

**İÇ ANADOLU KURAK SAHALARINDA DİKİM ÇUKURU, HÜMİK
ASİT VE JASMONİK ASİT UYGULAMASININ, TOROS SEDİRİ
(*Cedrus libani*), KARAÇAM (*Pinus nigra*), KIZILÇAM (*Pinus brutia*),
BADEM (*Amygdalus communis*) VE İĞDE (*Elaeagnus angustifolia*)
FİDANLARININ TUTMA VE BÜYÜME BAŞARISINA ETKİSİ**

ABDULLAH HÜSEYİN DÖNMEZ

**DOKTORA TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. OKTAY YILDIZ**

DÜZCE, 2024

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**İÇ ANADOLU KURAK SAHALARINDA DİKİM ÇUKURU, HÜMİK
ASİT VE JASMONİK ASİT UYGULAMASININ, TOROS SEDİRİ
(*Cedrus libani*), KARAÇAM (*Pinus nigra*), KIZILÇAM (*Pinus brutia*),
BADEM (*Amygdalus communis*) VE İĞDE (*Elaeagnus angustifolia*)
FİDANLARININ TUTMA VE BÜYÜME BAŞARISINA ETKİSİ**

Abdullah Hüseyin DÖNMEZ tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından
Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda
DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Oktay YILDIZ

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Oktay YILDIZ

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Ender MAKİNECİ

İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa

Prof. Dr. Yasin KARATEPE

İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Doç. Dr. Hülya TORUN

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Murat SARGINCI

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 05/11/2024

BEYAN

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

05 Kasım 2024

Abdullah Hüseyin DÖNMEZ

TEŞEKKÜR

Eğitim hayatım, doktora öğrenimim ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Okay YILDIZ'a en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Ender MAKİNECİ, Prof. Dr. Yasin KARATEPE, Doç. Dr. Hülya TORUN ve Dr. Öğretim Üyesi Murat SARINCI'ya da teşekkürlerimi sunarım.

Projedeki emekleri ve çalışmaya olan katkılarından dolayı Doç. Dr. Bilal ÇETİN'e, İsmail GÜRSOY'a, Ramazan SERT'e ve Gökçe BEKTAŞ ONAY'a da teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen, Prof. Dr. Engin EROĞLU'na, Şule YILDIZ'a, Balkır Güney YILDIZ'a, Özcan AKIN'a, Şansel BİLDİREN'e, Konya Orman Bölge Müdürü ve Müdürlüğü Personeline, Ereğli Orman Fidanlığı Şefleri ve Personeline, Dr. Uğur CANTÜRK'e, Seda ŞAHİN'e, Ahmet AYTEĞİN'e, Gamze AKDOĞAN CİNAL'a, Merve ŞAHİN'e, ve başta Metin BEKTAŞ, Zeynep YALÇIN ve Muhammed Emir AKDEMİR olmak üzere tüm Ekosistem Laboratuvarı ekibine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatımın mihenk taşlarından başta babam Emekli Kimya Öğretmeni Atilla DÖNMEZ'e, Emekli Fizik Öğretmeni Kemal AY'a ve Emekli Öğretim Görevlisi Seyfettin UZ'a şükranlarımı sunar, umuduma ışık tuttukları için çok teşekkür ederim.

Çalışmam ve eğitim hayatım boyunca bütün destekleri ve bütün emekleri için Sevgili Aile'me şükranlarımı sunarım.

Bu süreçte anlayışı ve sevgisi ile hep yanımda olan eşim Arş. Gör. Duygu DÖNMEZ'e de en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, TÜBİTAK 120O688 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir. Destekleri için kurum ve personeline teşekkür ederim.

YÖK 100/2000 İklim Değişikliği doktora programı ve yöneticilerine bu süreçteki destekleri için ayrıca teşekkür ederim.

Umutla göz yaşı dökenlere ithafen....

05 Kasım 2024

Abdullah Hüseyin DÖNMEZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
KISALTMALAR.....	xiii
SİMGELER.....	xiv
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvi
EXTENDED ABSTRACT	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMANIN KAPSAMI	3
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	6
2.1. ÇALIŞMA ALANI.....	6
2.2. İKLİM.....	7
2.3. JEOLojİ VE TOPRAK YAPISI.....	7
2.4. ÇALIŞMANIN KURULUMU	8
2.4.1. Toprak İşleme.....	8
2.4.2. Deneme Deseni.....	10
2.4.3. Fidan Dikimi	12
2.4.3.1. Dikim Tekniği	12
2.4.3.2. Fidanların Özellikleri ve Dağılımı.....	13
2.4.4. Toprak Örneklerinin Alımı ve Analizi.....	15
2.4.4.1. Toprak Örneklemeleleri	15
2.4.4.2. Toprak Analizleri	17
2.4.5. Toprak Nemi ve Fotosentetik Işık Ölçümleri	18
2.4.6. Hüyük ve Jasmonik Asit Uygulamaları	19
2.4.7. Fidan Ölçümleri	21
2.4.7.1. Fidan Çap ve Boy Ölçümleri.....	21
2.4.7.2. Fidan Fizyolojik ve Biyokimyasal Ölçümler.....	22
2.5. İSTATİSTİKİ ANALİZLER	26
3. BULGULAR.....	27
3.1. IŞIK.....	27
3.2. TOPRAK	27
3.3. YAŞAMA ORANLARI	30
3.4. BOY, ÇAP VE TEPE TACI ALANI GELİŞİMİ.....	33
3.4.1. Karaçam (<i>Pinus nigra</i>).....	33
3.4.2. Kızılçam (<i>Pinus brutia</i>)	33
3.4.3. Sedir (<i>Cedrus libani</i>).....	34
3.4.4. İğde (<i>Eleagnus angustifolia</i>)	35
3.4.5. Badem (<i>Amygdalus communis</i>)	38
3.5. FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞKENLER	39
3.5.1. Bağlı Su İçeriği	39

3.5.2. Prolin	39
3.5.3. Klorofil Floresans.....	41
3.5.4. Glutasyon Redüktaz	44
3.5.5. Süperoksit Dismutaz	47
3.5.6. Hidrojen Peroksit	50
3.5.7. Peroksidaz.....	52
3.5.8. Katalaz	56
3.5.9. Askorbat Peroksidaz	59
3.5.10. Lipid Peroksidasyonu	62
4. TARTIŞMA	64
5. SONUÇ VE ÖNERİ	77
6. KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	92



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Emirgazi (Karacadağ) etrafındaki tahribe uğramış bitki örtüsü.	1
Şekil 1.2. Karapınar Çölleşme ile Mücadele İstasyonu'nda 1950'lerde başlayan çalışma ve 2018 yılındaki durumu.	1
Şekil 2.1. Sahaların konumu (Google, 2024).	6
Şekil 2.2. 1960-2023 yılları arasında Aksaray (a), Ereğli (b), Konya (c) meteoroloji istasyon verilerine göre Thornthwaite su bilançoları.	7
Şekil 2.3. Derin toprak işlenmesi.	9
Şekil 2.4. Normal dikim çukurları.	9
Şekil 2.5. Derin dikim yastıkları.	9
Şekil 2.6. Tel kazıklarının çakılması, tel çekimi ve tel gergi kontrolü.	10
Şekil 2.7. Karapınar sahası işlem üniteleri.	11
Şekil 2.8. Sazlıpınar sahası işlem üniteleri.	11
Şekil 2.9. Ayrancı sahası işlem üniteleri.	12
Şekil 2.10. İç Anadolu'da rüzgâr savurması sonucunda biriken kar kütleleri (a), yağmur sonrası birikimler (b) ve çukura dikim yöntemi (c).	13
Şekil 2.11. Fidanların alana taşınması ve sahaya serilmesi.	14
Şekil 2.12. Fidan dikimleri.	15
Şekil 2.13. Çalışma alanlarında kazılan profil çukurları.	16
Şekil 2.14. Çalışma alanlarında kazılan profil çukurlarındaki bozulmamış toprak hacim ağırlığı örneklemeleri.	16
Şekil 2.15. Çalışma alanlarında kazılan profil çukurlarındaki bozulmuş toprak analiz örneklemeleri.	17
Şekil 2.16. Toprak analizleri.	18
Şekil 2.17. Dikim yastıkları ve çukurunda toprağın anlık nem ölçümleri ve fotosentetik ışığın belirlenmesi.	19
Şekil 2.18. Hümik asit uygulaması.	21
Şekil 2.19. Jasmonik asit uygulaması.	21
Şekil 2.20. Fidanların çap ve boy ölçümleri.	22
Şekil 2.21. Fidanlardan yaprak örneklerin toplanması.	22
Şekil 2.22. Yaprak örneklerinin laboratuvara taşınması.	23
Şekil 2.23. Fidanların klorofil floresans ölçümleri.	23
Şekil 2.24. Bağlı su içeriği ölçümleri.	24
Şekil 2.25. Biyokimyasal ölçümlerin gerçekleştirilmesi.	25
Şekil 3.1. İç Anadolu kurak sahalarında fotosentetik olarak aktif ışık miktarı ortalaması $\pm$ standart hata ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Aynı harflerle takip edilen ay ortalamaları $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	27
Şekil 3.2. İç Anadolu'da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında toprağın farklı derinliklerindeki hacim ağırlığı ortalaması $\pm$ standart hata (g cm^3). Aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	28
Şekil 3.3. İç Anadolu'da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında ilk 30 cm derinliğindeki toprağın hacimsel nem içeriği ortalaması (%) $\pm$ standart hata.	30
Şekil 3.4. İç Anadolu'da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının yaşama oranları ortalaması (%) $\pm$ standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar	

$\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	30
Şekil 3.5. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının yaşama oranları ortalaması (%) $\pm$ standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	31
Şekil 3.6. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının yaşama oranları ortalaması (%) $\pm$ standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	31
Şekil 3.7. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının yaşama oranları ortalaması (%) $\pm$ standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	32
Şekil 3.8. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının yaşama oranları ortalaması (%) $\pm$ standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	32

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Sahaların kordinatları.	6
Çizelge 2.2. Hümik asit ve Jasmonik asidi içeren işlem üniteleri.	11
Çizelge 2.3. Türlerin özellikleri.	14
Çizelge 2.4. İşlemlerdeki türlere bağlı uygulama dozları.	20
Çizelge 3.1. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında farklı derinliklerindeki toprağın iskelet (%), pH, EC (dS m ⁻¹), KDK (Cmolc kg ⁻¹), kireç (%), solma noktasındaki su miktarı (%), tarla kapasitesindeki su miktarı (%). Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	28
Çizelge 3.2. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında farklı derinliklerindeki toprağın OC (%), N (%), P (ppm), K (ppm), Ca (ppm), S (ppm) değerleri ortalaması $\pm$ standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	29
Çizelge 3.3. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında farklı derinliklerindeki toprağın Fe (ppm), Zn (ppm) ve Cu (ppm) değerleri ortalaması $\pm$ standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	29
Çizelge 3.4. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanın boy gelişiminde Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	33
Çizelge 3.5. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanın tepe tacı taban alanı gelişiminde Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	34
Çizelge 3.6. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanın boy gelişiminde Dikim*HA etkileşimi belirlenmiştir.	34
Çizelge 3.7. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanın boy gelişiminde Dikim*JA etkileşimi belirlenmiştir.	35
Çizelge 3.8. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının derin çukura dikilenlerinin daha fazla çap gelişimi gösterdiği tespit edilmiştir.	35
Çizelge 3.9. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında yüksek dozda hümik asit kullanılan sahalardaki sedir fidanlarının çap gelişimi daha düşüktür.	35
Çizelge 3.10. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanın boy gelişiminde Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	36
Çizelge 3.11. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanın çap gelişiminde Dikim*HA etkileşimi belirlenmiştir.	36
Çizelge 3.12. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanın çap gelişiminde Dikim*JA etkileşimi belirlenmiştir.	37
Çizelge 3.13. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan	

ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının derin çukura dikilenlerinin daha fazla tepe tacı taban alanı gelişimi gösterdiği tespit edilmiştir.....	37
Çizelge 3.14. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının tepe tacı taban alanı gelişimi yüksek dozda hümit asit kullanılan sahalarda daha fazladır.	37
Çizelge 3.15. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının derin çukura dikilenlerinin daha fazla boy gelişimi gösterdiği tespit edilmiştir.....	38
Çizelge 3.16. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanın çap gelişiminde Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.....	38
Çizelge 3.17. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının RWC değerine Dikim*HA etkileşimi belirlenmiştir.....	39
Çizelge 3.18. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının prolin değerine Dikim*HA etkileşimi belirlenmiştir.....	39
Çizelge 3.19. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının prolin değerine derin dikimde azalmıştır.	40
Çizelge 3.20. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının prolin değeri hümit asidin yüksek dozunda artmıştır.	40
Çizelge 3.21. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının prolin değeri hümit asidin yüksek dozunda artmıştır.	40
Çizelge 3.22. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının prolin değerine Dikim*JA etkileşimi belirlenmiştir.....	41
Çizelge 3.23. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının prolin değerine Dikim*HA etkileşimi belirlenmiştir.....	41
Çizelge 3.24. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının Klorofil floresans değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	42
Çizelge 3.25. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının Klorofil floresans değerine HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	42
Çizelge 3.26. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının Klorofil floresans değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	43
Çizelge 3.27. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının Klorofil floresans değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	43
Çizelge 3.28. Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	44
Çizelge 3.29. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	45

Çizelge 3.30. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	45
Çizelge 3.31. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	46
Çizelge 3.32. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	47
Çizelge 3.33. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	47
Çizelge 3.34. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	48
Çizelge 3.35. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	49
Çizelge 3.36. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	49
Çizelge 3.37. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	50
Çizelge 3.38. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının hidrojen peroksit değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	51
Çizelge 3.39. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının hidrojen peroksit değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	51
Çizelge 3.40. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının hidrojen peroksit değerine Dikim*JA etkileşimi belirlenmiştir.	52
Çizelge 3.41. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	53
Çizelge 3.42. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	53
Çizelge 3.43. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	54
Çizelge 3.44. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	55
Çizelge 3.45. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	55
Çizelge 3.46. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının katalaz aktivite değerine	

Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	56
Çizelge 3.47. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	57
Çizelge 3.48. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	57
Çizelge 3.49. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	58
Çizelge 3.50. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	59
Çizelge 3.51. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	59
Çizelge 3.52. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	60
Çizelge 3.53. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	61
Çizelge 3.54. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	61
Çizelge 3.55. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.	62
Çizelge 3.56. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında Kızılçam fidanlarının lipit peroksidasyon değeri derin çukurda daha yüksektir.	63

KISALTMALAR

APX	Askorbat peroksidaz
ABA	Absisik asit
CAT	Katalaz
FAO	Gıda ve Tarım Organizasyonu
Gr	Glutasyon redüktaz
H	Yüksek doz uygulama
HA	Hümik asit
HP	Hidrojen peroksit
KDK	Katyon değişim kapasitesi
JA	Jasmonik asit
MYÖ	Milyon yıl önce
POX	Peroksidaz
Ppm	Parts per million
RWC	Bağıl su içeriği
SOD	Süperoksit dismutaz

SİMGELER

Ca	Kalsiyum
Cu	Bakır
Cm	Santimetre
Fe	Demir
K	Potasyum
M	Metre
N	Azot
OC	Organik karbon
P	Fosfor
S	Kükürt
Zn	Çinko
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
μ	Mikro
μM	Mikromolar

ÖZET

İÇ ANADOLU KURAK SAHALARINDA DİKİM ÇUKURU, HÜMİK ASİT VE JASMONİK ASİT UYGULAMASININ, TOROS SEDİRİ (*Cedrus libani*), KARAÇAM (*Pinus nigra*), KIZILÇAM (*Pinus brutia*), BADEM (*Amygdalus communis*) VE İĞDE (*Elaeagnus angustifolia*) FİDANLARININ TUTMA VE BÜYÜME BAŞARISINA ETKİSİ

Abdullah Hüseyin DÖNMEZ

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Oktay YILDIZ

Kasım 2024, 91 sayfa

Bu çalışmanın amacı İç Anadolu'nun kurak bölgelerinde yapılan ağaçlandırma çalışmalarında fidanların tutma ve büyüme performanslarını arttırmak için dikim çukuru derinliği, hümik ve jasmonik asit işlemlerinin bazı ağaç türlerinde denenmesidir. Çalışmada karaçam, kızılçam ve sedir ile yapraklılardan iğde ve badem kullanılmıştır. Denemede blok deseni içinde faktöriyel desen kullanılmıştır. Bloklar Karapınar, Sazlıpınar ve Ayrancı yöresindeki ağaçlandırmaya tahsis edilmiş sahalarda oluşturulmuştur. Faktörlerden ilki fidanların yastık üzerindeki dikim yerleri olup iki farklı derinlikten oluşmaktadır; 1- Bakanlığın uygulaması (U= yastığın orta kısmı), 2- pulluklarla açılan şerit üzerinde oluşturulacak hat boyunca 40-50 cm derine dikimi (D) içermektedir. Hümik asit (HA) ve jasmonik asit (JA) ise ikişer dozdan oluşmaktadır (H= yüksek, L = Düşük). İşlem ünitelerinde büyüme mevsimi boyunca arazideki hacimsel nem içerikleri periyodik olarak ölçülmüştür. Dikim bloklarına ait toprağın tarla kapasitesi ve solma noktasındaki nem değerleri belirlenmiştir. İkinci büyüme dönemi sonunda fidanların tutma oranları ile çap ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Her sahada beş olmak üzere toplam 15 profil çukuru açılmış 0-150 cm arası 30'ar cm'lik derinlik kademelerinde örneklenerek toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri değerlendirilmiştir. Ayrıca her işlem ünitesinden alınan yaprak örneklerinde kuraklık stresinin belirlendiği; Fotosentetik parametreler, bağıl su içeriği (RWC), lipid peroksidasyonu, H₂O₂ miktarı ve antioksidan enzim miktarları gibi bazı fizyolojik ve biyokimyasal ölçümler yapılmıştır. Fidanların derine dikildiği çukurlarda toprak neminin nisandan eylüle kadar geleneksel dikim yapılan kısımlara oranla yaklaşık %50 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Derin dikim yapılan kısımlarda yine fidanların büyüme oranlarının önemli oranda yüksek olduğu belirlenmiştir. Hümik ve jasmonik asidin fidan performansına etkisi birbirlerinin oranları ve dikim çukuru derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Çalışma verileri bu tür kurak sahalarda fidanların derine dikilmesinin başarı şansını arttıracaklarını göstermektedir. Elde edilen sonuçların yöredeki uygulamalamacılar tarafından değerlendirilerek kurak bölge ağaçlandırmalarında başarının artmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Sözcükler: Kurak Saha, Restorasyon, Ağaçlandırma, İç Anadolu, İklim Değişikliği

ABSTRACT

**EFFECTS OF PLANTING DEPTH, HUMIC AND JASMONIC ACID
TREATMENTS ON SURVIVAL AND GROWTH PERFORMANCE OF
TAURUS CEDAR (*Cedrus libani*), BLACK PINE (*Pinus nigra*), TURKISH PINE
(*Pinus brutia*), ALMOND (*Amygdalus communis*) and RUSSIAN OLIVE
(*Elaeagnus angustifolia*) PLANTED IN ARID REGIONS OF CENTRAL
ANATOLIA**

Abdullah Hüseyin DÖNMEZ

Düzce University
Graduate School, Department of Forest Engineering
Doctoral Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Oktay YILDIZ

November 2024, 91 pages

The aim of this study is to test planting hole depth, humic and jasmonic acid treatments on some tree species in order to increase the survival rate and growth performance of seedlings in afforestation studies carried out in the arid regions of Central Anatolia. Black pine, red pine and cedar, as well as oleaster and almond from deciduous plants were used in the study. Factorial design was used within the block design in the experiment. The blocks were created in areas allocated to afforestation in the Karapınar, Sazlıpınar and Ayrancı regions. The first factor is the planting location of the saplings on the seedbed and consists of two different depths; 1- The Ministry's practice (U = middle part of the pillow), 2- includes planting (D) 40-50 cm deep along the line to be created on the strip opened by plows. Humic acid (HA) and jasmonic acid (JA) consist of two doses each (H = high, L = low). Volumetric moisture contents in the field were measured periodically throughout the growing season in the processing units. Field capacity of the soil of the planting blocks and moisture content at the wilting point were determined. At the end of the second growth period, the survival rates of the seedlings and their diameter and height measurements were performed. A total of 15 profile pits, 5 in each field, were opened and the physical and chemical properties of the soil were evaluated by sampling at 30 cm depth levels between 0-150 cm. In addition, drought stress were determined in leaf samples taken from each processing unit; Some physiological and biochemical measurements such as photosynthetic parameters, RWC, lipid peroxidation, H₂O₂ amount and antioxidant enzyme amounts were made. It was determined that the soil moisture in the pits where the saplings were planted deep was approximately 50% higher than in the parts with Ministry practice planting, from April to September. It was determined that the growth rates of the saplings were significantly higher in the deep planting areas. The effect of humic and jasmonic acid on sapling performance varies depending on each other's ratios and planting hole depth. Study data show that planting saplings deep in such arid areas will increase the chance of success. It is expected that the results obtained will be evaluated by practitioners in the region and contribute to increasing success in afforestation in arid regions.

Keywords: Aridland, Restoration, Afforestation, Central Anatolia, Climate Change

EXTENDED ABSTRACT

EFFECTS OF PLANTING DEPTH, HUMIC AND JASMONIC ACID TREATMENTS ON SURVIVAL AND GROWTH PERFORMANCE OF TAURUS CEDAR (*Cedrus libani*), BLACK PINE (*Pinus nigra*), TURKISH PINE (*Pinus brutia*), ALMOND (*Amygdalus communis*) and RUSSIAN OLIVE (*Elaeagnus angustifolia*) PLANTED IN ARID REGIONS OF CENTRAL ANATOLIA

Abdullah Hüseyi DÖNMEZ
Düzce University
Graduate School, Department of Forest Engineering
Doctoral Thesis
Supervisor: Prof. Dr. Oktay YILDIZ

November 2024, 91 pages

1. INTRODUCTION

Türkiye is under serious threat of drought and desertification due to the fact that most of its land area is located in arid and semi-arid climatic zones (Thirgood, 1981; Doğan, 2011). In Central Anatolia, steppe vegetation, which was formed due to unfavorable climatic conditions and soil characteristics, has been largely destroyed by overgrazing and conversion of pastures into agricultural lands (Birand, 1961; Çetik, 1985; Çepel, 1995; Özhatay, Byfield and Atay 2003; Anonymous, 2015; Yıldız et al., 2018a).

So far, significant afforestation areas have been established in different parts of the region for erosion control, green belt creation, recreation, etc. It is believed that there are still approximately one million hectares of erosion control works that are technically and socially feasible in the region. However, most of these efforts are both labor-intensive and expensive, and the survival rate of saplings is quite low compared to afforestation efforts in other regions (Çalışkan and Boydak, 2017; Arslan, 2018, Yıldız et al., 2018a; Yıldız et al., 2018b). This makes it difficult to protect the areas allocated for afforestation and damages the image of the work in the region.

In this study, it is aimed to contribute to the solution of the problem by evaluating the physiological variables of the plant together with the soil variables, not only by looking at the survival and growth performances of the plant, but also by obtaining healthier statistical results with the fields to be established in three different regions in the region.

The unique value of our study is that one of the most important shortcomings of the studies conducted so far is that the soil part and plant physiology have not been sufficiently focused. Studies on woody species under abiotic or biotic stress are fewer than herbaceous species. Studies on woody species, especially in Turkey, concentrate on a few variables such as morphological characteristics of the species and changes in diameter, height and weight of vegetative organs.

2. MATERIAL AND METHODS

The study area is located in Karapınar and Ayrancı districts in the lower part of the Konya closed basin. The approximate dimensions of the study area are Karapınar 3.68 ha., Sazlıpınar 3.45 ha. and Ayrancı 2.46 ha. with a total size of 9.59 ha.

According to the Thornthwaite water balance sheets made as a result of the last 70 years of data of the meteorological stations in Konya, Ereğli and Aksaray triangle to reflect the whole region, there is a water deficit in the region from May to October.

The region generally has volcano-sedimentary soils and is diverse in terms of geological formations. However, in addition to the lack of precipitation and biological activity, the soil is constantly in the early development stage due to the constant erosion of the areas (Yıldız et al., 2018b).

In the experiment, factorial design in block design was used. The blocks were established in the areas allocated for afforestation in Karapınar, Sazlıpınar and Ayrancı regions. The first factor was the planting location of the seedlings on the cushion and consisted of two different depths; 1- application of the ministry (U= middle part of the cushion), 2- planting 40-50 cm deep along a line opened with plows (D). Humic acid (HA) and jasmonic acid (JA) (different doses for coniferous and leafy plants) consisted of two doses each (H = high, L = low). In addition, a control plot without any treatment of either acid was established at each site for both depths. Since there were 18 experimental units in each block for each species, there were 54 experimental units in total in 3 blocks. In the study area, a total of 3240 saplings were used in the entire trial for each species by using 60 saplings per trial unit. In the study, 5 promising species were selected in arid areas: Black pine, red pine, cedar, oleaster and almond. A total of 16200 saplings were used for five species. In order to determine the soil properties, a soil profile up to a depth of 150 cm was opened at 5 different points in each field. Since subsoil cultivation was done in the field before, 2 sets of soil samples were taken every 30 cm, regardless of the horizon

structures in the soil profiles opened.

For each set of sampling, a total of 3 sites x 5 profiles x 5 depths = 75 samples were taken. Soil was analyzed for skeleton, pH, EC, KDK, Lime, Wilting point, Field Capacity, Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium, Sulphur, Iron, Zinc and Copper. Moisture and photosynthetic light content were also measured periodically.

In seedlings, at the end of the 2nd growth period, RWC, Proline, Chlorophyll Fluorescence, Glutathione Reductase (GR), Superoxide dismutase activity (SOD), Hydrogen Peroxide values (HP), Peroxidase activity (POX), Catalase Activity (KA) as well as physical measurements such as survival rate, root throat diameters, covering areas, Physiological and biochemical variables such as Ascorbate Peroxidase Activity (APX), Lipid Peroxidation (LP) were analyzed to understand the mechanisms of plants against abiotic stresses in arid areas and their responses after humic acid and jasmonic acid application.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

In the study, the amount of photosynthetically active light in all sites approximately doubled ($2300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) in July-August compared to the averages of April and June, and decreased again in September to the levels in early summer. There was no difference in soil C and macronutrients between treatments. It was determined that the soil C ratio was about 64% higher in the first 30 cm depth than in the second 30 cm depth and about 4 times higher than in the 120- 150 cm depth. It was determined that the N ratio in the first 30 cm depth was about 62% more than the N ratio in the 30-90 cm depth. The N content in the 90-150 cm depth of the profile decreased by about 60% compared to the value in the first 30 depth. Phosphorus and K values are about 4 times higher in the first 30 cm depth compared to other soil layers. The sulfur value increased gradually towards the depth (Table 3.2). In all sites, soil moisture content was about 50% higher in the deep planted areas than in the conventional planted areas from April to September. While no difference was observed in the survival rates of the saplings, an increase of approximately 50% in black pine, 300% in cedar, 50% in red pine and 10% in oleaster was observed in the deep planting areas compared to the traditional planting areas, but no difference was determined in almond. When the height data of the saplings were analyzed, no difference was observed in black pine, while it was determined that there was an interaction with planting*HA*JA in red pine, planting*HA and planting*JA in cedar, planting*HA*JA in

oleaster and planting*HA*JA in almond. When the diameter data were analyzed, it was determined that there was no interaction in black pine and red pine, while there was a main effect of planting and humic acid in cedar, Planting*HA and Planting*JA interaction in oleaster samplings, and Planting*HA*JA interaction in almond. In crown crown basal area width, no interaction was observed in black pine, cedar and almond, whereas Planting*HA*JA in red pine and Planting and HA treatments differed in oleaster. The effect of treatments on relative water content was observed in red pine seedlings, while no interaction was observed in other seedlings. In the proline values, a planting*HA interaction was determined in black pine, the main effect of planting and HA in red pine, HA in cedar, planting*JA interaction in oleaster, and planting*HA interaction in the proline values of almond. In chlorophyll fluorescence value, Dikim*HA*JA interaction was determined in black pine, oleaster, almond, and HA*JA interaction in red pine, while no interaction was determined in cedar. Planting*HA*JA interaction was observed in all sapling species in glutathione reductase, superoxide dismutase, peroxidase, catalase, ascorbate peroxidase activity values. In hydrogen peroxide values, no interaction was determined in black pine and oleaster, while Planting*HA*JA interaction was determined in red pine and cedar and Planting*JA interaction was determined in almond. In lipid peroxidation, only red pine saplings showed a main effect of planting, while the other species showed no interaction.

Characterized by low rainfall, high evaporation rates and limited vegetation cover, drylands are highly vulnerable to degradation due to overgrazing, deforestation and unsustainable agricultural practices. These areas are often subject to soil erosion, soil loss and reduced water availability, leading to a decline in land productivity. Land degradation in arid and semi-arid regions is a critical environmental problem that exacerbates desertification and reduces soil fertility (Kaplan, Kparschen & Kola, 1970; Kooten, Shaikh & Suchanek, 2002; IUCN, 2017). Water is the most important ecosystem variable determining plant performance in drylands (Allen et al., 2010). Soil moisture can also affect nutrient cycling and availability, limiting nutrient uptake by plants during dry periods. Humic acid and Jasmonic acid application offers a promising potential solution to improve seedling performance in dryland afforestation. Therefore, application of HA and JA can improve the effectiveness of afforestation efforts in arid and semi-arid regions. In the present study, the effects of these chemicals on the growth of height, diameter and crown basal area of seedlings were found to be dependent on the ratio of each other and

the depth of the planting hole, but not on these chemicals alone. Therefore, no data were obtained that both chemicals alone improved seedling performance. However, since the effect of HA and JA application on seedling performance may vary according to the environment, further research is needed to improve the application protocols of these chemicals and to adapt them to the specific needs of different plant species and environmental conditions. Since plants are sessile organisms, they cannot provide physical avoidance under stress conditions. This has led to the development of sophisticated biochemical response mechanisms for their survival in the face of stress. Nowadays, sudden changes in environmental parameters such as climate change, population growth and land use differences increase the importance of new studies that enable the understanding of abiotic stress factors and acclimation in plants.

