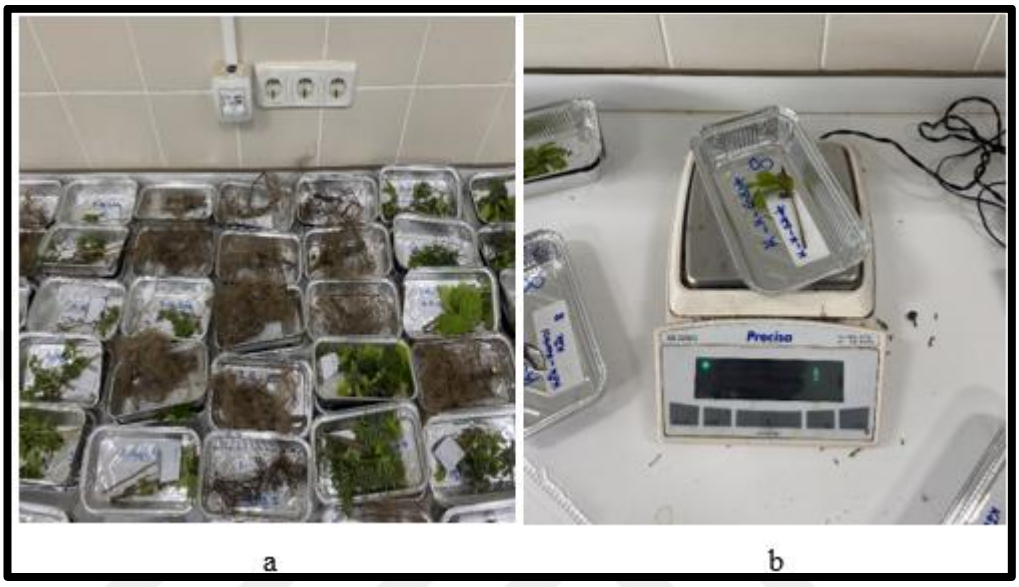
Fidan boyu; bitkinin en uç kısmındaki terminal sürgünden kök boğazına kadar olan uzunluk olarak ve 0,1 cm hassasiyetleölçülerek kayıt edilmiştir (Şekil 3.9). Her tür için 10 bitkinin ortalaması alınarak, sonuçlar mm cinsinden kaydedilmiştir. Şekil 3.10'da çalışmada kullanılan yedi türden üçüne ait örnekler [kayın (a), servi (b) ve göknar (c)] için taşkın uygulaması sonrasında gözlenen mortalite durumlarını gösteren görseller sunulmuştur.



Şekil 3.10 Kayın, servi ve göknar türlerine ilişkin ölü fidan örnekleri

Mortalite, her türdeki ölü fidan sayısının adet cinsinden belirlenmesiyle hesaplanmıştır. Şekil 3.10, taşkın sonrasında tüm yaprakları sararan (a), dökülen veya siyahlaşan; yeni sürgün oluşturmayan (b); mevcut sürgünleri büzüşen, kök boğazı ve gövde dokusunda siyahlaşma ya da çürüme belirtileri gösteren (c) fidanların

canlılıklarını kaybettikleri kabul edilerek ölü olarak değerlendirildiğini göstermektedir. Şekil 3.11'de akçaağaç fidanlarının kök kısımlarının gruplandırılmış haline ve kayın fidanlarının gövde kısımlarının tartılma işlemine ilişkin örnek görsel sunulmuştur.



Şekil 3.11 Akçaağaç fidanlarının kök kısımlarının gruplandırılmış hali ve kayın fidanlarının gövde kısımlarının tartılma işlemi

Kök biyokütlesi belirlenirken, fidanların kökleri kök boğazlarından kesilerek alınmış ve hassas terazide tartılmıştır. Her tür için 10 fidanın ortalama değeri alınarak, sonuçlar gram (g) cinsinden hesaplanmıştır. Benzer şekilde gövde biyokütlesi ölçümünde de fidanların gövdeleri kök boğazlarından kesilmiş, tartılarak g cinsinden kaydedilmiştir. Şekil 3.11'de çalışmada kullanılan fidanlara ait iki farklı aşama gösterilmektedir. Görselin (a) kısmında akçaağaç fidanlarının kök kısımlarının gruplandırılmış hali, (b) kısmında ise kayın fidanlarının gövde kısımlarının hassas terazide tartılma işlemi görülmektedir.

3.6 Kimyasal Ölçümler

Fidanlardaki kimyasal özelliklerin belirlenmesi için yaprak örnekleri yaş olarak, gövde ve kök örnekleri ise kurutularak kullanılmıştır. Tüm örnekler kimyasal analizler yapılana kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenecek kimyasal özellikler arasında fotosentetik pigment içerikleri, prolin miktarı ve toplam

çözünür şeker miktarları yer almaktadır. Fizyolojik parametrelerin ölçümünde kullanılan yöntemler bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.6.1 Klorofil ve Karotenoid Miktarının Belirlenmesi

Şekil 3.12'de klorofil ve karotenoid miktarlarının belirlenmesi amacıyla yapılan ekstraksiyon işleminde, farklı türlere ait taze yaprak dokularının etanol çözeltisi içerisindeki görünümleri sunulmuştur.



Şekil 3.12 Taze yaprak dokularının etanol çözeltisi içerisindeki halleri

Şekil 3.12, farklı türlere ait yaprak örneklerinin klorofil ve karotenoid analizine hazırlanmak amacıyla etanol çözeltisi içinde ekstrakte edildiğini göstermektedir. Klorofil miktarının belirlenmesi için 500 mg taze yaprak dokusu, 10 ml %80'lik (4°C'de soğutulmuş) etanol çözeltisinde ezilmiştir. Elde edilen örnekler 4.500 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Oluşan süpernatant (üst faz), spektrofotometrede 450; 645 ve 663 nm dalga boylarında üç tekrarlı olarak ölçülmüştür. Toplam klorofil miktarı, Arnon denklemi (Arnon, 1949) kullanılarak, karotenoid miktarı ise Jaspars formülüne (Witham vd., 1971) göre hesaplanmıştır. Tablo 3.2'de verilen formüller klorofil miktarının hesaplanmasında kullanılmıştır.

Tablo 3.2 Klorofil miktarının hesaplanmasında kullanılan formüller

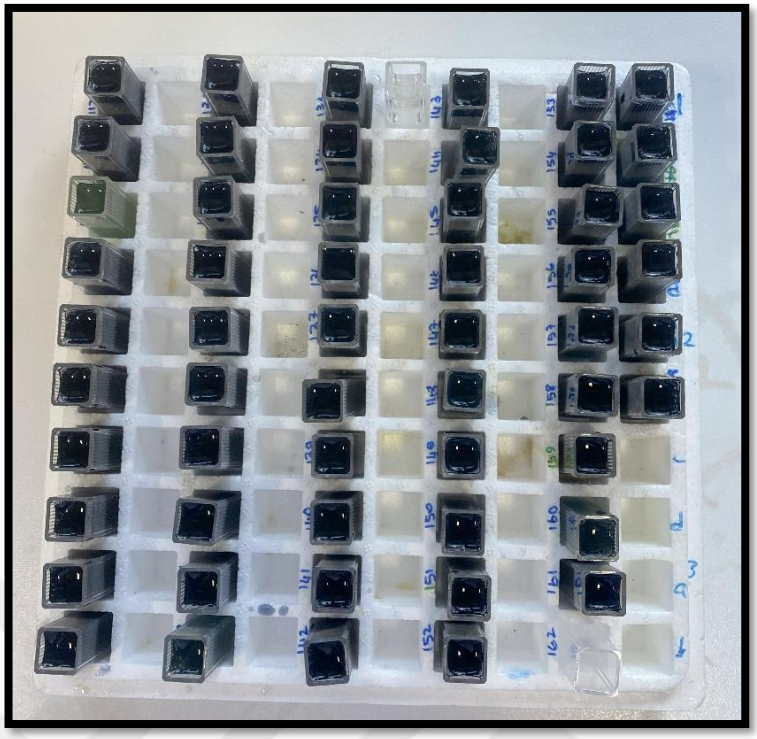
Parametre	Formül
Klorofil a (mg/g)	$(12{,}7 \times A_{663}) - (2{,}69 \times A_{645}) \times (V / 1000 \times W)$
Klorofil b (mg/g)	$(22{,}9 \times A_{645}) - (4{,}68 \times A_{663}) \times (V / 1000 \times W)$
Toplam Klorofil (mg/g)	$(20{,}2 \times A_{645}) + (8{,}02 \times A_{663}) \times (V / 1000 \times W)$
Toplam Karotenoid (mg/g)	$(4{,}07 \times D_{450}) - (0{,}0435 \times$ Klorofil a $+ 0{,}367 \times$ Klorofil b$)$

TA: Taze ağırlık; V: Ekstraktın toplam hacmi (ml); W: Kullanılan yaprak örneğinin taze ağırlığını (mg), A: Spektrofotometrede ölçülen absorbans değerlerini temsil etmektedir.

Tablo 3.2'de verilen formüller, yaprak örneklerinde bulunan klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarlarının spektrofotometrik ölçümler yoluyla hesaplanmasında kullanılan temel denklemleri göstermektedir. Bu formüller sayesinde bitkilerin fotosentetik pigment içerikleri nicel olarak değerlendirilmiştir.

3.6.2 Toplam Fenolik Bileşik Miktarının Belirlenmesi

Toplam fenolik miktarının belirlenmesinde Folin-Ciocalteu reaktifi, 0,5 g Na_2CO_3 + 50 mL saf su çözeltisi ve 0,0017 g gallik asit (1×10^{-4} M) kullanılmıştır. Fenolik bileşiklerin tayini, Singleton vd. (1999) yöntemi takip edilerek gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 1.000 mg taze örnek %96'lık etanolde homojenize edilmiştir. Örnekler 50 mL'lik falkon tüplerine alınmış ve üzerine 15 mL etanol eklenmiştir. Tüpler oda sıcaklığında 6 saat boyunca çalkalayıcıda sürekli karıştırılarak bekletilmiştir. Elde edilen bu çözeltiler, toplam fenolik bileşik tayininde kullanılmıştır. Şekil 3.12'de toplam fenolik bileşik tayini için hazırlanan örneklerin küvetlenmiş hâli sunulmuştur.



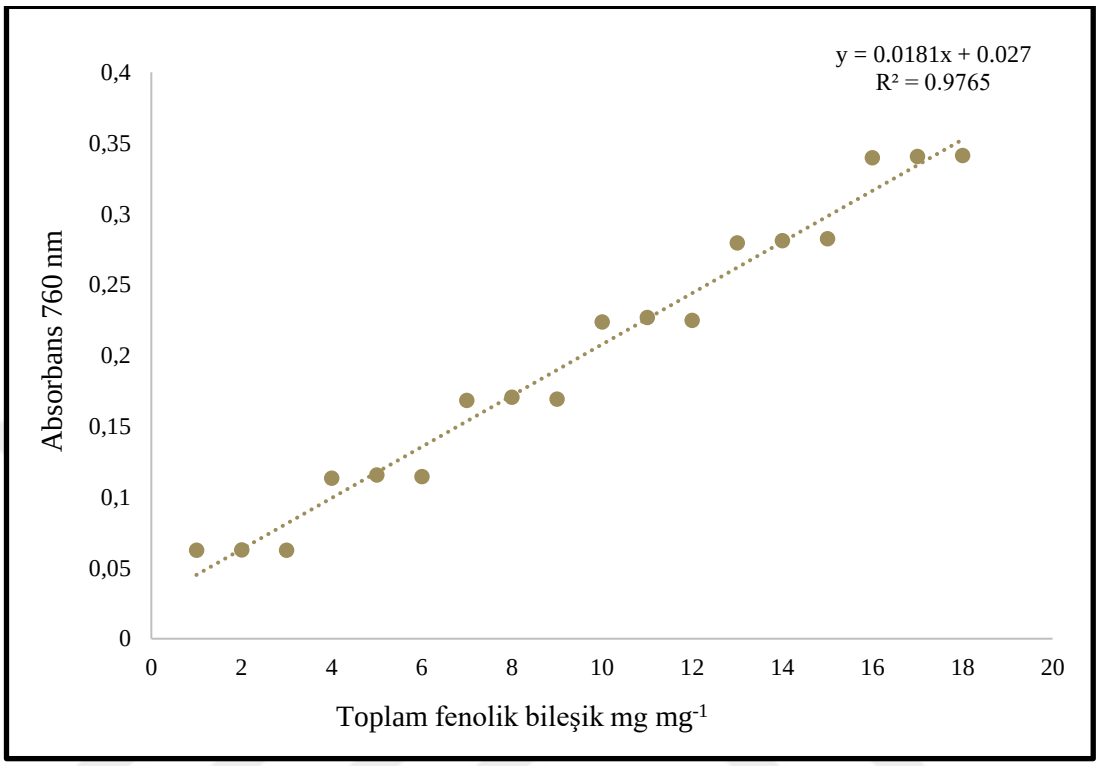
Şekil 3.13 Toplam fenolik bileşik tayini için hazırlanan örneklerin küvetlenmiş hali

Şekil 3.12, bu aşamada reaksiyon karışımının 4.500 µl saf su, 100 µl Folin-Ciocalteu, 300 µl Na_2CO_3 (ilk iki kimyasaldan 3 dakika sonra eklenmiştir) ve 100 µl örnek kullanılarak hazırlandığını göstermektedir. Her bir tüp yaklaşık 10 saniye vortekslendikten sonra karanlık ortamda 2 saat süreyle bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda örneklerin 760 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. Elde edilen toplam fenolik bileşik miktarları, gallik asit standart eğrisinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

Toplam fenolik bileşik standartlarının hazırlanmasında 0,0017 g gallik asit (1×10^{-4} M), 50 mL etanol içerisinde çözündürülerek standart stok çözelti hazırlanmıştır. Bu stok çözeltiden 10 mL'lik cam tüplere sırasıyla 10; 50; 100; 150 ve 200 µL alınmıştır. Her bir standart için reaksiyon karışımı şu şekilde hazırlanmıştır;

- 10 µL gallik asit + 4.490 µL saf su + 100 µL Folin-Ciocalteu + 300 µL Na_2CO_3
- 50 µL gallik asit + 4.450 µL saf su + 100 µL Folin-Ciocalteu + 300 µL Na_2CO_3
- 100 µL gallik asit + 4.400 µL saf su + 100 µL Folin-Ciocalteu + 300 µL Na_2CO_3
- 150 µL gallik asit + 4.350 µL saf su + 100 µL Folin-Ciocalteu + 300 µL Na_2CO_3
- 200 µL gallik asit + 4.300 µL saf su + 100 µL Folin-Ciocalteu + 300 µL Na_2CO_3

Hazırlanan bu standart çözeltiler, gallik asit standart eğrisinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Şekil 3.13'de toplam fenolik bileşik standart grafiği sunulmuştur.



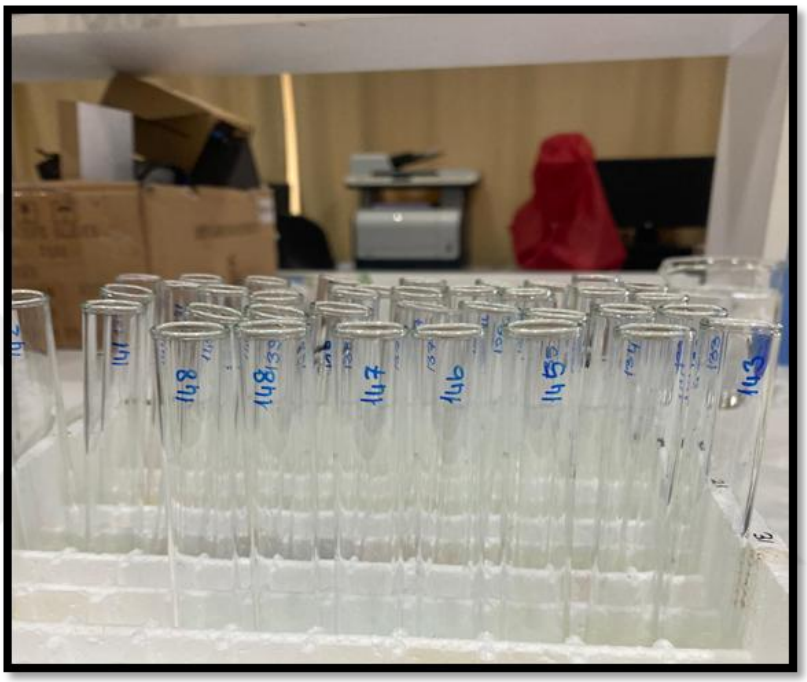
Şekil 3.14 Toplam fenolik bileşik standart grafiği

Şekil 3.14, standart çözeltilerin örneklerle aynı şekilde karanlık ortamda ve oda sıcaklığında 2 saat bekletildiğini, ardından 760 nm dalga boyunda absorbans değerlerinin ölçüldüğünü göstermektedir. Elde edilen absorbans verilerinden bir grafik oluşturularak denklem elde edilmiştir. Örneklerin absorbans değerleri bu denklemde yerine konularak, toplam fenolik bileşik miktarları hesaplanmıştır.

3.6.3 Prolin Miktarının Belirlenmesi

Prolin miktarının belirlenmesinde sülfosalisilik asit çözeltisi hazırlanmıştır. Bunun için 3 g sülfosalisilik asit tartılarak 100 ml saf suda çözülmüştür. Asidik ninhidrin reaktifi hazırlanırken 1,25 g ninhidrin 30 ml glasiyel asetik asit içinde eritilmiş ve üzerine 20 ml 6 M fosforik asit eklenmiştir. Ortofosforik asit çözeltisi için uzun boyunlu balon jojeye önce 200 ml saf su konulmuş, ardından 405,5 ml fosforik asit ve 394,5 ml saf su eklenerek son hacim 1.000 ml'ye tamamlanmıştır. Prolin analizinde Bates vd. (1973) yöntemine göre 500 mg kuru örnek 5 ml %3'lük sülfosalisilik asit

çözeltisi ile havanda ezilmiştir. Elde edilen karışım filtre kâğıdından süzülerek 15 ml'lik tüplere alınmıştır. Daha sonra havan 5 ml %3'lük sülfosalisilik asit ile yıkanmış, kalıntılar süzülerek aynı tüplere eklenmiştir. Son hacim sülfosalisilik asit ile 10 ml'ye tamamlanmış ve her bir örnek 10 saniye vortekslendikten sonra 10 ml cam tüplere süzülmüştür. Şekil 3.15'de prolin analizi için örneklerin hazırlanma aşaması sunulmuştur.



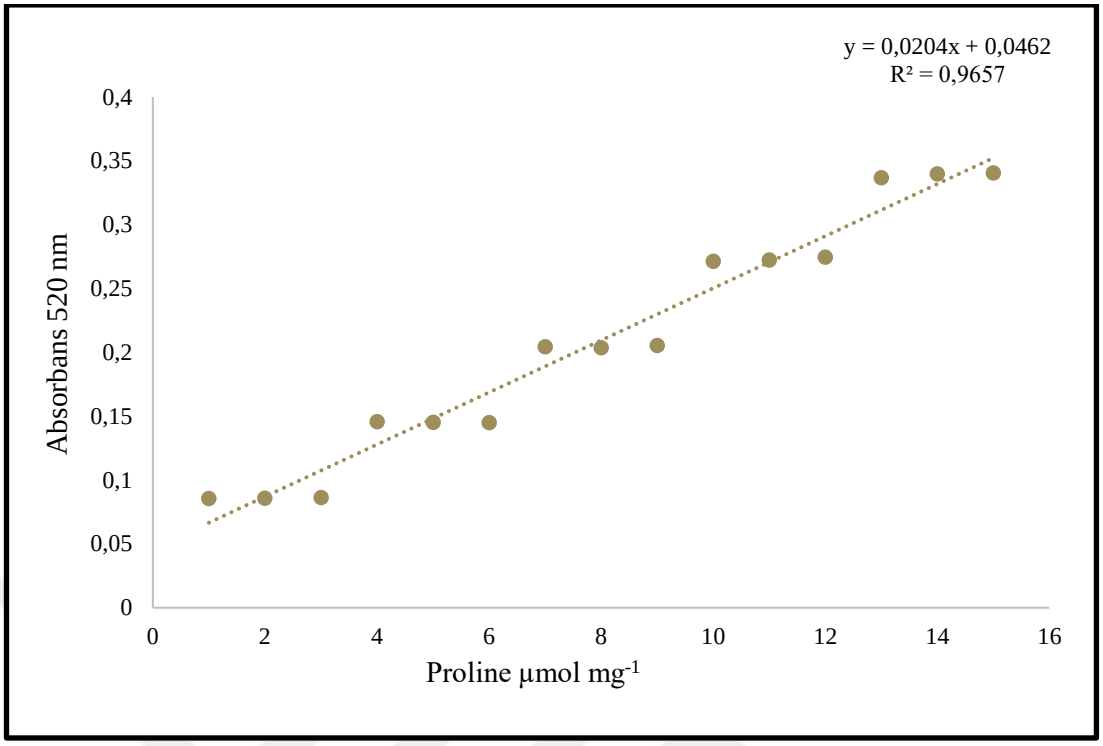
Şekil 3.15 Prolin analizi için örneklerin hazırlanma aşamaları

Şekil 3.15, prolin analizi için örneklerin süzülerek cam tüplere aktarıldığını ve analiz öncesinde homojen bir şekilde hazırlandığını göstermektedir. Daha sonra 20 ml'lik cam tüplere sırasıyla 2 ml asidik ninhidrin, 2 ml örnek ve 2 ml glasiyel asetik asit eklenmiştir. Örneklerin ağzı parafilm ile kapatılmış ve hava alışverişini dengelemek amacıyla üzerleri iğne ile delinmiştir. Şekil 3.16'da örneklerin sıcak su banyosunda bekletilme işlemi sunulmuştur.



Şekil 3.16 Örneklerin sıcak su banyosunda bekletilme işlemi

Şekil 3.16 hazırlanan örneklerin sıcak su banyosunda belirli bir sıcaklıkta tepkimeye girmesi için bekletildiğini göstermektedir. Bu örnekler 90–100 °C sıcaklıkta 1 saat kaynatılmış, ardından buzlu ortamda oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Soğuyan örneklerin üzerine bir gece önceden dolapta soğutulmuş ya da deneyden 1 saat önce buzlu ortamda bekletilerek soğutulmuş 3 ml tolüen eklenmiştir. Toluen ilavesiyle oluşan üst fazdan alınan örnekler kuvars küvetlere aktarılmış ve 520 nm'de absorbans değerleri kaydedilmiştir. Kontrol olarak yalnızca tolüen kullanılmıştır. Örneklerdeki prolin miktarı, L-Prolinden hazırlanan standart grafiğinden elde edilen denklem yardımıyla hesaplanmıştır. Şekil 3.17'de prolin standartlarının hazırlanması ve elde edilen absorbans değerlerinden oluşturulan standart grafiği sunulmuştur.



Şekil 3.17 Prolin standart grafiği

Şekil 3.17 prolin standartlarının hazırlanmasında 0,025 g L-prolinin tartıldığını ve üzerine 250 ml %1'lik sülfosalisilik asit eklendiğini göstermektedir. Bu çözelti prolin stok çözeltisi olarak kullanılmıştır. Stok çözeltiden 1; 2; 4; 8; 12; 16 ve 20 ml alınarak seyreltme serisi hazırlanmıştır. Her standart çözeltiden cam tüplere 2 ml alınmış, üzerine 2 ml asidik ninhidrin ve 2 ml glasiyel asetik asit eklenmiştir. Karışımlar 90-100 °C'de 1 saat kaynatılmış, ardından buzlu ortamda oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Soğuyan örneklere önceden soğutulmuş 3 ml tolüen eklenmiş ve oluşan üst fazdan alınan kısım kuvars küvetlere aktarılmıştır. 520 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Elde edilen absorbans değerlerinden prolin standart grafiği oluşturulmuş, bu grafikten elde edilen denklem yardımıyla yaprak, gövde ve köklerdeki prolin içeriği belirlenmiştir. Denklem 1'deki formül ile prolin miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{Prolin } (\mu\text{mol/g}) = \frac{\mu\text{g prolin (denklemden elde edilen) X tolüen (mL)}}{115{,}5 \text{ x örnek ağırlığı/5}} \qquad (3.1)$$

Denklem 3.1'deki "µg prolin"; standart grafikten elde edilen prolin miktarını, "Toluen (mL)"; ölçümde kullanılan tolüen hacmini, "115,5"; prolinin moleküler ağırlığını

(g/mol), “örnek ağırlığı”; analizde kullanılan bitki örneğinin gram cinsinden ağırlığını ve “/5”; seyreltme katsayısını ifade etmektedir.

3.6.4 Anthron Yöntemi ile Glukoz ve Sukroz Tayini

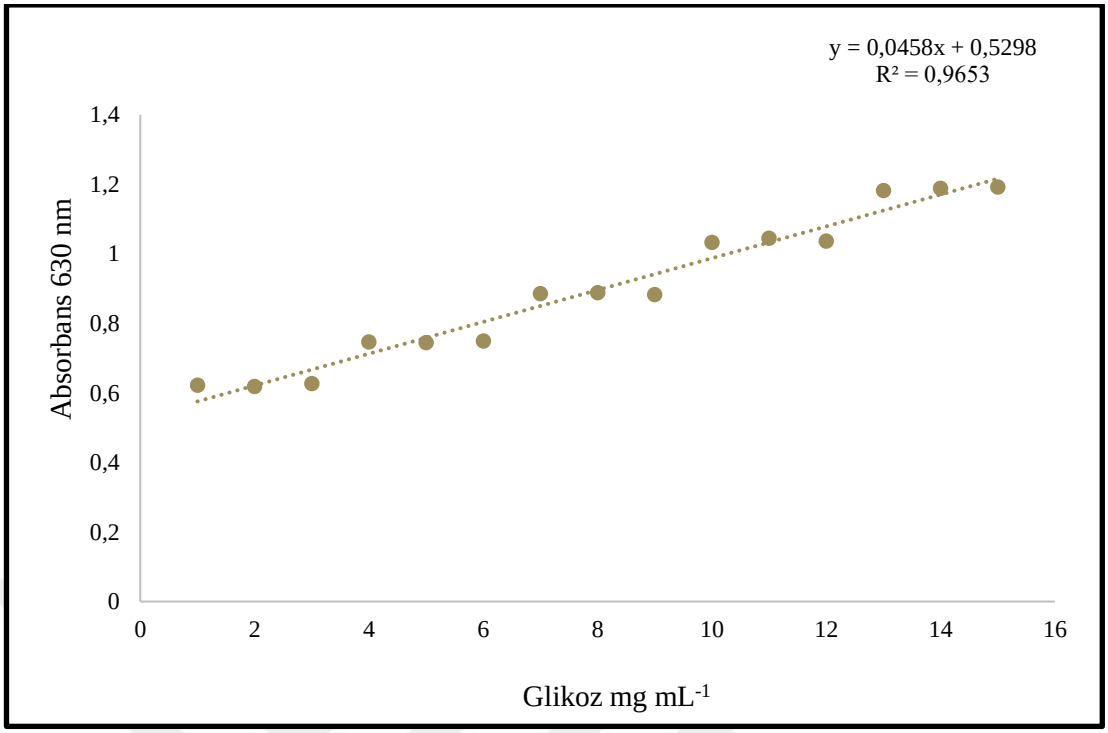
Bu bölümde örneklerdeki glukoz ve sukroz miktarlarının belirlenmesinde kullanılan Anthron yöntemi açıklanmıştır. Şekil 3.18’de glikoz tayinine yönelik hazırlanan laboratuvar ortamındaki örnekler sunulmuştur.



Şekil 3.18 Glikoz tayini için hazırlanan örnekler

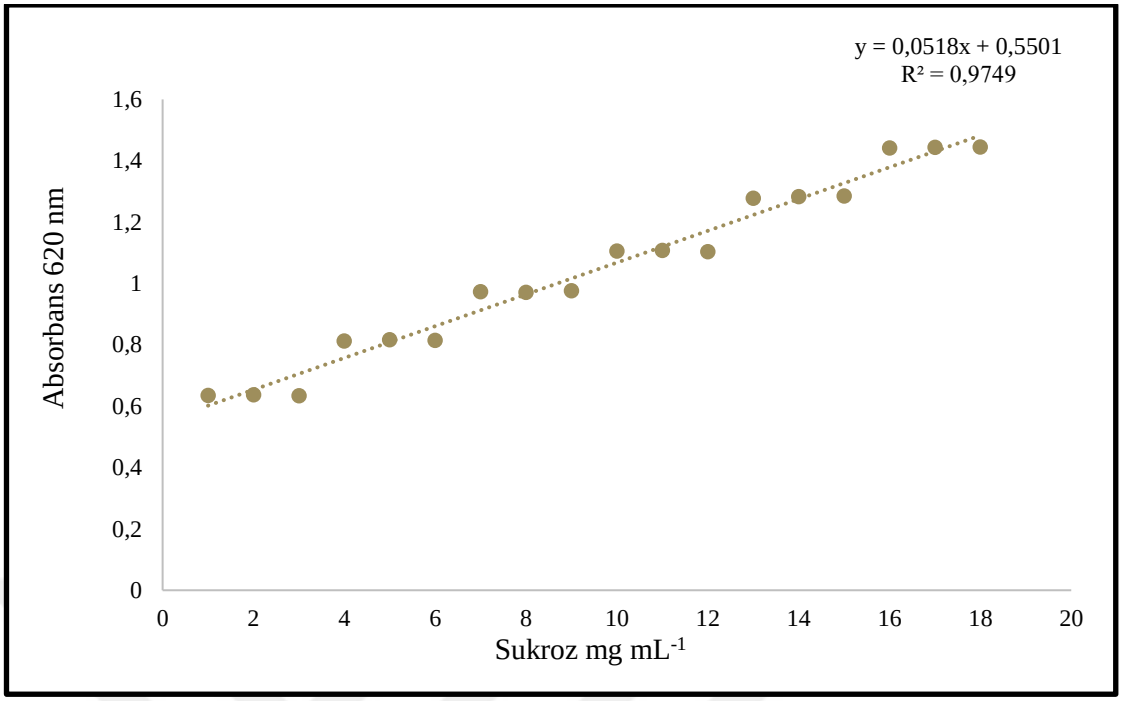
Şekil 3.18, kuru toz haline getirilen örneklerden 1 gramın alınarak 50 ml’lik balon jojelere konulduğunu göstermektedir. Örnekler etüvde kurutulup toz haline getirilmiş, ardından 10 ml’lik santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Her tüpe 50 ml %80’lik etanol eklenmiş ve karışımlar +4 °C’de 24 saat inkübe edilmiştir. Bu işlem sonucunda toz

örnekler homojenize olmuş ve içerdikleri şeker bileşenleri ayrıştırılmıştır. İnkübasyon süresi tamamlandıktan sonra örnekler çift katlı filtre kâğıdından süzülmüş, süzüntü "Süzüntü 1" olarak ayrılmış, kalan posa ise "Posa 1" olarak işaretlenmiş ve daha sonraki nişasta tayini için saklanmıştır. İlk süzüntü, 60 °C sıcaklıktaki su banyosunda düşük basınç altında etanol uçuruluncaya kadar buharlaştırılmış ve örnek hacmi yaklaşık 1–2 ml'ye düşürülmüştür. Balon jojede kalan örnek filtrelenmiş, birkaç kez saf su ile yıkanarak yıkama suları örneğe ilave edilmiştir. Son olarak hacim saf su ile 30 ml'ye tamamlanmış ve bu çözelti glukoz tayini için +4 °C'de saklanmıştır. Posa 1 üzerine 30 ml saf su eklenmiş ve bu karışım da +4 °C'de 24 saat bekletilmiştir. İnkübasyon sonunda homojenat tekrar filtre edilmiş, posa 5 ml saf suyla yıkanmış ve elde edilen süzüntü "Süzüntü 2" olarak adlandırılmıştır. Bu süzüntü 30 ml'ye tamamlanarak fruktoz tayini için saklanmıştır. Fruktoz tayini sonrasında kalan posa üzerine 30 ml %52'lik perklorik asit eklenmiş, karışım +4 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Ardından süzme işlemi tekrarlanmış, posa 5 ml perklorik asit ile yıkanarak süzüntüye eklenmiştir. Elde edilen son süzüntü (Süzüntü 3), perklorik asitle 30 ml'ye tamamlanmış ve nişasta tayininde kullanılmıştır. Son olarak tüm süzüntüler (Süzüntü 1; 2 ve 3) kısa süreli olarak vortekslendikten sonra her birinden 2 ml alınmış, üzerine 5 ml Anthron çözeltisi eklenmiştir. Karışımlar 10 dakika boyunca sıcak su banyosunda bekletilmiş, ardından oda sıcaklığına ulaşıncaya kadar buz banyosunda soğutulmuştur. Soğuyan örneklerin 620 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunarak analizler tamamlanmıştır. Şekil 3.19'da glikoz standart çözeltilerinden elde edilen standart eğri sunulmuştur.



Şekil 3.19 Glikoz standart grafiği

Şekil 3.19 glikoz standartlarının absorbans değerlerinin artan derişimle birlikte doğrusal bir ilişki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu doğrusal eğri, örneklerdeki glikoz miktarının hesaplanmasında kullanılmıştır. Şekil 3.20'de ise sukroz standart grafiği sunulmuştur.



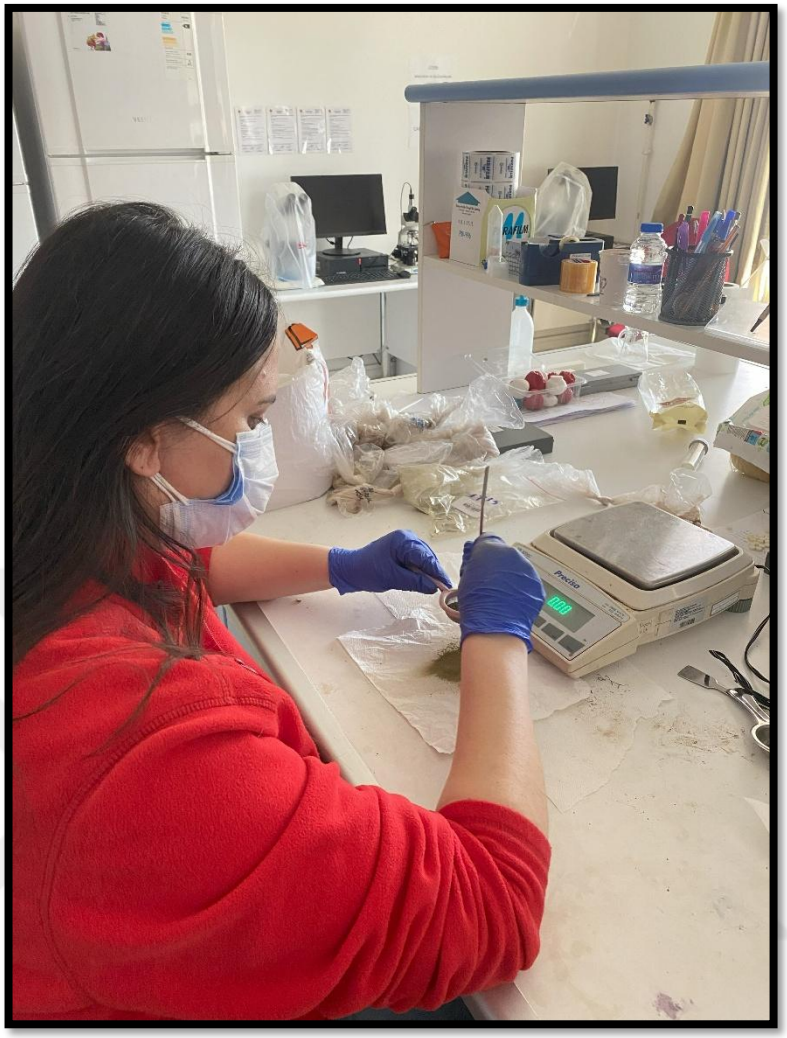
Şekil 3.20 Sukroz standart grafiği

Şekil 3.20 sukroz standartlarının absorbans değerlerinin artan derişimle birlikte doğrusal bir ilişki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu doğrusal eğri, örneklerdeki sukroz miktarının hesaplanmasında kullanılmıştır.

Standart çözeltiler, 100 mL'lik stok çözeltiden hazırlanmıştır. Bunun için 100 mg glukoz tartılarak 100 mL saf suda çözülmüş ve stok çözelti elde edilmiştir. Bu stoktan farklı derişimlerde standart çözeltiler hazırlanmıştır. Her bir standart çözeltisine 5 mL anthron çözeltisi ilave edilmiştir. Karışımlar 10 dakika sıcak su banyosunda bekletildikten sonra buz banyosunda soğutulmuş ve 620 nm dalga boyunda absorbansları okunmuştur. Anthron çözeltisi, 200 mg anthronun %95'lik sülfürik asit (100 mL) içerisinde çözülmesiyle hazırlanmıştır.

3.6.5 Element Analizi

Şekil 3.21'de element analizi için örneklerin toz hâline getirilme süreci sunulmuştur.



Şekil 3.21 Element analizi için örneklerin toz haline getirilmesi işlemi

Şekil 3.21, element analizi için örneklerin toz hâline getirilmesi sürecinde fidan ibrelerinin laboratuvar ortamında hassas terazi ile tartıldığını ve ardından öğütüldüğünü göstermektedir. Son ölçüm tarihinden sonra araziden alınan fidanlar 102 ± 3 °C'de 24 saat boyunca kurutulmuş, ardından ibreleri öğütülerek toz hâline getirilmiştir. Elde edilen toz örnekleri, XRF cihazıyla element analizlerinin yapılması amacıyla Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'na gönderilmiştir.

3.7 Anatomik Bulgulara Ait Analizler

Anatomik ölçümler için uygulama yapılan fidanların gövdelerinden, kök boğazına yakın kısımlardan ortalama 1,5 × 1,5 × 1,5 cm boyutlarında odun parçaları alınmıştır. Bu parçalardan enine, teğet ve radyal kesitler hazırlanmıştır. Kesit alma işlemine

uygun hâle gelmeleri için küçük odun parçaları, dokuların yumuşaması ve içlerindeki havanın uzaklaştırılması amacıyla damıtık su içinde dibe çökünceye kadar kaynatılmıştır. Kaynatılan örnekler, kesit alınmadan önce eşit oranlarda hazırlanmış alkol–gliserin–damıtık su karışımı içerisinde bekletilmiştir (Gerçek, 1997; Merev, 1998). Bu şekilde hazırlanan örneklerden kızaklı mikrotom yardımıyla kesitler alınmıştır. Kesitler, boyuna ışınsal (radyal) yönde ve yaklaşık 15–20 mikron kalınlığında hazırlanmıştır. Alınan kesitlerin kalıcı preparatlar hâline getirilebilmesi için öncelikle 15–20 dakika süreyle sodyum hipoklorit çözeltisinde saydamlaştırılmış, ardından damıtık su ile yıkanmıştır. Daha sonra örnekler 1–2 dakika asetik asit içinde nötralize edilip yeniden damıtık suyla yıkanmış ve son aşamada safranin boyası ile boyanmıştır. Boyama işleminin ardından açık tohumlu ve kapalı tohumlu ağaç türlerine ait odun hücre özelliklerinin belirlenmesi ve odun elemanlarının serbest hâle getirilmesi amacıyla Franklin maserasyon yöntemi (1:1 oranında glasiyel asetik asit–hidrojen peroksit çözeltisi) uygulanmıştır. Maserasyon öncesinde örnekler kibrit çöpü büyüklüğünde parçalara ayrılmış, ardından 1:1 oranındaki asetik asit ve hidroklorik asit karışımı içinde kapalı şişelerde ısıtılarak maserasyon işlemi başlatılmıştır. Kimyasal reaksiyon tamamlandığında hücreler arasındaki bağlantıyı sağlayan orta lamel çözülmüş ve mekanik karıştırıcı yardımıyla odun elemanları birbirinden ayrıştırılmıştır. Serbest hâle gelen odun elemanları damıtık suyla yıkanmış, filtre kâğıdından süzülmüş ve ardından alkolle durulanmıştır. Süzme işlemi tamamlandıktan sonra elde edilen hücreler, küçük beherlerde gliserin ile muamele edilip safranin boyasıyla boyanmıştır. Son olarak ölçümler için preparatlar hazırlanmıştır. Şekil 3.22’de anatomik analizler kapsamında hazırlanan preparatların mikroskop altında incelenme aşaması sunulmuştur.



Şekil 3.22 Preparatların incelenmesi

Şekil 3.22 hazırlanan preparatların mikroskop altında incelendiğini ve hücre boyutlarının Leica DM750 marka ışık mikroskobu ile Leica Application Suite (LAS EZ) görüntü analiz programı kullanılarak belirlendiğini göstermektedir. Yapılan anatomik ölçümler sonucunda özışın yüksekliği ve özışın genişliği değerleri hesaplanmıştır.

3.8 İstatistiksel Analizler

Verilerin değerlendirilmesi amacıyla tüm parametreler üzerinde istatistiksel analizler yapılmış ve parametreler arasındaki korelasyon ilişkileri belirlenmiştir. Taşkın zamanı ve süresinin seçilen türlerin fidanları üzerindeki etkilerini sayısal olarak ortaya koymak için karışık etkili regresyon modeli (mixed-effect regression analysis) kullanılmıştır. Bu modelde; morfolojik, anatomik ve fizyolojik parametreler bağımlı değişken, ağaç türü, fidan yaşı ve taşkın süresi bağımsız değişken, fidan bireyleri ise rastgele etki (random effect) değişkeni olarak tanımlanmıştır. İstatistiksel analizler R istatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar özellikle

hidrolojik modifikasyonlar bağlamında, odunsu türlerin rejenerasyon ekolojisi ve taşkın yatağı orman kompozisyonundaki değişimlerin anlaşılmasına önemli katkılar sağlamıştır.

4. BULGULAR

4.1 Morfolojik Değişkenlere Ait Bulgular

Bu bölümde fidanların KBÇ ve boylarındaki değişimler ile yaşama oranları ve kök ile gövde biyokütlesindeki değişimler üç yıl boyunca izlenmiş ve değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında akçaağaç, ceviz, çınar, dişbudak, göknar, kayın ve servi türlerine ait; 6; 12 ve 18 aylık farklı yaş gruplarındaki fidanlar ele alınmıştır. Elde edilen analiz sonuçları doğrultusunda, daldırma yöntemi ile yaş faktörünün fidan gelişimi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

4.1.1 KBÇ'ye İlişkin Bulgular

Tablo 4.1'da daldırma uygulamaları öncesinde fidanlara ait istatistiksel bulgular sunulmuştur.

Tablo 4.1 Daldırma uygulamaları öncesinde fidanlara ait istatistiksel bulgular

Tür	Yaş	Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	P-Değeri
Akçaağaç	6 ay	KBÇ	4,1	9,7	6,59	0,776
		Boy	21	60	32.7	0,068
	12 ay	KBÇ	1,3	6,3	3,71	0,000 ***
		Boy	22	67	46.5	0,2402
	18 ay	KBÇ	5,1	9,6	6,9	0,02635 *
		Boy	45	76	59,4	0,2467
Ceviz	6 ay	KBÇ	8,1	13,4	10,3	0,8159
		Boy	12	41	24,7	0,5109
	12 ay	KBÇ	1,3	8,7	4,3	0,000 ***
		Boy	19	60	37,8	0,00914 **
	18 ay	KBÇ	6,1	13,7	8,3	0,2706
		Boy	24	68	53,1	0,03957 *
Çınar	6 ay	KBÇ	3,9	12,1	8,4	0,415
		Boy	27	100	57,2	0,5183
	12 ay	KBÇ	2,1	9,1	4,5	0,000 ***
		Boy	18	96	61,4	0,3114
	18 ay	KBÇ	4,7	11,9	7,5	0,4569
		Boy	39	94	74,1	0,05473
Dişbudak	6 ay	KBÇ	3,2	6,9	5,01	0,5482
		Boy	21	54	34	0,1257
	12 ay	KBÇ	2,1	8,7	4,5	0,9906
		Boy	18	73	45,1	0,008167 **
	18 ay	KBÇ	4,1	9,7	6,7	0,006445 **
		Boy	35	92	76,1	0,000 ***

Tablo 4.1'in devamı.

Tür	Yaş	Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	P-Değeri
Göknar	6 ay	KBÇ	4,6	9,6	6,9	0,5553
		Boy	11	22	16,4	0,378
	12 ay	KBÇ	5,15	21	8,5	0,000 ***
		Boy	10	49	22,1	0,1427
	18 ay	KBÇ	3,9	9,7	6,91	0,1002
		Boy	24	97	66,7	0,000 ***
Kayın	6 ay	KBÇ	3,2	6,6	5,02	0,5553
		Boy	15	22	18,1	0,378
	12 ay	KBÇ	2,3	8,1	4,44	0,000 ***
		Boy	10	31	18,5	0,01531**
	18 ay	KBÇ	2,4	9,8	6,86	0,0004083***
		Boy	12	56	30,2	0,01546*
Servi	6 ay	KBÇ	4,7	8,8	6,62	0,4048
		Boy	33	56	43,2	0,7844
	12 ay	KBÇ	4,1	11,6	6,68	0,2417
		Boy	35	74	48,6	0,003437 **
	18 ay	KBÇ	4,5	12,4	7,82	0,01546 *
		Boy	24	97	67,6	0,003879 **

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

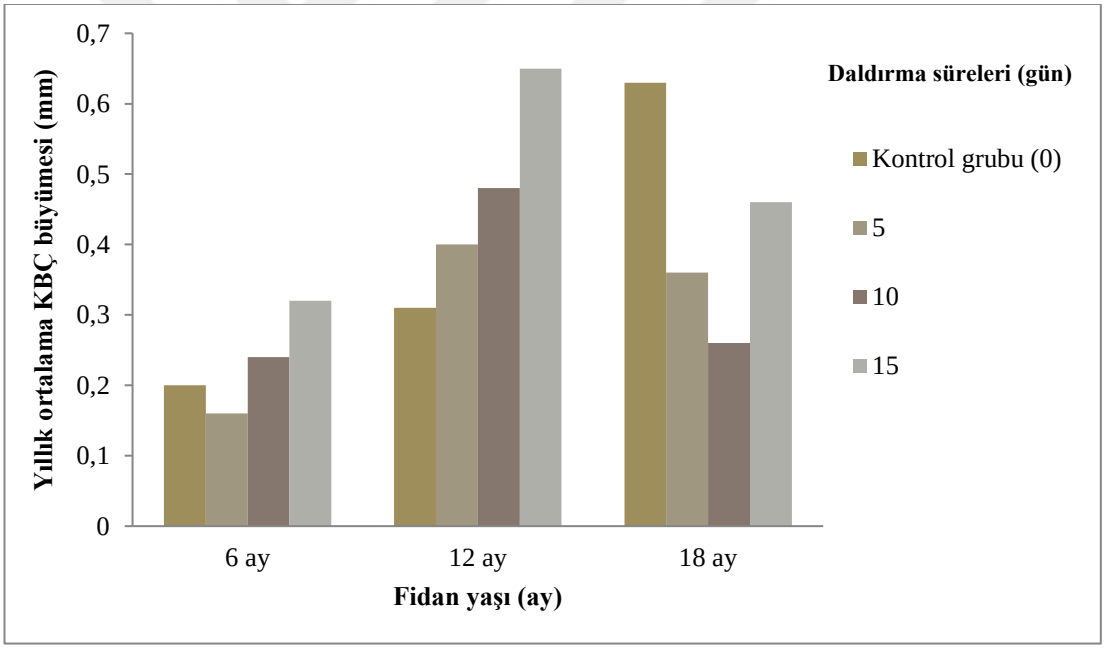
Tablo 4.1'e göre akçaağaç fidanlarında 6 aylık fidanlarda KBÇ ve boy, 12 aylık fidanlarda boy ve 18 aylık fidanlarda boy; ceviz fidanlarında 6 aylık fidanlarda KBÇ ve boy ile 18 aylık fidanlarda KBÇ; çınar fidanlarında 6 aylık fidanlarda KBÇ ve boy, 12 aylık fidanlarda boy ve 18 aylık fidanlarda KBÇ ve boy; 6 aylık dişbudak fidanlarında KBÇ ve boy ile 12 aylık fidanlarda KBÇ; 6 aylık göknar fidanlarında KBÇ ve boy, 12 aylık fidanlarda boy ve 18 aylık fidanlarda KBÇ; 6 aylık kayın fidanlarında KBÇ ve boy; 6 aylık servi fidanlarında KBÇ ve boy ile 12 aylık fidanlarda KBÇ değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Buna ek olarak 12 aylık akçaağaç fidanlarında KBÇ ve 18 aylık fidanlarda KBÇ; 12 aylık ceviz fidanlarında KBÇ ve boy ile 18 aylık fidanlarda boy; 12 aylık çınar fidanlarında KBÇ; 12 aylık dişbudak fidanlarında boy ile 18 aylık fidanlarda KBÇ ve boy; 12 aylık göknar fidanlarında KBÇ ve 18 aylık fidanlarda boy; 12 aylık kayın fidanlarında KBÇ ve boy ile 18 aylık fidanlarda KBÇ ve boy; 12 aylık servi fidanlarında boy ile 18 aylık fidanlarda KBÇ ve boy değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Tablo 4.2'de farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama KBÇ büyümesine etkisine ilişkin sonuçlar sunulmuştur.

Tablo 4.2 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama KBÇ büyümesine etkisi

Türler	Değişkenler			AIC
	Sabit Değişken	Daldırma	Daldırma x Yaş	
Akçaağaç	0,3381376	-0,0066641 ns	0,0007967 ns	12,02384
Ceviz	0,4659711	-0,0150999 ns	0,0007501 ns	17,42127
Çınarı	0,3287887	-0,0037068 ns	0,0006451 ns	23,03052
Dişbudak	0,4337583	-0,0108559 ns	0,0001263 ns	27,39567
Göknar	0,3346881	-0,0092717 ns	0,0005839 ns	6,977532
Kayın	0,4321361	-0,0111935 ns	0,0002060 ns	20,38031
Servi	0,22255767	-0,00067947 ns	0,00098228 ns	-2,145145

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

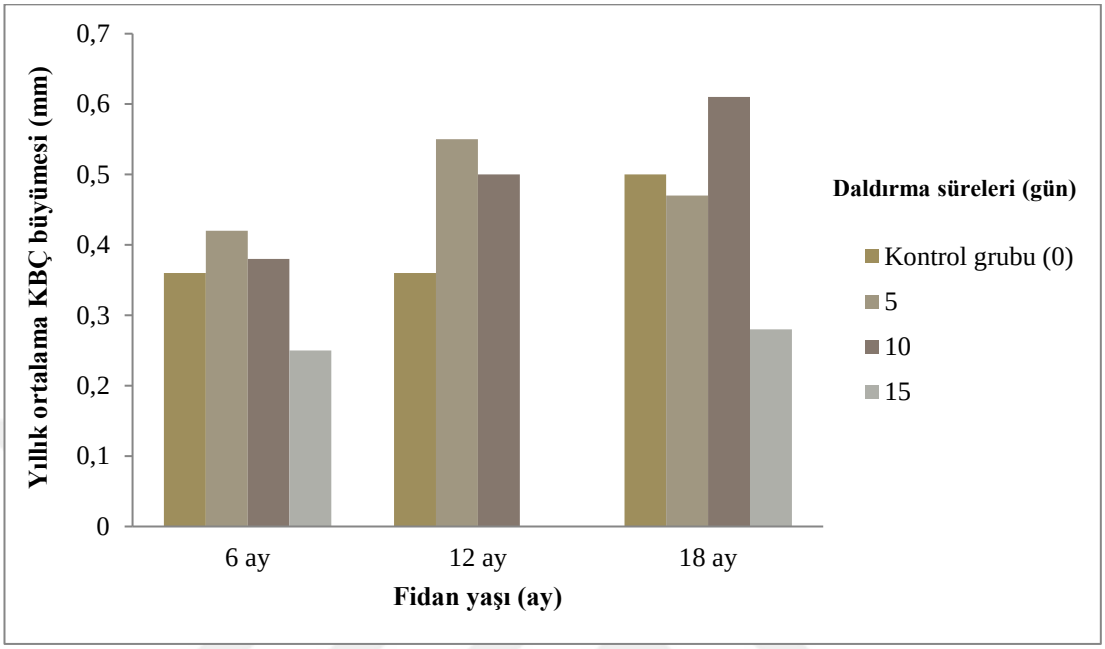
Tablo 4.2'de, tüm fidan türlerinde daldırma süresi ve daldırma-yaş interaksiyonun yıllık ortalama KBÇ büyümesi üzerinde belirgin bir değişim oluşturmadığı tespit edilmiştir. Şekil 4.1'de akçaağaç fidanlarının daldırma süreleri ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.1 Akçaağaç fidanlarının daldırma süreleri ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki

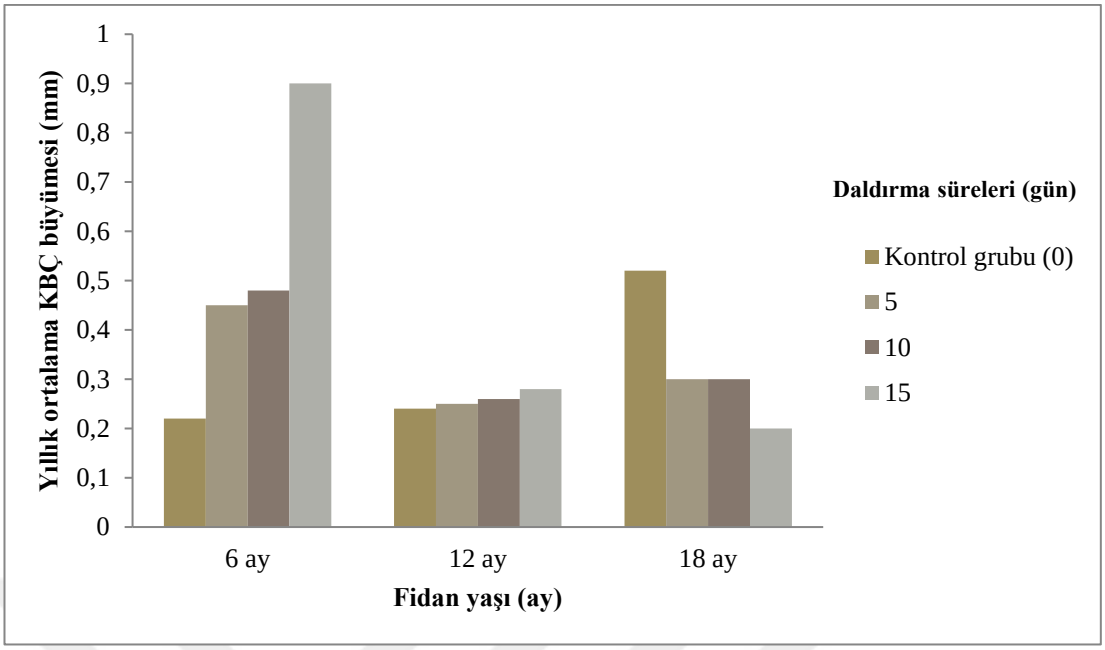
Şekil 4.1'de, 6 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının daldırma süresi arttıkça arttığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma

süresinde ise arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.2'de ceviz fidanlarının daldırma süreleri ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



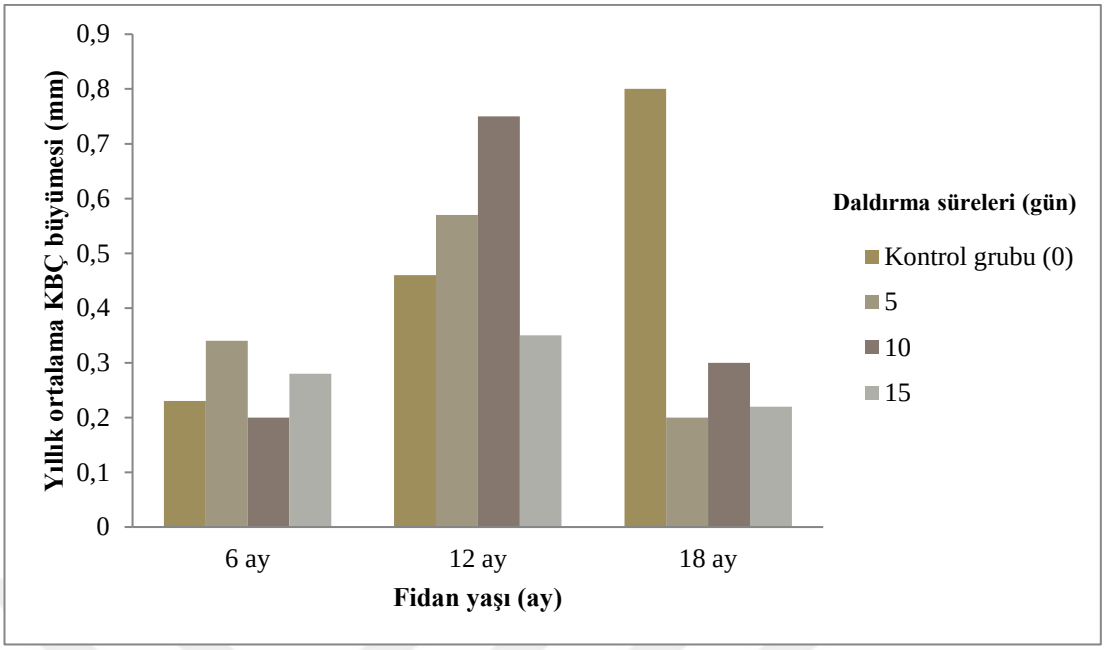
Şekil 4.2 Ceviz fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.2'de, 6 aylık ceviz fidanlarında yıllık ortalama KBÇ artışının 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde azaldığı tespit edilmiştir. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde ise arttığı bulunmuştur. Şekil 4.3'de çınar fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



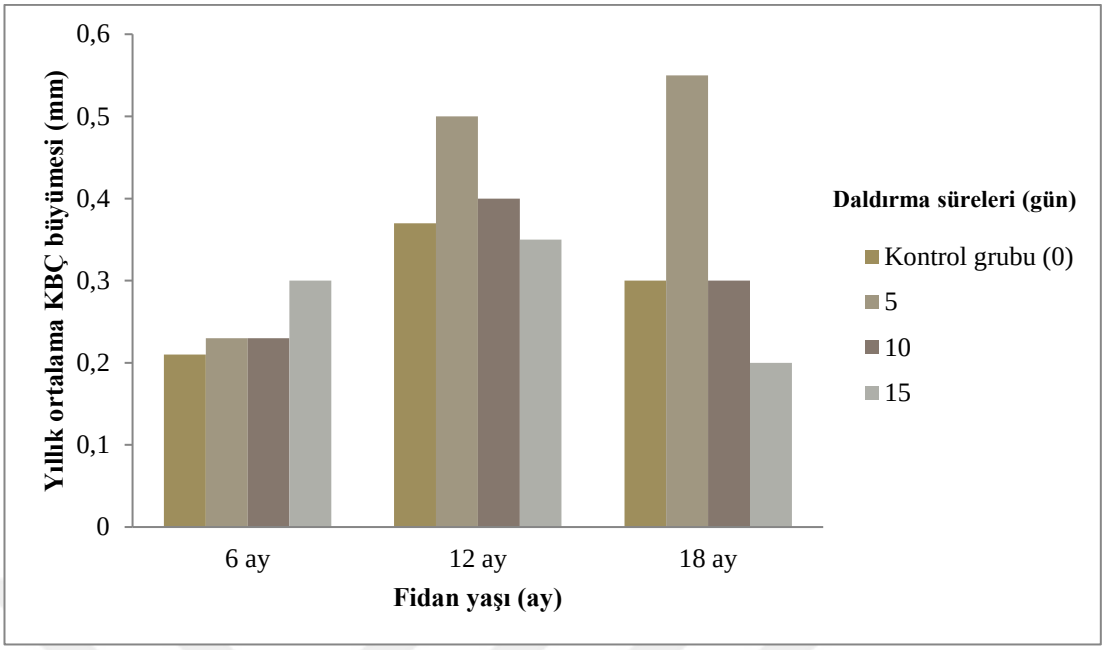
Şekil 4.3 Çınar fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.3'de, 6 aylık çınar fidanlarında yıllık ortalama KBÇ artışının 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının daldırma süresine bağlı olarak sınırlı düzeyde arttığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.4'de dişbudak fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



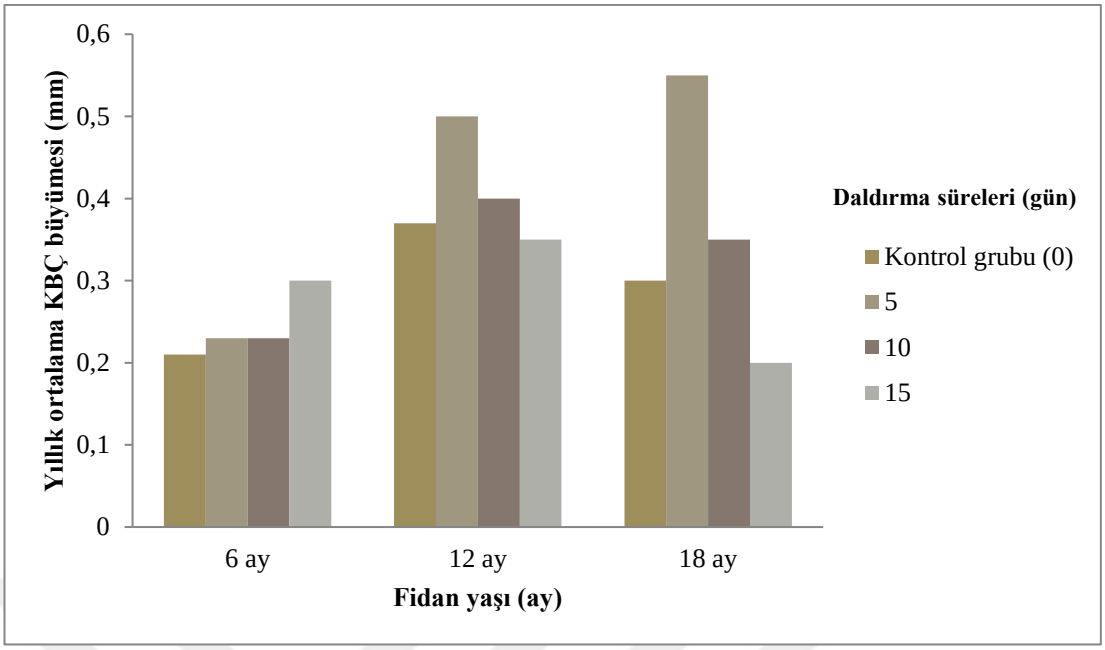
Şekil 4.4 Dişbudak fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.4'de, 6 aylık dişbudak fidanlarında yıllık ortalama KBÇ artışının 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde ise yeniden arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.5'de göknar fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



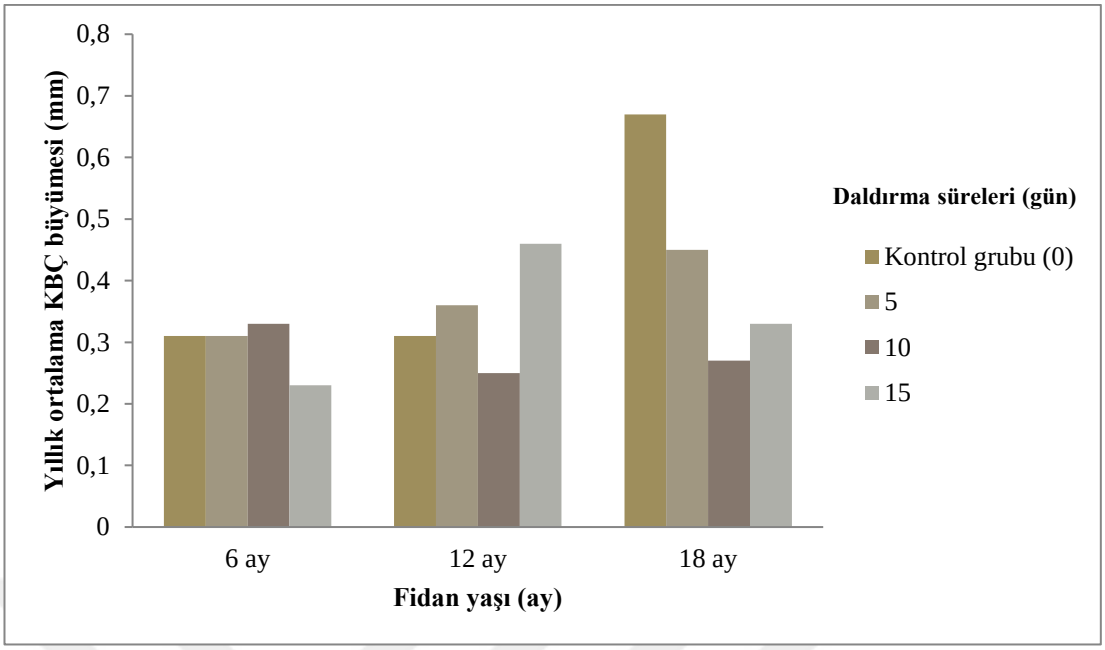
Şekil 4.5 Göknar fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.5'de, 6 aylık göknar fidanlarında yıllık ortalama KBÇ artışının 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.6'de kayın fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.6 Kayın fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.6'da, 6 aylık kayın fidanlarında yıllık ortalama KBÇ artışının 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.7'de servi fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.7 Servi fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama KBÇ büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.7'de, 6 aylık servi fidanlarında yıllık ortalama KBÇ artışının 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna benzer olduğu, 10 günlük daldırma süresinde arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde ise azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama KBÇ artışının 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Tablo 4.3'de farklı daldırma sürelerinin fidanların yıllık ortalama KBÇ büyümesi üzerindeki etkilerinin gruplar arasındaki karşılaştırılması sunulmuştur.

