T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇ ANADOLU BÖLGESİNDE FARKLI YAŞLARDAKİ KARAÇAM AĞAÇLANDIRMA SAHALARINDA TOPRAK VE BİTKİDEKİ BAZI BESİN ELEMENTLERİ ORANLARININ YILLARA GÖRE DEĞİŞİMİ

ADEM SEÇİLMİŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT SARGINCI

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇ ANADOLU BÖLGESİNDE FARKLI YAŞLARDAKİ KARAÇAM AĞAÇLANDIRMA SAHALARINDA TOPRAK VE BİTKİDEKİ BAZI BESİN ELEMENTLERİ ORANLARININ YILLARA GÖRE DEĞİŞİMİ

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

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Murat SARGINCI

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Murat SARGINCI
Düzce Üniversitesi _____

Prof. Dr. Oktay YILDIZ
Düzce Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Meriç ÇAKIR
Çankırı Karatekin Üniversitesi _____

Tez Savunma Tarihi: 03/05/2019

BEYAN

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

Mayıs 2019

Adem SEÇİLMİŞ

Rahmetli meslektaşım İkram IŞIK'a

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Murat SARGINCI'ya en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Lisans yıllarımdan bu yana eğitimim boyunca bana her zaman yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, bana akademik bilgi, tecrübe ve çalışma disipliniyle birlikte hayata dair pek çok şey katan ve desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Oktay YILDIZ'a tez çalışmam süresince arazi ve laboratuvar çalışmalarımda bana yardımcı olup yol gösteren Dr. Öğr. Üyesi Bülent TOPRAK'a ve Dr. Öğr. Üyesi Meriç ÇAKIR'a tüm samimiyetimle teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi, manevi her zaman yanımda olan, benim için her türlü fedakarlığı yapan babam Rahim SEÇİLMİŞ'e ve annem Serpil SEÇİLMİŞ'e, ayrıca her ihtiyacımda ve çalışmalarımda yanımda olup desteklerini esirgemeyen Orman Mühendisleri Oda Başkanı Sn. Hasan TÜRKYILMAZ'a, Oltu İşletme Müdürü Alptekin Bozkurt KARAPÜR ve saygı değer eşi Fatoş KARAPÜR'e, Nallıhan Erenler Orman İşletme Şefi Osman ÖZ'e, Pey. Mim. Elif ATMACA'a Orman Mühendisleri Abdullah Hüseyin DÖNMEZ, Yasin KOKAŞ, Serdar TERZİ, Sefa YILMAZ, Gencay YILDIZ'a, Orman Yük. Mühendisi Özgül TİLKİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca desteğini hiç esirgemeyen çalışmama katkı sağlayan Orman Mühendisi Şule TEMÜR'e teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Projeler Koordinatörlüğü (DÜBAP) tarafından 2016.02.02.509 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Mayıs 2019 **Adem SEÇİLMİŞ**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ viii

ÇİZELGE LİSTESİ xii

KISALTMALAR xiii

SİMGELER xiv

ÖZET xv

ABSTRACT xvi

1. GİRİŞ 1

1.1. LİTERATÜR ÖZETİ 3

2. MATERYAL VE YÖNTEM 13

2.1. MATERYAL 13

2.1.1. Çalışma Sahası 13

2.1.2. İklim 17

2.1.3. Anakaya, Arazi Yapısı ve Toprak Özellikleri 19

2.1.4. Bitki Örtüsü 20

2.2. YÖNTEM 21

2.2.1. Çalışmanın Kuruluş Aşaması 21

2.2.1.1. *Toprak 21*

2.2.1.2. *Ölü Örtü 22*

2.2.1.3. *Ağaç-İbre 23*

2.2.2. Örneklerin Toplanması ve Analizleri 23

2.2.2.1. *Toprak Örnekleri 23*

2.2.2.2. *Ölü Örtü ve Humus Örnekleri 29*

2.2.2.3. *Ağaç-İbre Örnekleri 30*

2.3. İSTATİSTİKİ ANALİZLER 31

3. BULGULAR VE TARTIŞMA 32

3.1. AĞAÇLANDIRMANIN TOPRAK ÖZELLİKLERİ, ÖLÜ ÖRTÜ VE HUMUS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ 32

3.1.1. Farklı Yıllarda Yapılan Ağaçlandırma Sahalarının Toprak Özelliklerinin Derinlik Kademelerine Göre Karşılaştırılması 32

3.1.1.1. *Ağaçlandırma Sahalarında Toprağın KDK, pH, EC, $CaCO_3$ Özelliklerinin Karşılaştırılması 32*

3.1.1.2. *Ağaçlandırma Sahaları Toprağı Birim Alandaki (Ha) İnorganik Karbon, Toplam Karbon, Organik Karbon, Azot Miktarlarının (Kg) Karşılaştırılması 34*

3.1.1. Kontrol Sahalarının Toprak Özelliklerinin Derinlik Kademelerine Göre Karşılaştırılması 40

3.1.1.1. *Kontrol Sahalarının Toprağın KDK, pH, EC, CaCO3 Özelliklerine Göre Karşılaştırılması 40*

3.1.1.2. *Kontrol Sahaları Toprağı Birim Alandaki (Ha) İnorganik Karbon, Karbon, Organik Karbon, Azot Miktarlarının (Kg) Karşılaştırılması* 42
3.1.2. Ağaçlandırma ve Kontrol Sahalarının Toprak Özelliklerinin Derinlik Kademelerine Göre Karşılaştırılması **48**
3.1.2.1. *Ağaçlandırma ve Kontrol Sahalarının Toprağın KDK, pH, EC, CaCO3 Özelliklerine Göre Karşılaştırılması* 48
3.1.2.2. *Ağaçlandırma ve Kontrol Sahaları Toprağı Birim Alandaki (Ha) İnorganik Karbon, Karbon, Organik Karbon, Azot Miktarlarının (Kg) Karşılaştırılması* 54
3.1.3. Ağaçlandırma ve Kontrol Sahalarının 50 cm Toprak Derinliğindeki Toplam IOC, C, OC, N Miktarlarını Yıllara Göre Karşılaştırılması **64**
3.1.3.1. *Ağaçlandırma ve Kontrol Sahalarının Birim Alandaki (Ha) Toprak Derinliğinde Toplam IOC, C, OC, N Miktarlarının (Kg) Yıllara Göre Karşılaştırılması* 64
3.1.4. Ağaçlandırma Sahalarının Humus ve Ölü Örtü Miktarlarının Yıllara Göre Karşılaştırılması **69**
3.1.4.1. *Ağaçlandırma Sahalarının Humus Ağırlıkları ve C, N Miktarlarının Yıllara Göre Karşılaştırılması* 69
3.1.4.2. *Ağaçlandırma Sahalarının Ölü Örtü Ağırlıkları ve C, N Miktarlarının Yıllara Göre Karşılaştırılması* 71
3.1.5. Ağaçlandırma Sahalarının Ağaç-İbre Örneklerinin C, N Oranlarının Yıllara Göre Karşılaştırılması **74**
4. SONUÇ VE ÖNERİLER **76**
5. KAYNAKLAR **78**
ÖZGEÇMİŞ **88**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Karaçamın Akdeniz Havzasındaki doğal yayılış alanları. 13
Şekil 2.2. Çalışma sahalarının meşcere haritası (Arcgis) gösterimi, 1-A, 1-B, 1-C, 1-D, 1-E ağaçlandırma ve kontrol sahaları. 16
Şekil 2.3. Çalışma sahalarının Google Earth üzerinde gösterimi, 2-A, 2-B, 2-C, 2-D, 2-E ağaçlandırma ve kontrol sahaları. 16
Şekil 2.4. Çalışma sahası, Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri. Çalışma sahalarının temsili gösterimi. 17
Şekil 2.5. Thornthwait'e göre Türkiye iklimi. Çalışma sahalarının temsili gösterimi. .. 17
Şekil 2.6. Çalışma sahasına en yakın Nallıhan Meteroloji İstasyonu'na ait 1970-2010 yıllarındaki verilerden oluşturulmuş Walter (1970) İklim Diyagramı. 19
Şekil 2.7. Artım bulgusu ile ağaçların yaşlarının belirlenmesi. 22
Şekil 2.8. Çalışma sahalarının kroki olarak gösterimi. 22
Şekil 2.9. 3-A 1968 yılı ağaçlandırma sahaları, 3-B kontrol sahaları toprak profilleri. 24
Şekil 2.10. 4-A 1973 yılı ağaçlandırma sahaları, 4-B kontrol sahaları toprak profilleri. 24
Şekil 2.11. 5-A 1985 yılı ağaçlandırma sahaları, 5-B kontrol sahaları toprak profilleri. 25
Şekil 2.12. 6-A 1996 yılı ağaçlandırma sahaları, 6-B kontrol sahaları toprak profilleri. 25
Şekil 2.13. 7-A 2002 yılı ağaçlandırma sahaları, 7-B kontrol sahaları toprak profilleri. 26
Şekil 2.14. 1,5 kg'lık toprak örnekleri ve 100 m^3 silindirle alınan örnek. 26
Şekil 2.15. 100 m^3 silindirle alınan örneklerin kurutulması ve tartılması. 27
Şekil 2.16. Toprak örneklerinin hava kurusu halinde kurutulması. 27
Şekil 2.17. Laboratuvarda yapılan fiziksel ve kimyasal toprak analizlerinden görünüm. 29
Şekil 2.18. Araziden alınan ölü örtü ve humus örneklerinden görünüm. 30
Şekil 2.19. Örneklerin kurutma makinasında kurutulması. 30
Şekil 2.20. İbre örneklerinin toplanması. 31
Şekil 3.1. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 34
Şekil 3.2. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 35
Şekil 3.3. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon

(OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 35
Şekil 3.4. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 36
Şekil 3.5. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 37
Şekil 3.6. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde azot miktarı ortalaması ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 37
Şekil 3.7. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde azot miktarı ortalaması ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 38
Şekil 3.8. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde azot miktarı ortalaması ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 38
Şekil 3.9. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde azot miktarı ortalaması ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 39
Şekil 3.10. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde azot miktarı ortalaması± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 39
Şekil 3.11. Kontrol sahalarının 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 42
Şekil 3.12. Kontrol sahalarının 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 43
Şekil 3.13. Kontrol sahalarının 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 44
Şekil 3.14. Kontrol sahalarının 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 44
Şekil 3.15. Kontrol sahalarının 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon

(IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 45
Şekil 3.16. Kontrol sahalarının 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 46
Şekil 3.17. Kontrol sahalarının 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 46
Şekil 3.18. Kontrol sahalarının 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 47
Şekil 3.19. Kontrol sahalarının 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 47
Şekil 3.20. Kontrol sahalarının 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 48
Şekil 3.21. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg)± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 54
Şekil 3.22. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 55
Şekil 3.23. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 56
Şekil 3.24. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 57
Şekil 3.25. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 57
Şekil 3.26. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile

kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 61
Şekil 3.27. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 61
Şekil 3.28. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 62
Şekil 3.29. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 62
Şekil 3.30. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 63
Şekil 3.31. a) Ağaçlandırma ve b) Kontrol sahalarının 0-50 cm derinlik kademesinde toplam inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), toplam organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) gösterimi. 65
Şekil 3.32. a) Ağaçlandırma ve b) Kontrol sahalarının 0-50 cm derinlik kademesinde toplam azot (N) hektardaki miktarları (kg) gösterimi. 68
Şekil 3.33. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının hektardaki humus miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 70
Şekil 3.34. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının humus içeriğinde hektarda a) toplam karbon (C) ve b) toplam azot (N) miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 71
Şekil 3.35. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının hektardaki ölü örtü miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 72
Şekil 3.36. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının ölü örtü içeriğinde hektarda a) toplam karbon (C) ve b) toplam azot (N) miktarları (kg) ± std. hata Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 74
Şekil 3.37. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarından alınan ibre örneklerinin a) karbon (C) ve b) toplam azot (N) oranları (%) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir. 75

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının tanıtımı. 15
Çizelge 2.2. Nallıhan 1970-2010 yılları arası meteorolojik gözlemler..... 18
Çizelge 3.1. Ağaçlandırma sahaları yıllara ve derinlik kademelerine göre KDK, pH, EC, kireç yoğunlukları ortalaması, ± Std. hataları. 33
Çizelge 3.2. Kontrol sahalarının yıllara ve derinlik kademelerine göre KDK, pH, EC, kireç yoğunlukları ortalaması, ± Std. hata..... 41
Çizelge 3.3. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının yıllara ve derinlik kademelerine göre KDK, pH, EC, kireç yoğunlukları ortalaması, ± Std. hata. 50

KISALTMALAR

Ağaç	Ağaçlandırma
CN	Karbon-Azot
ÇEM	Çölleşme ve erozyonla mücadele
EC	Elektriksel iletkenlik
FSK	Faydalanabilir su
Ha	Hektar
IOC	İnorganik karbon
KDK	Katyon değişim kapasitesi
Kont.	Kontrol
Mg	Mega gram (Ton)
OC	Organik karbon
OM	Organik madde
pH	Hidrojen potansiyeli
SAS	İstatiksel analiz programı
STD.	Standart hata
TOK	Toplam organik karbon
YY	Yüz yıl

SİMGELER

C	Karbon
Ca	Kalsiyum
$CaCO_3$	Kalsiyum karbonat
$C_2H_3NaO_2$	Sodyum asetat
cm^3	Santimetre küp
Çk	Karaçam
Çz	Kızılçam
K	Potasyum
m	Metre
mm	Milimetre
m^2	Metrekare
m^3	Metreküp
mg	Magnezyum
N	Azot
Na	Sodyum
NH_4	Amonyum
NO_x	Azot oksit
P_2O_5	Fosfor penta oksit
°	Derece
%	Yüzde
µS	Micro siemens
g/l	1 litrede gr (Hacim)
gr/kg	Binde bir

ÖZET

İÇ ANADOLU BÖLGESİNDE FARKLI YAŞLARDAKİ KARAÇAM AĞAÇLANDIRMA SAHALARINDA TOPRAK VE BİTKİDEKİ BAZI BESİN ELEMENTLERİ ORANLARININ YILLARA GÖRE DEĞİŞİMİ

ADEM SEÇİLMİŞ
Düzce Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Murat SARGINCI
Mayıs 2019, 87 sayfa

Türkiye'de asli ağaç türleri arasında en geniş yayılışa sahip 3. ağaç türü olan karaçam (*Pinus nigra* Arn.) bu özelliğiyle ağaçlandırmalarda en çok kullanılan türlerin başında gelmektedir. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı Karadeniz Bölgesi ılıman nemli iklim ile İç Anadolu Bölgesi karasal iklim arasında bir geçiş bölgesi özelliği gösteren Nallıhan Bölgesi'nde 1968, 1973, 1985, 1996 ve 2002 (ort. 50, 40, 30, 20, 10 yaşında) yıllarında yapılmış olan karaçam ağaçlandırma sahalarında bazı toprak özelliklerinin ve iğne yapraklardaki karbon (C) ile azot (N) oranlarının karşılaştırılmasıdır. Bu kapsamda her bir ağaçlandırma sahasında mineral toprak üzerinden ölü örtü örnekleri, toprağın 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm ve 40-50 cm derinlik kademelerinden de toprak örnekleri alınmıştır. Ayrıca her örnekleme sahasında belirlenen 75 adet ağaçtan ibre örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinde elektriksel iletkenlik (EC), toprak tepkimesi (pH), katyon değişim kapasitesi (KDK), kireç yoğunluğu ($CaCO_3$), N ve inorganik-organik C içerikleri belirlenmiştir. Ölü örtü ve ibre örneklerinde C ve N miktarları belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda ağaçlandırma sahaları yaşlandıkça topraktaki OC miktarları arasında bir farklılık bulunamazken, N miktarının genç meşcerelerde özellikle üst toprakta daha fazla olduğu bulunmuştur. Toprak pH'ı ve KDK'sı sahalar arası fark gösterse de yaşa bağlı bir fark belirlenmemiştir. Bununla birlikte yaşlı meşcerelerde zemindeki ölü örtü miktarının ve dolayısıyla C ve N miktarının arttığı belirlenmiştir. 1968, 1973, 1985, 1996 ve 2002 ağaçlandırma sahalarında toprağın ilk 50 cm derinlik kademesinde IOC miktarları sırasıyla 129, 248, 26, 23 ve 24 Mg ha^{-1}, OC miktarları sırasıyla 33, 14, 25, 16 ve 28 Mg ha^{-1} ve N miktarları sırasıyla 15, 8, 7, 9 ve 62 Mg ha^{-1} olarak hesaplanmıştır. İbrelerdeki C oranları arasında ağaç yaşına bağlı bir fark bulunmazken, genç ağaç ibrelerinde N oranının daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Ağaçlandırma, Azot, Karaçam, Karbon, Toprak.