Among the physiological processes, photosynthesis is important for plant growth, but it varies with the availability of water. Water is one of the most important variables closely affecting photosynthesis and growth as it influences leaf and root growth (Lawlor 1995; Blum 1996; Eckardt et al., 2023; Xu, Schmiede & Sharkey, 2024). All in all, future studies in such arid areas can make great contributions to understanding climate change and analyzing adaptation paradigms.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK

Afforestation of drylands is a challenging but potentially rewarding endeavor that requires careful consideration of a variety of factors, including water availability, soil conditions, tree species selection and ecological impacts. Conditions in drylands are becoming increasingly unpredictable due to increasing temperatures and rainfall irregularities due to climate change. These changing conditions will affect plant survival and growth performance in new and existing plantations. Therefore, afforestation strategies need to be revised according to changing conditions. For example, the use of genetic improvement and selection techniques can help identify tree varieties with improved ability to adapt to arid conditions.

1. GİRİŞ

Türkiye, Ortadoğu ve Akdeniz havzasında yer alması ve yüzölçümünün büyük kısmının kurak ve yarıkurak iklim kuşağında bulunmasından dolayı ciddi kuraklık ve çölleşme tehdidi altındadır (Thirgood, 1981; Doğan, 2011). İç Anadolu’da olumsuz iklim koşulları ve toprak özellikleri nedeniyle oluşan bozkır bitki örtüsü meraların aşırı otlatılması ve tarım arazilerine dönüştürülmesi ile büyük oranda tahrip edilmiştir (Şekil 1.1; Birand, 1961; Çetik, 1985; Çepel, 1995; Özhatay, Byfield ve Atay 2003; Anonim, 2015; Yıldız vd., 2018a).



Şekil 1.1. Emirgazi (Karacadağ) etrafındaki tahribe uğramış bitki örtüsü.

Geniş düzlüklerde uzun yıllardır devam eden tahrip sonucu topraklar rüzgar erozyonuna maruz bırakılmıştır (Abalı, Taysun, Doğan, Sönmez ve Çanga, 1986). Özellikle 1950’lerdeki makineleşmeye bağlı olarak meraların tarım arazilerine dönüştürülmesini takip eden yıllarda yörede can ve mal kayıplarına neden olacak şiddette rüzgar erozyonları görülmeye başlanmıştır (Tavşanoğlu, 1976; Avcıoğlu, 1979).



Şekil 1.2. Karapınar Çölleşme ile Mücadele İstasyonu’nda 1950’lerde başlayan çalışma ve 2018 yılındaki durumu.

Rüzgar erozyonundan en çok etkilenen yörelerden biri olan Karapınar ilçesinin taşınması meclis gündemine kadar gelmiştir. Dolayısıyla 1950'lerin sonunda bir devlet projesi olarak yörede rüzgar erozyonu önleme çalışmalarına başlanmıştır (Şekil 1.2).

Türkiye'de çölleşme ve etkilerine en fazla mağdur kalan Konya iline bağlı Karapınar yöresidir. Yörede çölleşme ile mücadele ilk olarak 1960'larda Toprak-Su Araştırma Merkezince başlamıştır. Mücadele ilk olarak yaklaşık 180 000 hektarlık büyük bir alanda başlanmıştır ve 1970'den itibaren ilgili genel müdürlüklerinde kurulması ile hız kazanmıştır (Yıldız vd., 2018b).

Türkiye ormancılığı son yarım asırdır gerçekleştirdiği toprak koruma ve erozyon kontrol çalışmaları neticesinde önemli bilgi birikimi ve tecrübe kazanmıştır (Palta, Çarkacı, Okur & Gönülal 2011, Yıldız vd., 2018b). Bu çalışmalarda ibreli türlerden Toros sediri (*Cedrus libani*), sarıçam (*Pinus sylvestris*), karaçam (*Pinus nigra*), kızılçam (*Pinus brutia*), servi (*Cupressus* spp.), Arizona servisi (*Cupressus arizonica*), boz ardıç (*Juniperus excelsa*) ve mazı (*Thuja* spp.) türleri kullanılmıştır. Yapraklı türlerden ise yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*), kokarağaç (*Ailanthus altissima*), dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia*), akçaağaç (*Acer* spp.), badem (*Amygdalus communis*), karaağaç (*Ulmus* spp.), meşe (*Quercus* spp.), gladiçya (*Gladitschia* spp.), ahlat (*Pyrus* spp.), mahlep (*Prunus mahaleb*), zerdali (*Armeniaca* spp.) ve iğde (*Elaeagnus angustifolia*) kullanılmıştır. Özellikle toprak koruma çalışmalarında yörede gelecek vaadeden ılgın (*Tamarix* spp.), alıç (*Crataegus* spp.), katırtırnağı (*Spartium junceum*), ebuçehil çalısı (*Calligonum polygonoides*), kuşburnu (*Rosa canina*) ve tuz çalısı (*Atriplex hortensis*, *A. canescens*) gibi çalı türlerine de yer verilmiştir (Bağcı ve Dural, 1997; Kantarcı, Kaçar, Koyuncu ve Dönmez, 2011; Yıldız vd., 2018b).

İç Anadolu Bölgesindeki bu bozulmuş arazi yapısının ve marjinal sahaların restorasyonu bölgesel ve ulusal sosyo ekonomik ve ekolojik kalkınma için önemli bir yer tutmakta ve Çölleşme ile Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı'nın vizyon ve misyonunda önemli hedefleri arasında yer almaktadır (Arslan, 2018). Ayrıca İklim değişikliği sözleşmesinde belirtilen 5 bölgesel ekten biri olan Kuzey Akdeniz Bölgesinde yer alması nedeniyle Türkiye için bu tür çalışmaların aktif olarak yürütülmesi yükümlülük haline gelmiştir (Ç.Ş.B., 2024).

Şimdiye kadar bölgenin farklı yörelerinde erozyon kontrolü, yeşil kuşak oluşturma, rekreasyon, vb. amaçlı önemli ağaçlandırma sahaları kurulmuştur. Bölgede hala teknik

ve sosyal açıdan mümkün yaklaşık bir milyon hektar sahada erozyon kontrolü amaçlı çalışma yapılabilceğı düşünölmektedir. Fakat bu çalışmaların çoğı hem emek yoğun pahalı çalışmalardır hem de fidanların tutma oranı diğör bölgelerdeki ağaçlandırma çalışmalarına göre oldukça düşöktür (Çalışkan ve Boydak, 2017; Arslan, 2018, Yıldız vd., 2018a; Yıldız vd., 2018b). Bu da çalışmaların hedefine tam olarak ulaşamamasının yanında ağaçlandırma amaçlı ayrılan sahaların hem korunmasını güçleştirmekte hem de yöredeki çalışmaların imajına zarar verebilmektedir.

1.1. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

Çalışma sahalarının yer aldığı İç Anadolu Bölgesi Türkiye'nin en kurak yerlerinden biri olduğı için olası iklim değışikliğinde de ilk belirtilerin en yoğun hissedileceğı en hassas ekosistemleri içermektedir. İklim değışimine bağılı olarak artacak kuraklık stresinden dolayı bu tür kırılgan ekosistemlerin ileride çok daha hassas olacağı öngörülmektedir (Dietz, Verhagen & Ruben, 2001; Berki vd., 2014). Bu nedenle bu çalışmada bu tür hassas ekosistemlerin yapılan ağaçlandırma çalışmalarının başarısını arttıracak yöntem ve tekniklerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Yörede yapılan çalışmaların çok büyük bir kısmı genelde doğrudan uygulama projeleridir. Bu uygulama çalışmalarına yön verecek doğru kurgulanmış ve deneme desenine uygun çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Bu nedenle, şimdiye kadar yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların bölgede genelde tekrarı olmadığı için yorumlanması oldukça zordur. Yapılan yorumlarda doğruluğı kanıtlanamayan ya dikilen fidanların türlerine ya da orijinlerine yorumlanmıştır. Ayrıca şimdiye kadar yapılan çalışmaların en önemli eksikliklerinden birisi toprak kısmına ve bitki fizyolojisine yeteri kadar yoğunlaşılmağı olmasıdır. Bunun yanında abiyotik ya da biyotik stres altında odunsu türlere ait çalışma otsu türlere göre daha azdır. Özellikle Türkiye'de yapılan odunsu türlere ait çalışmalar, türün morfolojik özellikleri ve vejetatif organların çap, boy ve ağırlıklarında meydana gelen değışimlerin belirlendiğı birkaç değışkene yoğunlaşmaktadır.

Bu çalışmada bölgedeki üç farklı yörede kurulacak sahalarla hem daha sağlıklı istatistiki sonuçlar elde edilebilecek, hem de sadece bitkinin tutma ve büyüme performanslarına bakarak değil, bitkinin fizyolojik değışkenleri toprak değışkenleriyle birlikte değerlendirilerek sorunun çözümüne katkı sağlanması hedeflenmiştir. Dolayısıyla bu

hedef çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır.

Ayrıca kuraklık stresi altındaki bitkilerin hücresel turgoru değişmekte, kök ve gövde arasında sinyal iletiminde artış meydana gelerek reaktif oksijen türleri olarak bilinen bileşiklerin sentezinde artış gibi birçok biyokimyasal ve fizyolojik değişiklikler olmaktadır. Yörede kullanılan ve uzun yıllar kuraklık stresine maruz kalan bu türlerin ne gibi hücresel ve moleküler tepkiler gösterdiğine dair çalışmalar son derece sınırlıdır. Bitkilerin yaşama ve büyüme değerlerinin yanında kuraklık altında gösterdikleri fizyolojik ve moleküler tepkilerinin de bilinmesi uygulamacının yöredeki başarısını artırırken diğer yandan özellikle giderek artması öngörülen iklim değişikliği senaryosunda türlerle ilgili strateji belirlemede yardımcı olabilecektir.

Dolayısıyla bu çalışmada kuraklık stresi altındaki bitkilerin büyüme performansının belirlenmesinde sadece yaprağın nisbi su içeriği ve osmotik potansiyelleri gibi değişkenlerden yararlanmakla yetinmeyip, kuraklık stresinin seçilen türlerin üzerindeki etkilerini aydınlatmak için klorofil floresans değeri de ölçülmüştür. Proje ekibi ve özellikle proje yürütücüsü tarafından projeye konu olan yörede kuraklık stresi altında odunsu türlerle alakalı çalışmalar söz konusudur. Ancak bu çalışmaların hiçbirinde kuraklık stresinin hücresel boyutta ele alınmamış olması da şimdiki çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

Şimdiki çalışmada tür olarak yörede yapılan uygulamalarda öne çıkmış ibrelilerden karaçam ve sedir, yapraklılardan ise iğde ve badem kullanılmıştır. Ayrıca iklim değişikliği senaryoları neticesinde bu sahalarda kullanma potansiyeli olacağı düşünülen kızılçam da çalışmaya dahil edilmiştir. Yörede yer yer yapılan fakat deneme deseni olmayan çalışma sonuçlarına göre kızılçamın iklim değişikliğinde yöre için iyi bir alternatif olabileceğine işaret etmektedir. Bu nedenle bu türün yöre için değerlendirilmesi de uygulamacıya gelecek için alternatif sunma potansiyeline sahiptir. Bölgede bitki yetişmesini sınırlayan en önemli etken toprak nemidir. Bölgede hem yağış az ve düzensiz hem de toprak nemi arazide farklılık göstermektedir. Dolayısıyla yukarıda belirtilen türler iki farklı toprak derinliğine dikilerek toprak neminden yararlanma potansiyelleri belirlenmiştir.

Bitkilerin köklenmesini ve kuraklığa karşı direncini arttırmak için de hümitik ve jasmonik asit uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Hümitik asit (HA), tarımda köklendirici olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ormancılıkta ağaçlandırma alanlarının tarımla

karşılaştırılamayacak oranda geniş olmasından dolayı maliyet nedeniyle HA kullanımı sınırlıdır. Fakat bu yörelerdeki ağaçlandırmaların odun üretimi amaçlı olmadığı ve başarısız sahalarda tekrar tekrar revizyona gidilmesinin çok daha maliyetli olduğu düşünülürse (1 ha sahanın ağaçlandırma maaliyeti 40-60 bin TL) kurak sahalardaki rüzgâr erozyonunu önleme (tam alan yerine şeritlerin ağaçlandırıldığı), rekreasyon, yeşil kuşak, baraj havzasında sediment kontrolü vb. sınırlı alanlarda yapılan ağaçlandırmalarda önemli ekonomik geri dönüşümünün olacağı düşünülmektedir. Hümit asit uygulaması ÇEM tarafından 400 mm civarında yağış alan Ankara civarındaki yörelerde farklı orman ağaçlarında denenmiştir (Anonim, 2018). Fakat adı geçen uygulama şimdiki çalışmadan farklı kurgulanmıştır. İki çalışma arasında hem yörelerdeki yağış hem toprak yapısı hem dikim çukuru uygulamaları vb. farklılıklar bulunmaktadır.

Jasmonik asidin (JA) yine kuraklık stresine karşı bitkinin direncini arttırdığına dair çalışmalar bulunmasına rağmen Türkiye'deki ormancılık çalışmalarında kullanıldığına dair bir yayına rastlanmamıştır. Yine daha önce yörede yapılan projede (Yıldız vd., 2012) haziran sonunda dişbudak, karaçam, badem vb. bitkilerde su potansiyelinin -50 barın altına düştüğü ve bitkilerin şiddetli kuraklık stresi altında olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla JA uygulaması ile bitkilerin su stresinin azaltılabileceği öngörülmüştür.

Yine aynı çalışmada bazı ağaç, çalı ve otsu türlerin birlikte denenmesi ile tutma ve büyüme başarısı karşılaştırılmıştır (Yıldız vd., 2012). Fakat önceki projede dikim çukuru derinliği bir uygulama olarak denenmemiştir. Ayrıca yörede tamamlanan başka bir projede de tuzlu sodik toprakların jips ve kükürt ile iyileştirilmesi denemesi yapılmıştır (Yıldız vd., 2013). Yöredeki 118O091 nolu projede de ise farklı zamanlarda gerçekleştirilmiş uygulama projelerindeki ağaçların tutma, büyüme performansları ve toprak değişkenleri karşılaştırılmaktadır (Yıldız vd., 2018c). Dolayısıyla, yörede yaklaşık 10 yıldır yapılan çalışmalardan elde edilen veriler ışığında hazırlanan bu çalışmayla, yöredeki uygulamalarda öne çıkan eksiklikleri gidermeye katkı sağlamayı amaçlanmıştır.

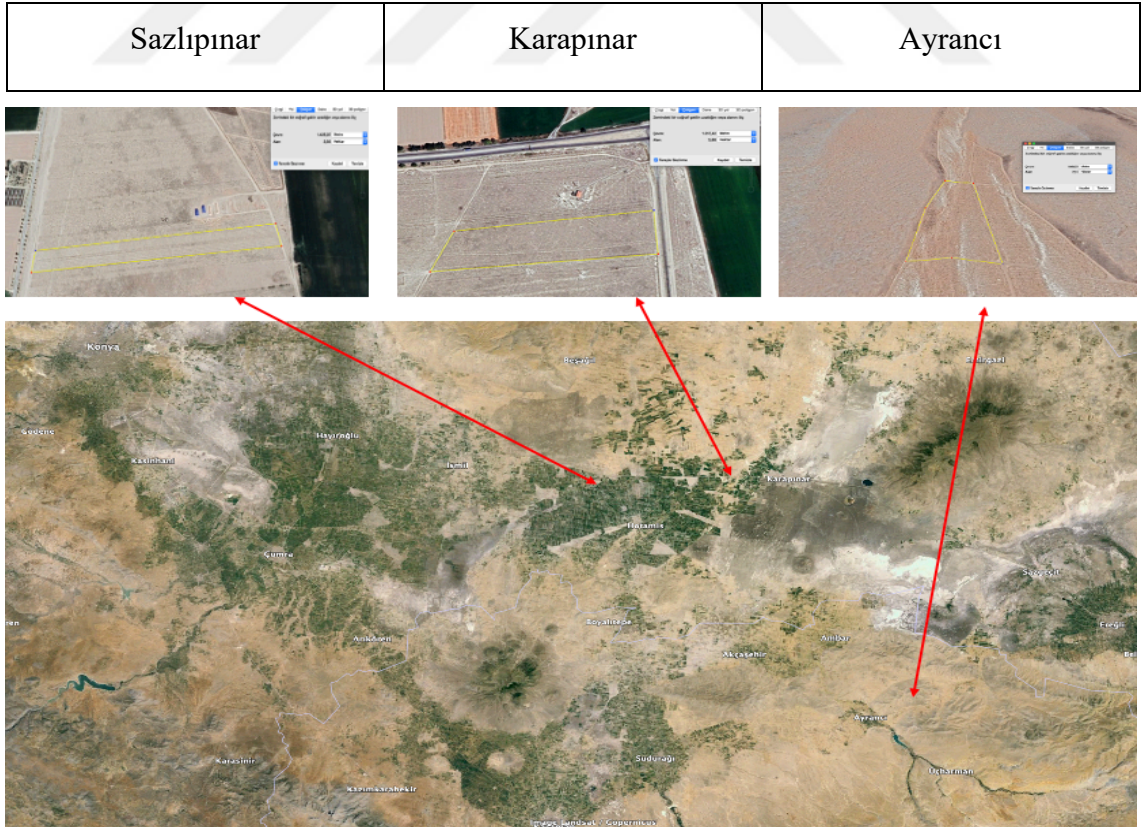
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı Konya kapalı havzasının alt bölümünde yer alan Karapınar ve Ayrancı ilçelerinde yer almaktadır. Çalışma alanı Karapınar 3,68 ha., Sazlıpınar 3,45 ha. ve Ayrancı 2,46 ha. olmak üzere toplam 9,59 ha. büyüklüğündedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Sahaların kordinatları.

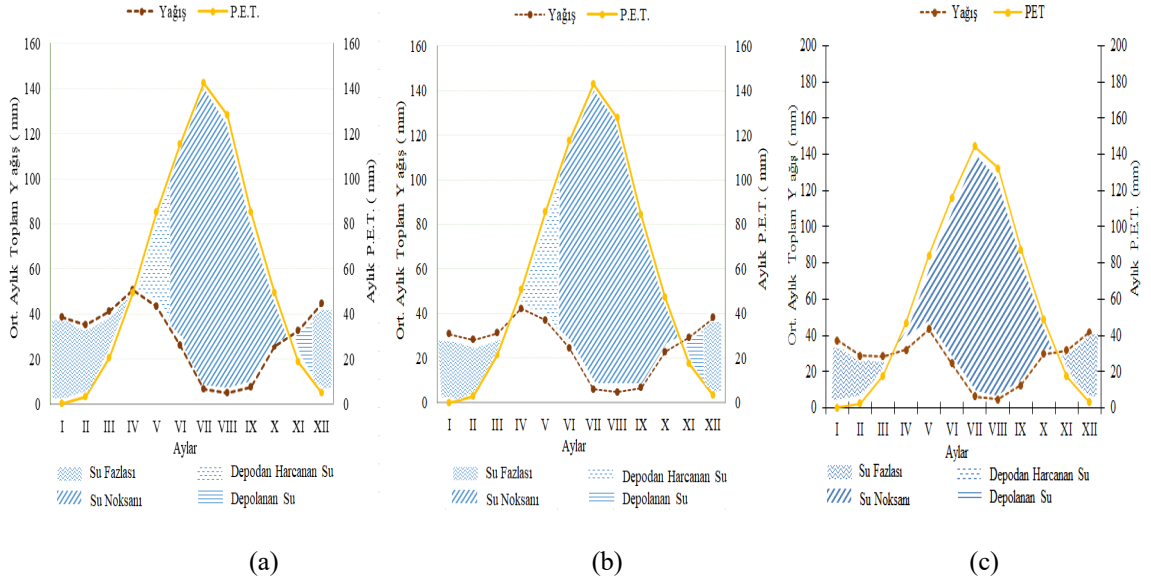
	Sazlıpınar	Karapınar	Ayrancı
Enlem	37°42'45.58"K	37°42'39.43"K	37°22'59.00"K
Boylam	33°12'4.60"D	33°24'18.76"D	33°43'56.50"D



Şekil 2.1. Sahaların konumu (Google, 2024).

2.2. İKLİM

İç Anadolu Bölgesinin 30. Enleme olan yakınlılığı çöl biyomlarından etkilenmesine ve özellikle Kuzey Afrika ve Arap yarımadası çölleri üzerinde gelen karasal tropik hava akımları, uzun süreli kuru ve sıcak iklim koşullarının meydana gelmesine neden olmaktadır. Ayrıca bölgenin güneyden Toroslar, kuzeyden ise Karadeniz dağlarıyla çevrili fiziki konumu bölgeyi yağmur gölgesinde bırakarak kuraklığa neden olmaktadır. Yörenin sık ve şiddetli rüzgâr etkisinde kalması buharlaşmayı hızlandırmakta ve nem açığını özellikle büyüme sezonunda daha da arttırmaktadır (Özyuvacı, 1999; Atalay, 2002; Yıldız vd., 2018b). Ceylan vd. (2009) çalışmalarında yörenin yıllık 300 mm civarında toplam yağışı ve 11 °C ortalama sıcaklığı ile “çok kurak” iklim sınıfında nitelendirmekte ve Türkiye’nin en kurak sahalarına sahip olduğunu belirtirmektedirler. Bölgenin tamamını yansıtacak şekilde Konya, Ereğli ve Aksaray üçgenindeki meteoroloji istasyonlarının son 70 yıllık verileri neticesinde yapılan Thornthwaite su bilançolarına göre bölgede Mayıs’tan Ekim’e kadar su açığı görülmektedir (Şekil 2.2. a, b ve c).



Şekil 2.2. 1960-2023 yılları arasında Aksaray (a), Ereğli (b), Konya (c) meteoroloji istasyon verilerine göre Thornthwaite su bilançoları.

2.3. JEOLojİ VE TOPRAK YAPISI

İç Anadolu kapalı havzası üçüncü jeolojik zamanın son bölümü olan pliyosende sığ göller ile kaplanmıştır. Günümüze kadar meydana gelen bu jeolojik oluşumlarda killi ve kireçli lakustrin malzeme birikmiş, Miyosen ile Pliyosen bölümlerinde yoğun volkanizma

olayları sonucunda yüzeye çıkan malzemeler yer yer göl tabanındaki bu lakustrinlere karışmıştır. Meydana gelen bu yapıların zaman içerisinde kuruması Tuz Gölü ve Konya ovalarını meydana getirmiştir. Dolayısı ile yörede genellikle volkano-sedimenter topraklar yer almaktadır. Yöre jeolojik oluşumlar bakımından çeşitliliğe sahiptir. Yaygın olarak kireçtaşı, marn, kilitaşı, konglomera, kumtaşı ve jips oluşumlarına da rastlanmaktadır (Tunçdilek, 1987; Kapur vd., 2002; Yıldız vd., 2018b). İklim ile toprak gelişiminin zayıf olması sonucu toprağın su depolama kapasitesi zayıftır (Sarıyıldız ve Ayan, 2010; Yıldız vd., 2017; 2018;). Yörede yağışın ve biyolojik aktivitenin azlığına ilaveten sahaların sürekli erozyon etkisinde kalmasından dolayı toprak sürekli olarak erken gelişme safhasında kalmaktadır (Yıldız vd., 2018b).

2.4. ÇALIŞMANIN KURULUMU

2.4.1. Toprak İşleme

İç Anadolu bölgesinde yer yer 70-80 cm derinliğinde sert ve geçirimsiz tabakalar (hardpan) bulunmaktadır. Bu da bütün ağaçlandırma çalışmalarında alt toprak işleminin önemini artırmaktadır (Yıldız vd. 2014; 2015a; 2015b; 2018b). Dolayısıyla yapılan çalışmada da alt toprak işleminin için dozer ve üst toprak işleminin ve dikim yastıklarının ve çukurlarının oluşturulması için traktör kullanılmıştır. Sahada ilk olarak 450-500 HP gücünde dozer + 3'lü ripperle 60-80 cm derinliğinde alt-toprak işleminin yapılmıştır (Şekil 2.3). Sahada iki farklı dikim tekniği kullanılacağı için uygulamadaki dikim yöntemi için sahada 4 x 4 lastik tekerlekli traktör + 2 sokullu ripper pulluk ile üst toprak işleminin yapılmıştır (Şekil 2.4). Üst toprak işleminin sırasında 30-35 cm derinliğinde dikim yastıkları oluşturulmuştur (Şekil 2.4). Daha sonra derin dikim yöntemi için pulluk değiştirilmiş tekli (karık pulluğu) pulluğu ile uygulamadaki dikimden 40-50 cm daha derine dikim karığı açılmıştır (Şekil2.5).



Şekil 2.3. Derin toprak işleme.



Şekil 2.4. Normal dikim çukurları.



Şekil 2.5. Derin dikim yastıkları.

Çalışma alanındaki sahaların etrafına her üç metrede bir olacak şekilde uçları sivriltilmiş 5*5*173 cm ebatlarında ahşap kazıklar çakılarak üç sıra dikenli tel ile çevrilmiştir (Şekil 2.6). Her sahanın girişine kapılar yapılmış ve uygulama esnasında araçların ve araştırmacıların girişine olanak sağlanmıştır. Ayrıca diğer ağaçlandırma sahaları ile bitişik olduklarında önceki çekilmiş tellerin tamiratı gerçekleştirilmiş ve her arazi çalışması döneminde bütün sahalar kontrol edilmiştir.



Şekil 2.6. Tel kazıklarının çakılması, tel çekimi ve tel gergi kontrolü.

2.4.2. Deneme Deseni

Denemede blok deseni içinde faktöriyel desen kullanılmıştır. Bloklar Karapınar, Sazlıpınar ve Ayrancı yöresindeki ağaçlandırmaya tahsis edilmiş sahalarda oluşturulmuştur. Faktörlerden ilki fidanların yastık üzerindeki dikim yerleri olup iki farklı derinlikten oluşmaktadır; 1-Bakanlığın uygulaması (U= yastığın orta kısmı), 2-pulluklarla açılan bir hat boyunca 40-50 cm derine dikimi (D) içermektedir. Hümkik asit (HA) ve jasmonik asit (JA) ise (ibreli ve yapraklılarda farklı dozda) ikişer dozdan oluşmaktadır (H= yüksek, L = Düşük). Ayrıca her iki derinlik için de her sahada iki asitten de herhangi bir uygulama içermeyen birer kontrol parseli oluşturulmuştur. Her tür için her blokta 18 deneme ünitesi olacağından 3 blokta toplam 54 deneme ünitesi bulunmaktadır (Çizelge 2.2; Şekil 2.7; 2.8; 2.9).

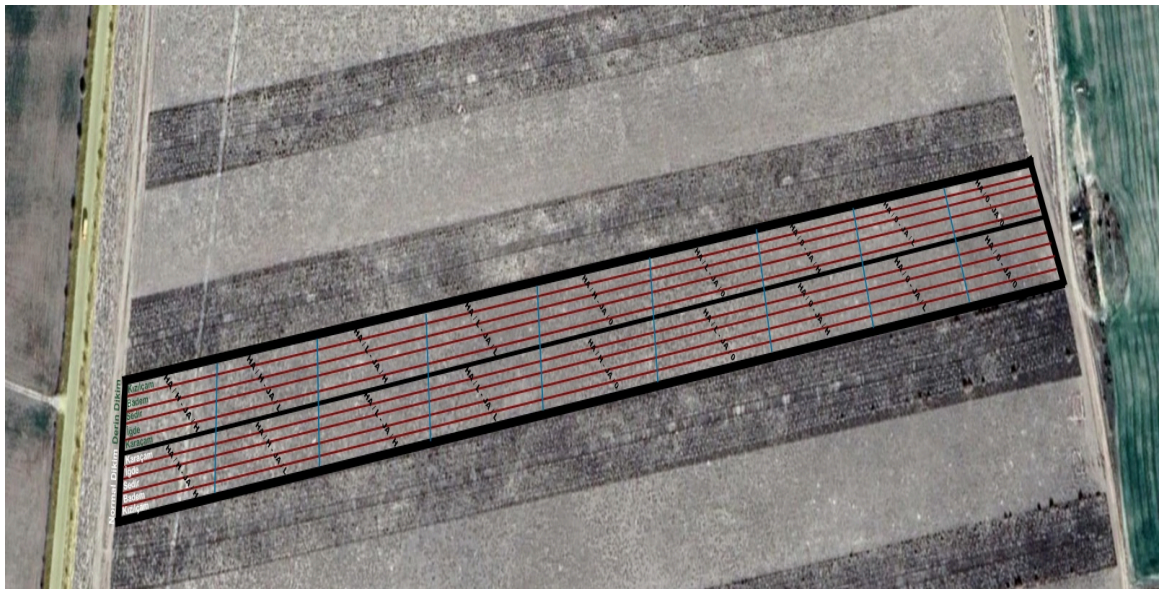
Çizelge 2.2. Hümik asit ve Jasmonik asidi içeren işlem üniteleri.