Tablo 4.3 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama KBÇ büyümesine etkisi açısından karşılaştırılması

Türler	**Daldırma Süresi Grupları P-değerleri**					
	0 - 5 Gün	**0 - 10 Gün**	**0 - 15 Gün**	**5 - 10 Gün**	**5 - 15 Gün**	**10 - 15 Gün**
Akçaağaç	0,953	0,923	0,949	0,999	0,771	0,687
Ceviz	0,802	0,431	0,425	0,920	0,088	0,022
Çınar	0,976	0,998	0,984	0,944	0,903	0,994
Dişbudak	0,708	0,788	0,461	0,998	0,950	0,902
Göknar	0,699	0,998	0,999	0,552	0,760	0,998
Kayın	0,834	0,222	0,714	0,747	0,998	0,824
Servi	0,095	0,084	0,135	0,997	0,999	0,999

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.3 farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama KBÇ büyümesi üzerindeki etkisinin gruplar arasında hiçbir fidan türünde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark oluşturmadığını göstermektedir.

4.1.2 Boy Büyümesine İlişkin Bulgular

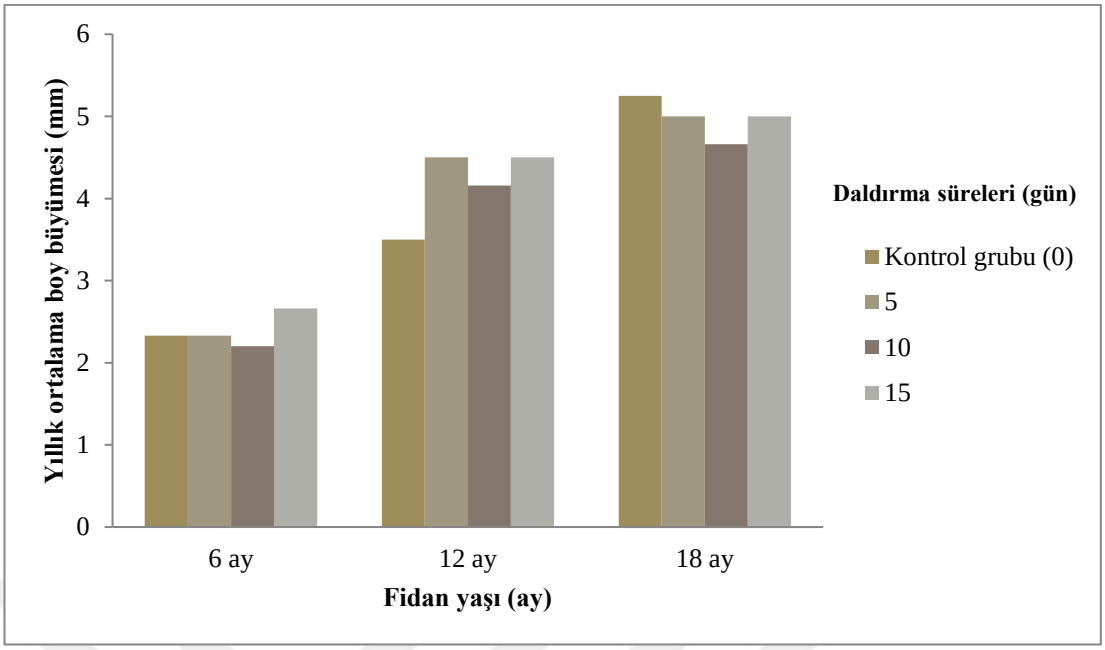
Tablo 4.4'de farklı daldırma sürelerinin ve daldırma-yaş interaksiyonunun yıllık ortalama boy büyümesine etkisi sunulmuştur.

Tablo 4.4 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama boy büyümesine etkisi

Türler	Değişkenler			AIC
	Sabit Değişken	Daldırma	Daldırma x Yaş	
Akçaağaç	3,676717	-0,218198 ***	0,018728 ***	153,8858
Ceviz	5,246651	-0,248895 *	0,012092 ns	220,2216
Çınar	3,1167268	- 0,0634176 ns	0,0073205 ns	139,044
Dişbudak	3,925813	-0,140967 ns	0,010077 *	174,7971
Göknar	5,185188	-0,217366 ns	0,005752 ns	106,204
Kayın	5,484389	-0,287980 ns	0,013977 ns	173,6779
Servi	3,965504	-0,116371 ns	0,006646 ns	189,8893

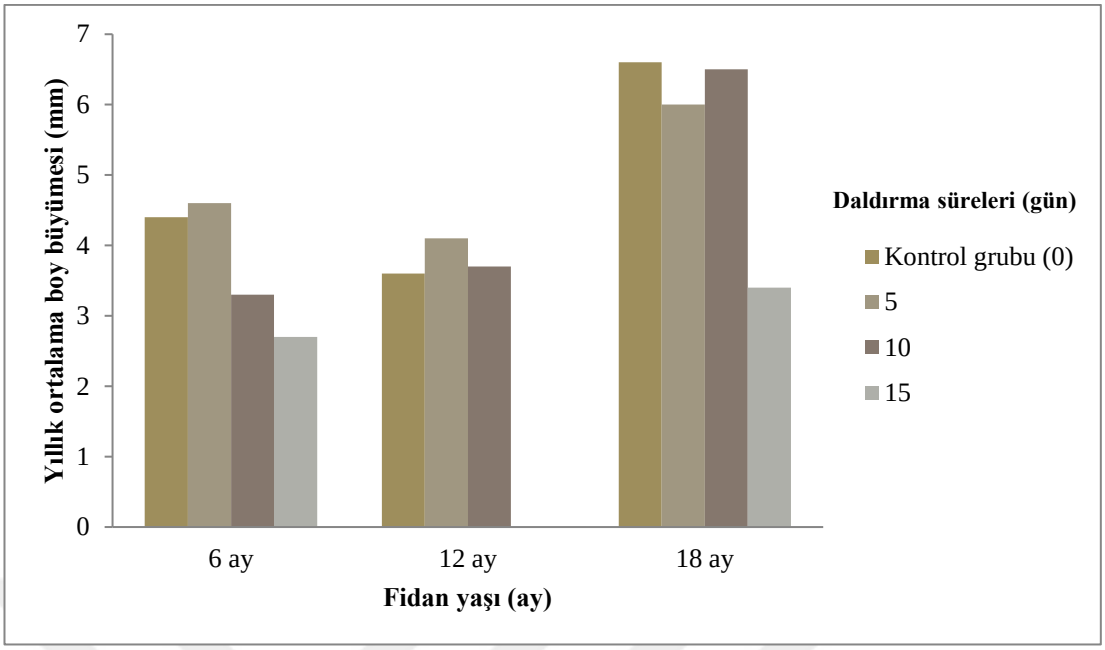
İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.4'de, çınar, göknar, kayın ve servi fidanlarında daldırma süresi ile daldırma-yaş interaksiyonunun yıllık ortalama boy büyümesi üzerinde belirgin bir artış veya azalış yönelimi oluşturmadığı tespit edilmiştir. Akçaağaç fidanlarında daldırma süresi arttıkça yıllık ortalama boy büyümesinin azaldığı, yaş ile birlikte daldırma süresinin etkileşiminin ise yıllık ortalama boy büyümesini pozitif yönde etkilediği bulunmuştur. Diğer bir ifadeyle, daldırmanın akçaağaç fidanları üzerindeki etkisinin genç fidanlarda daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.4). Ceviz fidanlarında da daldırma süresi arttıkça yıllık ortalama boy büyümesinin azaldığı tespit edilmiştir. Dişbudak fidanlarında ise daldırma-yaş interaksiyonunun yıllık ortalama boy büyümesi üzerinde pozitif yönde etki ettiği bulunmuştur. Şekil 4.8'de akçaağaç fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



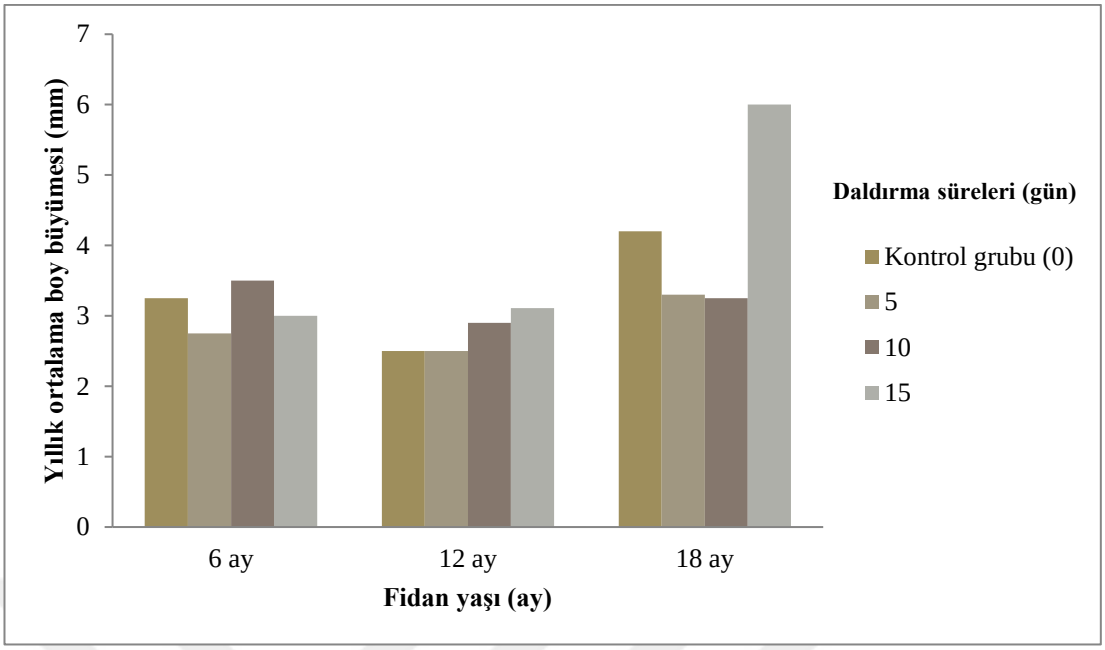
Şekil 4.8 Akçaağaç türüne göre daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.8'de, 6 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde azaldığı, 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla aynı kaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.9'da ceviz fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



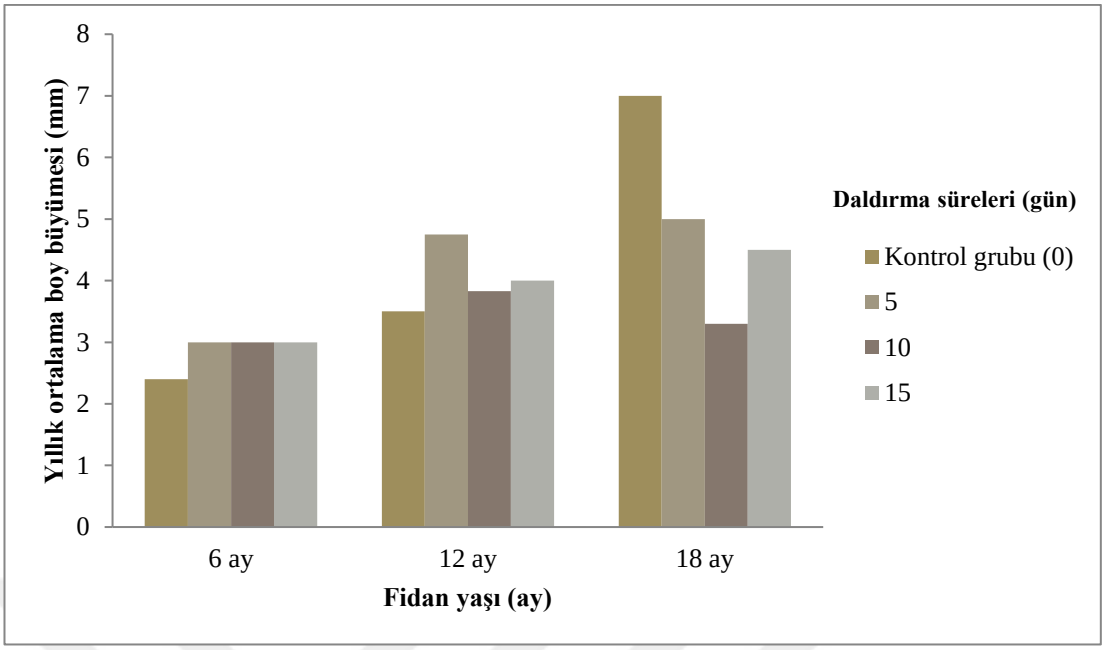
Şekil 4.9 Ceviz fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.9'da, 6 aylık ceviz fidanlarında yıllık ortalama boy büyümesinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.10'da çınar fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



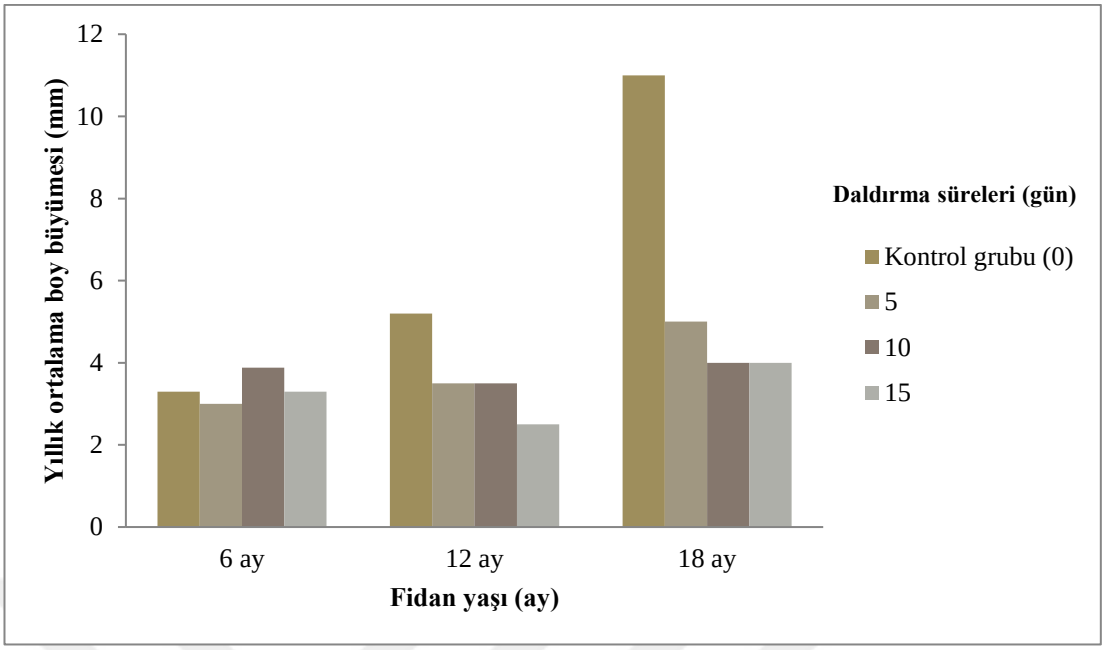
Şekil 4.10 Çınar fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.10'te, 6 aylık çınar fidanlarında yıllık ortalama boy büyümesinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde ise arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna benzer olduğu bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.11'de dişbudak fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



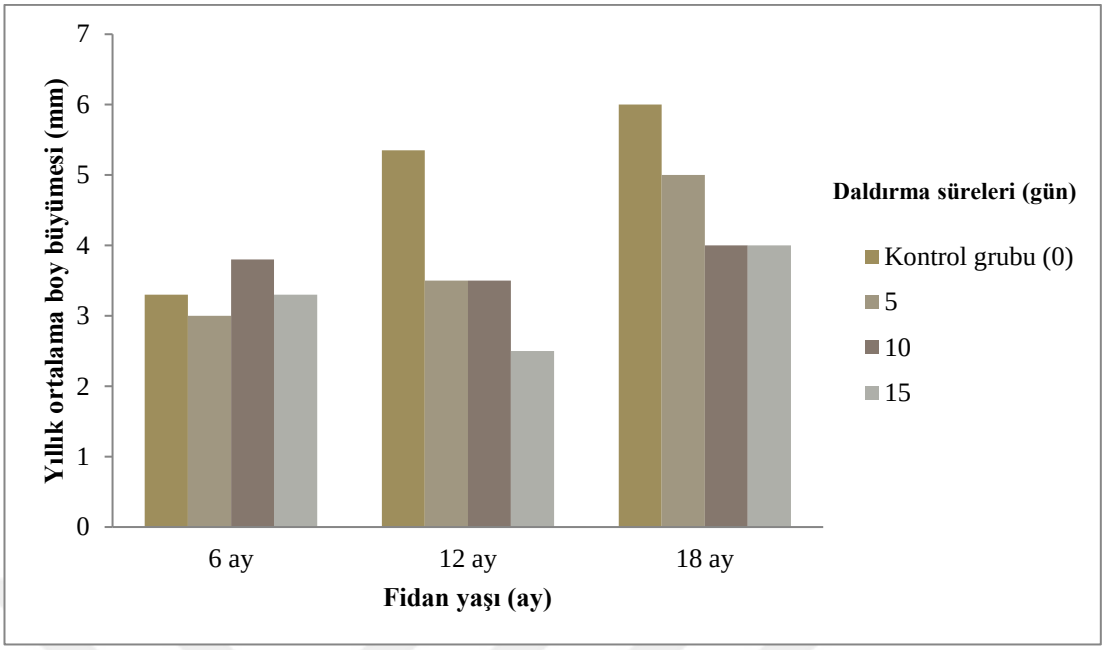
Şekil 4.11 Dişbudak fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.11'de, 6 aylık dişbudak fidanlarında yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.12'de göknar fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



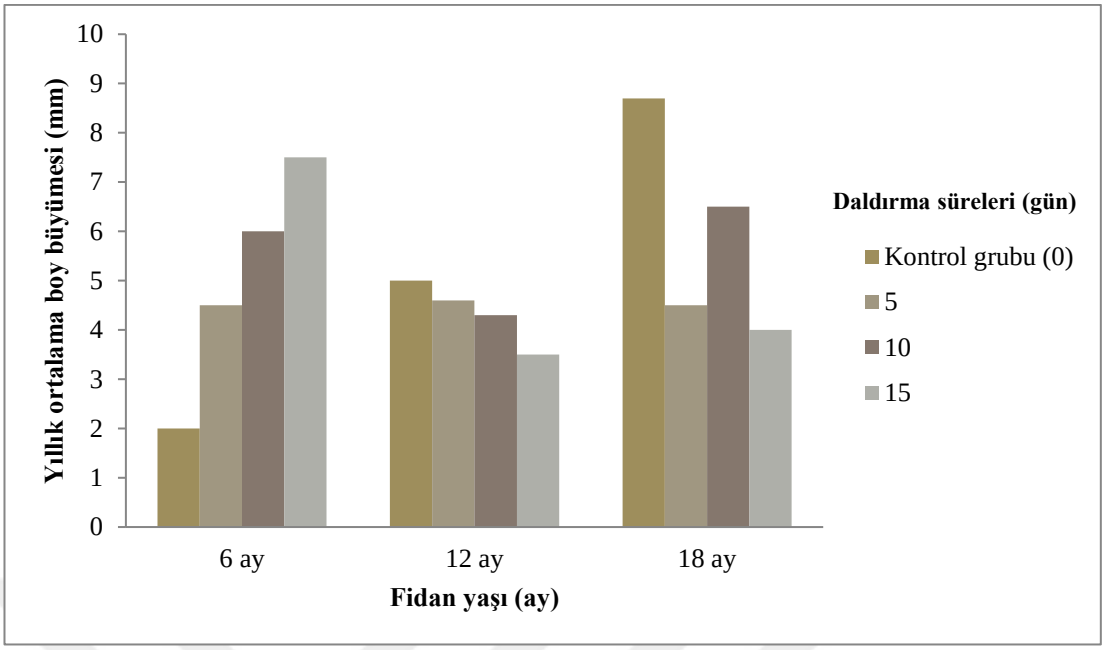
Şekil 4.12 Göknar fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.12'de, 6 aylık göknar fidanlarında yıllık ortalama boy büyümesinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna benzer olduğu tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.13'de kayın fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.13 Kayın fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.13'de, 6 aylık kayın fidanlarında yıllık ortalama boy büyümesinin 5 günlük daldırma süresinde azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla benzer olduğu, 10 günlük daldırma süresinde ise arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.14'da servi fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.14 Servi fidanlarının daldırma ile yıllık ortalama boy büyümesi arasındaki ilişki

Şekil 4.14'de 6 aylık servi fidanlarında yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda yıllık ortalama boy büyümesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Tablo 4.5'de farklı daldırma sürelerinin fidanların yıllık ortalama boy büyümesi üzerindeki etkilerinin gruplar arasındaki karşılaştırılması sunulmuştur.

Tablo 4.5 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama boy büyümesine etkisi açısından karşılaştırılması

Türler	**Daldırma Süresi Grupları P-değerleri**					
	0 - 5 Gün	**0 - 10 Gün**	**0 - 15 Gün**	**5 - 10 Gün**	**5 - 15 Gün**	**10 - 15 Gün**
Akçaağaç	0,917	0,992	0,995	0,819	0,846	0,999
Ceviz	0,999	0,998	0,413	0,999	0,327	0,314
Çınar	0,836	0,988	0,979	0,947	0,710	0,913
Dişbudak	0,998	0,746	0,999	0,839	0,998	0,803
Göknar	0,338	0,370	0,186	0,999	0,938	0,892
Kayın	0,674	0,972	0,408	0,903	0,982	0,701
Servi	0,744	0,999	0,992	0,740	0,632	0,994

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.5 tüm türlerde daldırma süreleri grupları arasında anlamlı bir farklılık olmadığını göstermektedir.

4.1.3 Biyokütle Değişimine İlişkin Bulgular

Tablo 4.6'da farklı daldırma sürelerinin ortalama kök biyokütlesi üzerine etkisi sunulmuştur.

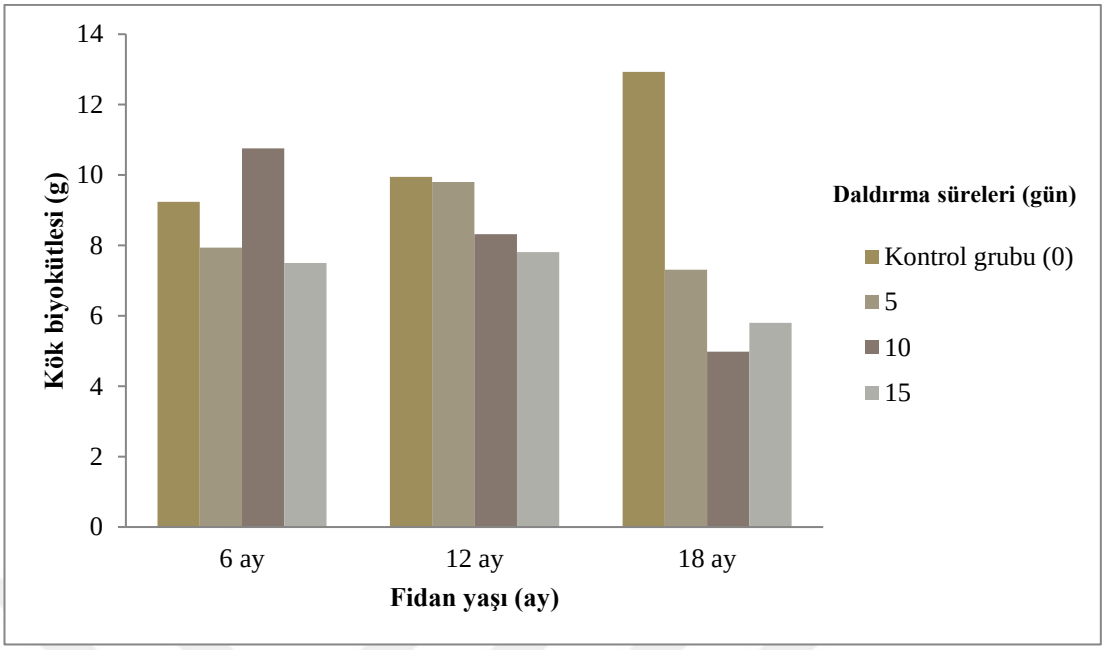
Tablo 4.6 Farklı daldırma sürelerinin ortalama kök biyokütlesi üzerine etkisi

Türler	Değişkenler			AIC
	Sabit Değişken	Daldırma	Daldırma x Yaş	
Akçaağaç	10,431200	0,038571 ns	- 0,022813 *	579,0568
Ceviz	8,576400	0,403145 **	- 0,037990 ***	543,1019
Çınar	6,598000	0,042294 ns	- 0,008871 ns	485,7657
Dişbudak	3,595200	-0,68323 **	0,016224 ***	410,1072
Göknar	5,387600	-0,232774 **	0,014871 **	449,451
Kayın	0,7612000	0,0664073 ***	- 0,0059218 ***	129,3219
Servi	5,293600	-0,215166 **	0,017810 **	467,8656

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

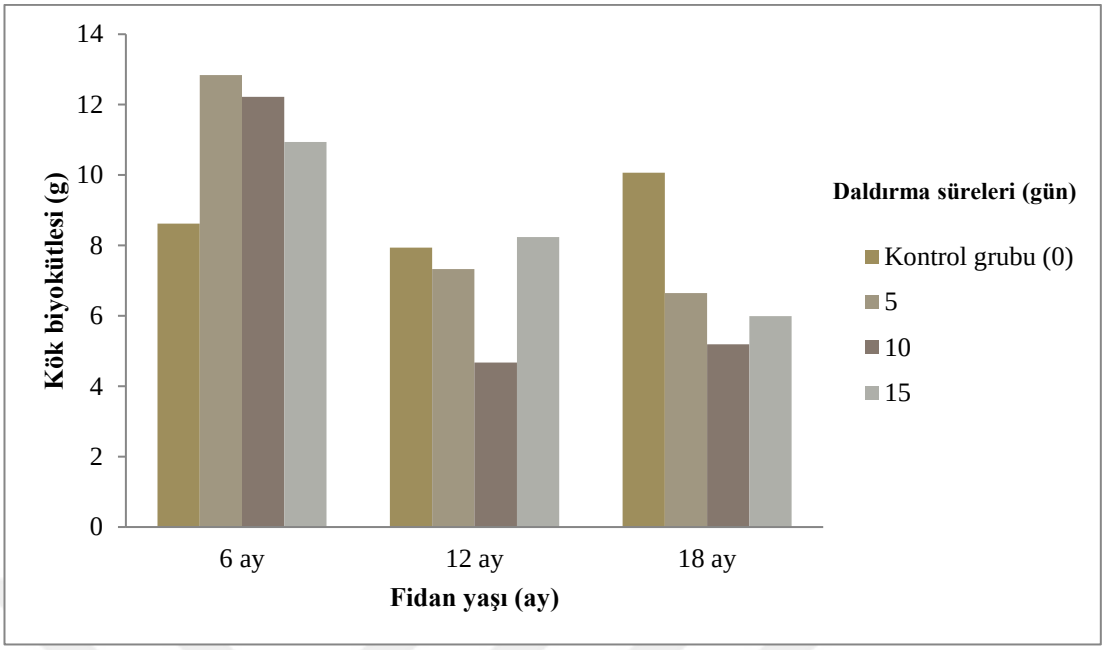
Tablo 4.6'da, çınar fidanlarında daldırma süresi ile yaş-daldırma interaksiyonu değişkenlerinin ortalama kök biyokütlesi üzerinde belirgin bir artış ya da azalış yönelimi oluşturmadığı tespit edilmiştir. Akçaağaç fidanlarında yaş-daldırma interaksiyonunun kök biyokütlesini negatif yönde etkilediği, ceviz fidanlarında daldırma süresi arttıkça ortalama kök biyokütlesinin arttığı tespit edilmiştir. Dişbudak fidanlarında daldırma süresi arttıkça ortalama kök biyokütlesinin azaldığı, göknar fidanlarında daldırma süresinin artmasının ortalama kök biyokütlesini azalmaya sebep olduğu gözlemlenmiştir. Kayın fidanlarında daldırma süresi arttıkça ortalama kök biyokütlesinin arttığı, servi fidanlarında daldırma süresi arttıkça ortalama kök biyokütlesinin azaldığı bulunmuştur.

Şekil 4.15'de akçaağaç fidanlarının daldırma süreleri ile kök biyokütlesi (g) arasındaki ilişki ve bu ilişkinin farklı fidan yaşına göre değişimleri sunulmuştur.



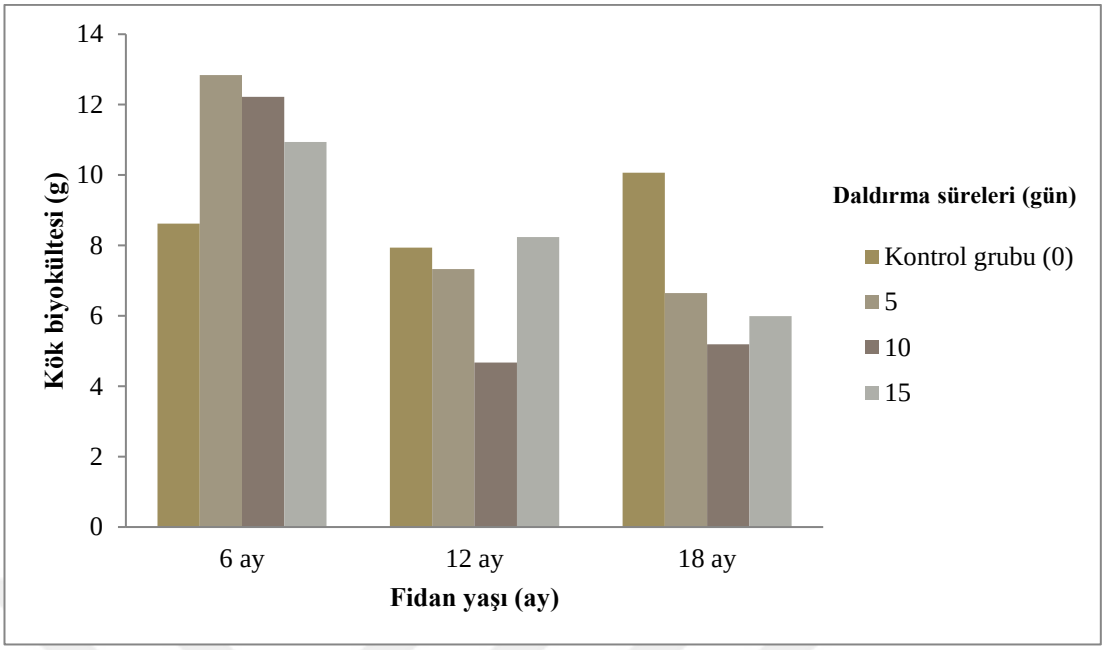
Şekil 4.15 Akçaağaç fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.15'de, 6 aylık akçaağaç fidanlarında kök biyokütlesinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.16'da ceviz fidanlarında daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



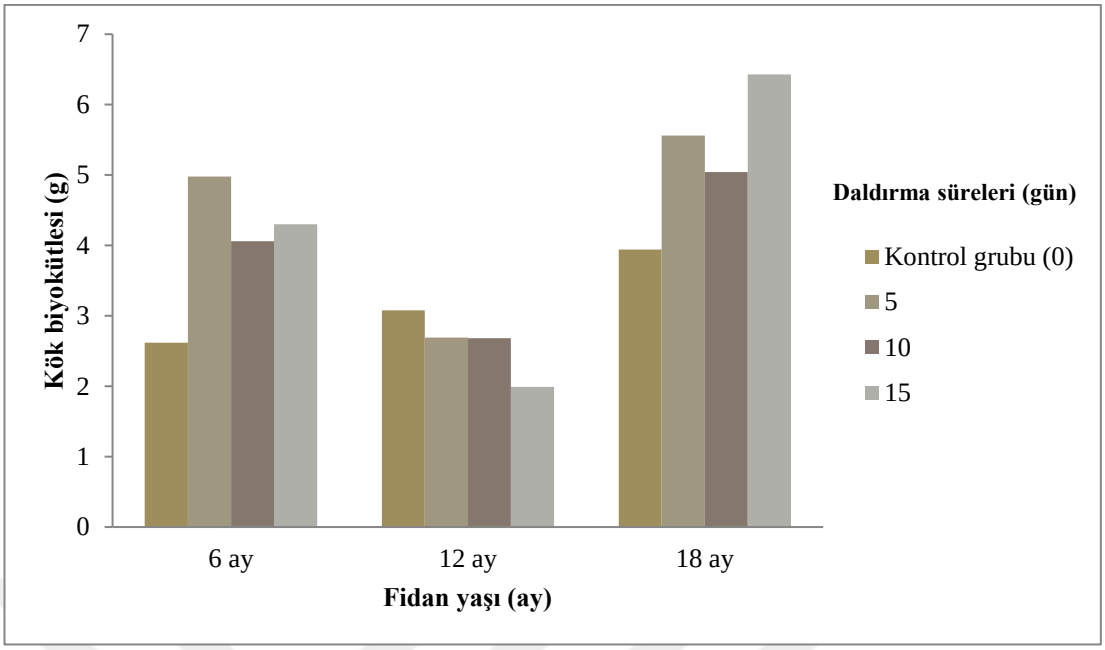
Şekil 4.16 Ceviz fidanlarında daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.16'de, 6 aylık ceviz fidanlarında kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde ise arttığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.17'de çınar fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



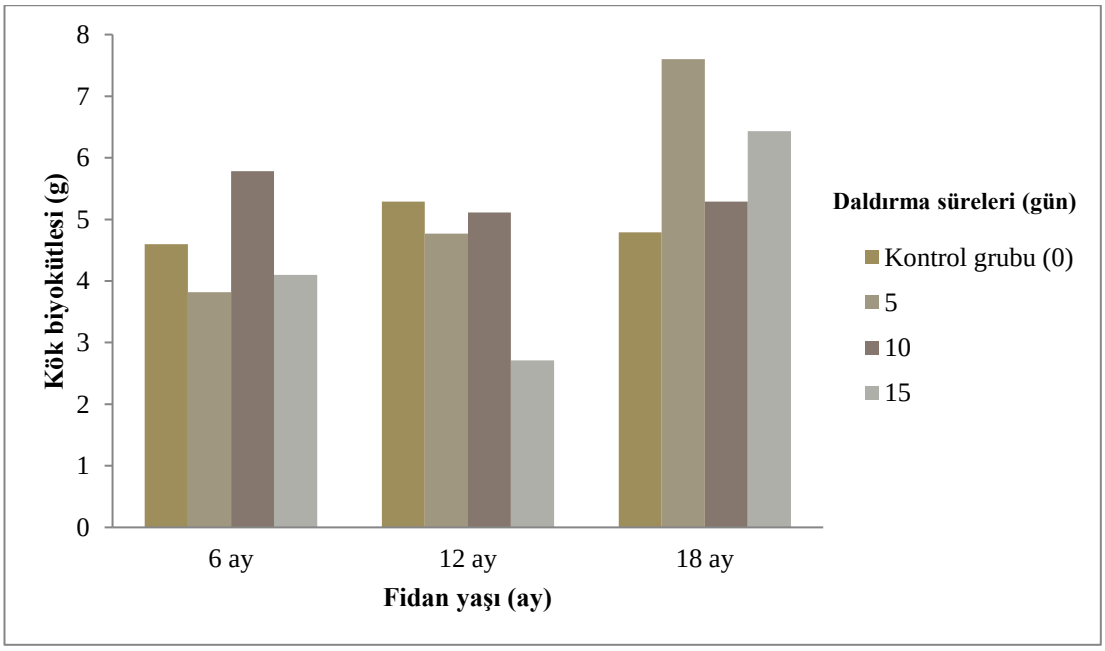
Şekil 4.17 Çınar fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.17'de, 6 aylık çınar fidanlarında kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde ise arttığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.18'de dişbudak fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



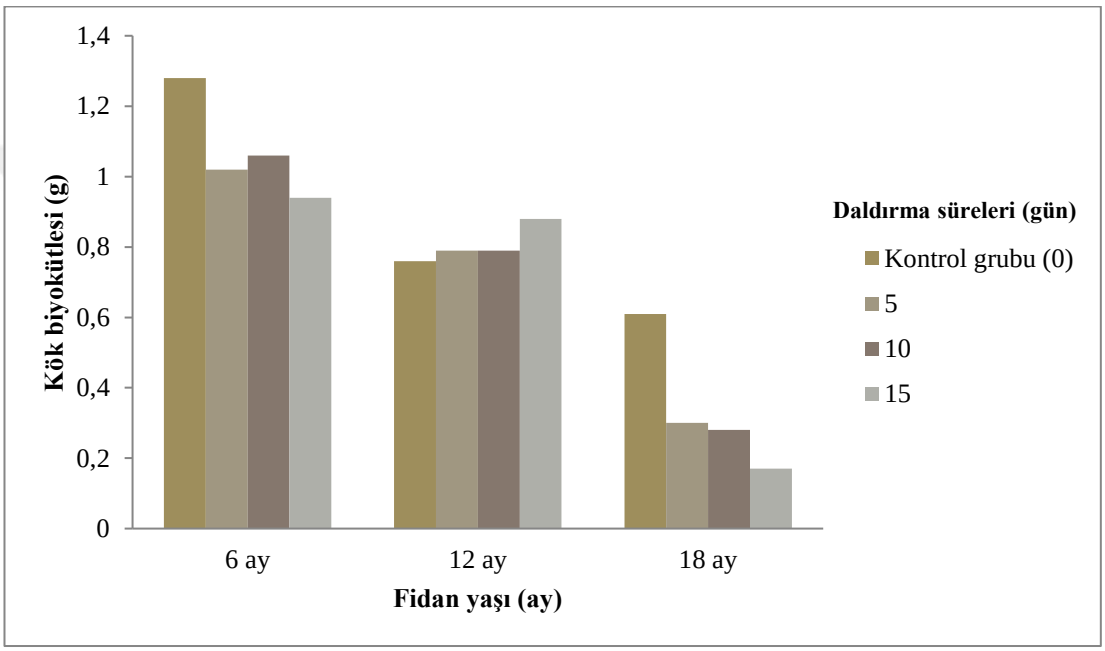
Şekil 4.18 Dişbudak fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.18'de, 6 aylık dişbudak fidanlarında kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.19'da göknar fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



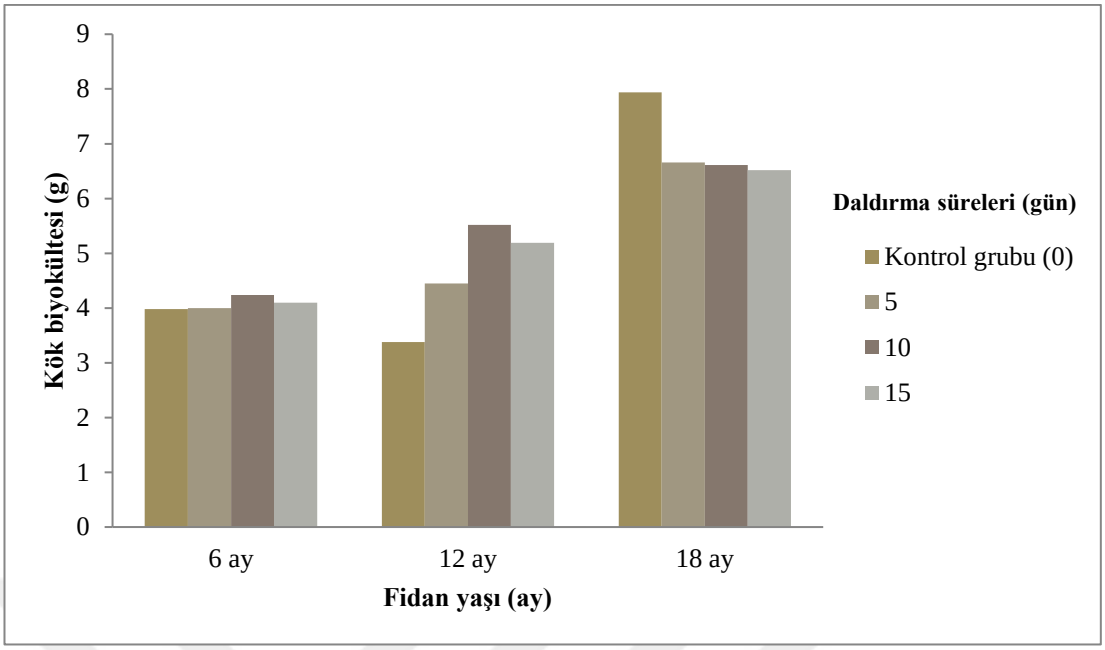
Şekil 4.19 Göknar fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.19'da, 6 aylık göknar fidanlarında kök biyokütlesinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.20'de kayın fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.20 Kayın fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.20'de, 6 aylık kayın fidanlarında kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.21'de servi fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.21 Servi fidanlarının daldırma ile kök biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.21'de, 6 aylık servi fidanlarında kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Tablo 4.7'de farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama kök biyokütlesi üzerindeki etkilerinin gruplar arasındaki farklılıkları sunulmuştur.

Tablo 4.7 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama kök biyokütlesine etkisinin karşılaştırılması

Türler	**Daldırma Süresi Grupları P-Değerleri**					
	0 - 5 Gün	**0 - 10 Gün**	**0 - 15 Gün**	**5 - 10 Gün**	**5 - 15 Gün**	**10 - 15 Gün**
Akçaağaç	0,127	0,0159*	,0039**	0,841	0,576	0,968
Ceviz	0,878	0,071	0,739	0,318	0,992	0,472
Çınar	0,05*	0,05*	0,276	0,999	0,875	0,877
Dişbudak	0,237	0,680	0,298	0,864	0,999	0,917
Göknar	0,585	0,929	0,856	0,911	0,172	0,501
Kayın	0,604	0,604	0,454	0,999	0,995	0,995
Servi	0,999	0,944	0,993	0,906	0,980	0,991

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.7, ceviz, dişbudak, göknar, kayın ve servi fidanlarında farklı daldırma sürelerinin kök biyokütlesi üzerindeki etkisinin gruplar arasındaki farklarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir. Akçaağaç fidanlarında daldırma

süreleri etkisinin bazı gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşturduğu tespit edilmiştir (0-10 gün ile 0-15 gün). Çınar fidanlarında da benzer şekilde 0–5 gün ve 0–10 gün karşılaştırmalarında anlamlı fark gözlenmiştir.

Tablo 4.8'de farklı daldırma sürelerinin ortalama gövde biyokütlesi üzerine etkisi sunulmuştur.

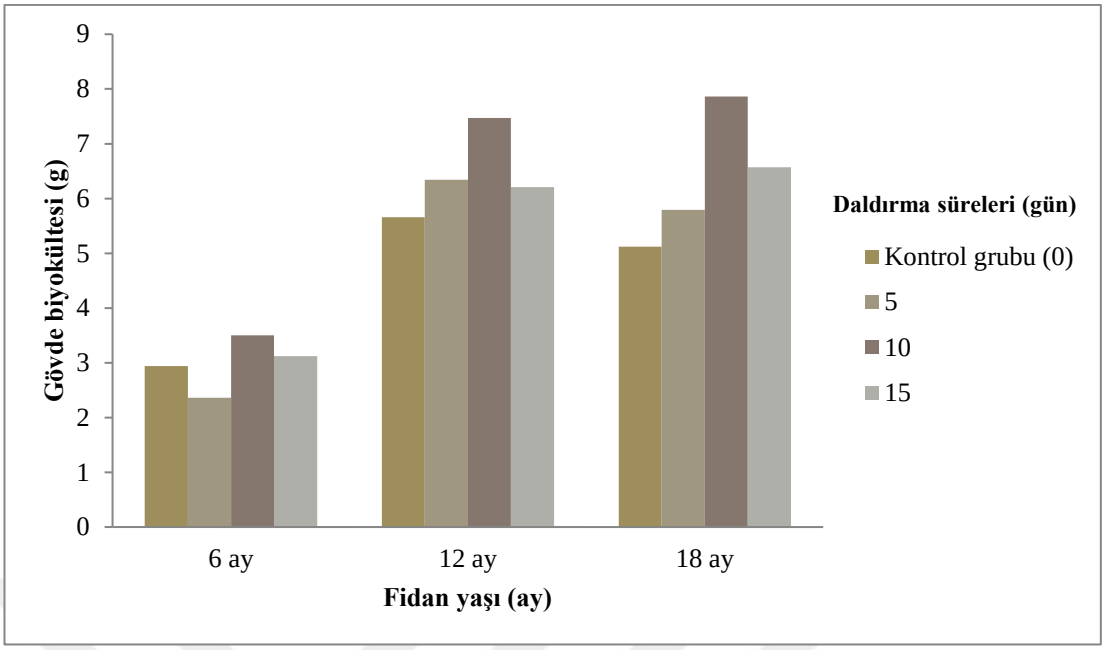
Tablo 4.8 Farklı daldırma sürelerinin ortalama gövde biyokütlesi üzerine etkisi

Türler	**Değişkenler**			**AIC**
	Sabit Değişken	**Daldırma**	**Daldırma x Yaş**	
Akçaağaç	5,095600	-0,228623 **	0,23405 ***	448,0534
Ceviz	4,506800	0,047111 ns	0,001867 ns	439,1964
Çınar	5,531600	0,050434 ns	0,000143 ns	484,1577
Dişbudak	2,6584000	-0,3169853 ***	0,0313231 ***	369,1466
Göknar	6,765600	-0,281562 **	0,016779 *	501,721
Kayın	0,6772000	0,0844849 ***	- 0,0045034 ***	171,2035
Servi	7,363120	0,018692 ns	0,000559 ns	539,6644

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

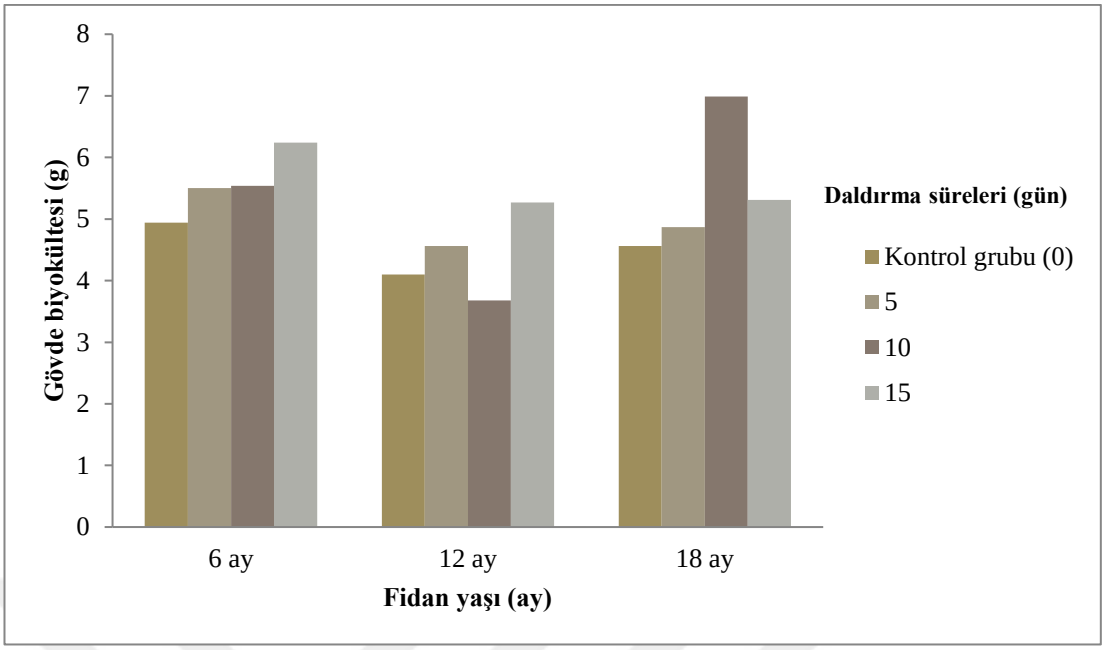
Tablo 4.8'de, ceviz, çınar ve servi fidanlarında daldırma süresi ile yaş değişkenlerinin ortalama gövde biyokütlesi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmadığı tespit edilmiştir. Akçaağaç ve dişbudak fidanlarında daldırma süresi arttıkça ortalama gövde biyokütlesinin azaldığı tespit edilmiştir. Daldırma-yaş interaksiyonunun da akçaağaç ve dişbudak fidanlarında pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4.8). Göknar fidanlarında da daldırma süresinin gövde biyokütlesi üzerine etkisinin benzer akçaağaç ve dişbudak fidanlarına benzer olduğu belirlenmiştir. Kayın fidanlarında ise daldırma süresi arttıkça ortalama gövde biyokütlesinin arttığı, daldırma-yaş interaksiyonunun ise gövde biyokütlesine negatif yönde etki ettiği bulunmuştur.

Şekil 4.22'de akçaağaç fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki ve bu ilişkinin fidanlarda yaşa bağlı değişimleri sunulmuştur.



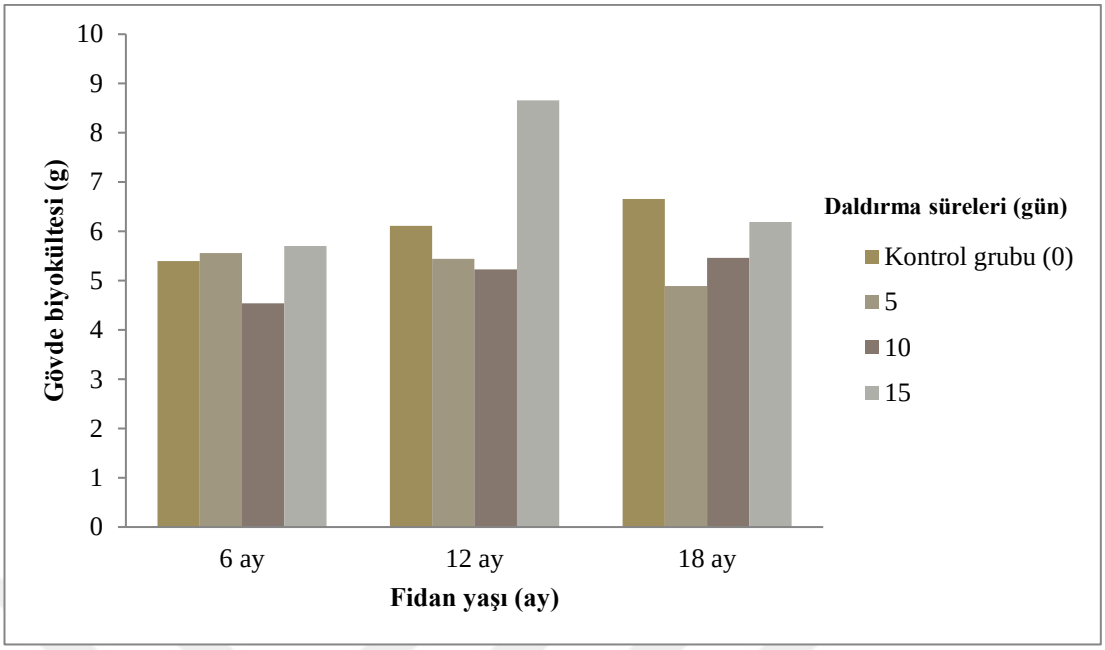
Şekil 4.22 Akçaağaç fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.22'de, 6 aylık akçaağaç fidanlarında gövde biyokütlesinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.23'de ceviz fidanlarının daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



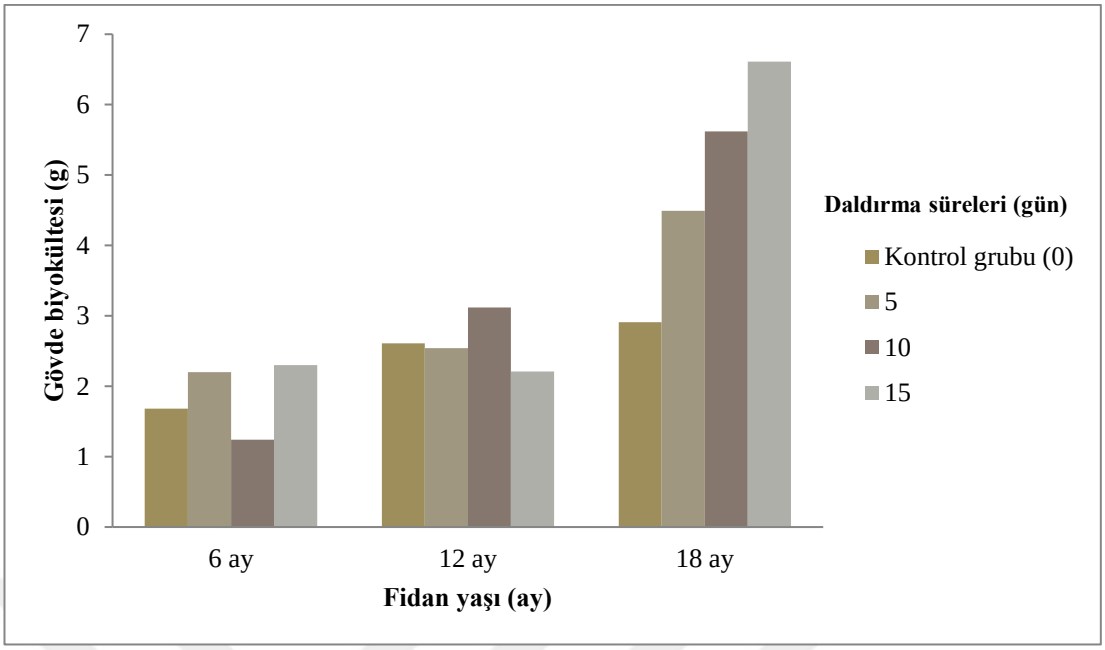
Şekil 4.23 Ceviz fidanlarının daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.23'de, 6 aylık ceviz fidanlarında gövde biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde ise azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.24'de çınar fidanlarının daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



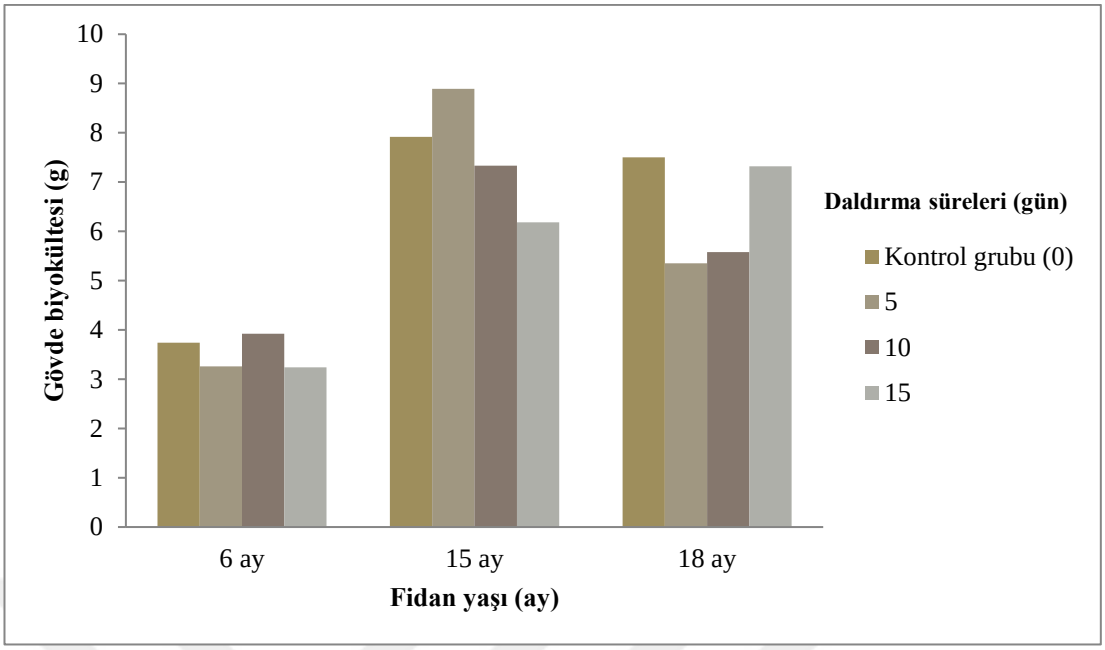
Şekil 4.24 Çınar fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.24'de, 6 aylık çınar fidanlarında gövde biyokütlesinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde ise azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.25'te dişbudak fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



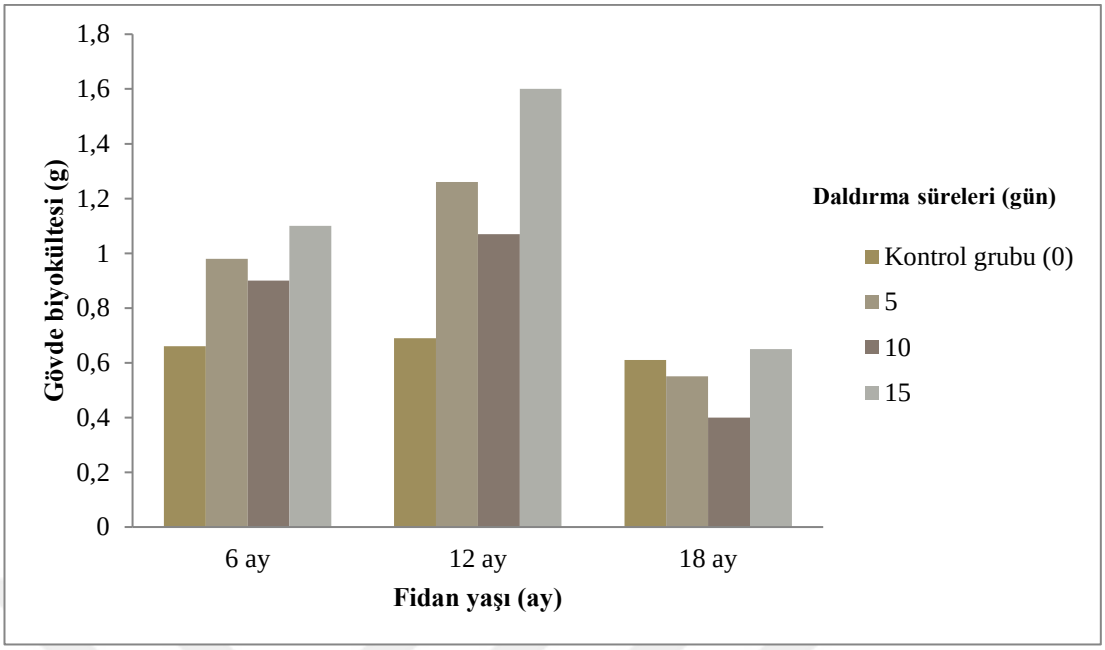
Şekil 4.25 Dişbudak fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.25'de, 6 aylık dişbudak fidanlarında gövde biyokütlesinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde ise azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.26'da göknar fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



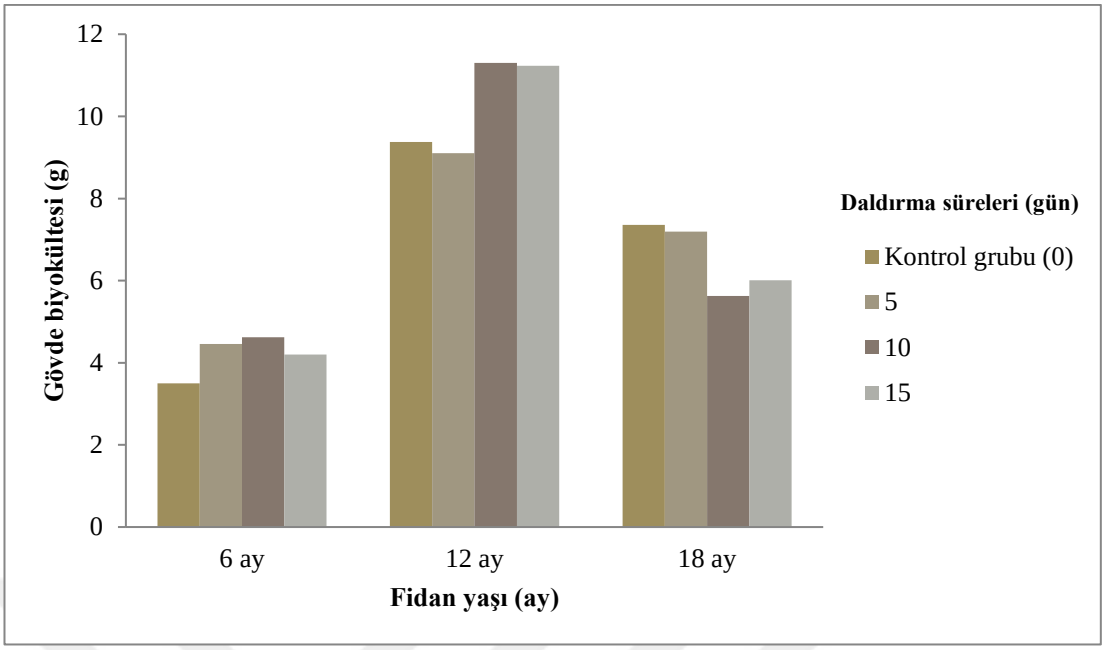
Şekil 4.26 Göknar fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.26'da 6 aylık göknar fidanlarında gövde biyokütlesinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde ise arttığı tespit edilmiştir. 15 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 5 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 ve 15 günlük daldırma süresinde ise azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.27'de kayın fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.27 Kayın fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.27'de, 6 aylık kayın fidanlarında gövde biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde ise arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.28'de servi fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.28 Servi fidanlarında daldırma ile gövde biyokütlesi arasındaki ilişki

Şekil 4.28'de, 6 aylık servi fidanlarında gövde biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 5 günlük daldırma süresinde azaldığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda gövde biyokütlesinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.9'da farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama gövde biyokütlesi üzerindeki etkilerinin gruplar arasındaki karşılaştırılmaları sunulmuştur.