ABSTRACT

VARIATION OF AMOUNT OF SOME NUTRIENTS OF SOIL AND PLANT IN DIFFERENT AGED BLACK PINE PLANTATION SITES IN INNER ANATOLIA REGION

ADEM SECILMIS
Duzce University
Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering
Master's Thesis
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Murat SARGINCI
May 2019, 87 pages

Black pine (*Pinus nigra* Arn.) which has the 3rd widest range of distribution in Turkey among tree species is one of the most used species in afforestation with this feature. Thus the aim of this study is to compare some soil properties and ratio of carbon (C) and nitrogen (N) of needles in black pine plantation sites where planted in 1968, 1973, 1985, 1996 and 2002 (50, 40, 30, 20, 10 years old) in Nallıhan Region where occurs a transitional region property between Black Sea Region temperate humid climate and Inner Anatolia Region continental climate. In this context, litter samples were collected from mineral soil surface and soil samples were taken from 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm and 40-50 cm soil depth levels in each plantation sites. In addition, needle samples were taken from 75 trees in each sampling area. Electrical conductivity (EC) soil reaction (pH), cation exchange capacity (CEC), calcium carbonate $CaCO_3$) intensity, N and inorganic-organic C contents were determined on soil samples. C and N amounts were determined on litter and needle samples. According to analyses while there were no differences among the OC amounts of soil as the plantation sites get older, it was found that N amounts were higher especially in upper soils in young stands. Although pH and CEC were different among the sites a difference depending on age was not found. On the other hand, it was determined that the amount of litter and therefore C and N amount increased in old stands. In the first 50 cm depth of soil in 1968, 1973, 1985, 1996 and 2002 plantation sites amount of IOC were found 129, 248, 26, 23 and 24 Mg ha^{-1}, amount of OC were found 33, 14, 25, 16 and 28 Mg ha^{-1} and amount of N were found 15, 8, 7, 9 and 62 Mg ha^{-1}, respectively. While there were no differences among the C ratio of needles depending on tree age. N ratio was found to be higher in young tree needles.

Keywords: Plantation, Nitrogen, Black pine, Carbon, Soil.

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun yüzyıllardır orman alanları üzerinde süregelen baskısı dünya orman varlığının azalmasına sebep olmuştur. Özellikle 1800'lü yıllardan itibaren endüstri devrim ile birlikte artan baskı ormanların hızla azalmasına neden olmuştur [1]. Tahrip sonucu ekosistemlerdeki besin elementleri ve karbon miktarlarında azalmalar olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki orman alanlarının tarım alanına dönüştürülmesinden sonra takip eden ilk üç yılda toprak karbonunun % 22'sinin, azotunun yaklaşık 1/3'ünün, on yıl sonra da toprak karbonunun % 45'inin kaybolduğu [2], kurak ve yarı-kurak sahlarda da bitki örtüsü ve toprağın tahrip edilmesi sonucu toprağın fiziksel ve kimyasal yapısının bozulduğu ve üretim kapasitelerinin azaldığına dönük çalışmalar bulunmaktadır. Ekosistemlerinin yapısı ve işlevlerinin bozulması topluma sunduğu hizmetlerinin sürdürebilirliğini tehlikeye soktuğundan özellikle kırılgan ekosistemlerin yapısı ve tahrip olmuş ekosistemlerin restore edilmesi doğal kaynak yöneticilerin en önemli uğraşlarında biri haline gelmiştir [3].

İklim değişikliğinden etkilenecek olan ülkelerden biri de Türkiye'dir. TÜBİTAK'ın Vizyon 2023 Bilim ve Teknoloji Öngörüsü Projeleri Tarım ve Gıda Paneli'nin hazırladığı raporda "*İklim değişikliklerinin kestirimi ile ilgili modellerin geliştirilmesi*" Tarım ve Gıda Paneli'nin öncelikli olarak saptadığı 8 teknolojik alan ve 9 teknolojik faaliyet konusu arasında yer almıştır. Bu raporda orman kaynaklarımız ile ilgili kısımda 'veri tabanı eksikliği olduğu ve bu eksikliklerin yapılacak çalışmalarla kapatılması gerektiği vurgulanmıştır [4]. Dolayısıyla bu çalışmada karaçam (*Pinus nigra* Arn.*)* ağaçlandırma alanlarının ağaçlandırma yapılmayan alanlara göre ne tür değişimler gösterdiği, ve ekolojik özelikler ile türün beslenmesi arasındaki ilişkiler ortaya konarak, türün geleceği ile ilgili yapılması gereken çalışmalar ve alınması gereken önlemler ortaya konulmuştur. En önemlisi elde edilen bu veriler iklim değişikliği senaryoları karşısında kaynakların sürdürülebilir kullanımı konusunda farklı çözüm yolları önerebilecek veri eksikliklerinin giderilmesine katkı sağlayacaktır. Nitekim elde edilen bu verilerle bölgedeki karaçam ağaçlandırma sahalarında karbon (C) miktarı, toprak verimliliği ve organik maddesi ile ilgili uluslararası literatürle uyumlu bölgeye ait bir altlık oluşturulmuş olacaktır. Bu veriler bölgedeki bitki ve toprak karbon havuzunun hesaplanması çalışmalarında

kullanılabilecektir. Ayrıca uygulamacılara çalışma alanlarındaki saha verimliliği, besin elementi, OM ve C miktarlarıyla ilgili sağlanan bu ekosistem verileri, yapacakları sürdürülebilir ormancılık çalışmaları kapsamında yol gösterici bilgiler olarak kullanılabilir. Bu nedenle yapılan çalışmada türün yıllara göre nasıl bir değişim gösterdiği, ağaçlandırılan sahalarda C birikimini ne oranda arttığı ve beslenme ile ilgili eksik olan verilerin toplanmasına katkı sağlayarak uygulama amacıyla önerilerde bulunabilecek, türün geleceği konusunda varsa alınması gereken önlemlerin belirlenmesi açısından önemli bir yere sahiptir.

Türkeş'in belirttiğine göre kuraklık indisi değerleri 0,20-0,65 arasında kalan yarı kurak ve kurak alanlar Türkiye yüzölçümünün % 35'ni oluşturmaktadır [5]. Bununla birlikte çölleşmeye eğilimli yarı nemli alanlar da (kuraklık indisi değerleri 0,65-0,80 arasında) eklendiğinde bu rakam % 60'a çıkmaktadır. Dolayısıyla ülke yüzölçümünün yarısından fazlasının çölleşme riski taşıdığı ortaya çıkmaktadır [5]. Türkiye'nin geniş alanlarının kuraklık etkisinde olduğu ve çalışma sahalarının da içinde bulunduğu potansiyel ağaçlandırma sahalarının büyük çoğunluğunun da bu alanlarda yer aldığı düşünüldüğünde çalışmanın kapsamının Türkiye'deki birçok eylem planı [6]-[9] ve ARGE çalışmalarının hedefleri ile paralellik gösterdiği ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı Karadeniz Bölgesinden İç Anadolu Bölgesi arasında bir geçiş bölgesi özelliği gösteren Nallıhan Bölgesi'nde farklı tarihlerde yapılan karaçam ağaçlandırmalarının kronolojik olarak;

1. Toprağın hacim ağırlığı ve tanecik bileşimi (tekstür),

2. Toprağın pH, KDK, $CaCO_3$, C ve N içerikleri,

3. İğne yapraklardaki C ve N içeriklerinin belirlenmesi,

4. Elde edilen verilerin farklı yıllarda ağaçlandırılmış meşcereler ve bitişikteki açık alan özellikleriyle karşılaştırılmasıdır.

Aynı zamanda her bir ağaçlandırma sahası yakınında belirlenecek olan ağaçlandırma yapılmamış sahalardan kontrol amaçlı alınacak örnekler ile ağaçlandırmaların toprak ve ekosistem üzerinde yaptığı değişiklikler ortaya konacaktır. Bu sayede bölge için yeniden ağaçlandırılan sahalarda toprakta meydana gelen değişimler, özellikle besin elementi durumu, toprak solunumu ve karbon birikiminin ne yönde değiştiği belirlenmiş olacak ve bu bilgiler ışığında ileride yapılacak olan ağaçlandırma, restorasyon ve rehabilitasyon çalışmalarına bu bağlamda daha bilimsel temelli yön verilebilecektir.

1.1. LİTERATÜR ÖZETİ

Ağaçlandırma çalışmaları ormancılığın tüm faaliyetler içerisinde % 18'lik bir pay ile önemli bir orana sahiptir. OGM tarafından tutulan istatistiklere göre 1946 yılından bugüne yaklaşık 2,5 milyon ha ağaçlandırma yapılmıştır [10]. Yapılan bu ağaçlandırmalar içerisinde karaçam çok önemli bir yer tutmaktadır. OGM istatistikleri incelendiğinde 2009-2016 yılları arasında 600 milyonun üzerinde karaçam üretilmiş ve sahalara dikilmiştir [10].

Aynı türe ait bireylerin bulunduğu farklı ekolojik koşullarda hem toprak hem de bitki özelliklerinin de değişiklik gösterebileceği bilinmektedir [11]-[13].Orman niteliği kazanmayan alanlarda, ağaçlandırma ile ormana dönüştürülmesi için yapılan çalışmalarda ağaçlandırma sahalarının CO_2 gazlarının engelleyebileceği gibi [14], uygun bir şekilde bu sahalar yönetilmezse topraktaki bitki besin elementlerinin tükenmesi ile de toprak yapısının bozulacağı düşünülmektedir [15]. Bu bağlamda yapılan çalışmalarda pH, KDK, organik karbon ve azot analizleri gözlemlenerek toprak yapısında değişikler tespit edilmiştir. Farklı ağaçlandırma yıllarında örneklendirmeler yapılarak toprak reaksiyonunda (pH) 0,3 birim azaldığı, tüm karaçam ağaçlandırma sahalarında C ve N içeriklerinde sırasıyla % 15 ve % 20 düşüş olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmayla ağaçlandırmanın toprak üzerinde etkisini, toprak verimliliğini mümkün olduğunca koruyarak toprağın sıkışması, erozyon ve organik madde kaybını yavaşlatabileceği düşünülmüştür [16].

Kütahya-Gediz, Karaağaç Köyü'nde yapılan ağaçlandırma çalışmalarının bazı toprak özellikleri üzerine etkilerinin belirlemek için 0-30 cm ve 30-60 cm derinliklerden alınan örneklerde, yapılan analizlere göre topraktaki organik madde, fosfor, azot, pH, kireç, tarla kapasitesi, solma noktası, faydalanabilir nem miktarında artış, kil, kum, toz, hacim ağırlığı değerlerinde azalış gözlenmiştir [17].

Elmalı Barajı Havzası'nda granit anakayası üzerinde yapılan karaçam, sahil çamı, fıstık çamı ağaçlandırmalarında büyümenin toprak derinliği, taşlılığı ve N miktarına göre etkilendiği belirlenmiştir [18]. Artvin Yusufeli yöresinde karaçam ağaçlandırma sahalarında yapılan bir çalışmada, toprağın 0-20 cm derinliğindeki kil miktarı ile fidan boyu ve kök boğazı çapı arasında zıt bir korelasyon, yükselti ile de fidan boyu, kök boğazı çapı ve yaşama yüzdesi arasında da yine zıt bir korelasyon olduğunu belirlenmiştir [19]. Şimdiki çalışma sahalarından çok daha kurak olan Tuz gölü civarındaki Sazlıpınar,

Emirgazi, İncesu ve Karapınar yöresine dikilen karaçamların 3 yılda 10-30 cm boy artımı yaptığı belirlenmiştir [20].

Yarı kurak alanlarda gerçekleştirilen ağaçlandırma çalışmalarının bazı toprak özellikleri üzerine etkilerinin irdelendiği çalışma Ankara Polatlı ilçesi ağaçlandırma çalışmalarının yapıldığı (Sarıoba Köyü) sahada yapılmıştır. 1997 yılında ağaçlandırılma yapılan ve yapılmayan sahadan alınan farklı derinlik kademelerinde toprak örneklerine göre ağaçlandırma alanındaki topraklarda organik madde, fosfor, kil, azot, tarla kapasitesi, toz, solma noktası, faydalanılabilir su miktarı daha yüksek çıkmışken, ağaçlandırılmayan alandaki topraklarda ise pH, kum, kireç, daha yüksek bulunmuştur [21].

Kurak ve yarı kurak bölgelerin ağaçlandırma sonrası toprakta karbon ve azot miktarlarını konu alan çalışmada geniş yapraklı ve iğne yapraklı türlerin kullanılmasıyla toprakta 0-30 cm derinlikte karbon ve azotun önemli derecede değiştiği fakat kurulan meşcerelerin yaşlarının toplam azot ve toplam karbona etkilerinin olmadığı meta analizi kullanılarak bulunmuştur [22].

Anadolu karaçamı gelişimi ile yetişme ortamı arasındaki ilişkileri gözlemlemek amacıyla yapılan çalışmalarda toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri tespit edilerek ağaç boyu ile anakaya, toprak, iklim ve fizyografik faktörler arasındaki ilişkiler karşılaştırılmıştır. Farklı bakı, yükselti, eğim ve bonitet sınıfları arasında iklim özellikleri de göz önüne alınarak toprak özelliklerinden solunum derinliği arasında önemli ilişkiler bulunmuştur [23]. Fizyografik yetişme ortamı arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla çalışma yapılmıştır. Karaçamın yayılış yaptığı çalışma alanında pek derin topraklar, şist ve ofiyolit anakayası arasında pozitif, yükselti grubu (1121-1400 m) içinde çatlaklı kayalık arazi, pek sığ, orta derinlikteki topraklar ve kireçtaşı anakayası arasında önemli negatif ilişkiler tespit edilmiştir. Ayrıca çatlaklı kayalık arazi ve traki andezit anakayası arasında negatif ilişkiler belirlenmiştir [24]. Aynı yetişme ortamı içerinde buluna sarıçam *(Pinus sylvestris)*, karaçam, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) asli türlerinin verimliliklerinin değişimlerini nasıl gösterdiği ve bu değişikliği gösteren faktörlerin neler olduğunu amaçlayan çalışmada her bir ağaç türünün yayılış alanı büyüklüğü, bakı ve yükselti dikkate alınarak örnekleme alanları alınmıştır. Topraktaki fiziksel, kimyasal analizler sonucu kızılçamın verimlik üzerinde toz, kil, organik madde arasında pozitif, karaçamın verimlilik üzerinde faydalanabilir su (FSK), kum, toz, kil, pH'ın etkili olduğu, sarıçamda ise organik madde, FSK, fosfat (P_2O_5) ve pH'ın etkili olduğu belirlenmiştir [25].

Bayramiç (Kaz Dağları) karaçam sahalarında yapılan çalışmada yükseltiye bağlı olarak topraktaki bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin farklılık gösterdiğini, özellikle toprak organik karbon ve azot miktarlarının arttığını, yine benzer şekilde ibrelerdeki azot oranının da yükseltiye bağlı olarak arttığını belirlemiştir [26]. Yapılan birçok çalışma ile karbon miktarları bulunmuş ve bunun sözleşme ve paneller ile iklim değişikliği başta olmak üzere ülkeler arası anlaşmalar sağlanmıştır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi sekretaryasına Kyoto Protokolüne taraf olan ülkeler her yıl düzenli olarak sera gazları ulusal envanterlerini sunmaktadır. 2013 yılından itibaren Türkiye'nin de aralarında bulunduğu raporların hazırlanmasında Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan arazi kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (LULUCF) rehberinde beliren metotlar kullanılmaktadır [27],[28]. Böylelikle karbon miktarının hesaplanmanda ormandaki ağaç serveti, artım için katsayılar kullanılarak bitkisel miktarda depolanan ya da yıllık biriktirilen karbon miktarları hesaplanmaktadır [29]. 2008 yılında yapılan çalışmada ülkemiz topraklarında 1159 toprak çukurundan elde edilen değerlere göre hektarda 77,8 Mg karbon depolandığı tespit edilmiştir [30].

Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi 12. Taraflar Konferansında (UNCCD COP12); Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma 15,3 Hedefine yönelik, 2030 yılına kadar ülkelerin gönüllü olarak belirttikleri Arazi Tahribatının Dengelenmesi (ATD) hedeflerinin belirlenmesi ile yapılan çalışmaların ve arazi tahribatı eğilimlerinin izlenmesi kararlaştırılmıştır [31]. Yapılacak rehabilitasyon çalışmalarının orman ağaç serveti, karbon miktarı, hacim artımı artışlarının ortaya konulacağı, karbon depolanması hesaplamalarında katkı sağlayacaktır [30],[32].

Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM) ve TÜBİTAK-BİLGEM-YTE işbirliği ile yürütülen Türkiye Toprak Karbonu Projesi sonucunda yüksek çözünürlüklü ve çok ayrıntılı bir Türkiye Toprak Karbonu Stok Haritası hazırlanmıştır. 0-30 cm toprak derinliği için taşlılık dikkate alınmadan Random Forest makine öğrenme algoritması kullanılarak TOK Stok Haritası hazırlanmıştır. Buna göre Türkiye'nin 30 cm derinliğinde toplam karbon miktarı 3,51 milyar Mg olarak belirlenmiştir. Ayrıca hektarda orman alanları için 55,68 Mg C olduğu tahmin edilmiştir [33]. 2002 yılında Türkiye ormanlarında ağaçlardaki karbon miktarı 511,79 milyon Mg iken 2012'de 601,94 milyon Mg'dir [34]. 2004 yılında ormanlardaki ağaç serveti miktarları temel alınarak toprak üstünde 370,74 milyon Mg, toprak altında 109,12 milyon Mg, toplamda Türkiye'de

478,87 milyon Mg karbon miktarı hesaplanmıştır [35].