D: Derin Dikim, H: Yüksek Doz, L: Düşük Doz, 0: Kontrol, U : Normal Dikim, HA: Hümik Asit, JA: Jasmonik Asit

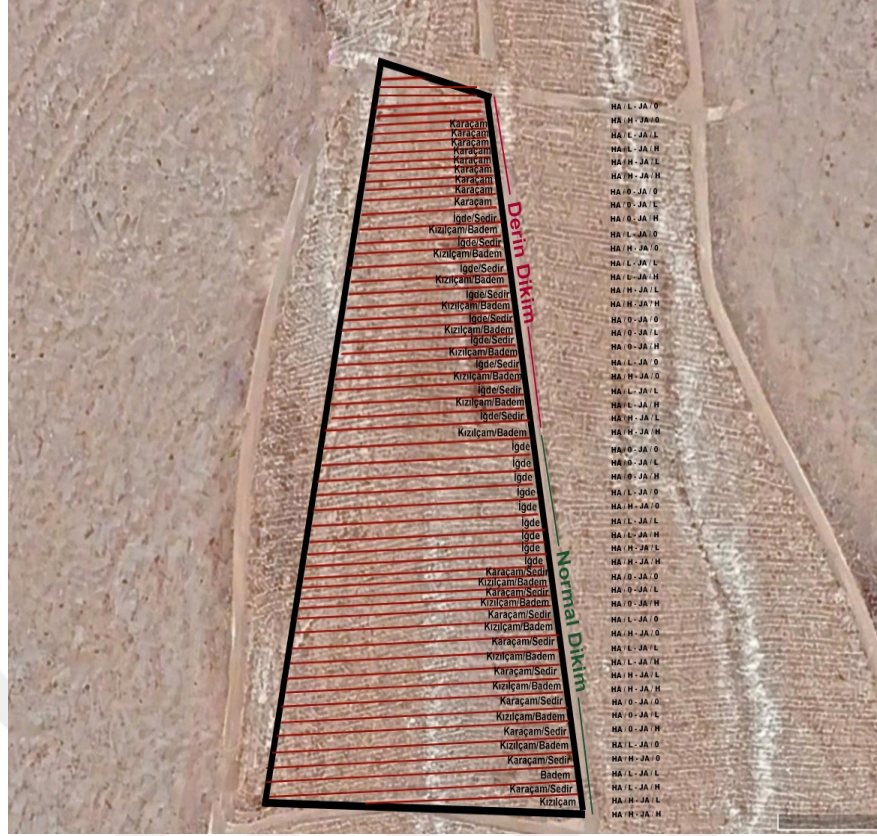
Parsel	Derinlik	HA	JA		Derinlik	HA	JA
1	D	H	H		U	H	H
2	D	H	L		U	H	L
3	D	L	H		U	L	H
4	D	L	L		U	L	L
5	D	H	0		U	H	0
6	D	L	0		U	L	0
7	D	0	H		U	0	H
8	D	0	L		U	0	L
9	D	0	0		U	0	0



Şekil 2.7. Karapınar sahası işlem üniteleri.



Şekil 2.8. Sazlıpınar sahası işlem üniteleri.



Şekil 2.9. Ayrancı sahası işlem üniteleri.

2.4.3. Fidan Dikimi

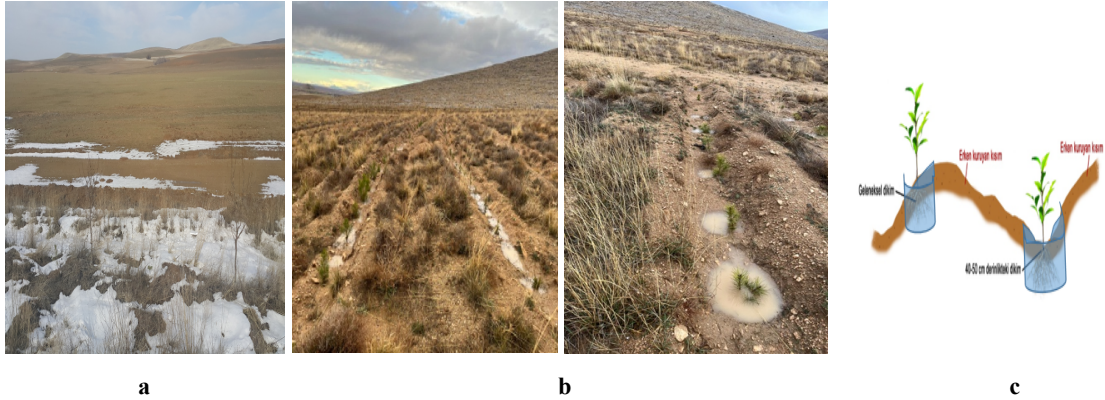
2.4.3.1. Dikim Tekniği

Alanda daha önce gerçekleştirilen projelerde yastıkların alt kısmına yani yüzeyden 40-50 cm daha derine dikilen fidanların dikim yastıklarının ortasına dikilen fidanlardan dikimden dört yıl sonra tutma ve büyüme başarılarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Yıldız vd., 2013). Dikim yastıklarında fidanların dikildiği bölümde toprak işleme sonucunda gevşeyerek, nemi tutacak birim hacimdeki toprak miktarının azalmasına yol açtığını ve Mayıs sonunda başlayan şiddetli kuraklıkla birlikte bölgede toprağın üst kısmının hızla kuruduğunu belirtmiştir (Yıldız vd., 2013). Bu kuraklık nedeniyle çoğu bitkinin büyümesi yaz ortasında durmaktadır. Dikilen fidanların kökleri, toprak profilinin ne kadar derininde kök oluşturursa (yan köklerin gelişimi), kuraklıktan da o kadar geç etkileneceği öngörülmüştür. Dolayısı ile geleneksel olarak dikimi gerçekleştirilen fidanların özellikle çalışma alanı gibi marjinal sahalarda derin dikim ile gerçekleştirilmesinin daha etkin olacağı ön görülmektedir.

Bunun yanında bölgede kış aylarında az miktarda yağan karın meydana gelen şiddetli rüzgarla geniş düzlüklere savrulmasıyla arazideki çukur kısımlarda biriktiği görülmüştür.

Alanda kış aylarında 300 mm civarında hesaplanan yağış miktarı arazide karın taşındığı kısımlarda iki katına kadar çıkabileceğini belirtmiştir. Yine sodik toprakları iyileştirmek için yapılan proje (Yıldız vd.,2013) çalışmaları sırasında açmış olduğu çukurlarda kışın kar biriktiği gözlemlenmiştir (Şekil. 2.10).

Bitkiler açısından toprak nemi bu bölgedeki arazilerde farklılık gösteren en önemli etkenlerdendir. Dolayısıyla toprak neminden daha fazla yararlanarak kuraklıktan etkilenmeyi 2-3 hafta geciktirmek demek büyüme sezonunun bu yörelerde önemli miktarda uzaması demektir. Bu nedenle şimdiki çalışmada bu hipotezi test etmek için dikim derinliği olarak bir geleneksel dikim yeri ve bir de toprak yüzeyinden 40-50 cm derinde oluşturulan çukurlar tercih edilmiştir (Şekil 2.10). Bu nedenle 40-50 cm derinliğinde rüzgâr yönü dikkate alınarak bir hat boyunca oluşturulan dikim çukuru aynı zamanda fidanların dikildiği kısımlarda su hasadına da katkı sağlamaktadır. Bir hat boyunca açılan çukurlara dikilen fidanlarda yine kök boğazı derinliğine dikkat edilmiş fakat yanlara doğru büyüyen köklerin altında kenarlardaki toprak yüzeyinden daha derinlere doğru büyümesi sağlanmıştır.



Şekil 2.10. İç Anadolu’da rüzgâr savurması sonucunda biriken kar kütleleri (a), yağmur sonrası birikimler (b) ve çukura dikim yöntemi (c).

2.4.3.2. Fidanların Özellikleri ve Dağılımı

Çalışmada şimdiye kadar yörede yapılan uygulamalarda öne çıkmış ibrelilerden karaçam ve sedir, yapraklılardan iğde ve bademin yanında iklim değişikliği senaryoları neticesinde bu sahalarda kullanma potansiyeli olacağı düşünülen kızılçam da kullanılmıştır. Sedir, iğde ve badem, karaçama göre daha yüksek tutma oranına sahip; fakat bu türlerin de bu sahalarda oldukça yavaş büyüdüğü gözlemlenmektedir (Karataş ve Özkan, 2017).

Çalışma alanında deneme ünitesinde 60 adet fidan kullanılarak her tür için denemenin tamamında toplamda 3240 fidan kullanılmıştır. Beş tür için ise toplamda 16200 fidan kullanılmıştır. Fidan özelliklerinde (çıplak veya torbalı, yaş vb.) bakanlığın sahadaki uygulamaları dikkate alınmıştır. Her tür kendi içerisinde işlem bazında değerlendirileceği için türler arasındaki bu farklılıklarda çalışmanın amacı dışındadır. Fidanların dikim aralıkları türe göre değiştiğinden her bir tür için de deneme ünitelerinin büyüklüğü değişmiş olsa da deneme ünitelerinin aralarına 10'ar metrelik tampon bölgeler oluşturulmuştur (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Türlerin özellikleri.

TÜRLER	FİDAN YAŞI	DİKİM ARALIĞI	ORJİN	FİDANLIK
SEDİR	2+0 tüplü	3 x 2	Ermenek	Konya (Olca)
KARAÇAM	2+0 tüplü	3 x 1.5	Beyşehir	Ereğli
KIZILÇAM	1 +0 tüplü	3 x 2	Ermenek	Ermenek
İĞDE	1+0 tüplü	3 x 3	Ereğli	Ereğli
BADEM	1+0 tüplü	3 x 3	Ereğli	Ereğli

Aralık-ocak ayında sahaya taşınan fidanlar tüm işlem ünitelerinde hızlı bir şekilde 2-3 günde dikilmiştir (Şekil 2.11; 2.12).



Şekil 2.11. Fidanların alana taşınması ve sahaya serilmesi.



Şekil 2.12. Fidan dikimleri.

2.4.4. Toprak Örneklerinin Alımı ve Analizi

2.4.4.1. Toprak Örnekleme

Toprak özelliklerinin belirlenebilmesi için toprak işleminin ardından her sahada beş farklı noktada 150 cm derinliğe kadar toprak çukuru (profili) açılmıştır. Sahada daha önce alt toprak işleme yapıldığı için açılan toprak profillerindeki horizon yapıları dikkate alınmaksızın her 30 cm de bir olmak üzere 2 set toprak örneği alınmıştır (Şekil 2.13; 2.14; 2.15). Yapılan her set örnekleme için toplamda 3 saha x 5 profil x 5 derinlik = 75 örnek alınmıştır.

Açılan toprak çukurlarında her derinlik kademesinde birinci set toprak örnekleme hacim ağırlığını belirlemek için 300 cm³ lük silindirler kullanılmıştır. Yapılan ikinci set toprak örnekleme ise el küreği yardımıyla yaklaşık 2 kg kadar alınarak fiziksel ve kimyasal analizler de kullanılmak üzere toplanmıştır. Toprak örneklerinde hacim ağırlığı, iskelet

oranı (kuru eleme $\varnothing > 2$ mm), tekstürü, kireç içeriği, pH, tuzluluk, tarla kapasitesi ve solma noktası, toplam C ve N, makro ve mikro besin elementleri (P, K, Ca, S, Fe, Zn, Cu) içerikleri ile KDK analizleri yapılmıştır.



Şekil 2.13. Çalışma alanlarında kazılan profil çukurları.



Şekil 2.14. Çalışma alanlarında kazılan profil çukurlarındaki bozulmamış toprak hacim ağırlığı örneklemeleri.



Şekil 2.15. Çalışma alanlarında kazılan profil çukurlarındaki bozulmuş toprak analiz örneklemeleri.

2.4.4.2. Toprak Analizleri

Laboratuvara getirilen toprak örneklerinden hacim ağırlığı için alınanları kese kâğıtları içerisinde kurutma fırınında 105 °C’de 24 saat kurutulup hassas terazide tartıldıktan sonra toprağın hacim ağırlıkları hesaplanmıştır. Toprak, hava kuru halinde porselen havanlarda dövülmüş, 2mm geçirgenliğindeki çelik ipli eleklerde elenmiş ve ardından iskelet miktarı belirlenmiştir. Toprak örneklerinin tanecik bileşimi (tekstür), Bouyoucos hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen yüzde kum, kil ve toz içerikleri Uluslararası Tekstür Üçgeni’nde (USDA, 1987) konumlandırılmış ve neticesinde toprak türleri belirlenmiştir (Day, 1965; Gee ve Bauder, 1986; Sparks, Fendorf, Toner & Carski, 1996). Toprak reaksiyonu (pH) ve iletkenlik-tuzluluk (EC) değerlerini belirlemek için hava kuru toprak örnekleri (< 2 mm) birim oranlarca saf su karışımı ile pH metre ve EC metre kullanılarak çözelti asitliği ve EC değeri olarak belirlenmiştir (Schofield ve Taylor, 1955; Thomas, 1996). Kireç içeriği 0,5 mm geçirgenlikteki çelik eleklerden geçirilen örnekler 0,5 g cam kavanozlara tartılmış ve CO₂’e doyurulmuş su ile doldurulmuş Scheibler Kalsimetresi ile ölçülmüştür (Gülçur ve Toth, 1974). Toprağın katyon değişim kapasitesi (KDK) sodyum asetat yöntemiyle bulunmuştur (Berg ve Gardner, 1978; Sumner ve Miller 1996). Toprağın Organik Madde (TOM) içeriği ateşte kayıp yöntemine göre belirlenmiştir (Margesin ve Schinner 2005). Yöntem fırın kuru toprak örneğinin 550 °C’de 4 saat yakılması esasına dayanır. Toprağın OM içeriği başlangıçtaki ağırlık ile yakma sonrası ağırlık arasındaki kütle farkının hesaplanmasıyla bulunur. Toplam C ve N yoğunlukları kuru yakma yöntemi ile

CN cihazı yardımıyla ile belirlenmiştir (Nelson ve Sommers 1996). Eğer N yoğunlukları CN cihazında okunamayacak kadar düşük yoğunlukta ise N yoğunluğu sömi-mikro Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Bremner 1996; Kjeltec Auto 1030 Analyzer). Toprakta toplam makro ve mikro besin elementleri içerikleri ile, ağır metal içeriklerinin belirlenmesinde, 0,5 mm elekten geçirilmiş kuru toprak örneğinden 0,5 gr alınarak teflon tüplere tartılmıştır. Örnekler 10 ml HNO₃ (nitrik asit) eklenerek mikrodalga örnek parçalayıcı cihazında örnekler çözelti haline getirilmiştir. Çözelti haline gelen örnekler mavi bant filtre kâğıdından süzdürülmüş ve elde edilen temiz çözelti 50 ml'ye ultra saf su eklenerek analize hazır hale getirilmiştir. Daha sonra bu çözelti ICP-MS cihazında analiz edilmiştir (Kuo, 1996; Olsen ve Sommers, 1928; Suarez, 1996; EPA 3051; Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Toprak analizleri.

2.4.5. Toprak Nemi ve Fotosentetik Işık Ölçümleri

Her işlem ünitesinde 30 adet fidanın dibinden ilk 30 cm'lik toprak derinliğindeki anlık hacimsel nem içerikleri TDR yöntemiyle %VWC olarak ölçülerek iki büyüme mevsimi boyunca takip edilmiştir (Şekil 2.17). Çoklu reseptörlerle yapılan fotosentetik olarak aktif ışık miktarı 11:30 ile 14: 00 saatleri arasında fotosentezde kullanılan 410-655 nm dalgaboyları arasındaki foton miktarını ölçen Quantummetre (Ölçüm aralığı: 0-2999 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ile gerçekleştirilmiştir. Bu değer birim zamandaki (s) birim alana (m^2) düşen belirli bir dalga bandındaki foton sayısının Avogadro sayısına bölünmesiyle elde edilir ve çoğunlukla 400-700 nm dalga bandında fotosentetik aktif radyasyonu (PAR)'nu tanımlamak için kullanılır.



Şekil 2.17. Dikim yastıkları ve çukurunda toprağın anlık nem ölçümleri ve fotosentetik ışığın belirlenmesi.

2.4.6. Hümik ve Jasmonik Asit Uygulamaları

Jasmonik asit (JA), bitkilerde doğal olarak bulunan bir bitki hormonudur ve Özellikle zararlılar, patojenler veya çevresel stres faktörleri (kuraklık, tuz stresi gibi) karşısında bitkilerin savunma mekanizmalarını harekete geçirir. Jasmonik asit, bitkilerin yaralanma veya saldırı durumlarında gen ekspresyonunu düzenleyerek koruyucu proteinlerin üretimini artırır ve bitkinin dayanıklılığını yükseltir (Pukalchik, M., Kydralieva, K., & Terekhova, V. 2019).

Dikilen fidanlara uygulanan jasmonik asit miktarı literatürde bitkinin yaşına ve türüne göre farklılık göstermekte olsa da yoğunluk olarak 0,1 μM ile 100 mM aralığında değiştiği görülmektedir (Regvar, Gogala & Žnidaršič, 1997; Hudgins, Christiansen & Franceschi, 2003; Gazmend, Krokene, Christiansen, Krekling & Gershenzon, 2006; Rohwer & Erwin, 2008). Tüm bitkiler arasında odunsu türlerin yoğunlaştığı çalışmalar göz önüne alındığında, en düşük konsantrasyonun 5 mM ve en yüksek konsantrasyonun ise 100 mM olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla bu değerler ve arazideki uygulama koşulları dikkate alınarak şimdiki çalışmada, jasmonik asit uygulaması Mayıs ayında yaprakların tam açık olduğu evrede yapraktan püskürtme yoluyla birer hafta arayla iki kez olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Uygulama pulverizatör yardımıyla yapraklara püskürtme şeklinde yapılmıştır. İşlemler iğne yapraklı türler için en 0,05 mg/L (düşük = L) ve 1 mg/L (yüksek = H), geniş yapraklı türler için ise 0,05 mg/L (L) ve 0,5 mg/L (H) 'lik dozlar olacak şekilde uygulanmıştır (Çizelge 2.4).

Humik maddeler, toprak organik maddesinin temel bileşenlerinden biri olarak bilinir ve toprakta zor parçalanan, koyu renkli ve yüksek moleküler ağırlıklı bileşiklerdir. Bu

maddeler, toprakta kimyasal dengeyi sağlarken, bitkiler için oldukça faydalıdır. Ayrıca kil minerallerine göre daha yüksek katyon değişim kapasitesine sahip olup İçerdikleri karboksilik asitler, fenolik ve alkolik bileşikler gibi kimyasal gruplar nedeniyle negatif elektriksel yük taşırlar, bu da onları katyonları çekme ve bağlama (şelatlama) açısından etkili hale getirerek besin elementlerinin alımını kolaylaştır (Pedranzani, H. & Vigliocco, A. 2017).

Hümik asit (HA) uygulamaları için lteratrde çok farklı dozlar bulunmaktadır (Vuorinen, Hamberg, Müller, Seiskari & Pennanen, 2015; Hatami, Shokouhian, Ghanbarri & Naseri, 2018; Tsetsegma vd., 2018). Hümik asit tarımda % 0,1-0,5 arası dozlarda kullanılmaktadır. Ancak hümik asidin etkisi toprağın asidi tamponlama kapasitesine göre değişebilmektedir. Bölgede ağaçlandırma amaçlı yapılan etüd proje çalışmaları ve daha önce bitirilen projeler kapsamında yapılan toprak ve su analizleri şimdiki çalışmanın da içinde olduğu İ Anadoludaki sahaların kireç içeriğinin yüksek olmasından dolayı asit tamponlama etkisinin de yüksek olduğunu göstermektedir (Yıldız vd., 2013). Bundan dolayı bu çalışmada, hem ibreliler hem de geniş yapraklılar için düşük doz (L) olarak % 0,1, yüksek doz (H) olarak da %1 HA zeltisi toprağa uygulanmıştır (izelge 2.4). HA uygulaması köklerin çalışmaya başladığı büyüme dönemi başında (mart) her işlem için belirlenmiş olan yaklaşık 1 litre çözeltilerden homojen bir şekilde toprak yüzeyine dökülerek gerçekleştirilmiştir (şekil 2.18). Jasmonik asit uygulaması mayıs sonu haziran başında iki defa sırt pompalarıyla yapraktan uygulanmıştır (şekil 2.19).

Çizelge 2.4. İşlemlerdeki türlere bağlı uygulama dozları.

Türler	İşlem	
	JA yoğunlukları	
	Düşük doz	Yüksek doz
Karaçam, Kızılçam ve Sedir	0,05 mg/L	1 mg/L
İğde ve badem	0,05 mg/L	0,5 mg/L
	HA yoğunlukları	
	Düşük doz	Yüksek doz
Karaçam, Kızılçam ve Sedir	% 0,1	% 1
İğde ve badem	% 0,1	% 1



Şekil 2.18. Hümik asit uygulaması.



Şekil 2.19. Jasmonik asit uygulaması.

2.4.7. Fidan Ölçümleri

2.4.7.1. Fidan Çap ve Boy Ölçümleri

İkşnci büyüme dönemi sonunda kuruyan fidanlar tespit edilmiş ve her bir işlemdeki tutma oranları belirlenmiştir. Ayrıca fidanların kök boğazı çapı mm'lik dijital çap ölçerlerle ve boyları şerit metrelerle ölçülerek çap ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. Fidanların çap ve boy ölçümleri.

2.4.7.2. Fidan Fizyolojik ve Biyokimyasal Ölçümler

Çalışmada belirlenen işlem ünitelerinin her birinden her tür için bütün fidandan örneklenen beş yaprak ve/veya ibrede (fidanın farklı yönlerinden) kuraklık stresinin belirlendiği fizyolojik ve biyokimyasal ölçümler yapılmıştır (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Fidanlardan yaprak örneklerin toplanması.

Örneklerin fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerinin değişmemesi için sahada yaprak/ibre örnekleri alüminyum folyolara sarıldıktan sonra sıvı azot dolu tüplere alınıp iyice dondurulmuştur. Gün sonunda yine içinde sıvı azot dolu strafor köpük kutulara alınıp kapak kısımları bantlanarak gaz çıkışı engellenmiştir. Örneklerdeki sıvı azot seviyeleri 3 saatte bir kontrol edilmiş ve azalan kutulara devarlardan sıvı azot takviyesi yapılarak yine bantlanmıştır. Örnekler laboratuvara getirildikten sonra -80°C derecedeki dolaplarda analiz gününe kadar bekletilmiştir (Şekil 2.22).



Şekil 2.22. Yaprak örneklerinin laboratuvara taşınması.

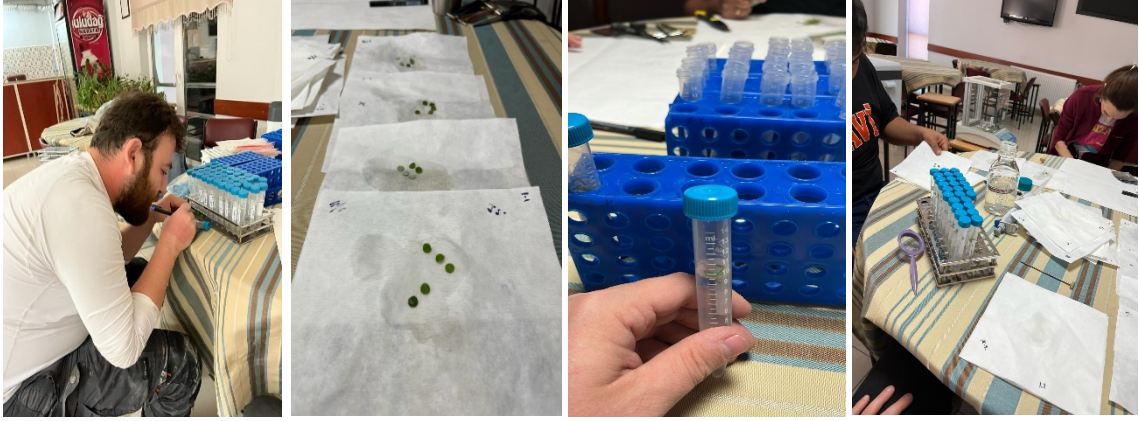
Fizyolojik Değişkenler:

Çalışma alanındaki her işlem ünitesinde 10 farklı bitkinin yaprakları klorofil floresans ölçümleri için kullanılmıştır. Floresans ölçümlerinden 15 dakika önce yaprak klipsleri kullanılarak yapraklar karanlığa alıştırılmıştır (Şekil 2.23). Daha sonra klorofil floresans cihazı yardımıyla yapraklar doygun ışık demetlerine maruz bırakılarak Fv/Fm oranları belirlenmiştir.



Şekil 2.23. Fidanların klorofil floresans ölçümleri.

Bağıl su içeriği (RWC) miktarının belirlenebilmesi için yaş ağırlıkları tespit edilen yaprak örnekleri deiyonize su içerisinde 5 saat bekletilip turgit ağırlıkları alındıktan sonra 70 °C’de 2 gün boyunca etüvde kurutulmuştur. Bağıl su içeriğinin hesaplanması Smart ve Bingham (1974)’a göre yapılmıştır (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. Bağlı su içeriği ölçümleri.

Biyokimyasal Değişkenler:

Çalışmada hücre membran lipidlerinin peroksidasyonunun tayini, lipid peroksidasyonun son ürünü olan malondialdehit (MDA) seviyesi ölçülerek Heath ve Packer (1968)'e göre tayin edilmiştir. Lipid peroksidasyonunun tayini için 0,5 g yaprak %0,1 trikloroasetik asit (TCA) ile homojenize edilerek, homojenat 15000 x g de 5 dk santrifüj edilmiştir. Süpernatantın 1 mL'sine, 4 mL %20 TCA içerisinde hazırlanmış %0,5 tiobarbiturik asit (TBA) ilave edilerek 95 °C'de 30 dk inkübasyondan sonra, süpernatantın absorbans değerleri 532 ve 600 nm'lerde spektrofotometrede okunmuştur. MDA konsantrasyonu $\epsilon=155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ kullanılarak hesaplanmıştır. H_2O_2 miktarının belirlenmesi için Liu, Guo & Bai (2010)'nin yöntemine göre 0,5 g yaprak soğuk asetonla (-20°C) homojenize edilerek 3000 g'de 10 dk. +4 °C'de santrifüj edilmiştir. 1 mL süpernatant 0,1 mL Titanyum reaktifi (HCl ile konsantre edilmiş %20 (v/v) TiCl_4) ile karıştırıldıktan sonra 0,2 mL amonyak çözeltisi ilave edilmiştir. Oluşan karışım 16000 g'de 10 dk +4 °C'de santrifüj edildikten sonra pellet soğuk asetonla yıkanmıştır. Daha sonra pellet 2 mL 1M H_2SO_4 ile çözülecek ve absorbans 410 nm'de ölçülmüştür. Standart olarak H_2O_2 kullanılmıştır. Çalışmada, prolin miktarı ise Bates, Waldren & Teare (1973)'na göre belirlenmiştir. Her bir işlem ünitesinden 0,5 g yaprak alınarak %3'lük sülfosalisilik asitle homojenize edilmiş ve elde edilen özüt santrifüj edilerek karışım elde edilmiştir. Daha sonra karışıma asit-ninhidrin ve glasiyal asetik asit eklendikten sonra etüve alınarak 100 °C'de 1 saat bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan tüpler buz banyosuna alınarak reaksiyon durdurulmuştur. Karışıma 3 mL tolüen ilave edilerek sıvı fazdan tolüen fraksiyonu aspire edilerek spektrofotometrede 520 nm'de absorbans ölçümü gerçekleştirilmiştir. Prolin konsantrasyonu, kalibrasyon eğrisinden hesaplanmış ve nmol/g taze ağırlık olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.25. Biyokimyasal ölçümlerin gerçekleştirilmesi.

Çalışmada antioksidan enzim miktarlarının belirlenmesi için her bir işlem ünitesinden 0,5 g yaprak sıvı azot ile havanda toz haline getirildikten sonra %1 (w/v) polivinilpolipirrolidon (PVPP) ve 1 mM etilendaimintetraasetik asit (EDTA) içeren 50 mM Na-fosfat tamponu (pH: 7,8) ile homojenize edilmiştir. APX ekstraksiyonu için 2 mM askorbat içeren tampon kullanılmıştır. Elde edilen özüt +4 °C’de 20.000 rpm’de 20 dk santrifüj edilerek süpernatant enzim aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) aktivitesinin belirlenmesi Beauchamp ve Fridovich (1971) metoduna göre yapılmıştır. 50 mM Na-fosfat tamponu (pH 7,8), 0,1 mM EDTA, 13 mM metionin, 75 µM nitro blue tetrazolium (NBT) ve 2 µM riboflavin içeren 3 mL’lik reaksiyon karışımına özüt ilave edildikten sonra bu karışım 10 dakika beyaz ışık altında bekletilerek 560 nm’deki absorbans değerleri ölçülmüştür. Süperoksitdismutaz (SOD) aktivitesi, indikatör olarak kullanılan NBT’un süperoksit radikalleri ile mavi renkli bir formazona indirgenmesi reaksiyonun SOD enzimi tarafından engellenmesinin ölçülmesiyle tayin edilmiştir. Bu reaksiyonun %50’sinin inhibisyonuna uygun süpernatant hacmi 1 enzim ünitesi olarak kabul edilmiştir. Guaiakol bağımlı peroksidaz aktivitesi Mika ve Lüthje (2003)’nin yönetimine göre belirlenmiştir. 25 mM sodyum asetat (pH 5,0) tamponu, 10 mM guaiakol ve 10 mM H₂O₂ içeren 1 mL’lik reaksiyon karışımı 470 nm’de ölçülmüş, sonuçları 26,6 mM⁻¹cm⁻¹ ekstinksiyon katsayısı ile Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) aktivitesinin tayini hesaplanmıştır. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) aktivitesi Aebi (1984)’ye göre belirlenmiştir. 50 mM Na-fosfat tamponu (pH 7,0), 30 mM H₂O₂ ve enzim özütü içeren 1 mL’lik reaksiyon karışımının 240 nm’de ölçüldükten sonra absorbanstaki düşüşün kaydedilmesi ile belirlenmiştir. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6)’ın bir ünitesi dakikada harcanan µmol H₂O₂ olarak ifade edilmiştir. Askorbat peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) aktivitesi Nakano ve Asada (1981)’ya göre yapılmıştır. Reaksiyon karışımı 50 mM Na-fosfat tamponu (pH 7,0), 250 µM askorbat, 5 mM H₂O₂ ve enzim özütü olarak

kullanılmıştır. Askorbatın oksidasyonu ile beraber 290 nm’de absorbansta meydana gelen düşüş izlenmiştir. 1 ünite Askorbat peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) aktivitesi, dakikada okside olan 1 mmol mL⁻¹ askorbat olarak ifade edilmiştir. Glutasyon redüktaz (GR; EC 1.6.4.2) miktarı Foyer & Halliwell’a göre belirlenmiştir. 50 mM Tris-HCl tamponu (pH 7,8), 1mM yükseltgenmiş glutasyon (GSSG), 0,25 mM NADPH, 0,5 mM EDTA ve enzim özütü içeren reaksiyon karışımındaki GSSG miktarındaki azalma 340 nm’de ölçülmüştür. Spesifik enzim aktivitesi, dakikada indirgenen 1 mmol mL⁻¹ GSSG miktarı olarak ifade edilmiştir.