Tablo 4.9 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama gövde biyokütlesine etkisi

Türler	**Daldırma Süresi Grupları P-değerleri**					
	0 - 5 Gün	**0 - 10 Gün**	**0 - 15 Gün**	**5 - 10 Gün**	**5 - 15 Gün**	**10 - 15 Gün**
Akçaağaç	0,904	0,013*	0,5405	0,080	0,911	0,301
Ceviz	0,872	0,344	0,252	0,798	0,690	0,997
Çınar	0,491	0,437	0,540	0,999	0,034*	0,027*
Dişbudak	0,558	0,124	0,0430*	0,799	0,525	0,969
Göknar	0,88	0,611	0,690	0,957	0,981	0,999
Kayın	0,264	0,857	0,009**	0,726	0,522	0,082
Servi	0,999	0,988	0,983	0,989	0,985	0,999

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.9 ceviz, göknar ve servi türleri için tüm daldırma süreleri grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmadığını göstermektedir. Dalrıma süresinin gövde biyokütlesi üzerindeki etkilerinin akçaağaç fidanlarında 0-10 gün arasında, çınar fidanlarında 5-15 gün ile 10-15 gün arasında, dişbudak ve kayın fidanlarında ise 0-15 gün arasında anlamlı farklılıklar oluşturduğu tespit edilmiştir.

4.1.4 Mortaliteye İlişkin Bulgular

Tablo 4.10'da farklı daldırma sürelerinin daldırmayı takip eden 1 vejetasyon mevsimi sonrası fidanların mortalitesine etkisi gösterilmektedir.

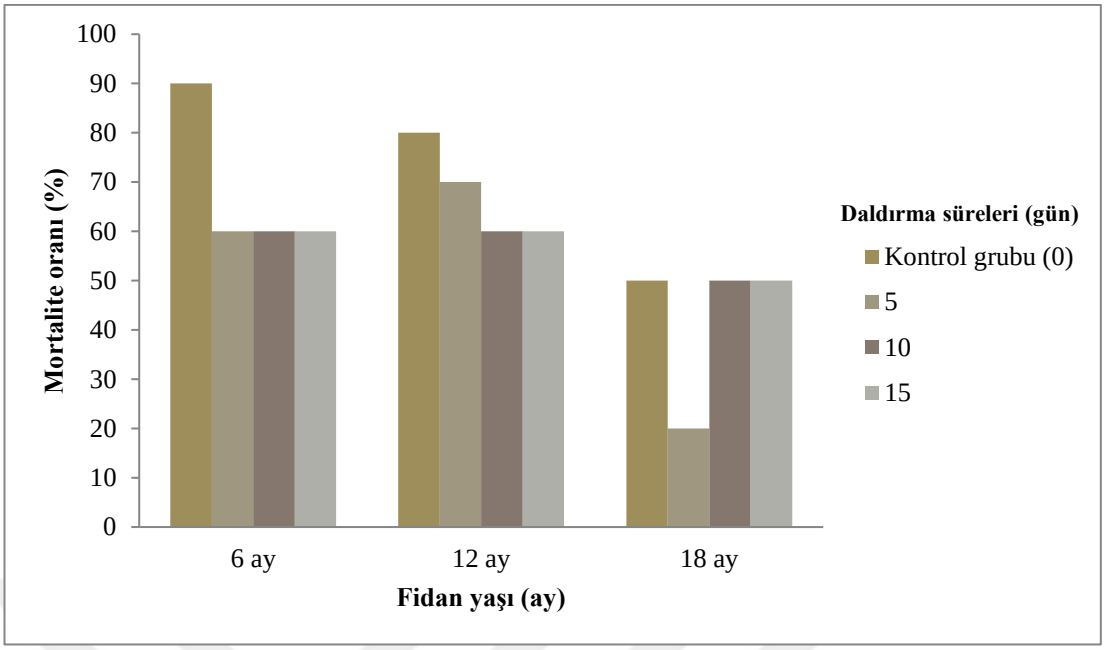
Tablo 4.10 Farklı daldırma sürelerinin 1 vejetasyon mevsimi sonrası fidanların mortalitesine etkisi

Türler	Değişkenler			AIC
	Sabit Değişken	Daldırma	Daldırma x Yaş	
Akçaağaç	0,42732	0,06220 ns	- 0,00968 *	164,51
Ceviz	0,336148	0,015404 ns	- 0,002405 ns	170,19
Çınar	0,371773	0,015791 ns	- 0,006702 ns	165,9
Dişbudak	0,646207	0,060112 ns	- 0,007961*	163,37
Göknar	-0,542280	0,086108 ns	- 0,007392 ns	160,66
Kayın	0,445951	0,097254 ns	- 0,009584 *	163,98
Servi	0,603771	0,050823 ns	- 0,007904 *	164,74

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

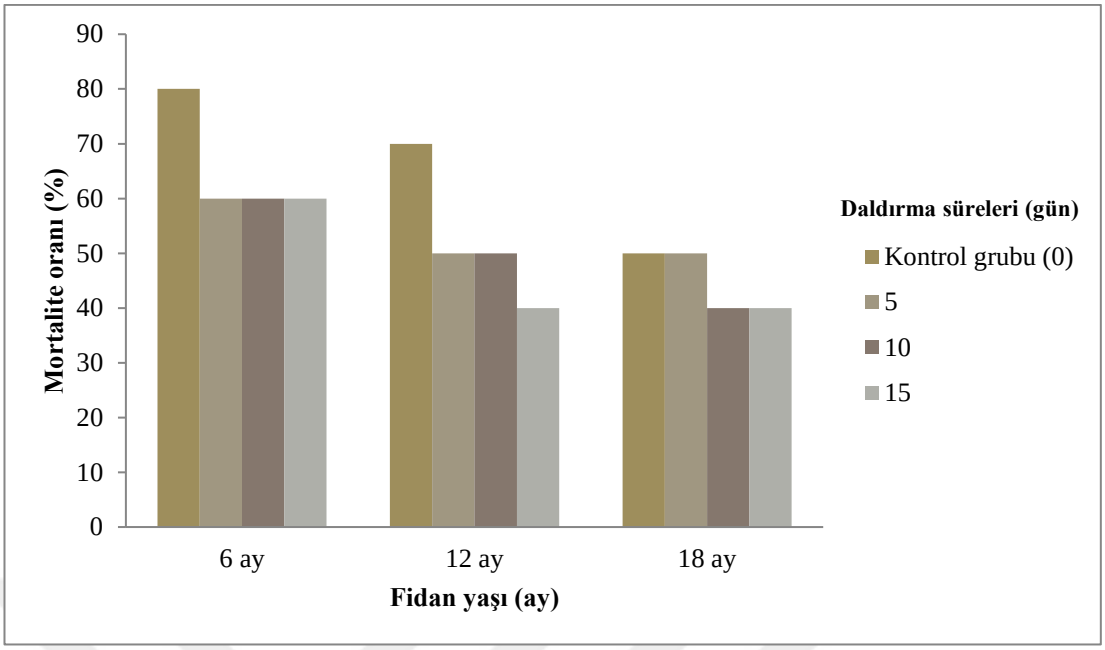
Tüm türlerde daldırma sürelerinin fidanların 1 vejetasyon sonrasındaki mortalitelerine etkisinin istatiksel olarak anlamlı bir etki etmediği görülmektedir (Tablo 4.10). Daldırma-yaş interaksiyonu değişkeninin ise akçaağaç, dişbudak, kayın ve servi fidanlarında negatif etki ettiği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, daldırmanın etkisinin fidan mortalitesi açısından genç fidanlardaki etkisinin daha yüksek olduğunu göstermektedir (Tablo 4.10).

Şekil 4.29'da akçaağaç fidanlarında daldırma ile mortalite (%) arasındaki ilişkiler ve bu ilişkilerin fidan yaşına bağlı olarak değişimleri sunulmuştur.



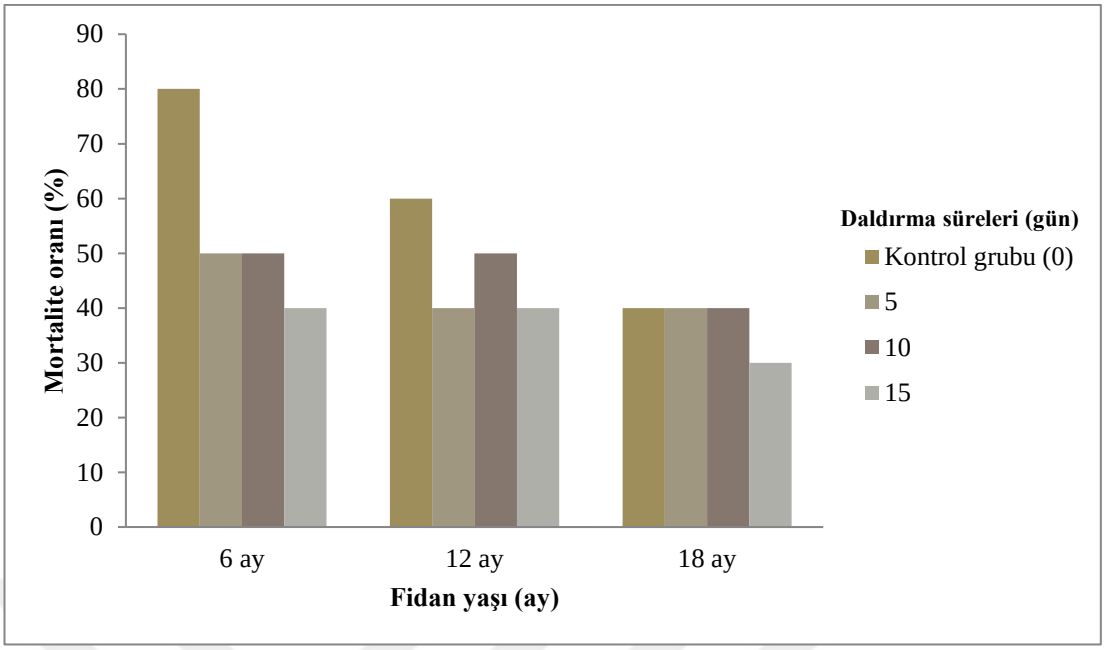
Şekil 4.29 Akçaağaç fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki

Şekil 4.29'da 6 aylık akçaağaç fidanlarında mortalitenin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda mortalitenin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise daha düşük düzeyde seyrettiği bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda mortalitenin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise kontrol grubuna benzer olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.30'te ceviz fidanlarında daldırma ile mortalite (%) arasındaki ilişki sunulmuştur.



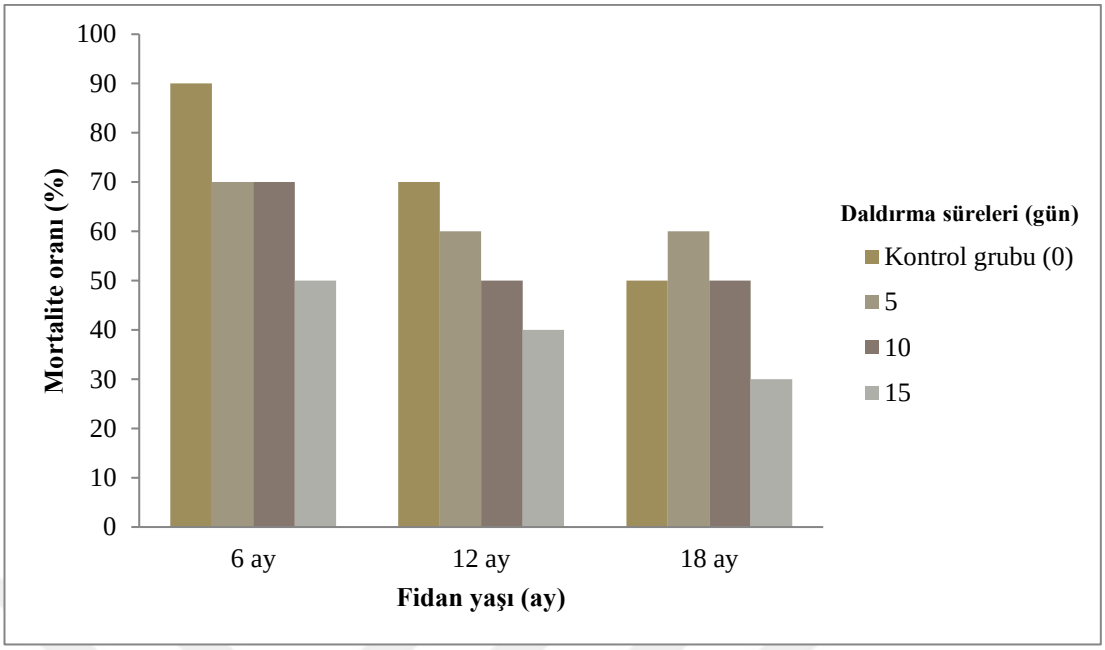
Şekil 4.30 Ceviz fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki

Şekil 4.30'da, 6 aylık ceviz fidanlarında mortalitenin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda mortalitenin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda mortalitenin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna benzer olduğu, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.31'de çınar fidanlarında daldırma ile mortalite (%) arasındaki ilişki sunulmuştur.



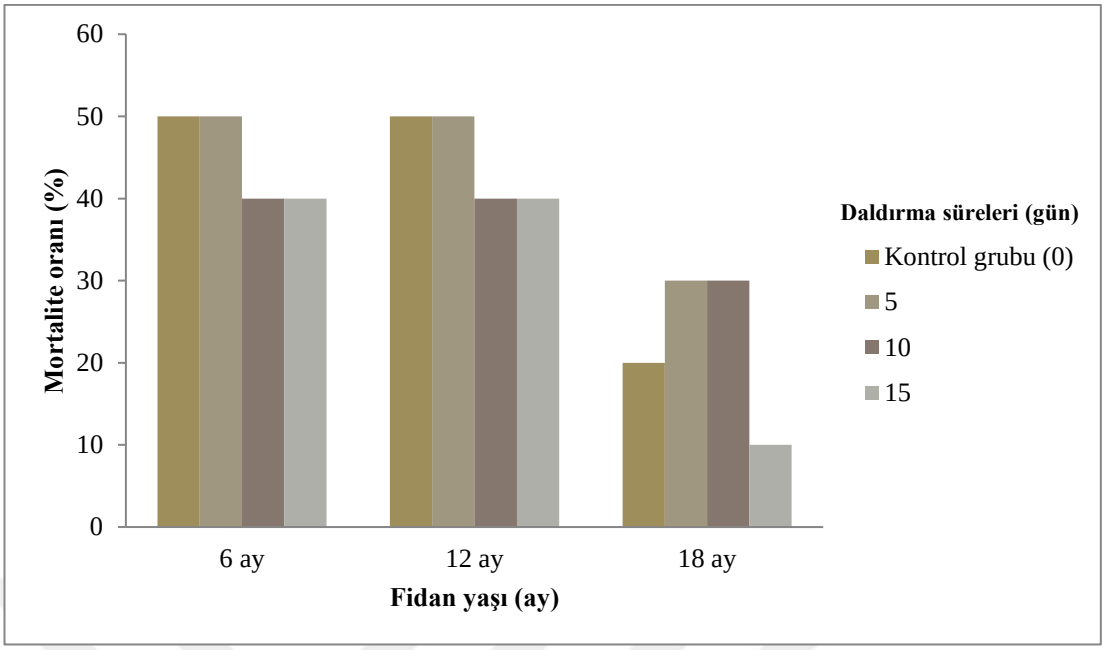
Şekil 4.31 Çınar fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki

Şekil 4.31'de, 6 aylık çınar fidanlarında mortalitenin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda mortalitenin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda mortalitenin 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde ise kontrol grubuna benzer olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.32'de dişbudak fidanlarında daldırma ile mortalite (%) arasındaki ilişki sunulmuştur.



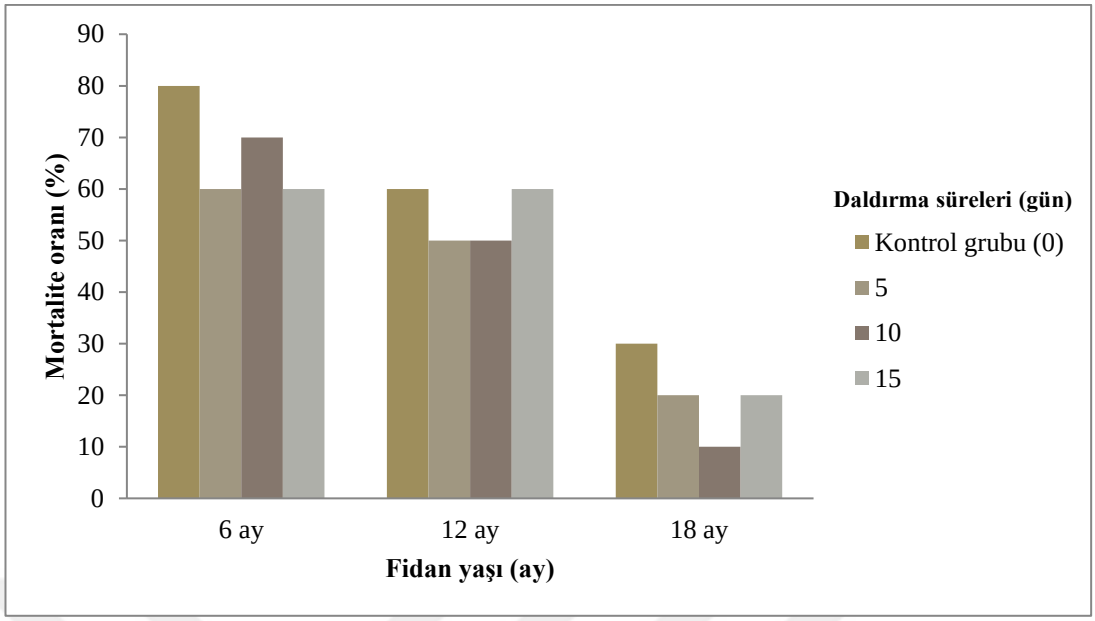
Şekil 4.32 Dişbudak fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki

Şekil 4.32'de, 6 aylık dişbudak fidanlarında mortalitenin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda mortalitenin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda mortalitenin 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı ve 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla benzer olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.33'de göknar fidanlarında daldırma ile mortalite (%) arasındaki ilişki sunulmuştur.



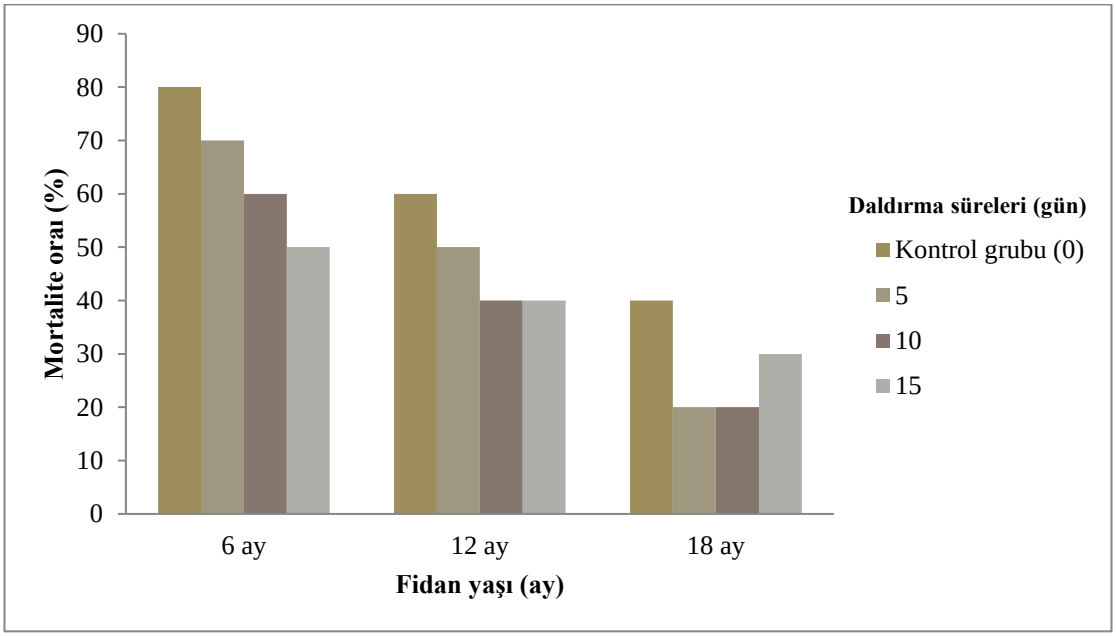
Şekil 4.33 Göknar fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki

Şekil 4.33'de, 6 aylık göknar fidanlarında mortalitenin 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 5 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna benzer olduğu tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda mortalitenin 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 5 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna benzer olduğu bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda mortalitenin 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde ise arttığı tespit edilmiştir. Şekil 3.34'de kayın fidanlarında daldırma ile mortalite (%) arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.34 Kayın fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki

Şekil 4.34'de, 6 aylık kayın fidanlarında mortalitenin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda mortalitenin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna benzer olduğu bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda mortalitenin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.35'de servi fidanlarında daldırma ile mortalite (%) arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.35 Servi fidanlarında daldırma ile mortalite arasındaki ilişki

Şekil 4.35'de, 6 aylık servi fidanlarında mortalitenin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. 12 aylık fidanlarda mortalitenin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda mortalitenin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.11'de farklı daldırma sürelerinin 1 vejetasyon mevsimi sonrası fidanların mortalitesi üzerindeki etkilerinin gruplar arasındaki karşılaştırılmaları sunulmuştur.

Tablo 4.11 Farklı daldırma sürelerinin 1 vejetasyon mevsimi sonrası fidanların mortalitesine etkisi

Türler	**Daldırma Süresi Grupları P-değerleri**					
	0 - 5 Gün	**0 - 10 Gün**	**0 - 15 Gün**	**5 - 10 Gün**	**5 - 15 Gün**	**10 - 15 Gün**
Akçaağaç	0,733	0,574	0,416	0,994	0,955	0,994
Ceviz	0,956	0,994	0,956	0,994	0,993	0,994
Çınar	0,728	0,864	0,168	0,993	0,728	0,568
Dişbudak	0,862	0,993	0,563	0,953	0,953	0,725
Göknar	0,952	0,952	0,993	0,999	0,952	0,952
Kayın	0,866	0,993	0,866	0,955	1,000	0,955
Servi	0,993	0,955	0,570	0,993	0,730	0,865

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.11 hiçbir fidan türünde daldırma süresinin mortalite üzerindeki etkisinin gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir. Tablo 4.12'de 6 aylık iken daldırmaya tabi tutulan fidanların mortalitesinin sonraki vejetasyon mevsimlerindeki değişimi sunulmuştur. Diğer bir ifadeyle, ilgili tablo 6 aylık iken daldırmaya tabi tutulan fidanların mortalitesinin ilerleyen yıllarda değişim gösterip göstermediğini göstermektedir.

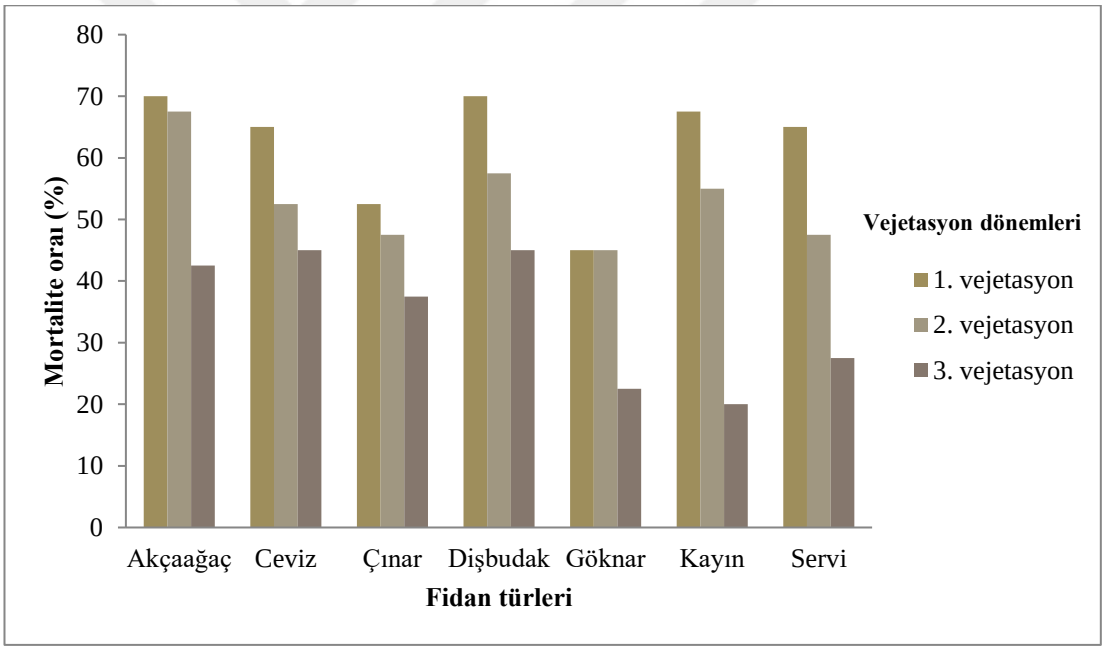
Tablo 4.12 6 aylık daldırmaya tabi tutulan fidanların mortalitesinin sonraki vejetasyon mevsimlerindeki (3 vejetasyon boyunca) değişimi

Türler	**Değişkenler**		**AIC**
	Sabit Değişken	**Vejetasyon Mevsimi Sayısı**	
Akçaağaç	1,6088	-0,5901*	159,13
Ceviz	0,9885	-0,4084 ns	166,28
Çınar	0,5742	-0,3553 ns	167,35
Dişbudak	1,2512	-0,4690*	163,46
Göknar	0,4495	-0,4902*	158,41
Kayın	1,9547	-1,0363***	151,2
Servi	1,4376	-0,7925**	158,24

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.12'de ceviz ve çınar fidanlarında daldırma sonrası yıllarda (yani 3 vejetasyon mevsimi boyunca) fidan mortalitesi istatistiksel olarak anlamlı bir değişim tespit edilmemiştir. Buna karşılık, akçaağaç, dişbudak, göknar ve kayın fidanlarında daldırma sonrası geçen vejetasyon mevsimi sayısı ile fidan mortalitesi arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif bir ilişki gözlemlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, 6 aylık iken daldırmaya tabi tutulan fidanlarda ölümler ilk vejetasyon mevsiminden ziyade ikinci ve üçüncü vejetasyon mevsimi sonrasında gözlemlenmiştir.

Şekil 4.36'da ağaç türlerine göre 6 aylık daldırmaya tabi tutulan fidanların mortalitesinin 3 vejetasyon boyunca değişimi gösterilmektedir. İlgili şekil üzerinde de ölüm oranlarının özellikle daldırmadan sonra 3. vejetasyon mevsimi sonrasında gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 4.36 Fidan türlerine göre 6 aylık daldırma ile vejetasyon mevsimi arasındaki ilişki

Şekil 4.36'da, göknar hariç diğer fidan türlerinde 1. vejetasyon dönemindeki oranların 2. ve 3. vejetasyon dönemlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Akçaağaç, ceviz, çınar, dişbudak, kayın ve servi fidanlarında mortalite oranlarının 1. vejetasyon döneminden 3. vejetasyon dönemine doğru azaldığı bulunmuştur. Göknar fidanlarında ise 1. ve 2. vejetasyon dönemlerindeki oranların benzer olduğu, 3. vejetasyon döneminde ise azaldığı tespit edilmiştir. Bu grafik taşkına maruz kalan fidanlarda

ölümlerin özellikle ilerleyen vejetasyon mevsimlerinde (yani ilerleyen yıllarda) gerçekleştiğini göstermektedir.

4.2 Kimyasal Değişkenlere İlişkin Bulgular

Tablo 4.13'de farklı daldırma sürelerinin akçaağaç fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi sunulmuştur.

Tablo 4.13 Farklı daldırma sürelerinin akçaağaç fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Kimyasal Bileşikler	Değişkenler			AIC
	Sabit Değişken	Daldırma	Daldırma x Yaş	
Klorofil-a	0,1939649	- 0,010015 ns	0,000355 ns	-4,1674
Klorofil-b	0,18055065	- 0,01316392 ns	0,00016061 ns	-15,34809
Toplam Klorofil	0,3747671	- 0,0235239 ns	0,0005341 ns	16,40037
Karotenoid	8,607359	-0,214937 ns	0,007114 ns	114,1721
a: b	1,3862155	0,0807654 ns	0,0096694**	46,92117
b: a	1,0485150	- 0,0327643 ns	- 0,0011753 ns	72,86778
Prolin-Yaprak	7,36847	-0,386124**	0,01096 ns	89,402
Glikoz-Yaprak	0,13324598	- 0,00417017 ns	0,00010740 ns	-69,77041
Sakkaroz-Yaprak	28,852201	-0,351385 ns	0,018637 ns	107,2865
Fenolik-Yaprak	9,577710	0,077740 ns	- 0,003416 ns	57,50393
Prolin-Gövde	6,273726	-0,187858 ns	0,012820 ns	92,14197
Glikoz-Gövde	0,019514644	- 0,0020371 ns	0,00041 ns	-32,6515
Sakkaroz-Gövde	21,894785	0,737814 ns	- 0,014195 ns	165,9296
Fenolik-Gövde	15,299811	-0,530842***	0,034279***	81,02326
Prolin-Kök	28,280840	-1,465347***	0,094123***	136,2
Glikoz-Kök	3,798148	-0,543574 ns	0,011403 ns	140,9944
Sakkaroz-Kök	27,361504	0,009617 ns	0,000262 ns	120,3847
Fenolik-Kök	10,434915	-1,224542**	0,066868**	124,8155

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.13'te, klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, karotenoid, b:a oranı, glikoz-yaprak, sakkaroz-yaprak, fenolik-yaprak, prolin-gövde, glikoz-gövde, sakkaroz-gövde, glikoz-kök ve sakkaroz-kök bileşiklerinde daldırma süresi ile yaş değişkenlerinin kimyasal içerikler üzerinde belirgin bir artış ya da azalış yönelimi oluşturmadığı tespit edilmiştir. a:b oranında yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının değeri artırıcı yönde etkilediği, prolin-yaprak içeriğinde daldırma süresi arttıkça içeriğin azaldığı, fenolik-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği bulunmuştur. Prolin-kök içeriğinde daldırma süresi arttıkça belirgin bir

azalış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği, fenolik-kök içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği bulunmuştur. Tablo 4.14'de farklı daldırma sürelerinin ceviz fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi sunulmuştur.

Tablo 4.14 Farklı daldırma sürelerinin ceviz fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Kimyasal Bileşikler	**Değişkenler**			**AIC**
	Sabit Değişken	**Daldırma**	**Daldırma x Yaş**	
Klorofil-a	0,10096662	0,0117516***	- 0,000809***	-68,55192
Klorofil-b	0,10646899	0,0101143***	- 0,0007903***	-80,11168
Toplam Klorofil	0,20743561	0,021866***	- 0,001599***	-66,5648
Karotenoid	12,078762	0,634900**	- 0,050975***	120,8607
a: b	1,0752096	- 0,0165168 ns	0,0013924 ns	59,09147
b: a	1,0810440	- 0,0454297 ns	0,0028768 ns	56,61671
Prolin- Yaprak	7,510147	0,929514***	- 0,066098***	109,303
Glikoz- Yaprak	0,23450428	- 0,0053837 ns	0,00001565 ns	-41,48726
Sakkaroz- Yaprak	12,590802	-0,915136 ns	0,086353 ns	166,3064
Fenolik- Yaprak	9,720320	-0,132519 ns	0,006404 ns	74,44604
Prolin- Gövde	7,267004	-0,413255**	0,012819 ns	90,94775
Glikoz- Gövde	0,09940540	- 0,023248***	0,00098494***	-57,65459
Sakkaroz- Gövde	3 0,074030	- 0,043602 ns	0,001254 ns	68,27905
Fenolik- Gövde	16,180763	0,029075 ns	- 0,006683*	59,2249
Prolin- Kök	28,054141	-0,287585 ns	0,009974 ns	116,9327
Glikoz- Kök	2,3608191	-0,7793680 ns	0,0431018 ns	166,5453
Sakkaroz- Kök	28,466588	- 0,056091 ns	0,003837 ns	42,15141
Fenolik- Kök	9,747683	-0,225738 ns	0,003862 ns	119,4409

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.14'de, a:b oranı, b:a oranı, glikoz-yaprak, sakkaroz-yaprak, fenolik-yaprak, sakkaroz-gövde, prolin-kök, glikoz-kök, sakkaroz-kök ve fenolik-kök bileşiklerinde daldırma süresi ile yaş değişkenlerinin kimyasal içerikler üzerinde belirgin bir artış ya da azalış yönelimi oluşturmadığı tespit edilmiştir. Klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil içeriklerinde daldırma süresi arttıkça artış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri azaltıcı yönde etkilediği, karotenoid içeriğinde daldırma süresi arttıkça artış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir. Prolin-yaprak içeriğinde daldırma süresi arttıkça artış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği, prolin-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış

meydana geldiği, glikoz-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği bulunmuştur. Ayrıca fenolik-gövde içeriğinde yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir. Tablo 4.15'de farklı daldırma sürelerinin çınar fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi sunulmuştur.

Tablo 4.15 Farklı daldırma sürelerinin çınar fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Kimyasal Bileşikler	**Değişkenler**			**AIC**
	Sabit Değişken	**Daldırma**	**Daldırma x Yaş**	
Klorofil-a	0,04169395	- 0,000432***	0,00046722**	-54,48551
Klorofil-b	0,006608242	0,02342407**	- 0,000958539*	-41,32515
Toplam Klorofil	0,04830219	0,02299162**	- 0,00049132	-30,53372
Karotenoid	5,548157	0,223965**	- 0,005909**	68,4649
a: b	1,8384249	-0,16044***	0,0084671**	52,13422
b: a	0,4863803	0,1695483**	- 0,0089193**	39,34561
Prolin- Yaprak	5,605813 n	0,048593 ns	- 0,008897 ns	82,33302
Glikoz- Yaprak	0,16513006	- 0,00084290 ns	- 0,00056266*	-60,663
Sakkaroz- Yaprak	24,291012	0,974622*	- 0,082466**	136,863
Fenolik- Yaprak	9,467438	0,320929*	- 0,032650***	90,70578
Prolin- Gövde	10,262655	-1,598556***	0,098035***	126,5899
Glikoz- Gövde	0,10403173	- 0,002984 ns	- 0,00009458 ns	-14,62346
Sakkaroz- Gövde	28,700996	0,039308 ns	- 0,001048 ns	74,79644
Fenolik- Gövde	16,04	0,172168 ns	- 0,016033 ns	93,46446
Prolin- Kök	33,09893	-1,18795***	0,06798***	81,27258
Glikoz- Kök	0,6639064	1,1261249*	- 0,0635393*	148,6227
Sakkaroz- Kök	29,560404	-1,794538***	0,092599***	132,1209
Fenolik- Kök	9,714758	- 0,061144 ns	- 0,010957 ns	126,9824

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.15'de, prolin-yaprak, glikoz-gövde, sakkaroz-gövde, fenolik-gövde ve fenolik-kök bileşiklerinde daldırma süresi ile yaş değişkenlerinin kimyasal içerikler üzerinde belirgin bir artış ya da azalış yönelimi oluşturmadığı tespit edilmiştir. Klorofil-a içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği, klorofil-b ve toplam klorofil içeriklerinde daldırma süresi arttıkça artış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri azaltıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir. Karotenoid içeriğinde daldırma süresi arttıkça artış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği, a:b oranında daldırma

süresi arttıkça azalış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının oranı artırıcı yönde etkilediği, b:a oranında daldırma süresi arttıkça artış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının oranı azaltıcı yönde etkilediği bulunmuştur. Glikoz-yaprak içeriğinde yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği, sakkaroz-yaprak ve fenolik-yaprak içeriklerinde daldırma süresi arttıkça artış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri azaltıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir. Prolin-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça belirgin bir azalış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği bulunmuştur. Prolin-kök ve sakkaroz-kök içeriklerinde daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri artırıcı yönde etkilediği, glikoz-kök içeriğinde daldırma süresi arttıkça artış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği görülmüştür. Tablo 4.16'da farklı daldırma sürelerinin dişbudak fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi sunulmuştur.

Tablo 4.16 Farklı daldırma sürelerinin dişbudak fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Kimyasal Bileşikler	**Değişkenler**			**AIC**
	Sabit Değişken	**Daldırma**	**Daldırma x Yaş**	
Klorofil-a	0,16650030	- 0,036374***	0,00247933***	-29,1849
Klorofil-b	0,09688637	- 0,01151***	0,000822***	-62,9585
Toplam Klorofil	0,24355333	- 0,046184***	0,00330143***	-19,50486
Karotenoid	8,016655	-0,715343***	0,051408***	99,93124
a: b	1,8130684	-0,1745457*	0,0104065*	69,75891
b: a	0,7789889	0,0823563 ns	- 0,0058362 ns	52,38433
Prolin- Yaprak	5,886571	-0,120732 ns	0,008347 ns	99,85471
Glikoz- Yaprak	0,21005844	0,0095922***	- 0,0010807***	-83,38392
Sakkaroz- Yaprak	21,081892	-0,949809 ns	0,055880 ns	155,6055
Fenolik- Yaprak	8,494850	0,000314 ns	0,001160 ns	64,99415
Prolin- Gövde	10,168249	-0,265768 ns	0,009448 ns	117,865
Glikoz- Gövde	0,001213560	0,01338975*	- 0,0004924 ns	-37,5184
Sakkaroz- Gövde	26,182914	-4,345111***	0,252440***	143,5271
Fenolik- Gövde	13,258661	-0,596957 ns	0,052655 ns	147,3318
Prolin- Kök	33,91293	-0,38496*	0,01332 ns	96,53061
Glikoz- Kök	12,682891	5,092920***	-0,359501***	172,6992
Sakkaroz- Kök	17,202437	0,567726 ns	- 0,040874 ns	165,595
Fenolik- Kök	12,141793	1,295733***	-0,100803***	98,7879

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.16'da, b:a oranı, prolin-yaprak, sakkaroz-yaprak, fenolik-yaprak, prolin-gövde, fenolik-gövde ve sakkaroz-kök bileşiklerinde daldırma süresi ile yaş değişkenlerinin kimyasal içerikler üzerinde belirgin bir artış ya da azalış yönelimi oluşturmadığı tespit edilmiştir. Klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil içeriklerinde daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri artırıcı yönde etkilediği, karotenoid içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir. a:b oranında daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının oranı artırıcı yönde etkilediği, glikoz-yaprak içeriğinde daldırma süresi arttıkça artış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği, glikoz-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça artış görüldüğü bulunmuştur. Sakkaroz-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça belirgin bir azalış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği, prolin-kök içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış görüldüğü, glikoz-kök ve fenolik-kök içeriklerinde daldırma süresi arttıkça artış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri azaltıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir. Tablo 4.17'de farklı daldırma sürelerinin göknar fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi sunulmuştur.

Tablo 4.17 Farklı daldırma sürelerinin göknar fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Kimyasal Bileşikler	**Değişkenler**			**AIC**
	Sabit Değişken	**Daldırma**	**Daldırma x Yaş**	
Klorofil-a	0,15148278	- 0,0065625 ns	0,00039461 ns	-44,01116
Klorofil-b	0,04228344	- 0,015969**	0,00138559***	-54,65071
Toplam Klorofil	0,19376622	- 0,022532**	0,0017802**	-23,30891
Karotenoid	5,476499	- 0,056138 ns	0,015528 ns	119,8961
a: b	2,8938820	0,1882429*	- 0,0179803**	71,49211
b: a	0,3426272	- 0,0889933**	0,0078766***	17,56712
Prolin- Yaprak	6,510012	-0,431116**	-0,431116*	96,09264
Glikoz- Yaprak	0,28852548	0,02190464**	- 0,0020577***	-26,21726
Sakkaroz- Yaprak	21,120152	3,626464***	-0,273267***	152,5014
Fenolik- Yaprak	9,605907	0,030061 ns	- 0,003254 ns	55,18817
Prolin- Gövde	15,472162	-1,570740*	0,134057**	162,5107
Glikoz- Gövde	0,07405679	- 0,02528688*	0,00166882*	-9,961186
Sakkaroz- Gövde	28,150026	- 0,096567 ns	0,014326 ns	87,3381
Fenolik- Gövde	12,912392	-0,772003 ns	0,050463 ns	142,1712
Prolin- Kök	33,56186	0,09313 ns	- 0,00871 ns	96,88828

Tablo 4.17'nin devamı.

Glikoz- Kök	9,560193	1,118192 ns	- 0,079029 ns	168,6057
Sakkaroz- Kök	21.515541	1.700271*	-0.127342*	173.8541
Fenolik- Kök	11.236334	0.391349 ns	- 0,029461 ns	121.9034

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.17'de, klorofil-a, karotenoid, fenolik-yaprak, sakkaroz-gövde, fenolik-gövde, prolin-kök, glikoz-kök ve fenolik-kök bileşiklerinde daldırma süresi ile yaş değişkenlerinin kimyasal içerikler üzerinde belirgin bir artış ya da azalış yönelimi oluşturmadığı tespit edilmiştir. Klorofil-b ve toplam klorofil içeriklerinde daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri artırıcı yönde etkilediği, a:b oranında daldırma süresi arttıkça artış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının oranı azaltıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir. b:a oranında daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının oranı artırıcı yönde etkilediği, prolin-yaprak içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış meydana geldiği, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının da içeriği azaltıcı yönde etkilediği, glikoz-yaprak ve sakkaroz-yaprak içeriklerinde daldırma süresi arttıkça artış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri azaltıcı yönde etkilediği bulunmuştur. Prolin-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği, glikoz-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği, sakkaroz-kök içeriğinde daldırma süresi arttıkça artış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir. Tablo 4.18'de farklı daldırma sürelerinin kayın fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi sunulmuştur.

Tablo 4.18 Farklı daldırma sürelerinin kayın fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Kimyasal Bileşikler	Değişkenler			AIC
	Sabit Değişken	Daldırma	Daldırma x Yaş	
Klorofil-a	0,11958120	0,00007487 ns	- 0,00037075***	-86,35749
Klorofil-b	0,08591649	0,00350989 ns	- 0,00039632**	-74,28408
Toplam Klorofil	0,20549770	0,00358476 ns	- 0,00076707***	-58,62345
Karotenoid	7,832115	- 0,008268 ns	- 0,007291***	31,30743
a: b	1,4620454	- 0,0481388 ns	0,0014888 ns	42,83216
b: a	0,7904950	0,0370589 ns	- 0,0007723 ns	28,00844
Prolin- Yaprak	5,098630	- 0,065065 ns	0,009799 ns	97,62323
Glikoz- Yaprak	0,14016328	0,00058843 ns	- 0,00031276 ns	-53,23888
Sakkaroz- Yaprak	22,786819	-2,839544***	0,175970***	125,9776
Fenolik- Yaprak	9,213880	-0,297704**	0,017530**	69,19762
Prolin- Gövde	12,294092	-1,610280*	0,095564*	165,4576
Glikoz- Gövde	0,14359380	- 0,02278864*	0,00092067 ns	-23,01653
Sakkaroz- Gövde	28,610194	0,220085***	- 0,013096***	52,89433
Fenolik- Gövde	16,259770	- 0,096857 ns	- 0,004296 ns	119,4256
Prolin- Kök	34,66399	0,73614***	- 0,05924***	73,22614
Glikoz- Kök	6,633144	2,999143***	-0,178257***	143,4544
Sakkaroz- Kök	20,809486	-1,459479*	0,108771*	157,8701
Fenolik- Kök	9,965234	0,556852 ns	- 0,045630*	128,169

İstatistik önem düzeyleri: “***”: 0,000; “**”: 0,001; “*”: 0,01 ‘.’: 0,05

Tablo 4.18’de, a:b oranı, b:a oranı, prolin-yaprak, glikoz-yaprak ve fenolik-gövde bileşiklerinde daldırma süresi ile yaş değişkenlerinin kimyasal içerikler üzerinde belirgin bir artış ya da azalış yönelimi oluşturmadığı tespit edilmiştir. Klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil içeriklerinde yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri azaltıcı yönde etkilediği, karotenoid içeriğinde yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği, sakkaroz-yaprak içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği bulunmuştur. Fenolik-yaprak içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği, prolin-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği, glikoz-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış meydana geldiği tespit edilmiştir. Sakkaroz-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça artış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği, prolin-kök ve glikoz-kök içeriklerinde daldırma süresi arttıkça artış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri azaltıcı yönde etkilediği, sakkaroz-kök içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış görülürken,

yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği bulunmuştur. Fenolik-kök içeriğinde ise yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir. Tablo 4.19'da farklı daldırma sürelerinin servi fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi sunulmuştur.

Tablo 4.19 Farklı daldırma sürelerinin servi fidanlarının farklı kısımlarındaki kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Kimyasal Bileşikler	**Değişkenler**			**AIC**
	Sabit Değişken	**Daldırma**	**Daldırma x Yaş**	
Klorofil-a	0,04554336	0,004662***	- 0,00007*	-117,1491
Klorofil-b	0,03266691	- 0,0064808 ns	0,0006813*	-45,70561
Toplam Klorofil	0,07821027	- 0,0018187 ns	0,00061122*	-39,14444
Karotenoid	5,803381	0,082699 ns	- 0,000990 ns	105,7942
a: b	1,6287298	0,1315207*	- 0,0100424**	50,36328
b: a	0,6748903	-0,1008181*	0,0078118*	48,91563
Prolin- Yaprak	5,613680	0,251481*	- 0,019516**	74,37729
Glikoz- Yaprak	0,14276503	0,0032568 ns	- 0,00043327 ns	-58,17695
Sakkaroz- Yaprak	21,119497	-0,476468 ns	- 0,014151 ns	164,7491
Fenolik- Yaprak	10,169254	- 0,079331 ns	- 0,002051 ns	93,22966
Prolin- Gövde	6,630013	-0,568610**	0,071752***	103,9292
Glikoz- Gövde	0,11617622	0,03313824**	- 0,00201090**	-20,49033
Sakkaroz- Gövde	30,258809	-0,211432 ns	0,003182 ns	103,8695
Fenolik- Gövde	16,528288	0,444032***	- 0,039140***	73,56732
Prolin- Kök	34,23253	0,52025 ns	- 0,03601 ns	131,2625
Glikoz- Kök	18,299900	-1,291431 ns	0,079015 ns	179,6197
Sakkaroz- Kök	26,435797	-0,473630 ns	0,029806 ns	118,2863
Fenolik- Kök	9,830449	-1,199922***	0,083829***	106,459

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.19'da, karotenoid, glikoz-yaprak, sakkaroz-yaprak, fenolik-yaprak, sakkaroz-gövde, prolin-kök, glikoz-kök ve sakkaroz-kök bileşiklerinde daldırma süresi ile yaş değişkenlerinin kimyasal içerikler üzerinde belirgin bir artış ya da azalış yönelimi oluşturmadığı tespit edilmiştir. Klorofil-a içeriğinde daldırma süresi arttıkça artış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği, klorofil-b ve toplam klorofil içeriklerinde yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri artırıcı yönde etkilediği, a:b oranında daldırma süresi arttıkça artış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının oranı azaltıcı yönde etkilediği bulunmuştur. b:a oranında daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının oranı artırıcı yönde etkilediği, prolin-

yaprak içeriğinde daldırma süresi arttıkça artış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği, prolin-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir. Glikoz-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça artış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği, fenolik-gövde içeriğinde daldırma süresi arttıkça artış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği azaltıcı yönde etkilediği, fenolik-kök içeriğinde daldırma süresi arttıkça azalış meydana gelirken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkilediği bulunmuştur. Tablo 4.20'de farklı daldırma sürelerine maruz bırakılan fidan türlerine ait klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, karotenoid, klorofil a/b ve b/a oranlarına ilişkin ortalama ve standart sapma (±) değerleri sunulmuştur.

Tablo 4.20 Farklı daldırma türlerine ait fidan türlerinde; klorofil a, klorofil b toplam klorofil karotenoid klorofil a/b ve b/a değerlerine ilişkin ortalama ve standart sapma (±)

Ağaç Türü	Daldırma	Klorofil a	Klorofil b	Toplam Klorofil	Karetonid	Klorofil a/b	Klorofil b/a
Akçaağaç	Kontrol	0,261±0,061	0,239±0,046	0,501±0,093	9,84±0,939	1,23±0,182	1,243±0,493
	5	0,081±0,008	0,046±0,006	0,123±0,015	6,341±0,223	2,028±0,135	0,506±0,033
	10	0,122±0,005	0,065±0,009	0,188±0,003	7,27±0,13	1,85±0,023	0,54±0,006
	15	0,17±0,023	0,051±0,009	0,22±0,023	7,72±0,37	2,36±7,72	0,39±0,048
Ceviz	Kontrol	0,12±0,001	0,13±0,004	0,24±0,02	14,42±0,38	0,91±0,04	1,12±0,52
	5	0,1±0,002	0,07±0,008	0,17±0,006	8,94±0,774	1,58±0,23	0,73±0,106
	10	0,06±0,012	0,08±0,01	0,143±0,022	8,76±0,87	0,67±0,078	1,63±0,19
	15	0,12±0,015	0,1±0,013	0,22±0,028	12,31±0,64	1,28±0,015	0,78±0,009
Çınar	Kontrol	0,05±0,005	0,04±0,003	0,09±0,009	5,86±0,137	1,45±0,043	0,69±0,02
	5	0,08±0,007	0,04±0,004	0,12±0,011	6,26±0,12	2,24±0,071	0,45±0,01
	10	0,06±0,031	0,04±0,03	0,1±0,006	5,9±0,07	1,52±0,039	0,66±0,017
	15	0,17±0,013	0,19±0,027	0,36±0,014	8,23±0,17	1,14±0,24	1,22±0,26
Dişbudak	Kontrol	0,016±0,03	0,07±0,004	0,2±0,033	7,23±0,46	2,1±0,32	0,55±0,08
	5	0,17±0,03	0,14±0,003	0,3±0,03	9,1±0,76	1,24±0,3	1,16±0,25
	10	0,21±0,03	0,12±0,01	0,33±0,05	9,31±0,86	1,73±0,06	0,58±0,02
	15	0,16±0,034	0,09±0,011	0,25±0,04	8,09±0,63	1,63±0,17	0,66±0,07
Göknar	Kontrol	0,18±0,012	0,06±0,002	0,24±0,014	5,14±1,45	3±0,09	0,34±0,01
	5	0,15±0,004	0,06±0,003	0,2±0,0006	7,36±0,016	2,66±0,25	0,4±0,037
	10	0,07±0,001	0,06±0,009	0,13±0,007	6,26±0,04	1,44±0,24	0,84±0,13
	15	0,19±0,01	0,14±0,034	0,33±0,45	8,45±0,4	2,04±0,43	0,68±0,14
Kayın	Kontrol	0,11±0,004	0,07±0,005	0,18±0,01	7,43±0,06	1,74±0,08	0,58±0,02
	5	0,12±0,002	0,09±0,006	0,21±0,009	7,64±0,036	1,25±0,055	0,81±0,035
	10	0,04±0,003	0,08±0,005	0,13±0,008	7,05±0,084	0,53±0,0008	1,89±0,003
	15	0,04±0,007	0,03±0,005	0,07±0,02	5,67±0,13	1,55±0,024	0,65±0,01
Servi	Kontrol	0,05±0,0003	0,03±0,0006	0,08±0,001	5,97±0,06	1,76±0,02	0,57±0,008
	5	0,05±0,001	0,04±0,002	0,08±0,003	6,06±0,088	1,35±0,067	0,75±0,037
	10	0,1±0,0016	0,11±0,02	0,21±0,02	6,13±1,11	1,41±0,35	1,17±0,29
	15	0,09±0,0012	0,07±0,0003	0,16±0,0009	7,08±0,008	1,42±0,02	0,7±0,12

Tablo 4.20'de, akçaağaç fidanlarında klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerlerinin daldırma süresi arttıkça genel olarak azaldığı, karotenoid içeriğinin ise kontrol grubunda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Klorofil a/b oranının özellikle düşük daldırma sürelerinde arttığı, b/a oranının ise daldırma süresi arttıkça azaldığı görülmüştür. Ceviz fidanlarında klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerlerinin daldırma süresine bağlı olarak dalgalı bir değişim gösterdiği, karotenoid içeriğinin kontrol grubunda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Klorofil a/b ve b/a oranlarının daldırma sürelerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Çınar fidanlarında klorofil pigmentlerinin özellikle 15 günlük daldırma süresinde belirgin şekilde arttığı, toplam klorofil ve karotenoid değerlerinin bu uygulamada daha yüksek olduğu görülmüştür. Klorofil a/b ve b/a oranlarının daldırma süresine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Dişbudak fidanlarında klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerlerinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde arttığı, karotenoid içeriğinin bu uygulamalarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Klorofil a/b ve b/a oranlarının daldırma süresine bağlı olarak farklılık gösterdiği bulunmuştur. Göknar fidanlarında klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerlerinin 15 günlük daldırma süresinde daha yüksek olduğu, karotenoid içeriğinin ise daldırma süresi arttıkça artış gösterdiği belirlenmiştir. Klorofil a/b oranının kontrol grubunda daha yüksek olduğu, b/a oranının ise daldırma sürelerine bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Kayın fidanlarında klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerlerinin daldırma süresi arttıkça genel olarak azaldığı, karotenoid içeriğinin düşük daldırma sürelerinde daha yüksek olduğu görülmüştür. Klorofil a/b ve b/a oranlarının daldırma süresine bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir. Servi fidanlarında klorofil pigmentlerinin daldırma sürelerine bağlı olarak dalgalı bir değişim sergilediği, toplam klorofil ve karotenoid değerlerinin 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Klorofil a/b ve b/a oranlarının uygulamalara göre değiştiği bulunmuştur. Tablo 4.21'de farklı daldırma sürelerine ait fidanlarda kök, gövde ve yaprakta fenolik bileşikler, prolin ve şeker değerlerine ilişkin ortalama ve standart sapma (±) değerleri sunulmuştur.