Biyokütle, ayrışma, toprak karbonuyla ile ilgili bazı ağaç türlerine yönelik çalışmaların bulunmasının yanında bu çalışmalar oldukça az sayıdadır [36],[37]. Ayrıca oluşan verilerin Avrupa'daki farklı ekosistemlerden elde edilen verilerle uyumu sınırlı olduğunda Türkiye'deki verilerin uyumunda da sorunlar bulunmaktadır [38],[39]. Bu amaçla yapılan çalışmaların eksiklik ve hataları ortadan kaldırmaya yardımcı olacaktır. Bu tür çalışmaların sadece uluslararası sözleşmelerin gereği ulusal bildirim için gerekli olan rakamlar için değil çevre ve ormancılık alanlarında ekolojik ve silvikültür çalışmalarında, şehir planlama, tarım ve diğer doğal kaynaklarla ilgili çalışma ve planlamalarda da kullanmak için ihtiyaç durulmaktadır. Dünya çapında 292 bölgede yapılan ağaçlandırma çalışmalarından sonra toprağın karbon ve azot dinamiklerini değerlendirmek için meta analizi yapılan çalışmada, 30 yıl ve 50 yıl sonra karbon ve azot miktarlarında önemli artışların görüldüğü belirlenmiştir. Meraların ve tarım arazileri ağaçlandırıldıktan sonra karbon miktarı tropikal, yarı tropikal ve boreal zonlarında artış görüldüğü, yarı tropikal da ise azot miktarının arttığı, okaliptüs ağacının ağaçlandırılmadan sonra karbon miktarında artış gözlemlendiği fakat çam plantasyonlarında bir değişiklik olmadığı, azot miktarı okaliptüs da artış gösterdiği, çam plantasyonlarında azaldığı gözlenmiştir. Buna göre ağaçlandırmadan sonra karbon ve azot miktarlarında zamanla arttığı, ağaçlandırma yoluyla karbon tutma ise iklime, ağaçlandırma öncesindeki arazi kullanımına ve ağaç türüne bağlı olarak değiştiği sonucu çıkarılmıştır [40]. İnebolu ve Ilgaz yörelerinde yapılan çalışmaya göre, ağaç yaşının ve arazi kullanım değişikliğinin toprak özelliklerini, toprak organik karbon ve toplam azot miktarı ile depolama kapasitelerini, ölü örtü miktarını, kalitesini ve ibre ayrışma dinamiklerini önemli derecede etkileyebileceği çıkan sonuçlara göre belirlenmiştir [41].

Türkmen Dağı sarıçam meşcerelerinde yapılan çalışmada ölü örtü ve topraktaki organik karbonun yıllık değişimi hesaplanmıştır. 2003 ve 2013 yılları arasında yapılan ölçümlerde toprağın organik karbon miktarının her yıl birikerek arttığı fakat ölü örtüdeki karbon miktarında yıllar arası farklılık gözlenmediği belirtilmiştir. Adı geçen çalışmada topraktaki organik karbon miktarı yıllık 2,88 Mg/ha ve ölü örtüde C miktarı ise 0,02 Mg/ha olarak hesaplanmıştır [42]. Sarıçam ormanlarının yaşa bağlı olarak karbon miktarlarının değişiminin tahminini yapmak amacıyla yapılan çalışmada, yaşa bağlı olarak önemli derecede karbon miktarlarında değişikliklerin gözlemlendiği, orman yaşı arttıkça biyokütlenin toplam orman karbon miktarına katısında artış gözlenirken ölü örtü

madde miktarında ise azalma söz konusudur [37]. Sündiken Dağları'nda sarıçam meşcerelerinde karbon birikiminin belirlenmesi için yapılan çalışmada meşcere tipleri arasında ağaç kütlesi, diri örtü ve ölü örtüde depolanan karbon miktarlarında önemli farklılıkların bulunduğu, ormanın gelişimden ve önceden yapılan silvikültür çalışmalarından farklılıkların kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır [43].

Eskişehir, Afyonkarahisar illerinde verim sınıfı, gelişim çağı ve kapalılık bakımından farklılık gösteren sedir ağaçlandırma alanlarında yapılan çalışmada bitkisel kütle miktarı, bitkisel kütlenin karbon oranları ve toprak karbon miktarları ile horizonlarının karbon oranları ve toprak karbon miktarlarının meşcere tiplerine göre değişimi varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda ağaç kütlesi, toprak, ölü örtü ve toplam karbon miktarı meşcere tipleri arasında önemli farklılıklar göstermiştir. Fakat, ot ve çalı karbon miktarının meşcere tiplerine göre farklılıkları önemli düzeyde olmadığı gözlemlenmiştir [44].

Biga Orman İşletmesi'nde fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) ağaçlandırma alanlarında toprak işlemesinin ve dikim aralığının orman topraklarına etkisi üzerinde durulan araştırma da toprak işlemesi yapılan alanların ağaçlandırma yapılan sahaya göre doğal alanların hacim ağırlığı daha fazla çıkmıştır. Toprak organik maddesinin azaldığı, sus tutma kapasitesinin düştüğü ince toprak miktarının azaldığı ve toprakta azotun azaldığı tespit edilmiştir [45].

Dikimle yetiştirilmiş sahil çamı (*Pinus pinaster* Aiton.) ormanında ayıklama işlemlerinin meşceredeki azot dolaşımı ve ağaçların gelişimine etkileri araştırılan çalışmada meşcere altı ölü örtü ile kaplı durumunda olup ağaç altından veya ağaçlar arasından alınan ölü örtü miktarı arasında fazla fark görülmemiştir. En yüksek ölü örtü miktarı kontrol alanında bulunurken, en az ölü örtü miktarının ise % 50 sistematik seçme ayıklama alanında olduğu belirlenmiştir. Toprakta azot miktarının en yüksek kontrol alanında, en düşük azot değeri ise % 50 sistematik seçme ayıklama alanında bulunmuştur [46].

Ağaçlı (İstanbul) kömür maden ocağı artık materyalleri üzerindeki sahil çamı ağaçlandırmalarının ölü örtü ve toprak özellikleri araştırıldığı çalışmada farklı derinlik kademelerin topraktan örneklemeler alınmıştır. Fiziksel ve kimyasal analizler sonucu istatiksel olarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Organik karbonun ($P<0,05$) ve toplam azot değerlerinin ($P<0,001$) önem düzeyinde istatiksel olarak farklılık gösterdikleri, ölü örtü birikiminin ve ölü örtü ayrışmasının devam ettiği, üst toprakta organik karbon ve azot oranlarında artış olduğu tespit edilmiştir [47]. Ağaçlı (İstanbul) kömür ocakları artıkları

üstündeki ağaçlandırmanın ham materyaldeki organik madde ve azot birikimine etkileri konu çalışmada, azot ve organik madde 6-10 cm derinliğe kadar bulunduğu ibreli türlerde ölü örtü ayrışmasının iyi olmadığı, ağaç altındaki toprak kesitinde daha fazla azot ve organik madde olduğu, materyallerin henüz topraklaşmaya başlamadığı, örnek alanların pH'ı, ince toprak ağırlığı, kil oranı gibi bazı özelliklerinin materyal özelliklerine bağlı kaldığı belirlenmiştir [48].

Gölcük'te 45 yaşında meşceredeki akasya ve karaçam meşcerelerinin derinlik kademelerine göre toplam azot ve toplam karbon değerleri karşılaştırmıştır. Akasya ağacında toplam azot toplam karbon ve potansiyel asitlik diğer örnekleme alanlarına göre daha yüksek çıkmıştır. Karaçamda altındaki topraklar ise C/N oranı en yüksek çıkmış, aktüel ve potansiyel asitlik en düşük çıkmıştır [49]. Aynı bölgede farklı yetişme ortamına sahip karaçam meşcerelerinde yapılan çalışmada topraktaki toplam azot ve organik karbon ile ölü örtüdeki toplam azot ve organik madde miktarı hektardaki rezerv değerleri birbirinden farklı bulunmuştur [50].

Saf karaçam ormanlarının toprak organik karbon miktarının araştırılması adına yapılan çalışma Kastamonu-Çataltepe Orman İşletme Şefliği sınırları içinden farklı yaş gruplarında saf karaçam ormanları ile açıklık alan özelliğindeki belirlen alan arası ilişkileri toprağın 0-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm ve 50-60 cm derinlik kademelerine göre ortalama karbon miktarlarına bakılmıştır. İstatistikî olarak anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Karbon miktarları açık alana göre saf karaçam meşcelerinde yüksek çıkmıştır [51].

Ilgaz Milli Parkında yapılan çalışmada saf Uludağ göknarı ve Uludağ göknarı-sarıçam karışık meşcerelerinden rastgele belirlenen örnek alandan toprağın 0-15 cm ve 15-30 cm derinlik kademelerin örnekler alınarak bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Sonuçlara göre saf meşcerelerin organik madde, kil miktarı ve tarla kapasitesindeki nem içeriği karışık meşcerelere oranla daha yüksek çıkmıştır. pH değerleri orta asidik ve hafif asidik olduğu, toprağın 0-15 cm derinliğindeki hacim ağırlığı meşcere tipine bağlı olmaksızın 15-30 cm derinliğindekinden daha düşük olduğu saptanmıştır [52].

Kastamonu yöresinde yapılan çalışmada karaçam, sarıçam, doğu kayını ağaç türleri arasında toprak karbon ve azot depolamasındaki farklılıklar, Uludağ göknarı ve genç meşcereleri ile açıklık alanlar arasında meşcere yaşı ve arazi kullanımında topraktaki karbon ve azot depolanmasındaki farklılıklar tespit edilmiştir. Toprağın 0-10 cm ve 10-

20 cm derinlik kademelerinden alınan örnekler ile bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre üç ağaç türü arasında ve Uludağ göknarı ile genç meşcereler arasında toplam karbon ve azot yüzdeleri, karbon/azot oranları ve toplam karbon ve azot depolama kapasiteleri bakımından önemli farklılıklar tespit edilmiştir. 0-20 cm derinlik kademesine göre karşılaştırıldığında en yüksek karbon depolanması karaçam türünün hakim olduğu meşcerelere aittir. En yüksek azot depolanması ise kayın türünün hakim olduğu meşcerelere aittir. Genç göknar meşcereleri, yaşlı göknar ve açık alanlardan daha az karbon depolarken azot bakımından yüksek depolama yapmaktadır [53]. Aynı bölgede gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise farklı arazi kullanımının (orman, ziraat, otlak) bazı toprak özellikleri, karbon ve azot depolama oranlarını belirlemek amaçlı iki farklı derinlik kademesinde (0-10 cm, 10-20 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Ziraat alanlarının daha düşük karbon ve azot miktarına sahip olduğu, en az karbon ve azot depolaması görüldüğü, en düşük karbon/azot oranına sahip olduğu, orman ve otlak alanların birbirine yakın çıktığı gözlenmiştir. 0-20 cm derinlik kademesi baz alındığında ise ortalama karbon depolanması en yüksek orman alanında, ortalama azot depolanması en yüksek otlak alanda olduğu ortaya konulmuştur [54].

Daday (Kastamonu) yöresinde yapılan çalışmada güney ve kuzey bakılarda yetişen karaçamın toprak özellikleri ile toplam organik karbon ve toplam azot içeriği ve depolama kapasitelerinde yükseltinin etkisi araştırılmıştır. Güney ve kuzey bakıda karaçamın toprak özellikleri arasında kum ve kil içeriğinde farklı yükseltilerde farklılık gösterirken ($P<0,001$), toprak karbon içeriği sadece yükselti etkisinde, toplam azot içeriği toprak derinlikleri ile yükselti basamakları bakımından anlamlı değişikler belirlenmiştir. Kuzey ve güney bakı karaçam ormanları topraklarında TOC ve TN depolama kapasiteleri ile toprak derinlikleri arasında net farklılıklar gözlenmemiştir [55],[56]. Aynı bölgede yapılan kayın, sarıçam, meşe, karaçam meşcereleri ve toprak derinliğinin toprak özellikleri, toprak makro ve mikro besin maddeleri, toprak organik karbon ve toplam azot miktarı ile depolama kapasitelerini belirleme amaçlı çalışmada, aynı yükseklikteki kayın, sarıçam, karaçam, meşcerelerinde toprak hacim ağırlığı, nem ve toprak pH'ı ağaç türü olarak anlamlı olduğu ($P<0,01$, $P<0,05$ ve $P<0,05$ sırasıyla), meşe ve karaçam arasında pH'ın anlamlı olduğu ($P<0,05$) bulunmuştur. Azot içeri ağaç türlerine göre anlamlı şekilde değişiklik göstermiştir. Aynı yükseklikteki karaçamın kayın ve sarıçamdan daha fazla ortalama toprak organik karbonu ve toplam azot içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Genel anlamda karaçamda yüksek değerlerin oluştuğu gözlemlenmiştir

[57]. Meşe ve karaçam meşcerelerinde 0-10 cm ve 10-20 cm derinliklerinden alınan toprak örneklerine göre kimyasal analiz gerçekleştirilmiş, istatiksel olarak meşe ve karaçam meşcereleri arasında karbon miktarı bakımından anlamlı farklılık olmadığı tespit edilmiştir [58].

Sinop İşletme Müdürlüğü, Gerze Orman İşletme Şefliği sınırları içinde yapılan çalışmada saf kızılçam meşcerelerinde benzer koşullarda farklı yaş grupları ile açıklık alan özelliğinin topraktaki karbon miktarları tespit edilmiştir. Üst toprak (0-10 cm), alt toprak (10-20 cm) derinlik kademelerine göre yapılan analizlere göre, çağ sınıfları bakımından farklılıkların gözlemlendiği, üst toprakta ortalama karbon miktarı açıklık sahada daha fazla çıktığı, organik madde miktarı ise ormanlık alanda yüksek çıktığı, alt toprak ise ortalama karbon miktarının açıklık alanda daha düşük, organik madde miktarının ormanlık alanda daha yüksek olduğu belirlenmiştir [59].

Yozgat yöresinde yayılış gösteren sarıçam, saplı meşe, katran ardıcı türlerinin altındaki topraklardaki karbon ve azot depolama kapasitelerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada ağaç türlerinin ve toprak derinlik kademelerini toprak özellikleri, toprak organik karbon ve toplam azot miktarı ile depolama kapasiteleri üzerinde önemli etkisinin olduğu saptanmıştır [60].

Demirköy'deki saf sapsız meşe baltalık ormanında 1992 yılında yapılan aralama kesimlerinde sonra 2000 yılında yapılan analizlerin karşılaştırıldığı çalışmada bazı toprak özelliklerinde kontrol alanına nazaran önemli derecede farklılıklar bulunmuştur [61]. İstanbul Üniversitesi araştırma ormanındaki baltalık işletme sınıfı olarak işletilen sahaların koruya dönüştürülmesi işlemlerinin ölü örtü ve topraktaki azot değişimine etkisini gösteren çalışmada, meşe, gürgen, kestane ve ıhlamur baltalıklarında farklı şiddetteki bakım kesimleri ölü örtü ve toprak özellikleri üzerinde etkili olmuştur. Üst toprak da organik karbon ve tüm azot oranları yükselmiştir [62].

Belgrad Ormanı'nda yapılan çalışmada iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ekosistemlerinin orman toprağına yaptıkları etkileri araştırmak amacıyla toprağın 1 m^3 hacmindeki değerler hesaplanmıştır. Buna göre meşe, karaçam, sarıçam meşcerelerinde topraklar arasında potasyum ve sodyum miktarları arasında, kayın sarıçam, karaçam meşcerelerindeki topraklar arasında azot, magnezyum miktarları arasında önemli farklılar bulunmuştur [63].

Kuzey Carolina çamı (*Pinus taeda* L.) ağaçlandırma sahalarında 8 ve 30 yaşı altındaki meşcereler ile mera alanının topraktaki organik madde miktarı karşılaştırılması yapılan çalışmada, mera alanında daha fazla besin elementi ve topraktaki organik madde olduğu, ağaçlandırma sahalarında azot oranının düşük çıktığı tespit edilmiştir [64]. Bilecik'te, değişik yörelerde tespiti yapılan ormandan açılan arazilerin bazı toprak özelliklerinde meydana gelen değişikleri tespit etme amaçlı yapılan çalışmada orman ve ormandan açılarak farklı amaçla kullanılan sahalardan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. İstatistikî incelemeye göre üst toprakta (0-30 cm) ve yüzey altı (30-60 cm) toprakta bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerde farklılıklar ($P<0,05$) tespit edilmiştir [65].

Terkos Gölü Orman Koruma Bölgesi'nde bulunan Durusu kumullarında sahil çamı ve fıstık çamı ağaçlandırma alanlarında ölü örtü ve toprakta karbon birikiminin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ağaçların gelişim çağlarına göre, toprak derinliklerine göre ve üst toprakta ölü örtü örnekleri alınarak bazı fiziksel, kimyasal analizler yapılıp, kontrol sahalarıyla Spss programı, varyans analizi ve Duncan testi ile istatiksel karşılaştırmalar yapılmıştır. Ağaçlandırma çalışmaları sonunda ağaç türlerinde meşcere gelişim çağlarına göre ölü örtü miktarlarında önemli fark bulunamazken, meşcere yaşlandıkça ölü örtü birikiminin arttığı, her iki ağaç türünde farklı derinliklerde tespit edilen organik karbon değeri oldukça düşük gözlenmiştir. Üst topraktan toprak derinliğine doğru gidildikçe organik karbon değeri düşmüştür. Toprak organik karbonunun ağaçlandırmalar ile arttığı pH, EC ve kireç değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir [66].