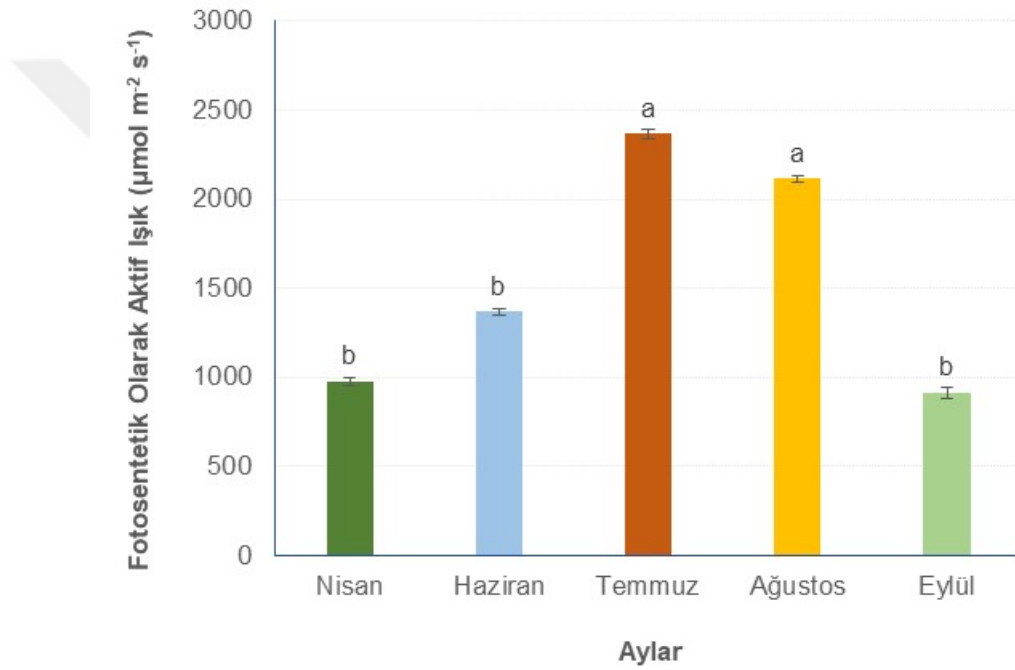
2.5. İSTATİSTİKİ ANALİZLER

Her tür için işlemlerin türlerin değişkenlerine etkisi çalışmanın desenine uygun olarak faktöriyel desenin blok desenine uygulaması şeklinde değerlendirilmiştir. Faktöriyel desen blok deseni içinde analiz edilirken ortalama olarak LS mean hesaplandığından bazı değişkenler için her işleme ayrı ayrı değil hepsi için tek bir standart hata hesaplanmıştır. Etkileşimin olmadığı fakat ana işlem etkisi belirlenen değişkenler için Tukey ortalamaları ayırma testi kullanılmıştır. Analizlerde SAS (1996) paket programından yararlanılmış olup sonuçlar $\alpha = 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. IŞIK

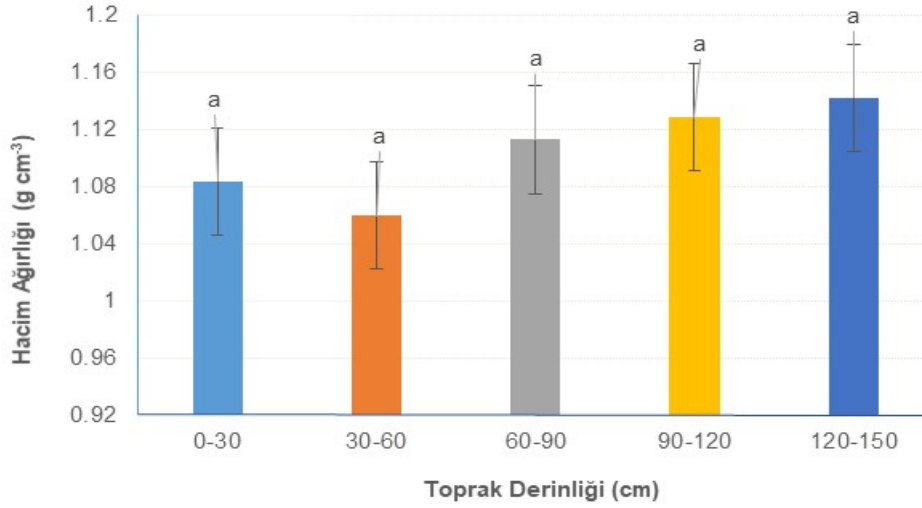
Çoklu reseptörlerle yapılan fotosentetik olarak aktif ışık miktarı tüm sahalarda temmuz-ağustos aylarında nisan ve haziran ayları ortalamalarına göre yaklaşık iki katına çıkmış ($2300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eylül ayında ise tekrar yaz başındaki seviyelere inmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. İç Anadolu kurak sahalarında fotosentetik olarak aktif ışık miktarı ortalaması $\pm$ standart hata ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Aynı harflerle takip edilen ay ortalamaları $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

3.2. TOPRAK

İşlemler arasında toprağın hacim ağırlıkları bakımından bir farklılık bulunmamaktadır. Ayrıca tüm sahalarda farklı derinliklerindeki toprağın hacim ağırlıkları arasında bir farklılık belirlenememiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında toprağın farklı derinliklerindeki hacim ağırlığı ortalaması $\pm$ standart hata (g cm^{-3}). Aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Dikim yapılan sahalarda toprağın iskelet, pH, EC, KDK, kireç, solma noktasındaki su miktarı ve tarla kapasitesindeki su miktarı bakımından bir farklılık bulunmamaktadır. Profil boyunca da sözü edilen değerlerin farklılık göstermediği belirlenmiştir. Genel olarak bazik özellik gösteren toprakların iskelet miktarı tüm derinliklerde %20’nin altında olup, tuz sorunu bulunmamaktadır. Profil boyunca yüksek kireç içeriğine sahip olan topraklarda KDK $12 \text{ Cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ civarındadır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında farklı derinliklerindeki toprağın iskelet (%), pH, EC (dS m^{-1}), KDK ($\text{Cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), kireç (%), solma noktasındaki su miktarı (%), tarla kapasitesindeki su miktarı (%). Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Derinlik (cm)	İskelet (%)	pH	EC (dS m^{-1})	KDK ($\text{Cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	Kireç (%)	Solma Noktasındaki su miktarı (%)	Tarla Kapasitesindeki su miktarı (%)
0-30	15 $\pm$ 4,7a	7.9 $\pm$ 0,03a	0.2 $\pm$ 0,1a	13 $\pm$ 2a	50 $\pm$ 4a	22 $\pm$ 3a	26 $\pm$ 3a
30-60	16 $\pm$ 6,2a	8.1 $\pm$ 0,07a	0.2 $\pm$ 0,1a	12 $\pm$ 2a	63 $\pm$ 2a	25 $\pm$ 3a	28 $\pm$ 4a
60-90	17 $\pm$ 5,8a	8.2 $\pm$ 0,1a	0.3 $\pm$ 0,1a	11 $\pm$ 2a	64 $\pm$ 2a	26 $\pm$ 4a	29 $\pm$ 4a
90-120	16 $\pm$ 5,9a	8.1 $\pm$ 0,08a	0.6 $\pm$ 0,1a	11 $\pm$ 2a	64 $\pm$ 3a	24 $\pm$ 3a	27 $\pm$ 4a
120-150	19 $\pm$ 6,3a	8 $\pm$ 0,07a	0.8 $\pm$ 0,2a	11 $\pm$ 2a	59 $\pm$ 4a	23 $\pm$ 3a	26 $\pm$ 3a

Toprağın C ve makro besin elementleri arasında bir farklılık bulunmamaktadır. Toprağın C oranının ilk 30 cm derinliğinde ikinci 30 cm derinliğine göre yaklaşık %64, 120- 150 cm derinliğine göre ise yaklaşık 4 kat fazla olduğu belirlenmiştir. Toprağın ilk 30 cm derinliğindeki N oranının 30-90 cm derinliğindeki N oranından yaklaşık % 62 fazla olduğu belirlenmiştir. Profilin 90-150 cm derinliğindeki N miktarı ise ilk 30 derinliğindeki değere göre yaklaşık % 60 azalmıştır. Fosfor ve K değeri ise ilk 30 cm derinliğinde diğer toprak katmanlarına göre yaklaşık 4 kat fazladır. Kükürt değeri ise derinlere doğru giderek artmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında farklı derinliklerindeki toprağın OC (%), N (%), P (ppm), K (ppm), Ca (ppm), S (ppm) değerleri ortalaması $\pm$ standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

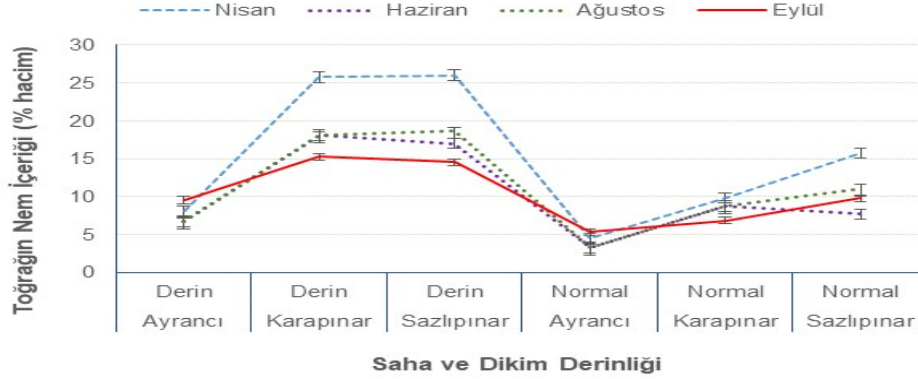
Derinlik	OC (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	S (ppm)
0-30	0.97 $\pm$ 0,05a	0.13 $\pm$ 0.01a	8.5 $\pm$ 0.7a	523 $\pm$ 87a	7317 $\pm$ 99a	5.2 $\pm$ 1.7c
30-60	0.59 $\pm$ 0,04b	0.09 $\pm$ 0.01b	2.9 $\pm$ 0.3b	186 $\pm$ 30b	7149 $\pm$ 120a	6.3 $\pm$ 2.1c
60-90	0.37 $\pm$ 0,04c	0.07 $\pm$ 0.01b	2.1 $\pm$ 0.2b	112 $\pm$ 14b	6815 $\pm$ 131a	44 $\pm$ 23.1b
90-120	0.26 $\pm$ 0,02d	0.06 $\pm$ 0.01c	2.2 $\pm$ 0.2b	125 $\pm$ 19b	6863 $\pm$ 141a	116 $\pm$ 44a
120-150	0.22 $\pm$ 0,02d	0.05 $\pm$ 0.01c	2.3 $\pm$ 0.2b	164 $\pm$ 29b	6607 $\pm$ 170a	244 $\pm$ 90a

İşlemler arasında ve profil boyunca toprağın Fe, Zn ve Cu değerleri arasında bir farklılık bulunmamaktadır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında farklı derinliklerindeki toprağın Fe (ppm), Zn (ppm) ve Cu (ppm) değerleri ortalaması $\pm$ standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Derinlik	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
0-30	8.34 $\pm$ 0.48 a	0.8 $\pm$ 0.03 a	2.9 $\pm$ 0.2 a
30-60	6.68 $\pm$ 0.61 a	0.65 $\pm$ 0.02 a	2.4 $\pm$ 0.12 a
60-90	7.65 $\pm$ 0.64 a	0.63 $\pm$ 0.02 a	2.19 $\pm$ 0.13 a
90-120	8.12 $\pm$ 0.83 a	0.64 $\pm$ 0.02 a	2.35 $\pm$ 0.18 a
120-150	8.62 $\pm$ 0.83 a	0.65 $\pm$ 0.03 a	2.13 $\pm$ 0.12 a

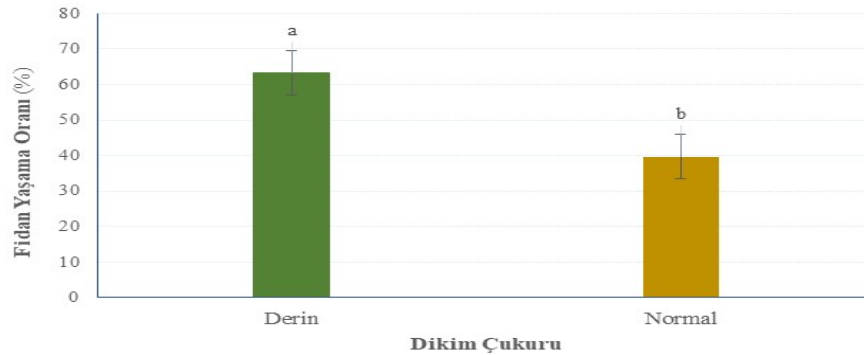
Tüm sahalarda toprağın nem içeriği derin dikim yapılan kısımlarda Nisan'dan Eylül ayına kadar geleneksel dikim yapılan kısımlara göre yaklaşık %50 daha fazladır. Sahalar itibariyle bakıldığında da Ayrancı sahasında hem derin dikim yapılan hem de geleneksel dikim yapılan kısımlarda diğer sahalara göre toprağın daha az nem içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. İç Anadolu'da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında ilk 30 cm derinliğindeki toprağın hacimsel nem içeriği ortalaması (%) $\pm$ standart hata.

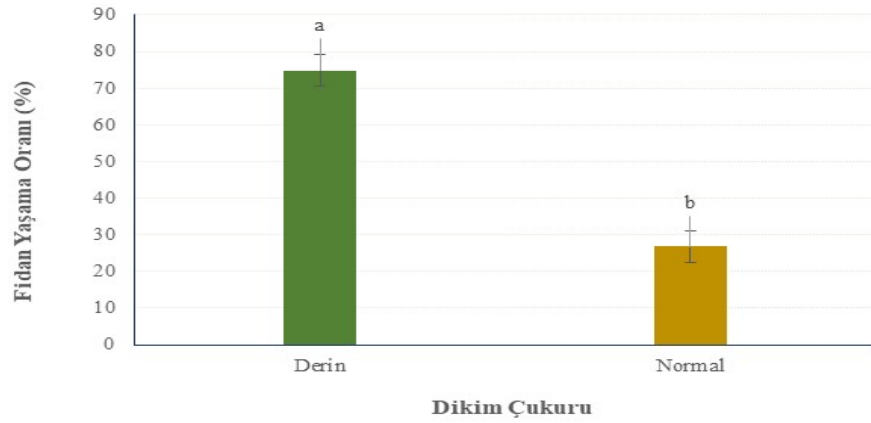
3.3. YAŞAMA ORANLARI

Fidanların yaşama oranlarında kimyasalların bir farkı görülmezken karaçam fidanlarının derin dikim yapılan sahalarda geleneksel dikim yapılan kısımlara göre yaklaşık %50 daha fazla yaşama oranına sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.4).



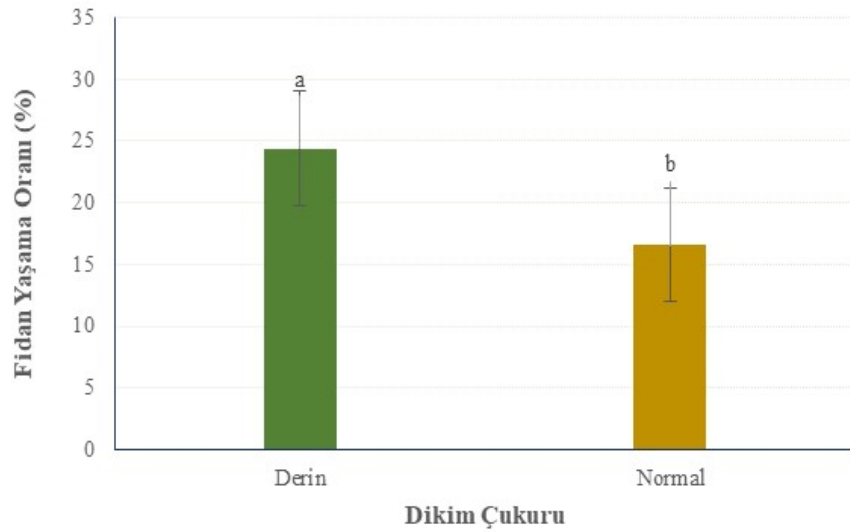
Şekil 3.4. İç Anadolu'da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının yaşama oranları ortalaması (%) $\pm$ standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Sedir fidanlarının derin dikim yapılan sahalarda geleneksel dikim yapılan kısımlara göre yaklaşık 3 kat daha fazla yaşama oranına sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.5).



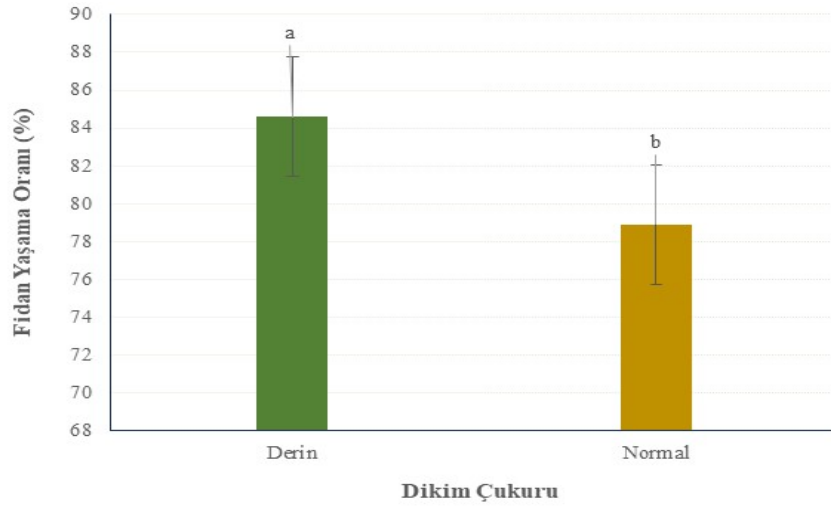
Şekil 3.5. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının yaşama oranları ortalaması (%) $\pm$ standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Kızılçam fidanlarının derin dikim yapılan sahalarda geleneksel dikim yapılan kısımlara göre yaklaşık %50 daha fazla yaşama oranına sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.6).

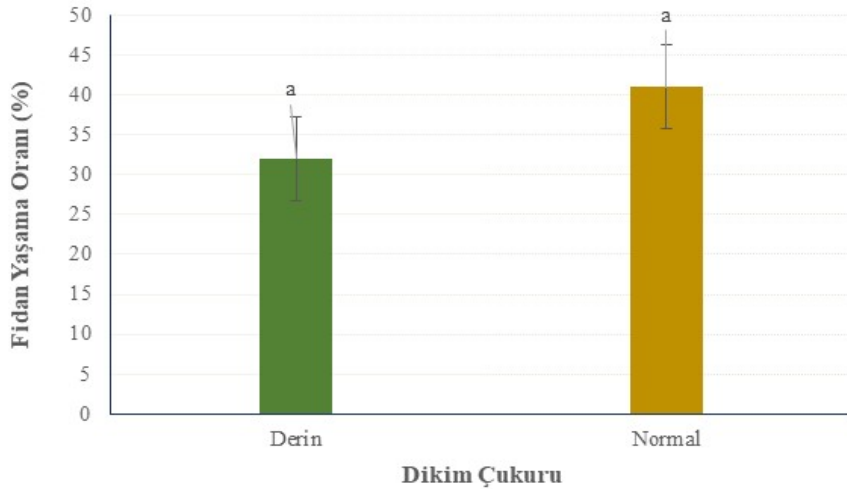


Şekil 3.6. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının yaşama oranları ortalaması (%) $\pm$ standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Yapraklılardan iğde fidanlarının derin dikim yapılan sahalarda geleneksel dikim yapılan kısımlara göre yaklaşık %8 daha fazla yaşama oranına sahip olduğu ancak badem fidanlarının yaşama oranlarında dikim çukuru derinliğinin bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Şekil 3.7, Şekil 3.8).



Şekil 3.7. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalарında iğde fidanlarının yaşama oranları ortalaması (%) ± standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.



Şekil 3.8. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalарında badem fidanlarının yaşama oranları ortalaması (%) ± standart hata. Aynı sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

3.4. BOY, ÇAP VE TEPE TACI ALANI GELİŞİMİ

3.4.1. Karaçam (*Pinus nigra*)

İşlemlerin karaçamın gelişimine bir etkisi belirlenememiştir. Karaçamın tüm işlem sahalarında yaklaşık $8 \pm 0,3$ boya (cm), yaklaşık $5 \pm 0,2$ çapa (mm) ve yaklaşık 125 ± 8 cm² tepe tacı taban alanı genişliğine sahip olduğu belirlenmiştir.

3.4.2. Kızılçam (*Pinus brutia*)

İşlemlerin kızılçamın çap gelişimine bir etkisi belirlenememiştir. Kızılçamın tüm işlem sahalarında yaklaşık $7,1 \pm 0,4$ çapa sahip olduğu belirlenmiştir. Kızılçam boy gelişiminde ve tepe tacı taban alanı genişliğinde Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0001). Kızılçamın boy gelişiminde jasmonik asidin etkisi hümitik asit ve dikim çukuru derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanın boy gelişiminde Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	Boy(cm)
Derin	D	D	14.3±1.3
Derin	D	K	10.7±1.4
Derin	D	Y	4.2±1.5
Derin	K	D	15±1.2
Derin	K	K	7.7±1.2
Derin	K	Y	13 ± 1,1
Derin	Y	D	13,3 ± 1,4
Derin	Y	K	19,5 ± 1,3
Derin	Y	Y	13,9 ± 1,5
Normal	D	D	9,5 ± 2,5
Normal	D	K	14,5 ± 2,2
Normal	D	Y	15,4 ± 2,4
Normal	K	D	15,5 ± 1,7
Normal	K	K	12,6 ± 1,6
Normal	K	Y	13,6 ± 1,7
Normal	Y	D	12 ± 1,8
Normal	Y	K	8,5 ± 1,8
Normal	Y	Y	15,7 ± 1,9

Kızılçamın tepe tacı taban alanı gelişiminde jasmonik asidin etkisi hümitik asit ve dikim çukuru derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir ((p-değeri=0,001; Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanın tepe tacı taban alanı gelişiminde Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	Tepe tacı taban alanı (cm ²)
Derin	D	D	364 ± 37
Derin	D	K	271 ± 40
Derin	D	Y	59 ± 44
Derin	K	D	423 ± 35
Derin	K	K	129 ± 36
Derin	K	Y	162 ± 28
Derin	Y	D	181 ± 34
Derin	Y	K	393 ± 31
Derin	Y	Y	200 ± 36
Normal	D	D	565 ± 60
Normal	D	K	158 ± 53,4
Normal	D	Y	108 ± 57
Normal	K	D	124 ± 41
Normal	K	K	108 ± 40
Normal	K	Y	85 ± 41
Normal	Y	D	84 ± 43
Normal	Y	K	455 ± 44

3.4.3. Sedir (*Cedrus libani*)

Sedir fidanlarının boy gelişiminde Dikim*HA (p-değeri=0,005) ve Dikim*JA (p-değeri=0,028) etkileşiminin olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla sedirin boy gelişiminde kimyasalların etkisi dikim çukuruna bağlı olarak değişmektedir (Çizelge 3.6; 3.7).

Çizelge 3.6. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanın boy gelişiminde Dikim*HA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	Boy (cm)
Derin	D	19,4 ± 0,6
Derin	K	18,7 ± 0,6
Derin	Y	17,7 ± 0,6
Normal	D	17,1 ± 0,9
Normal	K	21,9 ± 1,2
Normal	Y	18,3 ± 1,1

Çizelge 3.7. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanın boy gelişiminde Dikim*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	JA	Boy (cm)
Derin	D	18,7 ± 0,6
Derin	K	18,4 ± 0,6
Derin	Y	18,7 ± 0,6
Normal	D	16,8 ± 0,9
Normal	K	19,1 ± 1,1
Normal	Y	21,4 ± 1,2

Çap gelişiminde ise dikim (p-değeri=0,0001) ve HA (p-değeri=0,0001) ana etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Fidanların tepe tacı taban alanı ise işlemler arası bir farklılık belirlenememiş olup ortalama $152 \pm 52 \text{ cm}^2$ alana sahiptir. Derin çukura dikilen sedir fidanlarının yaklaşık %28 daha fazla çapa sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının derin çukura dikilenlerinin daha fazla çap gelişimi gösterdiği tespit edilmiştir.

Dikim	Çap (mm)
Derin	7,7 ± 0,1
Normal	6 ± 0,1

Yüksek dozda hümitik asit kullanılan sahalarda düşük doz kullanılan sahalarla kontrol sahalara göre sedir fidanlarının çap gelişimi yaklaşık % 10 daha düşüktür (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında yüksek dozda hümitik asit kullanılan sahalardaki sedir fidanlarının çap gelişimi daha düşüktür.

HA	Çap (mm)
D	7,2 ± 0,1
K	7 ± 0,2
Y	6,4 ± 0,1

3.4.4. İğde (*Eleagnus angustifolia*)

İğde fidanlarının boy gelişiminde Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0001). Dolayısıyla iğdenin boy gelişiminde kimyasalların etkisi hem diğer

kimyasalın etkisine hem de dikim çukuruna bağlı olarak değişmektedir (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanın boy gelişiminde Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	Boy (cm)
Derin	D	D	25,1 ± 2
Derin	D	K	26,5 ± 2
Derin	D	Y	30,1 ± 2
Derin	K	D	27,3 ± 2
Derin	K	K	30,8 ± 2
Derin	K	Y	30,2 ± 2
Derin	Y	D	27,3 ± 2
Derin	Y	K	37,7 ± 1,9
Derin	Y	Y	30,1 ± 2
Normal	D	D	26,3 ± 2,1
Normal	D	K	28,4 ± 2,1
Normal	D	Y	27,4 ± 2
Normal	K	D	29 ± 2,7
Normal	K	K	26 ± 2,2
Normal	K	Y	27,7 ± 2,3
Normal	Y	D	36,4 ± 2
Normal	Y	K	25,6 ± 2,2
Normal	Y	Y	36,4 ± 2,2

Çap gelişiminde Dikim*HA (p-değeri=0,003) ve Dikim*JA (p-değeri=0,008) etkileşiminin olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla iğdenin çap gelişiminde hem hümik asit hem de jasmonik asidin etkisi dikim çukuruna bağlı olarak değişmektedir (Çizelge 3.11; Çizelge 3.12).

Çizelge 3.11. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanın çap gelişiminde Dikim*HA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	Ortalama çap (mm) Std. hata
Derin	D	8,97 ± 0,189
Derin	K	8,946 ± 0,189
Derin	Y	9,243 ± 0,188
Normal	D	7,62 ± 0,198
Normal	K	8,677 ± 0,232
Normal	Y	9,133 ± 0,204

Çizelge 3.12. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanın çap gelişiminde Dikim*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	JA	Ortalama çap (mm) Std. hata
Derin	D	8,657 ± 0,191
Derin	K	9,375 ± 0,188
Derin	Y	9,127 ± 0,188
Normal	D	8,656 ± 0,22
Normal	K	8,132 ± 0,209
Normal	Y	8,642 ± 0,208

Fidanların tepe tacı taban alanı ise Dikim (p-değeri=0,001) ve HA (p-değeri=0,001) işlemleri farklılık göstermiştir. İğdenin tepe tacı taban alanı gelişimi normal dikim yapılan sahalara göre 2 kat fazladır (Çizelge 12). Hümik asidin yüksek dozda kullanıldığı uygulamalarda diğer uygulamalara göre tepe tacı taban alanı genişliği yaklaşık %50 daha fazladır (Çizelge 3.13).

Çizelge 3.13. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının derin çukura dikilenlerinin daha fazla tepe tacı taban alanı gelişimi gösterdiği tespit edilmiştir.

Dikim	Tepe tacı taban alanı (cm ²)
Derin	362,9 ± 17,2
Normal	174,2 ± 19,3

Hümik asidin yüksek dozda kullanıldığı sahalarda diğer sahalara göre tepe tacı taban alanı genişliği yaklaşık % 50 daha fazladır (Çizelge 3.14).

Çizelge 3.14. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının tepe tacı taban alanı gelişimi yüksek dozda hümik asit kullanılan sahalarda daha fazladır.

HA	Tepe tacı taban alanı (cm ²)
D	204 ± 22
K	277 ± 24
Y	325 ± 22

3.4.5. Badem (*Amygdalus communis*)

Badem fidanlarının boy gelişiminde dikim derinliği etkili olmuştur (p-değeri 0,02). Bademin boy gelişimi derin dikim yapılan sahalarda normal dikim yapılan sahalara göre yaklaşık %11 fazladır (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının derin çukura dikilenlerinin daha fazla boy gelişimi gösterdiği tespit edilmiştir.

Dikim	Boy (cm)
Derin	36,1 ± 1,2
Normal	32,6 ± 1,8

Çap gelişiminde Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0074). Dolayısıyla bademin çap gelişiminde kimyasalların etkisi hem diğer kimyasalın etkisine hem de dikim çukuruna bağlı olarak değişmektedir (Çizelge 3.16).

Çizelge 3.16. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanın çap gelişiminde Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	Çap (mm)
Derin	D	D	5,9 ± 0,7
Derin	D	K	6,2 ± 0,6
Derin	D	Y	6,3 ± 0,6
Derin	K	D	7,8 ± 0,9
Derin	K	K	8 ± 1
Derin	K	Y	10,6 ± 1,1
Derin	Y	D	9,3 ± 0,8
Derin	Y	K	6,4 ± 0,7
Derin	Y	Y	6,5 ± 0,7
Normal	D	D	8,8 ± 0,9
Normal	D	K	6 ± 1,1
Normal	D	Y	9,8 ± 0,9
Normal	K	D	8,7 ± 1,1
Normal	K	K	10,7 ± 1,7
Normal	K	Y	7,4 ± 1,1
Normal	Y	D	10 ± 1,3
Normal	Y	K	11,3 ± 1,7
Normal	Y	Y	9,9 ± 1,1

Tepe tacı taban alanı işlemler arası farklılık göstermeyip ortalama $300 \pm 45 \text{ cm}^2$ olarak belirlenmiştir.