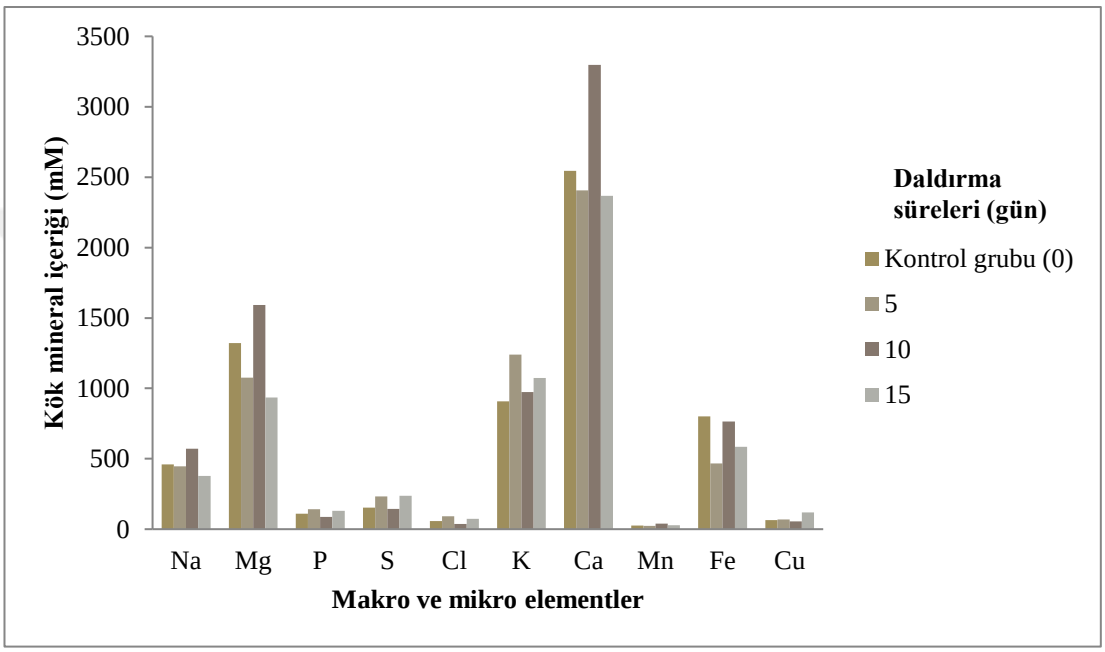
Tablo 4.21 Farklı daldırma sürelerine ait fidanlarda; kök gövde ve yaprakta fenolik bileşikler, prolin ve şeker değerlerine ilişkin ortalama ve standart sapma (±)

Ağaç Türü	Daldırma	Glikoz Yaprak	Sakkaroz Yaprak	Fenolik Yaprak	Prolin Gövde	Glikoz Gövde	Sakkaroz Gövde	Fenolik Gövde	Prolin Kök	Glikoz Kök	Sakkaroz Kök	Fenolik Kök
Akçaağaç	Kontrol	0,142±0,016	29,26±0,324	10,08±0,109	5,27±0,67	0,02±0,003	23,08±3,082	14,56±0,219	25,82±1,002	0,722±0,98	25,542±0,128	9,815±0,247
	5	0,108±0,001	28,52±0,33	9,148±0,01	7,062±0,042	0,006±0,007	22,67±2,94	15,68±0,09	31,02±1,36	6,41±0,76	25,18±1,23	11,13±0,28
	10	0,106±0,001	26,82±0,94	9,45±0,104	6,42±0,22	0,126±0,027	27,24±1,878	16,38±0,34	28,96±1,36	0,22±0,76	27,19±0,49	6,45±1,98
	15	0,099±0,002	28,63±0,141	10,42±0,12	6,015±0,277	0,04±0,003	30,31±0,23	14,05±0,72	25,36±1,53	3,4±0,43	28,3±0,1	7,68±0,51
Ceviz	Kontrol	0,23±0,02	14,15±2,11	9,56±0,23	8,04±0,4	0,12±0,007	30,29±0,15	15,72±0,23	27,62±0,66	4,67±3,99	28,35±0,11	10,63±0,102
	5	0,22±0,025	14,64±3,51	10,12±0,087	5,03±0,35	0,02±0,022	29,75±0,207	16,27±0,0141	28,9±0,497	0,33±1,181	28,54±0,173	7,35±0,295
	10	0,18±0,007	11,43±1,92	8,66±0,16	5±0,063	0,01±0,022	29,6±0,25	15,97±0,06	24,93±0,65	3,16±0,049	28,69±0,05	8,55±1
	15	0,15±0,008	21,55±0,038	9,44±0,265	4,36±0,289	0,01±0,012	29,92±0,226	14,63±0,14	26,64±0,319	3,62±0,92	28,33±0,11	7,43±0,88
Çınar	Kontrol	0,17±0,001	23,29±2,005	9,07±0,125	9,66±1,52	0,14±0,53	28,86±0,218	16,26±0,129	33,77±0,023	2,66±2,63	28,59±0,133	8,85±0,73
	5	0,11±0,014	23,71±1,39	8,65±0,11	10,64±1,39	0,04±0,017	28,35±0,345	15,51±0,147	31±0,72	0,45±304	27,79±0,189	10,22±0,84
	10	0,07±0,018	22,9±0,64	8,94±0,008	8,76±1,43	0,03±0,003	29,41±0,106	15,07±0,87	31,9±0,87	0,36±0,403	27,9±0,274	6,8±96
	15	0,03±0,008	19,29±1,46	6,15±0,9	8,15±1,37	0,07±0,01	28,9±0,18	15,27±0,07	30,67±1,12	5,28±1,44	21,79±2,69	6,23±0,86
Dişbudak	Kontrol	0,21±0,0008	22,47±1,44	8,18±0,15	11,84±0,3	0,01±0,004	28,68±0,445	13,86±0,868	34,7±0,03	12,17±4,47	16,23±1,88	11,81±0,75
	5	0,19±0,02	20,44±1,02	8,94±0,29	7,4±0,7	0,05±0,12	19,16±3,29	14,06±0,55	32,11±0,56	11,5±4,15	18,37±3,75	11,87±0,62
	10	0,12±0,018	15,96±2,83	8,89±0,12	8,21±0,35	0,01±0,017	21,56±2,99	13,71±0,87	31,45±0,31	10,5±6,25	16,89±0,43	9,37±1,56
	15	0,12±0,017	22,11±0,058	8,5±0,028	9,5±0,48	0,12±0,021	18,57±4,12	17,19±2,91	37,83±0,35	7,52±4,71	15,97±2,15	9,03±1,62
Göknar	Kontrol	0,34±0,02	21,92±2,18	9,78±0,007	13,84±4,066	0,14±0,037	28,09±0,43	11,74±2,22	33,09±0,49	7,86±0,6	22,96±2,11	11,51±0,45
	5	0,18±0,03	18,13±3,65	9,19±0,29	18,93±0,57	1,1±0,006	28,73±0,39	14,04±0,6	33,9±0,47	14,56±2,4	14,16±3,24	9,9±0,69
	10	0,17±0,02	15,24±4,3	9,53±0,09	22,26±2,03	0,01±0,0018	29,54±0,46	13,85±0,39	33,56±0,14	3,31±0,46	27,69±0,14	12,1±1,36
	15	0,2±0,032	15,01±3,72	9,36±0,079	20,07±2,28	0,13±0,04	29,79±0,25	11,56±1,5	32,68±0,5	10,49±3,37	14,95±2,65	9,93±0,3
Kayın	Kontrol	0,14±0,02	23,84±1,51	9,42±0,02	16,19±3,24	0,14±0,014	28,58±0,073	15,95±0,23	34,71±0,42	7,8±1,57	20,95±2,92	8,67±1,19
	5	0,1±0,0051	20,41±0,95	8,89±0,25	7,14±0,23	0,1±0,03	28,97±0,16	15,3±0,75	33,82±0,6	6,34±1,1	21,17±1,93	10,6±0,2
	10	0,12±0,003	20,4±2,69	8,55±0,44	7,38±0,039	0,07±0,036	28,45±0,27	15,88±0,78	33,16±0,81	10,23±3,91	23,1±2,12	10,02±0,15
	15	0,07±0,009	20,51±2,92	8,95±0,28	13,16±2,63	0,01±0,01	29,15±0,245	13,07±0,92	32,39±0,94	11,93±2,11	23,18±2,14	6,74±1,47
Servi	Kontrol	0,14±0,02	21,4±0,45	10,12±0,25	8,3±0,42	0,12±0,13	30,58±1,033	16,14±0,2	35,32±0,04	19,48±0,68	26,95±0,38	9,88±0,52
	5	0,13±0,006	13,01±1,94	10,16±0,019	6,68±0,59	0,1±0,02	29,02±0,16	15,94±0,12	31,44±0,12	20,65±1,059	25,22±1,12	9,64±0,04
	10	0,1±0,008	22,72±1,59	8,13±0,5	11,68±0,97	0,21±0,025	28,52±0,07	16,01±0,49	36,14±0,83	7,95±4,72	26,79±0,73	11,22±0,49
	15	0,1±0,009	6,68±0,009	8,96±0,39	15,09±1,19	0,13±0,051	28,01±0,13	13,73±0,77	33,42±1,46	21,94±1,27	25,99±0,94	10,31±2,07

Tablo 4.21'de, akçaağaç fidanlarında yaprak glikoz ve sakkaroz içeriklerinin daldırma süresine bağlı olarak genel olarak azalma eğilimi gösterdiği, yaprak fenolik içeriğinin ise daldırma süresine göre dalgalı bir değişim sergilediği tespit edilmiştir. Gövde sakkaroz ve fenolik içeriklerinin özellikle 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde daha yüksek olduğu, kök prolin ve sakkaroz içeriklerinin ise daldırma uygulamalarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Ceviz fidanlarında yaprak glikoz içeriğinin daldırma süresi arttıkça azaldığı, yaprak sakkaroz ve fenolik içeriklerinin ise görece sabit kaldığı görülmüştür. Gövde prolin içeriğinin daldırma süresi arttıkça azaldığı, kök prolin ve fenolik içeriklerinin uygulamalara bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Çınar fidanlarında yaprak glikoz ve sakkaroz içeriklerinin daldırma süresi arttıkça azalma eğilimi gösterdiği, yaprak fenolik içeriğinin ise özellikle kontrol ve düşük daldırma sürelerinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Gövde sakkaroz ve fenolik içeriklerinin büyük ölçüde benzer düzeylerde seyrettiği, kök prolin içeriğinin kontrol ve yüksek daldırma sürelerinde daha yüksek olduğu görülmüştür. Dişbudak fidanlarında yaprak glikoz ve sakkaroz içeriklerinin daldırma süresine bağlı olarak azaldığı, yaprak fenolik içeriğinin ise sınırlı değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Gövde sakkaroz içeriğinin düşük daldırma sürelerinde daha yüksek olduğu, kök glikoz ve fenolik içeriklerinin uygulamalara bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Göknar fidanlarında yaprak glikoz ve sakkaroz içeriklerinin daldırma süresi arttıkça azaldığı, yaprak fenolik ve prolin içeriklerinin ise özellikle 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde daha yüksek olduğu görülmüştür. Gövde sakkaroz içeriğinin uygulamalar arasında büyük farklılık göstermediği, kök prolin ve fenolik içeriklerinin daldırma süresine bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Kayın fidanlarında yaprak glikoz ve sakkaroz içeriklerinin daldırma süresine bağlı olarak azalma eğilimi gösterdiği, yaprak fenolik içeriğinin ise 15 günlük daldırma süresinde arttığı belirlenmiştir. Gövde ve kök şeker içeriklerinin uygulamalara bağlı olarak dalgalı bir değişim sergilediği görülmüştür. Servi fidanlarında yaprak glikoz ve sakkaroz içeriklerinin daldırma süresine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği, yaprak fenolik içeriğinin özellikle yüksek daldırma sürelerinde arttığı tespit edilmiştir. Gövde sakkaroz ve fenolik içeriklerinin daldırma sürelerine göre farklılık gösterdiği, kök prolin ve glikoz içeriklerinin ise uygulamalara bağlı olarak dalgalı bir dağılım sergilediği belirlenmiştir.

4.3 Mineral Bileşiklere İlişkin Bulgular

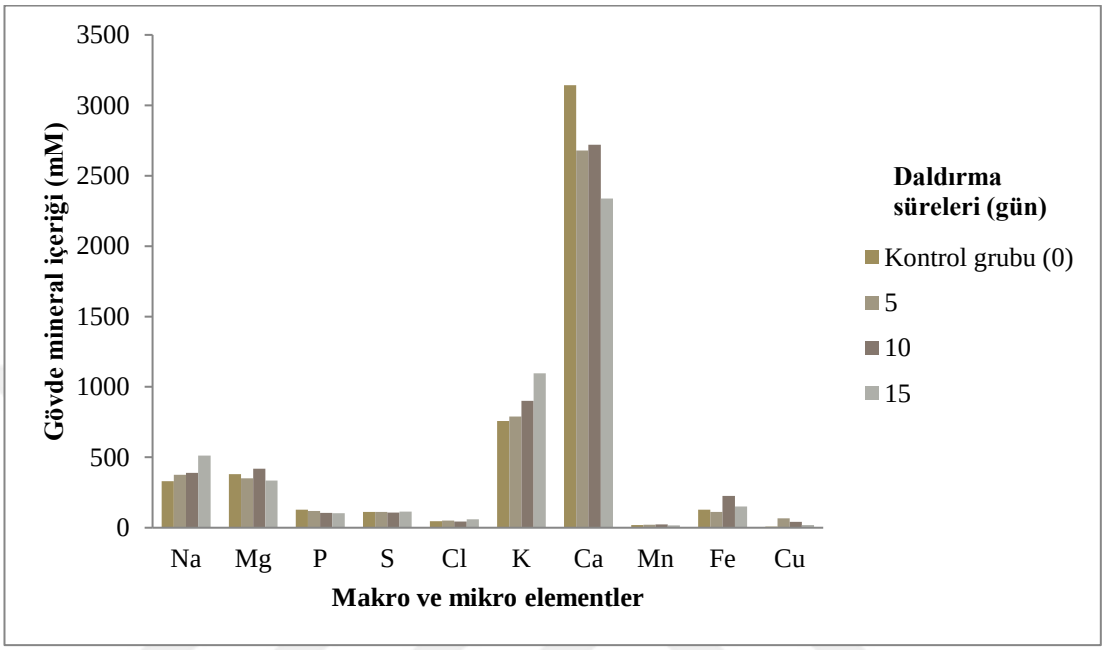
Bu bölümde farklı daldırma sürelerine (0; 5; 10 ve 15 gün) maruz bırakılan fidanların çeşitli makro ve mikro element içeriklerinin (milimol (mM) cinsinden) değişimi detaylıca incelenmiştir. Şekil 4.37'de akçaağaç fidanlarının kök mineral değerlerinin ortalamaları sunulmuştur.



Şekil 4.37 Akçaağaç fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması

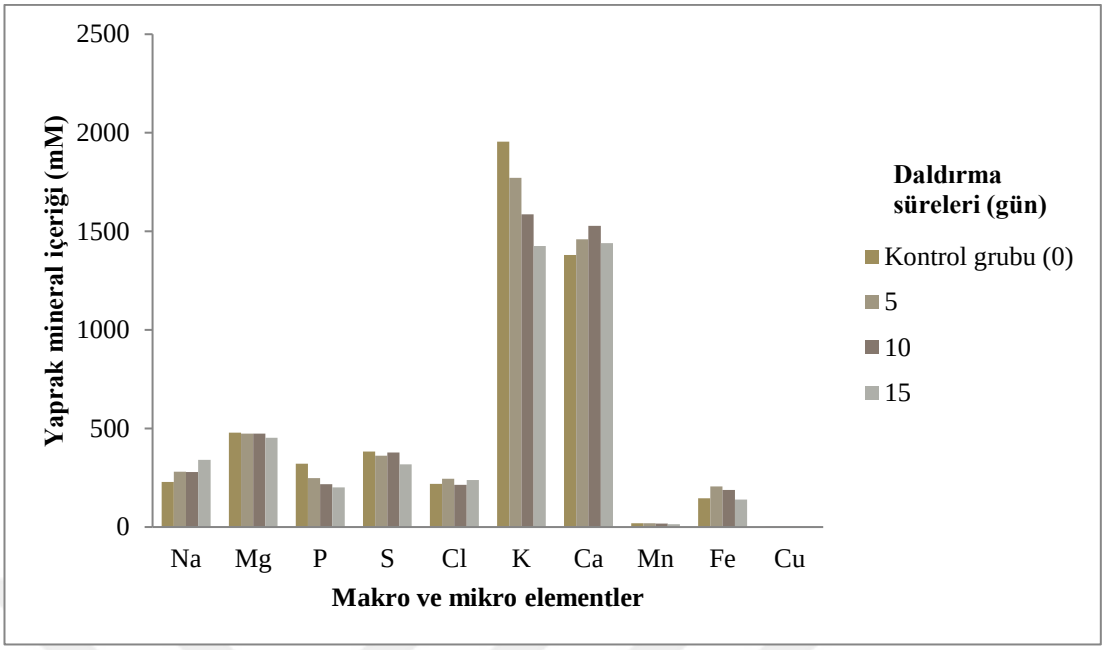
Şekil 4.37'de, akçaağaç fidanlarının köklerinde Na ve Mg içeriklerinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı tespit edilmiştir. P içeriğinin kontrol grubuna göre 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde arttığı, 10 günlük daldırma süresinde ise azaldığı bulunmuştur. S içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla benzer olduğu ancak 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Cl içeriklerinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. K içeriğinin kontrol grubuna göre 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde arttığı, Ca içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde arttığı bulunmuştur. Mn içeriğinin 5; 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Fe içeriğinin kontrol grubuna göre 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde azaldığı

bulunmuştur. Cu içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.38'de akçaağaç fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



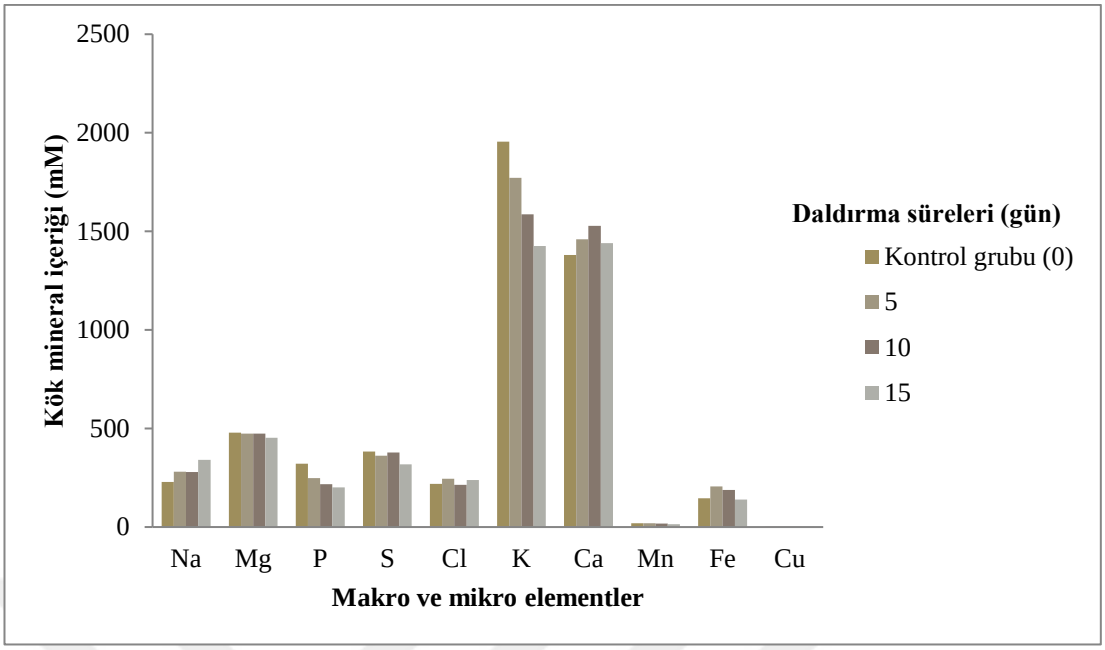
Şekil 4.38 Akçaağaç fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.38'de, akçaağaç fidanlarının gövdelerinde Na içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Mg içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı bulunmuştur. P içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. S içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuyla benzer olduğu ancak 15 günlük daldırma süresinde arttığı tespit edilmiştir. Cl içeriğinin 15 günlük daldırma süresinde arttığı, 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde ise kontrol grubuna benzer olduğu bulunmuştur. K içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Ca içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Mn içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı tespit edilmiştir. Fe içeriğinin 10 gün daldırma süresinde arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı bulunmuştur. Cu içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, diğer daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.39'da akçaağaç fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



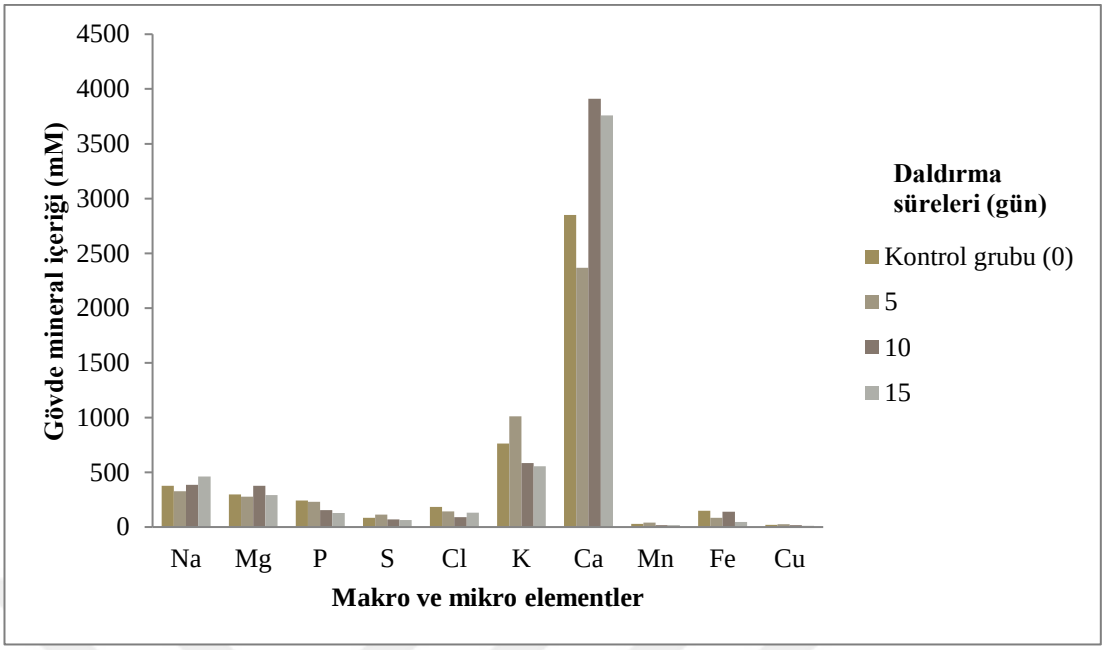
Şekil 4.39 Akçaağaç fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.39'da, akçaağaç fidanlarının yapraklarında Na içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Mg içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. P içeriğinin kontrol grubuna göre 5; 10 ve 15 günlük daldırma süresinde azaldığı; S içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı ancak 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla benzer seviyede olduğu bulunmuştur. Cl içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla benzer seviyede olduğu tespit edilmiştir. K içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Ca içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Mn içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Fe içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Cu içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Şekil 4.40'da ceviz fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



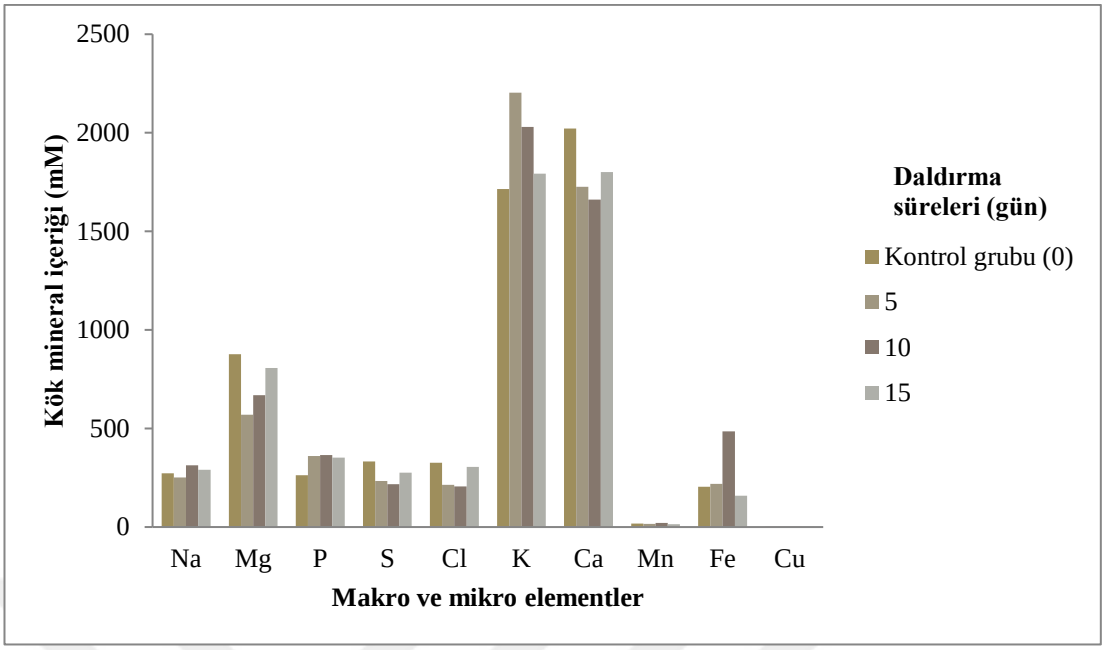
Şekil 4.40 Ceviz fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.40 ceviz köklerinde Na içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Mg içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. P içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, S içeriğinin de benzer şekilde 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı ancak 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla benzer olduğu, Cl içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla benzer olduğu bulunmuştur. K içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, Ca içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. Mn içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna benzer olduğu ancak 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Fe içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Cu içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna benzer olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.41'de ceviz fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



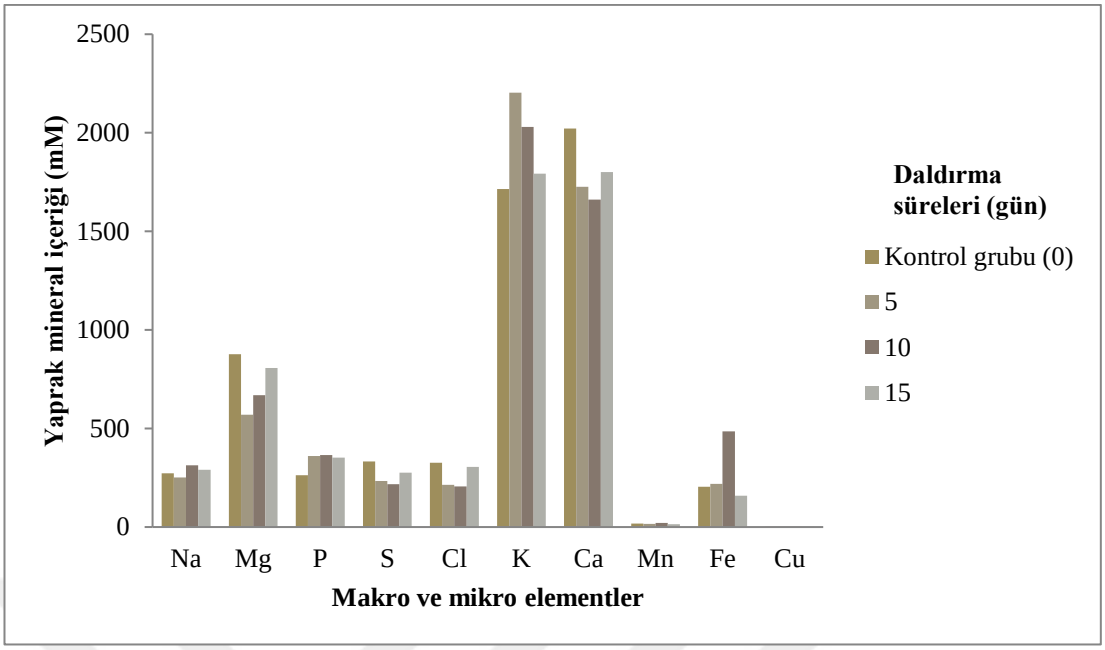
Şekil 4.41 Ceviz fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.41'de, ceviz fidanlarının gövdelerinde Na içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Mg içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. P içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, S içeriğinin 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı ancak 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, Cl içeriklerinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. K içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, Ca içeriğinin 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 günlük daldırma süresinde ise azaldığı bulunmuştur. Mn içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Fe içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, Cu içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna benzer olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.42'de ceviz fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



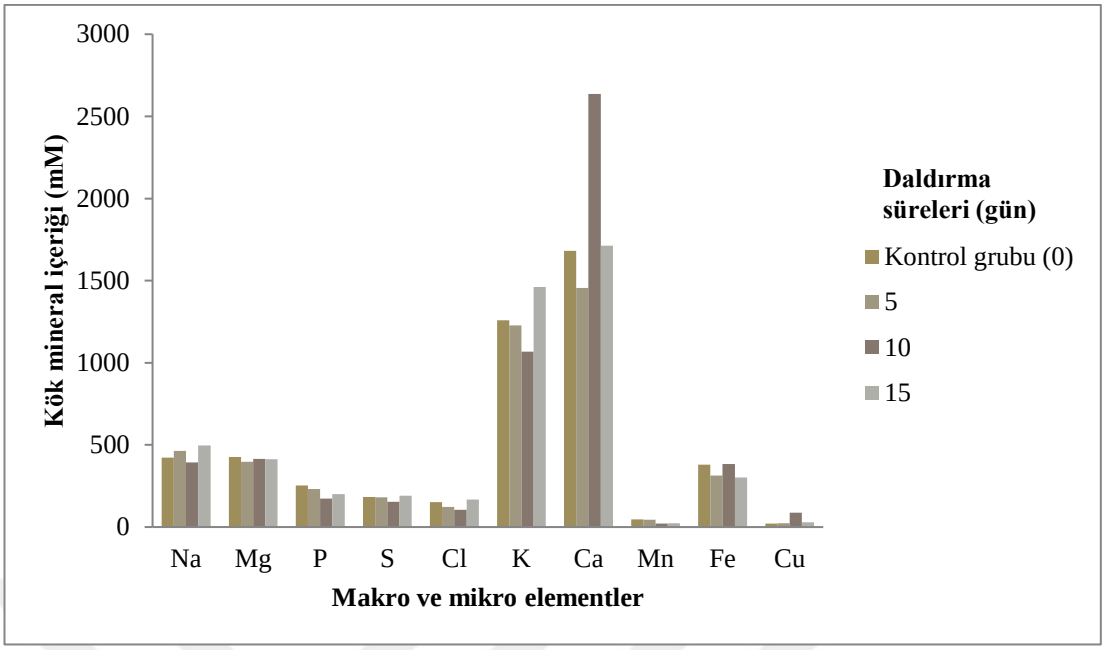
Şekil 4.42 Ceviz fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.42'de, ceviz fidanlarının köklerinde Na içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Mg içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, P içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. S ve Cl içeriklerinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, K içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Ca içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Mn içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, Fe içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, Cu içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna benzer olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.43'de ceviz fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



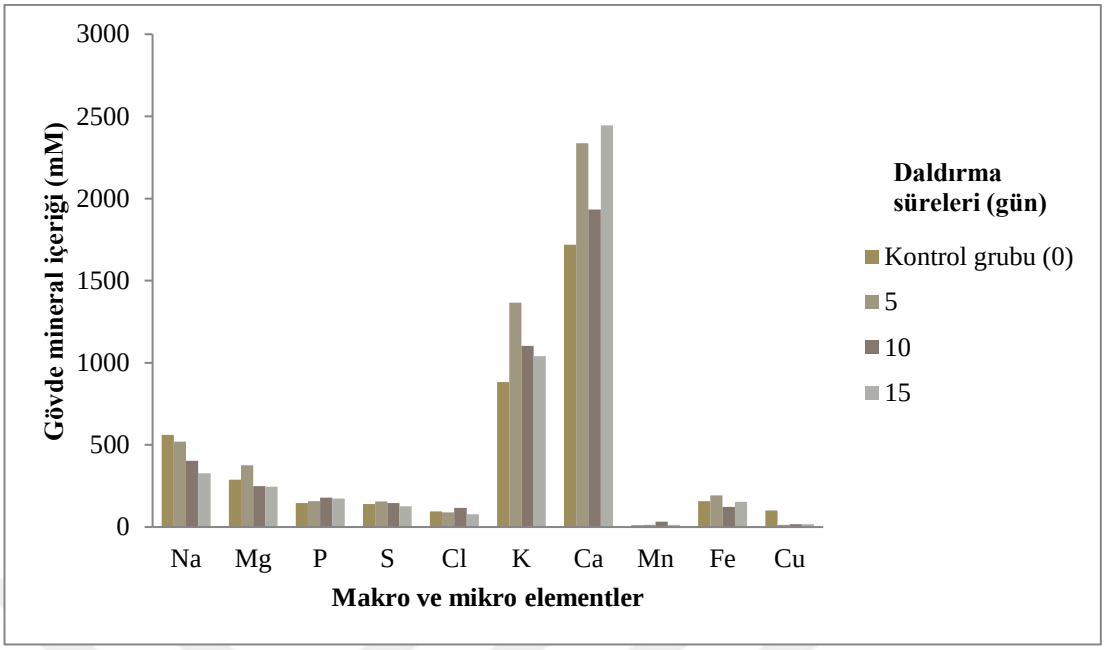
Şekil 4.43 Ceviz fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.43'de, ceviz fidanlarının yapraklarında Na içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı ancak 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Mg içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. P içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, S içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Cl içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, K içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Ca içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Mn içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı ancak 10 günlük daldırma süresi ile kontrol grubunun benzer olduğu, Fe içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca Cu içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Şekil 4.44'de çınar fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



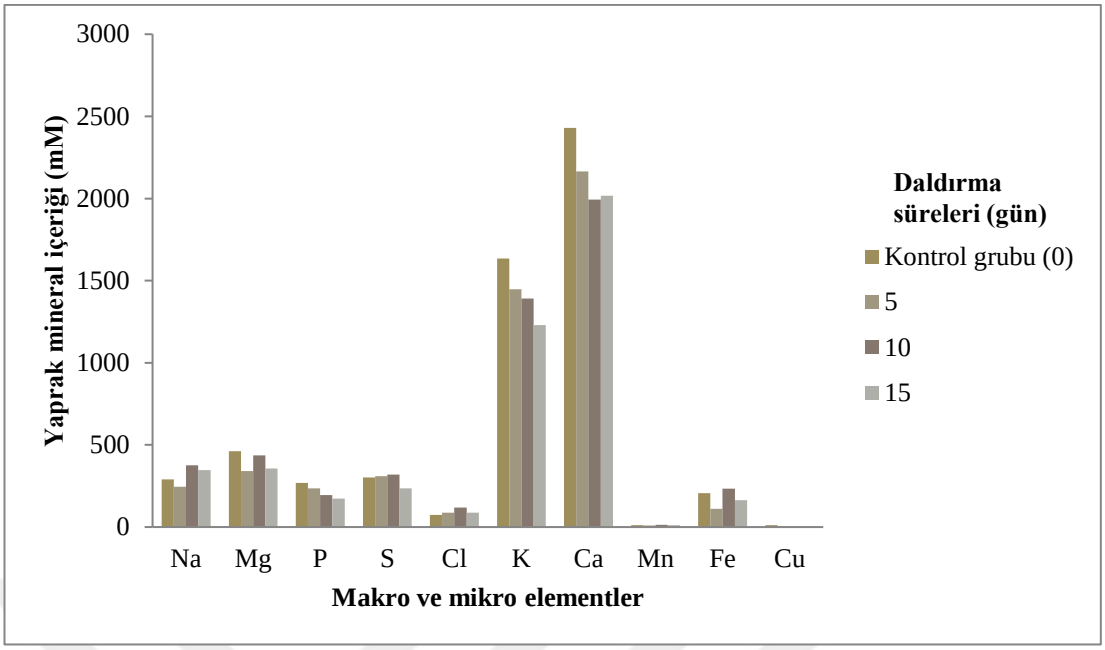
Şekil 4.44 Çınar fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.44'de, çınar fidanlarının köklerinde Na içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Mg içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, P içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. S içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna benzer olduğu, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı ve 15 günlük daldırma süresinde de arttığı tespit edilmiştir. Cl içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. K içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, Ca içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı ancak 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. Mn içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla benzer olduğu ancak 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, Fe içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı ancak 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, Cu içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.45'da çınar fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



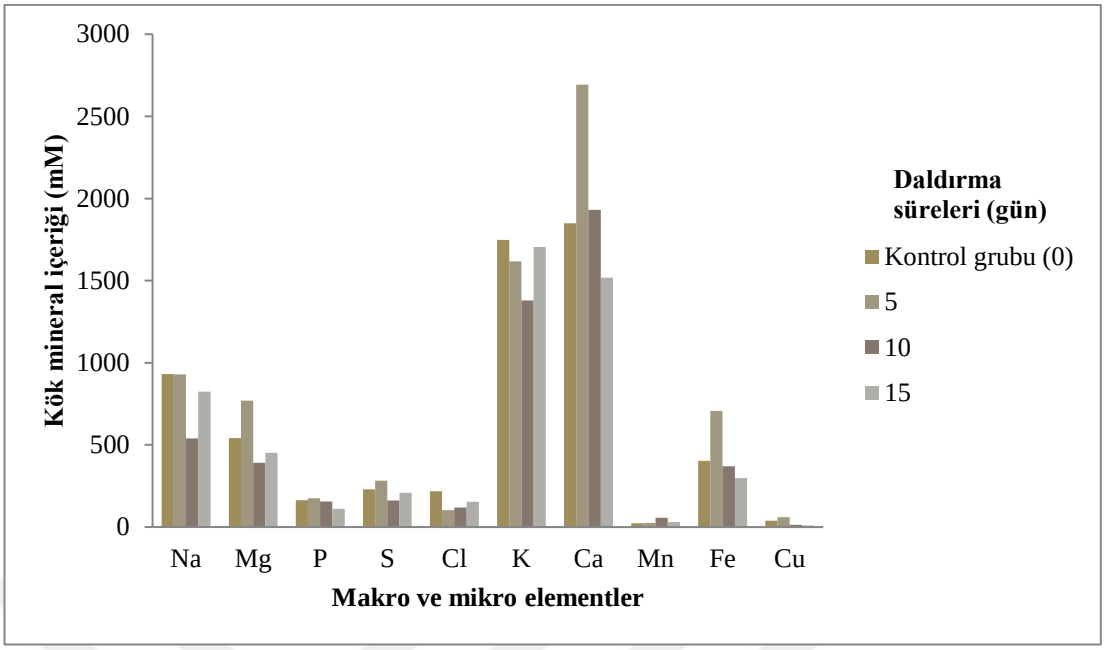
Şekil 4.45 Çınar fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.45'de, çınar fidanlarının gövdelerinde Na içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, Mg içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, P içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. S içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, Cl içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı ancak 10 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna benzer olduğu bulunmuştur. K ve Ca içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Mn içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 günlük daldırma süresinin kontrol grubuyla benzer olduğu ve 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Fe içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 10 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, Cu içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.46'da çınar fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



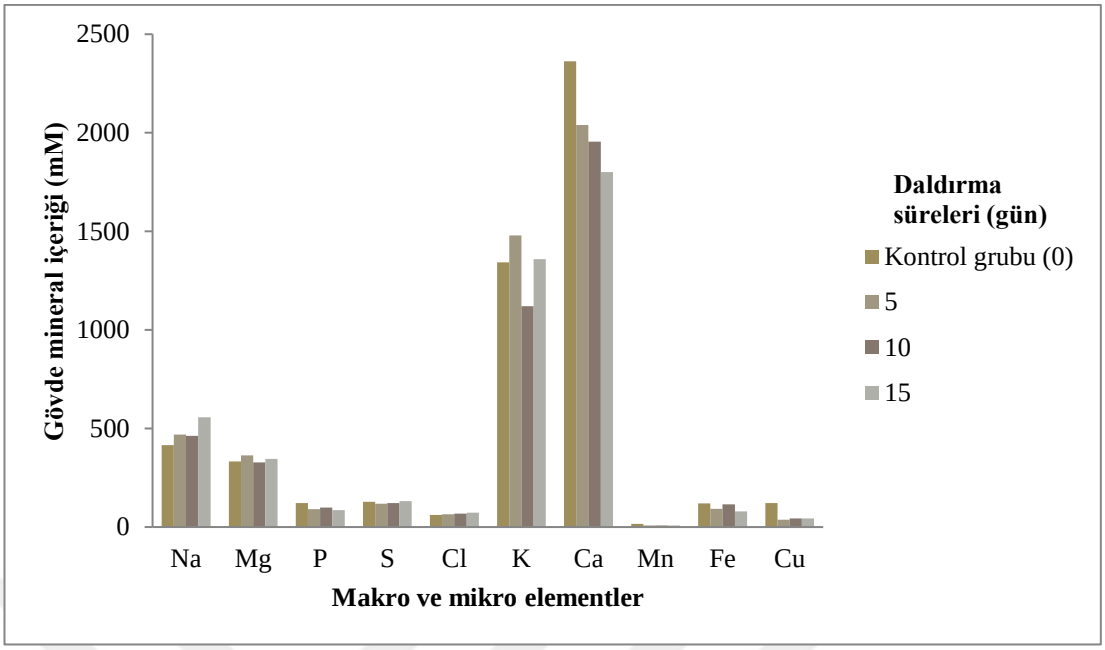
Şekil 4.46 Çınar fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.46'da, çınar fidanlarının yapraklarında Na içeriğinin 5 günlük daldırma süresi hariç 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Mg içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, P içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. S içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 15 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, Cl içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. K ve Ca içeriklerinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, Mn içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla benzer olduğu ancak 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Fe içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı, Cu içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Şekil 4.47'de dişbudak fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



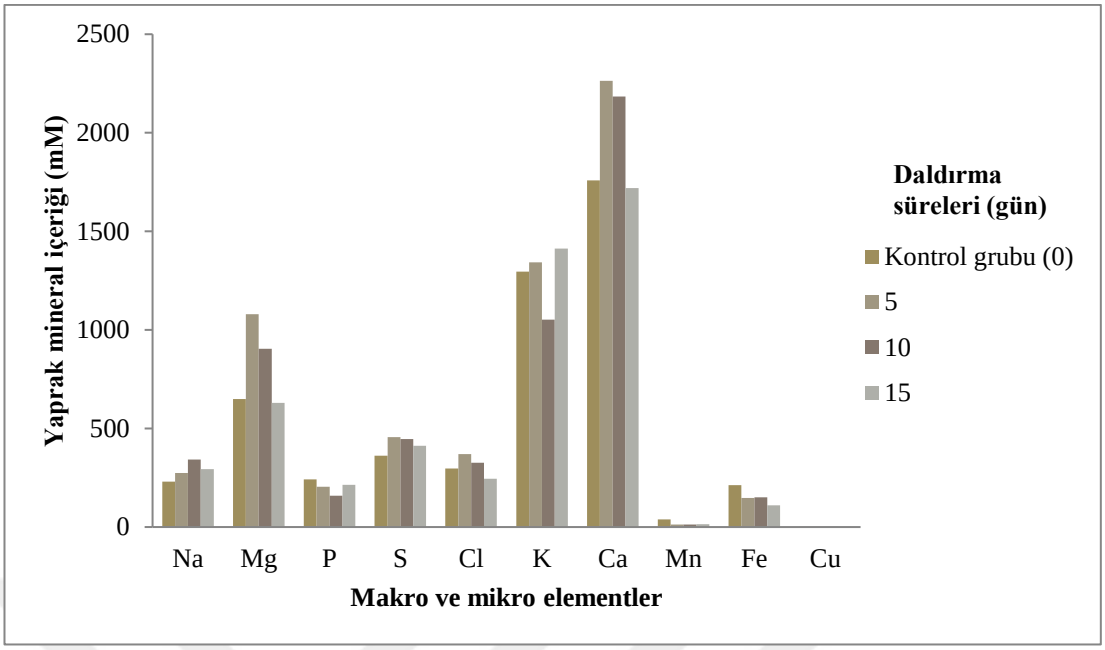
Şekil 4.47 Dişbudak fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.47'de, dişbudak fidanlarının köklerinde Na içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna benzer olduğu, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, Mg içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. P içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna benzer olduğu ve 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. S içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, K içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Ca içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 15 günlük daldırma süresinde azaldığı, Mn içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Fe içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı bulunmuştur. Cu içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.48'de dişbudak fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



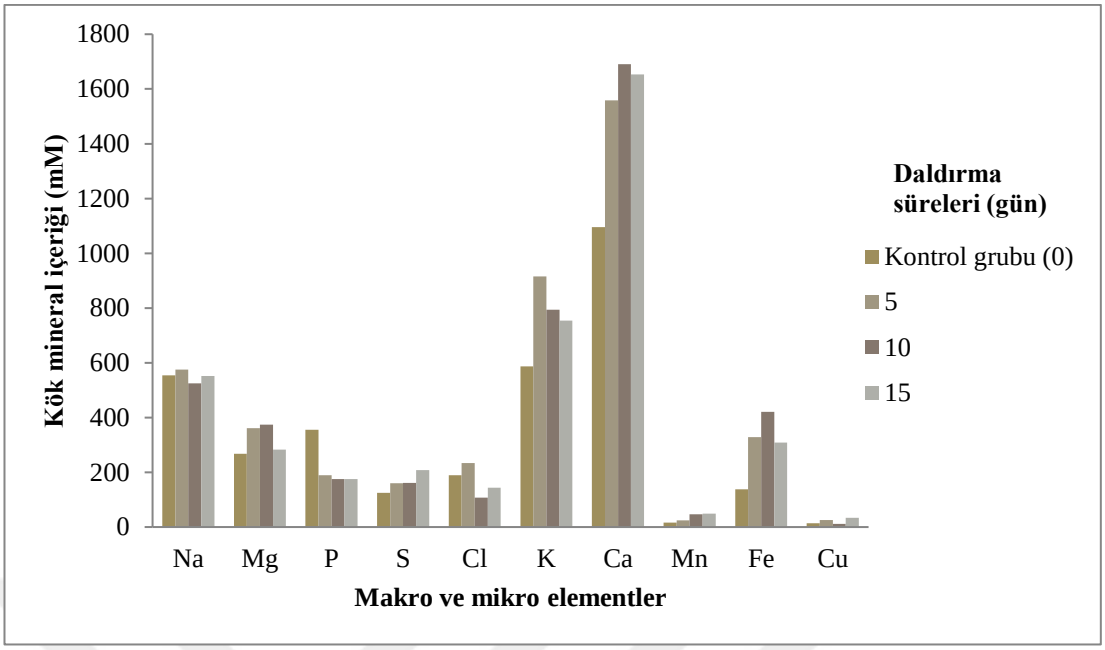
Şekil 4.48 Dişbudak fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.48'da dişbudak fidanlarının gövdelerinde Na içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Mg içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 10 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna benzer olduğu, P içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. S içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuyla benzer olduğu ancak 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, Cl içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. K içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 10 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, Ca içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, Mn içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Fe içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, Cu içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.49'da dişbudak fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



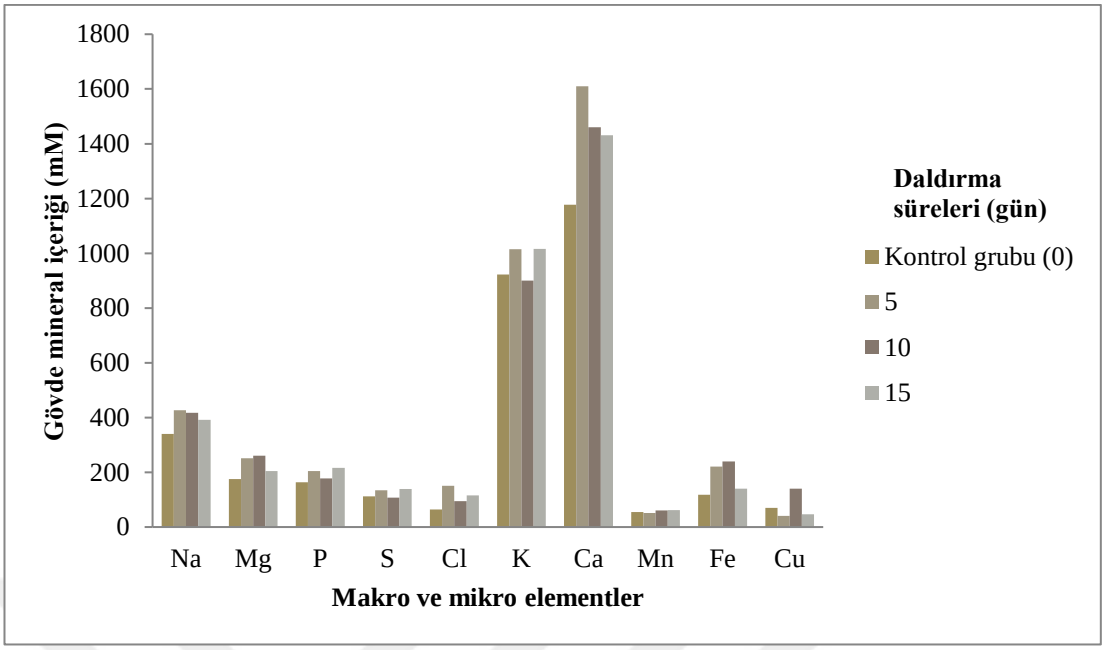
Şekil 4.49 Dişbudak fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.49'da dişbudak fidanlarının yapraklarında Na içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Mg içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. P içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, S içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. Cl içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, K içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Ca içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, Mn içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Fe içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, Cu içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Şekil 4.50'de göknar fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



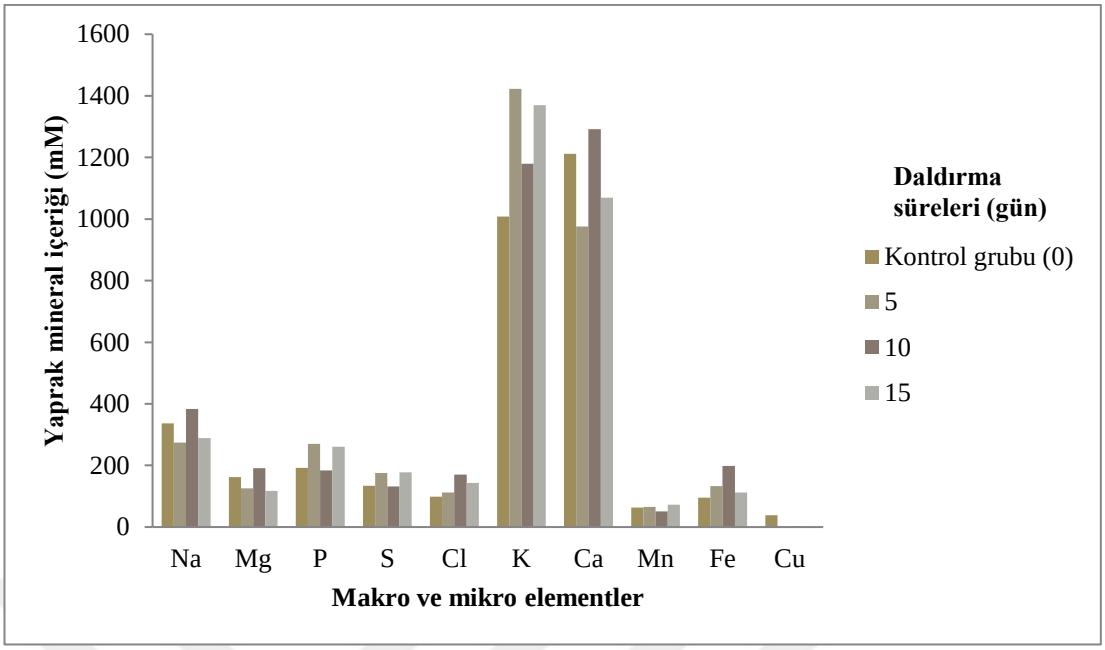
Şekil 4.50 Göknar fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.50'de göknar fidanlarının köklerinde Na içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, Mg içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, P içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. S içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Cl içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. K ve Ca içeriklerinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Mn ve Fe içeriklerinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Cu içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Şekil 4.51'de göknar fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



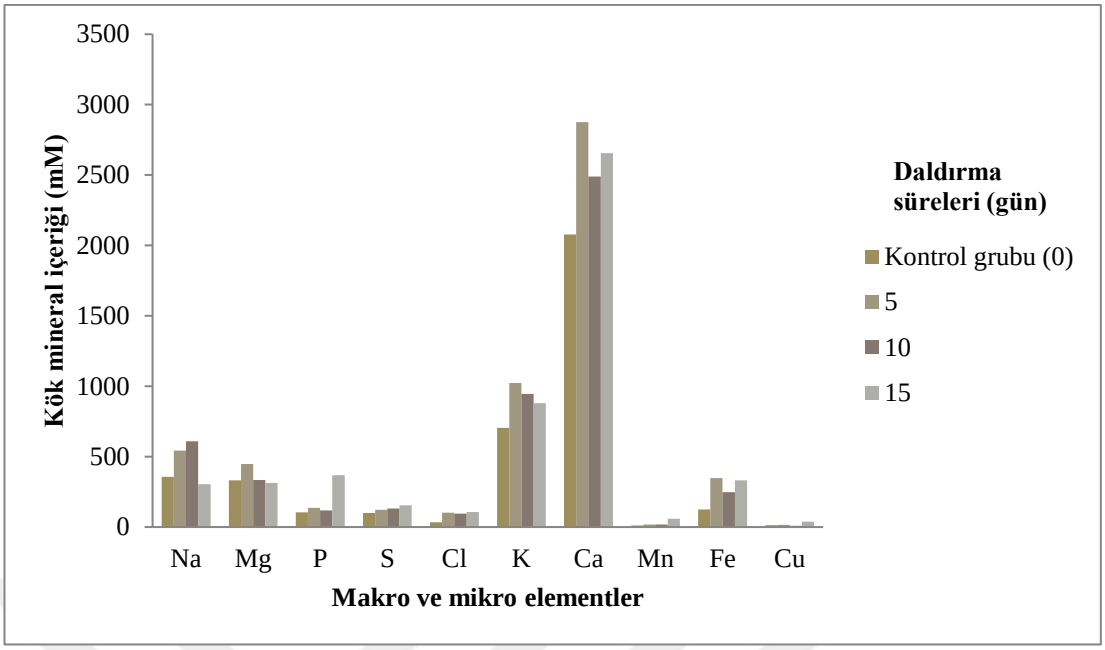
Şekil 4.51 Göknar fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.51'de göknar fidanlarının gövdelerinde Na, Mg, P ve Cl içeriklerinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, S içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. K içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, Ca içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Mn içeriğinin 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Fe içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Cu içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı bulunmuştur. Şekil 4.52'de göknar fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



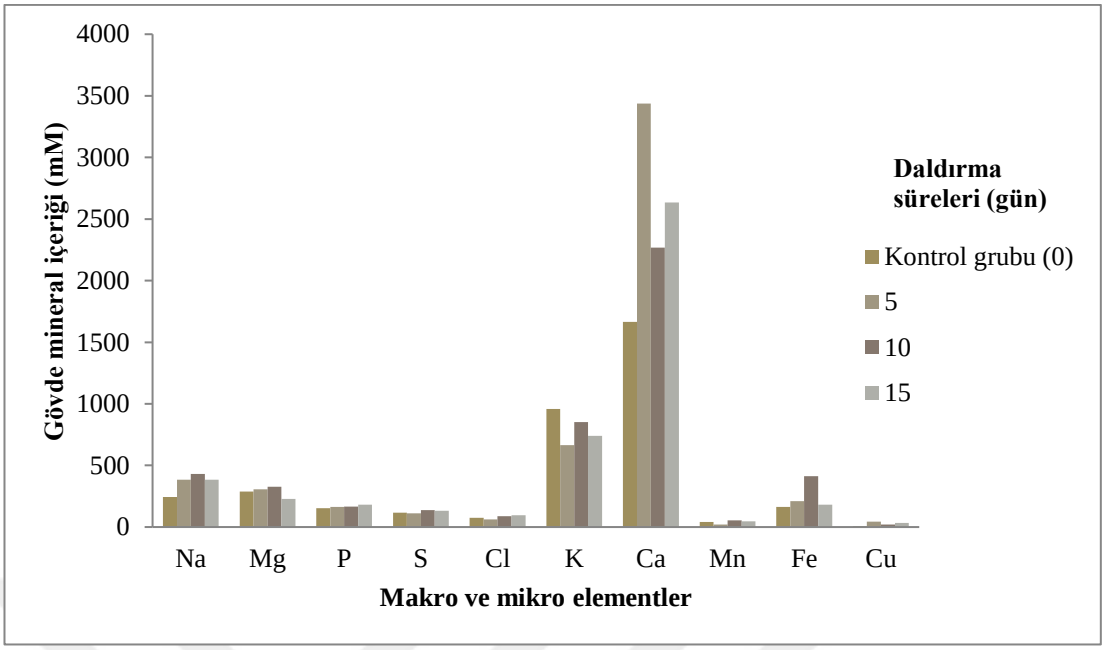
Şekil 4.52 Göknar fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.52'de göknar fidanlarının yapraklarında Na içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, Mg içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. P içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, S içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna benzer olduğu bulunmuştur. Cl, K içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Ca içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Mn içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla benzer olduğu, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı ve 15 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. Ayrıca Fe içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Cu içeriğinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Şekil 4.53'de kayın fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



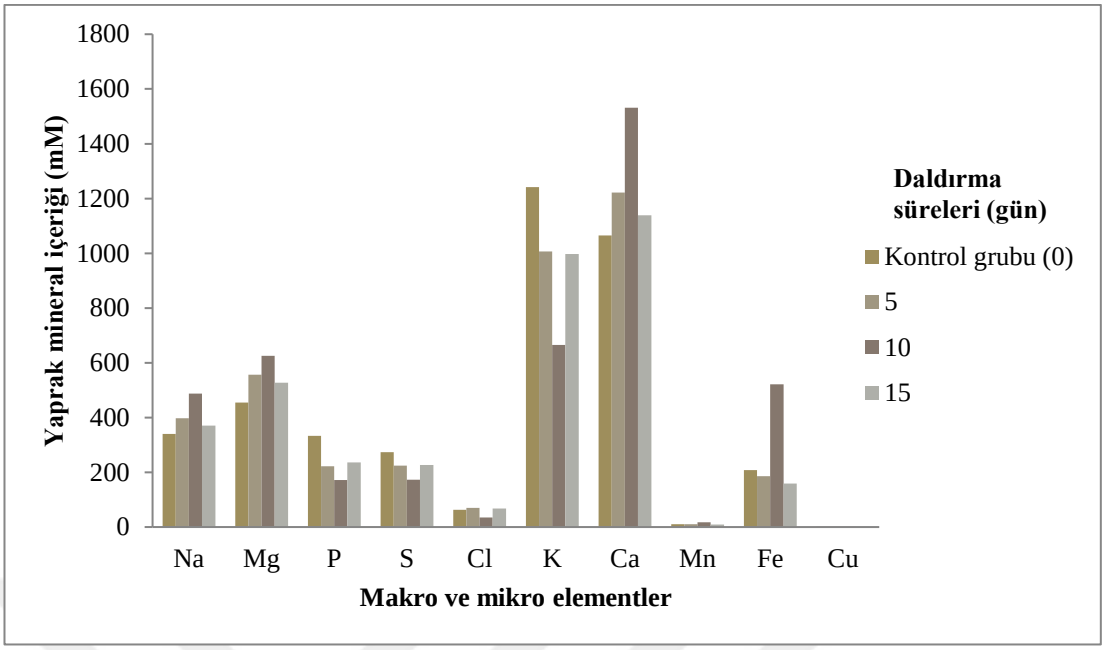
Şekil 4.53 Kayın fidanların kök mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.53'de kayın fidanlarının köklerinde Na içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise azaldığı, Mg içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla benzer olduğu, 15 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. P, S ve Cl, K, Ca, Mn, Fe içeriklerinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, Cu içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı ancak 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Şekil 4.54'de göknar fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



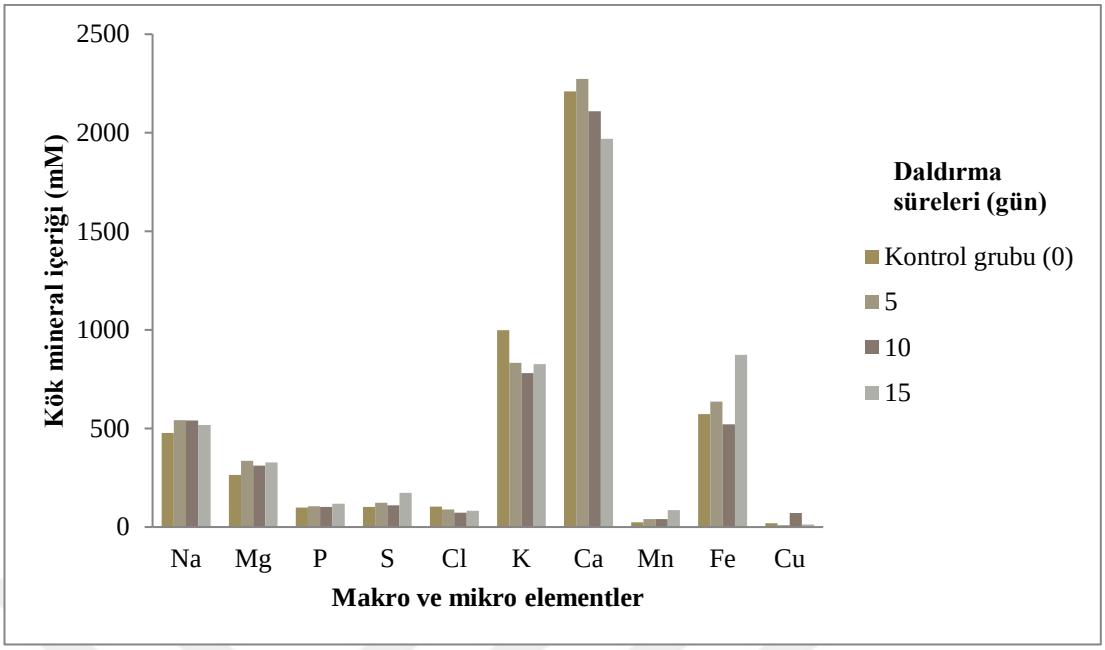
Şekil 4.54 Göknar fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.54'de göknar fidanlarının gövdelerinde Na içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Mg içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise azaldığı, P içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. S içeriğinin 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna benzer olduğu, Cl içeriğinin 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 günlük daldırma süresinde ise azaldığı, K ve Ca içeriklerinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Mn içeriğinin 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde arttığı ve 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuyla benzer olduğu, Fe ile Cu içeriklerinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. Şekil 4.55'te kayın fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



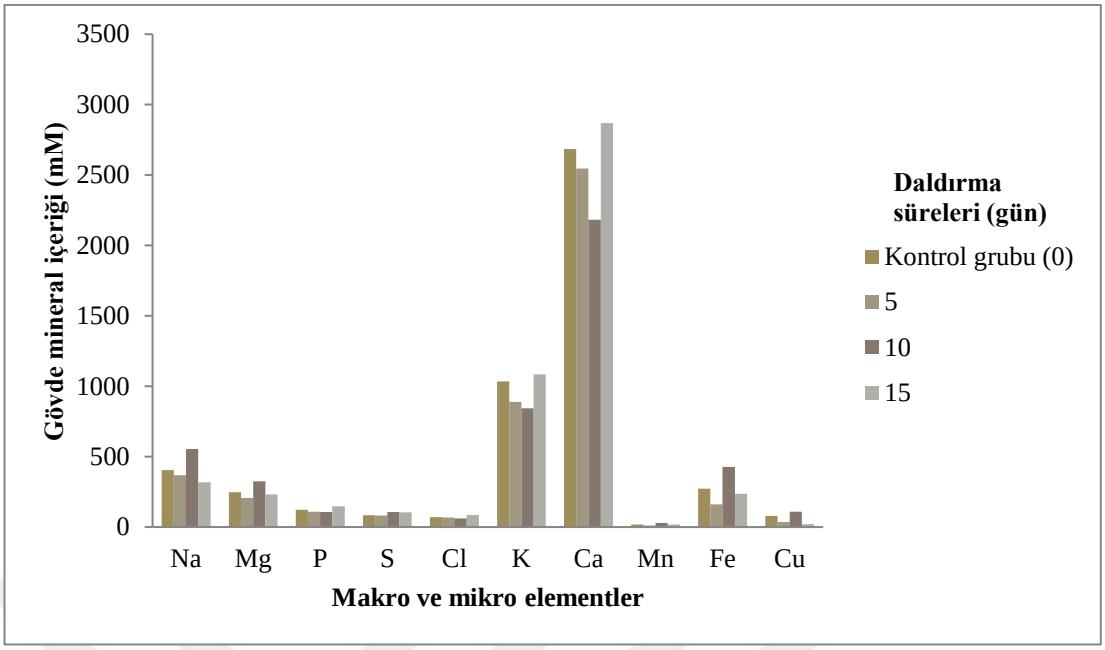
Şekil 4.55 Kayın fidanların yaprak mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.55'de kayın fidanlarının yapraklarında Na, Mg ve Ca içeriklerinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, P, S ve K içeriklerinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Cl içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, Mn içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı ancak 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, Fe içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı tespit edilmiştir. Cu içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı ancak 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. Şekil 4.56'de servi fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



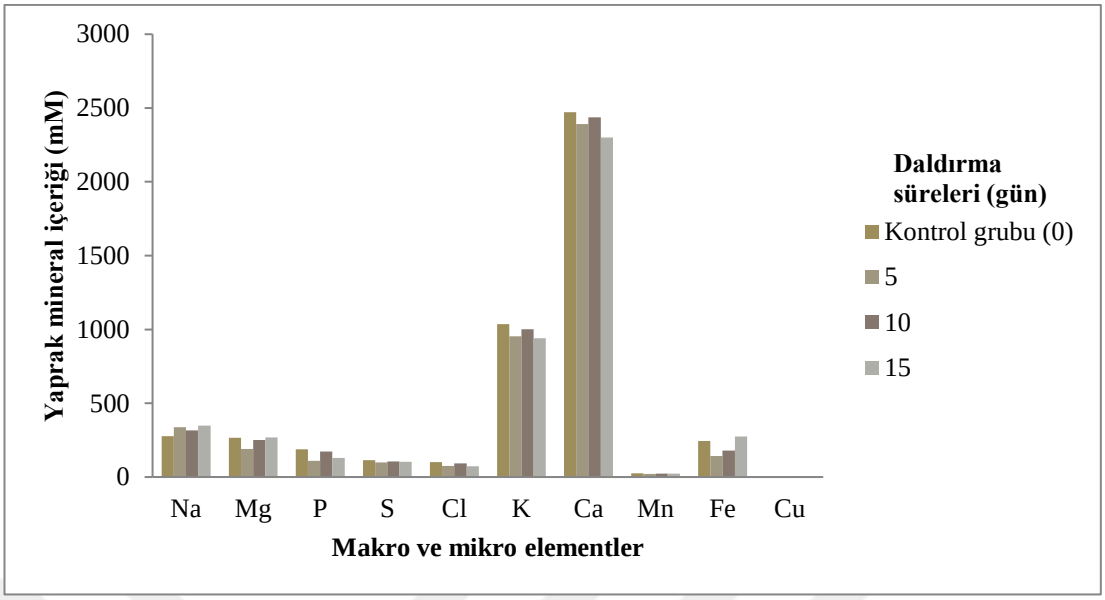
Şekil 4.56 Servi fidanlarının kök mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.56'de servi fidanlarının köklerinde Na, Mg, P, S ve Mn içeriklerinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Cl, K içeriklerinin tüm daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, Ca içeriğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Fe içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, Cu içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise kontrol grubuna göre azaldığı bulunmuştur. Şekil 4.57'de servi fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



Şekil 4.57 Servi fidanlarının gövde mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.57'de servi fidanlarının gövdelerinde Na ve Mg içeriklerinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, P içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı ancak 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. S içeriğinde 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Cl içeriğinde 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. K içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, Ca içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, Mn içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Fe içeriğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, Cu içeriğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.58'de servi fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması sunulmuştur.