Ordu Melet Irmağı Havzasındaki orman ekosistemlerinde yükselti ve bakı etmenlerine bitki örtüsü ve bazı toprak özelliklerinin değişimi ve ilişkisinin karşılaştırıldığı çalışmada 0-30 cm toprak derinliği örnekleri baz alınarak istatistik incelemelerinde bulunulmuştur. Buna göre yükselti etmenlerine göre toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinde önemli farklılar bulunmuş, bakı etmenlerine göre gölgeli ve güneşli bakılar arasında sadece iskelet içerinde önemli farklılar bulunmuştur [67]. Artvin Saçinka yöresindeki orman ve otlak arazilerinde bazı toprak özelliklerinin yükselti ve derinlik kademelerine göre değişimi irdelenmiş. Çalışmada iki derinlik kademesi ve iki yükselti basamağına göre korelasyon ve varyans analizi yöntemleriyle karşılaştırılmış, farklılıklar ve ilişkiler araştırılmıştır. Toprakta bazı fiziksel ve kimyasal analizler bozulmuş ve bozulmamış orman toprağından yapılarak, önemli farklılıklar bulunmuştur [68].

Giresun Alucra yöresi saf ve karışık sarıçam meşcerelerinde bazı toprak özelliklerinin belirlendiği çalışmada farklı yaş sınıflarından derinlik kademelerine göre alınan toprak

örnekleri sonucunda kum oranı, kil oranı, pH değerleri, organik madde miktarı, tuzluluk değerlerinde toprak derinliğine göre meşcerelerde farklılar tespit edilmiştir. Gölgeli ve güneşli bakı durumundan da konuyu irdeleyen çalışmada kum oranı, pH, topraktaki organik madde miktarında değişiklik olurken tuzluluk olarak farklı bakılarda sadece 0-20 cm derinliğinde değişiklik göstermiştir [69].

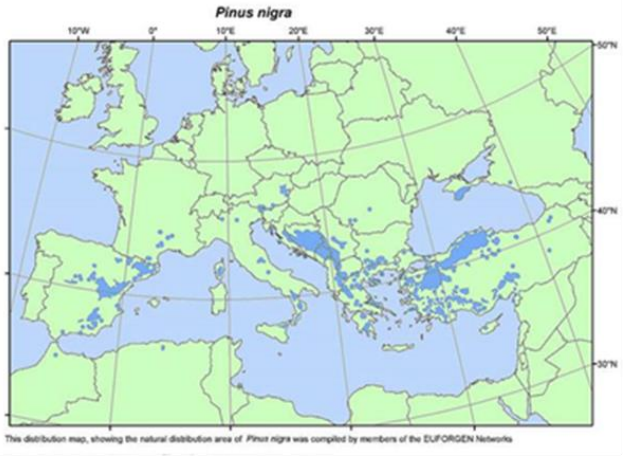
Isparta Orman Bölge Müdürlüğü'nün akdeniz iklimi etkisinde bulunan kızılçamın doğal gençleştirme sahalarında anakaya ve toprak özelliklerinin ağaç gelişimine etkisinin araştırıldığı çalışma 0-30 cm derinliğinde toprak örnekleri alınmıştır. Buna göre toprak özelliklerinin kızılçamın gelişimine negatif ya da pozitif etkisinin olmadığı, anakaya farklılığının önemli etken olduğu tespit edilmiştir [70].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

2.1.1. Çalışma Sahası

Akdeniz Havzası'nda karaçam geniş bir yayılışa alanına sahiptir ve Şekil 2.1'de görüldüğü gibi Türkiye'nin bu alanlar içinde önemli bir paya sahiptir.



Şekil 2.1. Karaçamın Akdeniz Havzasındaki doğal yayılış alanları [71].

Karaçam 4,69 milyon hektarlık yayılış alanıyla ülkemiz ormanlarının yaklaşık % 21,6'sını oluşturmakta ve ülkemizde yayılış gösteren kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve meşe (*Quercus* sp.) türlerinden sonra gelen, iğne yapraklı ağaçlarda ise kızılçamdan hemen sonra gelen türümüzdür [72],[74]. Birçok alan da yer edinen karaçam orman endüstrisi açısından da önemli yere sahiptir. Başta mobilya, lif ve yonga levha, selüloz ve kağıt, reçine, direk, travers, kaplama, ambalaj malzemesi, yapı malzemesi, doğrama, gemi ve tekne yapımında kullanılmasının yanında birçok alanda da karşımıza çıkmaktadır [75]. Birçok alanda değerli olan karaçam ekolojik ve ekonomik olarak da araştırmalara konu olmuştur. Türkiye'de karaçamın ekolojisi ile ilgili çalışmalar yaklaşık 70. yıldır devam etmektedir [24],[26],[76]-[81].

Kurak, yarı kurak alanlarda karasal iklimin hakim olduğu toprak derinliklerine kadar inebilen yetişme ortamı olarak kanaatkar derin topraklarda kazık kök yapan, sert topraklarda yürek kök yapan tür olan karaçam, ağaçlandırma çalışmalarında

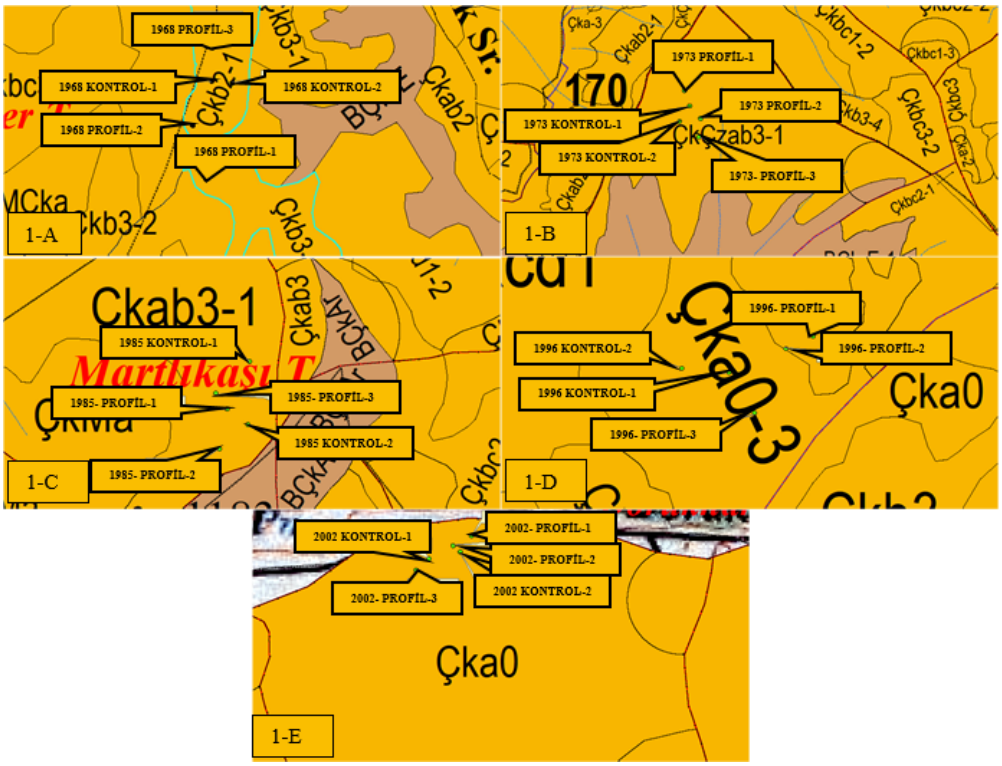
önerilmektedir [82]. Kurak, yarı kurak sahalar üzerinde bulunan çalışma sahaları Ankara İli, Nallıhan İlçesi, Nallıhan Orman İşletme Müdürlüğü, Nallıhan Orman İşletme Şefliği ve Uluhan Orman İşletme Şefliği'nden seçilmiştir. Nallıhan İli kuzeyinde Naldere çayına inen ve Böcekli derenin kuzeyinden geçen sırtla başlayarak Bozdağ (Akadağ) çayı, doğusunda Bozdağ (Aladağ) çayı ile Karaköy, güneyinde Sarıyar Barajı, Sakarya nehri ve Gökçekaya barajı, batısında Gökçekaya Barajı ve Nallıdere Çayı sınırlarında bulunmaktadır [83],[84]. Kuzeydeki en uç noktasının koordinatları 0387650-4464465 (Bozdağ Ç.-Küçükdiş T. den inen sırt birleşimi), doğudaki en uç noktasının koordinatları 0393547-4443390 (Tavşanağıl Tepenin doğusu), güneydeki en uç noktasının koordinatları 0363600-4431084 (Sarıyar Barajı), batıdaki en uç noktasının koordinatları 0355006-4441121 (Nallıdere çayı)'dır [83],[84]. Çalışma sahası bu alanlar içerisinde seçilmiştir ve Çizelge 2.1'de gösterilmiştir. Şeflik sınırı Ekvatora göre 40° 00' 28''-40° 19' 22'' kuzey enlemleri arasında Greennwich'e göre 31° 17' 55''-31° 45' 04'' doğu boylamları arasında yer almaktadır. İşletme Şefliği alanı yaklaşık 81623,6 ha'dır. Bunun, yaklaşık 31455 ha'ı ormanlık yaklaşık 50168 ha'ı da ormansız alanlardan oluşmaktadır [83],[84].

1968 (ort. 50 yaş), 1973 (ort. 40 yaş), 1985 (ort. 30 yaş), 1996 (ort. 20 yaş), 2002 (ort. 10 yaşındaki) yıllarında Ankara Orman Bölge Müdürlüğü yeşil kuşak ağaçlandırma çalışmaları kapsamında yapılan Atça Köyü üzeri Nallıhan Orman İşletme Şefliği ve Uluhan Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde karaçam (*Pinus nigra* Arn.) ağaçlandırma sahalarından seçilmiştir. Seçilen yerlerin koordinatları Arcgis programı kullanılarak meşcere haritaları ve Google Eart üzerine işlenmiş ve yerleri bu haritalar üzerinde Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'teki gibi tespit edilmiştir. Bu alan Şekil 2.4 ve Şekil 2.5'te görüldüğü gibi Avrupa-Sibirya flora bölgesinin öksin alt flora bölümü ve İran Turan flora bölgesi arası geçiş bölgesinde yer almakta olup iklim olarak Karadeniz iklimi ile Karasal iklim arasında geçiş bölgesi özelliğindedir [85]-[87].

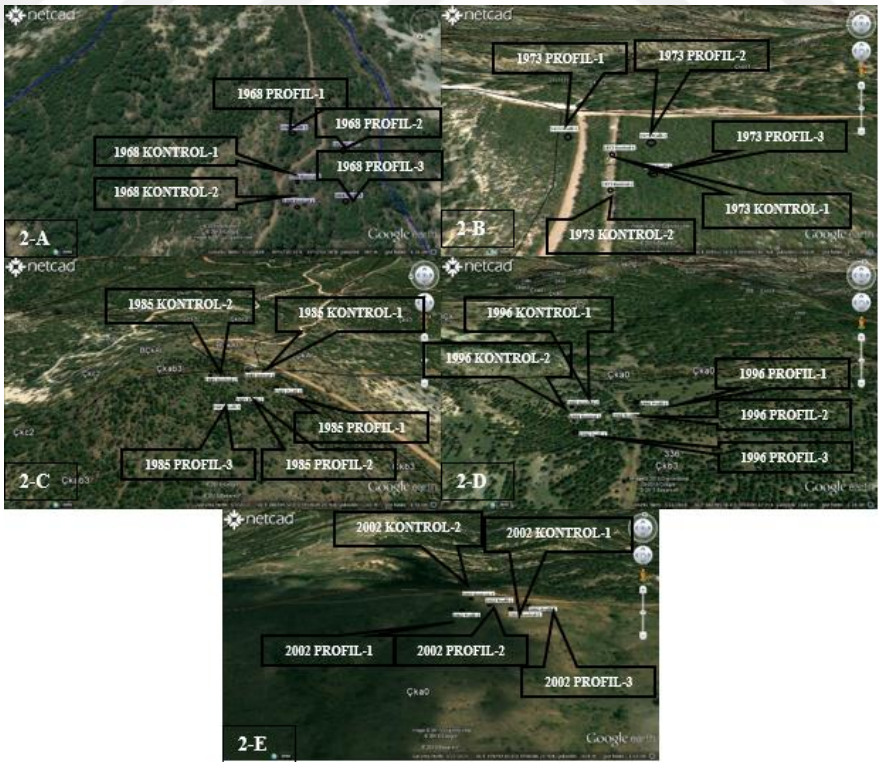
Çizelge 2.1. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının tanıtımı.

Profil No -Yıl	Bakı	Mutlak derinlik (cm)	Koordinat	Yükseklik (m)	Ağaçlandırma şekli	Dikim aralığı (m)	M. Tipi
1968 Profil-1	Kuzey	100	343763 4461477	926	serpme	-	Çkb3
1968 Profil-2	Kuzey	100	343745 4461549	950	serpme	-	Çkb2
1968 Profil-3	Kuzey	100	343771 4461653	944	serpme	-	Çkb2
1968 Kontrol-1	Kuzey	100	343797 4461606	919	-	-	Çkb2
1968 Kontrol-2	Kuzey	100	343770 4461608	941	-	-	Çkb2
1973 Profil-1	Güney Batı	100	379463 4454728	1086	dikim	1x1,5	ÇkÇzab3
1973 Profil-2	Güney Batı	100	379499 4454664	1077	dikim	1x1,5	ÇkÇzab3
1973 Profil-3	Güney Batı	100	379496 4454622	1074	dikim	1x1,5	ÇkÇzab3
1973 Kontrol-1	Güney Batı	100	379475 4454693	1078	-	-	ÇkÇzab3
1973 Kontrol-2	Güney Batı	100	379452 4454657	1077	-	-	ÇkÇzab3
1985 Profil-1	Batı	50	380702 4454140	1168	dikim	1,5x1,5	Çkab3
1985 Profil-2	Batı	60	380711 4454140	1164	dikim	1,5x1,5	Çkab3
1985 Profil-3	Batı	50	380698 4454204	1163	dikim	1,5x1,5	Çkab3
1985 Kontrol-1	Batı	50	380736 4454241	1161	-	-	Çkab3
1985 Kontrol-2	Batı	70	380734 4454168	1178	-	-	Çkab3
1996 Profil-1	Doğu	50	382765 4453174	1193	dikim	1,5x2	Çkb3
1996 Profil-2	Güney	80	382746 4453165	1184	dikim	1,5x2	Çkb3
1996 Profil-3	Güney	50	382724 4453119	1180	dikim	1,5x2	Çkb3
1996 Kontrol-1	Doğu	50	382706 4453148	1183	-	-	Çkb3
1996 Kontrol-2	Doğu	50	382673 4453151	1188	-	-	Çkb3
2002 Profil-1	Güney	70	378729 4458427	1422	dikim	1,5x1,5	Çka0
2002 Profil-2	Güney	50	378781 4458462	1429	dikim	1,5x1,5	Çka0
2002 Profil-3	Güney	50	378807 4458476	1430	dikim	1,5x1,5	Çka0
2002 Kontrol-1	Güney	50	378747 4458443	1438	-	-	Çka0
2002 Kontrol-2	Güney	70	378791 4458453	1431	-	-	Çka0

*Çk = Karaçam, Çz = Kızılçam, a=Gençlik ve sıklık çağı (Ø=0 - 7.9 cm ye kadar) b= Sırıklık direklik çağı (Ø=8-19,9cm), 0= Kapalılık % 10 ve daha az boşluklu kapalı, 1-Kapalılık %11-40 Gevşek kapalı, 2-Kapalılık % 41-70 Orta kapalı, 3- Kapalılık % 71-100'e kadar kapalı ve tam kapalıdır.



Şekil 2.2. Çalışma sahalarının meşcere haritası (Arcgis) gösterimi, 1-A, 1-B, 1-C, 1-D, 1-E ağaçlandırma ve kontrol sahaları.



Şekil 2.3. Çalışma sahalarının Google Earth üzerinde gösterimi, 2-A, 2-B, 2-C, 2-D, 2-E ağaçlandırma ve kontrol sahaları.

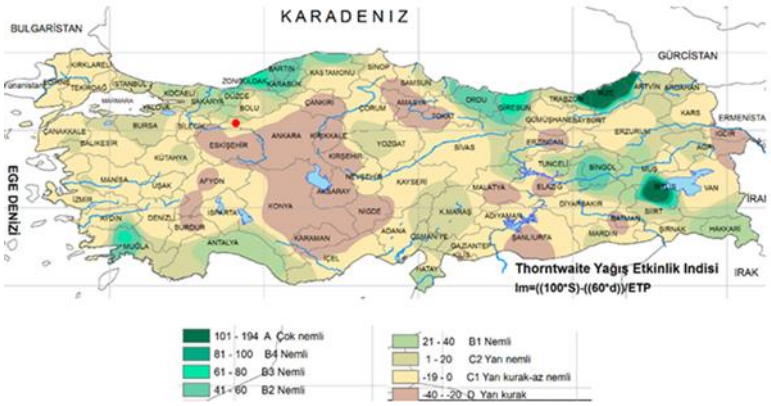
2.1.2. İklim

Çalışma sahaları Şekil 2.4'de görüldüğü gibi Karasal iklim, Akdeniz iklimi ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş bölgesi olarak nitelendirilmektedir [85]-[86].