3.5. Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişkenler

3.5.1. Bağlı Su İçeriği

İşlemlerin karaçamda RWC değerine etkisi belirlenmemiş olup tüm işlemlerde ortalama RWC değeri ortalama 78 ± 8 olarak hesaplanmıştır. Kızılçamda Dikim*HA etkileşiminin RWC değerini etkilediği belirlenmiştir (p-değeri=0,004). Bu nedenle kızılçamın RWC değerine hümik asidin etkisi dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.17).

Çizelge 3.17. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının RWC değerine Dikim*HA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	RWC (%)
Derin	D	$73 \pm 1,4$
Derin	K	$68 \pm 1,4$
Derin	Y	$70 \pm 1,4$
Normal	D	$72 \pm 1,4$
Normal	K	$75 \pm 1,4$
Normal	Y	$77 \pm 1,4$

İşlemlerin sedir, iğde ve bademde RWC değerine etkisi belirlenmemiş olup tüm işlemlerde RWC değeri sırasıyla ortalama $70 \pm 0,8$, $52 \pm 0,9$ ve 57 ± 1 olarak hesaplanmıştır.

3.5.2. Prolin

Prolin değerinde karaçamda Dikim*HA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0003). Bu nedenle karaçamda prolin değerine hümik asidin etkisi dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.18).

Çizelge 3.18. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının prolin değerine Dikim*HA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	Prolin (mgg ⁻¹)
Derin	D	$0,21 \pm 0,07$
Derin	K	$0,12 \pm 0,07$
Derin	Y	$0,13 \pm 0,07$
Normal	D	$0,21 \pm 0,07$
Normal	K	$0,63 \pm 0,07$
Normal	Y	$0,18 \pm 0,07$

Kızılçamda Dikim (p-değeri=0,01) ve HA (p-değeri=0,02)' ın ana etkisi belirlenmiştir. Kızılçamın prolin değeri normal dikim yapılan sahalarda derin dikim yapılan sahalara göre yaklaşık %23 fazladır (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.19. İç Anadolu'da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalарında kızılçam fidanlarının prolin değerine derin dikimde azalmıştır.

Dikim	Prolin (mg g ⁻¹)
Derin	0,13 ± 0,01b
Normal	0,16 ± 0,01a

Kızılçamın prolin değeri hümik asidin yüksek dozu kullanılan sahalarda diğer sahalara oranla yaklaşık %20 fazladır (Çizelge 3.20).

Çizelge 3.20. İç Anadolu'da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalарında kızılçam fidanlarının prolin değeri hümik asidin yüksek dozunda artmıştır.

HA	Prolin (mg g ⁻¹)
D	0,14 ± 0,01b
K	0,13 ± 0,01b
Y	0,16 ± 0,01a

Hümik asit kullanımı sedir de prolin miktarını etkilemiştir (p-değeri=0,0017). Sedirin prolin değeri hümik asidin yüksek dozu kullanılan sahalarda diğer sahalara oranla yaklaşık %31 fazladır (Çizelge 3.21).

Çizelge 3.21. İç Anadolu'da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalарında sedir fidanlarının prolin değeri hümik asidin yüksek dozunda artmıştır.

HA	Prolin (mg g ⁻¹)
D	0,67 ± 0,09b
K	0,78 ± 0,09b
Y	0,98 ± 0,09a

İğdenin prolin değerlerinde Dikim*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0016). Bu nedenle iğdenin prolin değerine jasmonik asidin etkisi dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.22).

Çizelge 3.22. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının prolin değerine Dikim*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	JA	Prolin (mg g ⁻¹)
Derin	D	0,96 ± 0,11
Derin	K	0,55 ± 0,11
Derin	Y	0,47 ± 0,11
Normal	D	0,75 ± 0,11
Normal	K	0,65 ± 0,11
Normal	Y	0,92 ± 0,11

Bademin prolin değerlerinde Dikim*HA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,004). Bu nedenle bademin prolin değerine hümik asidin etkisi dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.23).

Çizelge 3.23. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının prolin değerine Dikim*HA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	Prolin (mg g ⁻¹)
Derin	D	0,43 ± 0,03
Derin	K	0,36 ± 0,03
Derin	Y	0,3 ± 0,03
Normal	D	0,2 ± 0,03
Normal	K	0,21 ± 0,03
Normal	Y	0,25 ± 0,03

3.5.3. Klorofil Floresans

Klorofil floresans değerinde karaçamda Dikim*HA*JA etkileşimi görülmektedir (p-değeri=0,002). Bu nedenle karaçamın klorofil floresans değeri jasmonik ve hümik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.24).

Çizelge 3.24 İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının Klorofil floresans değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	Klorofil Floresans (Fv/Fm)
Derin	D	D	0,58 ± 0,04
Derin	D	K	0,7 ± 0,04
Derin	D	Y	0,64 ± 0,04
Derin	K	D	0,71 ± 0,04
Derin	K	K	0,75 ± 0,04
Derin	K	Y	0,66 ± 0,04
Derin	Y	D	0,72 ± 0,04
Derin	Y	K	0,67 ± 0,04
Derin	Y	Y	0,74 ± 0,04
Normal	D	D	0,69 ± 0,04
Normal	D	K	0,49 ± 0,04
Normal	D	Y	0,74 ± 0,04
Normal	K	D	0,68 ± 0,04
Normal	K	K	0,65 ± 0,04
Normal	K	Y	0,44 ± 0,04
Normal	Y	D	0,64 ± 0,04
Normal	Y	K	0,7 ± 0,04
Normal	Y	Y	0,61 ± 0,04

Klorofil floresans değerinde kızılçamda HA*JA etkileşimi görülmektedir (p-değeri=0,002). Bu nedenle kızılçamın klorofil floresans değeri jasmonik ve hümik asidin dozuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.25).

Çizelge 3.25. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının Klorofil floresans değerine HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

HA	JA	Klorofil Floresans (Fv/Fm)
D	D	0,59 ± 0,03
D	K	0,59 ± 0,03
D	Y	0,54 ± 0,03
K	D	0,66 ± 0,03
K	K	0,65 ± 0,03
K	Y	0,61 ± 0,03
Y	D	0,48 ± 0,03
Y	K	0,62 ± 0,03
Y	Y	0,62 ± 0,03

İşlemlerin sedir fidanlarının klorofil floresans değerlerine etkisi olmamış ve tüm sahalarda klorofil floresans değerleri yaklaşık 0,62 ± 0,01 olarak hesaplanmıştır. Klorofil floresans değerinde iğdede Dikim*HA*JA etkileşimi görülmektedir (p-değeri=0,009). Bu nedenle iğdenin klorofil floresans değeri jasmonik ve hümik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.26).

Çizelge 3.26. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının Klorofil floresans değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	Klorofil Floresans (Fv/Fm)
Derin	D	D	0,67 ± 0,03
Derin	D	K	0,73 ± 0,03
Derin	D	Y	0,73 ± 0,03
Derin	K	D	0,69 ± 0,03
Derin	K	K	0,72 ± 0,03
Derin	K	Y	0,72 ± 0,03
Derin	Y	D	0,64 ± 0,03
Derin	Y	K	0,7 ± 0,03
Derin	Y	Y	0,72 ± 0,03
Normal	D	D	0,64 ± 0,03
Normal	D	K	0,73 ± 0,03
Normal	D	Y	0,7 ± 0,03
Normal	K	D	0,75 ± 0,03
Normal	K	K	0,6 ± 0,03
Normal	K	Y	0,74 ± 0,03
Normal	Y	D	0,64 ± 0,03
Normal	Y	K	0,68 ± 0,03
Normal	Y	Y	0,67 ± 0,03

Klorofil floresans değerinde bademde Dikim*HA*JA etkileşimi görülmektedir (p-değeri=0,01). Bu nedenle bademin klorofil floresans değeri jasmonik ve hümik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.27).

Çizelge 3.27. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının Klorofil floresans değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	Klorofil Floresans (Fv/Fm)
Derin	D	D	0,76 ± 0,02
Derin	D	K	0,7 ± 0,02
Derin	D	Y	0,74 ± 0,02
Derin	K	D	0,64 ± 0,02
Derin	K	K	0,71 ± 0,02
Derin	K	Y	0,71 ± 0,02
Derin	Y	D	0,69 ± 0,02
Derin	Y	K	0,71 ± 0,02
Derin	Y	Y	0,68 ± 0,02
Normal	D	D	0,7 ± 0,02
Normal	D	K	0,75 ± 0,02
Normal	D	Y	0,74 ± 0,02
Normal	K	D	0,7 ± 0,02
Normal	K	K	0,75 ± 0,02

Çizelge 3.27(devamı). İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının Klorofil floresans değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	Klorofil Floresans (Fv/Fm)
Normal	K	Y	0,74 ± 0,02
Normal	Y	D	0,7 ± 0,02
Normal	Y	K	0,65 ± 0,02
Normal	Y	Y	0,73 ± 0,02

3.5.4. Glutasyon Redüktaz

Karaçam fidanlarının glutasyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0001). Bu nedenle karaçamın glutasyon redüktaz aktivite değeri jasmonik ve hümkik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.28).

Çizelge 3.28. Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının glutasyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	GR (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,023 ± 0,005
Derin	D	K	0,022 ± 0,005
Derin	D	Y	0,037 ± 0,005
Derin	K	D	0,043 ± 0,005
Derin	K	K	0,084 ± 0,005
Derin	K	Y	0,096 ± 0,005
Derin	Y	D	0,013 ± 0,005
Derin	Y	K	0,019 ± 0,005
Derin	Y	Y	0,048 ± 0,005
Normal	D	D	0,028 ± 0,005
Normal	D	K	0,035 ± 0,005
Normal	D	Y	0,045 ± 0,005
Normal	K	D	0,032 ± 0,005
Normal	K	K	0,03 ± 0,005
Normal	K	Y	0,02 ± 0,005
Normal	Y	D	0,011 ± 0,005
Normal	Y	K	0,03 ± 0,005
Normal	Y	Y	0,018 ± 0,005

Kızılçam fidanlarının glutasyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0001). Bu nedenle kızılçamın glutasyon redüktaz aktivite değeri jasmonik ve hümkik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.29).

Çizelge 3.29. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	GR (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,021 ± 0,004
Derin	D	K	0,02 ± 0,004
Derin	D	Y	0,032 ± 0,004
Derin	K	D	0,037 ± 0,004
Derin	K	K	0,08 ± 0,004
Derin	K	Y	0,091 ± 0,004
Derin	Y	D	0,012 ± 0,004
Derin	Y	K	0,018 ± 0,004
Derin	Y	Y	0,046 ± 0,004
Normal	D	D	0,029 ± 0,004
Normal	D	K	0,034 ± 0,004
Normal	D	Y	0,036 ± 0,004
Normal	K	D	0,037 ± 0,004
Normal	K	K	0,029 ± 0,004
Normal	K	Y	0,026 ± 0,004
Normal	Y	D	0,017 ± 0,004
Normal	Y	K	0,036 ± 0,004
Normal	Y	Y	0,02 ± 0,004

Sedir fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0001). Bu nedenle sedirin glutatyon redüktaz aktivite değeri jasmonik ve hümik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.30).

Çizelge 3.30. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	GR (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,023 ± 0,003
Derin	D	K	0,023 ± 0,003
Derin	D	Y	0,037 ± 0,003
Derin	K	D	0,044 ± 0,003
Derin	K	K	0,086 ± 0,003
Derin	K	Y	0,097 ± 0,003
Derin	Y	D	0,013 ± 0,003
Derin	Y	K	0,019 ± 0,003
Derin	Y	Y	0,049 ± 0,003
Normal	D	D	0,026 ± 0,003
Normal	D	K	0,03 ± 0,003

Çizelge 3.30 (devamı). İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	GR (U mg ⁻¹ protein)
Normal	D	Y	0,055 ± 0,003
Normal	K	D	0,036 ± 0,003
Normal	K	K	0,028 ± 0,003
Normal	K	Y	0,018 ± 0,003
Normal	Y	D	0,012 ± 0,003
Normal	Y	K	0,037 ± 0,003
Normal	Y	Y	0,018 ± 0,003

İğde fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0001). Bu nedenle iğdenin glutatyon redüktaz aktivite değeri jasmonik ve hümitik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.31).

Çizelge 3.31. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	GR (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,92 ± 0,21
Derin	D	K	0,78 ± 0,21
Derin	D	Y	1,13 ± 0,21
Derin	K	D	1,87 ± 0,21
Derin	K	K	1,18 ± 0,21
Derin	K	Y	2,32 ± 0,21
Derin	Y	D	1,19 ± 0,21
Derin	Y	K	1,21 ± 0,21
Derin	Y	Y	1,36 ± 0,21
Normal	D	D	0,36 ± 0,21
Normal	D	K	0,33 ± 0,21
Normal	D	Y	1,67 ± 0,21
Normal	K	D	1,11 ± 0,21
Normal	K	K	0,89 ± 0,21
Normal	K	Y	0,84 ± 0,21
Normal	Y	D	10,78 ± 0,21
Normal	Y	K	1,65 ± 0,21
Normal	Y	Y	1,52 ± 0,21

Badem fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0001). Bu nedenle bademin glutatyon redüktaz aktivite değeri jasmonik ve hümitik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.32).

Çizelge 3.32. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının glutatyon redüktaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	GR (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,42 ± 0,21
Derin	D	K	0,38 ± 0,21
Derin	D	Y	0,49 ± 0,21
Derin	K	D	0,86 ± 0,21
Derin	K	K	0,64 ± 0,21
Derin	K	Y	1,07 ± 0,21
Derin	Y	D	0,55 ± 0,21
Derin	Y	K	0,51 ± 0,21
Derin	Y	Y	0,65 ± 0,21
Normal	D	D	0,61 ± 0,21
Normal	D	K	0,6 ± 0,21
Normal	D	Y	0,87 ± 0,21
Normal	K	D	0,76 ± 0,21
Normal	K	K	0,6 ± 0,21
Normal	K	Y	0,71 ± 0,21
Normal	Y	D	4,15 ± 0,21
Normal	Y	K	0,75 ± 0,21
Normal	Y	Y	0,81 ± 0,21

3.5.5. Süperoksit Dismutaz

Karaçam fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,002). Bu nedenle karaçamın glutatyon redüktaz aktivite değeri jasmonik ve hümik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.33).

Çizelge 3.33. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	SOD (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	1,38 ± 0,2
Derin	D	K	1,63 ± 0,2
Derin	D	Y	3,57 ± 0,2
Derin	K	D	1,92 ± 0,2
Derin	K	K	3,1 ± 0,2
Derin	K	Y	4,26 ± 0,2
Derin	Y	D	0,83 ± 0,2
Derin	Y	K	1,58 ± 0,2
Derin	Y	Y	1,52 ± 0,2
Normal	D	D	1,44 ± 0,2
Normal	D	K	1,62 ± 0,2

Çizelge 3.33(devamı). İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	SOD (U mg ⁻¹ protein)
Normal	D	Y	2,44 ± 0,2
Normal	K	D	2,36 ± 0,2
Normal	K	K	1,79 ± 0,2
Normal	K	Y	1,75 ± 0,2
Normal	Y	D	1,93 ± 0,2
Normal	Y	K	1,77 ± 0,2
Normal	Y	Y	1,41 ± 0,2

Kızılçam fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,003). Bu nedenle kızılçamın glutatyon redüktaz aktivite değeri jasmonik ve hümitik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.34).

Çizelge 3.34. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	SOD (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	1,36 ± 0,21
Derin	D	K	1,61 ± 0,21
Derin	D	Y	3,06 ± 0,21
Derin	K	D	1,77 ± 0,21
Derin	K	K	3,06 ± 0,21
Derin	K	Y	4,21 ± 0,21
Derin	Y	D	0,82 ± 0,21
Derin	Y	K	1,56 ± 0,21
Derin	Y	Y	1,5 ± 0,21
Normal	D	D	1,74 ± 0,21
Normal	D	K	1,84 ± 0,21
Normal	D	Y	2,45 ± 0,21
Normal	K	D	2,4 ± 0,21
Normal	K	K	2,07 ± 0,21
Normal	K	Y	1,95 ± 0,21
Normal	Y	D	2,07 ± 0,21
Normal	Y	K	2,04 ± 0,21
Normal	Y	Y	2,02 ± 0,21

Sedir fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,002). Bu nedenle sedirin glutatyon redüktaz aktivite değeri jasmonik ve hümitik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.35).

Çizelge 3.35. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	SOD (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	1,46 ± 0,17
Derin	D	K	1,73 ± 0,17
Derin	D	Y	3,8 ± 0,17
Derin	K	D	2,05 ± 0,17
Derin	K	K	3,29 ± 0,17
Derin	K	Y	4,53 ± 0,17
Derin	Y	D	0,88 ± 0,17
Derin	Y	K	1,68 ± 0,17
Derin	Y	Y	1,62 ± 0,17
Normal	D	D	1,25 ± 0,17
Normal	D	K	1,72 ± 0,17
Normal	D	Y	2,59 ± 0,17
Normal	K	D	2,51 ± 0,17
Normal	K	K	1,72 ± 0,17
Normal	K	Y	1,86 ± 0,17
Normal	Y	D	2,05 ± 0,17
Normal	Y	K	1,88 ± 0,17
Normal	Y	Y	1,65 ± 0,17

İğde fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,002). Bu nedenle iğdede glutatyon redüktaz aktivite değeri jasmonik ve hümitik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.36).

Çizelge 3.36. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	SOD (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	56,73 ± 5,18
Derin	D	K	22,58 ± 5,18
Derin	D	Y	48,44 ± 5,18
Derin	K	D	49,88 ± 5,18
Derin	K	K	42,83 ± 5,18
Derin	K	Y	31,14 ± 5,18
Derin	Y	D	51,27 ± 5,18
Derin	Y	K	35,78 ± 5,18
Derin	Y	Y	57,24 ± 5,18
Normal	D	D	36,73 ± 5,18
Normal	D	K	77,13 ± 5,18
Normal	D	Y	64,89 ± 5,18
Normal	K	D	43,98 ± 5,18
Normal	K	K	37,38 ± 5,18

Çizelge 3.36(devamı). İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	SOD (U mg ⁻¹ protein)
Normal	K	Y	66,92 ± 5,18
Normal	Y	D	212,4 ± 5,18
Normal	Y	K	92,98 ± 5,18
Normal	Y	Y	46,76 ± 5,18

Badem fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,002). Bu nedenle bademde glutatyon redüktaz aktivite değeri jasmonik ve hümitik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.37).

Çizelge 3.37. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının süperoksit dismutaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	SOD (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	25,92 ± 6,11
Derin	D	K	15,75 ± 6,11
Derin	D	Y	23,45 ± 6,11
Derin	K	D	22,79 ± 6,11
Derin	K	K	18,87 ± 6,11
Derin	K	Y	14,23 ± 6,11
Derin	Y	D	23,42 ± 6,11
Derin	Y	K	19,68 ± 6,11
Derin	Y	Y	26,15 ± 6,11
Normal	D	D	43,6 ± 6,11
Normal	D	K	39,08 ± 6,11
Normal	D	Y	41,46 ± 6,11
Normal	K	D	40,31 ± 6,11
Normal	K	K	32,46 ± 6,11
Normal	K	Y	60,45 ± 6,11
Normal	Y	D	95,54 ± 6,11
Normal	Y	K	45,11 ± 6,11
Normal	Y	Y	45,69 ± 6,11

3.5.6. Hidrojen Peroksit

İşlemlerin karaçam fidanlarının hidrojen peroksit değerine değerlerine etkisi olmamış ve tüm sahalarda hidrojen peroksit değerleri yaklaşık 1,27 ± 0,2 olarak hesaplanmıştır. Kızılçam fidanlarının hidrojen peroksit değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle kızılçamda hidrojen peroksit değerine jasmonik ve hümitik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.38).

Çizelge 3.38. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının hidrojen peroksit değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	HP ($\mu\text{mol}/\text{gr}^{-1}$)
Derin	D	D	$0,2 \pm 0,03$
Derin	D	K	$0,29 \pm 0,03$
Derin	D	Y	$0,18 \pm 0,03$
Derin	K	D	$0,21 \pm 0,03$
Derin	K	K	$0,12 \pm 0,03$
Derin	K	Y	$0,15 \pm 0,03$
Derin	Y	D	$0,45 \pm 0,03$
Derin	Y	K	$0,23 \pm 0,03$
Derin	Y	Y	$0,41 \pm 0,03$
Normal	D	D	$0,22 \pm 0,03$
Normal	D	K	$0,17 \pm 0,03$
Normal	D	Y	$0,15 \pm 0,03$
Normal	K	D	$0,21 \pm 0,03$
Normal	K	K	$0,25 \pm 0,03$
Normal	K	Y	$0,18 \pm 0,03$
Normal	Y	D	$0,15 \pm 0,03$
Normal	Y	K	$0,16 \pm 0,03$
Normal	Y	Y	$0,24 \pm 0,03$

Sedir fidanlarının hidrojen peroksit değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle sedirde hidrojen peroksit değerine jasmonik ve hümitik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.39).

Çizelge 3.39. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının hidrojen peroksit değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	HP ($\mu\text{mol}/\text{gr}^{-1}$)
Derin	D	D	$0,44 \pm 0,02$
Derin	D	K	$0,53 \pm 0,02$
Derin	D	Y	$0,4 \pm 0,02$
Derin	K	D	$0,44 \pm 0,02$
Derin	K	K	$0,36 \pm 0,02$
Derin	K	Y	$0,38 \pm 0,02$
Derin	Y	D	$0,69 \pm 0,02$
Derin	Y	K	$0,47 \pm 0,02$
Derin	Y	Y	$0,65 \pm 0,02$
Normal	D	D	$0,54 \pm 0,02$
Normal	D	K	$0,41 \pm 0,02$
Normal	D	Y	$0,34 \pm 0,02$

Çizelge 3.39(devamı). İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının hidrojen peroksit değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	HP ($\mu\text{mol}/\text{gr}^{-1}$)
Normal	K	D	$0,46 \pm 0,02$
Normal	K	K	$0,54 \pm 0,02$
Normal	K	Y	$0,41 \pm 0,02$
Normal	Y	D	$0,34 \pm 0,02$
Normal	Y	K	$0,3 \pm 0,02$
Normal	Y	Y	$0,48 \pm 0,02$

İşlemlerin iğde fidanlarının hidrojen peroksit değerine değerlerine etkisi olmamış ve tüm sahalarda hidrojen peroksit değerleri yaklaşık $5,1 \pm 0,1$ olarak hesaplanmıştır. Bademde Dikim*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,02). Bu nedenle bademin hidrojen peroksit değerine jasmonik asidin farklı dozları farklı derinliklerde farklı etki göstermektedir (Çizelge 3.40).

Çizelge 3.40. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının hidrojen peroksit değerine Dikim*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	JA	HP ($\mu\text{mol}/\text{gr}^{-1}$)
Derin	D	$3,16 \pm 0,1$
Derin	K	$3,53 \pm 0,1$
Derin	Y	$3,6 \pm 0,1$
Normal	D	$3,75 \pm 0,1$
Normal	K	$3,61 \pm 0,1$
Normal	Y	$3,73 \pm 0,1$

3.5.7. Peroksidaz

Karaçam fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle karaçamda peroksidaz aktivite değerine jasmonik ve hümkik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.41).

Çizelge 3.41. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	POX (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	2,2 ± 0,51
Derin	D	K	0,92 ± 0,51
Derin	D	Y	3,14 ± 0,51
Derin	K	D	3,87 ± 0,51
Derin	K	K	0,26 ± 0,51
Derin	K	Y	0,64 ± 0,51
Derin	Y	D	2,9 ± 0,51
Derin	Y	K	1,36 ± 0,51
Derin	Y	Y	4,33 ± 0,51
Normal	D	D	5,18 ± 0,51
Normal	D	K	1,98 ± 0,51
Normal	D	Y	6,11 ± 0,51
Normal	K	D	5,11 ± 0,51
Normal	K	K	2,28 ± 0,51
Normal	K	Y	3,38 ± 0,51
Normal	Y	D	12,54 ± 0,51
Normal	Y	K	5,24 ± 0,51
Normal	Y	Y	6,81 ± 0,51

Kızılçam fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle kızılçamda peroksidaz aktivite değerine jasmonik ve hümik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.42).

Çizelge 3.42. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	POX (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	1,75 ± 0,56
Derin	D	K	1,04 ± 0,56
Derin	D	Y	1,43 ± 0,56
Derin	K	D	1,87 ± 0,56
Derin	K	K	0,18 ± 0,56
Derin	K	Y	0,44 ± 0,56
Derin	Y	D	2,36 ± 0,56
Derin	Y	K	1,32 ± 0,56
Derin	Y	Y	2,25 ± 0,56
Normal	D	D	3,26 ± 0,56
Normal	D	K	2,32 ± 0,56
Normal	D	Y	5,5 ± 0,56

Çizelge 3.42 (devamı). İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	POX (U mg ⁻¹ protein)
Normal	K	D	4,03 ± 0,56
Normal	K	K	2,84 ± 0,56
Normal	K	Y	2,1 ± 0,56
Normal	Y	D	7,75 ± 0,56
Normal	Y	K	2,89 ± 0,56
Normal	Y	Y	4,56 ± 0,56

Sedir fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle sedirin peroksidaz aktivite değerine jasmonik ve hümkik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.43).

Çizelge 3.43. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	POX (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	1,78 ± 0,39
Derin	D	K	0,75 ± 0,39
Derin	D	Y	2,54 ± 0,39
Derin	K	D	3,14 ± 0,39
Derin	K	K	0,21 ± 0,39
Derin	K	Y	0,52 ± 0,39
Derin	Y	D	2,35 ± 0,39
Derin	Y	K	1,1 ± 0,39
Derin	Y	Y	3,51 ± 0,39
Normal	D	D	4,34 ± 0,39
Normal	D	K	1,07 ± 0,39
Normal	D	Y	3,46 ± 0,39
Normal	K	D	4,41 ± 0,39
Normal	K	K	1,11 ± 0,39
Normal	K	Y	3,22 ± 0,39
Normal	Y	D	10,17 ± 0,39
Normal	Y	K	3,72 ± 0,39
Normal	Y	Y	7,36 ± 0,39

İğde fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle iğdenin peroksidaz aktivite değerine jasmonik ve hümkik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.44).

Çizelge 3.44. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	POX (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	3,34 ± 0,5
Derin	D	K	1,4 ± 0,5
Derin	D	Y	4,77 ± 0,5
Derin	K	D	5,89 ± 0,5
Derin	K	K	0,39 ± 0,5
Derin	K	Y	0,97 ± 0,5
Derin	Y	D	4,41 ± 0,5
Derin	Y	K	2,07 ± 0,5
Derin	Y	Y	6,59 ± 0,5
Normal	D	D	8,13 ± 0,5
Normal	D	K	2 ± 0,5
Normal	D	Y	6,5 ± 0,5
Normal	K	D	8,28 ± 0,5
Normal	K	K	2,09 ± 0,5
Normal	K	Y	6,03 ± 0,5
Normal	Y	D	19,08 ± 0,5
Normal	Y	K	6,97 ± 0,5
Normal	Y	Y	11,46 ± 0,5

Badem fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle bademin peroksidaz aktivite değerine jasmonik ve hümik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.45).

Çizelge 3.45. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	POX (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	1,68 ± 0,57
Derin	D	K	1,06 ± 0,57
Derin	D	Y	2,14 ± 0,57
Derin	K	D	2,97 ± 0,57
Derin	K	K	0,39 ± 0,57
Derin	K	Y	0,49 ± 0,57
Derin	Y	D	2,22 ± 0,57
Derin	Y	K	1,28 ± 0,57
Derin	Y	Y	3,32 ± 0,57
Normal	D	D	3,49 ± 0,57
Normal	D	K	2,31 ± 0,57
Normal	D	Y	3,32 ± 0,57

Çizelge 3.45(devamı). İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	POX (U mg ⁻¹ protein)
Normal	K	D	4,44 ± 0,57
Normal	K	K	2,37 ± 0,57
Normal	K	Y	3,25 ± 0,57
Normal	Y	D	8,46 ± 0,57
Normal	Y	K	3,51 ± 0,57
Normal	Y	Y	4,43 ± 0,57

3.5.8. Katalaz

Karaçam fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle karaçamın katalaz aktivite değerine jasmonik ve hümkik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.46).

Çizelge 3.46. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	KA (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,041 ± 0,003
Derin	D	K	0,011 ± 0,003
Derin	D	Y	0,032 ± 0,003
Derin	K	D	0,017 ± 0,003
Derin	K	K	0,025 ± 0,003
Derin	K	Y	0,074 ± 0,003
Derin	Y	D	0,019 ± 0,003
Derin	Y	K	0,021 ± 0,003
Derin	Y	Y	0,012 ± 0,003
Normal	D	D	0,021 ± 0,003
Normal	D	K	0,024 ± 0,003
Normal	D	Y	0,011 ± 0,003
Normal	K	D	0,022 ± 0,003
Normal	K	K	0,031 ± 0,003
Normal	K	Y	0,02 ± 0,003
Normal	Y	D	0,025 ± 0,003
Normal	Y	K	0,01 ± 0,003
Normal	Y	Y	0,037 ± 0,003

Kızılcıamın fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle kıızılcıamın katalaz aktivite değerine jasmonik ve hümkik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.47).