Şekil 4.58 Servi fidanlarının yaprak mineral değerleri ortalaması

Şekil 4.58'de servi fidanlarının yapraklarında Na içeriğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, Mg içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. P, S, Cl, K, Ca, Mn ve Cu içeriklerinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, Fe içeriğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir.

4.4 Anatomik Değişkenlere İlişkin Bulgular

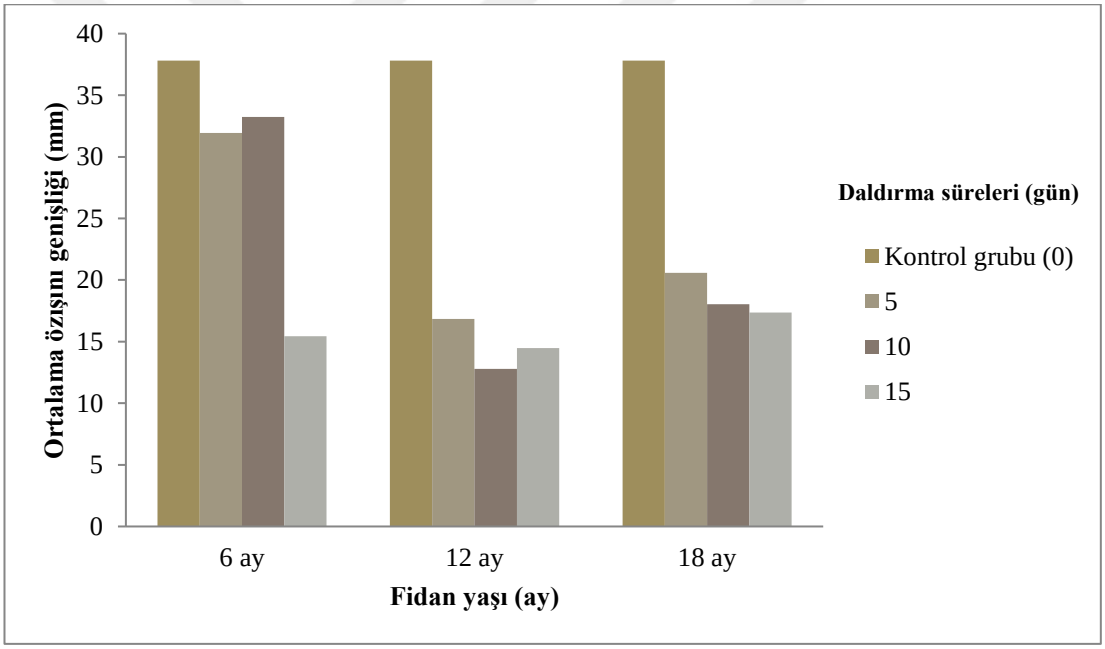
Tablo 4.22'de farklı daldırma sürelerinin ortalama özışını genişliği üzerine etkisini gösteren analiz değerleri sunulmuştur.

Tablo 4.22 Farklı daldırma sürelerinin ortalama özışını genişliği üzerine etkisini gösteren analiz değerleri

Türler	Değişkenler			AIC
	Sabit Değişken	Daldırma	Daldırma x Yaş	
Akçaağaç	34,70001	-0,86588**	-0,04145*	3047,142
Ceviz	12,923149	0,606781 ns	0,031349*	2402,396
Çınar	172,52165	-7,26445ns	-0,02437ns	1940,391
Dişbudak	25,128326	0,204359**	-0,015224***	3077,332
Göknar	21,937702	-0,394293ns	0,036140ns	3139,158
Kayın	14,333522	-0,126972ns	0,002067ns	2099,831
Servi	12,973820	0,370157ns	0,001617ns	2368,325

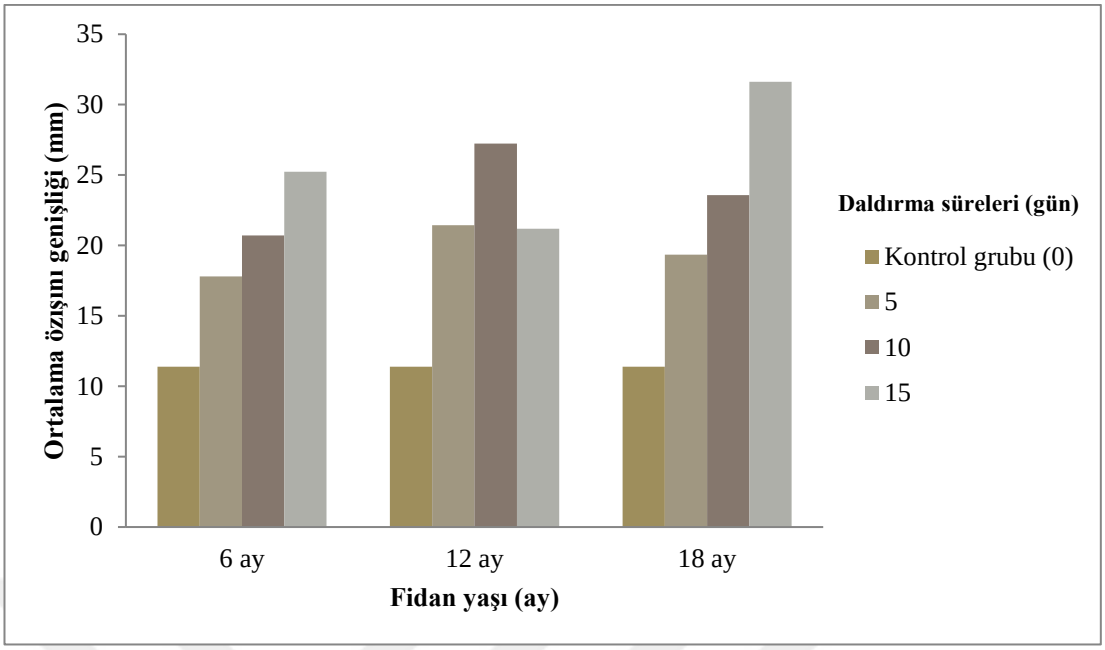
İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.22'de, çınar, göknar, kayın ve servi fidanlarında daldırma süresi ile daldırma-yaş interaksiyon değişkenlerinin ortalama özışını genişliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmadığı tespit edilmiştir. Akçaağaç fidanlarında daldırma süresi arttıkça ortalama özışını genişliğinin azaldığı, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının da ortalama özışını genişliğini azaltıcı yönde etkilediği, ceviz fidanlarında yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının ortalama özışını genişliğini artırıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir. Dişbudak fidanlarında daldırma süresi arttıkça ortalama özışını genişliğinin arttığı, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının ise ortalama özışını genişliğini azaltıcı yönde etkilediği bulunmuştur. Şekil 4.59'da akçaağaç fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



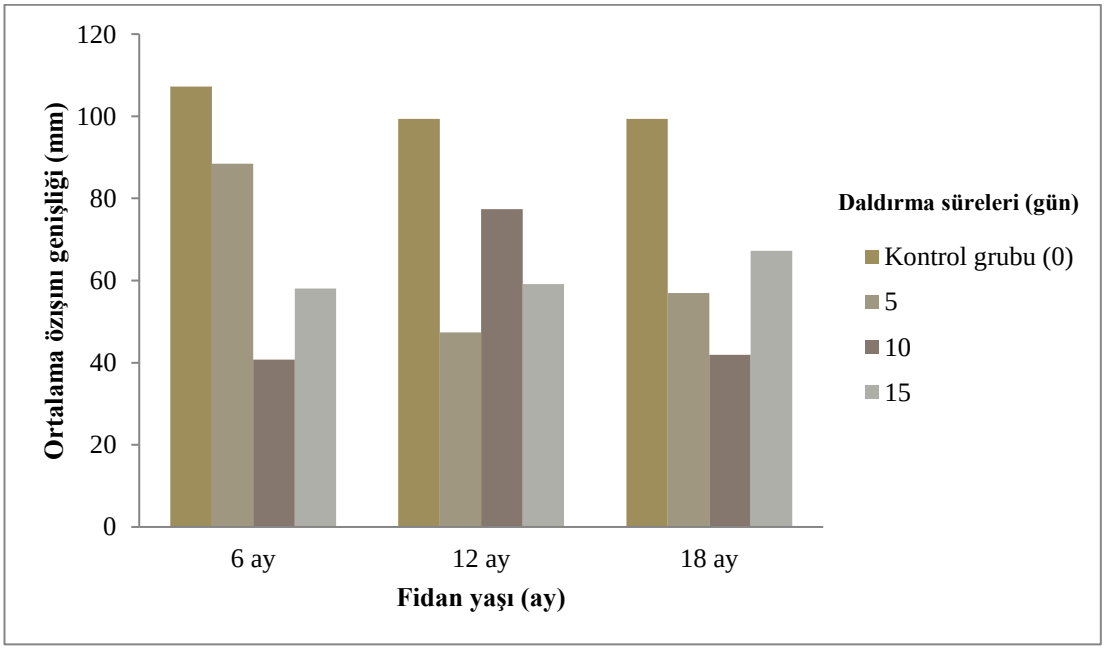
Şekil 4.59 Akçaağaç fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.59'da, 6; 12 ve 18 aylık akçaağaç fidanlarında ortalama özışını genişliğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre tespit edilmiştir. Şekil 4.60'da ceviz fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



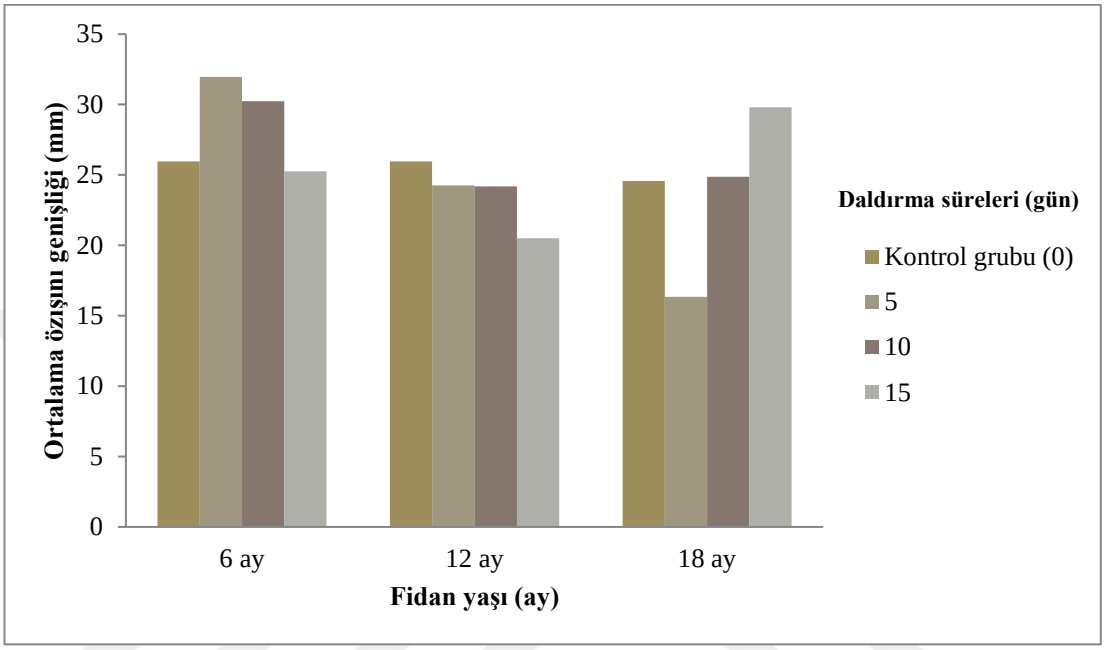
Şekil 4.60 Ceviz fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.60'da 6; 12 ve 18 aylık ceviz fidanlarında ortalama özışını genişliğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.61'de çınar fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



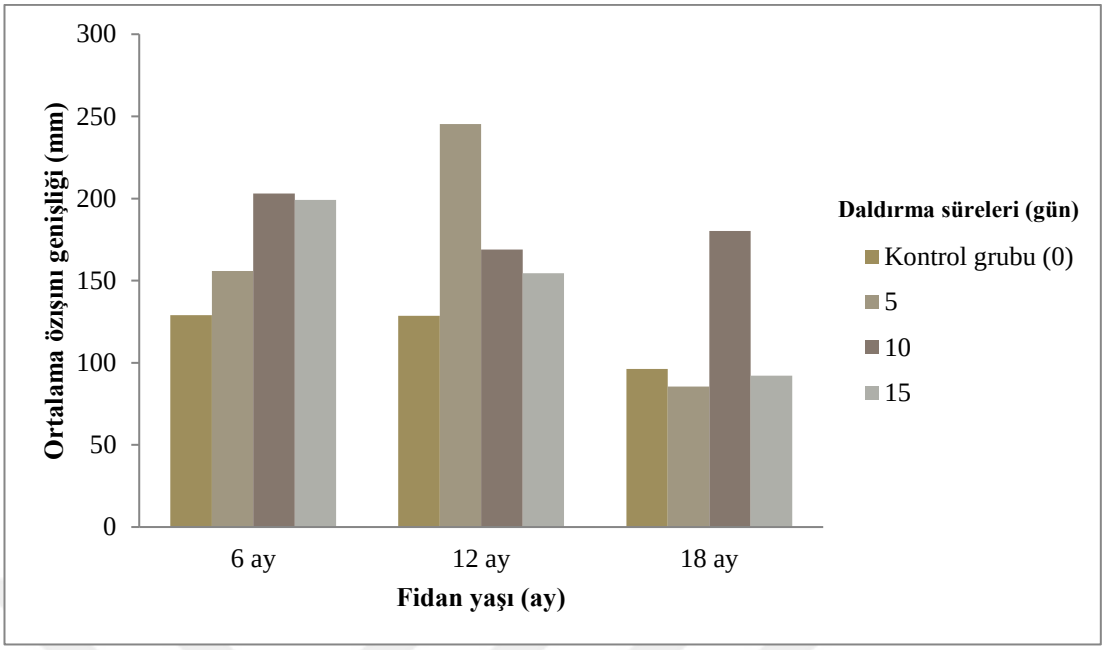
Şekil 4.61 Çınar fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.61'de 6; 12 ve 18 aylık çınar fidanlarında ortalama özışını genişliğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.62'de dişbudak fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



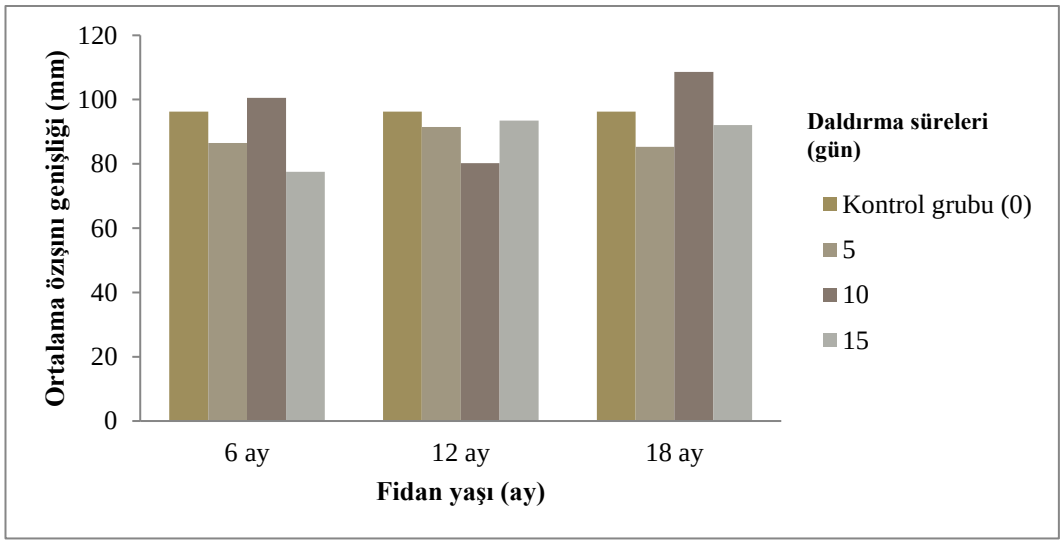
Şekil 4.62 Dişbudak fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.62'de 6 aylık dişbudak fidanlarında ortalama özışını genişliğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, 12 aylık fidanlarda ortalama özışını genişliğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. 18 aylık fidanlarda ortalama özışını genişliğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise arttığı bulunmuştur. Şekil 4.63'de göknar fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



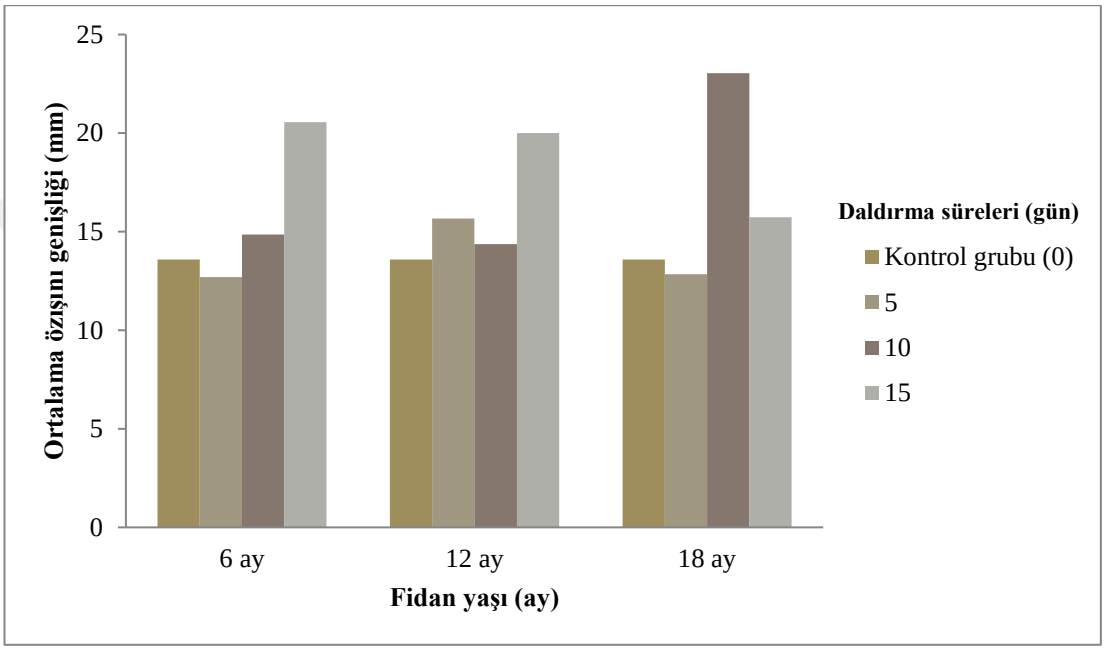
Şekil 4.63 Göknar fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.63'de 6 ve 12 aylık göknar fidanlarında ortalama özışını genişliğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 18 aylık fidanlarda ortalama özışını genişliğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde ise arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.64'de kayın fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.64 Kayın fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.64'de 6 ve 18 aylık kayın fidanlarında ortalama özışını genişliğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 günlük daldırma süresinde ise arttığı, 12 aylık fidanlarda ortalama özışını genişliğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.65'de servi fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.65 Servi fidanlarının daldırma ile ortalama özışını genişliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.65'da 6 ve 18 aylık servi fidanlarında ortalama özışını genişliğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 12 aylık fidanlarda ortalama özışını genişliğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Tablo 4.23'de farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama özışını genişliğine etkisinin gruplar arasında karşılaştırılması sunulmuştur.

Tablo 4.23 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama özışını genişliği etkisi açısından karşılaştırılması (Homojen gruplar- Tukey test)

Türler	Daldırma Süresi Grupları P-değerleri					
	0 - 5 Gün	0 - 10 Gün	0 - 15 Gün	5 - 10 Gün	5 - 15 Gün	10 - 15 Gün
Akçaağaç	0,0000000***	0,0000000***	0,0000000***	0,8518774	0,0141667*	0,1201155
Ceviz	0,0000000***	0,0000000***	0,0000000***	0,0000631***	0,0000000***	0,0847594
Çınar	0,0121777*	0,4831861	0,7320777	0,0000025***	0,0000776***	0,9844846
Dişbudak	0,9554360	0,9875835	0,9990214	0,8327906	0,9819600	0,9656150
Göknar	0,1659160	0,6003076	0,9999770	0,8426549	0,1798841	0,6257232
Kayın	0,0000174***	0,0156200*	0,1200016	0,2950123	0,000000***	0,0000019***
Servi	0,9990842	0,0003556	0,0000002***	0,0006133***	0,0000005***	0,4043206

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

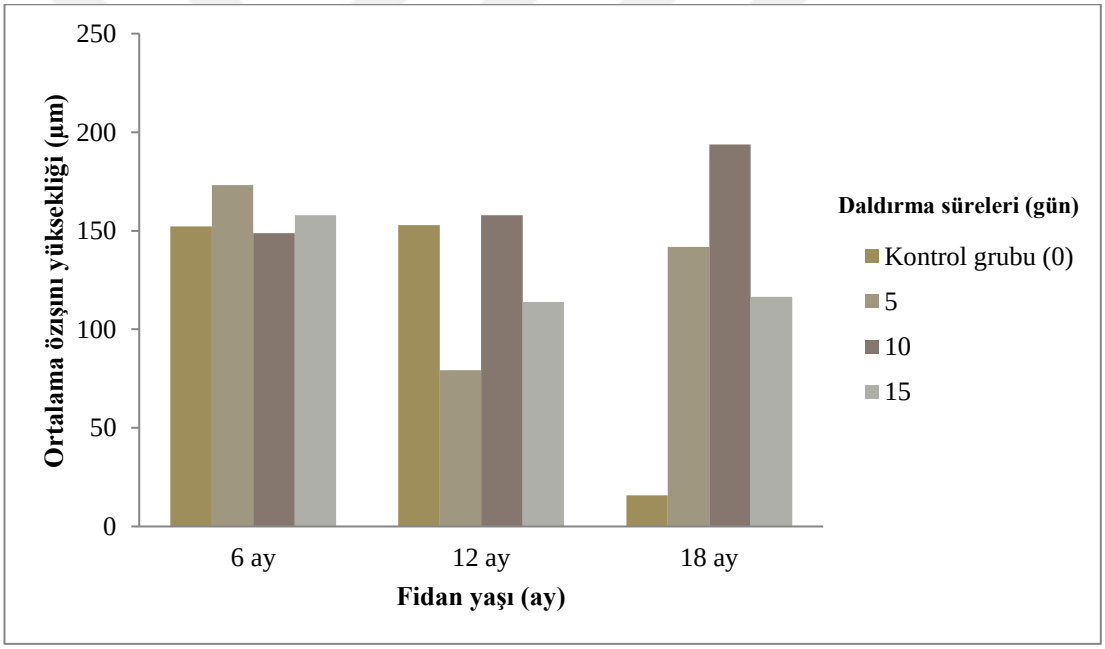
Tablo 4.23'deki analiz sonuçları, dişbudak ve göknar fidanlarında tüm daldırma süresi karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını göstermektedir. Akçaağaç fidanlarında 0–5 gün, 0–10 gün, 0–15 gün ve 5–15 gün karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5–10 gün ve 10–15 gün karşılaştırmalarında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Ceviz fidanlarında 0–5 gün, 0–10 gün, 0–15 gün, 5–10 gün ve 5–15 gün karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar belirlenmiştir. Buna karşılık 10–15 gün karşılaştırmasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Çınar fidanlarında 0–5 gün karşılaştırmasında, 5–10 gün ve 5–15 gün karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar saptanmıştır. Buna karşılık 0–10 gün, 0–15 gün ve 10–15 gün karşılaştırmalarında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Kayın fidanlarında 0–5 gün, 0–10 gün, 5–15 gün ve 10–15 gün karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0–15 gün ve 5–10 gün karşılaştırmalarında anlamlılık gözlenmemiştir. Servi fidanlarında 0–15 gün, 5–10 gün ve 5–15 gün karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar belirlenmiştir. Fakat 0–5 gün, 0–10 gün ve 10–15 gün karşılaştırmalarında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Tablo 4.24 Farklı daldırma sürelerinin ortalama özışını yüksekliği üzerine etkisi

Türler	Değişkenler			AIC
	Sabit Değişken	Daldırma	Daldırma x Yaş	
Akçaağaç	146.90888	2.46238ns	-0.31792**	4132.818
Ceviz	121.48158	4.96679*	0.10380ns	4440.801
Çınar	631.5825	-12.9804ns	-0.0257ns	2180.831
Dişbudak	133.73026	10.11641***	-0.69269***	4184.27
Göknar	94.69061	-1.22673ns	0.07230 ns	3722.88
Kayın	56.28081	0.05763ns	0.00756ns	3235.052
Servi	80.36199	1.15649ns	0.00777ns	3408.744

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

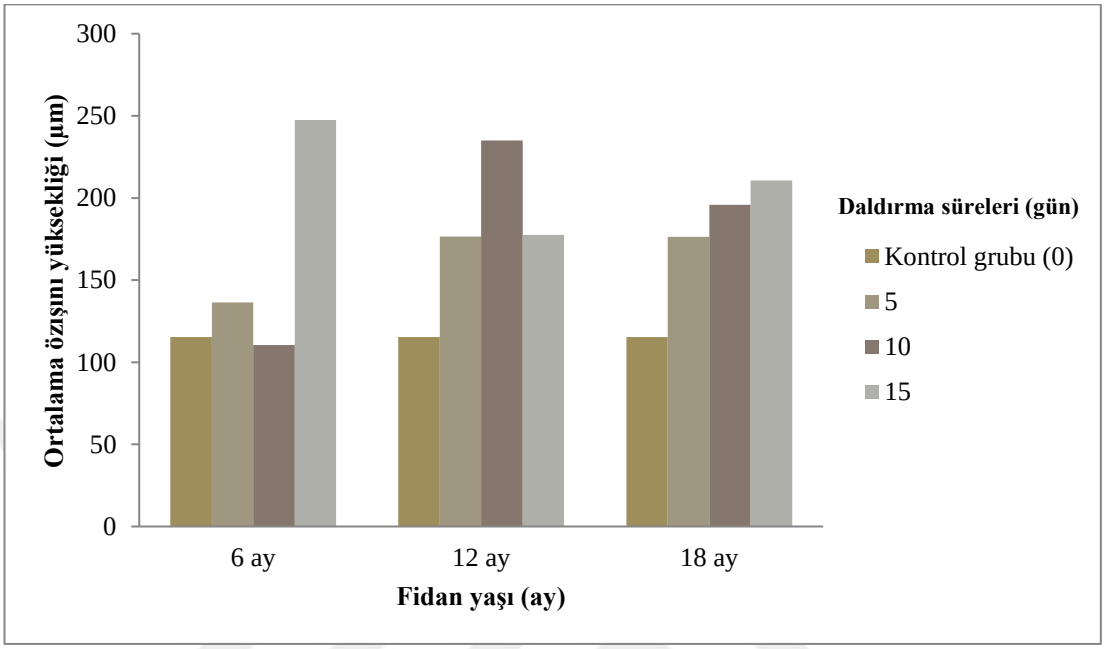
Tablo 4.24'de farklı daldırma sürelerinin ortalama özışını yüksekliği üzerine etkisini gösteren analiz değerleri sunulmuştur. Tablo 4.24'de, çınar, göknar, kayın ve servi fidanlarında daldırma süresi ile yaş değişkenlerinin ortalama özışını yüksekliği üzerinde anlamlı bir artış ya da azalış yönelimi oluşturmadığı tespit edilmiştir. Akçaağaç fidanlarında yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının ortalama özışını yüksekliğini negatif yönde etkilediği, ceviz fidanlarında daldırma süresi arttıkça ortalama özışını yüksekliğinin arttığı, dişbudak fidanlarında daldırma süresi arttıkça ortalama özışını yüksekliğinin arttığı, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının ise ortalama özışını yüksekliğini azaltıcı yönde etkilediği bulunmuştur. Şekil 4.66'da akçaağaç fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.66 Akçaağaç fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki

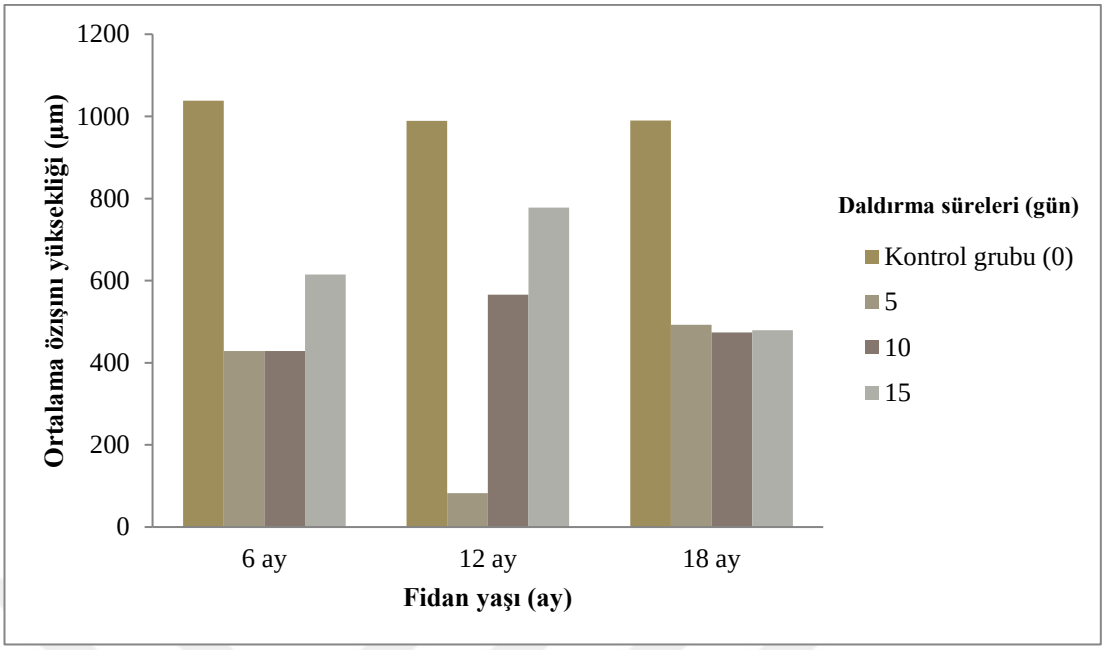
Şekil 4.66'de, 6 aylık akçaağaç fidanlarında ortalama özışını yüksekliğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, 12 aylık fidanlarda ortalama özışını yüksekliğinin 10 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı, 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise azaldığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda ortalama özışını yüksekliğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre

arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.67'de ceviz fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



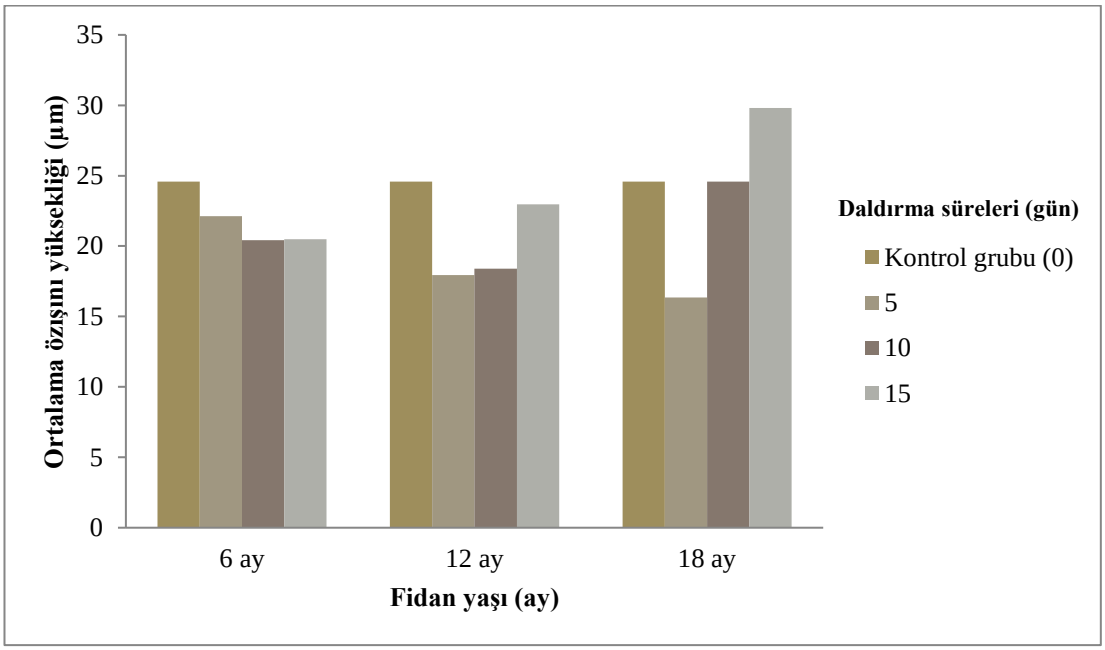
Şekil 4.67 Ceviz fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.67'de, 6 aylık ceviz fidanlarında ortalama özışını yüksekliğinin 5 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 10 günlük daldırma süresinde ise kontrol grubuna göre azaldığı, 12 ve 18 aylık fidanlarda ortalama özışını yüksekliğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. Şekil 4.68'de çınar fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



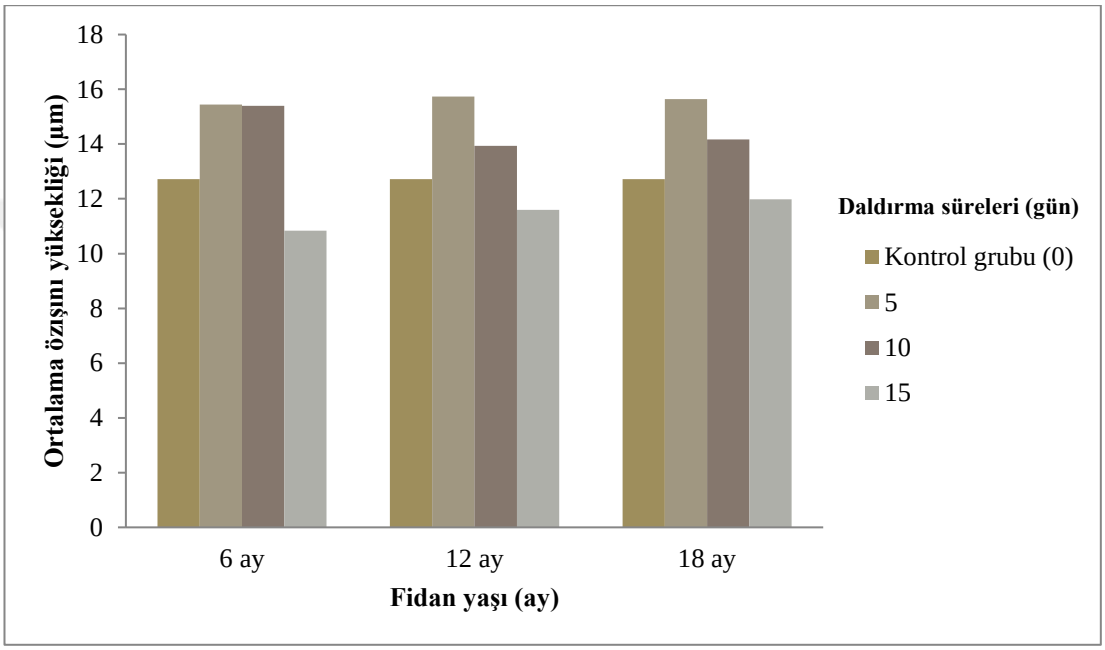
Şekil 4.68 Çınar fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.68'de, 6; 12 ve 18 aylık çınar fidanlarında ortalama özışını yüksekliğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.69'de dişbudak fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



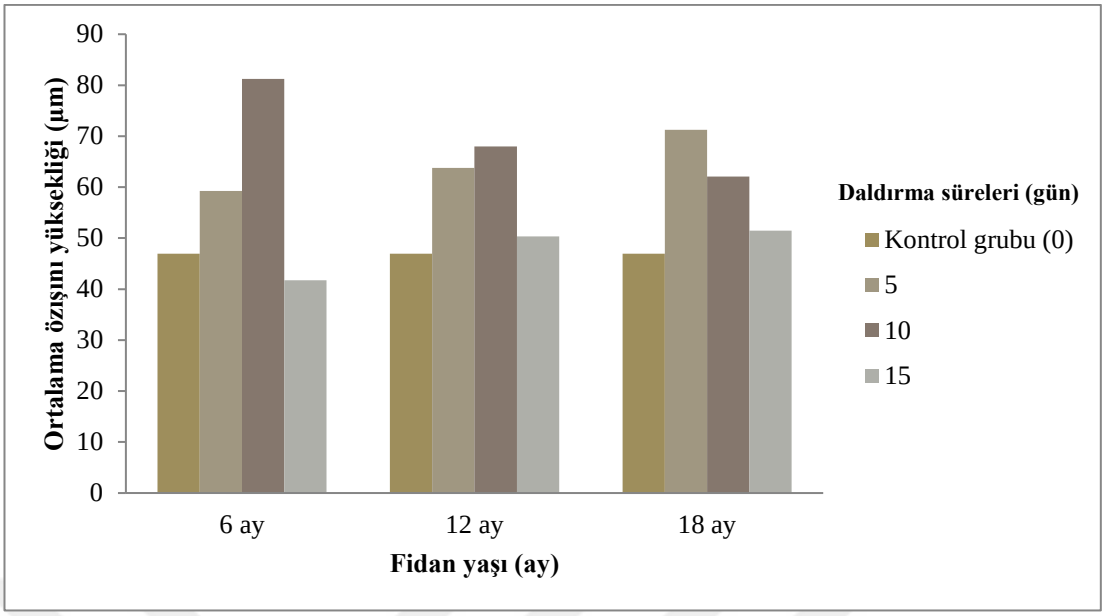
Şekil 4.69 Dişbudak fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.69'da 6 ve 12 aylık dişbudak fidanlarında ortalama özışını yüksekliğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde ise 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı ancak 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.70'de göknar fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



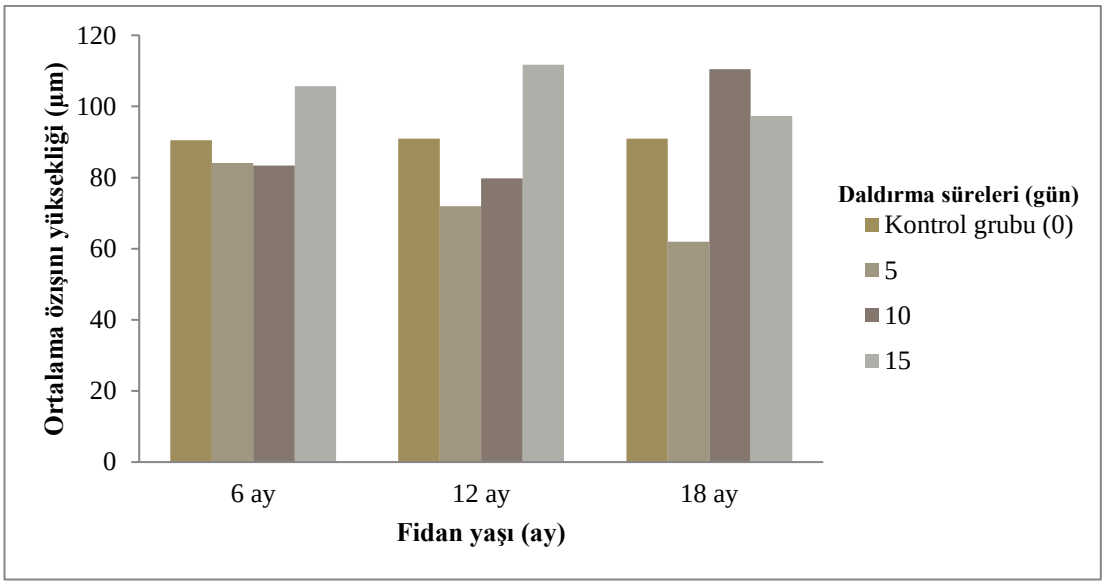
Şekil 4.70 Göknar fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.70'de 6; 12 ve 18 aylık göknar fidanlarında ortalama özışını yüksekliğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 4.71'de kayın fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.71 Kayın fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.71'de 6 aylık kayın fidanlarında ortalama özışını yüksekliğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı, 15 günlük daldırma süresinde ise azaldığı, 12 ile 18 aylık fidanlarda ortalama özışını yüksekliğinin 5; 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. Şekil 4.72'de servi fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 4.72 Servi fidanlarının daldırma ile ortalama özışını yüksekliği değişimi arasındaki ilişki

Şekil 4.72'de, 6 ve 12 aylık servi fidanlarında ortalama özışını yüksekliğinin 5 ve 10 günlük daldırma sürelerinde kontrol grubuna göre azaldığı, 15 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre arttığı bulunmuştur. 18 aylık fidanlarda ortalama özışını yüksekliğinin 5 günlük daldırma süresinde kontrol grubuna göre azaldığı, 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde ise arttığı tespit edilmiştir. Tablo 4.25'de farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama özışını yüksekliği üzerindeki etkilerinin gruplar arasında karşılaştırılması sunulmuştur.

Tablo 4.25 Farklı daldırma sürelerinin yıllık ortalama özışını yüksekliği etkisi açısından karşılaştırılması (Homojen gruplar- Tukey test)

Türler	Daldırma Süresi Grupları P-değerleri					
	0 - 5 Gün	0 - 10 Gün	0 - 15 Gün	5 - 10 Gün	5 - 15 Gün	10 - 15 Gün
Akçaağaç	0,2343957	0,3017705	0,1793829	0,9989345	0,9990351	0,9920668
Ceviz	0,0290967*	0,0010859**	0,0000002***	0,7545294	0,0196402*	0,2194947
Çınar	0,0000000***	0,0000000***	0,0000047***	0,0604483	0,0000686***	0,1392124
Dişbudak	0,0032244**	0,0067156**	0,0727022	0,9964743	0,7261624	0,8428154
Göknar	0,5484296	0,9999983	0,5065461	0,5377254	0,9998960	0,4959874
Kayın	0,0000000***	0,0000000***	0,9958052	0,1952454	0,0000000***	0,0000000***
Servi	0,0000034***	0,9999987	0,0009142***	0,0000037***	0,0000000***	0,0008616***

İstatistik önem düzeyleri: "***": 0,000; "**": 0,001; "*": 0,01 '.': 0,05

Tablo 4.25'deki analiz sonuçları, akçaağaç ve göknar fidanlarında tüm daldırma süresi karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını göstermektedir. Ceviz fidanlarında 0–5 gün, 0–10 gün, 0–15 gün ve 5–15 gün karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar belirlenmiştir. Buna karşılık 5–10 gün ve 10–15 gün karşılaştırmalarında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Çınar fidanlarında 0–5 gün, 0–10 gün, 0–15 gün ve 5–15 gün karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5–10 gün ve 10–15 gün karşılaştırmalarında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Dişbudak fidanlarında 0–5 gün, 0–10 gün karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar saptanırken, 0–15 gün, 5–10 gün, 5–15 gün ve 10–15 gün karşılaştırmalarında anlamlılık gözlenmemiştir. Kayın fidanlarında 0–5 gün, 0–10 gün, 5–15 gün ve 10–15 gün karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar belirlenmiştir. Buna karşılık 0–15 gün ve 5–10 gün karşılaştırmalarında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Servi fidanlarında 0–5 gün, 0–15 gün, 5–10 gün, 5–15 gün ve 10–15 gün karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0–10 gün karşılaştırmasında anlamlılık gözlenmemiştir.

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 Tartışma

5.1.1 Morfolojik Değişimler

Bu çalışmada daldırma sürelerinin (5; 10; 15 gün) ve yaş gruplarının (6; 12; 18 ay) yedi farklı fidan türünde morfolojik gelişim üzerine olası etkileri; KBÇ, boy büyümesi ve biyokütle dağılımı üzerinden değerlendirilmiştir. Morfolojik parametreler fidan kalitesinin temel belirleyicileri arasında yer aldığından, bu değişkenlerde görülen farklılaşmalar sahaya dikim sonrası yaşama oranı, rüzgâr ve kuraklık toleransı, kök–sürgün dengesi ve streslere dayanım ile ilişkili olabilecek göstergeler olarak ele alınabilir. Bu bağlamda daldırma uygulaması, taşkın stresinin kontrollü bir benzetimi olarak değerlendirilebilir. Taşkın koşullarında büyüme tepkisi çoğu zaman yalnızca 'su fazlalığı' ile değil, kök bölgesinde gelişen hipoksi/anoksi nedeniyle kök solunumu ve besin alımı kapasitesinin zayıflaması üzerinden şekillenir. Bu nedenle morfolojik ölçütler, taşkın toleransının dolaylı göstergeleri olarak da okunabilir. Bulgular bütüncül biçimde okunduğunda, daldırma uygulamasının morfolojik yanıtları her tür ve yaş grubunda tek yönlü ve doğrusal bir biçimde şekillendirmekten ziyade, türlerin ekolojik stratejileri ve yaşa bağlı gelişim fazları ile birlikte çok faktörlü ve zaman zaman yön değiştiren bir örüntü sergilemiş olabileceği anlaşılmaktadır (Tablo 4.2; Tablo 4.4; Tablo 4.6–Tablo 4.9). Taşkın çalışmalarında da büyüme ve morfolojik tepkilerin çoğu kez tek yönlü ilerlemediği; tür, genotip ve gelişim evresine bağlı olarak eşik davranışları sergileyebildiği belirtilmektedir. Özellikle kısa süreli maruziyetlerde telafi edici yanıtlar görülürken, süre uzadıkça büyüme kaybının belirginleşmesi yaygın bir bulgudur (Baldi vd., 2012; Esteban vd., 2023 Djuma vd., 2024; Yazel vd., 2022). Bu durum, burada gözlenen yön değiştiren desenlerle tutarlıdır. Bu farklılaşmanın olası nedenlerinden biri, fidanların büyüme dinamiğinin yalnızca uygulama süresi ile açıklanamayacak kadar karmaşık olmasıdır. Daldırma, kök bölgesinde su rejimini değiştirerek kök oksijenlenmesini, kök solunumunu, besin alımını, hormonal sinyallemeyi (özellikle ABA, etilen ve oksin dengesi) ve dolaylı olarak karbon tahsisini etkileyebilir. Taşkın altında köklerde oksijen kısıtı, ATP üretimini ve aktif

iyon taşınımını sınırlandırarak besin alımında düşüşe ve karbonun büyüme yerine yaşamı sürdürme/onarım süreçlerine yönelmesine neden olabilir. Ayrıca etilen birikimi ve ABA dinamikleri, sürgün büyümesini baskılarken bazı türlerde adventif kök gibi kaçınma stratejilerini tetikleyebilir (Peker vd., 2024; Rodriguez ve Luquez, 2016; Schaller vd., 2014). Dolayısıyla morfolojik çıktılar, taşkın stresinin fizyolojik maliyetlerini yansıtan bütünleşik bir sonuçtur. Bogarin vd. (2023) çalışmasında riparyan ağaçlarda taşkının şiddet ve süresine bağlı büyüme durumunun incelenmesi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda taşkın süre ve şiddetinin büyümeyi baskılayabildiği; kök işlevi, besin alımı ve karbon ekonomisi üzerinden kök–gövde tahsis dengesinin değişebildiği; etkinin türün tolerans sınıfına göre ayrıştığını bulmuşlardır. Kim ve Wang (2010) çalışmasında bitkilerde taşkına bağlı oksijen eksikliği koşullarında ortaya çıkan temel adaptasyon mekanizmalarının ve türler arası tolerans farklarının incelenmesi amaçlamışlardır. Çalışmada çok sayıda bitki türünde literatür taraması ve deneysel bulgular üzerinden aerenkima oluşumu, lentisel gelişimi, adventif kök oluşumu gibi morfo-anatomik uyum stratejilerinin analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda türler arası taşkın toleransı büyük ölçüde aerenkima, lentisel ve adventif kök oluşumu gibi morfo-anatomik adaptasyonlarla açıklanmış ve bu yapıların varlığının hayatta kalma oranlarını doğrudan artırdığını, türler arası genetik ve ekolojik farkların adaptasyon başarısında belirleyici olduğunu ortaya koymuşlardır. Colpaert vd. (2004) çalışmasında faklı taşkın sürelerinin ve zamanlamasının Populus türlerinde büyüme ve metabolizma üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlamışlardır. Çalışmada kısa ve uzun süreli taşkınlar ilkbahar ve yaz başı uygulamaları ile fizyolojik analizler yapılmıştır. Çalışma sonucunda uzun süreli taşkın büyüme ve karbonhidrat depolarında belirgin azalmaların olduğu ve taşkının vejetasyon başında uygulanmasının stresi artırdığını ortaya koymuşlardır. Bu mekanizmaların her biri türler arasında farklı toleransa sahip olabildiği gibi, aynı tür içinde yaşla birlikte de farklı şekillerde devreye girebilmektedir. Bu nedenle aynı türde bile genç yaşlarda uyarıcı gibi görünen bir etki, daha ileri yaşlarda kök bölgesindeki oksijen kısıtı olasılığı üzerinden büyümeyi sınırlayıcı bir görünüme dönüşebilir (Kim ve Wang, 2010). Taşkın literatüründe ontogenetik evre, toleransın kritik belirleyicilerinden biri olarak görülmektedir. Genç fidanlar bazı durumlarda morfolojik plastisite (yeni kök üretimi, hızlı doku yenileme) sayesinde kısa süreli su baskınını tolere edebilirken, daha ileri gelişim evrelerinde aynı stres daha yüksek kök fonksiyon kaybı ve büyüme kısıtı

yaratabilmektedir (Asmelash vd., 2016; İlek vd., 2021; Siczek vd., 2008). Bu nedenle yaşa bağlı yön değiştiren desenler beklenen bir durumdur. Avio vd. (2006) çalışmasında taşkın zamanlamasının (fenolojik dönemler) bitki adaptasyonu ve hayatta kalma stratejilerindeki rolünün incelenmesi amaçlamışlardır. Çalımada farklı türlerde kontrollü taşkın uygulamaları, hayatta kalma ve gelişim ölçümleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda erken dönemde taşkına maruz kalmanın daha fazla stres ve gelişim kaybı ile sonuçlandığı ve bazı türlerin taşkın zamanlamasına göre uyum stratejileri geliştirebildiğini ortaya koymuşlardır. Çalışmada KBÇ ve boy büyümesinde yaşa göre yön değiştiren desenler ile biyokütle dağılımında türler arası ayrışmaların görülmesi, bu fizyolojik arka planla uyumlu olabilecek bir tablo sunmaktadır (Şekil 4.1-Şekil 4.14; Şekil 4.15-Şekil 4.28).

KBÇ, fidanın sahaya çıktıktan sonraki dayanımını ve performansını öngörmede kullanılan önemli morfolojik göstergelerden biridir. KBÇ artışı çoğunlukla sekonder büyüme ve kambiyal aktivite ile ilişkilendirildiğinden, su iletim kapasitesi, mekanik dayanıklılık ve karbon depolama potansiyeli açısından dolaylı ipuçları sunabilir. Bu nedenle KBÇ'deki değişimler yalnızca kalınlaşma olarak değil, fidanın genel fizyolojik kapasitesini yansıtan bir bileşen olarak yorumlanabilir. Taşkın koşullarında çap artışı (sekonder büyüme), sürgün uzamasına göre daha korunumcu bir büyüme bileşeni olabilir; bazı türler sürgün büyümesini kısarken gövde dayanımını ve iletim sürekliliğini korumaya öncelik verebilir (Hatfield ve Prueger, 2015; Sun vd., 2024). Bu nedenle KBÇ'de ana etkinin zayıf, ancak tür/yaş içinde yön değiştiren bir görünüm alması taşkın ekolojisi açısından da anlamlıdır. Daldırma uygulaması öncesinde bazı tür ve yaş gruplarında KBÇ bakımından anlamlı farkların görülmemesi, başlangıç materyalinin belirli kombinasyonlarda daha homojen olabileceğini; buna karşın bazı tür ve yaş gruplarında anlamlı farkların bulunması ise başlangıç varyasyonunun tür ve yaşa göre değişebileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.1). Nitekim yıllık ortalama KBÇ büyümesine ilişkin değerlendirmede daldırma süresinin ve yaşın genel olarak belirgin bir değişim oluşturmadığı, ayrıca daldırma süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığı gözlemlenmiştir (Tablo 4.2; Tablo 4.3). Bu bulgu, daldırmanın KBÇ üzerinde güçlü bir ana etki oluşturmaktan çok, tür ve yaşa bağlı olarak yön değiştirebilen daha sınırlı etkiler üretmiş olabileceğini düşündürmektedir. Çalışmadaki grafiklerde elde edilen bulgularda bu yorumu destekler niteliktedir;

Akçaağaçta 6 aylık fidanlarda 5 günlük daldırmalarda KBÇ artışının kontrolün altına inmesi, 10 ve 15 günlük daldırmalarda artması; 12 aylık fidanlarda süre arttıkça artış eğilimi; 18 aylık fidanlarda 5 ve 10 günlük daldırmalarda azalış, 15 günlük daldırmalarda yeniden artış gibi bir örüntü görülmektedir (Şekil 4.1). Cevizde 6 ve 12 aylık fidanlarda 5–10 günlük daldırmalarda artış, 15 günlük daldırmalarda azalış; 18 aylık fidanlarda 10 günlük daldırmalarda artış, 5 ve 15 günlük daldırmalarda azalış ortaya çıkmıştır (Şekil 4.2). Çınarda 6 aylık fidanlarda tüm sürelerde artışa karşın 18 aylık fidanlarda tüm sürelerde azalışın görülmesi, daldırmanın aynı türde yaşa bağlı olarak ters yönlü sonuçlar üretebileceğini düşündürmektedir (Şekil 4.3). Dişbudakta 6 aylık fidanlarda 5 ve 15 günlük daldırmalarda artış, 10 günlük daldırmalarda düşüş; 12 aylık fidanlarda 5 ve 10 günlük daldırmalarda artış, 15 günlük daldırmalarda düşüş; 18 aylık fidanlarda ise tüm sürelerde azalışın görülmesi, bu türde özellikle ileri yaşta daldırmanın KBÇ artışını sınırlamış olabileceğini düşündürür (Şekil 4.4). Göknar ve kayında 6 aylık fidanlarda genel artışların görülmesi, 12 aylık fidanlarda 15 günlük daldırmalarda düşüş eğiliminin belirginleşmesi ve 18 aylık fidanlarda süreye bağlı eşik davranışlarının ortaya çıkması, iğne yapraklı türlerde de optimum süre aralığı olasılığını gündeme getirmektedir (Şekil 4.5; Şekil 4.6). Servide 12 aylık fidanlarda 5 ve 15 günlük daldırmalarda artış, 10 günlük daldırmalarda azalış; 18 aylık fidanlarda ise tüm sürelerde azalış görülmesi, yaş ilerledikçe daldırmanın KBÇ açısından olumsuzlaşabileceği ihtimalini düşündürmektedir (Şekil 4.7). Bu çerçevede KBÇ'de istatistiksel fark yok bulgusunun (Anella ve Whitlow, 2000), etkisizlikten çok; etkinin küçük kalması, yaş/tür içinde yön değiştirmesi veya varyansın yüksek olması gibi olasılıklarla birlikte okunması daha doğru olacaktır (Tablo 4.2; Tablo 4.3). Taşkın toleransı çalışmalarında büyüme metriklerinde yüksek varyanslar sıklıkla rapor edilmiştir ve bu durum genotipik farklılıklar, başlangıç büyüklüğü ve stresin zamanlamasına bağlı heterojenlikten kaynaklanabilir (Anella ve Whitlow, 2000; Hatfield ve Prueger, 2015). Dolayısıyla 'anlamlı fark yok' bulgusu, taşkın etkisinin yokluğundan ziyade, etkinin tür/yaş içinde dağınık biçimde ortaya çıkmasıyla ilişkili olabilir. Anella ve Whitlow (2000) çalışmasında 1 yıllık akçaağacın farklı popülasyonlarda (islandaki nemli ve kurak alanlar) daldırmanın fotosentez, büyüme ve hayatta kalma üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda her iki popülasyonda da fotosentez ve büyümenin baskılanmış olduğu

ancak hayatta kalma oranlarının neredeyse %100 olduğu ve suya hızlı adaptasyon sağlandığı ortaya konulmuştur.