Şekil 2.4. Çalışma sahası, Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri [85], [86]. ● Çalışma sahalarının temsili gösterimi.

Sahalar Şekil 2.5'te görüldüğü gibi Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre yarı-kurak az nemli bir bölgede yer almakta, dolayısıyla özellikle yaz aylarında etkili bir kuraklığın etkisi altında bulunmaktadır. Thornthwaite iklim endekslerine göre D B'2 d b'3 yarı kurak olarak hesaplanmıştır [87].



Şekil 2.5. Thornthwait'e göre Türkiye iklimi [87]. ● Çalışma sahalarının temsili gösterimi.

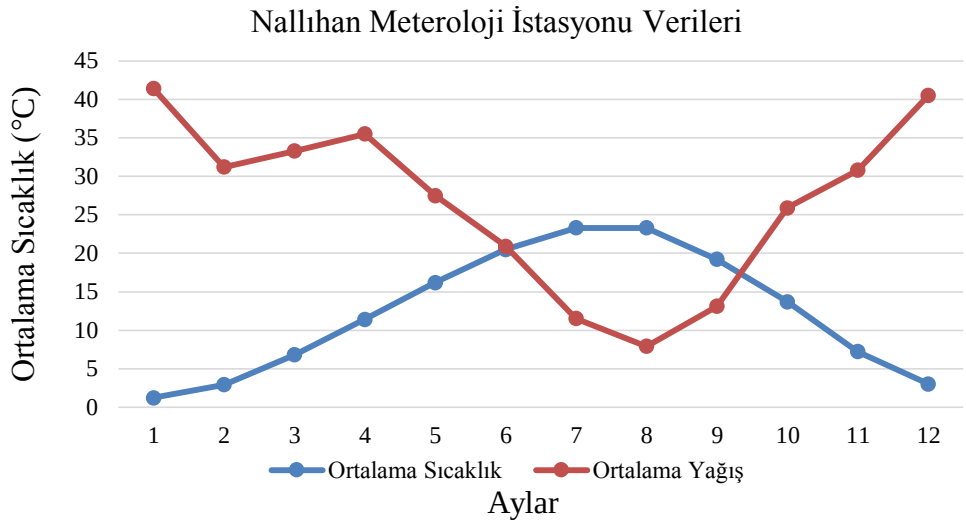
17679 no'lu Nallıhan Meteoroloji İstasyonu'ndan elde edilen Çizelge 2.2'deki değerlere göre Nallıhan'ın ortalama sıcaklığı yaklaşık 12,4 ^{0}C ve yıllık yağış miktarı yaklaşık 319,5 mm civarındadır. Nallıhan Meteoroloji istasyonu yaklaşık 650 m rakımdadır [83].

Nallıhan İşletme Şefliği, Çizelge 2.1'deki gibi ortalama 400-1537 m'ler arasında yayılış gösteren plan ünitesi arasında bakı, konum ve yükseklik farkları bulunması nedeniyle ortaya önemli değişiklikler çıkabilir. Yine de bu değerlerden yararlanılmak istenildiğinde, çizelgelerde gösterilen yıllık ortalama sıcaklık ve yağışın, istenilen yerin yüksekliğine dönüştürülmesi gerekir.

Çizelge 2.2. Nallıhan 1970-2010 yılları arası meteorolojik gözlemler [83].

METEOROLOJİK RASAT DEĞERLERİ TABLOSU														
METEOROLOJİ İSTASYONU: NALLIHAN													ENLEM:40°	
RAKIM : 650 M					1970-2010 Yılları rasatlarına ait ortalama ve ekstrem kıymetler								BOYLAM:31°	
METEOROLOJİK	AYLAR												YILLIK	VEJETASYON SÜRESİNDE
GÖZLEMLER	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık		
Ortalama Sıcaklık (C°)	1.2	2.9	6.8	11.4	16.2	20.5	23.3	23.3	19.2	13.7	7.2	3.0	12.4	18.2
Ortalama Yüksek Sıcaklık (C°)	5.3	7.9	13.0	18.4	23.9	28.2	31.4	31.5	27.3	21.1	13.1	7.2	19.0	26.0
En Yüksek Sıcaklık (C°)	17.1	20.6	27.6	31.8	34.0	38.4	40.4	40.8	38.1	33.0	25.8	18.5	30.5	36.6
En Düşük Sıcaklık (C°)	-18.8	-15.1	-14.5	-4.0	0.0	4.0	7.0	8.5	3.0	-3.5	-10.0	-13.8	-4.7	2.2
Ortalama Yağış (mm)	41.4	31.2	33.3	35.5	27.5	20.9	11.5	7.9	13.1	25.9	30.8	40.5	319.5	106.8
Ortalama Nisbi Nem %	69.7	66.5	62.1	59.3	59.6	56.6	55.7	56.6	57.7	60.5	65.5	70.9	61.5	57.7
Yağış> 10 mm Olan Gün Sayısı	7.7	7.0	7.0	7.1	6.8	4.6	2.1	2.0	2.6	4.9	6.1	7.8	65.7	30.1
Günlük Maks. Yağış (mm)	37.8	26.8	49.8	27.9	26.6	34.5	26.6	21.2	44.1	87.0	29.8	37.8	37.5	20.3
Ortalama Sisli Gün Sayısı	5.3	2.0	0.9	0.6	0.3	0.0	0.0		0.1	0.4	1.9	5.7	17.2	1.4
Vejetasyon (>10C°) Gün Sayısı			0.1	2.4	12.2	24.8	30.4	30.7	21.9	5.8				
Donlu Günler Sayısı	17.9	16.6	11.3	2.9	0.2					1.6	12.2	18.5		
En Geç, En Erken Ortalama Don Tarihleri	En Erken : 1 Kasım				En Geç : 15 Nisan									
Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.9	2.0	1.9	1.7	1.4	1.3	1.3	1.6	1.7
En Hızlı Rüzgar Yönü	NW	NW	SW	W	N	WSW	NNW	N	NNE	SSE	SW	W		
En Hızlı Rüzgar Hızı (m/s)	19.0	22.0	22.7	39.7	18.8	22.6	22.4	22.5	20.4	20.6	21.9	25.8	23.2	23.9

Bu doğrultuda çalışma alanı Çizelge 2.1'deki gibi ortalama 919 m ve 1438 m arasında yüksekliğe mevcuttur. Plan ünitesinde hâkim iklim tipini sertleşmiş Karadeniz iklimi yani karasal iklim ile karadeniz iklimi karışımı olarak özetlemek mümkündür. Ortalama sıcaklık ve yağış değerlerinin kullanılmasıyla Şekil 2.6'daki gibi oluşturulan Walter İklim Diyagramı'na göre çalışma alanlarında yaz aylarında ortalama yağış miktarı diğer aylara göre önemli oranda düşmektedir [88].



Şekil 2.6. Çalışma sahasına en yakın Nallıhan Meteroloji İstasyonu'na ait 1970-2010 yıllarındaki verilerden oluşturulmuş Walter (1970) İklim Diyagramı.

2.1.3. Anakaya, Arazi Yapısı ve Toprak Özellikleri

Nallıhan'ın güneyinde paleozoik döneme ait şist ve mermer taşları, mesozoik dönemde Nallıhan ile Keltepe'ye kadar uzanan kalker serisinin alt kısımları Jura yaşlıdır. Kalker istifi alt ve üst Kratese ait olup gri-siyah renklidir. Nallıhan'nın güney ve güney doğusunda Jura ve Paleosen arası zamanda faydan andezit, doğusunda ve kuzeyinde bazalt akıntıları çıkmıştır [89].

Çalışma sahalarının yüzde 80'ini oluşturan Halodoruğu-Martıkaşı sırt hatlarının güneyinde 3. jeolojik zamanda oluşmuş volkanik menşeli andezit, lav, tüf sahalara rastlanmaktadır. Sonran mıntıkası içerisinde kalker, kil, kum ve alüvyonlu sahalar bulunmaktadır. Nallıdere Çayı civarı 3. zaman alt Eosen-Paleosen devrine aittir. Kırmızı renkli kalın tabakalı çakıl taşı istifi karasal formasyondadır. Nallıdere yaşlı vadilerinde taşkın sebebiyle kum, kil birikmesi ile alüvyon taban verimli tarım arazilerini meydana getirmiş, kuzeyinde ise birikinti konileri oluşturmuştur. Aşınım dönemi neojenden sonra başlamış, vadiler derinleşmiş meydana gelen göl ve deniz tabanlarında kireç, kil, kum, marn, çakıl birikmesiyle bölgede neojen platolar oluşmuş, Oligosen'de deniz çekilmesi ile günümüze kadar kıtasal halini korumuştur [83].

Bölgede karaçam ormanları genel olarak kireç taşı, andezit ve marnların üzerindeki topraklarda geniş yayılışa sahiptirler [90]. Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi çalışma sahalarında açılan toplam 25 adet toprak profilin de yapılan ölçümler sonucunda toprak derinliğinin genelde 50-70 cm arası olduğu ve çoğu yerlerde 50 cm'yi geçtiği

belirlenmiştir. Taşlılık genel olarak % 30-40 civarındadır. Yapılan fiziksel analizlere göre toprak türü genel olarak kumlu balçık ve kumlu killi balçık toprak olmakla birlikte, yer yer killi balçık ve kil, balçıklı kum ve kumlu kil toprak arasında değiştiği belirlenmiştir genel olarak balçık toprak olmakla birlikte, yer yer kil, killi balçık ve kumlu balçık toprak arasında değişmektedir. Toprak hafif asidik ile bazik toprak özelliği arasında değiştiği, pH 6,7-7,9 arasında değişmekle beraber, ortalama 7,5 civarındadır.

Bölge toprakları USDA toprak sınıflandırma sistemine [91] göre Inceptisol, Batı Karadeniz Bölgesi ile İç Anadolu Bölgesi arasında geçiş alanında bulunduğundan Aridisol, Sakarya Havzasının içlerinde görülen lokal Akdeniz ikliminden dolayı [90] yer yer Alfisol toprak sınıfı olarak sınıflandırılabilir [92]-[94]. Bu topraklar eski Avrupa ve Amerika sınıflandırmasına göre kahverengi orman toprakları olarak adlandırılmaktadır [94]-[96].

2.1.4. Bitki Örtüsü

Araştırma sahaları Avrupa-Sibirya flora bölgesinin öksin alt flora bölümü ve İran Turan flora bölgesi arası geçiş bölgesinde yer almaktadır [97],[98]. Bölge içerisinde yer alan yaklaşık 31454,8 ha ormanlık alanın % 30,2'i yakını karaçam ve % 10,3'u ise kızılçam ve diğer yapraklı türlerin karışımından oluşmaktadır. Karaçam yaklaşık 4,69 milyon hektarlık yayılış alanıyla ülkemiz ormanlarının yaklaşık % 21,6'sını oluşturmakta ve ülkemizde yayılış gösteren kızılçam ve meşe türlerinden sonra gelen, iğne yapraklı ağaçlarda ise kızılçamdan hemen sonra gelen türümüzdür [72]-[74]. Bölgedeki toplam orman alanının yaklaşık % 30,2'lik kısmını oluşturan (yaklaşık 9504,3 ha) karaçam ormanının yaklaşık % 25,6'sı gevşek kapalı "b" ve ''c" çağlarından (ÇkÇzbc1), % 15,8'i ise orta kapalı "b" ve "c" çağlarından (ÇkÇzbc2), % 12,1'i tam kapalı ''a'' ve ''b'' çağlarından (ÇkMab3) oluşmaktadır. Nallıhan Orman İşletme Şefliği kuzeyinde karaçam, meşe birbirleri ile karışık ve saf meşcereler oluşturmaktadırlar. Güney bakılarda düşük rakımlarda kızılçam karaçam, meşe, ardıç karışık ve saf meşcereler çoğunluktadır. Çalışma sahalarının da bulunduğu şeflik sınırlarının güneyli bakıları geniş ağaçlandırma çalışmalarının uygulandığı meşcereler oluşmaktadır. Ağaçlandırma çalışmalarında birincil tür olarak karaçam, düşük rakımlarda ise kızılçam meşcereleri ve az olmak ile birlikte diğer yapraklı türler meşcere oluşturmaktadır [83].

Araştırma sahalarının bulunduğu ormanın üst tabakasında yer alan karaçam ağaçlandırma sahaları Çizelge 2.1'de de görüldüğü gibi genelde 8-19 cm çaplarda olup kapalılık % 10-

70 arasında değişmektedir. Bu ağaç türüne yaklaşık % 10,3 oranında kızılçam katılmaktadır. Kızılçam Aladağ Çayı vadisinde ve Atça Köyü civarında local olarak meşcere kuruluşları vardır [83].

Alt tabakada ise genellikle ardıç (*Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*) bulunmaktadır. Genel olarak şeflik sınırları içinde yol kenarlarında gelincik (*Papaver rhoeas* L.), ağaçlandırma sahaları içinde rastlanan geven (*Astragalus schizopterus* Boiss.), Beyalan mevkilerilerinde uyuz otu (*Alyssum minus* (L.) Rothm. Var. *minus*) [83], genel olarak zehirli yonca (*Dorycnium pentaphyllum* subsp. *anatolicum*), rüzgar otu (*Apera spica-venti*), memek (*Campanula lyrata* Ssp *lyrata*), nevruz otu (*Linaria genistifolia* Subsp. *linifolia*), nakıl (*Silene italica*), salkım otu (*Poa trivialis* L.) bulunmaktadır [90].

2.2. YÖNTEM

2.2.1. Çalışmanın Kuruluş Aşaması

Ankara İli, Nallıhan İlçesi, Nallıhan İşletme Müdürlüğü, Nallıhan İşletme Şefliği ve Uluhan İşletme Şefliği sınırlarında 1968 (ort. 50 yaşında), 1973 (ort. 40 yaşında), 1985 (ort. 30 yaşında), 1996 (ort. 20 yaşında), 2002 (ort. 10 yaşındaki) yapılan karaçam ağaçlandırma sahaları ve bunların bitişiğinden seçilen kontrol sahalarını gösteren kroki Şekil 2.8'da verilmiştir. Ağaçlandırma sahaları, 8-19 cm çaplarında kapalılık % 10-70 arasındadır. Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te görüldüğü gibi Uluhan Orman İşletme Şefliği sınırlarında Gökdere, mevkiinde 564, 565 no'lu bölmelerden Çkb2-1 ve Çkb3-2 meşcere tipini temsil eden 1968 yılında yapılan ağaçlandırma sahası için, Nallıhan Merkez Orman İşletme sınırlarında Karaayşegöbeti mevkii 246 no'lu bölmede ÇkÇzab3 meçcere tipini temsil eden 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahası için örnek alan alınmıştır. Martıkaşı Tepesi 173 no'lu bölmede Çkab3-1 meşcere tipini temsil eden 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahası için, Halodoruğu mevkii 336 no'lu bölmede Çka0-3 ve Çkb3-1 meşcere tipini temsil eden 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahaları için, Gölcük Doruğu Doruk Harmanı mevkii 47 no'lu bölmede Çka0 meşcere tipini temsil eden 2002 yılında yapılan ağaçlandırma sahası için örneklendirme alanları alınmıştır.

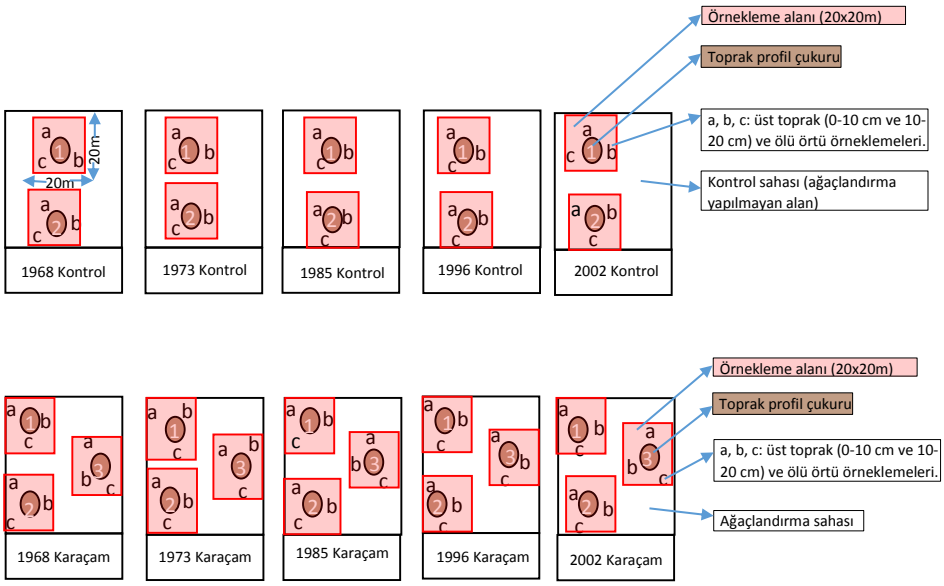
2.2.1.1. *Toprak*

2015 yılı Ağustos ayında bu ağaçlandırma sahaları tespiti yapılarak artım burgusu ile Şekil 2.7'deki gibi halka sayılarına fidan yaşları da eklenerek ağaçlandırma yılları tespit

edilmiştir. Buna göre krokisi Şekil 2.8'de gösterilen örnekleme alanları 20 x 20 m boyutlarında olup, ağaçlandırma sahalarında 3 örnekleme, kontrol sahalarından da 2 örnekleme sahası seçilmiştir. Toplamda 5 ağaçlandırma sahası x 3 tekrar = 15 örnekleme alanı ağaçlandırma sahalarında, 5 kontrol x 2 tekrar = 10 örnekleme alanı kontrol sahalarından olmak üzere 25 örnekleme sahası belirlenmiştir.