Çizelge 3.47. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	KA (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,036 ± 0,004
Derin	D	K	0,011 ± 0,004
Derin	D	Y	0,032 ± 0,004
Derin	K	D	0,033 ± 0,004
Derin	K	K	0,022 ± 0,004
Derin	K	Y	0,066 ± 0,004
Derin	Y	D	0,017 ± 0,004
Derin	Y	K	0,02 ± 0,004
Derin	Y	Y	0,011 ± 0,004
Normal	D	D	0,024 ± 0,004
Normal	D	K	0,021 ± 0,004
Normal	D	Y	0,02 ± 0,004
Normal	K	D	0,023 ± 0,004
Normal	K	K	0,031 ± 0,004
Normal	K	Y	0,019 ± 0,004
Normal	Y	D	0,025 ± 0,004
Normal	Y	K	0,013 ± 0,004
Normal	Y	Y	0,029 ± 0,004

Sedir fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle sedirin katalaz aktivite değerine jasmonik ve hümik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.48).

Çizelge 3.48. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	KA (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,037 ± 0,003
Derin	D	K	0,01 ± 0,003
Derin	D	Y	0,03 ± 0,003
Derin	K	D	0,016 ± 0,003
Derin	K	K	0,023 ± 0,003
Derin	K	Y	0,068 ± 0,003
Derin	Y	D	0,018 ± 0,003
Derin	Y	K	0,019 ± 0,003
Derin	Y	Y	0,011 ± 0,003
Normal	D	D	0,022 ± 0,003
Normal	D	K	0,022 ± 0,003

Çizelge 3.48(devamı). İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	KA (U mg ⁻¹ protein)
Normal	D	Y	0,01 ± 0,003
Normal	K	D	0,02 ± 0,003
Normal	K	K	0,03 ± 0,003
Normal	K	Y	0,018 ± 0,003
Normal	Y	D	0,023 ± 0,003
Normal	Y	K	0,009 ± 0,003
Normal	Y	Y	0,03 ± 0,003

İğde fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle iğdenin katalaz aktivite değerine jasmonik ve hümik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.49).

Çizelge 3.49. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	KA (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,07 ± 0,02
Derin	D	K	0,44 ± 0,02
Derin	D	Y	0,04 ± 0,02
Derin	K	D	0,15 ± 0,02
Derin	K	K	0,59 ± 0,02
Derin	K	Y	0,6 ± 0,02
Derin	Y	D	0,07 ± 0,02
Derin	Y	K	0,28 ± 0,02
Derin	Y	Y	0,09 ± 0,02
Normal	D	D	0,06 ± 0,02
Normal	D	K	0,09 ± 0,02
Normal	D	Y	0,23 ± 0,02
Normal	K	D	0,07 ± 0,02
Normal	K	K	0,14 ± 0,02
Normal	K	Y	0,12 ± 0,02
Normal	Y	D	0,13 ± 0,02
Normal	Y	K	0,13 ± 0,02
Normal	Y	Y	0,04 ± 0,02

Badem fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle bademin katalaz aktivite değerine jasmonik ve hümik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.50).

Çizelge 3.50. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının katalaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	KA (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,04 ± 0,02
Derin	D	K	0,15 ± 0,02
Derin	D	Y	0,02 ± 0,02
Derin	K	D	0,07 ± 0,02
Derin	K	K	0,27 ± 0,02
Derin	K	Y	0,29 ± 0,02
Derin	Y	D	0,04 ± 0,02
Derin	Y	K	0,1 ± 0,02
Derin	Y	Y	0,04 ± 0,02
Normal	D	D	0,07 ± 0,02
Normal	D	K	0,07 ± 0,02
Normal	D	Y	0,1 ± 0,02
Normal	K	D	0,04 ± 0,02
Normal	K	K	0,08 ± 0,02
Normal	K	Y	0,09 ± 0,02
Normal	Y	D	0,06 ± 0,02
Normal	Y	K	0,06 ± 0,02
Normal	Y	Y	0,04 ± 0,02

3.5.9. Askorbat Peroksidaz

Karaçam fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,001). Bu nedenle karaçamın askorbat peroksidaz aktivite değerine jasmonik ve hümik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.51).

Çizelge 3.51. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	APX (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,17 ± 0,02
Derin	D	K	0,11 ± 0,02
Derin	D	Y	0,22 ± 0,02
Derin	K	D	0,19 ± 0,02
Derin	K	K	0,15 ± 0,02
Derin	K	Y	0,24 ± 0,02
Derin	Y	D	0,13 ± 0,02
Derin	Y	K	0,13 ± 0,02
Derin	Y	Y	0,13 ± 0,02

Çizelge 3.51 (devamı). İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında karaçam fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	APX (U mg ⁻¹ protein)
Normal	D	D	0,16 ± 0,02
Normal	D	K	0,17 ± 0,02
Normal	D	Y	0,16 ± 0,02
Normal	K	D	0,16 ± 0,02
Normal	K	K	0,27 ± 0,02
Normal	K	Y	0,14 ± 0,02
Normal	Y	D	0,17 ± 0,02
Normal	Y	K	0,15 ± 0,02
Normal	Y	Y	0,16 ± 0,02

Kızılçam fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0023). Bu nedenle kızılçamın askorbat peroksidaz aktivite değerine jasmonik ve hümkik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.52).

Çizelge 3.52. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında kızılçam fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	APX (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,13 ± 0,02
Derin	D	K	0,09 ± 0,02
Derin	D	Y	0,17 ± 0,02
Derin	K	D	0,13 ± 0,02
Derin	K	K	0,12 ± 0,02
Derin	K	Y	0,19 ± 0,02
Derin	Y	D	0,1 ± 0,02
Derin	Y	K	0,1 ± 0,02
Derin	Y	Y	0,1 ± 0,02
Normal	D	D	0,14 ± 0,02
Normal	D	K	0,15 ± 0,02
Normal	D	Y	0,15 ± 0,02
Normal	K	D	0,15 ± 0,02
Normal	K	K	0,24 ± 0,02
Normal	K	Y	0,15 ± 0,02
Normal	Y	D	0,18 ± 0,02
Normal	Y	K	0,13 ± 0,02
Normal	Y	Y	0,14 ± 0,02

Sedir fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0001). Bu nedenle sedirin askorbat peroksidaz aktivite

değerine jasmonik ve hümkik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.53).

Çizelge 3.53. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında sedir fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine

Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	APX (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	0,15 ± 0,02
Derin	D	K	0,1 ± 0,02
Derin	D	Y	0,2 ± 0,02
Derin	K	D	0,17 ± 0,02
Derin	K	K	0,13 ± 0,02
Derin	K	Y	0,21 ± 0,02
Derin	Y	D	0,12 ± 0,02
Derin	Y	K	0,11 ± 0,02
Derin	Y	Y	0,11 ± 0,02
Normal	D	D	0,14 ± 0,02
Normal	D	K	0,15 ± 0,02
Normal	D	Y	0,14 ± 0,02
Normal	K	D	0,14 ± 0,02
Normal	K	K	0,28 ± 0,02
Normal	K	Y	0,13 ± 0,02
Normal	Y	D	0,16 ± 0,02
Normal	Y	K	0,13 ± 0,02
Normal	Y	Y	0,15 ± 0,02

İğde fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0001). Bu nedenle iğdenin askorbat peroksidaz aktivite değerine jasmonik ve hümkik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.54).

Çizelge 3.54. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine

Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	APX (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	3,54 ± 0,38
Derin	D	K	2,83 ± 0,38
Derin	D	Y	3,64 ± 0,38
Derin	K	D	1,3 ± 0,38
Derin	K	K	2 ± 0,38
Derin	K	Y	4,31 ± 0,38
Derin	Y	D	5,6 ± 0,38
Derin	Y	K	4,53 ± 0,38
Derin	Y	Y	9,91 ± 0,38

Çizelge 3.54(devamı). İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında iğde fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	APX (U mg ⁻¹ protein)
Normal	D	D	0,92 ± 0,38
Normal	D	K	1,67 ± 0,38
Normal	D	Y	10,61 ± 0,38
Normal	K	D	0,88 ± 0,38
Normal	K	K	7,08 ± 0,38
Normal	Y	D	2,12 ± 0,38
Normal	Y	K	1,93 ± 0,38
Normal	Y	Y	4,72 ± 0,38

Badem fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir (p-değeri=0,0001). Bu nedenle bademin askorbat peroksidaz aktivite değerine jasmonik ve hümkik asidin dozu ile dikim çukurunun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.55).

Çizelge 3.55. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalarında badem fidanlarının askorbat peroksidaz aktivite değerine Dikim*HA*JA etkileşimi belirlenmiştir.

Dikim	HA	JA	APX (U mg ⁻¹ protein)
Derin	D	D	1,54 ± 0,39
Derin	D	K	1,34 ± 0,39
Derin	D	Y	1,57 ± 0,39
Derin	K	D	0,59 ± 0,39
Derin	K	K	1,1 ± 0,39
Derin	K	Y	1,88 ± 0,39
Derin	Y	D	2,44 ± 0,39
Derin	Y	K	1,82 ± 0,39
Derin	Y	Y	4,32 ± 0,39
Normal	D	D	2,56 ± 0,39
Normal	D	K	1,38 ± 0,39
Normal	D	Y	4,37 ± 0,39
Normal	K	D	1,23 ± 0,39
Normal	K	K	2,39 ± 0,39
Normal	K	Y	1,4 ± 0,39
Normal	Y	D	1,47 ± 0,39
Normal	Y	K	0,89 ± 0,39
Normal	Y	Y	1,95 ± 0,39

3.5.10. Lipid Peroksidasyonu

İşlemlerin karaçam fidanlarının lipid peroksidasyonu değerlerine etkisi olmamış ve tüm sahalarda lipid peroksidasyon değerleri yaklaşık 6,03 ± 0,16 olarak hesaplanmıştır.

Kızılçam fidanlarının lipid peroksidasyonu değeri derin çukurda normal dikim yapılan sahalara göre yaklaşık %17 daha yüksek hesaplanmıştır (Çizelge 3.56; p-değeri = 0,001).

Çizelge 3.56. İç Anadolu’da farklı dikim tekniği ve kimyasallar kullanılarak yapılan ağaçlandırma sahalalarında Kızılçam fidanlarının lipit peroksidasyon değeri derin çukurda daha yüksektir.

Dikim	Lipid Peroksidasyonu. (nmol g ⁻¹ FW)
Derin	6,8 ± 0,13
Normal	5,8 ± 0,13

İşlemlerin sedir, iğde ve badem fidanlarının lipid peroksidasyonu değerlerine etkisi olmamıştır. Tüm sahalarda sedir lipit peroksidasyon değerleri yaklaşık 6,15 ± 0,17, iğde de yaklaşık 9,9 ± 0,26 ve bademde yaklaşık 12,1 ± 0,4 olarak hesaplanmıştır.

4. TARTIŞMA

Düşük yağış, yüksek buharlaşma oranları ve sınırlı bitki örtüsü ile karakterize edilen kurak alanlar, aşırı otlatma, ormansızlaşma ve sürdürülemez tarım uygulamaları nedeniyle tahribe karşı oldukça hassastır. Bu alanlar sıklıkla toprak erozyonuna, toprak kaybına ve su mevcudiyetinin azalmasına maruz kalmakta ve bu da arazi verimliliğinde düşüşe yol açmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki arazi bozulması, çölleşmeyi şiddetlendiren ve toprak verimliliğini azaltan kritik bir çevre sorunudur (Kaplan, Kparschen & Kola, 1970; Kooten, Shaikh & Suchanek, 2002; IUCN, 2017).

Toprak stabilizasyonu, su tutma ve mikro iklim düzenlemesi gibi çok yönlü faydaları nedeniyle bu tür sahalarda ağaçlandırma, arazi bozulmasını azaltmak ve ekolojik dengeyi yeniden sağlamak için potansiyel bir çözüm sunmaktadır (Cao vd., 2011; Cortina vd., 2011). Ağaçlar ve çalılar, kök sistemleriyle toprağı stabilize edebilir, rüzgâr ve suyun neden olduğu erozyonu azaltabilir, nemi tutma kapasitesinin artırılmasına yardımcı olabilir ve organik madde girdisi sağlayarak toprağın verimliliğini artırabilir (Reynolds vd., 2007). Bu tür sahalardaki ağaçlandırma genellikle, çölleşmeyle mücadele, toprak kalitesinin iyileştirilmesi, biyolojik çeşitliliğin artırılması ve iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesi ihtiyacından kaynaklanmaktadır.

Karasal iklime sahip İç Anadolu'da, kurak alan ağaçlandırma projeleri aynı zamanda erozyonu önleme ve iklim değişikliğinin yarattığı sorunlara da çözüm bulmayı amaçlıyor. Gerek devlet kurumları gerekse sivil toplum kuruluşları tarafından uzun yıllardır bölgede ağaçlandırma çalışmaları yapılmaktadır. Ancak doğal koşulların genellikle ağaç büyümesine uygun olmadığı kurak veya yarı kurak sahalardaki ağaçlandırma çalışmaları karmaşık ve çok yönlü bir süreçtir. Bütün bu çabalara rağmen ağaçlandırma projelerinin uygulanmasında su kıtlığı, toprak yapısının bozulması ve aşırı sıcaklık dalgalanmaları gibi zorluklar yer almaktadır (Yıldız vd., 2022).

Toprak neminin sınırlı olduğu kurak alanlarda, yüksek hacim ağırlığı, toprak gözenekliliğini azaltarak, kök gelişimini engelleyerek suya ve besinlere erişimi azaltıp fidan gelişimini ciddi şekilde kısıtlayabilir (McKenzie, Coughlan & Ryan, 2002; Hillel, 2013; Yıldız vd., 2017). Toprak işleme, toprağı su sızmasını, toprağın nem tutma

kapasitesini ve besinlerin yararlanılabilirliğini arttırarak, erozyonu azaltarak ve mikrobiyal aktiviteyi ve kök büyümesini teşvik ederek kurak alanlardaki fidan performansını artırabilir (Whisenant, 1993). Şimdiki çalışmada tüm sahalarda alt ve üst toprak işlemesi yapıldığından toprak sıkışmasıyla ilgili bir sorun görülmemektedir.

İç Anadolu'da sınırlı yağış, sıcaklık dalgalanmaları, değişken bitki örtüsü ve antropojenik etkileri yansıtacak şekilde toprağın organik madde ve besin içeriği zamansal ve mekânsal farklılıklar göstermektedir (Yildiz, 2018; Yıldiz vd., 2018; Yıldiz vd., 2022).

İç Anadolu'da toprağın pH'ı genellikle alkali olup sıklıkla 7,5 pH değerini aşmaktadır (Şimşekli, 2012; Yıldiz vd., 2017). İç Anadolu topraklarındaki yüksek pH seviyelerinin besin maddelerinin, özellikle de fosforun bitkiler tarafından yararlanılabilir formunun azalmasına neden olabileceğini iddia etmektedirler (Şimşekli, 2012; Yıldiz vd., 2017). Şimdiki çalışmada da tüm sahalarda ve derinliklerde toprağın iskelet miktarı düşük, kireç miktarı çok yüksek ve pH değeri 8 civarında olup alkali özellik göstermektedir.

Genel olarak, yüksek KDK'ya sahip topraklar daha fazla besin tutabilir, bu da onları daha verimli ve bitki büyümesi için daha uygun hale getirir. Ancak, kurak alanlar düşük organik madde içeriği ve mineral kısımlardan kaba kum ve toz içeriğinin kile oranla genelde daha fazla olmasından dolayı düşük KDK'ya sahip topraklar içerir. Birçok kurak alan, smektit veya vermikülit gibi kil minerallerine kıyasla daha düşük katyon değişim kapasitesine sahip kalsit ve alçıtaşı gibi mineraller açısından zengin olduğundan kurak toprakların mineral bileşimi de KDK'yı etkilemektedir (Joshi, 1996; Brady ve Weil, 2017). Bu nedenle kurak alanlarda KDK toprak tipine ve içeriğine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Örneğin, bazı kurak bölgelerdeki kumlu topraklar 5 cmol kg⁻¹ kadar düşük KDK değerlerine sahip olabilirken, kil içeriği artan topraklarda bu değer 15 cmol kg⁻¹ 'a kadar çıkabilir (Binkley ve Fisher, 2013). Şimdiki sahalarda da toprak profili boyunca KDK değeri yaklaşık 12 cmol kg⁻¹ civarındadır. Ağaçlandırma toprağın besin dinamikleri ve verimliliği üzerinde uzun vadeli etkiler yaratabilir. Yıldiz vd. (2022) yörede farklı yaşlardaki ağaçlandırma sahalarında yaptıkları araştırmada zamanla organik madde birikimi arttıkça toprağın KDK'sının da giderek arttığını tespit etmiştir.

Toprağın organik karbonu, bu ortamların karakteristik özelliği olan düşük biyokütleyi ve yavaş ayrışma oranlarını yansıtacak şekilde % 0,5 ila % 1,5 arasında değişmektedir (Chen vd., 2016 ;Yildiz, 2018; Yıldiz vd., 2018; Yıldiz, 2019; Yıldiz vd., 2022). Besin elementlerinin en dinamik havuzu olan organik madde azlığı aynı zamanda bitki

beslenmesini de sınırlandırmaktadır. Yıldız vd. (2022), İç Anadolu kurak sahalarında organik madde azlığı nedeniyle N, P ve K gibi temel besin maddelerinin düşük olduğunu belirtmektedir.

Akdeniz havzasının kurak sahalarında, sınırlı organik madde ayrışması ve yıkanma kayıpları nedeniyle toprağın N yoğunluğu genellikle düşüktür ve toplam N seviyeleri % 0,05 ile % 0,15 arasında değişmektedir (Schlesinger, 1997; Seçilmiş, 2019). Şimdiki çalışmada da toprağın C ve N değerleri kurak sahalar için belirtilen değerlerle uyum göstermektedir. Ancak, yer örtücülerin etkisiyle toprağın ilk 30 cm derinliğindeki değerler profilin alt katmanlarına göre daha yüksektir.

Kurak sahalarda yaygın olan kalsiyum karbonatlar tarafından fosforun bağlanması bitkiler tarafından yararlanılabilir formların ortalama yoğunluğunu 5 ila 20 mg/kg arasında sınırlandırmaktadır (Binkley & Fisher, 2013). Şimdiki sahalarda da P değeri kurak sahalar için belirtilen aralığın alt sınırına yakın olmasının nedeni yüksek kireç içeriğine bağlı olabilir.

Kurak sahalarda toprak tipi ve anamateryale bağlı olarak değişiklik göstermesine rağmen yıkanmaya karşı daha dirençli olan K'nın yoğunluğu yüksek olup ortalama 100 ila 300 mg kg⁻¹ arasında değerlere sahiptir (Joshi, 1996; Najafi-Ghiri & Abtahi, 2013). Şimdiki sahalarda K değeri alt topraklarda belirtilen bu aralıklarda olmasına rağmen ilk 30 cm toprak derinliğinde oldukça yüksek seviyededir.

Kurak sahalarda Zn, Cu ve Fe gibi mikro besin elementlerinin yoğunluğu ve yararlanılabilirliği genelde düşük olup ana materyale, üst toprağı ve besin maddelerini tüketen toprak erozyonu ve besin dinamiklerini değiştiren otlatmaya bağlı olarak mekânsal ve zamansal değişkenlikler göstermektedir (Lal, 2004a; Lal, 2004b; Kirkham, 2023). Bu mikro besin elementlerinin yoğunluğu da kurak sahalar için belirtilen aralıklarda yer almaktadır.

Kurak sahalarda bitki performansını belirleyen en önemli ekosistem değişkeni sudur (Allen vd., 2010). Toprak nemi ayrıca besin döngüsü ve yararlanılabilirliğini etkileyerek kurak dönemlerde bitkiler tarafından besin alımını sınırlayabilir. İç Anadolu' da yetersiz ve seyrek yağışlar kronik su kıtlığına neden olmaktadır. Ayrıca su kaynakların aşırı kullanımı ve yeraltı su kaynaklarına yetersiz su takviyesi nedeniyle bölgedeki yeraltı suyu seviyesi giderek azalmaktadır (Yılmaz, 2010). Bölgede yağışlı ve kurak dönemler arasında önemli dalgalanmalar görülmektedir. İklim modelleri, İç Anadolu'da

önümüzdeki yıllarda yağışların daha da azalacağını ve sıcaklıklarda artış yaşanacağını öngörülmektedir (Ç.Ş.B., 2024). Azalan yağış ve yüksek sıcaklıklar, buharlaşmanın artmasına ve mevcut su kaynaklarının daha da azalmasına neden olabilir. Bu zorlu ortamlarda dikilen fidanların yaşama oranlarını ve büyüme performanslarını arttıracak yenilikçi teknikler ve yaklaşımlar geliştirilmelidir. Dolayısıyla bu tür sahalarda genellikle fidanların sudan faydalanmasını arttıracak yöntemlere odaklanılmaktadır. Kullanılan diğer tekniklerin çoğu da su kullanımını arttırmaya veya kuraklık stresiyle başa çıkmaya yönelik çalışmalardır. Bu nedenle, su yönetimi kurak alan ağaçlandırmasında kritik öneme sahiptir. Bitkilerin toprak neminden daha fazla faydalanmasını sağlayan dikim yöntemleri fidanların hayatta kalma oranlarını önemli ölçüde artırabilir (Trees, 2019). Dikim çukuru küçük bir rezervuar görevi görerek suyun daha etkili bir şekilde toprağa sızmasına ve yüzey akışının azaltılmasına olanak tanıyarak yağışın kıt olduğu sahalarda, fidanın hayatta kalma oranı ve büyüme performansında önemli bir fark yaratabilir. Çukur, aşırı sıcaklıklardan ve rüzgârdan korunan bir mikro ortam oluşturarak fidan üzerindeki stresi azaltabilir ve büyümeyi teşvik edebilir. Çalışmalar, su tutma kapasitesi arttırılmış daha büyük çukurların kurak ortamlarda fidan büyümesini önemli ölçüde artırabildiğini bulmuştur. Örneğin, Mauki & Kilonzo (2022), 400-570 mm yağış alan Tanzania'nın Dodoma bölgesinde şimdiki çalışmada da kullanılan 40-50 cm çukur derinliği de dahil olmak üzere daha büyük dikim çukurlarının sudan ve besinden yararlanma miktarını arttırarak bitkilerin yaşama oranını ve performansını olumlu yönde etkilediğini belirlemiştir. Şimdiki çalışmada da tüm sahalarda nisandan eylül ayına kadar olan büyüme sezonu boyunca toprağın nem içeriği derin dikim yapılan kısımlarda geleneksel dikim yapılan kısımlara göre yaklaşık %50 daha fazladır. Bu nedenle fidanların tutma başarısı derin çukura dikim yapılan sahalarda genel olarak önemli oranda artmıştır.

Kurak topraklarda besinler genellikle bitkilerin kolayca alamayacağı formlarda bağlanır. Hümk asitler N, P ve K gibi besin maddelerini şelatlayarak fidanlar için daha yararlanılabilir hale getirebilir. Bu besin mobilizasyonu, besin açısından fakir kurak topraklarda fidanların beslenmesi açısından oldukça önemlidir. Hümk asit uygulanması, bitki hormon düzeylerini etkileyerek kök büyümesini teşvik edebilir. İyi gelişmiş kök sistemleri, fidelerin su ve besin maddeleri için daha derin toprak katmanlarına erişmesini sağladığından, kurak alanlarda fidelerin hayatta kalması için hayati öneme sahiptir. Hümk asitler, mikrobiyal aktiviteyi teşvik ederek, daha iyi fide performansını destekleyen daha sağlam bir toprak ekosistemine katkıda bulunabilir (Binkley & Fisher,

2013). Kurak saha toprakları genellikle düşük su tutma kapasitesine sahip olduklarından bu sahalara dikilen fidanlar sık sık kuraklık stresine maruz kalmaktadır. Su kıtlığının bitki büyümesini sınırladığı kurak ve yarı kurak bölge ağaçlandırmalarında hümik asit uygulamasının toprak yapısını iyileştirdiği, kararlı agregatlar oluşturarak toprağın nem tutma kapasitesini artırdığı ve kök büyümesini teşvik ederek fidan performansını arttırdığına yönelik araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin, Sania (2014), yaprakтан hümik asit uygulamasının fidanların boy gelişimini önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir. El-Khateeb, El-Leithy & Aljemaa (2011) tarafından yapılan bir çalışma, hümik asit uygulamasının *Acacia saligna* fidanlarının toprak üstü ve altı gelişimini önemli miktarda arttırdığını göstermiştir. Benzer şekilde Pukalchik, Kydralivea, Yakimenko, Fedoseeva & Terekhova (2019), humik asit uygulamasının, besin alımını artırarak ve toprak erozyonunu azaltarak kurak sahalarda fidanların yaşama oranlarını ve büyümesini önemli ölçüde artırdığını bulmuşlardır.

Stres tepkileri ve savunma mekanizmalarındaki rolüyle bilinen bir bitki hormonu olan jasmonik asit (JA) ile ilgili kurak sahaların stresli ortamlarında fidanların kuraklık toleransını ve genel performansını arttırdığına dair çalışmalar bulunmaktadır (Correia vd., 2014; Belorkar, 2021). JA kurak koşullarda su ve besin alımını iyileştirmek için önemli olan kök gelişimini, hücrel turgorun korunmasına ve oksidatif strese karşı korumaya yardımcı olan prolin ve çözünebilir şekerler gibi osmoprotektanların üretimini artırabilir. JA uygulaması aynı zamanda strese duyarlı genlerin ifadesini de etkileyerek bitkinin kuraklığın neden olduğu hasara dayanma yeteneğini arttırabilir.

Farklı bölgelerde yapılan çalışmalar JA uygulamasının kurak sahalarda fidanların boy, biyokütle ve kök-sürgün oranı gibi büyüme göstergelerinde iyileşmelere yol açabileceğini göstermiştir. Jasmonik asit, membran stabilitesini, bitki su ilişkilerini, besin alımını, osmolit birikimini ve kuraklığın toksik etkilerine karşı koyabilecek antioksidan aktiviteleri geliştirerek kurak sahalarda bitki performansını arttıran bir hormondur.

Hümik asit ve Jasmonik asit uygulaması, kurak alan ağaçlandırmasında fide performansını artırmak için umut verici potansiyel bir çözüm sunmaktadır. Dolayısıyla HA ve JA uygulaması kurak ve yarı kurak bölgelerde ağaçlandırma çabalarının etkinliğini arttırabilir. Şimdiki çalışmada fidanların boy, çap ve tepe tacı taban alanı gelişimde bu kimyasalların tek başına değil de birbirlerinin oranı ve dikim çukuru derinliğine bağlı olarak etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla her iki kimyasalın da tek başına fidan performansını arttırdığına dair bir veri elde edilememiştir. Bununla birlikte, HA ve JA

uygulamasının fidan performansına etkisi ortama göre farklılıklar gösterebileceğinden bu kimyasalların uygulama protokollerini geliştirmek ve bunların farklı bitki türlerinin ve çevre koşullarının özel ihtiyaçlarına göre uyarlanmasını sağlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Örneğin, hümit asidin etkisi toprağın asidi tamponlama kapasitesine göre değişebilmektedir. Gerek şimdiki çalışma sonuçları, gerekse bölgede ağaçlandırma amaçlı yapılan etüd proje çalışmaları ve daha önce bitirilen projeler kapsamında yapılan toprak ve su analizleri sahaların kireç içeriğinin yüksek olmasından dolayı asit tamponlama etkisinin de yüksek olduğunu göstermektedir (Yıldız vd.,2013). Dolayısıyla toprağa atılan hümit asidin ne kadarının işlem etkisi yattığı bilinmemektedir. Bu nedenle bu sahalarda bu tür kimyasal işlem uygulamalarında randıman alınabilmesi için sahaların asit tamponlama kapasitelerinin önceden belirlenerek sahaya göre asit dozu belirlenmelidir.

Kuraklık, tuzluluk ya da sıcaklık gibi olumsuz çevresel koşullar altında bitkilerde, süperoksit radikali, tekli oksijen, hidrojen peroksit ve hidroksil radikalleri gibi reaktif oksijen türleri olarak adlandırılan maddelerin sentezinde artış meydana gelmektedir (Miller, Suzuki, Çiftçi-Yılmaz & Mittler, 2010). Bu reaktif oksijen türleri aslında normal şartlarda yaşayan bitkilerde kloroplast, mitokondri ve peroksizomlarda meydana gelen metabolik faaliyetler sonucu düşük dozlarda sentezlenmektedirler ve hücrede sinyal iletiminden sorumlu bileşikler olarak bilinmektedirler (Mittler vd., 2004; Miller vd., 2010). Ancak kuraklık stresi altında bitkiler bu bileşikleri yüksek miktarda sentezlerler. Yüksek seviyede meydana gelen bu bileşiklerin detoksifikasyonunda süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POX), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) gibi enzimatik veya askorbik asit, glutatyon, tokoferol, fenoller, alkoloidler ve karotenoidler gibi enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemi devreye girmektedir (Apel & Hirt, 2004; Mittler, Vanderauwera, Gollery & Breusegam, 2004). Ayrıca bitkiler kuraklık koşullarında su alımını sağlamak için hücre içi ozmotik potansiyeli düşürecek çözünebilir bileşikler olan ozmolitleri biriktirirler (Ashraf & Foolad, 2007). Bu ozmolitler arasında önemli bir yeri olan prolinin ozmotik potansiyeli ayarlama, zar bütünlüğünü koruma, enzim/protein dengesini sağlama, NADP+/NADPH oranını koruma ve serbest radikalleri temizleme gibi birçok önemli görevi vardır (Hare, Cress & Van Staden, 1998; Misra & Saxena, 2009). Fizyolojik değerlerin yanında biyokimyasal olarak meydana gelen değişimler de kuraklık stresi altında bitkilerin tolerans ya da hassasiyet gösterme durumlarını ortaya koymaktadır. Örneğin, Fv/Fm oranı

sağlıklı bitkilerde 0,79 ile 0,84 arasında değişim gösterdiğinden bu aralıktan uzak olarak ölçülen değerler kuraklığa dayanıklı bitkilerin seçiminde belirleyici olacaktır (Maxwell & Johnson, 2000). Dolayısıyla, antioksidan savunma sisteminin işleyişinin bir bitkide ortaya konulması bitkinin kuraklığa ne derecede toleranslı olduğunun da ortaya konulması açısından önem arz etmektedir.