Boy büyümesi, fidanın rekabet gücü ve ışık yakalama kapasitesi açısından önemli olmakla birlikte, çevresel streslere KBÇ'den daha hızlı tepki veren bir büyüme bileşeni olarak değerlendirilebilir (Genies vd., 2017). Taşkın altında sürgün uzaması çoğu türde erken dönemde kısılabilen bir büyüme bileşenidir; çünkü oksijen kısıtı ve stomatal kapanma karbon kazancını düşürürken bitki, büyüme yerine hayatta kalma stratejilerine yatırım yapar. Bu nedenle boy büyümesinde optimum süre ya da yaşa bağlı kırılma desenleri, taşkın stresinin zamansal doğasıyla uyumludur (Azadeh vd., 2025; Ganbari vd., 2011). Genies vd. (2017) çalışmasında taşkın süresi ve zamanının yaprak gaz değişimi ve büyüme üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlamışlardır. Çalışmada kısa ve uzun süreli taşkınlarda fotosentetik gaz değişimi, klorofil ve büyüme analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda kısa süreli taşkında büyüme etkilenmezken, uzun süreli taşkın fotosentezde ve büyümede ciddi düşüşe neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada çınar, göknar, kayın ve servi türlerinde daldırma süresi ve yaşın boy büyümesi üzerinde belirgin bir yönelim oluşturmaması, boy uzamasının tek başına uygulama süresiyle açıklanamayabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.4). Buna karşılık akçaağaç ve cevizde daldırma süresi arttıkça yıllık ortalama boy büyümesinin azalması, bu türlerde primer büyümenin daldırma süresine daha toleranslı olabileceği ihtimalini gündeme getirmektedir (Tablo 4.4). Smith ve Bourne (1989) çalışmasında ceviz fidanlarında farklı taşkın sürelerinin (0; 14; 28 ve 42 gün) büyüme, hayatta kalma ve yaprak fizyolojisi üzerindeki etkilerinin incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışmada serada yetiştirilen ceviz fidanları 14; 28 ve 42 gün süreyle suya batırılarak taşkına maruz bırakılmış, taşkın sonrasında boy, kök ve sürgün biyokütlesi ile yaprak klorofil düzeyleri ve hayatta kalma oranları ölçülmüştür. Çalışma sonucunda kısa süreli taşkında (14 gün) fidanlar büyük ölçüde sağlıklı kalırken, taşkın süresi uzadıkça kök ve sürgün biyokütlesi ile yaprak klorofilinde belirgin kayıplar ve fidan ölüm oranında artış olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca çalışmada uzun süreli taşkının (42 gün) en yüksek mortaliteye ve büyüme kaybına neden olduğu bildirilmiştir. Grafikler yaşa bağlı kırılmaların daha açık görülebildiğini göstermiştir. Akçaağaçta 6 aylık fidanlarda 15 günlük daldırmada artış, 10 günlük daldırmada azalış; 12 aylık fidanlarda tüm sürelerde artış; 18 aylık

fidanlarda tüm sürelerde azalış söz konusudur (Şekil 4.8). Cevizde 6 aylık fidanlarda yalnızca 5 günlük daldırmada artış, 10–15 günlük daldırmada azalış; 12 aylık fidanlarda 5–10 günlük daldırmada artış, 15 günlük daldırmada azalış; 18 aylık fidanlarda ise tüm sürelerde azalış görülmektedir (Şekil 4.9). Çınarda 6 aylık fidanlarda 10 günlük daldırmada artış, 5 ve 15 günlük daldırmada azalış; 12 aylık fidanlarda 10–15 günlük daldırmada artış; 18 aylık fidanlarda 15 günlük daldırmada artış, 5–10 günlük daldırmada azalış gibi yaşa toleranslı ve süreye bağlı yer değiştiren bir optimum olasılığı ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.10). Dişbudakta 6 ve 12 aylık fidanlarda tüm sürelerde artış, 18 aylık fidanlarda tüm sürelerde azalış bulunması, daldırmanın genç dönemde büyümeyi destekleyebilse de ileri yaşta sınırlayıcı olabileceğini düşündürür (Şekil 4.11). Göknar ve kayında 12 ve 18 aylık fidanlarında genel azalışların yaygın olması (Keller vd., 2023), bu türlerde daldırmanın primer büyüme üzerinde daha baskın bir sınırlayıcı etki oluşturmuş olabileceği ihtimalini gündeme getirmektedir (Şekil 4.12; Şekil 4.13). Keller vd. (2023) çalışmasında zümrüt dişbudak böceği tehdidi altındaki kara dişbudak ormanlarında farklı potansiyel ağaç türlerinin vejetasyon döneminde değişik taşkın sürelerine (2; 4 ve 6 hafta) maruz bırakıldığında hayatta kalma ve büyüme performanslarının incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışmada 12 farklı ağaç türünün fidanları kontrollü koşullarda 2; 4 ve 6 hafta süreyle taşkına tabi tutulmuş ve bu sürelerin ardından hayatta kalma oranları, büyüme (boy ve çap artışı) ve morfolojik/kimyasal stres tepkileri ölçülmüştür. Çalışma sonucunda geniş yapraklı türler kısa ve orta süreli taşkına daha yüksek tolerans gösterirken, özellikle iğne yapraklı türlerde ve uzun süreli taşkında mortalite ve büyüme kaybının yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca çalışmada türler arası taşkın toleransında büyük farklılıklar olduğu, alternatif tür seçiminin taşkın ekosistemi yönetimi için kritik olduğunu bildirmişlerdir. Servide 6 aylık fidanlarda artış, 12 ve 18 aylık fidanlarda azalış görülmesi de benzer şekilde yaş ilerledikçe olumsuzlaşan bir örüntü olasılığına işaret etmektedir (Şekil 4.14). Bununla birlikte boy büyümesine ilişkin analizde daldırma süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaması, boy tepkilerinin tür ve yaş içinde yön değiştirmesi ve varyansın yüksek olabilmesi gibi olasılıklarla birlikte değerlendirilmelidir (Tablo 4.5). Bu nedenle boy büyümesi sonuçlarının, KBÇ ve biyokütle bulgularıyla birlikte okunması daha sağlıklı bir yorum zemini sağlayabilir; çünkü boy artışı KBÇ artışıyla eşlik etmediğinde daha ince-uzun bir morfoloji olasılığı gündeme gelebilirken, boy azalmasına karşın

KBÇ'nin korunması veya belirli sürelerde artması daha kompakt bir fidan tipine işaret ediyor olabilir (Şekil 4.1–Şekil 4.14).

Biyokütle bulguları, daldırmanın yalnızca boyut artışını değil, kaynak tahsisini (kök–gövde dağılımını) yeniden düzenleyebileceğini düşündürmesi bakımından önemlidir. Taşkın koşullarında kök bölgesindeki hipoksi, kök büyümesini sınırlandırabilir; buna karşılık bazı türlerde adventif kök üretimi veya gövdeye kaynak aktarımı gibi alternatif tahsis stratejileri devreye girebilir (Balgah vd., 2023). Bu nedenle kök biyokütlesinde azalış her zaman genel zayıflama anlamına gelmeyebilir; bazen kökün formu/konumu değişerek (yüzeysel–adventif) fonksiyon sürdürülür. Kök ve gövde biyokütlesinin birlikte yorumlanması bu yüzden kritik önem taşır (Ermeydan vd., 2011). Kök biyokütlesinde çınarda daldırma süresi ve yaşın belirgin bir yönelim oluşturmaması (Tablo 4.6), bu türde kök biyokütlesinin daha stabil olabileceğini düşündürürken; diğer türlerde süre ve yaşa bağlı farklı yönelimlerin ortaya çıkması, türler arası kaynak tahsis stratejisinin belirgin biçimde farklılaşabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.6). Grafiklerde 6 aylık fidanlarda kök biyokütlesinin birçok türde artması, erken dönemde daldırmanın su erişimi üzerinden kök büyümesini desteklemiş olabileceği ihtimalini gündeme getirirken; 12 aylık fidanlarda özellikle akçaağaç, dişbudak ve göknarda tüm sürelerde azalışların görülmesi, bu yaşta daldırmanın kök fonksiyonunu sınırlamış olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 4.15; Şekil 4.18; Şekil 4.19). 18 aylık ceviz ve çınar fidanlarında azalışın sürmesi, buna karşın dişbudak ve göknar fidanlarında artış görülmesi, ileri yaşta türlerin stres altında telafi edici büyüme geliştirebilmesi veya tolerans farkı sergileyebilmesiyle ilişkili olabilir (Şekil 4.16–Şekil 4.19). Kök biyokütlesinde istatistiksel farkların yalnızca akçaağaçta (0–10 ve 0–15) ve çınarda (0–5 ve 0–10) belirginleşmesi, bu iki türün daldırma süresine daha toleranslı olabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.7). Diğer türlerde anlamlı fark olmaması, etkinin daha sınırlı kalması veya varyansın yüksek olması gibi olasılıklarla birlikte ele alınmalıdır (Tablo 4.7).

Gövde biyokütlesinde ceviz, çınar ve servide daldırma süresi ve yaşın belirgin bir yönelim oluşturmaması (Tablo 4.8) gövde biyokütlesinin bazı türlerde daha stabil bir özellik sergileyebileceğini düşündürürken; akçaağaç ve dişbudakta süre arttıkça azalış, ancak yaş × süre etkileşiminde artış; göknarda süre arttıkça azalış, yaş × süre

etkileşiminde artış; kayında süre arttıkça artış, yaş × süre etkileşiminde azalış gibi örüntüler, gövde düzeyinde de karmaşık bir tahsis düzenlemesi olabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.8). Grafiklerde akçaağaç ve cevizde birçok yaş grubunda gövde biyokütlesinin artması, daldırma sonrası sürgün dokularına kaynak aktarımı olabileceğini düşündürürken; çınar, göknar ve servide özellikle 18 aylık fidanlarda bazı sürelerde azalışların belirginleşmesi, ileri yaşta daldırmanın bütüncül büyümeyi sınırlayabileceği ihtimalini gündeme getirmektedir (Şekil 4.22–Şekil 4.28). Gövde biyokütlesinde istatistiksel farkların akçaağaçta (0–10), çınarda (5–15 ve 10–15), dişbudak ve kayında (0–15) ortaya çıkması, bazı türlerde daldırma süresinin eşik/optimum aralıklar oluşturabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.9). Buna karşılık ceviz, göknar ve servide anlamlı fark bulunmaması, gövde biyokütlesi yanıtının daha sınırlı veya daha değişken olabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.9). Gauthier ve Jacobs (2011) çalışmasında İngiliz ve kara cevizde kuraklı, sel baskısı gibi stres koşullarına adaptasyon mekanizmalarının incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda cevizin kuraklık ve dondan oldukça etkilendiği ve adaptasyon potansiyelinin sınırlı olduğu ortaya konulmuştur.

Kök–gövde biyokütlesinin birlikte değerlendirilmesi, daldırmanın adaptasyonla ilişkili olabilecek tahsis stratejilerini daha açık biçimde görmeyi sağlar. Örneğin cevizde 6 aylık fidanlarda kök biyokütlesi artarken gövde biyokütlesinin de artması, erken dönemde daldırmanın büyümeyi desteklemiş olabileceği ihtimalini güçlendirirken; 18 aylık fidanlarda kök biyokütlesi azalmasına rağmen gövde biyokütlesinin artması, tahsisin kökten gövdeye kaymış olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 4.16; Şekil 4.23). Çınarda 6 aylık fidanlarda kök biyokütlesi artarken 18 aylık fidanlarda hem kök hem gövde biyokütlesinin azalması, ileri yaşta daldırmanın büyümeyi birlikte sınırlamış olabileceğine işaret edebilir (Şekil 4.17; Şekil 4.24). Dişbudakta 18 aylık fidanlarda kök biyokütlesi artarken gövde biyokütlesinin de artması, telafi edici büyüme veya türsel tolerans farklarıyla ilişkili olabilir (Şekil 4.18; Şekil 4.25). Göknarda 18 aylık fidanlarda kök biyokütlesi artarken gövde biyokütlesinin azalması ise, kaynak tahsisinin kök lehine yönlendirildiği ancak sürgün büyümesinin sınırlanmış olabileceği şeklinde yorumlanabilir (Şekil 4.19; Şekil 4.26).

5.1.2 Kimyasal Değişimler

Bu çalışmada kimyasal değişkenler; fotosentetik pigmentler (klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil ve karotenoid) ile pigment oranları (klorofil a/b ve b/a), ayrıca osmotik denge ve stres göstergesi olarak prolin, karbon metabolizması ürünleri olarak glikoz ve sakkaroz ve savunma/antioksidan kapasiteyi temsil eden fenolik bileşikler üzerinden değerlendirilmiştir. Bu parametrelerin birlikte ele alınması, daldırma uygulamasının yalnızca büyüme ve morfoloji üzerinde değil; bitkilerin stres algısı, karbon tahsisi, fotokimyasal kapasitesi ve savunma metabolizması gibi temel fizyolojik süreçler üzerinde de etkiler oluşturup oluşturmadığının tartışılmasına olanak sağlamaktadır (Bissiwu vd., 2022). Bu kapsamda daldırma uygulaması, taşkın stresinin kontrollü bir benzetimi olarak değerlendirilebilir. Taşkın koşullarında kök bölgesinde gelişen hipoksi/anoksi; fotosentetik kapasite, karbon metabolizması ve antioksidan savunma gibi kimyasal yanıtları eş zamanlı olarak şekillendirebilmektedir. Genel çerçevede, pek çok kimyasal bileşende daldırma süresi ve yaşın tek başına doğrusal ve tek yönlü bir artış ya da azalış eğilimi oluşturmadığı, buna karşın belirli bileşenlerde daldırma süresinin ana etkisinin veya yaş ile birlikte daldırma süresinin etkileşiminin yön değiştirici bir rol oynayabildiği görülmüştür (Tablo 4.13; Tablo 4.14; Tablo 4.15; Tablo 4.16; Tablo 4.17; Tablo 4.18; Tablo 4.19). Taşkın literatüründe de fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerin çoğu zaman doğrusal ilerlemediği; kısa sürelerde telafi edici düzenlemeler görülebilirken süre uzadıkça metabolik maliyetlerin arttığı vurgulanmıştır (Caudullo ve Rigo, 2016; Ganbari vd., 2011; Mozo vd., 2023). Bu nedenle yaş × süre etkileşimlerinin yön değiştirmesi, taşkın stresinin eşik/dönemsel karakteriyle uyumludur. Bu durum, daldırma uygulamasının kimyasal içerikleri her tür ve her dokuda aynı doğrultuda değiştirmesinden ziyade, türlerin fizyolojik özelliklerine ve dokuların işlevsel farklılıklarına bağlı olarak metabolik dengeyi yeniden düzenleyebileceğini düşündürmektedir. Koç (2021) çalışmasında ağaçlarda su baskını stresinde fizyolojik süreçler ile büyüme ilişkisinin incelenmesini amaçlamıştır. Çalışma sonucunda oksijen kısıtının; karbon tahsisini, kök fonksiyonunu, hormonal sinyalleri ve dolaylı olarak büyümeyi etkilediği ayrıca yanıtların tür, ontogenetik evre ve stres süresine bağlı olarak doğrusal olmayan desen gösterebildiğini ortaya koymuştur.

Fotosentetik pigmentler açısından değerlendirildiğinde, daldırma uygulamasının türler arasında farklı yönlerde yanıtlar oluşturduğu anlaşılmıştır. Taşkın altında pigment yanıtları, çoğu zaman doğrudan pigment sentezinden ziyade kök hipoksisinin tetiklediği stomatal kapanma, enerji kısıtı ve fotooksidatif baskı üzerinden şekillenir. Bu nedenle bazı türlerde klorofil azalması beklenebilirken, bazı türlerde karotenoid gibi fotoprotektif bileşenlerin göreli artışı görülebilir (Momayyezi vd., 2022). Akçaağaçta birçok pigment değişkeninde daldırma süresi ve yaşın belirgin bir yönelim oluşturmadığı görülmekle birlikte, türler arası ortalama değerlerde; klorofil a, klorofil b ve toplam klorofilin daldırma süresi arttıkça genel olarak azaldığı ve karotenoidin kontrol grubunda daha yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 4.13; Tablo 4.20). Bu sonuç, akçaağaçta özellikle uzun süreli daldırmanın fotosentetik pigment düzeylerini sınırlamış olabileceğini düşündürürken, bu etkinin her yaş grubunda aynı şiddette gerçekleşmemiş olabileceğini de düşündürmektedir. Taşkın koşullarında uzun maruziyet, kök oksijen kısıtı nedeniyle su–besin alımını ve yaprak gaz değişimini düşürerek klorofil kaybını hızlandırabilmektedir (Kreuzwieser vd., 2004). Bu nedenle uzun süreli daldırmada pigment azalması, taşkına bağlı fotokimyasal kapasite düşüşü çerçevesinde de okunabilmektedir. Aynı türde klorofil a/b oranının düşük daldırma sürelerinde artması ve b/a oranının daldırma süresi arttıkça azalması, pigment kompozisyonunda koşullara bağlı bir yeniden düzenlenme olabileceğine işaret edebilir (Tablo 4.20). Bununla birlikte pigment oranlarının tek başına "iyileşme" veya "bozulma" biçiminde okunmaması, daha çok ışık yakalama kompleksleri ile reaksiyon merkezleri arasındaki dengeyi yansıtabilecek göstergeler olarak değerlendirilmesi daha uygun olacaktır. Bissiwu vd. (2022) çalışmasında üç farklı akçaağacın 28 günlük kuraklık stresi altında fizyolojik ve biyokimyasal yanıtlarını değerlendirmek ve özellikle klorofil içeriği, prolin seviyesi, antioksidan enzim aktiviteleri (SOD), lipid peroksidasyonu (MDA) ve gen ekspresyonlarını incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda kuraklık stresi altında klorofil miktarının azaldığı, prolin ve SOD düzeylerinin arttığı, MDA düzeylerinde yükselme olduğunu ortaya koymuşlardır. MDA düzeyindeki yükselme hücresel zar hasarının göstergesi olarak değerlendirilmiştir. GGAT1 ve CSD2 genlerinin ekspresyonunun da arttığı bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada elde edilen verilerin akçaağacın kuraklığa karşı osmotik düzenleme ve oksidatif stres savunma mekanizmalarını aktive ettiği de vurgulanmıştır.

Cevizde klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil ve karotenoid içeriklerinin daldırma süresi arttıkça arttığı; buna karşılık yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri azaltıcı yönde etkileyebildiği görülmüştür (Tablo 4.14). Bu çift yönlü örüntü, cevizde daldırmanın kısa vadede fotosentetik pigmentleri desteklemiş olabileceğini, ancak yaş ilerledikçe aynı uygulamanın aynı yönde sürmeyebileceğini düşündürmektedir. Tür ortalamalarında pigmentlerin dalgalı değişim göstermesi ve karotenoidin kontrol grubunda daha yüksek bulunması da, pigment yanıtının belirli bir süreden sonra stabil bir artış şeklinde değil, koşullara bağlı dalgalanma biçiminde ortaya çıkabileceğini göstermiştir (Tablo 4.20). Dolayısıyla cevizde pigment tepkisini mutlak artış yerine, yaş ve uygulama süresinin birlikte belirlediği değişken bir fizyolojik yanıt olarak tartışmak daha tutarlı görünmektedir. Bu tür dalgalı yanıtlar taşkın çalışmalarında da sık rapor edilmektedir (Guo vd., 2021; Zhang vd., 2024); çünkü tolerans düzeyi tür/genotip farklılıklarıyla belirgin biçimde ayrışabilmektedir. Bu çerçeve, farklı kombinasyonlarda etkilerin sınırlı kalabildiğini bildiren bulgularla örtüşmektedir. Yao vd. (2025) çalışmasında kavak ve pamuk ağacı genotiplerinde su baskını toleransının büyüme, fizyoloji ve biyokimyasal özelliklerinin incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda su baskınının büyümeyi çoğunlukla azalttığı; fakat genotip/tür farkları nedeniyle bazı kombinasyonlarda etkilerin sınırlı kaldığını; büyüme metriklerinde yüksek varyansların olduğunu bildirmişlerdir. Momayyezi vd. (2022) çalışmasında farklı ceviz türlerinin su stresine verdikleri fizyolojik yanıtları (özellikle yaprak azot içeriği, amino asit birikimi ve klorofil düzeyleri) analiz ederek dayanıklılık mekanizmalarının incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda su stresine maruz kalan ceviz türünde yaprak klorofili ve fotosentez oranlarının genel olarak azaldığı ancak dayanıklı fidanlarda prolin, serbest amino asitler ve azot içeriğinin daha yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca çalışmada cevizde su stresi altında osmoprotektif moleküllerin ve azot metabolizmasının önemli olduğunu da bildirmişlerdir.

Çınarda pigment yanıtı daha karmaşık bir görünüm sergilemiştir. Klorofil-a'nın daldırma süresi arttıkça azalması, fakat yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırıcı yönde etkileyebilmesi; klorofil-b ve toplam klorofilin daldırma süresiyle artması, ancak yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri azaltması, çınarda pigment bileşenlerinin tek bir doğrultuda hareket etmediğini

düşündürmektedir (Tablo 4.15). Buna karşın tür ortalamalarında 15 günlük daldırmada pigmentlerin ve özellikle toplam klorofil ve karotenoidin daha yüksek bulunması, belirli bir süre düzeyinde fotosentetik pigmentlerin artmış olabileceğine işaret etmektedir (Tablo 4.15). Bu iki bulgu birlikte ele alındığında, çınarda pigment yanıtının yaş gruplarına göre yön değiştirebildiği veya bazı pigment bileşenlerinin birbirini telafi eden şekilde düzenlendiği düşünülebilir. Bu nedenle çınarda pigmentler, tek bir cümleyle genellenmekten çok, bileşen ve etkileşim temelli yorumlanmalıdır.

Dişbudakta klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil ve karotenoidin daldırma süresi arttıkça azaldığı; buna karşın yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri artırıcı yönde etkileyebildiği görülmüştür (Tablo 4.16). Tür ortalamalarında ise 5 ve 10 günlük daldırmalarda pigmentlerin daha yüksek bulunması, dişbudakta kısa ve orta süreli daldırmanın pigment düzeylerini koruyucu veya destekleyici olabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.20). Burada özellikle optimum süre yaklaşımının önem kazandığı söylenebilir; çünkü dişbudakta düşük ve orta sürelerin olumlu, daha uzun sürelerin ise baskılayıcı yönde etkiler oluşturması olasıdır. Zhang vd. (2025) çalışmasında ağaçlarda taşkın stresine karşı morfolojik, fizyolojik ve moleküler yanıtların incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda türler arasında toleransların farklı olduğu; kısa süreli maruziyetlerde telafi edici yanıtlar görülebilirken uzayan sürelerde büyüme kaybının arttığı ve yanıtların çoğunlukla eşik/dönemsel kaldığını bildirmişlerdir.

Göknarda pigment bulgularında da etkileşimli bir yapı görülmektedir. Klorofil-b ve toplam klorofilin daldırma süresi arttıkça azaldığı, buna karşın yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içerikleri artırıcı yönde etkileyebildiği görülmüştür (Tablo 4.17). Tür ortalamalarında 15 günlük daldırmada klorofil a, klorofil b ve toplam klorofilin daha yüksek bulunması ve karotenoidin daldırma süresi arttıkça artması, göknarda özellikle daha uzun süreli uygulamalarda fotoprotektif ve pigment düzenleyici bir yanıt gelişmiş olabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.20). Karotenoid artışının fotosentetik kapasiteyi artırmaktan ziyade, stres koşullarında fotokimyasal sistemin korunmasına yönelik bir adaptasyon göstergesi olabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Kayında klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil ile karotenoidin yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasıyla azalması, kayında özellikle yaş ilerledikçe uygulamanın pigment sistemini sınırlandırmış olabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.18). Tür ortalamalarında pigmentlerin daldırma süresi arttıkça genel olarak azalması ve karotenoidin düşük daldırma sürelerinde daha yüksek olması da bu yorumu desteklemektedir (Tablo 4.20). Bu durum kayında daldırmanın, özellikle yüksek sürelerde fotosentetik aparat üzerinde baskılayıcı bir etki yaratmış olabileceği ihtimalini düşündürmüştür.

Servide pigmentlerin dalgalı bir değişim sergilemesi ve toplam klorofil ile karotenoidin 10 ve 15 günlük daldırma sürelerinde daha yüksek bulunması, bu türde pigment sisteminin daldırma süresine karşı daha dengeleyici ve eşik davranışlı bir yanıt verebileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.20). Servide klorofil-a'nın daldırma süresiyle artması, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının ise azaltıcı yönde etki gösterebilmesi, ayrıca klorofil-b ve toplam klorofilin yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasıyla artış gösterebilmesi, pigment bileşenlerinin dokusal ve gelişimsel süreçlerle birlikte yeniden düzenlendiğine işaret etmektedir (Tablo 4.19).

Şeker metabolizması açısından bakıldığında, yaprak glikoz ve sakkaroz içeriklerinin birçok türde daldırma süresi arttıkça azalma eğilimi göstermesi dikkat çekicidir; bu eğilim akçaağaç, ceviz, çınar, dişbudak, göknar ve kayın için daha belirgin biçimde gerçekleşmiştir (Tablo 4.21). Yaprak şekerlerindeki bu azalma eğilimi, daldırma koşullarında şekerlerin solunum ve onarım süreçlerinde daha yoğun tüketilmesi, yapraktan gövde ve köke taşınması veya bazı türlerde fotosentetik kapasitenin kısmen sınırlanması gibi olasılıklarla açıklanabilir. Taşkın koşullarında karbon ekonomisi çoğu zaman kaynak kısıtı ve artan onarım maliyeti şeklinde yeniden kurulur; fotosentez düşerken solunum/fermentatif yolakların göreli payı artabilir (Wu vd., 2025). Bu nedenle yaprak şekerlerindeki azalma, yalnızca üretimin düşmesi değil, stres altında tüketimin ve/veya dokular arası taşınımın artmasıyla da ilişkili olabilir. Kreuzwieser vd. (2004) çalışmasında odunsu bitkilerde taşkının büyüme ve morfolojiye etkilerinin incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda taşkının, özellikle kök oksijenlenmesi üzerinden çap artışı ve sürgün büyümesini sınırlayabildiğini; ancak tür/tolerans düzeyine göre çap büyümesi baskılanmadan

korunabildiğini ortaya koymuşlardır. Herrera (2013) çalışmasında tropikal ormanlarda yaşayan ağaçların uzun süreli sel baskısına karşı su dengesi, gaz değişimi, karbon metabolizması ve kimyasal madde birikimi (özellikle karbonhidratlar ve fenolikler) üzerinden verdiği fizyolojik tepkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda sel stresi altında yaprak stomalarının kapandığı, fotosentez hızının düştüğü ancak bazı türlerde yaprak ve gövdede karbonhidrat ve fenolik bileşik birikimiyle toparlanma sağlandığı ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışmada lentisel ve adventif kök oluşumunun bu adaptasyonlarda rol oynadığı da bildirilmiştir. Bununla birlikte gövde ve kök düzeyindeki şekerlerin türler arasında farklı örüntüler göstermesi, karbon tahsisinin tek bir dokuda artış/azalış olarak değil, dokular arası bir yeniden dağılım olarak tartışılmasının daha uygun olacağını düşündürmüştür. Örneğin akçaağaçta gövde sakkarozun özellikle 10 ve 15 günlük daldırmalarda daha yüksek bulunması, yapraktan gövdeye taşınımın artmış olabileceğine işaret edebilir (Tablo 4.21). Dişbudakta gövde sakkarozun düşük daldırma sürelerinde daha yüksek bulunması, kısa süreli uygulamaların taşınım ve depolama açısından daha elverişli olabileceğini düşündürebilir (Tablo 26). Kayında gövde ve kök şekerlerinin dalgalı değişim göstermesi, şeker metabolizmasının yaş ve süre etkileşimi altında daha karmaşık bir düzenlemeye sahip olabileceğine işaret etmektedir (Tablo 4.21). Servide yaprak şekerlerinin değişken seyretmesi ve gövde şekerlerinin uygulamalara göre farklılık göstermesi de bu türde karbon dengesinin daldırma sürelerine göre daha esnek biçimde ayarlanmış olabileceğini düşündürmüştür (Tablo 4.21).

Prolin içeriği üzerinden yapılan değerlendirmeler, daldırma uygulamasının stres yanıtını tür ve doku düzeyinde farklı biçimlerde şekillendirmiş olabileceğini düşündürmektedir. Taşkın stresinde prolin yanıtı her türde aynı doğrultuda artmayabilir; bazı türlerde prolin birikimi yerine farklı osmoprotektanlar veya antioksidan yollar baskınlaşabilir. Bu nedenle prolinin doku bazında azalışı, stres yok anlamına gelmekten ziyade, stres yanıtının başka metabolitlere kaydığını gösterebilir (Sachdev vd., 2021). Akçaağaçta prolin-yaprak içeriğinin daldırma süresi arttıkça azalması, yaprak düzeyinde stres şiddetinin azalması veya prolinin başka dokulara yönlendirilmesi olasılığıyla ilişkilendirilebilir (Tablo 4.13). Aynı türde prolin-kök içeriğinde daldırma süresi arttıkça belirgin azalış görülürken, yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının prolin-kök içeriğini artırıcı yönde etkilemesi, kök düzeyindeki

stres yanıtının yaşa bağlı olarak farklılaşabileceğine işaret etmektedir (Tablo 4.13). Cevizde prolin-yaprak içeriğinin daldırma süresiyle artması, daldırmanın belirli koşullarda yaprak düzeyinde stres algısını artırmış olabileceğini düşündürürken; yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının prolin-yaprak içeriğini azaltması, bu yanıtın yaşla birlikte zayıflayabileceğini göstermektedir (Tablo 4.14). Cevizde prolin-gövde içeriğinin daldırma süresiyle azalması da stres yanıtının gövde yerine yaprak veya kök gibi dokularda daha belirgin gerçekleşmiş olabileceği ihtimalini düşündürmektedir (Tablo 4.14). Çınarda prolin-gövde içeriğinin daldırma süresi arttıkça belirgin azalış göstermesi, ancak yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının içeriği artırması; prolin-kök içeriğinde de benzer biçimde süreyle azalış fakat yaş × süre ile artış görülmesi, çınarda prolin yanıtının doku ve yaşa bağlı olarak yeniden düzenlenebileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.15). Dişbudakta prolin-kök içeriğinin daldırma süresi arttıkça azalması, kök düzeyinde prolin birikiminin baskılanmış olabileceğine işaret ederken; aynı türde kök glikoz ve fenolik içeriklerinin artış eğilimi göstermesi, stres yanıtının prolin yerine farklı metabolitler üzerinden yürütülmüş olabileceğini düşündürmüştür (Tablo 4.16). Göknarda prolin-yaprak içeriğinin hem daldırma süresi hem de yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasıyla azalması, bu türde yaprak düzeyinde prolin birikimi yerine farklı savunma yollarının daha baskın olabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.17). Kayında prolin-gövde içeriğinin süreyle azalması fakat yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasıyla artış göstermesi, kayında gövde düzeyinde yaşa toleranslı bir stres düzenlemesi olabileceğine işaret ederken; prolin-kök içeriğinin süreyle artması ancak yaş × süre ile azalması, kök yanıtının genç dönemde daha belirgin olabileceği ihtimalini gündeme getirmektedir (Tablo 4.18). Servide prolin-yaprak içeriğinin süreyle artması ve yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasıyla azalması, genç yaşlarda daha güçlü prolin yanıtı oluşabileceğini, yaş ilerledikçe bu yanıtın zayıflayabileceğini düşündürmektedir; prolin-gövde için süreyle azalış ancak yaş × süre ile artış görülmesi de dokular arası yanıtın yaşa göre yeniden dağıtılabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.19).

Fenolik bileşikler, antioksidan kapasite ve savunma metabolizması açısından değerlendirildiğinde, daldırmanın fenolik içerikleri de tür, doku ve yaşa bağlı olarak farklı yönlerde etkileyebilmiş olabileceği anlaşılmaktadır. Taşkınla ilişkili hipoksi ve yeniden oksijenlenme döngüleri, ROS üzerinden antioksidan savunmayı tetikleyebilir.

Fenoliklerin tür/dokuya bağlı artış veya azalış göstermesi, taşkın altında savunma metabolizmasının yeniden tahsis mantığıyla düzenlenebildiğini düşündürmektedir (Azadeh vd., 2025). Froux vd. (2014) çalışmasında da fenolik bileşiklerin bitkilerde oksidatif strese karşı belirlendiği ve klorofil içeriğinin genel stresi yansıtmak için sensitif olduğunu vurgulamışlardır. Akçaağaçta fenolik-gövde ve fenolik-kök içeriklerinde daldırma süresi arttıkça azalış görülmesi, uzun süreli daldırmada fenolik sentezin sınırlanmış olabileceğini düşündürürken; yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının fenolik-gövde ve fenolik-kök içeriklerini artırıcı yönde etkilemesi, bu yanıtın yaşla birlikte güçlenebileceğini göstermektedir (Tablo 4.13). Cevizde fenolik-gövde içeriğinde yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının azaltıcı yönde etki göstermesi, ileri yaş ve uzun süre kombinasyonlarının savunma metabolizmasını sınırlamış olabileceğine işaret edebilir (Tablo 4.14). Çınarda fenolik-yaprak içeriğinin daldırma süresi arttıkça artması, fakat yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının azaltıcı yönde etki göstermesi, fenolik yanıtın genç yaşta daha belirgin olabileceğini düşündürmektedir; ayrıca tür ortalamalarında yaprak fenolik içeriğinin kontrol ve düşük daldırma sürelerinde daha yüksek bulunması, fenolik sentezin yüksek sürelerden ziyade belirli bir optimum koşulda artmış olabileceğine işaret etmektedir (Tablo 4.15; Tablo 4.16). Dişbudakta kök fenoliklerinin daldırma süresiyle artması, kök düzeyinde savunma yanıtının güçlenmiş olabileceğini düşündürürken; yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu içeriği azaltması, bu yanıtın yaşla zayıflayabileceği ihtimalini gündeme getirmektedir (Tablo 4.16). Göknarda yaprak fenolik içeriğinin daldırma süresi ve yaş ile birlikte belirgin bir yönelim oluşturmamasının tespit edilmesiyle birlikte, tür ortalamalarında yaprak fenolik ve prolin içeriklerinin 10 ve 15 günlük daldırmalarda daha yüksek bulunması, göknarda daha uzun süreli uygulamalarda savunma metabolizmasının aktive olabileceğini düşündürmektedir (Tablo 4.17; Tablo 4.21). Kayında yaprak fenolik içeriğinin 15 günlük daldırmada arttığı, gövde ve kök şekerlerinin dalgalı değişim sergilediği göz önüne alındığında, kayında savunma metabolizmasının özellikle yüksek sürelerde devreye girmiş olabileceği ve bunun karbon tahsisiyle bağlantılı olabileceği değerlendirilebilir (Tablo 4.21). Servide yaprak fenolik içeriğinin yüksek daldırma sürelerinde arttığı ve gövde fenolik içeriklerinin uygulamalara göre farklılık gösterdiği, kök fenolik içeriğinde ise süreyle azalış fakat yaş × süre ile artış bulunduğu

dikkate alındığında, servide fenolik metabolizmanın doku ve yaşa göre yeniden dağıtılmış olabileceği düşünülmektedir (Tablo 4.19; Tablo 4.21).

Bu bulgular birlikte ele alındığında, daldırma uygulamasının kimyasal değişkenlerde her tür için ortak ve tek yönlü bir yanıt üretmediği, ancak pigmentler, şekerler, prolin ve fenolikler gibi temel metabolit sınıflarında tür, yaş ve dokuya bağlı olarak metabolik dengeyi yeniden düzenlemiş olabileceği değerlendirilebilir (Kochaksaraeai vd., 2016). Kochaksaraeai vd. (2016) çalışmasında dişbudak fidanlarında sürekli ve periyodik (60 gün su ardından 42 gün drenaj) su baskısının etkilerinin incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda fotosentez, stomatal iletim ve yaprak alanının azaldığı, gövde çapı artışının olduğu ve drenaj sonrası fizyolojik aktivitelerin toparlandığı, hayatta kalma oranının arttığını ortaya koymuşlardır. Birçok bileşende belirgin doğrusal eğilimlerin görülmemesi, daldırma süresinin kimyasal içerikler üzerinde sınırlı bir ana etki oluşturmuş olabileceğini düşündürürken; buna karşın yaş ile birlikte daldırma süresinin etkileşiminin pek çok parametrede yön değiştirici rol oynayabilmesi, uygulamanın fizyolojik yanıtı yaşa toleranslı biçimde şekillendirebildiğine işaret etmektedir (Tablo 4.13–Tablo 4.19). Bu nedenle kimyasal değişkenler bakımından daldırma uygulaması; tür ve yaşa göre değişebilen, bazı bileşenlerde dengeleyici, bazı bileşenlerde sınırlayıcı olabilecek bir metabolik yeniden düzenleme yaklaşımı ile yapılmalıdır.

5.1.3 Mineral Bileşiklerin Değişimleri

Bu çalışmada mineral bileşikler, farklı daldırma sürelerine (0; 5; 10 ve 15 gün) maruz bırakılan fidanlarda kök, gövde ve yaprak dokularında ölçülen makro ve mikro element içerikleri üzerinden değerlendirilmiştir. Mineral besin elementleri, büyüme ve gelişmenin doğrudan girdileri olmalarının yanı sıra; su rejimi, iyon dengesi ve stres toleransı gibi fizyolojik süreçlerin temel belirleyicileri arasında yer aldığından; daldırma uygulaması gibi kök çevresini doğrudan değiştiren bir müdahaleye karşı taşkının mineral alımını gösterebilmektedir (Steffens vd., 2005). Bu nedenle mineral içeriklerde gözlenen artış ve azalışlar, yalnızca "alımın artması veya azalması" şeklinde değil; kökte oksijenlenme koşulları, iyonların taşınması, yapraklara translokasyon, dokular arası dağılım ve olası iyon antagonizmleri gibi mekanizmalarla

ilişkili olarak yorumlanmalıdır. Luo vd. (2024) çalışmasında su baskını koşullarında buğday kök gelişimi ve N ile P dağılımının nasıl etkilendiğinin incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda su baskınının N ve P kaybına yol açabilirken; kök büyümesi ve mineral dağılımının derinliklere göre farklılaştığını ortaya koymuşlardır. Her ne kadar tür ve ekosistem farklı olsa da, bu bulgu taşkında mineral dağılımının tek yönlü alım azalması yerine doku/konum temelli yeniden dağılım gösterebileceğini desteklemektedir. Daldırma uygulaması kök bölgesinde suya doygunluğu artırabildiğinden, özellikle Na ve Cl gibi iyonların alımı ve dokulara taşınması üzerinden iyonik yük oluşturma potansiyeli taşır (Kim ve Wang, 2010). Buna karşılık K, Ca, Mg ve P gibi büyüme için kritik elementler ise hem kök hücrelerinin aktif taşınım kapasitesine hem de transpirasyon akımına bağlı olarak değiştiğinden, daldırma koşullarında bu elementlerin dokular arası dağılımında dalgalanmalar görülebilmektedir (Luo vd., 2024). Bulguların genel görünümü, mineral yanıtların doğrusal olmaktan ziyade; süreye bağlı eşik davranışları, dokuya özgü farklılıklar ve türlerin fizyolojik stratejileri ile şekillendiğini düşündürmektedir.

Akçaağaçta mineral dağılım örüntüsü, daldırma süresine bağlı olarak özellikle Na, Cl ve bazı mikro elementlerde dalgalı bir düzenleme olabileceğini düşündürmektedir. Kökte Na'nın 10 günlük daldırmada artması, 5 ve 15 günlük daldırmalarda azalması gibi süreye bağlı ters yönlü değişimler, akçaağaç köklerinin belirli bir süre düzeyinde iyon birikimine daha açık hale geldiğini, daha kısa veya daha uzun sürelerde ise iyon alımının sınırlanmış olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 4.37). Aynı türde kök K içeriğinin daldırma sürelerinde artması, suya erişimin artışıyla birlikte K alımının belirli ölçüde desteklenmiş olabileceğini düşündürürken; Fe'nin tüm daldırma sürelerinde azalması, akçaağaç kök ortamında oksijenlenmenin azalmasıyla Fe alımının veya Fe'nin bitki içinde taşınmasının sınırlanmış olabileceğine işaret etmektedir (Şekil 4.37). Gimeno vd. (2012) çalışmasında taşkın stresinin bitkilerin mineral iyon alımını nasıl etkilediğinin incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda taşkın koşullarında genel mineral alımının azalırken, Fe ve Mn gibi elementlerin özellikle redüklenmiş koşullarda bitkilerde arttığını bildirmişlerdir. Gövdede Na'nın tüm sürelerde artması, daldırma uygulamasıyla Na'nın kökten gövdeye taşınmasının kolaylaşmış olabileceğini düşündürürken; Ca'nın gövdede tüm sürelerde azalması, Ca taşınımının transpirasyona güçlü bağımlılığı nedeniyle

daldırma koşullarında gövdeye taşınmasının sınırlanmış olabileceği şeklinde yorumlanabilir (Şekil 4.38). Ferreira vd. (2008) çalışmasında taşkın koşullarında mısırda mineral besin içeriklerinin nasıl değiştiğinin incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda taşkın kök ortamının Ca'yı azalttığı ancak bazı dönemlerde K artışının olduğu, P, Mg, S, Zn ve Cu gibi elementlerin etkilenmediğini ortaya koymuşlardır.

Yaprakta Na'nın artmasına karşın K'nın azalması ve Ca'nın artması gibi farklı yönlü yanıtların birlikte görülmesi, akçaağaçta daldırma sonrası iyon dengesinin yeniden düzenlenmiş olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 4.39). Özellikle yaprak K azalması, Na artışının K ile rekabet etmesi veya K taşınımının kısıtlanması gibi mekanizmalar üzerinden açıklanabilir; yaprak Ca artışı ise bazı sürelerde kökten yaprağa taşınımın artmış olabileceğini veya yaprakta birikim eğilimi olabileceğini düşündürmektedir. Steffens vd. (2005) çalışmasında su baskın koşullarının buğday ve arpa gibi türlerde mineral besin alımı ve büyüme üzerindeki etkilerinin incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda su baskınının N, P, K, Mg, Zn ve Mn gibi birçok makro ve mikro elementin bitkilerdeki konsantrasyonlarını azalttığı, Fe ve Ca'nın ise daha az değişime uğradığını bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada K elementinin düşük alımının kök ortamında oksijen eksikliğine bağlı olduğu da vurgulanmıştır. Bu tür dokuya özgü farklı yönlü değişimler, akçaağaçta daldırmanın yalnızca alımı değil, dokular arası dağılımı da etkilediğini düşündürmektedir.

Cevizde mineral yanıtların belirgin bir özelliği, kök düzeyinde Na artışıyla birlikte bazı temel makro elementlerde düşüş eğiliminin birlikte görülmesidir. Coggeshall ve Schlarbaum (2007) çalışmasında cevizde farklı genotiplerin sel baskısına karşı toleransının incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda tür genelinde sel intoleransının yüksek olduğu, genotipler arasında kök kaybı ve büyüme azalması gibi farklılıkların olduğu ortaya konulmuştur. Köklerde Na'nın tüm daldırma sürelerinde artması, cevizde daldırma koşullarının Na birikimini kolaylaştırmış olabileceğini düşündürürken; Mg, P, S ve K gibi büyüme açısından kritik elementlerin azalması, iyon alımında antagonistik ilişkiler veya kök fonksiyonunun kısmi sınırlanması olasılığını gündeme getirmektedir (Şekil 4.40). Buna karşılık kök Ca artışı, cevizde Ca alımının daldırma koşullarında tamamen baskılanmadığını, hatta bazı durumlarda artış

gösterebildiğini düşündürmektedir. Gövdede Na'nın 5 günlük daldırmada azalması, 10 ve 15 günlük daldırmalarda artması gibi bir desenin bulunması, cevizde süre uzadıkça Na'nın gövdeye translokasyonunun arttığı olasılığını düşündürmektedir (Şekil 4.41). Aynı dokuda Cl'nin tüm sürelerde azalması, Na ile birlikte beklenen tuzluluk yükü örüntüsünden ayrıştığı için, cevizde Cl taşınımının farklı bir mekanizma ile sınırlandığını düşündürmektedir. Yaprakta ise 10 ve 15 günlük daldırmalarda Na artışı, buna karşılık Mg, S, Cl ve Ca azalması ve K artışı gibi bir arada görülen yanıtlar, cevizde yaprak düzeyinde iyon dengesinin seçici biçimde düzenlenmiş olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 4.43). Özellikle K artışı, cevizde Na yüküne karşı K'yı artırarak hücresel ozmotik dengeyi koruma eğilimi olabileceğini gösterirken; buna karşın Ca ve Mg düşüşü, bu elementlerin taşınımının transpirasyon veya kök fonksiyonu üzerinden sınırlanmış olabileceğini düşündürmektedir. Cevizde Fe'nin 5–10 günlük daldırmalarda artıp 15 günlük daldırmada azalması gibi süreye bağlı eşik davranışı, uzun süreli daldırmada Fe alımı veya taşınmasının yeniden sınırlandığını düşündürmektedir (Şekil 4.40; Şekil 4.42; Şekil 4.43). Bu tür bulgular, cevizde orta süre daldırmaların bazı mikro elementlerde daha elverişli olabileceği olasılığını gündeme getirmektedir.

Çınarda kök düzeyinde Na artışı ile birlikte Mg ve P azalması gibi bir desenin görülmesi, daldırma koşullarında çınar köklerinin Na birikimine açık hale geldiğini, buna karşılık bazı temel besin elementlerinin alımının sınırlandığını düşündürmektedir (Şekil 4.44). Bununla birlikte çınarda kökte Cu'nun tüm daldırma sürelerinde artması, mikro element dinamiklerinin tür bazında oldukça farklı düzenlenebileceğine işaret etmektedir. Gövdede Na'nın tüm daldırma sürelerinde azalması, fakat kökte artması gibi zıt yönlü bir örüntü, çınarda kökte biriken Na'nın gövdeye taşınmasının kısıtlanmış olabileceğini; dolayısıyla daldırma koşullarında çınarın Na'yı kökte tutarak üst dokuları korumaya çalışmış olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 4.44; Şekil 4.45). Yaprakta ise Na'nın 10 ve 15 günlük daldırmalarda artması, buna karşın K ve Ca'nın azalması, yaprak düzeyinde iyon dengesinin Na lehine kaymış olabileceğini ve bunun K–Na rekabeti üzerinden K'nın düşmesine neden olmuş olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 4.46). Çınarda Cl'nin yaprakta tüm sürelerde artması ise, özellikle Na ile birlikte düşünüldüğünde, daldırma koşullarında iyonik yükün artabileceği ihtimalini gündeme getirmektedir. Bu durum, çınarda uzun süreli

daldırmaların yaprak iyon dengesini daha belirgin etkileyebileceğini düşündürürken; türün bu yükü tolere etme kapasitesi, morfolojik ve kimyasal yanıtlarla birlikte bütüncül biçimde değerlendirilmelidir.

Dişbudakta mineral örüntüler, daldırmanın kök ve üst dokular arasında farklı yönlü düzenlemelere yol açmış olabileceğini düşündürmektedir. Köklerde Na'nın 10–15 günlük daldırmalarda azalması ve K'nın tüm sürelerde azalması, dişbudakta daldırmanın kök iyon alımını seçici biçimde sınırlandırmış olabileceğini; buna karşın Mn'nin kökte tüm sürelerde artması, dişbudakta mikro element alımının aynı anda artış gösterebildiğini düşündürmektedir (Şekil 4.47). Gövdede Na ve P'nin artması, fakat Ca, Mn, Fe ve Cu'nun azalması, dişbudakta bazı makro elementlerin gövdede birikebildiğini, ancak mikro elementlerin taşınım veya birikim düzeyinin düşebildiğini düşündürmektedir (Şekil 4.48). Yaprakta Na artışı ile birlikte P azalması ve S artışı gibi farklı yönlü örüntüler, dişbudakta yaprak düzeyinde besin elementlerinin yeniden dağıtılmış olabileceğine işaret etmektedir (Şekil 4.49). Yaprakta Fe'nin tüm sürelerde azalması ve Cu'nun azalması, mikro elementlerin yapraklara taşınmasının daldırma koşullarında sınırlanmış olabileceğini düşündürmektedir. Bu sonuçlar, dişbudakta daldırma uygulamasının, özellikle mikro element taşınımı açısından olası kısıtlar oluşturmuş olabileceği; buna karşın bazı elementlerde (örneğin S) yaprak düzeyinde artışların görülebileceği şeklinde çıkarımlara sebep olmaktadır.

Göknarda mineral yanıtlar genel olarak birçok elementte artış eğiliminin eşlik ettiği, ancak bazı elementlerin süreye bağlı dalgalı davranabildiği bir yapı sergilemektedir. Köklerde Mg'nin tüm sürelerde artması ve Mn ile Fe'nin tüm sürelerde artması, göknarda daldırma koşullarında bazı makro ve mikro elementlerin alımının desteklenmiş olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 4.50). Buna karşın kökte P'nin azalması, bazı elementlerde alımın artarken bazılarında azalmasının, iyon antagonizmleri veya kök fizyolojisinde seçici taşınım mekanizmaları ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Gövdede Na, Mg, P, Cl gibi elementlerin artması, göknarda daldırma sonrası elementlerin gövdeye taşınmasının genel olarak artmış olabileceğini gösterirken; S ve K'nın 10 günlük daldırmalarda azalması gibi eşik davranışları, belirli süre düzeylerinde taşınımın kısıtlanabildiğini de düşündürmektedir (Şekil 4.51). Yaprakta Na ve Mg'nin 10 günlük daldırmada artıp 5 ve 15 günlük

daldırmalarda azalması, göknarda orta süre daldırmanın yaprak düzeyinde bazı elementleri artırıcı yönde etkileyebileceğini düşündürmüştür (Şekil 4.52). Yaprakta Cl ve K'nın artışı, daldırma sonrası yaprakta iyon birikiminin yükselmiş olabileceğine işaret ederken; Cu'nun tüm sürelerde azalması, bazı mikro elementlerin yapraklara taşınmasının sınırlandığını düşündürebilir. Göknarda farklı dokularda bazı elementlerin süreye bağlı ters yönlü değişmesi, daldırmanın göknarda yalnızca alım değil, dokular arası dağılımı da yeniden düzenlemiş olabileceğini düşündürmektedir.

Kayında kök düzeyinde birçok elementin daldırma ile artması, kayın köklerinin suya doygun koşullarda dahi bazı elementleri daha fazla biriktirebildiğini düşündürebilir (Şekil 4.53). Köklerde P, S, Cl, K, Ca, Mn ve Fe'nin artışı, kayında daldırmanın alımı tamamen baskılamaktan ziyade bazı elementlerde birikimi artırmış olabileceğine işaret etmektedir. Yaprakta Na, Mg ve Ca artarken P, S ve K'nın azalması ise, kayında üst dokularda iyon dengesinin yeniden dağıtılmış olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 4.55). Yaprakta K'nın azalması, Na artışı ile birlikte değerlendirildiğinde, K–Na rekabeti veya K taşınımının kısıtlanması gibi mekanizmaları akla getirebilir. Mn ve Fe'nin 10 günlük daldırmada artıp diğer sürelerde azalması gibi eşik davranışları, kayında orta süre daldırmanın bazı mikro elementler açısından daha elverişli olabileceği ihtimalini gündeme getirmektedir (Şekil 4.55).

Servide mineral yanıtlar, özellikle kökte Na, Mg, P, S ve Mn'nin artması, buna karşın Cl ve K'nın azalması gibi belirgin bir ayrışma örüntüsü sergilemektedir (Şekil 4.56). Bu durum servide daldırmanın bazı elementlerin alımını artırırken bazılarını sınırlandırmış olabileceğini düşündürmektedir. K'nın kökte tüm sürelerde azalması, servide K alımının daldırma koşullarında toleranslı olabileceğini ve K ekseninde bir sınırlanma oluşabileceğini düşündürürken; Na ve Mn artışı, iyonik yük ve mikro element birikimi açısından dikkat çekici olabilir. Gövdede 10 günlük daldırmada Na ve Mg artışı; 5 ve 15 günlük daldırmalarda azalış gibi süreye bağlı ters yönlü desen, servide orta süre daldırmanın bazı elementlerin gövdeye taşınmasını artırmış olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 4.57). Yaprakta Na artmasına karşın P, S, Cl, K, Ca, Mn ve Cu'nun azalması, servide daldırma sonrası yaprak beslenmesinin bazı elementler bakımından sınırlanmış olabileceğine işaret eder (Şekil 4.58). Bu örüntü, özellikle uzun süreli daldırmanın kök fonksiyonunu veya transpirasyon akımını

etkileyerek yapraklara taşınan elementleri azaltmış olabileceği ihtimalini gündeme getirir. Yaprak Fe'nin yalnızca 15 günlük daldırmada artması ise, bazı mikro elementlerin ancak belirli bir süre eşik düzeyinde yaprakta birikebildiğini düşündürmektedir.

Mineral bileşiklerin tüm türler birlikte değerlendirildiğinde, en dikkat çekici ortak başlıklardan biri, Na ve Cl gibi iyonların bazı türlerde özellikle yaprakta artış gösterebilmesi ve bunun K gibi temel besin elementleriyle birlikte doku düzeyinde farklı kombinasyonlarda ortaya çıkmasıdır. Bu durum, daldırma koşullarında iyon dengesinin türlere göre değişen biçimlerde yeniden kurulduğunu ve bu yeniden düzenlemenin büyüme ve stres yanıtlarıyla ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. K ve Ca gibi elementlerde kök–gövde–yaprak arasında ters yönlü değişimlerin görülmesi, daldırmanın yalnızca alım miktarını değil, taşınmayı ve depolanmayı da etkileyebileceğine işaret eder. Mikro elementlerde (Fe, Mn, Cu) ise süreye bağlı eşik davranışlarının sık görülmesi, özellikle 10 gün gibi orta sürelerin bazı türlerde farklı bir fizyolojik denge oluşturmuş olabileceğini düşündürmektedir.

5.1.4 Anatomik Değişimler

Bu çalışmada anatomik değişkenler, farklı daldırma süreleri ve yaş gruplarının özışını gelişimi üzerindeki olası etkilerini ortaya koymak amacıyla; ortalama özışını genişliği ve ortalama özışını yüksekliği üzerinden değerlendirilmiştir. Özışını özellikleri, odunsu dokuda hücre bölünmesi ve farklılaşma süreçlerinin bir sonucu olarak ortaya çıktığından, bu değişkenlerde gözlenen değişimler yalnızca anatomik bir farklılaşmayı değil; su iletimi, mekanik dayanım ve büyüme stratejileriyle ilişkili fizyolojik düzenlemeleri de yansıtmaktadır (Gauthier ve Jacobs, 2011). Daldırma uygulaması gibi kök çevresindeki su ve oksijen koşullarını değiştiren bir müdahalenin, kambiyal aktivite ve iletim dokularının gelişimi üzerinde dolaylı etkiler oluşturması beklenebilir (Tang vd., 2024). Bu bağlamda daldırma uygulaması, özellikle kök bölgesinde oksijen kısıtının ortaya çıkması bakımından taşkın/su baskını stresinin kontrollü bir analoğu olarak değerlendirilebilir; dolayısıyla gözlenen anatomik değişimler, taşkın altında odunsu dokunun iletim güvenliği ve büyüme sürekliliğini korumaya yönelik düzenlemelerle ilişkilendirilebilir. Striker (2012) çalışmasında bitkilerin su baskını

stresine anatomik düzeyde verdikleri yanıtların morfolojik ve fizyolojik tepkilerle birlikte incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda su baskınının, kök ve gövdede aerenşim oluşturma, kambiyal bölünmede değişim ve iletim hücrelerinde düzenlemeler gibi anatomik tepkilere yol açtığı, homojen veya heterojen anatomik özellikler oluşturarak oksijen iletimini ve hayatta kalmayı desteklediği ve bazı türlerde anatomik adaptasyonların hızlı gelişirken, diğerlerinde daha geç yanıt verdiği ortaya konulmuştur. Yamamoto vd. (1995) çalışmasında dişbudak fidanlarında uzun süreli taşkının (70 gün) fizyolojik, morfolojik ve anatomik değişimler üzerindeki etkilerinin incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışmada iki yaşındaki fidanlar 8 cm derinliğinde su altında 70 gün tutulmuş, deney sonunda gövde ve kök morfolojisi, lentisel yoğunluğu, adventif kök gelişimi ve doku histolojisi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda lentisel yoğunluğu ve adventif kök oluşumunda ciddi artış olduğu, genç fidanlarda adaptif anatomik tepkilerin daha hızlı geliştiği ve bu yapıların taşkın toleransının temel belirleyicileri olduğunu ortaya koymuşlardır. Li vd. (2023) çalışmasında ağaç türlerinin kuraklık, sel, tuzluluk ve ağır metaller gibi abiyotik streslere anatomik tepkilerini özellikle ksilim dokusu perspektifinden incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda sel stresine maruz kalan ağaçlarda ksilem iletim etkinliğinin azaldığı, iletim kanallarının daraldığı, duvarların kalınlaştığı ve hava kökleri/aerenşim oluşabildiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca çalışmada bu anatomik değişimlerin su altında gelişimi devam ettirme ve gaz alışverişini sürdürme stratejisinin bir parçası olduğu da bildirilmiştir. Ancak bu etkinin yönü ve büyüklüğü, türün odun anatomisi, yaşa bağlı gelişim evresi ve stres tolerans stratejilerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Li vd., 2023). Jia vd. (2021) çalışmasında bitkilerin taşkın stresine karşı morfolojik, fizyolojik ve anatomik düzeyde uyum mekanizmalarının incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda taşkın stresine yanıt olarak aerenşim oluşumu, adventif kökler ve oksijen kaybını sınırlayan bariyerlerin geliştiği, anatomik adaptasyonlar, iletim dokularının yeniden düzenlenmesi ile su ve gaz alışverişini sürdürmede rol aldığı ve bu adaptasyonların kök oksijenlenmesini arttırma, iletim hücreleri yapısında değişimler ve gaz iletimine yönelik anatomik düzenlemeler gibi mekanizmaları içerdiğini bildirmişlerdir. Gauthier ve Jacobs (2011) çalışmasında ceviz fidanlarının çevresel streslere, özellikle kuraklık ve sel gibi streslere anatomik tepkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda özellikle sel ve kuraklık gibi stres koşullarında kök sisteminde iletim kanallarının

yapısal değişim izleri gözlemlendiği ancak anatomik tepkilerin tür ve yaşa bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Genel olarak değerlendirildiğinde, bazı türlerde daldırma süresi ve yaş değişkenlerinin özışını genişliği ve yüksekliği üzerinde belirgin ve tutarlı bir yönelim oluşturmaması, anatomik yanıtların morfolojik ya da kimyasal değişkenlere kıyasla daha koruyucu ve yavaş düzenlenen bir yapıya sahip olabileceğini düşündürmektedir. Taşkın ekolojisi literatüründe de, kısa süreli su baskınlarında anatomik yapının çoğu zaman hızla yeniden inşa olmaktan ziyade mevcut iletim sisteminin korunması yönünde tepki verdiği; daha belirgin anatomik yeniden düzenlemelerin ise stresin uzaması veya tekrarlaması ile görünür hale gelebildiği vurgulanmıştır (Petrova vd., 2022; Topaçoğlu ve Keleş, 2025). Özellikle çınar, göknar, kayın ve servi türlerinde ortalama özışını genişliği bakımından net bir artış ya da azalış eğiliminin ortaya çıkmaması (Tablo 4.22), bu türlerin kambiyal aktivitesinin kısa süreli çevresel değişimlere karşı daha stabil bir karakter sergileyebileceğine işaret edebilir. Bu durum, anatomik özelliklerin genellikle daha uzun süreli çevresel koşulların birikimli etkisiyle şekillendiği yönündeki genel biyolojik kabulle de uyumlu görünmektedir. Parolin vd. (2004) çalışmasında Orta Amazon taşkın ormanlarında yetişen farklı ağaç türlerinin taşkın tolerans mekanizmalarının (morfolojik, anatomik ve fizyolojik düzeyde) karşılaştırmalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada çok sayıda tropikal türde taşkın altındaki bireylerde lentisel artışı, mumsu tabaka oluşumu ve adventif kök gelişimi gibi morfo-anatomik adaptasyonlar ve hayatta kalma oranları gözlenmiş ve fizyolojik ölçümler yapılmıştır. Çalışma sonucunda taşkına toleranslı türler lentisel ve mumsu tabaka gelişimi, adventif kök oluşumu gibi adaptasyonlarla hayatta kalırken, toleransı düşük türlerde bu yapıların gelişiminin sınırlı kaldığı ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışmada yaş ilerledikçe taşkın toleransında azalma olduğu da bildirilmiştir. Bu bulgu, mevcut çalışmada bazı türlerde görülen yaş ilerledikçe daldırmaya bağlı anatomik yanıtların yön değiştirebilmesi veya belirginleşebilmesiyle birlikte değerlendirildiğinde, taşkın toleransının ontogenetik evreye duyarlı olabileceğini düşündürmektedir. Akçaağaçta daldırma süresi arttıkça ortalama özışını genişliğinin azalması ve yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının bu azalışı daha belirgin hale getirmesi (Tablo 4.22; Şekil 4.59), bu türde daldırma koşullarının kambiyal hücre bölünmesini veya hücre genişlemesini sınırlamış olabileceğini düşündürmektedir. Akçaağaçta özışını genişliğinin daralması, kök bölgesinde artan suya doygunluk ve buna bağlı oksijen

kısıtının, sekonder büyüme üzerinde baskılayıcı bir etki yaratmış olabileceği şeklinde yorumlanabilir. Taşkın altında gelişen hipoksi koşullarında, ksilemde daha dar iletim elemanlarının oluşumu, iletim kapasitesini sınırlasa da hidrolik güvenliği artırarak stres sonrası dönemde iletim sisteminin daha kararlı çalışmasına katkı sağlayabilen bir uyum stratejisi olarak da değerlendirilebilir (Esteban vd., 2009). Bu türde daha dar özışını oluşumu, su iletim kapasitesinde potansiyel bir azalma anlamına gelebileceği gibi, aynı zamanda mekanik dayanımı artıran daha yoğun bir doku yapısının oluşmasına da işaret edebilir. Yaman (2017) çalışmasında Batı Karadeniz kıyı ekosistemlerinde deniz suyu etkisine maruz kalan odunsu bitkilerde su iletim sisteminin anatomik değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda deniz suyu etkisindeki odunsu bitkilerde iletim doku değişimleri olduğu; trahe çaplarının genellikle daralırken trahe sayısının artış eğilimi gösterdiği bildirilmiştir. Bu nedenle söz konusu değişimin, mutlaka olumsuz bir anatomik yanıt olarak değil, çevresel koşullara uyum kapsamında gelişmiş bir düzenleme olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Silva vd. (2012) çalışmasında kızılağaçda, kuraklık ve ağır metal eser element maruziyetinin ksilem anatomisine etkilerinin ortak stres koşulları altında incelenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda iletim kanallarında daralma, ksilim yoğunluğunda artış ve tavanın kalınlaşması gibi anatomik adaptasyonlar olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca çalışmada bu değişikliklerin ksilim verimliliğini korumak ve stres etkilerinden korunmak için geliştirilmiş kompansatuvar mekanizmalar olduğu bildirilmiştir.