Şekil 2.7. Artım bulgusu ile ağaçların yaşlarının belirlenmesi.



Şekil 2.8. Çalışma sahalarının kroki olarak gösterimi.

2.2.1.2. *Ölü Örtü*

Bir ağaçlandırma yılı içinde 9 adet ölü örtü örneklemesi yapılıp toplamda 5 ağaçlandırma sahası x 9 adet = 45 adet ölü örtü, 24 adet humus örneklemesi yapılmıştır.

2.2.1.3. *Ağaç-İbre*

Her ağaçlandırma sahasından 15 ağaçtan ibre örneklemesi yapılmıştır. Toplamda 5 ağaçlandırma sahası x 15 ağaç ibre örnekleri toplamda 75 adet ağaç ibre örneklemesi yapılmıştır.

2.2.2. Örneklerin Toplanması ve Analizleri

2.2.2.1. *Toprak Örnekleri*

Toprakta yapılacak analizler için her ağaçlandırma sahasında Şekil 2.8'deki gibi 3 örnekleme alanı ve 2 kontrol alanı oluşturulmuştur. Her örnekleme sahasında 20x20 m toprak profilleri açılmış her profil çukurundan 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 cm derinliklerden toprak örneği alınmıştır. İstatiksel olarak her saha için eşit veri alabilmek için çalışma sahalarında 0-50 cm derinlik kademeleri baz alınmıştır. Buna göre Şekil 2.9, Şekil 2.10, Şekil 2.11, Şekil 2.12 ve Şekil 2.13'te görüldüğü gibi örnekleme sahasında 5 derinlik kademesi x 5 (3 ağaçlandırma sahası + 2 kontrol sahası) x 5 ağaçlandırma yılı için toplamda 125 örnek alınmıştır. Ayrıca her örnekleme alanında üst topraktaki değişkenliğin daha fazla olacağı düşünülerek 0-10, 10-20 cm derinliklerinden fazladan örneklemeler yapılmıştır. Buna göre her örnekleme alanı için (3 ağaçlandırma sahası + 2 kontrol sahası) 5 x her örnekleme alanı için 3 adet x 2 derinlik kademesi x 5 ağaçlandırma yılı için 75 adet 0-10 cm derinlik kademesinden, 75 adet 10-20 cm derinlik kademesinden olmak üzere 150 adet üst topraktan örnekler alınmıştır. Alınan örneklerde toprağın hacim ağırlığı, iskelet oranı (kuru eleme Ø >2 mm) tekstürü, kireç içeriği, toprak reaksiyonu (pH), elektrik iletkenliği (EC), katyon değişim kapasitesi (KDK), toplam organik madde (TOM), karbon (C) ve azot (N) analizleri yapılmıştır.

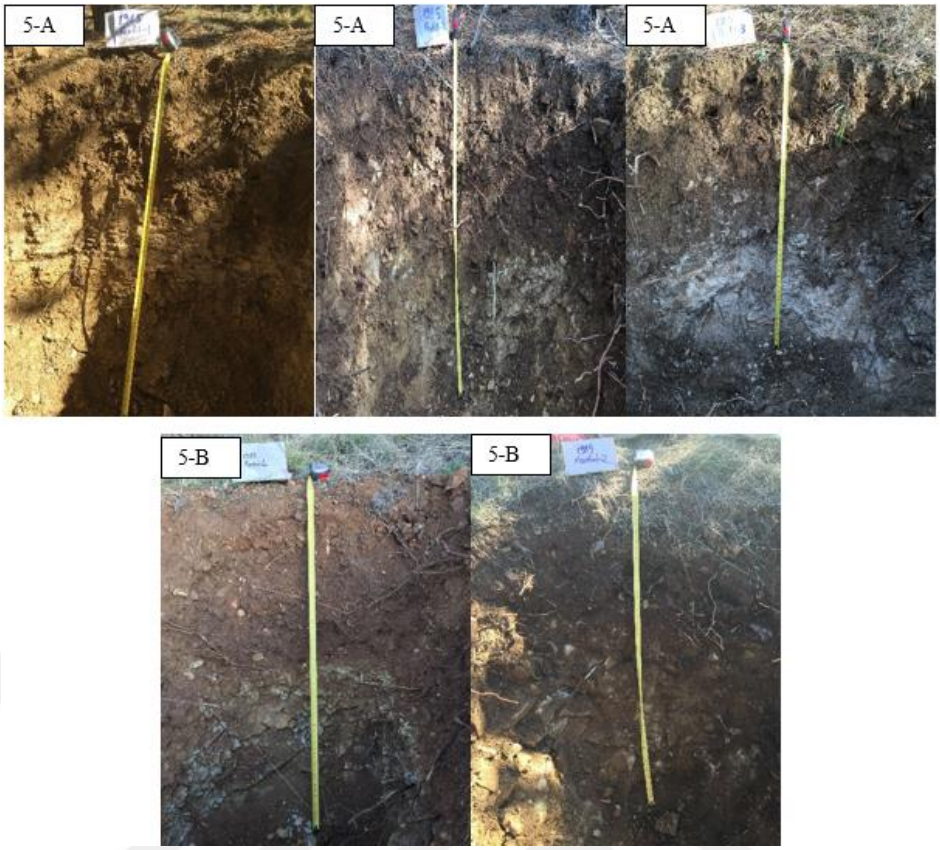
Açılan 25 adet toprak profil çukurlarından, mutlak ve fizyolojik derinlik, taşlılık, strüktür, toprak türü ve anakaya ile ilgili bilgiler not edilmiştir. İki set halinde alınan toprak örnekleri 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 cm derinlik kademelerinden alınmıştır. Birinci sette yaklaşık 1,5 kg'lık örnekleri kürek yardımıyla alınmış, fiziksel ve kimyasal analizler için kullanılmıştır. İkinci sette ise 100 cm^3'lük silindirlerle (AMS soil core sampler) bozulmamış örnekler alınmış ve hacim ağırlığı hesabında kullanılmıştır. Ayrıca Şekil 2.8'deki gibi her profil çukurunun 3 tarafından a, b, c gösterimli 0-10, 10-20 cm derinlik kademelerinden 1,5 kg'lık örnekler kürek yardımıyla alınmış ve 100 cm^3'lük silindirlerle (AMS soil core sampler) bozulmamış örnekler alınmıştır.



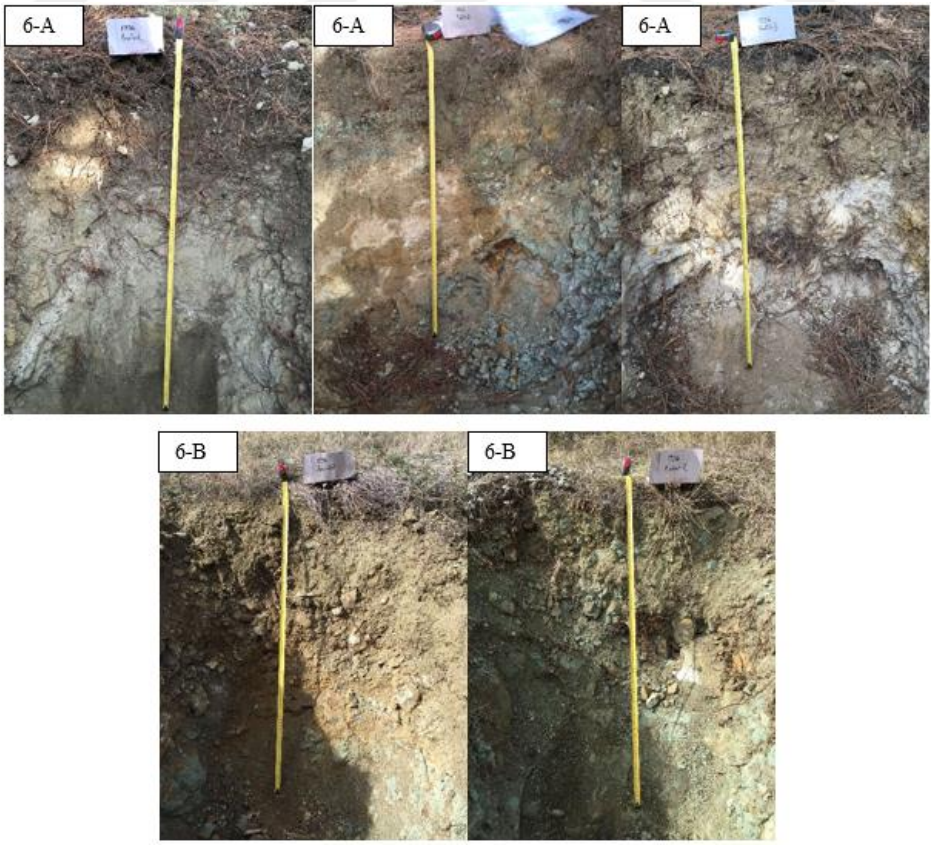
Şekil 2.9. 3-A 1968 yılı ağaçlandırma sahaları, 3-B kontrol sahaları toprak profilleri.



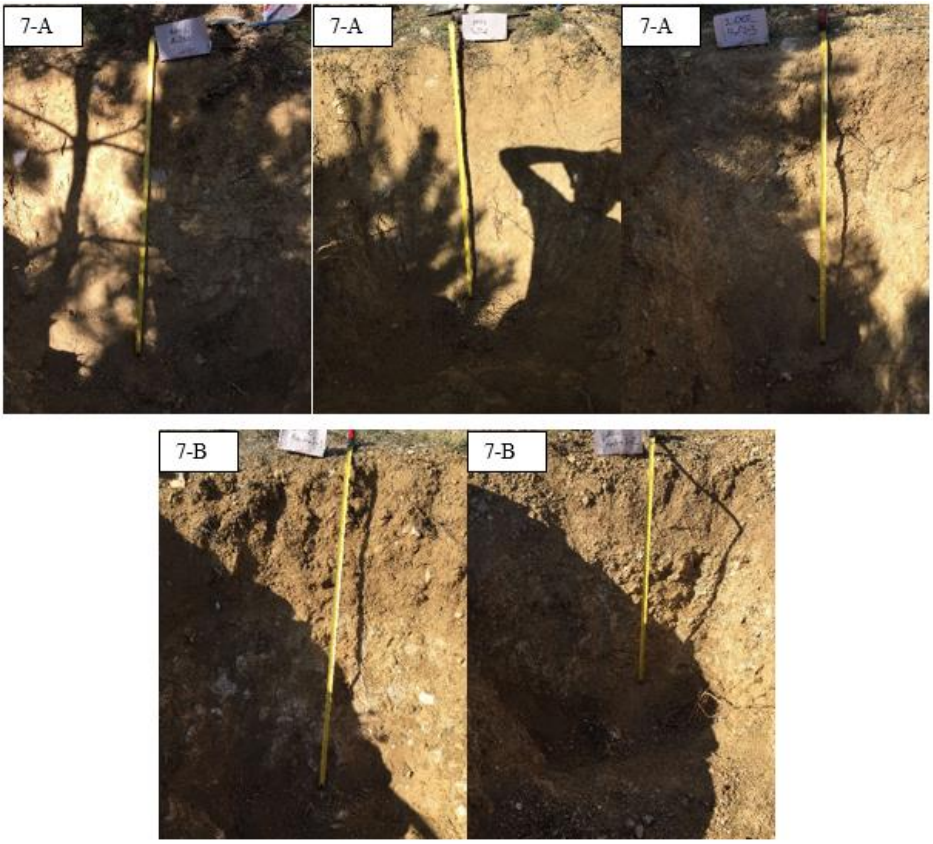
Şekil 2.10. 4-A 1973 yılı ağaçlandırma sahaları, 4-B kontrol sahaları toprak profilleri.



Şekil 2.11. 5-A 1985 yılı ağaçlandırma sahaları, 5-B kontrol sahaları toprak profilleri.



Şekil 2.12. 6-A 1996 yılı ağaçlandırma sahaları, 6-B kontrol sahaları toprak profilleri.



Şekil 2.13. 7-A 2002 yılı ağaçlandırma sahaları, 7-B kontrol sahaları toprak profilleri.

125 toprak örneği, 125 tane 100 m^3'lük bozulmamış toprak örneği, 75 tane 0-10 cm'den toprak örneği, 75 tane 0-10 cm'den 100 m^3'lük silindirle (AMS soil core sampler) bozulmamış toprak örneği, 75 adet 10-20 cm'den toprak örneği, 75 adet 10-20 cm'den 100 m^3'lük silindirle (AMS soil core sampler) bozulmamış toprak örneği alınmış, toplamda 275 adet toprak örneği, 275 adet 100 m^3'lük bozulmamış toprak örnekleri alınarak numaralandırılarak Şekil 2.14'teki gibi etiket yapıştırılmıştır.



Şekil 2.14. 1,5 kg'lık toprak örnekleri ve 100 m^3 silindirle alınan örnek.

Örnekler laboratuvara getirilerek Şekil 2.15'teki gibi hacim ağılığı için 100 m^3'lük silindirle alınıp kese kâğıtlarına konan örnekler kurutma fırınında 105 °C'de 24 saat kurutulup hassas terazide tartıldıktan sonra toprağın hacim ağırlıkları hesaplanmıştır [99],[100].



Şekil 2.15. 100 m^3 silindirle alınan örneklerin kurutulması ve tartılması.

Derinlik kademelerine göre alınan toprak örnekleri Şekil 2.16'daki gibi yaklaşık üç hafta hava kurusu haline gelene kadar serilerek kurutulmuştur. Porselen havanlarda kesekleri parçalanarak 2 mm gözeneğe sahip eleklerle elenip analizlere hazır hale getirilmiş ve iskelet oranları belirlenmiştir. Şekil 2.17'deki gibi toprak türü tanecik bileşimi (tekstür) analizleri Bouyoucos Hidrometre Yöntemi'ne göre yapılmış [101], bulunan kum, toz ve kil oranlarına göre Amerikan Toprak Tekstür Üçgeni'inden [102] yararlanılarak toprağın türü belirlenmiştir. Hava kurusu toprak örnekleri 1,½ oranında saf su ile pH metre kullanılarak çözelti asitliği olarak toprağın asitliliği belirlenmiştir [103]-[105].



Şekil 2.16. Toprak örneklerinin hava kurusu halinde kurutulması.

Elektrik iletkenliği değeri olarak toprağın tuzluluğu belirlenmiştir. Bunun için hava kurusu toprak örnekleri 1/5 oranında saf su karıştırılarak bir prob yardımıyla Şekil 2.17'deki gibi okumalar yapılmıştır [106],[107]. Ateşle kayıp yöntemi ile Toprağın

Organik Madde (TOM) içeriği belirlenmiştir [108]. Bu yöntem fırın kurusu toprak örneğinin 550 °C'de 4 saat süreyle yakılması ile gerçekleşir. Toprağın başlangıçtaki ağırlık ile yakma sonrası ağırlık arasındaki kütle farkı hesabıyla toprağın OM içeriği bulunur. Yakma yöntemi ile belirlenen karbon oranı görülen kireç tayininden elde elden veriler kullanılarak toplam toprak organik karbon miktarı hesaplanmıştır. Örnekler Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne gönderilerek CN (LECO Truspec 2000) cihazı yardımıyla toplam C ve N yoğunlukları kuru yakma yöntemi ile belirlenmiştir [109]. Elde edilen OM, C ve N oranları ile toprağın hacim ağırlığı değerleri kullanılarak toprağın OM, C ve N miktarları kg/ha bazında hesaplanmıştır. Topraktaki kireç ($CaCO_3$)'den gelen C'nun molekül ağırlığından inorganik karbon miktarı bulunmuştur [110]. Buna göre bulunan toplam organik madde değerinden çıkarılarak organik karbon değeri bulunmuştur. Toprağın katyon değişim kapasitesi (KDK) sodyum asetat ($C_2H_3NaO_2$) yöntemiyle bulunmuştur [111]. Na için Alev Fotometrisi (Jenway Flame Photometer, Jenway Clinical PFP7, Jenway, Felsted England) ile değerler Şekil 2.17'deki gibi okunmuştur. Kireç içeriği Scheibler Kalsimetresi ile ölçülmüştür [99]. Analizler Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi bünyesinde bulunan Ekosistem Laboratuvarı'nda yapılmıştır.



Şekil 2.17. Laboratuvarda yapılan fiziksel ve kimyasal toprak analizlerinden görünüm.

2.2.2.2. *Ölü Örtü ve Humus Örnekleri*

Orman tabanındaki ölü-örtü ve humus miktarlarının belirlenmesi için Şekil 2.18'deki gibi ağaçlandırma sahalarından ölü örtü ve humus miktarının belirlenmesi için ağaçlandırma sahalarından belirlenen örnekleme alanlarındaki 3 noktadan 30 x 30 cm boyutlarında ölü-örtü ve humus organik maddesi (OM) mineral toprağa kadar toplanmıştır.



Şekil 2.18. Araziden alınan ölü örtü ve humus örneklerinden görünüm.