Kuraklık stresi altında odunsu türlerde meydana gelen fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri inceleyen çalışmalara literatürde rastlanmaktadır. Örneğin, kuraklık stresi altında *Eucalyptus globus* bitkisinde gaz değişimi, fotosentez ve klorofil içeriğinde meydana gelen değişimler ve stres belirteci olan absisik asit (ABA) hormon miktarı (Granda vd., 2014) ve CO₂ asimilasyon oranı, klorofil floresansı ve stomatal kondüktanstaki değişim (Zhou, Medlyn & Prentice, 2016), *Prunus* bitkisinde çözünebilir şeker, prolin miktarı ve fotosentetik parametreler (Jiménez vd., 2013), *Pinus contorta* ve *Pinus ponderosa* bitkilerinde karbohidrat miktarlarında meydana gelen değişim (Granda & Camarero, 2017), *Pinus sylvestris* bitkisinin yapraklarında gaz değişimi, su potansiyeli ve karbon izotop miktarı (Fernández-de-Uña vd., 2017); *Pinus canariensis* bitkisinin ibrelerindeki anatomik değişimler (Grill, Tausz, Pöllinger, Jiménez & Morales, 2004), *Pinus halepensis* bitkisinde gaz değişimi, su potansiyeli, fotosentetik pigmentler, çözünebilir şeker, serbest amino asit miktarı ve proteomik analizlere ait çalışmalar (Taïbi vd., 2017) yapılmıştır. Söz konusu bu çalışmalarda genel olarak, fotosentezin ve buna bağlı olarak klorofil floresansının azaldığı, Absisik asit (ABA), prolin ve karbohidrat miktarlarının ise arttığı rapor edilmiştir. Ancak hiçbir çalışmada kuraklık stresi altında enzimatik veya enzimatik olmayan antioksidan savunma sisteminin nasıl değiştiğine dair veriler bulunmamaktadır. Literatürde antioksidan enzim sisteminde meydana gelen değişimleri içeren *Pinus halepensis* (Alonso, Elvira, Castillo & Gimeno, 2001), *Broussonetia papyrifera*, *Cinnamomum bodinieri*, *Platycarya longipes* ve *Pteroceltis tatarinowii* (Liu vd., 2011), *Camptotheca acuminata* (Ying vd., 2015), *Larix decidua* (Plesa vd., 2018) odunsu türlerine ait yayınlar da mevcuttur. Ancak, yapılan literatür araştırmasında şimdiki projede öngörülen ve proje bölgesi için önemli olan beş odunsu türde kuraklık stresi altında antioksidan savunma sisteminin fizyolojik ve biyokimyasal olarak nasıl değiştiğine dair ya sınırlı sayıda çalışma vardır ya da hiç çalışmaya rastlanılmamıştır.

Ormancılık denemelerinde kullanılan humik asit genellikle ticari olarak satılan potasyum humat formunda ya da karışım halde temin edilmekte bu da değerlendirmelerde sorunlar

oluşturmaktadır. Şimdiki projede saf hümkik asit kullanılmıştır. JA, genellikle biyotik stres altındaki bitkilerde bitki savunmasına eşlik eden ve stres altında miktarı artan bir fitohormondur ve ABA gibi stres hormonu olarak bilinir (Kosová vd., 2012). *Picea abies* türüne ait iki farklı yayında fungusun meydana getirmiş olduğu biyotik bir stres altındaki etkileri araştırılmıştır (Franceschi, Krekling & Christiansen, 2002; Zeneli, Krokene, Christiansen, Krekling & Gershenzon, 2006). Ancak kuraklık stresi altında dıştan uygulanacak olan JA'nın projeye konu olan beş farklı odunsu türün antioksidan savunma sistemini nasıl etkileyeceği bilinmediğinden bitkilerin sadece morfofizyolojik özelliklerine bakmadan hücresel boyutta tolerans gösterip göstermediği belirlenmiştir. Bu yönü ile de proje daha önce yapılmamış ve özgün bir çalışmadır. Ormancılık çalışmaları açısından ise Türkiye'de ilk kez yapılmıştır.

Bitkiler sesil yapılı canlılar oldukları için stres koşulları altında fiziksel kaçınım sağlayamazlar. Bu durum stres karşısında yaşamlarını devam ettirebilmeleri için gelişmiş biyokimyasal tepki mekanizmalarının oluşmasına olanak tanımıştır. Günümüzde iklim değişikliği, nüfus artışı, arazi kullanım farklılıkları gibi çevresel parametrelerdeki ani değişimler abiyotik stres etkenlerinin ve bitkilerdeki aklimasyonun anlaşılmasına olanak sağlayan yeni çalışmaların önemini artırmaktadır.

Fizyolojik süreçler arasında fotosentez, bitkinin gelişimi için önem arz etmektedir; ancak suyun mevcudiyeti ile değişkenlik gösterir. Su, yaprak ve kök büyümesini etkilediğinden fotosentezi ve büyümeyi yakından etkileyen en önemli değişkenlerden birisidir. (Lawlor 1995; Blum 1996; Eckardt vd., 2023; Xu, Schmiede & Sharkey, 2024). Dolayısıyla bitkideki su içeriğinin belirlenmesi kuraklık toleransı için önemli bir adım olmaktadır. Kuraklık stresi altında bitkideki bağıl su içeriğinin (RWC) yüksek olması bitkinin ozmotik düzenlemesi veya hücre çeperlerinin daha az esnek olmasının yanı sıra ABA, prolin ve çözünür şekerlerin artışı ve antioksidan enzim aktivitesinin artması gibi bir dizi fizyolojik tepki mekanizmaları ile sağlanarak bitkinin bünyesindeki su kaybı engellenerek stresle mücadeleye katkıda bulunur (Ritchie, Nguyen & Koladay, 1990; Luo, 2010; Rad, Kadir & Rafii, 2013). Çalışmada, bağıl su içeriğinde sadece kızılçam türünde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar kaydedilse de prolin değerleri ile karşılaştırıldığında Dikim*HA işleminin diğer türlerde de etkili olduğu görülmektedir. Kızılçam türleri dışındaki türlerin prolin değerleri ve yaşam oranları göz önüne alındığında kuraklık stresi ile mücadelede zorlandıkları ancak stres karşısında dirençlerinin artırdığı böylelikle de bireylerin yaşam döngülerinin devam ettiği ortaya

çıkılmaktadır. Kızılçamdaki bu farklılığın ise hümik asidin güçlü kök yapısına sahip kızılçamda daha etkili olabileceğini ve daha derindeki suya ulaşarak daha yüksek bağıl su içeriğine sahip olabileceği ön görüşünü ortaya koymaktadır. Nitekim yapılan çalışmalarda hümik asidin uygun konsantrasyonlarda uygulandığında bitki gelişimine önemli etkiler yaptığı ortaya konmuş olup kök sistemlerinin incelendiği çalışmalarda hümik asit uygulamasının primer kök sistemini geliştirmesinin yanında sekonder kök sistemlerini geliştirmede ve sayılarını artırmada etkili oldukları kaydedilmiştir (Canellas vd., 2012; García vd., 2016; Olaetxea vd., 2018; De Hita vd., 2020).

Bitkilerin stres ile mücadelesinde geliştirdiği tepkilerden bir diğeri prolin artışıdır. Prolin yapısı gereği özel bir amino asit olup hakkında sayısız çalışma olmasına rağmen metabolizmadaki görevleri henüz tam açıklanamamıştır (Szabados & Saviouré, 2010). Prolin ile alakalı çalışmalarda genellikle kuraklık (Choudhary, Sairam & Tyagi, 2005), aşırı tuzluluk (Yoshida, 1995), fazla ışık ve UV (Saradhi, AliaArora & Prasad, 1995), ağır metal (Schat, Sharma & Vooijs, 1997), oksidatif stres (Yang, Kloepper & Ryu, 2009) ve biyotik streslere (Fabro, Kovács, Pavet, Szabados & Alvarez, 2004; Haudecoeur vd., 2009) karşı birikim gösterdiği rapor edilmiştir (Szabados ve Saviouré, 2010). Prolin birikimi ile stres altındaki bitkilerde savunma mekanizması gerçekleştirmiş ve stresle mücadelede bitkiyi koruma işlevi üstlendiği savunulmuş olsa da (Hare & Cress, 1997; Kishor vd., 2005; Verbruggen ve Hermans, 2008; Szabados ve Saviouré, 2010) henüz bu durumun bu kadar açık olmadığı ve her abiyotik stres altındaki bitkide prolin birikiminin gerçekleşmeyeceği savunulmuştur (Szabados & Saviouré, 2010). Yaptığımız çalışmada da benzer sonuçlar ile karşılaşmıştır. Stres altındaki karaçam fidanlarında mevcut kullanımda olan müdahale yapılmamış dikim tekniğinde biriken prolin miktarının hümik asit uygulaması yapılmış derin dikimdeki fidanlardan 5 kat fazla olması yapılan müdahalelerin karaçamın stres toleransını artırarak kuraklıktan daha az etkilenmesine olanak sağlamıştır. Kızılçamda bu durum dikim için geçerli olurken dozun artmasında prolin miktarı artmıştır. Yüksek dozda hümik asit uygulamalarının bitkiler üzerinde olumsuz etkisi yapıldığı bilinse de (Türkmen, Dursun, Turan ve Erdiç, 2004) kızılçam ve sedir fidanları için sadece bu sonuçlar göz önüne alındığında netlik söz konusu değildir. Çalışmada ayrıca bitkilere bir bitki büyüme düzenleyicisi olan jasmonik asit (JA) hem düşük hem de yüksek dozda uygulanmıştır. JA, oktadekanoid yolla linolenik asitten biyosentezlenir ve farklı fizyolojik etkilere sahiptir. Bu hormon bitkinin büyüme, gelişme gibi fizyolojik desteklerinin yanı sıra abiyotik ve biyotik streslere karşı bitkinin hormonal

tepkilerini düzenlemektir (Pedranzani & Vigliocco, 2017). Çalışmamızda, iğde fidanları incelendiğinde derin dikim uygulanan yüksek konsantrasyondaki JA'nın stresle mücadelede etkili olduğu sonucuna varılmıştır. İğde yapraklarının ibreliliğe kıyasla daha geniş yaprak yüzey alanına ve badem yapraklarına kıyasla tüylere sahip olması yaprakta JA uygulaması emilimini artırmış olabilir. Bademde ise uygulamaların fidandaki prolin seviyesinin yükselmesine neden olduğu görülse de bu konuda kesin kanaat getirilmesi mümkün değildir. Eğer uygulama ve yüksek konsantrasyondaki hümitik asit badem fidanlarını olumsuz etkilemiş olsalardı prolin seviyesinin yüksek çıkması beklenebilirdi; ancak buradaki durum fidanların bireysel farklılıklarından kaynaklanmış olabilir.

Klorofil floresans ölçümü stres temelli hücre membranında özellikle Fotosistem II (PS II)'de meydana gelen zararın miktarını ölçmede kullanılan bir yöntemdir. PSII'nin fotokimyasal verimliliği (Fv/Fm) oranı ile hesaplanmaktadır. Bu oranın düşmesi fotosentetik aktivitelerdeki azalmanın göstergesidir. Yapılan çalışmalar, klorofil floresans oranının sağlıklı bireylerde yaklaşık 0,832 olduğunu vurgularken bu oranın 0,8'in altına düşmesinde bireyin stres altında olduğu vurgulanmıştır (Maxwell & Johnson, 2000). Abiyotik stres bitki hücrelerinin membranında oksidatif hasara neden olmaktadır. Meydana gelen bu durum bazı metabolik yapıları özellikle de lipidleri ve proteinleri etkilemektedir. Bitki fotosentez anında kloroplastlarda absorbe ettiği enerjinin aktarılmasında elektronları direkt fotosistem I'den oksijene aktarırsa bu durum bitkide süperoksit anyonu ve özellikle hidroksil radikalleri gibi reaktif oksijen türlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Abiyotik stresin meydana getirdiği bu radikaller lipid gruplarına yüksek miktarda zarar vererek hücre membranlarında peroksidasyon meydana getirirler (Kaçar, Katkat ve Öztürk, 2002). Don ve kuraklık stresinin karaçam fidanlarında meydana getirdiği fizyolojik değişimlerin incelendiği bir çalışmada, klorofil floresans değeri orta ve şiddetli kuraklık uygulamasında sırasıyla 0.702 ve 0.571 olarak tespit edilmişler ve fotosentetik verimliliğin (Fv/Fm) kuraklık stresinin artmasıyla ters korelasyon içerisinde olduğu rapor edilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008). Bu sonuçlara paralel sonuçlar, mevcut çalışmada, karaçamda da gözlenmiş olup özellikle Dikim*HA*JA etkileşiminde benzer sonuç kaydedilmiştir. Derin dikim ve yüksek konsantrasyonun klorofil floresansını artırdığı ve sınır değere yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Ayrıca kontrol gruplarındaki bireylerde tespit edilen değerlerin uygulama grupları ile karşılaştırıldığında yaklaşık yarısı olması ölçüm yapılan bireylerin yoğun stres

altında olduğunu göstermektedir. Benzer durum kızılçam, badem ve ığde fidanları için de geçerlidir. Doğal şartlar altında bitkiler birden fazla stres faktörüne maruz kaldığından tüm sonuçlar kuraklık kaynaklı olmayabilir. Suzuki, Rivero, Shulaey, Blumwald & Mittler (2014) bitkilerin tekil stres ile birden fazla strese aynı anda maruz kalmasının büyüme ve yaşama performanslarını değiştirdiğini bu durumun ise gösterdikleri tepki ile değil stres faktörlerinin etkileşimiyle açıklanabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, Mittler (2006) bitkiler sıcak bir ortamda stomalarını açarak yapraklarını soğutma eğilimine giderler, ancak aynı bitki kuraklık stresine de maruz kalırsa bu durumda su kaybını engellemek için stomalarını açamadığını belirtmiştir. Dolayısıyla yaprağın yüzey sıcaklığı artarak organik yapılar bozulmaya başlar ve birden fazla savunma mekanizması devreye girmektedir. Proje kapsamındaki tüm sahalar birden fazla abiyotik ve biyotik bileşenin etkili olduğu bir sistem olduğundan derin dikim ve kimyasal müdahaleler ile etkileşim göstermesinin bireyin yaşam oranlarını artırmasına katkı sağladığı düşünülmektedir.

Bitkiler strese karşı toleransta güçlü antioksidan savunma sistemi ile etki göstermektedir. Enzimatik ve enzimatik olmayan bileşenlerden oluşan savunma sisteminin etkinliği SOD, CAT, POX, APX ve GR gibi enzimlerinin aktivite seviyeleri ile belirlenmektedir. Stres anında yeşil yaprakta artan hidrojen peroksidin süpürülmesinde askorbat peroksidaz ve glutatyon redüktaz enzimlerinin görev yaptığı bilinmektedir (Demir ve Yörük, 2022). GR, glutatyon metabolizmasında görev yapmaktadır. Hücrede oksidatif strese karşı etkili iken aynı zamanda indirgenmiş glutatyon havuzunun korunmasını sağlayan düşük molekül ağırlığına sahip bir tiyoldür (Temel, Bozkuş, Karagözoğlu ve Çiftçi, 2017). Bitkide kuraklık stresi altında GRaktivitesinin arttığı savunulmuştur (Demir ve Yörük, 2022). Ayrıca reaktif oksijen seviyesindeki artışın CAT, POX, APX, GR ve polifenol oksidaz enzimlerinin aktivitelerinde artışa neden olduğu rapor edilmiştir (buraya referans gerekli, bir sonraki cümleyi de buraya birleştirdim). Mevcut projede, literatüre benzer sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle ibrelilerde GR aktivitesinin yüksek doz hümitik asit ve JA uygulaması ile azaldığı ve bitkinin stresle mücadelesine katkı sağladığı ve aktivite artışına neden olduğu belirlenmiştir. Ancak yapraklı türlerde düşük doz kimyasal uygulamalarında aktivite tespit edilmiştir. ığdede GR aktivitesinin yüksek olması özellikle hidrojen peroksit (H_2O_2) süpürülmesinde GR'nin etkisini ortaya koymuştur.

SOD, reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonunda görevli olan bir enzimdir (Mittler, 2017). SOD yüksek katalitik seviyeye sahip olup özellikle H_2O_2 'nin dismutasyonunun

katalizinde görevlidir (Düzcan, 2010). Projede hümik asit uygulamasının kontrol gruplarına göre SOD aktivitesini düşürdüğü; ancak yüksek doz JA uygulamasının SOD aktivitesini artırdığı görülmüştür. Bununla birlikte, yüksek oranda JA seviyesinde yapraklardaki H_2O_2 artışının buna sebep olabileceği düşünülmektedir. Ek olarak, kontrol grubu ile yakın değerde olması bunun doz artışından da olamayabileceğini ortaya koymaktadır. Kontrol grubunda hiç işleme tabi olmamış türlerde SOD aktivitesinin düşük çıkması, tür fark etmeksizin fidanların polimorfik yapılarının bireysel strese karşı olan dayanıklılığı ile ilişkili olabilir. Dolayısıyla bu durumda sahalarda yaşayan bireylerin işlem grubu içerisinde tür sayısının artmasıyla yaşayan bireylerin etkilenme oranları da değişiklik gösterebilecektir.

H_2O_2 , bitkilerin mevcut metabolik süreçlerinde üretilebilen reaktif oksijen türüdür. Bitki metabolizmasında stres sinyali olarak görev alması stres durumlarındaki artışı ile açıklansa da abiyotik stresler ile karmaşık bir ilişki içerisinde (Mazid, Khan & Mohammad, 2011). Bitkide oksidatif stresle mücadelede SOD süper oksit anyonunu hidrojen perokside dönüştürerek detoksifiye ederken, APX ise H_2O_2 'i suya dönüştürerek detoksifiye eder. Peroksizomda bulunan CAT enzimi de benzer görev üstlenmektedir (Büyük, Soydam-Aydın ve Aras, 2012). Mevcut çalışmada benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Dikim*HA*JA uygulaması istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vererek H_2O_2 miktarını düşürerek kontrol grubuna kıyasla azalmaya neden olmuştur. Konsantrasyon farklılıklarında değerin düşük veya yüksek çıkmasının temel nedeni uygulamaların metabolik faaliyetleri artırması olabilir. Literatürdeki çalışmalar ile örtüşen bu kanı bitkilerin yaşama oranındaki artışla da paralellik göstermektedir.

Bitkilerde yüksek sıcaklık fotosentetik mekanizmaları (klorofil biyosentezi, net fotosentetik hız, Rubisco aktivitesi, PSII'nin etkinliği, vb.) etkilemektedir (Sinsawat, Leipner, Stamp & Frachebound, 2004). Fotosentez esnasında meydana gelen yüksek sıcaklık etkisi fotoinhibisyona neden olarak, reaktif oksijen türlerinin meydana gelmesini hızlandırarak oksidatif hasara neden olmaktadır (Cui, Li, Fan, Xu & Zhang, 2006). Hücrede yüksek sıcaklığa bağlı biriken reaktif oksijenler lipid peroksidasyonunun sebebi olabilir ve hücredeki diğer yapılarda (pigment, nükleik asit, protein vb.) hasara neden olabilir (Wang vd., 2014). Bitkiler, reaktif oksijen türlerinin meydana getirdiği zararı detoksifiye edebilmek için karotenoid, antosiyanin, askorbik asit, glutatyon gibi enzimatik olmayan ve SOD, POX, CAT, GR ve APX gibi enzimatik antioksidanları aktifleştirir (Almeselmani, Deshmukh, Sairam, Kushwaha & Singh, 2006; W. Chen vd.

2012). Aynı zamanda enzimatik faaliyetler ile ki özellikle POX aktivitesinin artışı ile bünyesindeki su kaybının engellenmesini sağlayarak bitkinin kuraklıkla mücadelesine katkıda bulunur (Luo, 2010). Çalışmamızda, POX aktivite sonuçları ile su içeriği de benzer sonuçları göstermiştir. Ve bağıl su içeriğinde artış kaydedilmiştir. Bu durum, kuraklık altında stomaların kapanması ile transpirasyonun azalması ve yüksek sıcaklıkla da reaktif oksijen miktarının artması ile tetiklenmiş olabilir. Hümik asit uygulaması ile bitkide mineral alınımları artmış ve dolayısıyla homeostazi için besin konsantrasyonunu dengelemek adına daha fazla suya ihtiyaç duymuş olabilir. Derin dikimdeki POX seviyesinin normal dikimden daha düşük olması bitkinin suya ulaşmasının daha kolay olmasının yanı sıra metabolik faaliyetlerdeki aktiviteye olan katkısını da ortaya koymaktadır. Bu durumu diğer bir doğrulayıcısı da yapraklı türlerdeki aynı tip müdahale altındaki verdiği reaksiyondur. Yaprak yüzey alanının artması sonucu su kaybına olan hassasiyetin artması, değerlerin artmasını sağlamış olabilir.



5. SONUÇ VE ÖNERİ

Kurak alanların ağaçlandırılması, su mevcudiyeti, toprak koşulları, ağaç türlerinin seçimi ve ekolojik etkiler dahil olmak üzere çeşitli faktörlerin dikkatle değerlendirilmesini gerektiren zorlu ancak potansiyel olarak ödüllendirici bir çalışmadır. İklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklıklar ve yağış düzensizlikleri nedeniyle kurak bölgelerdeki koşullar giderek daha öngörülemez hale gelmektedir. Değişen bu koşullar yeni kurulacak ve halen var olan ağaçlandırma sahalarında bitkilerin hayatta kalmasını ve büyüme performansını etkileyecektir. Bu nedenle değişen koşullara göre ağaçlandırma stratejilerinin gözden geçirilmesi gerekmektedir. Örneğin, genetik iyileştirme ve seçme tekniklerinin kullanılması, kurak koşullara uyum sağlama yeteneği gelişmiş ağaç çeşitlerinin belirlenmesine yardımcı olabilir. Ayrıca bitkilerin toprak suyu ve besinlerinden daha fazla yararlanmasını sağlayacak yöntemler geliştirilerek ağaçlandırmanın başarısı arttırılabilir. Şimdiki çalışmada geleneksel olarak dikim yastığı ortasına dikim yerine dikim çukurunun tabanına derin dikiminin kurak dönemde bitkilerin kök bölgesindeki nem miktarı ve dolayısıyla tutma başarısını arttırdığı belirlenmiştir. Dolayısıyla kurak sahalarda köklerinin su tüketim zonunu arttıracak şekilde bitkilerin derin çukurlara dikilmesi önerilmektedir. Hümik ve jasmonik asit kullanımının etkisi birbirlerinin yoğunluğuna ve dikim çukuruna bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Kurak koşullar altında bu uygulamaların fizyolojik ve biyokimyasal olarak hücrede değişim meydana getirerek iyileştirici etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Bu kimyasalların potansiyel kullanımı için farklı koşullarda ve dozlarda ilave araştırmalar yapılması önerilmektedir. Ayrıca ağaçlandırmalarda kullanılan diğer türlerde de denenmesi ağaçlandırma çalışmalarının gelecek başarılarına önemli katkılar sağlayabilir.

6. KAYNAKLAR

- Abalı, İ., Taysun, A., Doğan, O., Önmez, O., & Çanga, M. (1986). Orta Anadolu Bölgesinde Rüzgar Erozyonu Oluşumu ve Alınacak Önlemler Rehberi. *Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Genel Yayın*, 54.
- Aebi, H. (1984). Catalase. *Methods in Enzymology*. Editor: Packer, L. Academic Pres, Orlando.
- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., & Cobb, N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest ecology and management*, 259(4), 660-684.
- Almeselmani, M., Deshmukh, P. S., Sairam, R. K., Kushwaha, S. R., & Singh, T. P. (2006). Protective role of antioxidant enzymes under high temperature stress. *Plant science*, 171(3), 382-388.
- Alonso, R., Elvira, S., Castillo, F.J. & Gimeno, B.S. (2001). Interactive Effects of Ozone and Drought Stress on Pigments and Activities of Antioxidative Enzymes in *Pinus halepensis*, Plant, *Cell and Environment*, 24, 905–916.
- Anonim. (2015). “Çölleşme ile Mücadele Ulusal Stratejisi ve Eylem planı (2015-2023)”. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim. (2018). *Hüyük Asit’in Kurak ve Yarı Kurak Bölgelerde Fidan Gelişimi Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi Araştırma ve Uygulama Projesi*. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Türkiye.
- Apel, K. & Hirt, H., (2004). Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55, 373–399.
- Arslan, H. (2018). “İç Anadolu’nun Kurak Bölgelerindeki Ağaçlandırma Çalışmalarında Kullanılan Bazı Ağaç ve Çalı Türlerinin Tutma ve Büyüme Performansları”. Yüksek Lisans Tezi. Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Düzce
- Atalay, İ. (2002). *Türkiye’nin Ekolojik Bölgeleri*. Meta Basımevi, İzmir, Turkey.
- Ashraf, M. & Foolad, M.R. (2007). Roles of Glycinebetaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 59, 206-216.

- Avcıoğlu, D. (1979). *Türkiye'nin Düzeni: Dün, Bugün, Yarın*. 2. Kitap. Tekin Yayınevi. 12. Basım. İstanbul.
- Bağcı, Y. & Dural, H. (1997). Karapınar Erozyon Bölgesi'nin Vejetasyonu Üzerine Karşılaştırmalı Araştırma. *S.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Dergisi Sayı 14* (D6), 54-67.
- Bakanlığı, Ç. V. O. (2008). *Değişik ıslah zonlarından örneklenen anadolu karaçamı (Pinus nigra arnold. Ssp. Nigra var. Caramanica (loudon) rehder) orijinlerinin dona ve kuraklığa dayanıklılıklarının belirlenmesi*. Bakanlık Yayın No: 340 ISBN: 978-605-393-017-4 Müdürlük Yayın No: 33.
- Bates, L. S., Waldren, R. P. & Teare, I. D. (1973). Rapid Determination of Free Proline for Water Stress Studies. *Plant Soil*, 39, 205-207.
- Beauchamp, C. & Fridovich, I. (1971). Superoxide Dismutase: Improved Assays and An Assay Applicable To Acrylamide Gels. *Analytical Biochemistry*, 44, 276-287.
- Belorkar, S.A. (2021). *Biostimulants: Promising probiotics for plant health*. In: *Biocontrol Agents and Secondary Metabolites*. Edited by Sudisha Jogaiah. Woodhead Publishing.
- Berg, M. G., & Gardner, E. H. (1978). *Methods of soil analysis used in the Soil*. Testing Laboratory at Oregon State University. USA.
- Berki, I., Bidló, A., Drüszler, A., Eredics, A., Gálos, B., Mátyás, C., Móricz, N. & Rasztovits, E. (2014). "Afforestation for Restoration of Land and Climate Change Mitigation". University of West Hungary Bajcsy-Zs, 4, H-9400 Sopron, Hungary.
- Binkley, D. & Fisher, R. F. (2013). *Ecology and Management of forest soils*. Fourth Edition. Wiley-Blackwell. Oxford, UK.
- Birand, H. (1961). *Orta Anadolu'da Bozkırında Vejetasyon İncelemelerinin İlk Sonuçları*. I. Tuz Gölü Çorakçıl Bitki Birlikleri. Tarım Bakanlığı İlmi Rapor ve Araştırma Serisi. Toprak-Su Umum Müdürlüğü Neşriyatı Sayı: 103. Ayyıldız Matbaası, Ankara.
- Blum, A. (1996). Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant growth regulation*, 20, 135-148.
- Bremner, J.M. (1996). Nitrogen—Total. *Methods of Soil Analysis—Part 3—Chemical Methods*. Editör: Sparks DL et al. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, 1085–1121.
- Büyük, İ., Soydam-Aydın, S., & Aras, S. (2012). Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 69(2).

- Canellas, L. P., Dobbss, L. B., Oliveira, A. L., Chagas, J. G., Aguiar, N. O., Rumjanek & V. M. (2012). Chemical properties of humic matter as related to induction of plant lateral roots. *Eur. J. Soil Sci.* 63, 315–324.
- Cao, S., Chen, L., Shankman, D., Wang, C., Wang, X. & Zhang, H. (2011). Excessive reliance on afforestation in China's arid and semi-arid regions: Lessons in ecological restoration. *Earth-Science Reviews* 104, 240-245.
- Ceylan, A., Akgündüz, S., Demirörs, Z., Erkan, A., Çınar & S., Özevren. (2009). *I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu*, 16-18 Haziran, Konya.
- Chen, L.-F., He, Z.-B., Zhu, X., Du, J., Yang, J.-J. & Li, J., (2016). Impacts of afforestation on plant diversity, soil properties, and soil organic carbon storage in a semi-arid grassland of northwestern China. *Catena* 147, 300-307.
- Chen, W., Cen, W., Chen, L., Di, L., Li, Y., & Guo, W. (2012). “Differential sensitivity of four highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivars to heat stress”. *Pak. J. Bot.* 44(3), 853-860.
- Choudhary, N. L., Sairam, R. K., & Tyagi, A. (2005). Expression of Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase gene during drought in rice (*Oryza sativa* L.). *Ind. J. Biochem, Biophys*, 42, 366–370.
- Correia, B.,Pintó-Marijuan, M., Castro, B.B.,Brossa, R., López-Carbonell, M. & Pinto, G. (2014). Hormonal dynamics during recovery from drought in two Eucalyptus globulus genotypes: From root to leaf. *Plant Physiology and Biochemistry*. 82, 151-160.
- Cortina, J., Amat, B., Castillo, V., Fuentes, D., Maestre, F.T., Padilla, F.M. & Rojo, L. (2011). The restoration of vegetation cover in the semi-arid Iberian southeast. *Journal of Arid Environments*, 75, 1377-1384.
- Cui, L., Li, J., Fan, Y., Xu, S., & Zhang, Z. (2006). High temperature effects on photosynthesis, PSII functionality and antioxidant activity of two *Festuca arundinacea* cultivars with different heat susceptibility. *Botanical studies*, 47(1), 61-69
- Çalışkan, S. & Boydak, M. (2017). Afforestation of Arid and Semiarid Ecosystems in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41, 317-330.
- Çepel, N. (1995). “Yok ettiğimiz Ormanlarımız Kaybolan Fonksiyonel Değerler ve Zamanımızın Orman Ölümleri”. *TEMA Vakfı Yayınları*, 2, İstanbul.
- Çetik, A.R. (1985). *Türkiye Vegetasyonu: 1. İç Anadolu'nun Vejetasyonu ve Ekolojisi*. Selçuk Üniversitesi Yayınları No:7, Fen Edebiyat Fakültesi Yayınları No:1.