Cevizde yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının ortalama özışını genişliğini artırıcı yönde etki göstermesi (Tablo 4.22; Şekil 4.60), bu türde daldırmanın kambiyal aktiviteyi desteklemiş olabileceğini düşündürmektedir. Özellikle farklı yaş gruplarında daldırma uygulamalarının kontrol grubuna kıyasla daha geniş özışını değerleriyle sonuçlanması, cevizde suya erişimin artmasının hücre genişlemesini veya hücre sırası oluşumunu teşvik etmiş olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte yıllık ortalama özışını genişliğine ilişkin karşılaştırmalarda bazı süre çiftleri arasında anlamlı farkların bulunması, ancak 10–15 günlük daldırma karşılaştırmalarında bu farkın ortadan kalkması (Tablo 4.23), cevizde belirli bir daldırma süresinden sonra anatomik yanıtın doygunluğa ulaşmış olabileceğini düşündürmektedir. Bu durum, ceviz için orta süreli daldırmaların anatomik açıdan daha etkili olabileceği, daha uzun

sürelerin ise ek bir kazanım sağlamayabileceği ihtimalini gündeme getirir. Tang vd. (2024) çalışmasında ceviz fidanlarının tuz stresinin anatomik etkilerinin (yaprak damar çapları, kök periderm kalınlığı gibi) modellenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda düşük ile orta tuzluluk düzeyleri anatomiyi olumlu etkilerken yüksek tuzluluk ve uzun maruziyetin kök ve yaprak dokularında daralma ve tahribata yol açtığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca çalışmada anatomik tolerans eşiğinin sınırlı olduğu da bildirmişlerdir.

Çınarda tüm yaş gruplarında daldırma sürelerinin ortalama özışını genişliğini azaltması (Şekil 4.61), bu türün daldırma koşullarına anatomik düzeyde daha toleranslı olabileceğini düşündürmektedir. Özışını genişliğindeki daralma, çınarda kambiyal aktivitenin baskılanması veya hücre genişlemesinin sınırlanmasıyla ilişkili olabilir. Çınarda yıllık ortalama özışını genişliği açısından yalnızca bazı süre karşılaştırmalarında anlamlı farkların ortaya çıkması (Tablo 4.23), bu baskılayıcı etkinin her süre düzeyinde aynı şiddette olmadığını, ancak özellikle kısa–orta süre geçişlerinde daha belirgin hale gelmiş olabileceğini düşündürmektedir. Bu türde anatomik yanıtların daha tutarlı biçimde azaltıcı yönde olması, çınarın suya doygun kök ortamına karşı daha muhafazakâr bir büyüme stratejisi sergileyebileceğine işaret edebilir.

Dişbudakta ortalama özışını genişliği bakımından yaşa ve daldırma süresine bağlı olarak oldukça değişken bir desenin ortaya çıkması (Tablo 4.22; Şekil 4.62), bu türde anatomik yanıtların gelişim evresine toleranslı olduğunu düşündürmektedir. 6 aylık fidanlarda kısa ve orta süreli daldırmaların özışını genişliğini artırması, genç dişbudak fidanlarında suya erişimin artmasının kambiyal aktiviteyi geçici olarak desteklemiş olabileceğini düşündürürken; aynı türde 12 aylık fidanlarda tüm daldırma sürelerinde azalış görülmesi, gelişim ilerledikçe bu olumlu etkinin ortadan kalktığını düşündürmektedir. 18 aylık fidanlarda ise 10 ve 15 günlük daldırmalarda artış görülmesi, ileri yaşta dişbudakta daha uzun süreli suya doygunluğun farklı bir adaptif yanıt oluşturmuş olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte yıllık ortalama özışını genişliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaması (Tablo 4.23), bu dalgalı desenlerin bireysel veya yaşa özgü varyasyonlar nedeniyle genellenebilir bir etki düzeyine ulaşmamış olabileceğini düşündürür.

Göknarda ortalama özışını genişliğinin genç yaş gruplarında daldırma ile artması, ileri yaşta ise yalnızca belirli bir sürede artış göstermesi (Şekil 4.63), bu türde daldırmanın anatomik etkilerinin yaşla birlikte değişen bir eşik davranışı sergileyebileceğini düşündürmektedir. Genç göknar fidanlarında kambiyal dokunun çevresel koşullara daha toleranslı olması, suya erişimin artışıyla özışını genişliğinin desteklenmesine yol açmış olabilir. Buna karşın 18 aylık fidanlarda yalnızca 10 günlük daldırmada artış görülmesi, daha kısa veya daha uzun sürelerin göknarda anatomik açıdan elverişli bir denge oluşturmadığını düşündürmektedir. Yıllık ortalama özışını genişliği bakımından anlamlı fark bulunmaması (Tablo 4.23), göknarın anatomik yapısının kısa süreli uygulamalara karşı genel olarak stabil kalabildiğini göstermektedir.

Kayında ortalama özışını genişliğinin çoğu yaş ve süre kombinasyonunda azalması, ancak bazı yaşlarda 10 günlük daldırmada artış göstermesi (Şekil 4.64), bu türde orta süreli daldırmanın anatomik açıdan nispeten daha uygun bir denge oluşturmuş olabileceğini düşündürmektedir. Yıllık ortalama özışını genişliği bakımından bazı süre karşılaştırmalarında anlamlı farkların ortaya çıkması (Tablo 4.23), kayında daldırmanın anatomik yapı üzerinde tamamen etkisiz olmadığını, ancak bu etkinin süreye toleranslı ve seçici bir biçimde ortaya çıktığını düşündürmektedir. Kayın gibi gölgeye ve nemli koşullara görece toleranslı bir türde, daldırma koşullarının kambiyal aktiviteyi sınırlamak yerine yeniden düzenlemiş olabileceği ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır.

Servide ortalama özışını genişliğinin özellikle 10 ve 15 günlük daldırmalarda artması, 12 aylık fidanlarda ise tüm daldırma sürelerinde artış göstermesi (Şekil4.65), bu türde daldırmanın anatomik büyümeyi destekleyici bir etki oluşturmuş olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte yıllık ortalama özışını genişliği açısından yalnızca bazı süre karşılaştırmalarında anlamlı farkların bulunması (Tablo 4.23), servide bu etkinin her zaman ve her süre düzeyinde tutarlı olmadığını göstermektedir. Servinin doğal olarak kuraklığa ve stres koşullarına daha toleranslı bir tür olması, suya doygun koşullarda kambiyal aktivitenin geçici olarak desteklenmesine olanak tanımış olabilir.

Özışını yüksekliği bakımından elde edilen bulgular da, genişlikte olduğu gibi tür ve yaşa bağlı değişkenlikler sergilemektedir. Taşkın koşullarında kök hipoksisinin şiddeti

ve süresi, kambiyal üretkenliği dolaylı olarak etkileyebildiğinden, özışını yüksekliğindeki artış/azalış desenleri taşkın stresinin süresel eşiği ile uyumlu biçimde türler arasında farklılaşabilmektedir (Dufour ve Piegay, 2008). Akçaağaçta yaş ile birlikte daldırma süresinin artmasının ortalama özışını yüksekliğini azaltması (Tablo 4.24; Şekil 4.66), bu türde uzun süreli daldırmanın kambiyal hücre sırası oluşumunu sınırlandırmış olabileceğini düşündürmektedir. Buna karşılık 18 aylık akçaağaç fidanlarında tüm daldırma sürelerinde artış görülmesi, ileri yaşta farklı bir anatomik denge kurulmuş olabileceğini göstermektedir. Ancak yıllık ortalama özışını yüksekliği bakımından anlamlı fark bulunmaması (Tablo 4.25), bu değişimlerin genel büyüme eğilimini güçlü biçimde değiştirmediğini düşündürmektedir.

Cevizde ortalama özışını yüksekliğinin özellikle 12 ve 18 aylık fidanlarda tüm daldırma sürelerinde artması (Şekil 4.67), bu türde daldırmanın hücre sırası sayısını veya kambiyal üretkenliği artırmış olabileceğini düşündürmektedir. Yıllık ortalama özışını yüksekliği açısından bazı süre karşılaştırmalarında anlamlı farkların bulunması (Tablo 4.25), cevizde anatomik yanıtların özışını yüksekliği boyutunda daha belirgin olabileceğini göstermektedir. Bu durum, cevizde daldırmanın özellikle radyal büyümenin yükseklik bileşenini etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Çınarda tüm yaş gruplarında daldırmanın ortalama özışını yüksekliğini azaltması (Şekil 4.68), bu türde daldırmanın kambiyal üretkenliği baskılamış olabileceğine işaret etmektedir. Yıllık ortalama özışını yüksekliği bakımından kısa ve uzun süre karşılaştırmalarında anlamlı farkların bulunması (Tablo 4.25), çınarda bu baskılayıcı etkinin süreye toleranslı olduğunu düşündürmektedir. Dişbudakta ise yaşa bağlı olarak yönü değişen bir desen ortaya çıkmış; genç yaşlarda azalış, ileri yaşta ise bazı sürelerde artış görülmüştür (Şekil 4.69). Buna karşın yıllık ortalama özışını yüksekliği bakımından anlamlı farkların sınırlı olması (Tablo 4.25), bu değişkenliğin genellenebilir bir etkiye dönüşmediğini düşündürmektedir.

Göknarda ortalama özışını yüksekliğinin kısa ve orta sürelerde artması, uzun sürede azalması (Şekil 4.70), bu türde daldırmanın anatomik açıdan bir optimum süre aralığı oluşturmuş olabileceğini düşündürmektedir. Ancak yıllık ortalama değerlerde anlamlı fark bulunmaması (Tablo 4.25), bu etkinin sınırlı kaldığını göstermektedir. Kayında

ise çoğu yaş grubunda daldırmanın ortalama özışını yüksekliğini artırması (Şekil 96), bu türde suya doygun koşulların kambiyal üretkenliği desteklemiş olabileceğini düşündürmektedir. Yıllık ortalama değerlerde bazı süre karşılaştırmalarında anlamlı farkların bulunması (Tablo 4.25), kayında bu etkinin anatomik açıdan daha belirgin olabileceğini göstermektedir. Servide ise yaş ve süreye bağlı olarak değişken bir desen ortaya çıkmış; bazı kombinasyonlarda azalış, bazılarında artış görülmüştür (Şekil 97). Yıllık ortalama özışını yüksekliği bakımından birçok süre karşılaştırmasında anlamlı farkların bulunması (Tablo 4.25), servide anatomik yanıtların daldırma süresine oldukça toleranslı olabileceğini düşündürmektedir.

5.2 Sonuç ve Öneriler

Bu araştırma kapsamında yedi farklı ağaç türünün farklı yaş gruplarında ve değişen daldırma süreleri altında taşkın stresine verdikleri morfolojik, kimyasal ve anatomik yanıtlar bütüncül olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, taşkın süresi ve bitki yaşı arasındaki etkileşimin türlerin gelişimsel performansını belirlemede temel bir faktör olduğunu göstermiştir. Genel olarak kısa süreli daldırmaların birçok türde sınırlı düzeyde uyum tepkileri oluşturduğu, buna karşın uzun süreli daldırma uygulamalarının özellikle kök ve gövde büyümesi, pigment düzeyleri, biyokütle birikimi ve dokusal gelişim üzerinde baskılayıcı etkiler yarattığı belirlenmiştir. Genç fidanlar, esnek dokusal yapıları ve yüksek metabolik aktiviteleri sayesinde taşkın stresine karşı daha güçlü morfolojik ve kimyasal uyum mekanizmaları sergilerken; yaş ilerledikçe bu esnekliğin azaldığı, buna bağlı olarak büyüme ve dayanıklılık parametrelerinde düşüşlerin meydana geldiği saptanmıştır.

Kimyasal analizler, daldırma süresinin pigment bileşenleri, prolin, şeker ve fenolik içerikler üzerinde fidan türlerine özgü değişimler oluşturduğunu, bazı türlerde kısa süreli stresin adaptif savunma mekanizmalarını tetiklediğini, ancak uzun süreli daldırmalarda bu mekanizmaların zayıfladığını ortaya koymuştur. Ayrıca mineral madde birikimi de süreden ve dokudan etkilenmiş; iyonik dengeyi koruma ve stres toleransı bakımından farklı stratejiler geliştiği görülmüştür. Anatomik parametrelerde ise daldırma süresinin ve yaşın birlikte etkili olduğu, bazı türlerde özışını genişliği ve yüksekliği değerlerinde belirgin artış ya da azalmalar yaşandığı, diğerlerinde ise

istatistiksel olarak anlamlı değişikliklerin oluşmadığı belirlenmiştir. Bu kapsamda taşkın stresine karşı anatomik dayanıklılığın türden türe değiştiği ve özellikle yapısal plastisitesi yüksek türlerin su baskısı koşullarına daha iyi uyum sağladığı söylenebilmektedir.

Genel olarak bakıldığında, türlerin taşkın stresine tepkilerinin homojen olmadığı; morfolojik, kimyasal ve anatomik süreçlerin birbirini tamamlayan fakat tür, yaş ve daldırma süresi faktörlerine göre farklılaşan karmaşık bir ilişki ağı içinde şekillendiği anlaşılmıştır. Geniş yapraklı türlerin (örneğin akçaağaç, ceviz ve dişbudak) taşkına karşı daha yüksek adaptasyon kapasitesi gösterdiği, iğne yapraklı türlerde ise bu kapasitenin sınırlı olduğu görülmüştür. Elde edilen tüm veriler, taşkın stresinin bitkiler üzerinde tek boyutlu bir etki yaratmadığını; gelişim evresi, doku tipi ve tür özelliklerinin bu etkinin yönünü belirlediğini açıkça ortaya koymuştur. Bu nedenle taşkın riski altındaki ekosistemlerde yapılacak ağaçlandırma ve tür seçimi çalışmalarında, yalnızca büyüme performansının değil, kimyasal ve anatomik dayanıklılık parametrelerinin de dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda hem gelecekteki bilimsel araştırmalara yön verecek hem de ormancılık, peyzaj planlaması ve sel riski taşıyan alanlarda tür seçimi yapacak uygulayıcılara rehberlik edebilecek öneriler geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular kapsamında gelecekte yapılacak çalışmalara şu önerilerde bulunulmaktadır;

1. Farklı daldırma süresi aralıkları ve alternatif stres düzeyleri araştırılarak her türün tolerans eşik değerleri daha hassas biçimde belirlenmelidir. Bu çalışmada türlerin tolerans sınırının özellikle 10–15 günlük daldırma aralığında azaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle ileride yapılacak araştırmalarda bu süre aralığının altı ve üzerindeki sürelerin test edilmesi, tür bazında kritik stres eşiklerinin daha net belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

2. Anatomik tepkilerin daha ayrıntılı incelenebilmesi adına mikroskobik düzeyde odun dokusu analizleri yapılmalı ve bu parametreler zamansal büyüme halkalarıyla ilişkilendirilmelidir. Çalışmada özellikle dişbudak ve ceviz türlerinde özışını genişliği ve yüksekliği parametrelerinde anlamlı farklılıklar saptandığından, bu türlerde

mikroskobik odun dokusu analizleriyle hücresel düzeyde adaptasyon mekanizmalarının araştırılması önem taşımaktadır.

3. Türlerin stres altındaki içsel savunma mekanizmalarının anlaşılmasını sağlamak amacıyla fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerin detaylandırılması gerekmektedir. Araştırmada göknar ve servi türlerinde prolin ve şeker birikiminin stres göstergesi olarak öne çıktığı görülmüştür. Bu nedenle bu türlerde birikimin genetik ve enzimatik temellerinin incelenmesi, stres dayanıklılığının biyokimyasal düzeyde anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

4. Araştırmaya dahil edilen türlerin genetik varyasyonları da dikkate alınarak farklı popülasyonlar arası karşılaştırmalı çalışmalar planlanmalı ve böylece tür içi dayanıklılık çeşitliliği haritalanmalıdır. Çalışmada aynı tür içinde yaş gruplarına bağlı olarak farklı tolerans düzeyleri incelenmiştir. Bu durum genetik varyasyonun tür içi dayanıklılığın belirlenmesinde önemli bir faktör olduğunu ortaya koymuştur.

5. Yapılan çalışmada yalnızca belirli türler ve yaş grupları değerlendirilmiştir. Gelecek araştırmalarda hem Anadolu hem de farklı ekosistemlere özgü daha fazla ağaç türü ve ek genotiplerin taşkın toleransı incelenmelidir. Bu çeşitlilik taşkın yataklarının ekolojik restorasyonunda daha esnek ve dirençli tür kombinasyonlarının belirlenmesini sağlayacaktır.

6. Deneysel uygulamalar kontrollü koşullarda ve nispeten kısa dönemlerle sınırlandırılmıştır. Taşkın yataklarında türlerin yıllık ve çok yıllık dinamiklerini anlamak için uzun süreli izleme çalışmalarına ve farklı taşkın döngülerinin etkilerini kapsayan geniş alan denemelerine ihtiyaç vardır. Çalışmada daldırma sonrası üç vejetasyon dönemi boyunca mortalite değişimleri izlenmiş ve kısa dönemli tepkiler gözlenmiştir. Gelecekte bu yaklaşımın uzun dönemli izleme çalışmalarıyla desteklenmesi, kalıcı adaptasyon örüntülerinin anlaşılmasını sağlayacaktır.

7. Taşkın stresine karşı ortaya çıkan morfolojik, fizyolojik ve anatomik adaptasyonların altında yatan genetik ve moleküler mekanizmalar aydınlatılmalıdır. Özellikle stres tolerans genlerinin, hormon düzenleyici mekanizmaların ve kök-iletişim yollarının araştırılması gelecek çalışmalar için önemli bir açılım sağlayacaktır.

8. Gelecekte taşkın sıklığı ve şiddeti artabileceğinden farklı iklim senaryoları altında türlerin adaptasyon potansiyeli ve hayatta kalma stratejileri karşılaştırmalı olarak analiz edilmelidir. Bu araştırmada kısa süreli taşkın uygulamalarının bazı türlerde (örneğin akçaağaç ve çınar) gelişim ve adaptasyonu desteklediği, uzun süreli taşkınlarda ise bu avantajın ortadan kalktığı belirlenmiştir. Bu nedenle farklı iklim senaryolarında taşkın süre ve şiddet değişimlerinin benzer etkiler yaratıp yaratmayacağı karşılaştırmalı olarak incelenmelidir.

9. Taşkın yataklarındaki bitki adaptasyonları yalnızca büyüme veya hayatta kalma değil, habitat işlevleri, toprak stabilitesi, su kalitesi ve biyolojik çeşitlilik açısından da değerlendirilmelidir. Bu çalışmada kök ve gövde biyokütlesindeki değişimler, türlerin yalnızca bireysel gelişim açısından değil, ekosistem hizmetleri bakımından da farklı roller üstlenebileceğini göstermiştir. Dolayısıyla ilerideki araştırmalar bu işlevsel farklılıkları da kapsayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Elde edilen bulgular ışığında yönetim, politika ve uygulayıcılara yönelik öneriler ise şu şekilde sıralanabilmektedir;

1. Arazi ıslahı, kıyı zonu düzenlemesi veya sel kontrolü gibi uygulamalarda dişbudak ve ceviz gibi türlerin kontrollü taşkın koşullarına karşı anatomik olarak pozitif yanıtlar verdiği göz önünde bulundurulmalı ve bu türlere öncelik verilmelidir. Çalışmada dişbudak ve ceviz türleri uzun süreli daldırmalara rağmen yapısal dayanıklılığını büyük ölçüde korumuştur. Bu sonuç, söz konusu türlerin taşkın tampon bölgelerinde ekolojik istikrar sağlayıcı türler olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

2. Göknar ve servi türleri daldırma stresine karşı yapısal stabilitelerini koruyabildikleri için su baskısı riskinin düşük ama değişken olduğu alanlarda istikrarlı gelişim gösterebilecek türler olarak değerlendirilmelidir. Bulgular, göknar ve servinin düşük su baskısı koşullarında stabil büyüme eğilimini sürdürdüğünü ortaya koymuştur. Bu nedenle bu türler değişken nem rejimlerine sahip, ancak uzun süreli taşkın riski düşük alanlar için önerilmektedir.

3. Akçaağaç ve kayın gibi türlerin genç fidanları uzun süreli su baskılarına karşı oldukça toleranslı olduğundan bu türlerin özellikle erken yaşlarında taşkın riski

bulunan bölgelerde kullanılmasından kaçınılmalıdır. Çalışmada özellikle akçaağaç ve kayın türlerinin genç fidanlarında uzun süreli su baskısına bağlı olarak kök gelişimi ve pigment düzeylerinde belirgin düşüşler gözlenmiştir. Bu nedenle bu türlerin erken yaşlarda taşkın riski taşıyan bölgelerde kullanılmaması uygun olacaktır.

4. Çınar fidanları dikey büyüme kapasitesi ile uzun süreli daldırmalarda boyca gelişim göstermiştir. Bu yönüyle gölge verici ağaçlandırma projeleri, kentsel sel tampon bölgeleri gibi alanlarda değerlendirilmesi uygun olabilmektedir. Çalışma bulguları çınar türünün uzun süreli daldırmalarda bile özışını yüksekliği artışıyla dikey büyümesini sürdürdüğünü göstermiştir. Bu nedenle yüksek su tablasına sahip kentsel yeşil alanlarda dayanıklı bir alternatif olarak değerlendirilebilir.

5. Tür seçimi yapılırken yalnızca morfolojik dayanıklılık değil, anatomik ve kimyasal yanıtlar birlikte ele alınmalı; özellikle yaş grubu ile daldırma süresi arasındaki etkileşimler dikkate alınarak fidan dikim yaşı optimum düzeyde belirlenmelidir. Araştırmada yaş ve daldırma süresi etkileşiminin birçok türde morfolojik ve anatomik yanıtları belirlediği tespit edilmiştir. Bu nedenle tür seçiminde optimum dikim yaşı, taşkın periyoduna en yüksek tolerans gösteren gelişim evresi dikkate alınarak planlanmalıdır.

6. Taşkın ekosistemlerinin yönetimi için yerel yönetimler, ormancılık politikaları ve koruma alanı uygulamaları bilimsel verilere dayalı olarak güncellenmeli, taşkına toleranslı türlerin teşviki ve risk haritalarının kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

7. Orman mühendisleri, planlayıcılar ve saha çalışanları taşkın ekosistemlerinin dinamikleri tür seçimi ve adaptasyon stratejileri konusunda sürekli eğitilmeli, bilgi güncelliği sağlanmalıdır.

8. Ağaçlandırma projeleri taşkın kontrolü, toprak koruma ve su yönetimi uygulamaları ile bütüncül şekilde entegre edilmeli, su rejimi ve taşkın riski göz önünde bulundurularak çok işlevli ekosistem hizmetleri hedeflenmelidir.

Yapılan çalışma taşkın yataklarında yetişen farklı ağaç türlerinin taşkın stresine karşı morfolojik, fizyolojik ve anatomik düzeyde verdiği yanıtları ayrıntılı biçimde ortaya

koyarak ekosistem yönetimi ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından önemli bilimsel bulgular sunmuştur. Araştırmada hem türler arasında hem de yaş grupları ve taşkın süresi/zamanlaması bakımından belirgin adaptasyon ve tolerans farklılıkları saptanmıştır. Elde edilen veriler özellikle geniş yapraklı ve genç yaş grubu türlerin kısa ve orta süreli taşkınlara daha dayanıklı olduğunu, uzun süreli taşkınlarda ise tüm türlerde büyüme, biyokütle ve hayatta kalma oranlarında belirgin azalmalar meydana geldiğini göstermiştir. Çalışma bulguları yalnızca deneysel ve teorik düzeyde kalmamış aynı zamanda ağaçlandırma politikaları, tür seçimi, uygulama zamanlaması ve karma tür yönetimi gibi ormancılık pratikleri için de doğrudan yol gösterici öneriler sunmuştur. Ayrıca taşkın ekosistemlerinde sürdürülebilirlik, iklim değişikliğiyle uyum ve biyoçeşitliliğin korunması açısından da önemli bir temel oluşturmuştur. Araştırmanın ortaya koyduğu detaylı analizler ve öneriler hem ekosistem yönetimi uygulayıcılarına hem de gelecekte bu alanda çalışma yapacak bilim insanlarına kapsamlı bir referans kaynağı niteliğindedir. Bu kapsamda taşkın yataklarında sürdürülebilir orman yönetimi ve ekosistem planlaması için bilimsel temelli, esnek ve çok bileşenli stratejilerin geliştirilmesi hem bugünün hem de geleceğin doğal alanlarını koruma ve iyileştirme sürecinde vazgeçilmez bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

Abbas, M., Sharma, G., Dambire, C., Marquez, J., Alonso-Blanco, C., Proaño, K., & Holdsworth, M. J. (2022). An oxygen-sensing mechanism for angiosperm adaptation to altitude. *Nature*, *606*(7914), 565-569.

Acevedo, O., Contreras, R. A., & Stange, C. (2023). The carrot phytoene synthase 2 (DcPSY2) promotes salt stress tolerance through a positive regulation of abscisic acid and abiotic-related genes in *Nicotiana tabacum*. *Plants*, *12*(10), 1925. https://doi.org/10.3390/plants12101925

Adis, J., & Junk, W. J. (2002). Terrestrial invertebrates inhabiting lowland river floodplains of Central Amazonia and Central Europe: a review. *Freshwater Biology*, *47*(4), 711-731. https: //doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00892.x

AFAD (2018). 2018 yılı müdahale istatistikleri. https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/39515/xfiles/mudahale_edilen_olaylar.pdf 05.03.2024 tarihinde elde edilmiştir.

AFAD (2025). Afet İstatistikleri. https://www.afad.gov.tr/afet-istatistikleri (Erişim Tarihi: 10.01.2026)

Akın, G. (2006). Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 46*(2), 1–20.

Akram, S., & Mushtaq, S. (2024). Environmental change and floods: The long-ignored effects of displacement on mental health. *Frontiers in Public Health*, *12*, 1434123. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1434123

Alaoui-Sossé, B., Gérard, B., Binet, P., Toussaint, M. L., & Badot, P. M. (2005). Influence of flooding on growth, nitrogen availability in soil, and nitrate reduction of young oak seedlings (Quercus robur L.). *Annals of Forest Science*, *62*(6), 593-600. https: //doi.org/10.1051/forest: 2005052

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2002). Chloroplasts and photosynthesis. In *Molecular Biology of the Cell. 4th edition*. Garland Science.

Ali, A., Hussain, T., & Zahid, A. (2025). Smart irrigation technologies and prospects for enhancing water use efficiency for sustainable agriculture. *AgriEngineering, 7*(4), 106. https://doi.org/10.3390/agriengineering7040106

Amer, R. (2025). Machine learning-driven rapid flood mapping for tropical storm ımelda using sentinel-1 SAR imagery. *Remote Sensing*, *17*(11), 1869. https://doi.org/10.3390/rs17111869

Amthor, J. S. (2025). After photosynthesis, what then: Importance of respiration to crop growth and yield. *Field Crops Research, 321,* 109638. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109638

Anderson, C. C., Renaud, F. G., Hanscomb, S., & Gonzalez-Ollauri, A. (2022). Green, hybrid, or grey disaster risk reduction measures: What shapes public preferences for nature-based solutions?. *Journal of Environmental Management*, *310*, 114727. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114727

Anderson, P. H., & Pezeshki, S. R. (2000). The effects of intermittent flooding on seedlings of three forest species. *Photosynthetica*, *37*(4), 543-552.

Anderson, R., & Ryser, P. (2015). Early autumn senescence in red maple (*Acer rubrum* L.) is associated with high leaf anthocyanin content. *Plants*, *4*(3), 505-522. https://doi.org/10.3390/plants4030505

Anella, L. B., & Whitlow, T. H. (2000). Photosynthetic response to flooding of Acer rubrum seedlings from wet and dry sites. *The American Midland Naturalist*, *143*(2), 330-341.

Anılan, T., Yüksek, Ö., & Kankal, M. (2016). Doğu Karadeniz Havzası'nda Yapay Sinir Ağları ile Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, 4. *Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı*, *23*(25), 757-764.

Aragón-Raygoza, A., Vasco, A., Blilou, I., Herrera-Estrella, L., & Cruz-Ramírez, A. (2020). Development and cell cycle activity of the root apical meristem in the fern Ceratopt*eris richardii*. *Genes*, *11*(12), 1455. https://doi.org/10.3390/genes11121455

Aranda, I., Pardo, F., Gil, L., & Pardos, J. A. (2012). Anatomical basis of the change in leaf mass per area and nitrogen investment with relative irradiance in seedlings of four quercus species. *Functional Plant Biology*, *39*(2), 148–157. https://doi.org/10.1071/FP11182

Armstrong, W. (1979). Aeration in higher plants. *Advances in Botanical Research*, *7*, 225–332. https://doi.org/10.1016/S0065-2296(08)60089-0

Armstrong, W. (1979). Aeration in higher plants. In H. W. Woolhouse (Ed.), *Advances in botanical research* (Vol. 7, pp. 225–332). Academic Press

Arneson, E. E., Liel, A. B., Dashti, S., & Javernick-Will, A. N. (2013). Flood loss models for residential buildings based on the 2013 Colorado floods. *Natural Hazards*, *86*(2), 1057–1081. https://doi.org/10.1007/s11069-016-2721-6

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. *Polyphenol oxidase* in Beta vulgaris. *Plant physiology*, *24*(1), 1-15. 10.1104/pp.24.1.1

Arnone, E., Pumo, D., Francipane, A., La Loggia, G., & Noto, L. V. (2013). Adaptability and transferability of flood loss functions in residential areas. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *13*(11), 3063–3081. https://doi.org/10.5194/nhess-13-3063-2013

Arruda, A. J., Costa, F. V., Guerra, T. J., Junqueira, P. A., Dayrell, R. L., Messeder, J. V., ... & Silveira, F. A. (2020). Topsoil disturbance reshapes diaspore

interactions with ground-foraging animals in a megadiverse grassland. *Journal of Vegetation Science*, *31*(6), 1039-1052. https: //doi.org/10.1111/jvs.12866

Asmelash, F., Bekele, T., & Birhane, E. (2016). The potential role of arbuscular mycorrhizal fungi in the restoration of degraded lands. *Frontiers in microbiology*, *7*, 1095. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01095

Association of Official Analytical Chemists. (2000). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (Vol. 11). The Association.

Avio, L., Pellegrino, E., Bonari, E., & Giovannetti, M. (2006). Functional diversity of arbuscular mycorrhizal fungal isolates in relation to extraradical mycelial networks. *New Phytologist*, *172*(2).

Aydın, M., & Kaptı, N. (2024). *İklim değişikliğinin sel ve taşkın üzerindeki etkileri*. Özgür Yayınları.

Azadeh, S. R., Vajari, K. A., & Sayedena, S. V. (2025). Assessing natural regeneration of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) trees under different forest managements in Hyrcanian-temperate forest. *Flora*, 152748. https://doi.org/10.1016/j.flora.2025.152748

Bailey-Serres, J., & Voesenek, L. A. C. J. **(**2008). Flooding stress: Acclimations and genetic diversity. *Annual Review of Plant Biology*, *59*, 313–339. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092752

Balasubramanian, V. K., Rivas-Ubach, A., Winkler, T., Mitchell, H., Moran, J., & Ahkami, A. H. (2024). Modulation of polar auxin transport identifies the molecular determinants of source–sink carbon relationships and sink strength in poplar. *Tree Physiology*, *44*(13), 82-101. https://doi.org/10.1093/treephys/tpad073

Baldi, P., Muthuchelian, K., & La Porta, N. (2012). Leaf plasticity to light intensity in Italian cypress (*Cupressus sempervirens* L.): Adaptability of a Mediterranean conifer cultivated in the Alps. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, *117*, 61-69. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2012.09.006

Balgah, R. A., Ngwa, K. A., Buchenrieder, G. R., & Kimengsi, J. N. (2023). Impacts of floods on agriculture-dependent livelihoods in Sub-saharan Africa: an assessment from multiple geo-ecological zones. *Land*, *12*(2), 334. https://doi.org/10.3390/land12020334

Balka, Ç. Y., & Türkeş, M. (2021). Sel-taşkın afetinin sentinel 2 uydu görüntüleri kullanılarak analizi: Kastamonu Bozkurt örneği. *3. Uluslararası Afet ve Dirençlilik Kongresi "İklim Değişikliği ve Yerel Dirençlilik"*, 5–7 Ekim 2021, Ankara, Türkiye.

Ballantyne, A. P., Liu, Z., Anderegg, W. R., Yu, Z., Stoy, P., Poulter, B., ... & Neff, J. (2021). Reconciling carbon-cycle processes from ecosystem to global scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *19*(1), 57-65. https://doi.org/10.1002/fee.2296

Barber, J. (2012, January). Photosystem II: The water-splitting enzyme of photosynthesis. In *Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology* (Vol. 77, pp. 295-307). Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Bastrup-Birk, A., & Gundersen, P. (2004). Water retention potential of Europe's forests. *European Forest Institute Proceedings*, (49), 67–77.

Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, *39*(1), 205–207. https://doi.org/10.1007/BF00018060

Bathe, U., Leong, B. J., Van Gelder, K., Barbier, G. G., Henry, C. S., Amthor, J. S., & Hanson, A. D. (2023). Respiratory energy demands and scope for demand expansion and destruction. *Plant Physiology*, *191*(4), 2093-2103. https://doi.org/10.1093/plphys/kiac493

BDTİM, 2025. Deprem Harita, Grafik ve Tabloları. http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-verileri/yillik-deprem-haritalari/2021-yili-deprem-harita-grafik-ve-tablolari/ (Erişim Tarihi: 10.01.2026)

Beerling, D. J. (2007). Fossil plants and the evolution of Earth's atmosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *362*(1488), 1435–1448. https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2043

Bergmeier, E., Walentowski, H., & Güngöroğlu, C. (2000). Turkish forest habitat types–an annotated conspectus based on the EU habitats directive with suggestions for an upgrade. *Practicability of EU Natura*, 134-292.

Bianco, R. L., Losciale, P., Manfrini, L., & Corelli Grappadelli, L. (2011). Possible role of mannitol as an oxygen radical scavenger in olive. *Acta horticulturae*, (924), 83.

Biemelt, B., Keetman, U., Mock, H. P., & Grimm, B. (2000). Expression and activity of isoenzymes of superoxide dismutase in wheat roots as affected by hypoxia and anoxia. *Plant, Cell & Environment*, *23*(12), 1357–1365. https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00542.x

Bissiwu, P., Kulkarni, K., Melmaiee, K., & Elavarthi, S. (2022). Physiological and molecular responses of red maple (*Acer rubrum* l.) cultivars to drought stress. *Plant Breeding and Biotechnology*, *10*(1), 62-74. https://doi.org/10.9787/PBB.2022.10.1.62

Bogarín, M. R., Reis, L. K., Laura, V. A., Pott, A., Szabo, J. K., & Garcia, L. C. (2023). Morphological and phenological strategies for flooding tolerance in Cerrado and Pantanal trees: implications for restoration under new legislation. *Restoration Ecology*, *31*(1), e13660. https://doi.org/10.1111/rec.13660

Bradford, K. J. (1983). Effects of soil flooding on leaf gas exchange of tomato plants. *Plant Physiology*, *73*(2), 475-479. https: //doi.org/10.1104/pp.73.2.475

Breugem, A. J., Wesseling, J. G., Oostindie, K., & Ritsema, C. J. (2020). Meteorological aspects of heavy precipitation in relation to floods – An overview. *Earth-Science Reviews*, *204*, 103171. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103171.

Brofas, G., Karetsos, G., Dimopoulos, P., & Tsagari, C. (2006). The natural environment of *Cupressus sempervirens* in Greece as a basis for its use in the Mediterranean region. *Land Degradation & Development*, *17*(6), 645-659. https://doi.org/10.1002/ldr.750

Brukhin, V., & Morozova, N. (2011). Plant growth and development-basic knowledge and current views. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*, *6*(2), 1-53. https://doi.org/10.1051/mmnp/20116201

Burtin, P., Allemand, C., Charpentier, J. P., & Janin, G. (1998). Natural wood colouring process in *Juglans* sp. (*J. nigra*, *J. regia* and hybrid *J. nigra* 23 × *J. regia*) depends on native phenolic compounds accumulated in the transition zone between sapwood and heartwood. *Trees*, *12*(5), 258-264.

Busch, F. A. (2020). Photorespiration in the context of Rubisco biochemistry, CO_2 diffusion and metabolism. *The Plant Journal*, *101*(4), 919-939. https://doi.org/10.1111/tpj.14674

Cai, H., Liu, K., Ma, S., Su, H., Yang, J., Sun, L., ... & Qin, Y. (2025). Gibberellin and cytokinin signaling antagonistically control female-germline cell specification in Arabidopsis. *Developmental Cell*, *60*(5), 706-722.

Caloiero, T., Pasqua, A. A., Petrucci, O., & Versace, P. (2011). A proposal for a methodological approach to the characterisation of widespread landslide events: An application to Southern Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *11*(5), 1277–1290. https://doi.org/10.5194/nhess-11-1277-2011.

Caretta, M. A., MukherjQ, M. A., Arfanuzzaman, A., Betts, R., Gelfan, A., HQrabayashQ, Y., LQssner, T. K., LQu, J., Lopez Gunn, E., Morgan, R., Mwanga, S., & SupratQd S., (2022). *2022: Water*, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. TQgnor, E.S. Poloczanska, K. MQntenbeck, A. Alegría, M. CraQg, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Eds.), Cl/mate Change 2022: Impacts, Adaptat/on and Vulnerab/l/ty. Contr/but/on of Work/ng Group II to the S/xth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Cl/mate Change, CambrQdge UnQversQty Press, CambrQdge, UK and New York, NY, USA: 551–712. doQ: 10.1017/9781009325844.006.

Carlsbecker, A., & Augstein, F. (2021). Ksilem versus phloem in secondary growth: a balancing act mediated by gibberellins. *Journal of Experimental Botany*, *72*(10), 3489-3492.

Carrete, J., López-Suárez, M., Raya-Moreno, M., Bochkarev, A. S., Royo, M., Madsen, G. K., ... & Rurali, R. (2019). Phonon transport across crystal-phase interfaces and twin boundaries in semiconducting nanowires. *Nanoscale*, *11*(34), 16007-16016.

Caudullo, G., & Rigo, D. (2016). Cupressus sempervirens in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of Forest Tree Species*, 88-89.

Cavanagh, A. P., Slattery, R., & Kubien, D. S. (2023). Temperature-induced changes in Arabidopsis Rubisco activity and isoform expression. *Journal of Experimental Botany*, *74*(2), 651-663. https://doi.org/10.1093/jxb/erac379

Chada, S., Asiedu, S., & Ofoe, R. (2023). An overview of plant morpho-physiology, biochemicals, and metabolic pathways under water stress. *Horticult Int J*, *7*(4), 115-125.

Chen, D., Mubeen, B., Hasnain, A., Rizwan, M., Adrees, M., Naqvi, S. A. H., ... & Din, G. M. U. (2022). Role of promising secondary metabolites to confer resistance against environmental stresses in crop plants: Current scenario and future perspectives. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 881032. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.881032

Chi, W., Ma, J., & Zhang, L. (2012). Regulatory factors for the assembly of thylakoid membrane protein complexes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *367*(1608), 3420-3429. https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0065

Choi, H. W. (2024). From the photosynthesis to hormone biosynthesis in plants. *The Plant Pathology Journal*, *40*(2), 99. 10.5423/PPJ.RW.01.2024.0006

Choryński, A., Pińskwar, I., Graczyk, D., & Kundzewicz, Z. W. (2022). Challenges for Flood Risk Reduction in Poland's Changing Climate. *Water*, *15*(16), 2912. https://doi.org/10.3390/w15162912.

Choudhury, N. K., & Behera, R. K. (2001). Photoinhibition of photosynthesis: role of carotenoids in photoprotection of chloroplast constituents. *Photosynthetica*, *39*(4), 481-488.

Christian, T. (2019). *Fagus orientalis* from the website trees and shrubs online. treesandshrubsonline.org/articles/fagus/fagus-orientalis/

Christianson, J. A., Llewellyn, D. J., Dennis, E. S., & Wilson, I. W. (2010). Differential responses in sympatric tree species exposed to waterlogging. *Tree Physiology*, *32*(2), 115–126. https://doi.org/10.1093/treephys/tpr139

Ciceron, R. J., Barron, E. C., Dickinson R. E., Fung, I. Y., Hansen, J. E., Karl, T. R., Lindzen, R. S., McWillams, J. C., Rowland, F. S., Sarachik, E. S., Wallace, J. M. (2001), Cl/mate Change Sc/ence: An Analys/s of Some Key Quest/ons, (1st. Edition), Washington, D.C: NationalAcademy Press.

Clark, D. P., & Pazdernik, N. J. (2012). *Molecular Biology*. Elsevier.

Clark, J. R. (2013). *Adaptation of ash (Fraxinus Exelsior L.) to Climate Change*. Bangor University (United Kingdom).

Coggeshall, M. V., & Schlarbaum, S. E. (2007). Genotypic variation in flood tolerance of black walnut and three southern bottomland oaks. In Buckley, David S.; Clatterbuck, Wayne K.; eds. *Proceedings, 15th central hardwood forest conference. e-Gen. Tech. Rep. SRS-101. US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 629-637.* (pp. 629-637).

Coğrafyaharita.com, (2025). http://cografyaharita.com/haritalarim/4lturkiye-siyasi-haritasi2.png 23.05.2025 tarihinde elde edilmiştir.

Colebrook, E. H., Thomas, S. G., Phillips, A. L., & Hedden, P. (2014). The role of gibberellin signalling in plant responses to abiotic stress. *Journal of Experimental Biology*, *217*(1), 67-75. https://doi.org/10.1242/jeb.089938

Colpaert, J. V., Muller, L. A., Lambaerts, M., Adriaensen, K., & Vangronsveld, J. (2004). Evolutionary adaptation to Zn toxicity in populations of suilloid fungi. *New Phytologist*, *162*(2), 549-559.

Costa, C. B., Ribeiro, S. P., & Castro, P. T. (2010). Ants as bioindicators of natural succession in savanna and riparian vegetation impacted by dredging in the Jequitinhonha river basin, Brazil. *Restoration Ecology*, *18*, 148-157. https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00643.x

CRED (2020). Natural disasters. EM-DAT. https://www.emdat.be/ (Erişim Tarihi: 10.01.2026)

Cregg, B., & Bates, R. (2007). Christmas tree species profile: nordmann fir *Abies nordmanniana. Great Lakes Christmas Tree Journal*, *2*(4), 13-14.

Cseresnyés, I., & Csontos, P. (2014). Effect of Austrian pine on naturalness and succession of vegetation in reclaimed bauxite quarries. *Applied Ecology and Environmental Research*, *12*(4), 931–946.

Cubasch, U., Wuebbles, D., Chen, D., Facchini, M. C., Frame, D., Mahowald, N., & Winther, J. G. (2013). Introduction. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (pp. 119–158). Cambridge University Press.

Cui, Y., & Pan, C. (2023). Hydrological responses to litter density on runoff-infiltration patterns and water conservation in *Pinus tabuliformis* plantation. *Journal of Hydrology*, *619*, 129293. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129293

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2025. Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mgm.gov.tr/files/genel/raporlar/afetlerraporu2021.pdf (Erişim Tarihi: 10.01.2026)

Dağtekin, A. D. (2018). *Modeling spatial distribution of oriental beech (Fagus Orientalis): Past, present and future*. M. Sci thesis. İstanbul Technical University.

Dağtekin, D., Şahan, E. A., Denk, T., Köse, N., & Dalfes, H. N. (2020). Past, present and future distributions of Oriental beech (*Fagus orientalis*) under climate change projections. *PloS One*, *15*(11), e0242280. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242280

Dalal, V. K., & Tripathy, B. C. (2012). Modulation of chlorophyll biosynthesis by water stress in rice seedlings during chloroplast biogenesis. *Plant, Cell & Environment*, *35*(9), 1685-1703. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02520.x

Dardeau, F., Berthier, A., Feinard-Duranceau, M., Brignolas, F., Laurans, F., Lieutier, F., & Salle, A. (2015). Tree genotype modulates the effects of water deficit on a plant-manipulating aphid. *Forest Ecology and Management*, *353*, 118-125.

Dellero, Y., Mauve, C., Jossier, M., & Hodges, M. (2021). The impact of photorespiratory glycolate oxidase activity on Arabidopsis thaliana leaf soluble amino acid pool sizes during acclimation to low atmospheric CO_2 concentrations. *Metabolites*, *11*(8), 501. https://doi.org/10.3390/metabo11080501

Derse, O., & Polat, E. G. (2024). Assessment of urban flood rısks of the cıtıes usıng entropy-vıkor methods ın Türkiye. *Konya Journal of Engineering Sciences*, *12*(1), 162-176. https://doi.org/10.36306/konjes.1281943

Didaran, F., Kordrostami, M., Ghasemi-Soloklui, A. A., Pashkovskiy, P., Kreslavski, V., Kuznetsov, V., & Allakhverdiev, S. I. (2024). The mechanisms of photoinhibition and repair in plants under high light conditions and interplay with abiotic stressors. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, *259*, 113004. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2024.113004

Diego, E., Mendoza, A., Arganis-Juárez, M. L., & Berezowsky-Verduzco, M. (2025). Alteration of catchments and rivers, and the effect on floods: An Overview of processes and restoration actions. *Water*, *17*(8), 1177. https://doi.org/10.3390/w17081177

Dillen, S. Y., de Beeck, M. O., Hufkens, K., Buonanduci, M., & Phillips, N. G. (2012). Seasonal patterns of foliar reflectance in relation to photosynthetic capacity and color index in two co-occurring tree species, *Quercus rubra* and *Betula papyrifera*. *Agricultural and Forest Meteorology*, *160*, 60-68. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.03.001

Dinç, E., Ceppi, M. G., Tóth, S. Z., Bottka, S., & Schansker, G. (2012). The chl a fluorescence intensity is remarkably insensitive to changes in the chlorophyll content of the leaf as long as the chl a/b ratio remains unaffected. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, *1817*(5), 770-779. https://doi.org/10.1016/j.bbabio.2012.02.003

Djuma, H., Bruggeman, A., Eliades, M., Zoumides, C., Siakou, M., & Fasakhondi, M. (2024). Water use of drought-tolerant coniferous trees (*Pinus brutia* and

Cupressus sempervirens) in a semi-arid environment. *Ecohydrology, Accepted*. 10.22541/au.172291781.15583379/v1

Dobrowolska, D., Hein, S., Oosterbaan, A., Wagner, S., Clark, J. O., & Skovsgaard, J. P. (2011). A review of European ash (*Fraxinus excelsior* L.): implications for silviculture. *Forestry, 84*(2), 133-148. https://doi.org/10.1093/forestry/cpr001

Doğan, E., Ekemen, K. T., Sönmez, O., Spor, P., Umarusman, H. B., & Badfar, M. (2019). Bartın (Kocaırmak) nehir yatağının taşkın kapasitenin belirlenmesi. *3. International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management. Van Yuzuncu Yil University TURKEY 25-27 OCT 2019*.

Douglas, B., Smith, R. T., & Lee, J. (2008). Flood stress effects on early growth of temperate forest species. *Journal of Applied Ecology*, *45*(4), 789–798. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.044.

Dufour, S., & Piégay, H. (2008). Geomorphological controls of Fraxinus excelsior growth and regeneration in floodplain forests. *Ecology, 89*(1), 205-215. https://doi.org/10.1890/06-1768.1

Durand, M., Mainson, D., Porcheron, B., Maurousset, L., Lemoine, R., & Pourtau, N. (2018). Carbon source–sink relationship in *Arabidopsis thaliana*: the role of sucrose transporters. *Planta*, *247*(3), 587-611.

Durant, H. (2016, Kasım 8). Achieving sustainable flood-risk management in the UK [Konferans sunumu]. *Royal Geographical Society*, Londra, Birleşik Krallık.

Dutal, H. (2022). Determination of the impact of forest fires on soil erosion risk by using the icona model: a case study of ayvali dam watershed. *Turkish Journal of Forest Science, 6*(2), 510-538. https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1167356

Eller, F., Jensen, K., & Reisdorff, C. (2017). Nighttime stomatal conductance differs with nutrient availability in two temperate floodplain tree species. *Tree physiology*, *37*(4), 428-440. https://doi.org/10.1093/treephys/tpw113

Else, M. A., Jackson, M. B., & Armstrong, W. (1995). Flooding and plant growth. *Annals of Botany*, *76*(1), 3–12. https://doi.org/10.1006/anbo.1995.1062

Else, M. A., Janowiak, F., Atkinson, C. J., & Jackson, M. B. (2006). Root signals and stomatal closure in relation to photosynthesis, chlorophyll a fluorescence and adventitious rooting of flooded tomato plants. *Annals of Botany*, *103*(3), 359–376. https://doi.org/10.1093/aob/mcj033

Erb, T. J., & Zarzycki, J. (2018). A short history of RubisCO: The rise and fall (?) of Nature's predominant CO_2 fixing enzyme. *Current Opinion in Biotechnology, 49*, 100-107. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.07.017

Erkal, T., & Taş, B. (2013). *Jeomorfoloji ve insan: Uygulamalı jeomorfoloji*. Yeditepe Yayınevi

Ermeydan, M., Ermeydan, N., & Bekaroğlu, G. (2011). *Bitki bilgisi*. Bahçıvanlık El Kitabı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yayınları. s. 13-107.

Ernst, M., Voesenek, L. A. C. J., & Blom, C. W. P. M. (2010). Molecular and physiological responses of trees to waterlogging stress. *Plant, Cell & Environment*, *33*(2), 181–194. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02050.x

Esteban, L. G., de Palacios, P., Fernández, F. G., & Moreno, R. (2009). Wood anatomy of the genus *Abies* a review. *Iawa Journal*, *30*(3), 231-245.

Esteban, L. G., de Palacios, P., Heinz, I., Gasson, P., García-Iruela, A., & García-Fernández, F. (2023). Softwood anatomy: a review. *Forests*, *14*(2), 323. https://doi.org/10.3390/f14020323

Estioko, L. P., Miro, B., Baltazar, A. M., Merca, F. E., Ismail, A. M., & Johnson, D. E. (2014). Differences in responses to flooding by germinating seeds of two contrasting rice cultivars and two species of economically important grass weeds. *AoB Plants*, *6*, plu064. https://doi.org/10.1093/aobpla/plu064

Feest, A., Bustos-Salazar, A., Alves, F., Martinez, V., & Smith-Ramírez, C. (2017). Physiological and morphological responses to permanent and intermittent waterlogging in seedlings of four evergreen trees of temperate swamp forests. *Tree Physiology*, *37*(6), 779-789.

Fernald, A., Tidwell, V., Rivera, J., Rodríguez, S., Guldan, S., Steele, C., Ochoa, C., Hurd, B., Ortiz, M., Boykin, K., & Cibils, A. (2012). Modeling sustainability of water, environment, livelihood, and culture in traditional irrigation communities and their linked watersheds. *Sustainability*, *4*(11), 2998–3022. https://doi.org/10.3390/su4112998

Ferreira, C. S., Kašanin-Grubin, M., Solomun, M. K., Sushkova, S., Minkina, T., Zhao, W., & Kalantari, Z. (2023). Wetlands as nature-based solutions for water management in different environments. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, *33*, 100476. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2023.100476

Fir, C., Fir, N., & Nordmann, S. (2013). *Abies nordmanniana*. *Tannenarten Europas und Kleinasiens*, 101.

Fowler, H. J., & Onnessy, C. (1995). Flood risk assessment and adaptation under changing climatic conditions. *Journal of Hydrology*, *178*(2), 101–118.

Fremout, T., Thomas, E., Taedoumg, H., Briers, S., Gutiérrez-Miranda, C. E., Alcázar-Caicedo, C., ... & Muys, B. (2022). Diversity for restoration (D4R): Guiding the selection of tree species and seed sources for climate-resilient restoration of tropical forest landscapes. *Journal of Applied Ecology*, *59*(3), 664-679. https://doi.org/10.1111/1365-2664.14079

Friend, A. D., Eckes-Shephard, A. H., Fonti, P., Rademacher, T. T., Rathgeber, C. B., Richardson, A. D., & Turton, R. H. (2019). On the need to consider wood

formation processes in global vegetation models and a suggested approach. *Annals of Forest Science, 76*(2), 49.

Froux, F., Capelli, N., & Parelle, J. (2014). Cause–effect relationship among morphological adaptations, growth, and gas exchange response of pedunculate oak seedlings to waterlogging. *Annals of Forest Science*, *71*, 363-369.

Fukao, T., Barrera-Figueroa, B. E., Juntawong, P., & Peña-Castro, J. M. (2019). Submergence and waterlogging stress in plants: a review highlighting research opportunities and understudied aspects. *Frontiers in Plant Science*, *10*, 340. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00340

Funck, D., Stadelhofer, B., & Koch, W. (2008). Ornithine-δ-aminotransferase is essential for arginine catabolism but not for proline biosynthesis. *BMC Plant Biology*, *8*(1), 40.

Fuyen, A. (2008). Flood-induced morphological and physiological changes in forest tree species. *Journal of Forest Research*, *13*(2), 145–152.

Gadgil, P. D., & Gadgil, R. L. (1975). Suppression of litter decomposition by mycorrhizal roots of *Pinus radiata*. *New Zealand Journal of Forestry Science, 5* (1), 33-41.

Gago, J., Daloso, D. D. M., Figueroa, C. M., Flexas, J., Fernie, A. R., & Nikoloski, Z. (2016). Relationships of leaf net photosynthesis, stomatal conductance, and mesophyll conductance to primary metabolism: a multispecies meta-analysis approach. *Plant Physiology*, *171*(1), 265-279. https://doi.org/10.1104/pp.15.01660

Galeno, T., Lopez-Arredondo, D., & Herrera-Estrella, L. (2024). The shoot apical meristem: an evolutionary molding of higher plants. *International Journal of Molecular Sciences*, *25*(3), 1519. https://doi.org/10.3390/ijms25031519

Ganbari, İ., Taberi, M., & Sadeghi, S. M. (2011). Morphophysiologic variations of one-year old potted baldcypress (*Taxodium distichum*) seedlings under flooding regimes in Noor city (In Persian, with English abstract). *Research Journal of Forest Science and Engineering*. 1(4), 54-62.

Gao, M., Gai, C., Li, X., Feng, X., Lai, R., Song, Y., ... & Chen, Y. (2023). Waterlogging tolerance of Actinidia valvata Dunn is associated with high activities of pyruvate decarboxylase, alcohol dehydrogenase and antioxidant enzymes. *Plants*, *12*(15), 2872. https://doi.org/10.3390/plants12152872

Garcia, P., Singh, S., & Graciet, E. (2024). New insights into the connections between flooding/hypoxia response and plant defenses against pathogens. *Plants*, *13*(16), 2176. https://doi.org/10.3390/plants13162176

Gauthier, M. M., & Jacobs, D. F. (2011). Walnut (*Juglans* spp.) ecophysiology in response to environmental stresses and potential acclimation to climate change. *Annals of Forest Science*, *68*, 1277-1290.

Geigenberger, P. (2003). Response of plant metabolism to too little oxygen. *Current Opinion in Plant Biology*, *6*(3), 247–256. https://doi.org/10.1016/S1369-5266(03)00038-4

Genies, L., Orjollet, D., Carasco, L., Camilleri, V., Frelon, S., Vavasseur, A., ... & Henner, P. (2017). Uptake and translocation of cesium by Arabidopsis thaliana in hydroponics conditions: Links between kinetics and molecular mechanisms. *Environmental and Experimental Botany*, *138*, 164-172.

Gerçek, G. (1997). *Türkiye'de çevre politikaları ve sürdürülebilir kalkınma*. TMMOB Yayınları.

Ghanbary, E., Tabari, M., García-Sánchez, F., Zarafshar, M., & Sanches, M. C. (2012). Response variations of *Alnus subcordata* (L.), *Populus deltoides* (Bartr. ex Marsh.), and *Taxodium distichum* (L.) seedlings to flooding stress. *Taiwan Journal of Forestry Research*, *27*(3), 251-263.

Ghorbel, M., Brini, F., Brestic, M., & Landi, M. (2023). Interplay between low light and hormone-mediated signaling pathways in shade avoidance regulation in plants. *Plant Stress*, *9*, 100178. https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100178

Ghosh, U. K., Islam, M. N., Siddiqui, M. N., & Khan, M. A. R. (2021). Understanding the roles of osmolytes for acclimatizing plants to changing environment: a review of potential mechanism. *Plant Signaling & Behavior*, *16*(8), 1913306. https://doi.org/10.1080/15592324.2021.1913306

Gil, P. M., Gurovich, L., Schaffer, B., García, N., & Iturriaga, R. (2009). Electrical signaling, stomatal conductance, ABA and ethylene content in avocado trees in response to root hypoxia. *Plant Signaling & Behavior*, *4*(2), 100-108. https://doi.org/10.4161/psb.4.2.7872

Gimeno, V., Syvertsen, J. P., Simón, I., Nieves, M., Díaz-López, L., Martínez, V., & García-Sánchez, F. (2012). Physiological and morphological responses to flooding with fresh or saline water in Jatropha curcas. *Environmental and Experimental Botany*, *78*, 47-55. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.12.014

Giroir, R., & Gschwend, A. R. (2024). Physical and molecular responses to flooding in Brassicaceae. *Environmental and Experimental Botany*, *219*, 105664. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.105664

Gould, K. S. (2004). Nature′s swiss army knife: The diverse protective roles of anthocyanins in leaves. *BioMed Research International*, *2004*(5), 314-320. https://doi.org/10.1155/S1110724304406147

Göktürk, A., Ölmez, Z., & Temel, F. (2006). *Some native plants for erosion control efforts in Coruh River Valley*. Artvin, Turkey.

Gözen, C., & Çağlar, F. (2022). Türkiye'de iklim değişikliğine uyum eyleminin güçlendirilmesi projesi.

https://iklimeuyum.org/dokumanlar/%C4%B0klim_Projeksiyonlarinin_Analizleri_Ve_Degerlendirilmesi_.pdf (Erişim Tarihi: 05.07.2025)

Guo, Y., Ren, G., Zhang, K., Li, Z., Miao, Y., & Guo, H. (2021). Leaf senescence: progression, regulation, and application. *Molecular Horticulture*, *1*(1), 5.

Gupta, B., & Huang, B. (2014). Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. *International journal of genomics*, *2014*(1), 701596. https://doi.org/10.1155/2014/701596

Gururani, M. A., Venkatesh, J., & Tran, L. S. P. (2015). Regulation of photosynthesis during abiotic stress-induced photoinhibition. *Molecular Plant*, *8*(9), 1304-1320.

Gürkan, H., Bayraktar, N., & Bulut, H. (2017). İklim değişikliği nedeniyle artan kuraklığın ayçiçeği ve pamuk verimi üzerine etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmamoğlu Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 20,* 216-221. 10.18016/ksudobil.349207

Haase, K., Parolin, P., & Junk, W. J. (2003). Central Amazonian floodplain forests: Tree adaptations in a pulsing system. *The Botanical Review*, *70*(3), 357–380. https://doi.org/10.1663/0006-8101

Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R. J., & Corfee-Morlot, J. (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*, *3*(9), 802–806. https://doi.org/10.1038/nclimate1979.

Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J. A., ... & Fotopoulos, V. (2020). Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator. *Antioxidants*, *9*(8), 681. https://doi.org/10.3390/antiox9080681

Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and climate extremes, 10*(Part A), 4-10. https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001

Hermans, T. D., Šakić Trogrlić, R., van den Homberg, M. J., Bailon, H., Sarku, R., & Mosurska, A. (2022). Exploring the integration of local and scientific knowledge in early warning systems for disaster risk reduction: a review. *Natural Hazards*, *114*(2), 1125-1152. https://doi.org/10.1007/s11069-022-05468-8

Herrera, A. (2013). Responses to flooding of plant water relations and leaf gas exchange in tropical tolerant trees of a black-water wetland. *Frontiers in Plant Science*, *4*, 106. https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00106

Hoffman, M. J., & Evans, E. J. (2007). *Flood Risk Assessment and Management: A Global Perspective*. Oxford University Press.

Hörtensteiner, S., & Kräutler, B. (2011). Chlorophyll breakdown in higher plants. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, *1807*(8), 977-988. https://doi.org/10.1016/j.bbabio.2010.12.007

Huang, X., Zhu, F., He, Z., Chen, X., Wang, G., Liu, M., & Xu, H. (2020). Photosynthesis performance and antioxidative enzymes response of Melia azedarach and *Ligustrum lucidum* plants under Pb–Zn mine tailing conditions. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 571157. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.571157

Hulme, M. (2016). *İklim değişikliği konusunda neden anlaşamıyoruz*. M. Özenç (Çev.). Alfa Bilim.

Hügin, G., & Henrichfreise, A. (1992). *Vegetation und Wasserhaushalt des rheinnahen Waldes: Naturschutzbewertung der badischen Oberrheinaue*. Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie.