Kese kağıtları içindeki örnekler laboratuvarlara taşınarak (45 adet ölü örtü, 24 humus örneklemesi yapılmıştır.) hava kurusu haline geldikten sonra Şekil 2.19'daki gibi kurutma fırınında 65 ºC'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve tartılarak kuru madde oranları belirlenmiştir [99]-[100].



Şekil 2.19. Örneklerin kurutma makinasında kurutulması.

Kurutulan örnekler daha sonra kahve öğütücülerinde öğütülüp toz halinde analizlere hazır hale getirilmiştir. Analize hazır olan örnekler Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne gönderilerek C ve N yoğunlukları kuru yakma yöntemiyle CN makinesi (LECO Truspec 2000) kullanılarak belirlenmiştir. C ve N yoğunlukları belirlenen ölü örtü ve humusun içerdiği toplam C ve N miktarı aynı örneklerin kütle miktarları kullanılarak hektar bazında kg olarak hesaplanmıştır.

2.2.2.3. *Ağaç-İbre Örnekleri*

Ağaç ibre örnekleri her ağaçlandırma sahasında her açılan profil çukurları etrafında Şekil 2.20'deki gibi 5 ağaçtan tepe taçlarından aşağıya doğru yeşil yapraklar toplanmıştır.



Şekil 2.20. İbre örneklerinin toplanması.

Toplamda 5 ağaçlandırma sahası için 75 adet toplanan yeşil yaprak örnekleri laboratuvara getirilerek 65 ºC'de kurutularak [99],[100], kahve öğütücülerinden öğütülüp toz halinde kilitli poşetlere konularak analiz için hazır hale getirilmiştir. Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne gönderilerek C ve N yoğunlukları kuru yakma yöntemiyle CN makinesi (LECO Truspec 2000) kullanılarak belirlenmiştir.

2.3. İSTATİSTİKİ ANALİZLER

Bitki ve toprak örnekleri üzerinde yapılacak tüm fiziksel ve kimyasal analizler üçer tekrarlı yapılmıştır. Topraktaki KDK, pH, Kireç, EC oranları ile OC, IOC, C ve N yoğunlukları hektardaki miktarlarının ağaçlandırma sahaları ve kontrol sahaları kendi içinde derinlik kademeleri arasındaki ilişkileri ANOVA analizi yapılarak incelenmiştir. Aynı şekilde KDK, pH, Kireç, EC oranları ile OC, IOC, C ve N yoğunlukları hektardaki miktarlarının ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahaları arasında derinlik kademeleri arasındaki ilişkileri ANOVA analizi yapılarak incelenmiştir. Ölü örtü, humus ve ibre örnekleri C, N yoğunlukları ağaçlandırma sahaları arasındaki ilişkileri ANOVA analizi yapılarak incelenmiştir. İstatistiki olarak önemli farklılıklar bulunan değişkenler için ortalamaları ayırma işlemi olarak Tukey'in HSD testi $\alpha = 0.05$ güven düzeyinde uygulanmıştır. Bütün istatistiki analizler için SAS (Statistical Analysis Software, 1996) programından yararlanılmıştır. Sonuçların $P<0,05$ güven düzeyinde istatistiki olarak önemli olduğu kabul edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. AĞAÇLANDIRMANIN TOPRAK ÖZELLİKLERİ, ÖLÜ ÖRTÜ VE HUMUS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

3.1.1. Farklı Yıllarda Yapılan Ağaçlandırma Sahalarının Toprak Özelliklerinin Derinlik Kademelerine Göre Karşılaştırılması

3.1.1.1. *Ağaçlandırma Sahalarında Toprağın KDK, pH, EC, $CaCO_3$ Özelliklerinin Karşılaştırılması*

Sahalar arasında toprağın 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde KDK ($P<0,0001$), pH ($P<0,0224$), EC ($P<0,0001$) ve kireç yoğunluğu ($P<0,0001$) bakımından Çizelge 3.1'de farklılıklar belirlenmiştir. Toprağın 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde KDK ($P<0,0001$), EC ($P<0,0001$), kireç yoğunluğu ($P<0,0001$), pH ($P<0,0291$) sahalar arasında Çizelge 3.1'de farklılıklar görülmektedir. Toprağın 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde kireç yoğunluğu ($P<0,0001$) bakımından Çizelge 3.1'de farklılık göstermektedir. Toprağın 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde toprağın kireç yoğunluğu ($P<0,0001$) bakımından Çizelge 3.1'de farklılık göstermektedir. Toprağın 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde toprağın kireç yoğunluğu ($P<0,0005$) bakımından Çizelge 3.1'de farklılık göstermektedir.

Sahalar kendi aralarındaki farklılık düzeylerine bakıldığında farklı yıllarda derinlik kademelerine göre KDK, pH, EC değerleri kıyaslandığında 5 ağaçlandırma sahasının ilk 20 cm derinlik kademesine farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Artvin'de karaçam ağaçlandırma sahlarında yapılan çalışmada 20 cm'den sonra farklılık görülmemektedir [19]. Karaöz'ün çalışmasına göre de iğne yapraklı ve yapraklı ormanların 0-30 cm derinlik arasındaki KDK, yapılan şimdiki çalışmadaki gibi değişkenlik görülmektedir [63]. Toprak derinlik kademelerine inildikçe Çizelge 3.1'de kireç yoğunluğunun arttığı tespit edilmiştir. Bu durumda kireç yoğunluğuna bağlı pH değerlerinde de değişkenlik olduğu ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda sahaların toprak türünün kumlu balçık ile kumlu killi balçık olarak değişkenlik göstermesi, kil yoğunluğunu değiştirmekte, kil yoğunluğu değiştikçe de KDK değişmektedir [92]. Artvin yöresinde yapılan benzer çalışmalarda da benzer durum ortaya çıkmıştır [19],[112]. Ayrıca kirecin derinlik kademelerindeki ve

sahalara göre değişkenlik göstermesi yıkanmadan dolayı belli derinliklerde birikmesinden dolayı olabilir.

Çizelge 3.1. Ağaçlandırma sahaları yıllara ve derinlik kademelerine göre KDK, pH, EC, kireç yoğunlukları ortalaması, ± Std. hataları.

Derinlik Kademesi	Ağaçlandırma	KDK ORT.	STD. HATA	HARF	PH ORT.	STD. HATA	HARF	EC ORT.	STD. HATA	HARF	KİREÇ ORT.	STD. HATA	HARF
1	Ağaçlandırma 1968	22.20	1.37	D C	7.54	0.04	A B	155.80	9.66	A	22.62	1.13	B
1	Ağaçlandırma 1973	28.75	0.90	B C	7.50	0.02	A B	129.04	4.21	B	46.19	1.16	A
1	Ağaçlandırma 1985	33.69	0.84	A B	7.38	0.09	B	116.68	8.54	B C	2.62	0.58	D
1	Ağaçlandırma 1996	36.05	3.02	A	7.61	0.05	A	138.58	3.24	A B	7.55	0.91	C
1	Ağaçlandırma 2002	18.96	1.06	D	7.43	0.02	A B	94.12	2.60	C	2.07	0.32	D
2	Ağaçlandırma 1968	21.50	1.82	C D	7.58	0.03	A	128.63	3.90	A B	23.55	1.10	B
2	Ağaçlandırma 1973	28.45	1.47	B C	7.49	0.02	A	127.85	2.62	A B	45.73	0.89	A
2	Ağaçlandırma 1985	34.25	0.88	A B	7.44	0.07	A	114.79	10.17	B	2.76	0.70	D
2	Ağaçlandırma 1996	36.38	3.14	A	7.61	0.04	A	136.52	3.65	A	7.36	0.95	C
2	Ağaçlandırma 2002	20.72	1.07	D	7.46	0.03	A	89.84	1.66	C	2.60	0.21	D
3	Ağaçlandırma 1968	19.45	3.90	A	7.51	0.09	A	112.50	4.90	A	26.25	1.73	B
3	Ağaçlandırma 1973	26.49	2.09	A	7.56	0.06	A	121.30	4.11	A	51.04	2.45	A
3	Ağaçlandırma 1985	35.05	1.79	A	7.36	0.19	A	106.17	16.48	A	5.17	3.90	C
3	Ağaçlandırma 1996	42.58	11.86	A	7.66	0.06	A	131.43	11.65	A	6.48	1.59	C
3	Ağaçlandırma 2002	18.92	1.17	A	7.43	0.03	A	89.93	4.65	A	5.47	2.33	C
4	Ağaçlandırma 1968	19.51	3.90	A	7.54	0.08	A	108.00	6.18	A	27.19	1.36	B
4	Ağaçlandırma 1973	25.90	2.99	A	7.55	0.02	A	114.13	5.28	A	51.60	4.50	A
4	Ağaçlandırma 1985	33.18	1.13	A	7.44	0.21	A	108.70	16.08	A	9.69	8.54	B C
4	Ağaçlandırma 1996	27.01	8.23	A	7.65	0.11	A	120.03	6.61	A	2.89	1.71	C
4	Ağaçlandırma 2002	19.56	1.71	A	7.48	0.06	A	86.70	1.88	A	7.29	2.42	B C
5	Ağaçlandırma 1968	18.74	3.40	A	7.50	0.06	A	103.70	1.38	A	27.84	2.10	A B
5	Ağaçlandırma 1973	24.43	2.84	A	7.53	0.05	A	82.57	35.60	A	53.56	3.93	A
5	Ağaçlandırma 1985	34.31	0.76	A	7.53	0.22	A	122.97	18.36	A	12.39	11.40	B
5	Ağaçlandırma 1996	23.30	7.67	A	7.68	0.08	A	116.55	1.07	A	4.49	1.58	B
5	Ağaçlandırma 2002	22.00	3.61	A	7.39	0.09	A	84.40	4.87	A	5.11	1.71	B

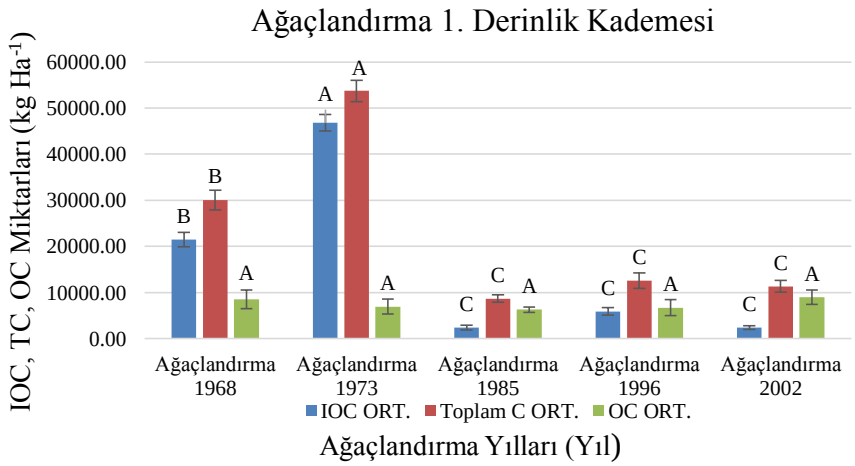
*Not: Her bir ölçülen değer için aynı derinlik kademesinde içerisinde aynı sütunda ortak harflerle takip edilen ortalamalar α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değillerdir.

1968, 1973, 1985, 1996, 2002 yıllarında yapılan ağaçlandırma çalışmalarında Çizelge 3.1'de toprağın reaksiyon değeri (pH) 7,68-7,36 değerlerine sahiptir. pH değerinin 0-10 ve 10-20 cm derinlik kademelerinde ağaçlandırma yıllarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği, 20 cm'den sonra Çizelge 3.1'deki gibi herhangi bir değişkenlik göstermemektedir. Bu durumun kirecin üst toprakta yıkanmasının daha fazla olmasından

dolayı ortaya çıktığı düşünülmektedir.

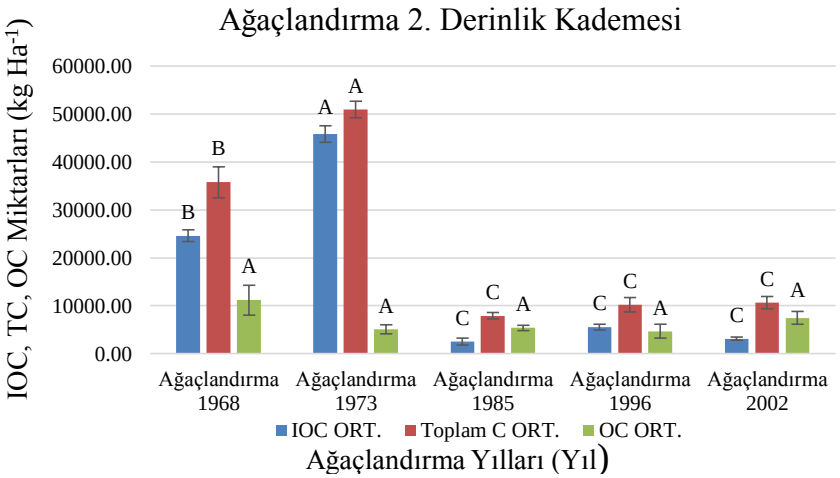
3.1.1.2. *Ağaçlandırma Sahaları Toprağı Birim Alandaki (Ha) İnorganik Karbon, Toplam Karbon, Organik Karbon, Azot Miktarlarının (Kg) Karşılaştırılması*

Toprağın 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.1'de inorganik karbon, toplam karbon miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında farklılık göstermektedir (P<0,0001). Toplam karbon ve inorganik karbon miktarı en fazla 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında gözlemlenirken, en az ise 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında gözlenmiştir.



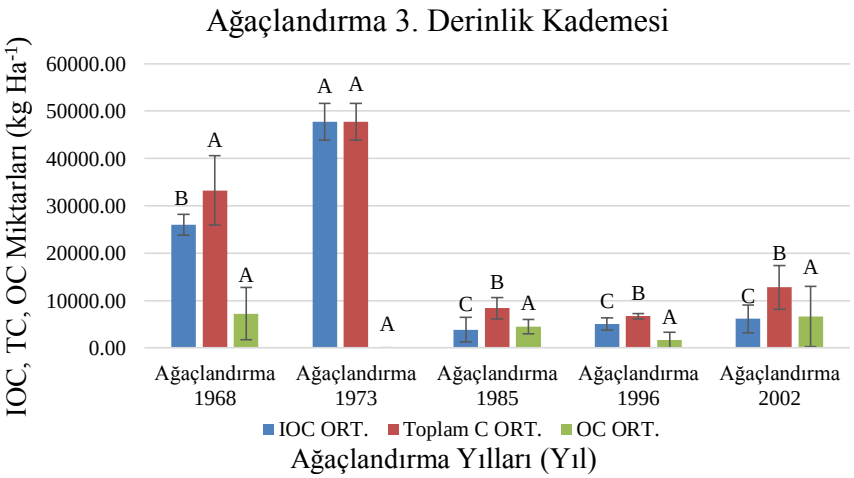
Şekil 3.1. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.2'de inorganik karbon, toplam karbon miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında farklılık göstermektedir (P<0,0001). İnorganik karbon ve toplam karbon miktarları en fazla 1973 yıllarında yapılan ağaçlandırma sahasında gözlemlenirken, en az ise 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahasında gözlenmiştir.



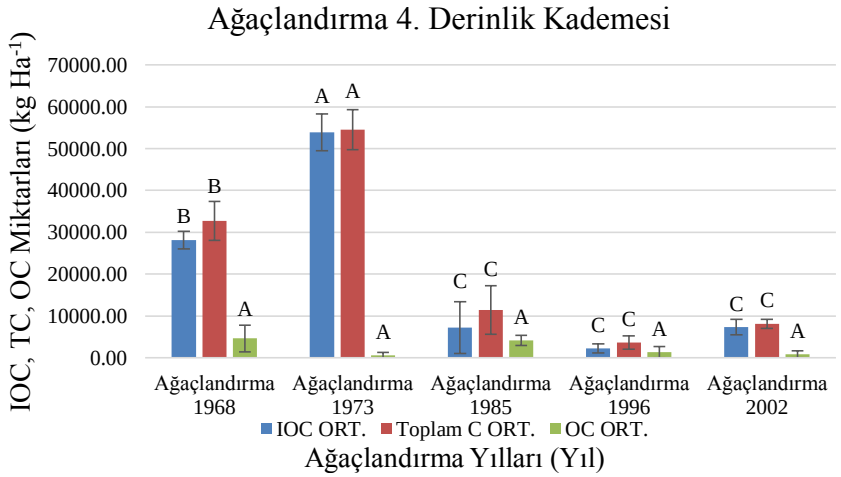
Şekil 3.2. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.3'te inorganik karbon (P<0,0001), toplam karbon miktarı (P<0,0002) hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında farklılık göstermektedir. İnorganik karbon miktarı ve toplam karbon miktarı en fazla 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahasında, en az toplam karbon miktarı 1996 yılında ve 1985 yılında ise inorganik karbon miktarı gözlenmiştir.