- Ç.Ş.B., (2024). *Türkiye iklim değişikliği 5. Bildirimi*, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Day, P. R. (1965). Particle fractionation and particle-size analysis. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling*, 9, 545-567.
- De Hita, D., Fuentes, M., Fernández, V., Zamarreño, A. M., Olaetxea, M., & García-Mina, J. M. (2020). Discriminating the short-term action of root and foliar application of humic acids on plant growth: emerging role of jasmonic acid. *Frontiers in plant science*, 11, 493.
- Demir, D. Ç., & Yörük, İ. (2022). Diplotaenia turcica Bitkisinde Glutatyon Redüktaz ve Glutatyon S-transferaz Enzim Aktiviteleri ile Protein Karbonil Düzeyinin Belirlenmesi. *Bingöl Üniversitesi Sağlık Dergisi*, 3(2), 165-172.
- Dietz, T., Verhagen, J. & Ruben, R. (2001). *Impact of climate change on water availability, agriculture and food security in semi-arid regions, with special focus on West Africa*. ICCD. NOP- Project. 952240, Amsterdam.
- Doğan, O. (2011). Çölleşme Nedir? Nasıl mücadele edilir ?. *Kurak ve Yarıkurak Alan Yönetimi Çalıştayı*, 5-8 Aralık 2011, Ürgüp, Nevşehir. 262-268.
- Düzcan, B. (2010). “Karahindiba (Taraxacum Officinale) Bitkisinden Süperoksit Dismutaz ve Peroksidaz Enzimlerinin Karakterizasyonu”, Master's thesis, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Turkey.
- Eckardt, N. A., Allahverdiyeva, Y., Alvarez, C. E., Büchel, C., Burlacot, A., Cardona, T., ... & Yano, J. (2024). Lighting the way: Compelling open questions in photosynthesis research. *The Plant Cell*, 36(10), 3914-3943.
- El-Khateeb, M.A., El-Leithy, S.A. & Aljemaa, B.A. (2011). Effect of Mycorrhizal Fungi Inoculation and Humic Acid on Vegetative Growth and Chemical Composition of Acacia saligna Labill. Seedlings under Different Irrigation Intervals. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 3(3), 283-289.
- Fabro, G., Kovács, I., Pavet, V., Szabados, L., & Alvarez, M. E. (2004). Proline accumulation and AtP5CS2 gene activation are induced by plant-pathogen incompatible interactions in Arabidopsis. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 17(4), 343-350.
- Fernández-de-Uña, L., Rossi, S., Aranda, I., Fonti, P., González-González, B.D., Cañellas, I. & Gea-Izquierdo, G. (2017). Xylem and Leaf Functional Adjustments to Drought in Pinus sylvestris and Quercus pyrenaica at Their Elevational Boundary. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1200.

- Foyer, C. H. & Halliwell, B. (1976). The Presence of Glutathione and Glutathione Reductase in Chloroplasts: A Proposed Role in Ascorbic Acid Metabolism. *Planta*, 133, 21-25.
- Franceschi, V.R., Krekling, T. & Christiansen, E. (2002). Application of Methyl Jasmonate on *Picea abies* (Pinaceae) Stems Induces Defense-Related Responses in Phloem and Xylem. *American Journal of Botany*, 89(4), 578–586.
- García, A. C., de Souza, L. G. A., Pereira, M. G., Castro, R. N., García-Mina, J. M., Zonta, E., ... & Berbara, R. L. L. (2016). Structure-property-function relationship in humic substances to explain the biological activity in plants. *Scientific reports*, 6(1), 20798.
- Gazmend, Z., Krokene, P., Christiansen, E., Krekling, T. & Gershenzon, J. (2006). Methyl Jasmonate Treatment of Mature Norway Spruce (*Picea abies*) Trees Increases the Accumulation of Terpenoid Resin Components and Protects Against Infection by *Ceratocystis polonica*, A Bark Beetle-Associated Fungus. *Tree Physiology*, 26, 977-988.
- Gee, G.W., Bauder & J.W., (1986). Particle-size analysis. In: Knute A. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 1 – Physical and mineralogical analysis. 2nd ed.* American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Granda, V., Delatorre, C., Cuesta, C., Centeno, M.L., Fernández, B., Rodríguez, A. & Feito, I. (2014). Physiological and Biochemical Responses to Severe Drought Stress of Nine *Eucalyptus globulus* Clones: A Multivariate Approach. *Tree Physiology*, 34, 778–786.
- Granda, E. & Camarero, J.J. (2017). Drought Reduces Growth and Stimulates Sugar Accumulation: New Evidence of Environmentally Driven Non-Structural Carbohydrate Use. *Tree Physiology*, 37, 997–1000.
- Grill, D., Tausz, M., Pöllinger, U., Jiménez, M.S. & Morales, D. (2004). Effects of Drought on Needle Anatomy of *Pinus canariensis*. *Flora - Morphology, Distribution. Functional Ecology of Plants*, 199(2), 85-89.
- Gülçur, F., & Toth, S. (1974). Toprakların fiziko kimyası. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 24(1).
- Hare, P. & Cress, W. (1997). Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants. *Plant Growth Regul*, 21, 79–102.
- Hare, P.D., Cress, W.A. & Van Staden, J. (1998). Dissecting the Roles of Osmolyte Accumulation During Stress. *Plant Cell Environment*, 21, 535-553.
- Hatami, E., Shokouhian, A.A., Ghanbari, A. R. & Naseri, L.A. (2018). Alleviating salt stress in almond rootstocks using of humic acid. *Scientia Horticulturae*, 237, 296.

- Haudecoeur, E., Planamente, S., Cirou, A., Tannieres, M., Shelp, B. J., Morera, S., & Faure, D. (2009). Proline antagonizes GABA-induced quenching of quorum-sensing in *Agrobacterium tumefaciens*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(34), 14587-14592.
- Heath, R. L. & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in Isolated Chloroplasts, I. Kinetics and Stoichiometry of Fatty Acid Peroxidation. *Archives in Biochemistry and Biophysics*, 125, 189-198.
- Hillel, D. (2013). *Introduction to Soil physics*. Academic Press. New York.
- Hudgins, J.W. Christiansen & E., Franceschi, V.R. (2003). Methyl jasmonate induces changes mimicking anatomical defenses in diverse members of the Pinaceae. *Tree Physiology*. 23, 361-371.
- IUCN, (2017). *International Union for Conservation of Nature: Gland, Switzerland, IUCN*.
- Jiménez, S., Dridi, J., Gutiérrez, D., Moret, D., Irigoyen, J.J., Moreno, M.A. & Gogorcena, Y. (2013). Physiological, Biochemical and Molecular Responses in Four *Prunus* Rootstocks Submitted to Drought Stress. *Tree Physiology*, 33, 1061–1075.
- Joshi, D.C. (1996). Status and availability of potassium in arid soils: State of knowledge. *Current Agriculture*, 20(1-2), 33-42
- Kaçar, B., Katkat, A. V. & Öztürk, Ş. (2002). *Bitki fizyolojisi*, Uludağ üniversitesi güçlendirme vakfi, 198, 562.
- Kishor, P. K., Sangam, S., Amrutha, R. N., Laxmi, P. S., Naidu, K. R., Rao, K. S., ... & Sreenivasulu, N. (2005). Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current science*, 424-438.
- Kantarcı, M.D., Kaçar, B., Koyuncu, E. & Dönmez, A. (2011). Derekumca Yaylası Rüzgar erozyonunu önlemek için yapılan kayısı-İğde ağaçlandırmasının Durumu ve bakımı, Tamalanması, Korunması için Öneriler. *Kurak ve Yarıkurak Alan Yönetimi Çalıştayı*, 5-8 Aralık 2011, Ürgüp, Nevşehir. 55-71.
- Kaplan, J., Kparschen, R. & Kola, R. M., (1970). Israel. In: Kaul, R.N. (Ed.), *Afforestation in arid zones*. The Hague.
- Kapur, S., Akça, E., Özden, D.M., Sakarya, N., Çimrin, K.M., Alagöz, U., Ulusoy, R., Darıcı, C., Kaya, Z., Düzenli, S. & Gülcan, H. (2002). Jones R.J.A., Montanarella L. (eds.) The JRC enlargement action. *Land degradation*. 5-6 December, Ispra, Italy.

- Karataş R. & Özkan K. (2017). Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Ağaçlandırmalarının Gelişimi İle Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Orman Genel Müdürlüğü Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1(4), 12-21.
- Kirkham, M. B. (2023). *Principles of soil and plant water relations*. Elsevier.
- Kooten, C., Shaikh, S.L. & Suchanek, P., (2002). Mitigating climate change by planting trees: the transaction costs trap. *Land Economics*, 78, 559–572.
- Kosová, K., Prasil, I. T., Vitamvas, P., Dobrev, P., Motyka, V. & Flokova, K. (2012). Complex Phytohormone Responses during the Cold Acclimation of Two Wheat Cultivars Differing in Cold Tolerance, Winter Samanta and Spring Sandra. *Journal of Plant Physiology*, 169, 567-576.
- Kuo, S., (1996). Phosphorus. *Methods of Soil Analysis—Part 3: Chemical Methods*. Editör: Sparks, D.L., et al. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- Liu, Z. J. Guo, Y. K. & Bai, J. G. (2010). Exogenous Hydrogen Peroxide Changes Antioxidant Enzyme Activity and Protects Ultrastructure in Leaves of Two Cucumber Ecotypes under Osmotic Stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 29, 171-183.
- Lal, R. (2004a). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1-2), 1-22.
- Lal, R. (2004b). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Lawlor, D. W. (1995). Photosynthesis, productivity and environment. *Journal of experimental botany*, 46(special issue), 1449-1461.
- Liu, C., Liu, Y., Guo, K., Fan, D., Li, G., Zheng, Y., Yu, L. & Yang, R. (2011). Effect of Drought on Pigments, Osmotic Adjustment and Antioxidant Enzymes in Six Woody Plant Species in Karst Habitats of Southwestern China. *Environmental and Experimental Botany*, 71, 174–183.
- Luo, L. (2010). Breeding for water-saving and drought-resistance rice in China. *Journal of Experimental Botany*, 61, 3509–3517.
- Margesin, R., Schinner, F., & Wilke, B. M. (2005). Determination of chemical and physical soil properties.
- Mauki, D., & Kilonzo, M. (2022). Planting pit size determines successful tree seedling establishment in arid and semi-arid region of Tanzania. *Environmental and Sustainability Indicators*, 15, 100197.

- Maxwell, K. & Johnson G.N. (2000). Chlorophyll Fluorescence—A Practical Guide. *Journal of Experimental Botany*, 51, 659-668.
- Mazid, M., Khan, T. A., & Mohammad, F. (2011). Role of nitric oxide in regulation of H₂O₂ mediating tolerance of plants to abiotic stress: A synergistic signaling approach. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 7(2), 34-74.
- McKenzie, N. J., Coughlan, K., & Ryan, P. J. (2002). *Soil physical measurement and interpretation for land evaluation*. CSIRO Publishing.
- Mika, A., Lüthje, S. (2003). Properties of Guaiacol Peroxidase Activities Isolated from Corn Root Plasma Membranes. *Plant Physiology*, 132, 1489-1498.
- Miller, G., Suzuki, N., Ciftci-Yilmaz, S. & Mittler, R. (2010). Reactive Oxygen Species Homeostasis and Signalling during Drought and Salinity Stresses. *Plant Cell and Environment*, 33, 453-467.
- Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M. & Van Breusegem, F. (2004). The Reactive Oxygen Gene Network in Plants. *Trends in Plant Science*, 9, 490-498.
- Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in plant science*, 11(1), 15-19.
- Mittler, R. (2017). ROS are good. *Trends in plant science*, 22(1), 11-19.
- Misra, N. & Saxena, P. (2009). Effect of Salicylic Acid on Proline Metabolism in Lentil Grown Under Salinity Stress. *Plant Science*, 177, 181-189.
- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods*, 961-1010.
- Nakano, Y. & Asada, K. (1981). Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate Specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*, 22, 867-880.
- Najafi-Ghiri, M. & Abtahi, A. (2013). Potassium Fixation in Soil Size Fractions of Arid Soils. *Soil and Water Research*. 8(2), 49-55.
- Olsen, S.R. & Sommers, L.E. (1982). Phosphorus. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Editor: Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R. American Society of Agronomy and Soil Science Society of American, Madison, WI, USA.
- Olaetxea, M., De Hita, D., Garcia, C. A., Fuentes, M., Baigorri, R. & Mora, V. (2018). Hypothetical framework integrating the main mechanisms involved in the promoting action of rhizospheric humic substances on plant root- and shoot-growth. *Appl, Soil Ecol*, 123, 521-537. doi: 10.1016/j.apsoil.2017. 06.007

- Özhatay, N., Byfield, A. & Atay, S. (2003). *Türkiye'nin Önemli Bitki Alanları*. WWF Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı), İstanbul.
- Özyuvacı, N. (1999). *Meteoroloji ve Klimatoloji*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Fakülte Yayın No. 460, İstanbul.
- Palta, Ç., Çarkacı, D.A., Okur, O. & Gönülal, E. (2011). Sürdürülebilir Arazi Yönetimi: Karapınar Örneği. *Kurak ve Yarıkurak Alan Yönetimi Çalıştayı*, 5-8 Aralık 2011, Ürgüp, Nevşehir. 396-403.
- Pedranzani, H. & Vigliocco, A. (2017). Regulation of jasmonic acid and salicylic acid levels in abiotic stress tolerance: past and present. New York, NY: *Nova Science Publishers*, 329-70.
- Plesa, I.M., González-Orenga, S., Al Hassan, M., Sestras, A.F., Vicente, O., Prohens, J., Sestras, R.E. & Boscaiu, M. (2018). Effects of Drought and Salinity on European Larch (*Larix decidua* Mill.) Seedlings. *Forests*, 9(6), 320.
- Pukalchik, M., Kydralieva, K., Yakimenko, O., Fedoseeva, E., & Terekhova, V. (2019). Outlining the potential role of humic products in modifying biological properties of the soil—a review. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 80.
- Rad M.R.N., Kadir M.A. & Rafii M.Y. (2013). Gene action for physiological parameters and use of relative water content (RWC) for selection of tolerant and high yield genotypes in F2 population of wheat. – *Aust. J. Crop Sci*, 7, 407-417.
- Regvar, M., Gogala, N. & Žnidaršič, N. (1997). Jasmonic Acid Affects Mycorrhization of Spruce Seedlings with *Laccaria laccata*. *Trees*, 11, 511-514.
- Reynolds, J. F., Smith, D. M., Lambin, E. F., Turner, B. L., Mortimore, M., Batterbury, S. P., ... & Walker, B. H. (2007). Global desertification: Building a science for dryland development. *Science*, 316(5826), 847-851.
- Ritchie S.W., Nguyen H.T. & Holaday A.S. (1990). Leaf Water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sci*, 30, 105-111.
- Rohwer, C.L. & Erwin, J.E. (2008). Horticultural Applications of Jasmonates: A Review. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 83 (3) 283–304.
- Sania, B. (2014). Foliar Application of Humic Acid on Plant Height in Canola. *APCBEE Procedia*, 8, 82 – 86.
- Sarıyıldız, T. & Ayan, S. (2010). Çölleşme Sürecinde Toprak Özelliklerinin Analizi. *Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu*. 17-18 Haziran, Çorum. 528-535.

- Saradhi, P. P., AliaArora, S., & Prasad, K. V. S. K. (1995). Proline accumulates in plants exposed to UV radiation and protects them against UV-induced peroxidation. *Biochemical and biophysical research communications*, 209(1), 1-5.
- SAS Institute, Inc. (1996). SAS/STAT users guide, Version 6.12. SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina.
- Schat, H., Sharma, S. S., & Vooijs, R. (1997). Heavy metal-induced accumulation of free proline in a metal-tolerant and a nontolerant ecotype of *Silene vulgaris*. *Physiologia plantarum*, 101(3), 477-482.
- Schofield, R. K., & Taylor, A. W. (1955). The measurement of soil pH. *Soil Science Society of America Journal*, 19(2), 164-167.
- Schlesinger, W. H. (1997). *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. Academic Press.
- Seçilmiş, A., (2019). “İç Anadolu Bölgesinde Farklı Yaşlardaki Karaçam Ağaçlandırma sahalarında Toprak ve Bitkideki Bazı Besin Elementleri Oranlarının Yıllara Göre Değişimi”. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı. Düzce Üniversitesi, Düzce.
- Sinsawat, V., Leipner, J., Stamp, P. & Frachebound, Y. (2004). Effect of heat stress on the photosynthetic apparatus in maize (*Zea mays* L.) grown at control or hightemperature. *Enviromental and Experimental Botany*, 52, 123-129.
- Smart, R. E. & Bingham, G. E. (1974). Rapid Estimates of Relative Water Content. *Plant Physiology*, 53, 258-260.
- Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., & Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 203(1), 32-43.
- Sparks, D. L., Fendorf, S. E., Toner IV, C. V., & Carski, T. H. (1996). Kinetic methods and measurements. *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*, 5, 1275-1307.
- Suarez, D.L., 1996. Sayfa: 575-601. Beryllium, Magnesium, Calcium, Strontium and Barium. *Methods of Soil Analysis—Part 3: Chemical Methods*. Editör: Sparks, D.L., et al. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- Sumner, M.E & Miller, W.P. (1996). Sayfa: 1201-1229. Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients. *Methods of Soil Analysis - Part 3 - Chemical Methods Madison*. Editör: Sparks, D.L. et al. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Wisconsin.

- Szabados, L., & Savouré, A. (2010). Proline: a multifunctional amino acid. *Trends in plant science*, 15(2), 89-97.
- Şimşekli, N. (2012). “Karapınar Rüzgâr Erozyonunu Önleme Alanının Sürdürülebilir Arazi/Toprak Yönetimi Planının Geleneksel Yapının Perspektifinde Geliştirilmesi”. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Adana.
- Taïbi, K., Del Campo, A. D., Vilagrosa, A., Bellés, J. M., López-Gresa, M. P., Pla, D. & Mulet, J. M. (2017). Drought Tolerance in Pinus halepensis Seed Sources as Identified by Distinctive Physiological and Molecular Markers. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1202.
- Tavşanoğlu, F. (1976). Türkiye’de Rüzgar Erozyonunun Kapsamı, Rüzgar Erozyonuna Karşı Mücadele, Örnek: İç Anadolu Konya Karapınar’da Rüzgar Erozyonu ile Mücadele. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, A-5, 65-84, İstanbul.
- Temel, Y., Bozkuş, T., Karagözoğlu, Y., & Çiftçi, M. (2017). Glutasyon redüktaz (GR) enziminin japon bıldırcın (*Coturnix coturnix japonica*) eritrositlerinden saflaştırılması ve karakterizasyonu. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(3), 143-150.
- Thirgood, J.V. (1981). *Man and Mediterranean Forest. A history of Resource Depletion*. Academic Press, New York.
- Thomas, G. W. (1996). Soil pH and Soil Acidity. *Methods of Soil Analysis - Part 3 - Chemical Methods*. Editör: Sparks, D.L. et al. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Trees, F., (2019). *Forests and Land Use in Drylands: The First Global Assessment—Full Report*. FAO Forestry Paper.
- Tsetsegma, G., Akhmadi, K., Cho, W., Lee, S., Chandra, R., Jeong, C.E., Chia, R.W. & Kang, H. (2018). Effects of Oxidized Brown Coal Humic Acid Fertilizer on The Relative Height Growth Rate of Three Tree Species. *Forests*, 9, 360.
- Tunçdilek N. (1987). *Geoekoloji’nin Temel İlkeleri, Doğal Bölgeler*. İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü. Edebiyat Fakültesi Basımevi, İstanbul.
- Türkmen, Ö., Dursun, A., Turan, M., & Erdinç, Ç. (2004). Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 54(3), 168-174.
- USDA (1987). *United States Department of Agriculture, Soil Mechanics Level I, Module 3 Report*. USDA Textural Soil Classification Study Guide, USA.

- Verbruggen, N., & Hermans, C. (2008). "Proline accumulation in plants: a review". *Amino acids*, 35, 753-759.
- Vuorinen, I., Hamberg, L., Müller, M., Seiskari, P. & Pennanen, T. (2015). Development of Growth Media for Solid Substrate Propagation of Ectomycorrhizal Fungi for Inoculation of Norway Spruce (*Picea abies*) Seedlings. *Mycorrhiza*, 25(4), 311-324.
- Wang, C., Wen, D., Sun, A., Han, X., Zhang, J., Wang, Z., & Yin, Y. (2014). Differential activity and expression of antioxidant enzymes and alteration in osmolyte accumulation under high temperature stress in wheat seedlings. *Journal of Cereal Science*, 60(3), 653-659.
- Weil, R.R. & Brady, N. C. (2017). *The Nature and Properties of Soils*. Fifteenth Edition. Perarson, New York.
- Whisenant, S.G. (1993). Landscape Dynamics and Arid Land Restoration. Proceedings: *Wildland Shrub and Aridland Restoration Symposium*. October 19-21; Las Vegas, NV. Syf. 26-34.
- Yang, J., Kloepper, J. W., & Ryu, C. M. (2009). Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends in plant science*, 14(1), 1-4.
- Yıldız, O., Altundağ, E., Çetin, B., Güner, Ş.T., Sargıncı, M., Toprak, B., Dönmez A.H., & Mutlu, Ö.. (2012). *Kurak Bölge Bitkilendirmesinde Farklı Ağaç, Çalı ve Otsu Türler Kullanımının Fidan Büyümesi ve Beslenmesi ile Bazı Toprak Değişkenlerine Etkisi*, TÜBİTAK, Ankara.
- Yıldız, O., Altundağ, E., Çetin, B., Güner, Ş.T., Sargıncı, M., Toprak, B., Dönmez A.H., & Arslan H.. (2013). *İç Anadolu Sodik Sahalarında Jips ve Kükürt Uygulamasının Ağaçlandırma Başarısına Etkisi*, TÜBİTAK Ankara.
- Yıldız, O., Altundağ, E., Çetin, B. Güner, Ş.T., Gursoy, İ., Sargıncı, M., Toprak, B. & Mutlu, Ö. (2014). Preliminary results of experimental arid land afforestation in the Central Anatolia region of Turkey. Abstract Book, *2nd International Conference on Arid Lands Studies / Innovations for sustainability and food security in arid and semiarid lands* (ss.168), Samarkand, Uzbekistan
- Yıldız, O., Altundağ, E., Çetin, B., Güner, Ş.T., Sargıncı, M., Toprak, B. & Mutlu, Ö. (2015a). Early results of experimental aridland afforestation in the central Anatolian region of Turkey. XXXVI CIOSTA & CIGR Section V Conference: Environmentally Friendly Agriculture and Forestry for Future Generations. (ss.438-440). St. Petersburg, Russia.
- Yıldız, O., Altundağ, E., Çetin, B., Güner, Ş.T., Sargıncı, M., Altınay, B., Toprak, B. & Mutlu, Ö. (2015b). Effects of Gypsum and Sulfur as Soil Amendments on Afforestation Success in Inland Part of Anatolia: Early Results. *Int. Conf. Applied Ecology: Problems, Innovations*, Tiflis-Batum, Georgia.

- Yıldız, O., Altundağ, E., Cetin, B., Guner, Ş.T., Sargıncı & M., Toprak, B. (2017). Afforestation Restoration of Saline-Sodic Soil in the Central Anatolian Region of Turkey Using Gypsum and Sulfur. *Silva Fennica*. 51, 1-17.
- Yıldız, O. (2018). İç Anadolu'nun Kurak Sahalarında Kurulan Ağaçlandırma Sahalarının Toprak Özellikleri. *Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi* (ss: 420-428), 18-19 Ekim, 2018, Girne KKTC.
- Yıldız, O., Altundağ, E., Çetin, B., Güner, Ş.T., Sargıncı, M., Toprak, B. (2018a). Experimental Arid Land Afforestation in Central Anatolia, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 355.
- Yıldız, O., Çetin, B., Sargıncı, M., Toprak, B., A., Dönmez A.H.,... & Şahin, U. (2018b). İç Anadolu'da Ağaçlandırma Çalışmaları. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 14(1), 1-20.
- Yıldız, O., Eşen, D., Çetin, B., Sargıncı, M., Toprak, B.,..., & Dönmez A.H. (2018c). Tuz Gölü-Konya Havzasında Bulunan Ağaçlandırma Sahalarında Ağaç Türlerinin Başarı Oranları ile Toprak Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimin Belirlenmesi, TÜBİTAK, Ankara.
- Yıldız, O. (2019). Dryland Afforestation Practices in Central Anatolia. *International Conference on Climate Change and Forestry* (ss.171-176). 13-14 Kasım, Antalya.
- Yıldız, O., Esen, D., Sargıncı, M., Çetin, B., Toprak., B. & Dönmez, A.H. (2022). Restoration success in afforestation sites established at different times in arid lands of Central Anatolia. *Forest Ecology and Management*, 503, 119808.
- Yılmaz, M. (2010). Karapınar Çevresinde Yeraltı Suyu Seviye Değişimlerinin Yaratmış Olduğu Çevre Sorunları. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2(2), 145-163.
- Ying, Y.Q., Song, L.L., Jacobs, D.F., Mei, L., Liu, P., Jin, S.H. & Wu, J.S. (2015). Physiological Response to Drought Stress in *Camptotheca acuminata* Seedlings from Two Provenances. *Frontiers in Plant Science*, 6, 361.
- Yoshida, Y. (1995). Correlation between the induction of a gene for Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase and the accumulation of proline in *Arabidopsis thaliana* under osmotic stress. *Plant J.*, 7, 101-110.
- Xu, Y., Schmiede, S. C., & Sharkey, T. D. (2024). The oxidative pentose phosphate pathway in photosynthesis: a tale of two shunts. *New Phytologist*.
- Zeneli, G., Krokene, P., Christiansen, E., Krekling, T. & Gershenzon, J. (2006). Methyl Jasmonate Treatment of Mature Norway Spruce (*Picea abies*) Trees Increases the Accumulation of Terpenoid Resin Components and Protects Against Infection by *Ceratocystis polonica*, A Bark Beetle-Associated Fungus. *Tree Physiology*, 26,

977–988.

Zhou, S.X., Medlyn, B.E. & Prentice, I.C. (2016). Long-Term Water Stress Leads to Acclimation of Drought Sensitivity of Photosynthetic Capacity in Xeric but not Riparian Eucalyptus Species. *Annals of Botany*, 117(1), 133–144.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Abdullah Hüseyin DÖNMEZ

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Doktora	Orman Müh.	Düzce Üniversitesi	2024
Y. Lisans	Orman Müh.	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Orman Müh.	Düzce Üniversitesi	2016
Lise	Sayısal	M.N.A. Anadolu Lisesi	2011

YAYINLAR

Tezden Üretilen Yayınlar

Dönmez, A. H., & Yıldız, O. (2024). (Basımda) İç Anadolu Kurak Sahalarında Abiyotik Bitki Stresleri. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*.

Dönmez, A. H., & Yıldız, O. (2024). (Basımda) İç Anadolu Kurak Sahalarında Ağaçlandırma Başarısını Sınırlandıran Etmenler. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*.

Diğer Yayınlar

Özgenç, E., Çoruh, M. K., Keleş Özgenç, E., Dönmez, A. H., & Töre, G. Y. (2024). The Properties and Functional Effects of Carbon-Based Nanofillers in Environmental Applications. *Handbook of Nanofillers* (pp. 1-37). Singapore: Springer Nature Singapore.

- Dönmez, A. H., Baş, E., Yılmaz, N., & Sargıncı, M. (2024). Arazi kullanım değişikliğinin toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi: Batı Karadeniz örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 35-44.
- Keleş Özgenç, E., Dönmez, A. H., & Özgenç, E. (2024). Evaluating Cultural Ecosystem Services Through Geospatial Social Media Data: A Study of Edirne City. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 8(2), 30.
- Dönmez, A. H., & Yıldız, O. (2024). Jips ve kükürt uygulaması yapılan tuzlu-sodik İç Anadolu sahalarında iğde (*Elaeagnus angustifolia* L.), ılgın (*Tamarix smyrnensis* Bunge) ve akkavak (*Populus alba* L.) fidanlarının tutma ve büyüme başarısı. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 184-194.
- Sargıncı, M., Dönmez, A. H., & Yıldız, O. (2022). Biyosferde Su Döngüsü ve Bitkiler Tarafından Suyun Alınma Mekanizmalar. *Düzce Üniversitesi Süs ve Tıbbi Bitkiler Botanik Bahçesi Dergisi*, 1(1), 8-20.
- Kaya, S., Eroğlu, E., Başaran, N., Ayteğin, A., & Dönmez, A. H. (2022). “Doğal Alanlarda Bulunan Bazı Bitki Türlerinin Peyzaj Tasarım Elemanları Açısından Değerlendirilmesi”. *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Yeni Trendler* 1, 545-555.
- Yıldız, O., Eşen, D., Sargıncı, M., Çetin, B., Toprak, B., & Dönmez, A. H. (2022). Restoration success in afforestation sites established at different times in arid lands of Central Anatolia. *Forest Ecology and Management*, 503, 119808.
- Uzun, S., Eroglu, E., Sarginci, M., Dönmez, A. H., Cetin, G., & Muderrisoglu, H. (2021). Research on possible damage caused by recreational activities in Yedigöller National Park. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-12.
- Yıldız, O., Dönmez, A. H., Sargıncı, M., & Çetin, B. (2021). Kokar ağacın (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) iç anadolu kurak saha ağaçlandırmalarında kullanımı. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 17(2), 351-366.
- Sargıncı, M., Yeşil, Z. B., Dönmez, A. H., & Yıldız, O. (2021). İstanbul Kent Ormanında Arazi Kullanım Yoğunluğuna Bağlı Toprak Özelliklerinin Değişimi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2), 899-914.

Yıldız, O., Çetin, B., Sargıncı, M., Toprak, B., ... & Şahin, U. (2018). İç Anadolu'da
Ağaçlandırma Çalışmaları. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık
Dergisi*, 14(1), 1-20.