Ilek, A., Kucza, J., & Szostek, M. (2014). The effect of stand species composition on water storage capacity of the organic layers of forest soils. *European Journal of Forest Research*, 134(1), 187–197. https://doi.org/10.1007/s10342-014-0842-2

Ingram, W. J. (2016). Increases all round. *Nature Climate Change*, *6*(5), 443–444. https://doi.org/10.1038/nclimate2966

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, & C. A. Johnson, Eds.). Cambridge University Press

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama, Eds.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844.

International Internet Preservation Consortium (IIPC). (2022, May 23–25). *IIPC 2022 Web Archiving Conference* [Konferans]. https://netpreserve.org/ga2022/wac/

International Internet Preservation Consortium IPCC (2020). Cross-chapter paper 4: Mediterranean region. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SOD_CCP4.pdf (Erişim Tarihi: 08.07.2025)

International Internet Preservation Consortium IPCC (2021). Weather and climate extreme events in a changing climate. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter11.pdf (Erişim Tarihi: 08.07.2025)

Ishikita, H., Saenger, W., Biesiadka, J., Loll, B., & Knapp, E. W. (2006). How photosynthetic reaction centers control oxidation power in chlorophyll pairs P680, P700, and P870. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *103*(26), 9855-9860. https://doi.org/10.1073/pnas.0601446103

Ismond, K. P., Dolferus, R., De Pauw, M., Dennis, E. S., & Good, A. G. (2003). Enhanced low oxygen survival in Arabidopsis through increased metabolic flux in the fermentative pathway. *Plant Physiology*, *132*(3), 1292-1302. https://doi.org/10.1104/pp.103.022244

Iwanaga, F., & Yamamoto, F. (2008). Effects of flooding depth on growth, morphology and photosynthesis in *Alnus japonica* species. *New Forests*, *35*(1), 1-14.

Jackson, M. B., & Ram, P. C. (2003). Physiological and biochemical responses of plants to flooding stress. *Plant, Cell & Environment*, 26(3), 327–339. https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.00947.x

Jaeger, C., Gessler, A., Biller, S., Rennenberg, H., & Kreuzwieser, J. (2009). Differences in C metabolism of ash species and provenances as a consequence of root oxygen deprivation by waterlogging. *Journal of Experimental Botany*, *60*(15), 4335-4345. https://doi.org/10.1093/jxb/erp268

Jaeger, M., Schlüter, U., & Voesenek, L. A. C. J. (2009). A review of soil waterlogging impacts, mechanisms, and adaptive responses in plants. *Environmental and Experimental Botany*, 67(3), 189–206. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.03.004

Jarin, A., Ghosh, U. K., Hossain, M. S., Mahmud, A., & Khan, M. A. R. (2024). Glycine betaine in plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Discover Agriculture*, *2*(1), 127.

Jia, W., Ma, M., Chen, J., & Wu, S. (2021). Plant morphological, physiological and anatomical adaptation to flooding stress and the underlying molecular mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(3), 1088. https://doi.org/10.3390/ijms22031088

Jia, W., Ma, M., Chen, J., & Wu, S. (2021). Plant morphological, physiological and anatomical adaption to flooding stress and the underlying molecular mechanisms. *International journal of molecular sciences*, *22*(3), 1088. https://doi.org/10.3390/ijms22031088

Jongman, B., Kreibich, H., Apel, H., Barredo, J. I., Bates, P. D., Feyen, L., Gericke, A., Neal, J., Aerts, J. C. J. H., & Ward, P. J. (2012). Comparative flood damage model assessment: towards a European approach. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *12*(12), 3733–3752. https://doi.org/10.5194/nhess-12-3733-2012.

Jourdain, L. M., von Arx, G., Piermattei, A., Crivellaro, A., Peters, R. L., & Klesse, S. (2025). Measuring more-the key to a robust signal in ring-porous earlywood

vessel chronologies. *Dendrochronologia*, 126361. https://doi.org/10.1093/forestry/cpr001

Kadam, A., Wigner, N., Saville, P., & Arlet, V. (2017). Overpowering posterior lumbar instrumentation and fusion with hyperlordotic anterior lumbar interbody cages followed by posterior revision: a preliminary feasibility study. *Journal of Neurosurgery: Spine*, *27*(6), 650-660.

Kaiser, S., & Scheuring, D. (2020). To lead or to follow: contribution of the plant vacuole to cell growth. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 553. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00553

Kamer Aksoy, Ö. (2022). Predicting the potential distribution area of the *Platanus orientalis* L. in Turkey Today and in the Future. *Sustainability*, *14*(18), 11706. https://doi.org/10.3390/su141811706

Kandemir, G., & Kaya, Z. (2009). Oriental beech (*Fagus orientalis*). Erişim adresi: https://www.euforgen.org/uploads/tx_news/1369_Oriental_beech__Fagus_orientalis_.pdf Erişim tarihi: 25.04.2025

Karcher S. D., ve King S.L. (2021). Flooding tolerance of selected bottomland tree species in the southeastern United States. *Wetlands. 3*, 62, 200-208. 10.1007/s13157-021-01393-6.

Karl, T. R., & Trenberth, K. E. (2003). Modern global climate change. *Science*, *302*(5651), 1719–1723. https://doi.org/10.1126/science.1090228.

Kaya, N., & Işık, K. (2002). Genetic Diversity of Two Native Forest Tree Species in Turkey: Pinus brutia Ten. and *Cupressus sempervirens* L. In *Biodiversity: Biomolecular Aspects of Biodiversity and Innovative Utilization* (pp. 349-354). Boston, MA: Springer US.

Keller, G. J., Slesak, R. A., Bronson, D., Windmuller-Campione, M. A., & McGraw, A. (2023). Effects of flood duration on seedling survival and growth of potential replacement species in black ash (*Fraxinus nigra* Marshall) forests threatened by emerald ash borer. *Trees, Forests and People*, *11*, 100367. https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100367

Kesic, L., Kovačević, B., Milović, M., Stanković, D., Ilić, M., Poljaković-Pajnik, L., ... & Orlović, S. (2025). Physiological performance of poplar and willow clones growing on metal-contaminated landfills. *Plants*, *14*(11), 1705. https://doi.org/10.3390/plants13162176

Khan, P., Abdelbacki, A. M., Albaqami, M., Jan, R., & Kim, K. M. (2025). Proline promotes drought tolerance in maize. *Biology*, *14*(1), 41. https://doi.org/10.3390/biology14010041

Kim, T. W., & Wang, Z. Y. (2010). Brassinosteroid signal transduction from receptor kinases to transcription factors. *Annual review of plant biology*, *61*(1), 681-704.

Kitajima, K., & Hogan, K. P. (2003). Increases of chlorophyll a/b ratios during acclimation of tropical woody seedlings to nitrogen limitation and high light. *Plant, Cell & Environment*, *26*(6), 857-865. https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.01017.x

Kochaksaraeai, M., Khodadost, A., Sadati, S. E., & Azizi, N. (2016). Evaluation of flooding tolerance in two-year-old seedlings of common ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Journal of Plant Environmental Physiology*, (41).

Koç, C. (2018). Entegre havza yönetiminde su kaynaklarını modern yöntemler ile ölçme, izleme ve değerlendirme olanaklarının araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (14), 222-227. https://doi.org/10.31590/ejosat.358213

Koç, İ. (2021). Examining seed germination rate and seedlings gas exchange performances of some Turkish red pine provenances under water stress. *Duzce University Journal of Science and Technology*, *9*(3), 48-60. https://doi.org/10.29130/dubited.898820

Kogawara, S., Takahashi, H., & Suzuki, M. (2006). Effects of flooding on physiological and biochemical characteristics of tree seedlings. *Journal of Forest Research*, *11*(3), 123–130. https://doi.org/10.1007/s10310-006-0272-4

Korkanç, S. Y., & Korkanç, M. (2006). Sel ve taşkınların insan hayatı üzerindeki etkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 8*(9), 42–50.

Kozlowski, T. T. (1997). Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology*, *17*(7), 490-490. https://doi.org/10.1093/treephys/17.7.490

Kozlowski, T. T. (2002). Physiological-ecological impacts of flooding on riparian forest ecosystems. *Wetlands*, *22*(3), 550-561. 10.1672/0277-5212(2002)022[0550: PEIOFO]2.0.CO;2

Kramer, D. M., & Evans, J. R. (2011). The importance of energy balance in improving photosynthetic productivity. *Plant Physiology*, *155*(1), 70-78. https://doi.org/10.1104/pp.110.166652

Kreuzwieser, J., Papadopoulou, E., & Rennenberg, H. (2004). Interaction of flooding with carbon metabolism of forest trees. *Plant Biology*, *6*(03), 299-306. DOI: 10.1055/s-2004-817882

Kroschel, W. A., & King, S. L. (2021). Floodplain forest tree seedling response to variation in flood timing and duration. *Forest Ecology and Management*, *502*, 119660. https: //doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119660

Kubiske, M. E., & Pregitzer, K. S. (1996). Effects of elevated CO_2 and light availability on the photosynthetic light response of trees of contrasting shade tolerance. *Tree physiology*, *16*(3), 351-358. https://doi.org/10.1093/treephys/16.3.351

Kuczynska, D., Stojowska-Swędrzyńska, K., & Laskowska, E. (2024). Intracellular protective functions and therapeutical potential of trehalose. *Molecules, 29*(9), 2088. https://doi.org/10.3390/molecules29092088

Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., & Abak, K. (2011). Farklı kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, *21*(3), 209-219.

Kwon, C. T., Kim, S. H., Song, G., Kim, D., & Paek, N. C. (2017). Two NADPH: protochlorophyllide oxidoreductase (POR) isoforms play distinct roles in environmental adaptation in rice. *Rice*, *10*(1), 1.

Lauri, P. É., Kelner, J. J., Trottier, C., & Costes, E. (2010). Insights into secondary growth in perennial plants: its unequal spatial and temporal dynamics in the apple (Malus domestica) is driven by architectural position and fruit load. *Annals of Botany*, *105*(4), 607-616. https://doi.org/10.1093/aob/mcq006

Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit, A., Peterson, T., & Prather, M. (2007). 2007: Historical Overview of Climate Change'', Solomon, S., D. iin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. TQgnor and H.L. Miller (Eds.), *Climate change 2007: The physical science basis. Contr/but/on of working group i to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, Cambridge University Press, CambrQdge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Lee, H. S., Hwang, W. H., Jeong, J. H., Ahn, S. H., Baek, J. S., Jeong, H. Y., ... & Choi, K. J. (2019). Analysis of the distribution of assimilation products and the characteristics of transcriptomes in rice by submergence during the ripening stage. *BMC Genomics*, *20*(1), 18.

Lersten, N. R., & Carlson, J. B. (2004). Vegetative morphology. *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*, *16*, 15-57. https://doi.org/10.2134/agronmonogr16.3ed.c2

Leyer, I. (2004). Effects of dykes on plant species composition in a large lowland river floodplain. *River Research and Applications*, *20*(7), 813-827. https://doi.org/10.1002/rra.795

Li, C., Liang, X., Shao, J., Negm, S., Moustafa, M., Aamer, M., & Hassan, M. U. (2023). Plant adaptation to flooding stress under changing climate conditions: Ongoing breakthroughs and future challenges. *Plants*, *12*(22), 3824. https://doi.org/10.3390/plants12223824

Li, D., Miao, L., Tian, M., Zhou, J., Yang, W., & Yang, F. (2023b). Differences in eco-physiological responses to the removal of adventitious roots between *Syzygium nervosum* A. Cunn. ex DC. and *Syzygium cumini* (L.) Skeels saplings under waterlogging. *Annals of Forest Science*, *80*(1), 13. 10.1186/s13595-023-01180-0

Li, S., Lu, S., Wang, J., Chen, Z., Zhang, Y., Duan, J., ... & Guo, J. (2023). Responses of physiological, morphological and anatomical traits to abiotic stress in woody plants. *Forests*, *14*(9), 1784.

Li, X., Zhang, Y., Wang, Z., & Chen, L. (2004). Physiological responses of tree species to flooding stress. *Journal of Plant Physiology*, *161*(7), 845–854.

Liao, J., Chen, S., Liu, P., Fontaneto, D., & Han, B. P. (2024). Environmental selection and gene flow jointly determine the population genetic diversity and structure of *Diaphanosoma dubium* along a watershed elevation. *Global Ecology and Conservation*, *49*, e02773. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02773

Liu, D., Li, Y., Shen, X., Xie, Y., & Zhang, Y. (2018). Flood risk perception of rural households in western mountainous regions of Henan Province, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *27*, 155-160. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.09.051

Liu, J., & Iersel, M. W. (2021). Photosynthetic physiology of blue, green, and red light: Light intensity effects and underlying mechanisms. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 619987. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.619987

Liu, S., Cheng, S., Jia, J., & Cui, J. (2022). Resource efficiency and environmental impact of juglone in *Pericarpium juglandis*: A review. *Frontiers in Environmental Science*, *10*, 999059. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.999059

Liu, Y., Li, X., Shen, Y., Xie, Y., & Zhang, C. (2018*).* Morphological and chemical adaptations of forest trees to flood stress. *Environmental and Experimental Botany, 150*, 1–10.

Llobet, A., Jähnig, S. C., Geist, J., Kondolf, G. M., Damm, C., Scholz, M., ... & Schmitt, R. (2022). Restoring rivers and floodplains for habitat and flood risk reduction: Experiences in multi-benefit floodplain management from California and Germany. *Frontiers in Environmental Science*, *9*, 778568. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.778568

Lopez, F. B., & Barclay, G. F. (2017). Plant anatomy and physiology. In *Pharmacognosy* (pp. 45-60). Academic Press.

Lorimer, J., & Brown, M. (2011). Plant responses to flooding and waterlogging: A review. *Environmental and Experimental Botany*, *72*(1), 1–10. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.03.003

Ls, B. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil*, *39*, 205-207.

Ludewig, F., & Flügge, U. I. (2013). Role of metabolite transporters in source-sink carbon allocation. *Frontiers in Plant Science*, *4*, 231. https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00231

Luo, H., Liu, S., Song, Y., Qin, T., Xiao, S., Li, W., ... & Zhou, X. (2024). Effects of waterlogging stress on root growth and soil nutrient loss of winter wheat at

seedling stage. *Agronomy*, *14*(6), 1247. https://doi.org/10.3390/agronomy14061247

Makila, R., Wybouw, B., Smetana, O., Vainio, L., Gil, A., Lyu, M., ... & Mahönen, A. P. (2023). Gibberellins promote polar auxin transport to regulate stem cell fate decisions in cambium. *Nature Plants*, *9*(4), 631-644.

Malone, L. A., Proctor, M. S., Hitchcock, A., Hunter, C. N., & Johnson, M. P. (2021). Cytochrome b6f–Orchestrator of photosynthetic electron transfer. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, *1862*(5), 148380. https://doi.org/10.1016/j.bbabio.2021.148380

Manoj, K. M., & Manekkathodi, A. (2021). Light's interaction with pigments in chloroplasts: The murburn perspective. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, *5*, 100015. https://doi.org/10.1016/j.jpap.2020.100015

Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines*, *74*(1), 1-16.

Martinkova, M., & Kysely, J. (2020). Overview of observed Clausius-Clapeyron scaling of extreme precipitation in midlatitudes. *Atmosphere*, *11*(8), 786. https://doi.org/10.3390/atmos11080786

Mattos, C. R., Hirota, M., Oliveira, R. S., Flores, B. M., Miguez-Macho, G., Pokhrel, Y., & Fan, Y. (2023). Double stress of waterlogging and drought drives forest–savanna coexistence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120(33), e2301255120. https://doi.org/10.1073/pnas.2301255120researchgate.net+3

Mauseth, J. D., & Stevenson, J. F. (2004). Theoretical considerations of vessel diameter and conductive safety in populations of vessels. *International Journal of Plant Sciences*, *165*(3), 359-368.

McDermot, C. R., Minocha, R., D'Amico III, V., Long, S., & Trammell, T. L. (2020). Red maple (*Acer rubrum* L.) trees demonstrate acclimation to urban conditions in deciduous forests embedded in cities. *PLoS one*, *15*(7), e0236313. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236313

McNamara, S. T., & Mitchell, C. A. (1989). Differential flood stress resistance of two tomato genotypes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *114*(6), 976-980. https: //doi.org/10.21273/JASHS.114.6.976

Meena, M., Divyanshu, K., Kumar, S., Swapnil, P., Zehra, A., Shukla, V., ... & Upadhyay, R. S. (2019). Regulation of L-proline biosynthesis, signal transduction, transport, accumulation and its vital role in plants during variable environmental conditions. *Heliyon*, *5*(12).

Meeth, M., Johnson, L., & Alvarez, R. (2007). Responses of riparian tree species to flooding regimes: A comparative study. *Environmental Botany Journal*, *45*(3), 233–247. https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00770.x

Mehta, D., & Vyas, S. (2023). Comparative bio-accumulation of osmoprotectants in saline stress tolerating plants: A review. *Plant Stress*, *9*, 100177. https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100177

Meier, I. C., & Leuschner, C. (2008). Leaf size and leaf area index in *Fagus sylvatica* forests: Competing effects of precipitation, temperature, and nitrogen availability. *Ecosystems*, *11*(5), 655–669. https://doi.org/10.1007/s10021-008-9135-2

Merev, N. (1998). *Odun anatomisi ve tanımı*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No: 35.

Metcalfe, C. R. (1938). Anatomy of *Fraxinus oxycarpa* and *F. pallisae*. *Bulletin of Miscellaneous Information (Royal Botanic Gardens, Kew)*, *1938*(6), 258-262. https://doi.org/10.2307/4113473

Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM] (2025). Resmi ikim istatistiği. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx (Erişim Tarihi: 15.07.2025)

Mettler, T., Mühlhaus, T., Hemme, D., Schöttler, M. A., Rupprecht, J., Idoine, A., ... & Stitt, M. (2014). Systems analysis of the response of photosynthesis, metabolism, and growth to an increase in irradiance in the photosynthetic model organism Chlamydomonas reinhardtii. *The Plant Cell*, *26*(6), 2310-2350. https://doi.org/10.1105/tpc.114.124537

Mısır, N., Mısır, M., & Ülker, C. (2012). Yield models of pure fir (*Abies nordmanniana* S. subsp. bornmülleriana (Mattf.)) stands (Western Black Sea Region). *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, *12*(3), 54-59.

Michalczyk, H., & Michalczyk, M. (2023). Floodplain forest restoration as a nature-based solution to create climate-resilient communities in European lowland estuaries. *Water*, *15*(3), 440. https://doi.org/10.3390/w15030440

Mirzakhani, M., Moradi, H., Therrell, M., Seim, A., Yousefpour, R., Safari, E., ... & Kahle, H. P. (2024). The dendroclimatic and dendrohydrologic potential of riparian plane trees (*Platanus orientalis*) along the Zayandeh-Rud River, Iran. *Dendrochronologia*, *86*, 126228. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2024.126228

Mishra, N., Jiang, C., Chen, L., Paul, A., Chatterjee, A., & Shen, G. (2023). Achieving abiotic stress tolerance in plants through antioxidative defense mechanisms. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1110622. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1110622

Mohajan, H. (2019). The first ındustrial revolution: creation of a new global human era. *Published in: Journal of Social Sciences and Humanities*, *5*(4),377-387.

Moise, I. K., Huang, Q., Mutebi, J. P., & Petrie, W. D. (2024). Effects of Hurricane Irma on mosquito abundance and species composition in a metropolitan Gulf

coastal city, 2016–2018. *Scientific Reports*, *14*(1), 21886. https://doi.org/10.1038/s41598-024-72734-z

Molinari, H. B. C., Marur, C. J., Daros, E., De Campos, M. K. F., De Carvalho, J. F. R. P., Filho, J. C. B., ... & Vieira, L. G. E. (2007). Evaluation of the stress-inducible production of proline in transgenic sugarcane (*Saccharum* spp.): osmotic adjustment, chlorophyll fluorescence and oxidative stress. *Physiologia Plantarum*, *130*(2), 218-229. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.00909.x

Momayyezi, M., Rippner, D. A., Duong, F. V., Raja, P. V., Brown, P. J., Kluepfel, D. A., ... & McElrone, A. J. (2022). Structural and functional leaf diversity lead to variability in photosynthetic capacity across a range of *Juglans regia* genotypes. *Plant, Cell & Environment*, *45*(8), 2351-2365.

Mountford, J. O., & Chapman, J. M. (1993). Water regime requirements of British wetland vegetation: Using the moisture classification of Ellenberg and Londo. *Journal of Environmental Management*, *38*(4), 275-288. https://doi.org/10.1006/jema.1993.1045

Mozo, I., Rodríguez, M. E., Monteoliva, S., & Luquez, V. M. (2021). Floodwater depth causes different physiological responses during post-flooding in willows. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 575090. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.575090

Mozo, I., Rodríguez, M. E., Monteoliva, S., & Luquez, V. M. (2021). Floodwater depth causes different physiological responses during post-flooding in willows. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 575090. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.575090

Mulo, P., Sakurai, I., & Aro, E. M. (2012). Strategies for psbA gene expression in cyanobacteria, green algae and higher plants: from transcription to PSII repair. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, *1817*(1), 247-257. https://doi.org/10.1016/j.bbabio.2011.04.011

Müller, M., & Bosch, S. (2015). Ethylene response factors: a key regulatory hub in hormone and stress signaling. *Plant physiology*, *169*(1), 32-41. https://doi.org/10.1104/pp.15.00677

Nakamura, H., & Oosawa, M. (2021, March). Effects of the underground discharge channel/reservoir for small urban rivers in the Tokyo area. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 703, No. 1, p. 012029). IOP Publishing.

Nan, G. N., Zhou, X. Q., Zhang, X. M., Zhang, Q. S., Hu, Z. M., Huang, R. P., & Zhang, D. (2022). Xanthophyll cycle-related non-photochemical quenching protects *Sargassum thunbergii* from high light-induced photoinhibition. *Frontiers in Marine Science*, *9*, 1067596. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1067596

Natho, S., & Hudson, P. (2024). Accounting for the value of ecosystem services of floodplains in Germany-National studies matter. *Ecosystem Services*, *67*, 101615. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101615

Neff, M. M., & Chory, J. (1998). Genetic Interactions between phytochrome A, phytochrome B, and cryptochrome 1 during Arabidopsis Development. *Plant Physiology, 118*(1), 27-35. 10.1104/pp.118.1.27

Neves, F. S., Sperber, C. F., Campos, R. I., Soares, J. P., & Ribeiro, S. P. (2013). Contrasting effects of sampling scale on insect herbivores distribution in response to canopy structure. *Revista de Biologia Tropical*, *61*(1), 125-137.

Ni, X. L., Gui, M. Y., Tan, L. L., Zhu, Q., Liu, W. Z., & Li, C. X. (2019). Programmed cell death and aerenchyma formation in water-logged sunflower stems and its promotion by ethylene and ROS. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 1928. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01928

Nilsen, E. T., & Orcutt, D. M. (1996). *The physiology of plants under stress: Soil and biotic factors*. John Wiley & Sons.

O'Neill, M. P., Smith, J., Brown, R., & Harris, T. (2016). Slope stability and erosion control in deforested mountainous regions. *Journal of Soil and Water Conservation, 71*(2), 135–144.

Odorico, P., Schuman, M. C., Kurz, M., & Csilléry, K. (2023). Discerning Oriental from European beech by leaf spectroscopy: Operational and physiological implications. *Forest Ecology and Management*, *541*, 121056. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121056

Oishy, M. N., Shemonty, N. A., Fatema, S. I., Mahbub, S., Mim, E. L., Raisa, M. B. H., & Anik, A. H. (2025). Unravelling the effects of climate change on the soil-plant-atmosphere interactions: A critical review. *Soil & Environmental Health*, 100130. https://doi.org/10.1016/j.seh.2025.100130

O'Neill, E., Brereton, F., Shahumyan, H., & Clinch, J. P. (2016). The impact of perceived flood exposure on flood-risk perception: The role of distance. *Risk Analysis*, *36*(11), 2158-2186. https: //doi.org/10.1111/risa.12597

Our World in Data, 2025. Natural Disasters. https://ourworldindata.org/natural-disasters#all-charts (Erişim Tarihi: 10.01.2026)

Ögüt, A. (2008). Türkiye'de sel ve taşkın olaylarının coğrafi analizi. *Coğrafya Dergisi*, 16(2), 45–58.

Özcan, H. (2006). Türkiye'de sel ve taşkınların coğrafi dağılımı. *Türk Coğrafya Dergisi*, *46*(1), 55–68.

Pace, M. R., Dutra, R., Marcati, C. R., Angyalossy, V., & Evert, R. F. (2023). Seasonal cambial activity and formation of secondary phloem and ksilem in white oaks (*Quercus alba* L.). *Forests*, *14*(5), 920. https://doi.org/10.3390/f14050920

Packham, J. R., Thomas, P. A., Atkinson, M. D., & Degen, T. (2012). Biological flora of the British isles: *Fagus sylvatica*. *Journal of Ecology*, *100*(6), 1557-1608. https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2012.02017.x

Paetzold, A., Yoshimura, C., & Tockner, K. (2008). Riparian arthropod responses to flow regulation and river channelization. *Journal of applied ecology*, *45*(3), 894-903. https: //www.jstor.org/stable/20144043

Pagnussat, G. C., Lanteri, M. L., & Lamattina, L. (2004). Nitric oxide and MAP kinase: Two components of a signaling pathway involved in the regulation of adventitious root formation in flooded tomato plants. *Plant Physiology*, *135*(3), 1051–1061. https://doi.org/10.1104/pp.104.040029.

Pan, J., Sharif, R., Xu, X., & Chen, X. (2021). Mechanisms of waterlogging tolerance in plants: Research progress and prospects. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 627331. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.627331

Parolin, P. (2009). Submerged in darkness: adaptations to prolonged submergence by woody species of the Amazonian floodplains. *Annals of Botany*, *103*(2), 359-376.

Parolin, P. D., De Simone, O., Haase, K., Waldhoff, D., Rottenberger, S., Kuhn, U., ... & Junk, W. J. (2004). Central Amazonian floodplain forests: tree adaptations in a pulsing system. *The Botanical Review*, *70*(3), 357-380.

Parolin, P., Wittmann, F., & Junk, W. J. (2010). Drought responses of flood-tolerant trees in Amazonian floodplains. *Tree Physiology*, *30*(1), 1–10. https://doi.org/10.1093/treephys/tpp098

Peeters, A. J. M., Voesenek, L. A. C. J., & Blom, C. W. P. M. (2002). Plant movement. Submergence-induced petiole elongation in Rumex palustris. *Plant, Cell & Environment*, *25*(1), 47–54. https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2002.00792.x

Peker, İ. B., Gülbaz, S., Demir, V., Orhan, O., & Beden, N. (2024). Integration of HEC-RAS and HEC-HMS with GIS in flood modeling and flood hazard mapping. *Sustainability*, *16*(3), 1226. https://doi.org/10.3390/su16031226

Pezeshki, S. R. (2001). Wetland plant responses to soil flooding. *Environmental and Experimental Botany*, *46*(3), 299–312. https://doi.org/10.1016/S0098-8472(01)00107-1

Pezeshki, S. R., & DeLaune, R. D. (2012). Soil oxidation-reduction in wetlands and its impact on plant functioning. *Biology*, *1*(2), 196-221. https://doi.org/10.3390/biology1020196

Pfautsch, S., Hölttä, T., & Mencuccini, M. (2015). Hydraulic functioning of tree stems-fusing ray anatomy, radial transfer and capacitance. *Tree physiology*, *35*(7), 706-722. https://doi.org/10.1093/treephys/tpv058

Pielke Jr., R. A., Downton, M. W., & Barnard Miller, J. Z. (2002). *Flood Damage in the United States, 1926–2000: A Reanalysis of National Weather Service Estimates*. Boulder, CO: University Corporation for Atmospheric Research.

Piper, F. I., McComb, A. J., & McCulloch, R. D. (2008). Effects of flooding on the physiology and growth of Eucalyptus camaldulensis seedlings. *Australian Journal of Botany, 56*(3), 231–238. https://doi.org/10.1071/BT08012

Pires, H. R. A., Franco, A. C., Piedade, M. T. F., Scudeller, V. V., Kruijt, B., & Ferreira, C. S. (2018). Flood tolerance in two tree species that inhabit both the Amazonian floodplain and the dry Cerrado savanna of Brazil. *AoB Plants, 10*(6), ply065. https://doi.org/10.1093/aobpla/ply065

Pourtahmasi, K., Lotfiomran, N., Bräuning, A., & Parsapajouh, D. (2011). Tree-ring width and vessel characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis*) along an altitudinal gradient in the Caspian forests, northern Iran. *IAWA Journal*, *32*(4), 461-473.

Pryor, S. N., McComb, A. J., & McCulloch, R. D. (2006). Effects of flooding on the physiology and growth of Eucalyptus camaldulensis seedlings. *Australian Journal of Botany, 54*(3), 231–238. https://doi.org/10.1071/BT05047

Qasim, S., Khan, A. N., Shrestha, R. P., & Qasim, M. (2015). Risk perception of the people in the flood prone Khyber Pukhthunkhwa province of Pakistan. *International journal of disaster risk reduction*, *14*, 373-378. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.09.001

Qsim, M., Ahmad, N., Khan, A., & Rehman, S. (2015). Impact of deforestation on surface runoff and flooding: A case study from Northern Pakistan. *Environmental Earth Sciences, 74*(2), 1125–1136.

Rabrenovic, B., Natić, M., Dabić Zagorac, D., Meland, M., & Fotirić Akšić, M. (2023). Bioactive phytochemicals from walnut (*Juglans* spp.) oil processing by-products. In *Bioactive Phytochemicals from Vegetable Oil and Oilseed Processing By-Products* (pp. 537-557). Cham: Springer International Publishing.

Ragni, L., & Greb, T. (2018, July). Secondary growth as a determinant of plant shape and form. In *Seminars in Cell & Developmental Biology* (Vol. 79, pp. 58-67). Academic Press.

Rai, P. K., & Singh, J. S. (2020). Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecological indicators*, *111*, 106020. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106020

Renzetti, M., Funck, D., & Trovato, M. (2024). Proline and ROS: A unified mechanism in plant development and stress response?. *Plants*, *14*(1), 2. https://doi.org/10.3390/plants14010002

Reynolds, M., Atkin, O. K., Bennett, M., Cooper, M., Dodd, I. C., Foulkes, M. J., ... & Wittich, P. E. (2021). Addressing research bottlenecks to crop productivity. *Trends in Plant Science*, *26*(6), 607-630.

Rijke, J., Van Herk, S., Zevenbergen, C., & Ashley, R. (2012). Room for the River: Delivering integrated river basin management in the Netherlands. *International journal of river basin management*, *10*(4), 369-382. https://doi.org/10.1080/15715124.2012.739173

Ritter, J., Müller, A., & Schumann, A. H. (2002). A mathematical model for flood loss estimation. *Journal of Hydrology*, *267*(1–2), 77–88. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00145-4.

Roberty, S., Bailleul, B., Berne, N., Franck, F., & Cardol, P. (2014). PSI Mehler reaction is the main alternative photosynthetic electron pathway in *Symbiodinium* sp., symbiotic dinoflagellates of cnidarians. *New Phytologist*, *204*(1), 81-91. https://doi.org/10.1111/nph.12903

Rodriguez, M. E., & Luquez, V. M. C. (2016). Poplars and willows responses to flooding stress. *Nova Science Publisher, New York*, 103-130.

Rood, S. B., Braatne, J. H., & Hughes, F. M. R. (2003). Ecophysiology of riparian cottonwoods: stream flow dependency, water relations and restoration. *Tree Physiology*, *23*(16), 1113–1124. DOI: 10.1093/treephys/23.16.1113

Rowland, P. I., de Paula Costa, M. D., Macreadie, P. I., & Wartman, M. (2025). Review of methods for quantifying the benefits of coastal wetlands in absorbing and buffering extreme weather event impacts on coastal infrastructure. *Ecosystem Services*, *73*, 101722. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2025.101722

Ruffinatto, F., Negro, F., & Crivellaro, A. (2023). The macroscopic structure of wood. *Forests*, *14*(3), 644. https://doi.org/10.3390/f14030644

Rupngam, T., & Messiga, A. J. (2024). Unraveling the interactions between flooding dynamics and agricultural productivity in a changing climate. *Sustainability*, *16*(14), 6141. https://doi.org/10.3390/su16146141

Russo, A., Esperon-Rodriguez, M., St-Denis, A., & Tjoelker, M. G. (2025). Native vs. non-native plants: Public preferences, ecosystem services, and conservation strategies for climate-resilient urban green spaces. *Land*, *14*(5), 954. https://doi.org/10.3390/land14050954

Sachdev, S., Ansari, S. A., Ansari, M. I., Fujita, M., & Hasanuzzaman, M. (2021). Abiotic stress and reactive oxygen species: Generation, signaling, and defense mechanisms. *Antioxidants*, *10*(2), 277. https://doi.org/10.3390/antiox10020277

Sarıgül, O., & Turoğlu, H. (2020). Kahramanmaraş Şehri Sel ve Taşkınlarının Coğrafi Analizi ve Öngörüler. *Coğrafya Dergisi*, (40), 275–293. https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-0018.

Sasidharan, R., & Voesenek, L. A. (2015). Ethylene-mediated acclimations to flooding stress. *Plant Physiology*, *169*(1), 3-12. https://doi.org/10.1104/pp.15.00387

Sasidharan, R., Hartman, S., Liu, Z., Martopawiro, S., Sajeev, N., van Veen, H., ... & Voesenek, L. A. (2018). Signal dynamics and interactions during flooding stress. *Plant Physiology*, *176*(2), 1106-1117. https://doi.org/10.1104/pp.17.01232

Scartazza, A., Mignolli, F., De Pedro, L. F., Vidoz, M. L., & Brugnoli, E. (2016). Maintenance of photosynthetic capacity in flooded tomato plants with reduced ethylene sensitivity. *Physiologia Plantarum*, *157*(3), 312–328. https://doi.org/10.1111/ppl.12430

Schaller, G. E., Street, I. H., & Kieber, J. J. (2014). Cytokinin and the cell cycle. *Current opinion in plant biology*, *21*, 7-15. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2014.05.015

Schlüter, U. (1989). Phenology and CO_2-assimilation of trees in Central Amazonian floodplains. *Acta Botanica Brasilica, 3*(1), 129–137. https://doi.org/10.1590/S0102-33061989000100012

Schneider, A., Godin, C., Boudon, F., Demotes-Mainard, S., Sakr, S., & Bertheloot, J. (2019). Light regulation of axillary bud outgrowth along plant axes: an overview of the roles of sugars and hormones. *Frontiers in plant science*, *10*, 1296. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01296

Schnitzler, A. (1995). Successional status of trees in gallery forest along the river Rhine. *Journal of Vegetation Science*, *6*(4), 479-486. https: //doi.org/10.2307/3236346

Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *375*(1794), 20190120. https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120

Seki, M., Umezawa, T., Urano, K., & Shinozaki, K. (2007). Regulatory metabolic networks in drought stress responses. *Current Opinion in Plant Biology*, *10*(3), 296-302. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.04.014

Semerdjieva, S. I., Sheffield, E., Phoenix, G. K., Gwynn-Jones, D., Callaghan, T. V., & Johnson, G. N. (2003). Contrasting strategies for UV-B screening in sub-Arctic dwarf shrubs. *Plant, cell & environment*, *26*(6), 957-964.

Sena Gomes, A. R., & Kozlowski, T. T. (1980). Growth responses and adaptations of woody plants to flooding. *Forest Science, 26*(4), 513–535.

Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Yigit, N., & Karakus, O. (2019). Changes in micromorphological characters of *Platanus orientalis* L. leaves in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, *17*(3), 5909-5921.

Sevik, H., Çetin, M., & Kapucu, O. (2016). Effect of light on young structures of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. bornmulleriana). *Oxidation Communications, 39* (1), 485-492.

Sheil, D. (2018). Forests, atmospheric water and an uncertain future: the new biology of the global water cycle. *Forest Ecosystems*, *5*(1), 1-22.

Shimamura, S., Yamamoto, R., Nakamura, T., Shimada, S., & Komatsu, S. (2010). Stem hypertrophic lenticels and secondary aerenchyma enable oxygen transport to roots of soybean in flooded soil. *Annals of Botany*, *106*(2), 277-284. https://doi.org/10.1093/aob/mcq123

Shtang, A., Ponomareva, T., & Skryabina, A. (2024). Pigment complex, growth and chemical composition traits of boreal *Sphagnum mosses* (mire system "Ilasskoe", north-west of European Russia). *Plants*, *13*(17), 2478. https://doi.org/10.3390/plants13172478

Sibbernsen, E., & Mott, K. A. (2010). Stomatal responses to flooding of the intercellular air spaces suggest a vapor-phase signal between the mesophyll and the guard cells. *Plant Physiology*, *153*(3), 1435-1442. https://doi.org/10.1104/pp.110.157685

Siebel, H. N., & Bouwma, I. M. (1998). The occurrence of herbs and woody juveniles in a hardwood floodplain forest in relation to flooding and light. *Journal of Vegetation Science*, *9*(5), 623-630. https: //doi.org/10.2307/3237280

Silva, N. D. G., Cholewa, E., & Ryser, P. (2012). Effects of combined drought and heavy metal stresses on ksilem structure and hydraulic conductivity in red maple (*Acer rubrum* L.). *Journal of Experimental Botany*, *63*(16), 5957-5966.

Simkin, A. J., Kapoor, L., Doss, C. G. P., Hofmann, T. A., Lawson, T., & Ramamoorthy, S. (2022). The role of photosynthesis related pigments in light harvesting, photoprotection and enhancement of photosynthetic yield in planta. *Photosynthesis Research*, *152*(1), 23-42.

Singh, P., Choudhary, K. K., Chaudhary, N., Gupta, S., Sahu, M., Tejaswini, B., & Sarkar, S. (2022). Salt stress resilience in plants mediated through osmolyte accumulation and its crosstalk mechanism with phytohormones. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 1006617. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1006617

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol*, *299*, 152-178. http: //dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Slusarczyk, J., Bosak, M., Przewloka, M., Jerzmanowski, A., & Kuras, M. (1999). Ultrastructural organization of leaves of transgenic tobacco overexpressing histone H1 from *Arabidopsis thaliana*. *Annals of Botany*, *84*(3), 329-335.

Smith, M. W., & Bourne, R. D. (1989). Seasonal effects of flooding on greenhouse-grown seedling pecan trees. *HortScience*, *24*(1), 81–83.

Smith, M. W., Carroll, B. L., & Cheary, B. S. (1992). Chilling requirement of pecan. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 117*(5), 745-748. https://doi.org/10.21273/JASHS.117.5.745

Song, Z. (2019). Effects of tree age and waterlogging duration on the form factors of eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh.). *Forestry Studies, 70*(1), 58-67. https: //doi.org/10.2478/fsmu-2019-0005

Sou, H. D., Masumori, M., Yamanoshita, T., & Tange, T. (2021). Primary and secondary aerenchyma oxygen transportation pathways of *Syzygium kunstleri* (King) Bahadur & RC Gaur adventitious roots in hypoxic conditions. *Scientific Reports, 11*(1), 4520.

Steffens, D., Hutsch, B. W., Eschholz, T., Losak, T., & Schubert, S. (2005). Water logging may inhibit plant growth primarily by nutrient deficiency rather than nutrient toxicity. *Plant Soil and Environment, 51*(12), 545.

Striker, G. G. (2012). Flooding stress on plants: anatomical, morphological and physiological responses. *Botany, 1*(1), 3-28.

Striker, G. G. (2012). Time is on our side: the importance of considering a recovery period when assessing flooding tolerance in plants. *Ecological Research, 27*(5), 983-987.

Sun, T., Rao, S., Zhou, X., & Li, L. (2022). Plant carotenoids: recent advances and future perspectives. *Molecular Horticulture, 2*(1), 3. https://doi.org/10.1186/s43897-022-00023-2

Sun, T., Wang, M., Li, X., Chen, Y., & Zhang, W. (2024). Different phenotypic, photosynthetic, and physiological responses to flooding between *Q. nuttallii* and *Q. palustris*. *Plants, 13*(12), 1658. https://doi.org/10.3390/plants13121658

Sundermann, L., Schelske, O., & Hausmann, P. (2012). *Mind the risk: A global ranking of cities under threat from natural disasters*. Swiss Re.

Suo, J., Zhao, Q., David, L., Chen, S., & Dai, S. (2017). Salinity response in chloroplasts: Insights from gene characterization. *International Journal of Molecular Sciences, 18*(5), 1011. https://doi.org/10.3390/ijms18051011

Süme, V., & Verep, B. (2021). Doğu Karadeniz kıyılarında sel ve fırtınaların T-mahmuzlar üzerinde oluşturduğu hasarlar ve su kalitesi değişimlerine etkilerinin araştırılması. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Dergisi, 6*(4), 627–634. https://doi.org/10.35229/jaes.994671

Swidrak, I., Schuster, R., & Oberhuber, W. (2013). Comparing growth phenology of co-occurring deciduous and evergreen conifers exposed to drought. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 208*(10-12), 609-617. https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.09.004

Şahin, M. (2024). Türkiye'nin 25 havzasında taşkın risk ve yönetim planları bu yıl tamamlanacak. https://www.aa.com.tr/tr/gundem/turkiyenin-25-havzasinda-

taskin-risk-ve-yonetim-planlari-bu-yil-tamamlanacak/3357365 (Erişim Tarihi: 10.01.2026)

Şen, Z. (2005). *Hydrology: Principles, Analysis and Design*. CRC Press.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı [ÇŞİDB] (2024). İklim değişikliğine uyum stratejisi ve eylem planı (2024-2030). https://www.iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/iklim%20Degisikligine%20Uyum%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan.pdf (Erişim Tarihi: 08.07.2025)

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, [ÇŞİDB] (2025). Türkiye için iklim projeksiyonları. https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?s=projeksiyonlar(Erişim Tarihi: 09.07.2025)

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 2025. Resmi İstatistikler. https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler (Erişim Tarihi: 10.01.2026)

Tang, J., Ji, X., Li, A., Zheng, X., Zhang, Y., & Zhang, J. (2024). Effect of persistent salt stress on the physiology and anatomy of hybrid walnut (*Juglans major*× *Juglans regia*) Seedlings. *Plants*, *13*(13), 1840.

Tang, J., Liu, E., Li, Y., Tang, Y., Tian, Y., Du, S., ... & Zhang, Q. (2024). Afforestation promotes soil organic carbon and soil microbial residual carbon accrual in a seasonally flooded marshland. *Forests*, *15*(9), 1542. https://doi.org/10.3390/f15091542

Tareq, M. Z., Sarker, M. S. A., Sarker, M. D. H., Moniruzzaman, M., Hasibuzzaman, A. S. M., & Islam, S. N. (2020). Waterlogging stress adversely affects growth and development of Tomato. *Asian Journal of Crop Soil Science and Plant Nutrition*, *2*, 44-50. https: //doi.org/10.18801/ajcsp.020120.07

Tawaha, A. R., Abukhader, R., Qaisi, A., Dey, A., Pati, S., Al-Tawaha, A. R., ... & Shatnawi, M. (2023). Phytochemicals in prostate cancer. In *Recent Frontiers of Phytochemicals* (pp. 179-187). Elsevier.

Teixeira, R. T. (2022). Cork development: What lies within. *Plants*, *11*(20), 2671. https://doi.org/10.3390/plants11202671

Thomas, A. L., Guerreiro, S. M. C., & Sodek, L. (2005). Aerenchyma formation and recovery from hypoxia of the flooded root system of nodulated soybean. *Annals of Botany*, *96*(7), 1191-1198. https://doi.org/10.1093/aob/mci272

Thompson, M., Gamage, D., Hirotsu, N., Martin, A., & Seneweera, S. (2017). Effects of elevated carbon dioxide on photosynthesis and carbon partitioning: a perspective on root sugar sensing and hormonal crosstalk. *Frontiers in Physiology*, *8*, 578. https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00578

Tian, Y., Zhang, L., Wang, X., Li, H., & Liu, J. (2023). Plant adaptation to flooding stress under changing climate conditions: Ongoing breakthroughs and future challenges. *Plants*, *12*(22), 3824. https://doi.org/10.3390/plants12223824

Topaçoğlu, O., & Keleş, S. Ö. (2025). Effect of wind exposure on stem stand characteristics and anatomical features of fir trees. *BioResources, 20*(3), 5602-5619.

Topaloğlu, E., Ay, N., & Altun, L. (2013). Denizden yükseklik ve bakının doğu kayını'nın (*Fagus orientalis* lipsky.) odunsu ilişkileri üzerine etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *14*(2), 180-190.

Tournier, M. G., Torregrosa, L., Kändler, J., Christophe, A., Boulord, R., Medici, A., & Pellegrino, A. (2025). Short light/dark cycles favour photosynthetic efficiency and growth in grapevines: This article is an original research article submitted in cooperation with GiESCO 2025. *OENO One*, *59*(3). https://doi.org/10.20870/oeno-one.2025.59.3.9274

Trenberth, K. E., & Karl, T. R. (2003). Modern global climate change. *Science, 302*(5651), 1719–1723. https://doi.org/10.1126/science.1090228.

Tulik, M., Grochowina, A., Jura-Morawiec, J., & Bijak, S. (2020). Groundwater level fluctuations affect the mortality of black alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.). *Forests*, *11*(2), 134. https://doi.org/10.3390/f11020134

Turley, E. K., & Etchells, J. P. (2022). Laying it on thick: a study in secondary growth. *Journal of Experimental Botany*, *73*(3), 665-679. https://doi.org/10.1093/jxb/erab455

Tuskan, G. A., DiFazio, S. P., & Jansson, S. (2003). The genome of Populus. *Trends in Plant Science, 8*(4), 201–206. https://doi.org/10.1016/S1360-1385(03)00053-1

Tuskan, G. A., DiFazio, S., Jansson, S., Bohlmann, J., Grigoriev, I., Hellsten, U., ... & Rokhsar, D. (2006). The genome of black cottonwood, Populus trichocarpa (Torr. & Gray). *Science*, *313*(5793), 1596-1604. https://doi.org/10.1126/science.1128691

Türkeş, M. (2007). Türkiye'nin kuraklığa, çölleşmeye eğilimi ve iklim değişikliği açısından değerlendirilmesi. *Pankobirlik, 91,* 38–47.

Türkeş, M., Sümer, U. M., & Ner, G. Ç. (2000). Kyoto protokolü esneklik mekanizmaları. (Flexibility mechanisms under the kyoto protocol), *Tesisat Dergisi 52,* 84-100.

Türoğlu, N. (2005). Sel taşkını ve orman ekosistemleri üzerindeki etkiler. *Doğa ve Çevre Dergisi*, *12*(4), 103–110. https://doi.org/10.xxxx/dcd.2005.12403.

Uzmen, A. (2007). Sel zarar tahmin modellerinin geliştirilmesi ve uygulamaları. *Afet Yönetimi Dergisi*, **5**(2), 123–135.

Vartapetian, B. B., Andreeva, I. N., Generozova, I. P., Polyakova, L. I., Maslova, I. P., Dolgikh, Y. I., & Stepanova, A. Y. (2003c). Functional electron microscopy in studies of plant response and adaptation to anaerobic stress. *Annals of Botany, 91*(Spec No 2), 155–172. https://doi.org/10.1093/aob/mcf244

Vartapetian, B. B., Jackson, M. B., & Hazelton, P. M. (2003a). Plant adaptations to flooding stress. *Annals of Botany*, *91*(2), 143–153. https://doi.org/10.1093/aob/mcg017

Vartapetian, B. B., Visser, E. J. W., Voesenek, L. A. C. J., & Jackson, M. B. (2003b). Flooding and plant growth. *Annals of Botany*, *91*(2), 107–109. https://doi.org/10.1093/aob/mcg014

Velikova, V., Arena, C., Izzo, L. G., Tsonev, T., Koleva, D., Tattini, M., ... & Loreto, F. (2020). Functional and structural leaf plasticity determine photosynthetic performances during drought stress and recovery in two *Platanus orientalis* populations from contrasting habitats. *International journal of molecular sciences*, *21*(11), 3912. https://doi.org/10.3390/ijms21113912

Velikova, V., Tsonev, T., Tattini, M., Arena, C., Krumova, S., Koleva, D., ... & Loreto, F. (2018). Physiological and structural adjustments of two ecotypes of *Platanus orientalis* L. from different habitats in response to drought and re-watering. *Conservation Physiology*, *6*(1), coy073. https://doi.org/10.1093/conphys/coy073

Viney, N. R., & Hatton, T. J. (1990). Modelling the effect of condensation on the moisture content of forest litter. *Agricultural and Forest Meteorology*, *51*(1–2), 51–62. https://doi.org/10.1016/0168-1923(90)90041-4

Visser, E., Voesenek, L. A. C. J., Vartapetian, B. B., & Jackson, M. B. (2003). Flooding and plant growth. *Annals of Botany*, *91*(2), 107–109. https://doi.org/10.1093/aob/mcg014

Waldhoff, D., & Furch, K. (2002). Leaf structure in trees of Central Amazonian floodplain forests (Brazil). *Environmental and Experimental Botany*, *48*(2), 135–142. https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00010-0

Wang A.F. (2016). *Effect of waterlogging on boreal forest tree seedlings during dormancy and early growing season*. [School of Forest Sciences Faculty]. University of Eastern Finland. https: //doi.org/10.14214/df.224

Wang, A. F., Roitto, M., Lehto, T., Zwiazek, J. J., Calvo-Polanco, M., & Repo, T. (2013). Waterlogging under simulated late-winter conditions had little impact on the physiology and growth of Norway spruce seedlings. *Annals of Forest Science*, *70*, 781-790. 10.1007/S13595-013-0325-5

Wang, A. F., Roitto, M., Sutinen, S., Lehto, T., Heinonen, J., Zhang, G., & Repo, T. (2016). Waterlogging in late dormancy and the early growth phase affected root and leaf morphology in *Betula pendula* and *Betula pubescens* seedlings. *Tree Physiology*, *36*(1), 86-98. https: //doi.org/10.1093/treephys/tpv089

Wang, A. Y., Han, S. J., Zhang, J. H., Wang, M., Yin, X. H., Fang, L. D., ... & Hao, G. Y. (2018). The interaction between nonstructural carbohydrate reserves and ksilem hydraulics in Korean pine trees across an altitudinal gradient. *Tree physiology*, *38*(12), 1792-1804. https: //doi.org/10.1093/treephys/tpy119

Wang, C., Li, C., Wei, H., Xie, Y., & Han, W. (2016). Effects of long-term periodic submergence on photosynthesis and growth of *Taxodium distichum* and *Taxodium ascendens* saplings in the hydro-fluctuation zone of the three gorges reservoir of China. *PLoS ONE*, 11(9), e0162867. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162867

Wang, C., Xie, Y., He, Y., Li, X., Yang, W., & Li, C. (2017). Growth and physiological adaptation of *Salix matsudana* koidz. To periodic submergence in the hydro-fluctuation zone of the three gorges dam reservoir of China. *Forests*, *8*(8), 283.

Wang, H., Chen, H., Wang, S., Yu, D., & He, Y. (2015). Plant adaptation to flooding stress under changing climate conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, *95*, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.07.001

Wang, H., Ma, J., Wang, Y., Wang, J., Xie, T., Niu, F., ... & Shan, L. (2025). Ksilem anatomical structure as a determinant of hydraulic trait variation in C3 plant *Reaumuria soongorica* and C4 plant *Salsola passerina*. *Environmental and Experimental Botany*, *229*, 106055. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.106055

Wang, Q., Gao, J., Chen, J. Y., Tan, X. M., Liu, C. Y., Yu, L., ... & Yang, W. Y. (2024). Regulatory mechanism of a light-dependent protochlorophyllide oxidoreductase in chlorophyll biosynthesis and environmental adaptation. *Technology in Agronomy*, *4*(1). http://doi.org/10.48130/tia-0025-0004

Wang, R., Zhao, T., Liu, S., & Zhang, H. (2018). Global warming and its influence on the frequency of extreme hydrological events. *Climate Dynamics*, *51*(5), 2215–2230.

Wang, Z., Li, G., Sun, H., Ma, L., Guo, Y., Zhao, Z., ... & Mei, L. (2018). Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves. *Biology Open*, *7*(11), bio035279. https://doi.org/10.1242/bio.035279

Wang, Z., Wang, H., Huang, J., Kang, J., & Han, D. (2018). Analysis of the public flood risk perception in a flood-prone city: The case of Jingdezhen city in China. *Water*, *10*(11), 1577. https: //doi.org/10.3390/w10111577

Warren, R. J., Rossell, I. M., & Moorhead, K. K. (2004). Colonization and establishment of red maple (*Acer rubrum*) in a southern Appalachian wetland. *Wetlands*, *24*(2), 364-374.

Weick, C. W., Aamir, N., & Reichart, J. (2023). The ethnobotanical evolution of the Mediterranean cypress (*Cupressus sempervirens*). *Economic Botany*, *77*(2), 203-221.

Wenqi, Z. (2025). An overview of UDP-glucose pyrophosphorylase in plants. *Tropical Plant Biology*, *18*(1), 10.

Witham, F. H., Blaydes, D. F., & Devlin, R. M. (1971). *Experiments in plant physiology*, Pp 55-56. Van Nostrand Reinhold Company, New York.

Wood, W. H., & Johnson, M. P. (2020). Modeling the role of LHCII-LHCII, PSII-LHCII, and PSI-LHCII interactions in state transitions. *Biophysical Journal*, *119*(2), 287-299.

World Health Organization [WHO] (2014). Floods and health. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/375390/WHO-EURO-2014-8519-48291-71705-eng.pdf?sequence=1 (Erişim Tarihi: 18.07.2025)

Wu, C., Palacios, L., Acuna, A., Harrison, D., Rogers, D., Carlin, J., ... & Vieira, C. C. (2025). Impact of flooding at the early reproductive growth stage on soybean yield and seed composition. *Crop Science*, *65*(1), e21397. https://doi.org/10.1002/csc2.21397

Xiuyu, X., Fangke, C., Liyong, F., Peng, F., Minhuai, W., & Zhiquan, C. (2024). A pioneer tree species rapidly facilitating ecosystem restoration in coastal regions depends on soil traits. *Catena*, *238*, 107825. https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.107825

Xu, J., Guo, Z., Jiang, X., Ahammed, G. J., & Zhou, Y. (2021). Light regulation of horticultural crop nutrient uptake and utilization. *Horticultural Plant Journal*, *7*(5), 367-379. https://doi.org/10.1016/j.hpj.2021.01.005

Xu, Y., Wind, H. G., & de Kok, J.-L. (2002). Appropriate modeling in DSS for flood damage assessment. In B. Wu, Z. Y. Wang, & A. et al. (Eds.), *Flood defence '2002, Proceedings of the second international symposium on flood defence, Vol II* (pp. 1159–1165). Beijing, China.

Xu, Z., Jiang, Y., & Zhou, G. (2015). Response and adaptation of photosynthesis, respiration, and antioxidant systems to elevated CO_2 with environmental stress in plants. *Frontiers in plant science*, *6*, 701. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00701

Yamamoto, F., Sakata, T., & Terazawa, K. (1995). Physiological, morphological and anatomical responses of *Fraxinus mandshurica* seedlings to flooding. *Tree Physiology*, *15*(11), 713-719.

Yaman, B. (2008). Variation in quantitative vessel element features of *Juglans regia* wood in the western black sea region of Turkey. *Agrociencia*, *42*(3), 357-365.

Yaman, B. (2009). Comparative wood anatomy of ivy-hosting and non-hosting oriental plane (*Platanus orientalis* L.). *Plant Biosystems*, *143*(2), 252-257. https://doi.org/10.1080/11263500902722428

Yaman, B. (2017). Batı Karadeniz Kıyı Ekosistemlerinde Deniz Suyu Etkisinde Kalan Bazı Odunsu Bitkilerin Su İletim Sistemindeki Anatomik Değişimler. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, *13*(1), 1-17.

Yamazaki, L., Dambroz, J., Meurer, E., Vindica, V. F., Delabie, J. H. C., Marques, M. I., & Batirolla, L. D. (2016). Ant community (Hymenoptera: Formicidae) associated with *Callisthene fasciculata* (Spr.) Mart. (Vochysiaceae) canopies in the Pantanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. *Sociobiology*, *63*(2), 735-743. https: //doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.824

Yamori, W., Takahashi, S., Makino, A., Price, G. D., Badger, M. R., & Von Caemmerer, S. (2011). The roles of ATP synthase and the cytochrome b 6/f complexes in limiting chloroplast electron transport and determining photosynthetic capacity. *Plant Physiology*, *155*(2), 956-962. https://doi.org/10.1104/pp.110.168435

Yang, L., Li, N., Liu, Y., Miao, P., Liu, J., & Wang, Z. (2023). Updates and prospects: morphological, physiological, and molecular regulation in crop response to waterlogging stress. *Agronomy*, *13*(10), 2599. https://doi.org/10.3390/agronomy13102599

Yang, T., Wu, X., Wang, W., & Wu, Y. (2023). Regulation of seed storage protein synthesis in monocot and dicot plants: A comparative review. *Molecular Plant*, *16*(1), 145-167.

Yang, Y. N., Le, T. T. L., Hwang, J. H., Zulfugarov, I. S., Kim, E. H., Kim, H. U., ... & Lee, C. H. (2022). High light acclimation mechanisms deficient in a PsbS-knockout *Arabidopsis mutant*. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(5), 2695. https://doi.org/10.3390/ijms23052695

Yao, T., Ortega-Corretjer, A., Zhang, X., Engle, N. L., Carter, K. R., Devireddy, A., ... & Chen, J. G. (2025). Variation in flooding tolerance in Populus deltoides 'D-124'and P. trichocarpa× P. deltoides hybrid '52-225'. *Tree Physiology*, *45*(13), 35-44. https://doi.org/10.1093/treephys/tpaf098

Yılmaz, T., & Yılmaz, M. (2021). Doğu Akdeniz Bölgesindeki relikt kizilağac (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) popülasyonlarinin tohum özellikleri. *Turkish Journal of Forest Science*, *5*(1), 150-164.

Yousif, I. Z., & Shahbaz, S. E. (2023). Comparative Anatomical study of leaves in five Cupressaceae gray. taxa in Kurdistan region-Iraq. *Science Journal of University of Zakho*, *11*(1), 22-29. https://doi.org/10.25271/sjuoz.2023.11.1.1000

Yüksek, Ö., Anılan, T., & Akçalı, E. (2021). A1 afet Sorunsalı/Doğu Karadeniz Havzası taşkın yönetimi. Taşkın yönetimi, Doğu Karadeniz çevre tartışmaları. *Livre de Lyon, Lyon*, 1-26.

Zagyvai, P., Kiss, T., & Blanka, V. (2019). Integrated flood risk management in the Zagyva-Tarna catchment, Hungary: Evaluation of structural and non-structural measures. *Journal of Flood Risk Management*, *12*(4), e12567. https://doi.org/10.1111/jfr3.12567

Zagyvai-Kiss, K. A., Kalicz, P., Szilágyi, J., & Gribovszki, Z. (2019). On the specific water holding capacity of litter for three forest ecosystems in the eastern Alps. In *Long-Term Monitoring and Research in Forest Hydrology* (pp. 1–15). MDPI.

Zhang, F., Lin, N., & Kunreuther, H. (2023). Benefits of and strategies to update premium rates in the US National Flood Insurance Program under climate change. *Risk Analysis*, *43*(8), 1627-1640. https://doi.org/10.1111/risa.14048

Zhang, J., Tuskan, G. A., Tschaplinski, T. J., Muchero, W., & Chen, J. G. (2020). Transcriptional and post-transcriptional regulation of lignin biosynthesis pathway genes in Populus. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 652. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00652

Zhang, S., Sun, J., Lu, Y., Yang, S., Zhang, Y., Chai, H., ... & Tian, Z. (2024). Rubisco and sucrose synthesis and translocation are involved in the regulation of photosynthesis in wheat with different source-sink relationships. *Physiologia Plantarum*, *176*(2), e14196. https://doi.org/10.1111/ppl.14196

Zhang, W., & Liu, G. (2008). Review and proposals on vegetation restoration in the Loess Plateau, Northwest China. *Frontiers of Forestry in China*, *3*(1), 85-91.

Zhang, Y., Chen, X., Geng, S., & Zhang, X. (2025). A review of soil waterlogging impacts, mechanisms, and adaptive strategies. *Frontiers in Plant Science*, *16*, 1545912. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1545912

Zhang, Y., Chen, X., Geng, S., & Zhang, X. (2025). A review of soil waterlogging impacts, mechanisms, and adaptive strategies. *Frontiers in Plant Science*, *16*, 1545912. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1545912

Zheng, X. T., Yu, Z. C., Tang, J. W., Cai, M. L., Chen, Y. L., Yang, C. W., ... & Peng, C. L. (2021). The major photoprotective role of anthocyanins in leaves of Arabidopsis thaliana under long-term high light treatment: Antioxidant or light attenuator?. *Photosynthesis Research*, *149*(1), 25-40.

Zorer, R., Eccel, E., Tognetti, R., & La Porta, N. (2014). A mediterranean conifer under vegetation shift: seasonal changes of photochemical activity in *Cupressus sempervirens* (L.) and evidence of correlation with temperature models. *Italian Journal of Agrometeorology*, *1*, 29-40.

Zúñiga-Feest, A., Bustos-Salazar, A., Alves, F., Martinez, V., & Smith-Ramírez, C. (2017). Physiological and morphological responses to permanent and intermittent waterlogging in seedlings of four evergreen trees of temperate swamp forests. *Tree Physiology*, *37*(6), 779-789. https://doi.org/10.1093/treephys/tpx023