Şekil 3.3. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

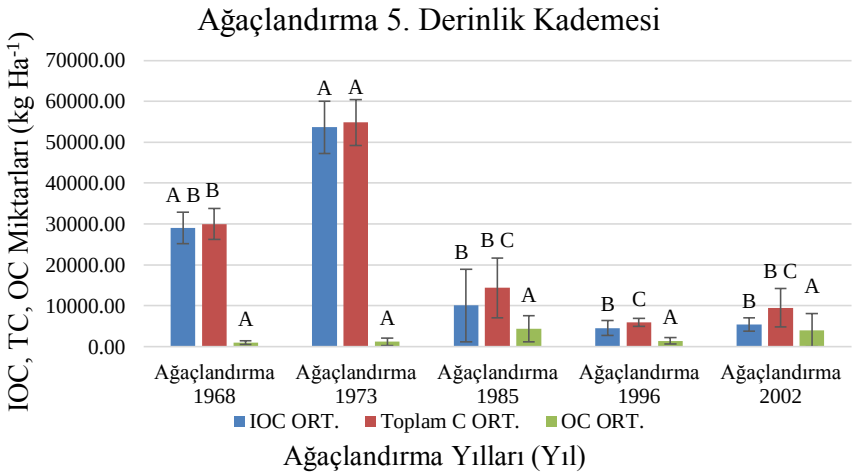
Toprağın 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.4'te inorganik karbon, toplam karbon miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında farklılık göstermektedir (P<0,0001). En fazla toplam karbon ve inorganik karbon miktarı 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahasında, en az ise 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahasında gözlenmiştir.



Şekil 3.4. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.5'teki gibi inorganik karbon (P<0,0003), toplam karbon miktarı (P<0,0002) hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında farklılık göstermektedir. En fazla inorganik ve toplam karbon miktarları 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahasında, en az ise 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahasında gözlenmiştir.

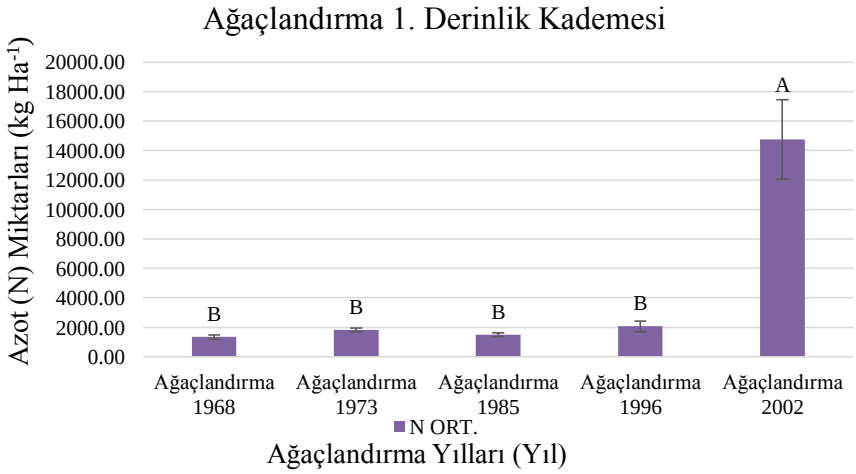
Ağaçlandırma sahalarının derinlik kademelerine göre kendi aralarında kıyaslandığında organik karbon haricinde hektarda, toplam karbon ve inorganik karbon miktarlarında farklılıklar görülmektedir. Topraktaki kireç yoğunluğundan kaynaklı inorganik karbonun değişimi söz konusu düşünülürken [110], toplam karbon içeriğinde inorganik karbon ve organik karbon toplamlarından olduğu için toplam karbon miktarında da değişim söz konusudur. Kil yoğunluğunun olduğu topraklarda organik karbon bulunma olasılığı fazladır [36]. Bu bağlamda kil yoğunluğunun yüksek oranda değişmemesi organik karbonunda sahalar arasında farklı olmamasıyla ilişkilendirilebilir.



Şekil 3.5. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

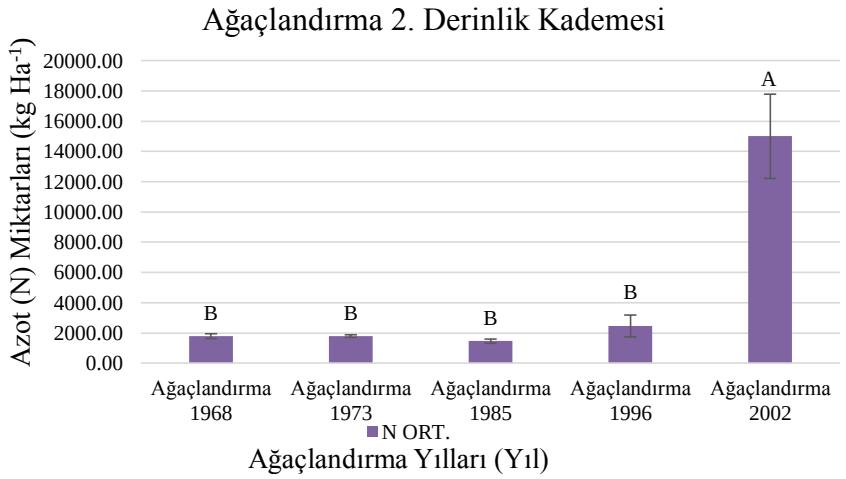
Toplam karbonun miktarını ve birikimini etkileyen birçok etken bulunmaktadır [113]. Buna göre mevsimler değişimler ve yükseltide mikrobiyal etkilerin içinde yer almaktadır [114].

Toprağın 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.6'daki gibi azot miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında farklılık göstermektedir (P<0,0001). En fazla azot miktarı 2002 yılı ağaçlandırma sahalarında, en az azot miktarı ise 1968 yılı ağaçlandırma yılı sahalarında gözlenmektedir.



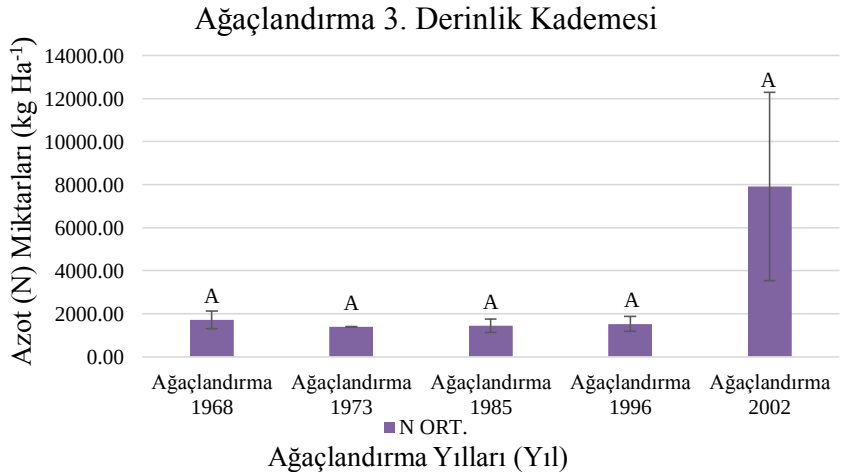
Şekil 3.6. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde azot miktarı ortalaması ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.7'de görüldüğü gibi azot miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında farklılık göstermektedir (P<0,0001). En fazla azot miktarı 2002 yılı ağaçlandırma sahasında, en az azot miktarı ise 1985 yılı ağaçlandırma sahasında görülmüştür.



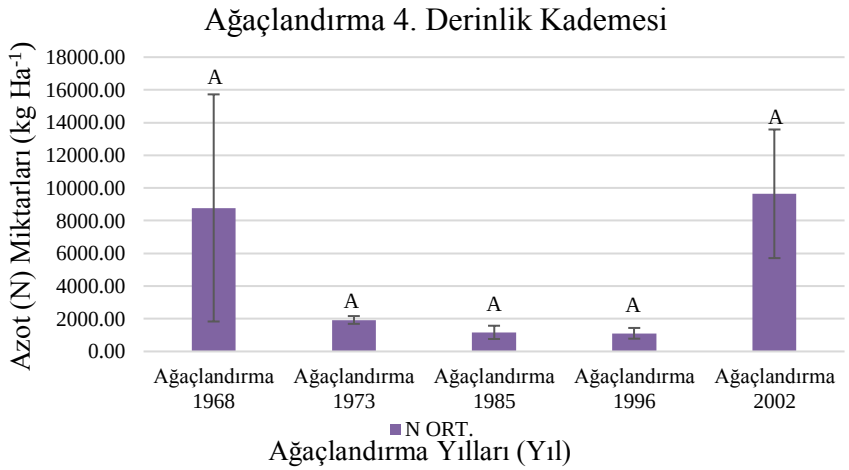
Şekil 3.7. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde azot miktarı ortalaması ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.8'deki gibi azot miktarı en fazla 2002 yılı, en az 1973 yılı ağaçlandırma sahalarında gözlenmektedir.



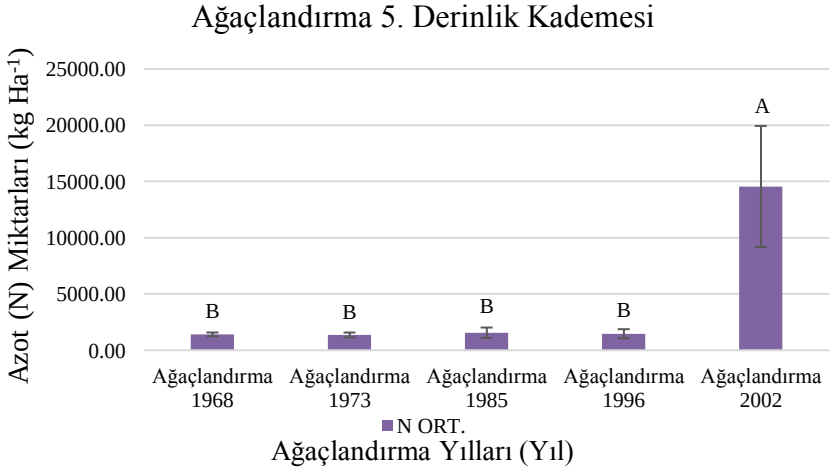
Şekil 3.8. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde azot miktarı ortalaması ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.9'daki gibi azot miktarı en fazla 2002 yılı, en az 1985 yılı ağaçlandırma sahalarında gözlenmiştir.



Şekil 3.9. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde azot miktarı ortalaması ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.10'da görüldüğü gibi azot miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında farklılık göstermektedir (P<0,0109). En fazla azot miktarı 2002 yılında, en az ise 1973 yılı ağaçlandırma sahalarında tespit edilmiştir.



Şekil 3.10. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde azot miktarı ortalaması± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Sahalar içinde özellikle 2002 yılı ağaçlandırma sahalarında geven (*Astragalus schizopterus* Boiss.) [83] olması toprakta azotun tutulmasına etken olduğu düşünülmektedir. Ayrıca toprak azotun kaynağını organik materyalden karşılandığı, toprağın anakayasından gelen inorganik ana materyalde azot bileşiklerinin olmadığı, ayrıca topraktaki azotun kaynağı yağışlarla havadan toprağa ulaşan NO_x (NO, NO_2, N_2O_5) gazları nitrit asidi ve nitrik asit ile diğer azot bileşiklerinin olduğu, havadaki serbest azot bileşikleri yağışlarla toprağa ulaşarak toprakta yaşayan bazı mikroorganizmalar tarafından toprağa bağlandığı ve böylelikle toprağın azot değerini artırdığı söylenmektedir [92]. Bu görüş üzerine 2., 3., 4., derinlik kademelerinde sahalar arasında istatiksel olarak farkın bulunmaması, 1. ve 5. derinlik kademelerinde ise 2002 yılındaki arazide azot miktarının hektarda fazla olması sebebiyle düşünülebilir. Toprak türü olarak kumlu balçık olması kilin yıkanarak ortamdan uzaklaşması ile kum miktarını artırdığı [115] ve infiltrasyon ile toprak altına yağmur sularının daha fazla girmesi görüşü ile de açıklanabilir. 1. Derinlik kademesinde diğer sahalardan fazla olması ise bitki artıklarının üst toprakta olması, mikroorganizma faaliyetlerinin bulunması ve azotun mikroorganizmalarla tutulmasından dolayı olduğu yapılan çalışmalarla düşünülmüştür [21],[92].

3.1.1. Kontrol Sahalarının Toprak Özelliklerinin Derinlik Kademelerine Göre Karşılaştırılması

3.1.1.1. *Kontrol Sahalarının Toprağın KDK, pH, EC, CaCO3 Özelliklerine Göre Karşılaştırılması*

Kimyasal analizlerin yapıldığı ve Çizelge 3.2'de görülen toprağın 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde KDK ($P<0,0001$), pH ($P<0,0020$), EC ($P<0,0001$), kireç yoğunluğu ($P<0,0001$) her saha farklılık göstermektedir. Toprağın 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde KDK ($P<0,0001$), EC ($P<0,0001$), kireç yoğunluğu ($P<0,0001$), pH ($P<0,0001$) farklılık göstermektedir. Toprağın 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde EC ($P<0,0464$), toprağın kireç yoğunluğu ($P<0,0006$) farklılık göstermektedir. Toprağın 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde EC ($P<0,0410$), toprağın kireç yoğunluğu ($P<0,0004$) farklılık göstermektedir. Toprağın 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde KDK ($P<0,0138$), pH ($P<0,0016$) EC ($P<0,0425$), kireç yoğunluğu ($P<0,0001$) olarak farklılık göstermektedir.

Kontrol sahaları kendi aralarındaki farklılık düzeylerine bakıldığında farklı yıllarda derinlik kademelerine göre kdk, pH, EC, kireç değerleri kıyaslandığında 5 ağaçlandırma sahasının istatiksel olarak birbirinden farklı olduğu 0-10 cm, 10-20 cm ve 40-50 cm derilik kademelerinde istatiksel olarak farklılık göstermektedir. Sahaların toprak türü kumlu balçık olması kil yoğunluğunun yüzeysel akış ile yıkanması [116],[117] kum oranının kilden fazla olduğu ve kili yüzeysel akış ile ortamda tutacak bitki artıklarının açık alanda bulunmaması [115] kille orantılı olarak KDK'nde [92] sahalar arası değişkenliğe sebebiyet verdiği düşünülmektedir.

Çizelge 3.2. Kontrol sahalarının yıllara ve derinlik kademelerine göre KDK, pH, EC, kireç yoğunlukları ortalaması, ± Std. hata.

Derinlik Kademesi	Kontrol	KDK ORT.	STD. HATA	HARF	PH ORT.	STD. HATA	HARF	EC ORT.	STD. HATA	HARF	KİREÇ ORT.	STD. HATA	HARF
1	Kont. 1968	22.22	0.67	C D	7.59	0.05	A	202.75	6.99	A	28.35	1.27	B
1	Kont. 1973	26.22	1.20	B C	7.55	0.04	A	154.55	11.38	B	49.90	0.77	A
1	Kont. 1985	36.90	1.81	A	7.34	0.07	B	76.75	6.56	C	0.39	0.07	D
1	Kont. 1996	31.39	0.91	B	7.41	0.06	A B	92.93	5.34	C	4.70	0.38	C
1	Kont. 2002	18.32	1.50	D	7.34	0.03	B	78.95	1.92	C	1.55	0.17	D
2	Kont. 1968	22.50	0.53	D C	7.67	0.06	A	171.01	3.85	A	30.21	0.76	B
2	Kont. 1973	27.16	0.99	B C	7.57	0.02	A B	158.31	12.52	A	49.63	1.40	A
2	Kont. 1985	34.02	1.46	A	7.28	0.04	C	75.48	7.85	B	0.49	0.08	D
2	Kont. 1996	30.44	1.77	A B	7.36	0.08	B C	93.48	3.13	B	3.90	0.51	C
2	Kont. 2002	19.44	1.56	D	7.34	0.04	C	78.18	4.20	B	2.28	0.51	D C
3	Kont. 1968	21.48	1.99	A	7.62	0.05	A	149.70	0.30	A	31.77	0.04	A
3	Kont. 1973	28.65	2.26	A	7.61	0.03	A	146.10	33.20	A	46.84	6.22	A
3	Kont. 1985	38.60	12.78	A	7.27	0.03	A	54.60	11.90	A	0.29	0.21	B
3	Kont. 1996	31.93	0.11	A	7.32	0.26	A	88.20	13.30	A	3.73	0.92	B
3	Kont. 2002	19.32	0.15	A	7.37	0.11	A	82.20	14.30	A	5.78	4.01	B
4	Kont. 1968	21.62	0.73	A	7.62	0.06	A	156.45	5.05	A	26.10	2.67	B
4	Kont. 1973	30.08	3.11	A	7.60	0.05	A	139.85	30.35	A B	45.66	4.84	A
4	Kont. 1985	32.28	0.26	A	7.21	0.01	A	59.80	11.60	B	0.21	0.12	C
4	Kont. 1996	33.35	5.53	A	7.41	0.29	A	99.75	12.85	A B	4.44	2.71	C
4	Kont. 2002	24.67	2.78	A	7.40	0.07	A	81.80	12.30	A B	3.84	1.98	C
5	Kont. 1968	20.19	0.07	C	7.70	0.10	A	146.90	3.20	A	31.56	2.10	B
5	Kont. 1973	34.54	3.92	A B	7.59	0.03	A	146.35	32.95	A	43.49	1.41	A
5	Kont. 1985	32.20	3.45	A B C	7.18	0.01	B	59.55	12.45	A	0.42	0.08	D
5	Kont. 1996	36.60	0.00	A	7.66	0.00	A	111.50	0.00	A	7.35	0.00	C
5	Kont. 2002	21.95	1.23	B C	7.31	0.03	B	87.40	4.30	A	2.44	0.25	C D

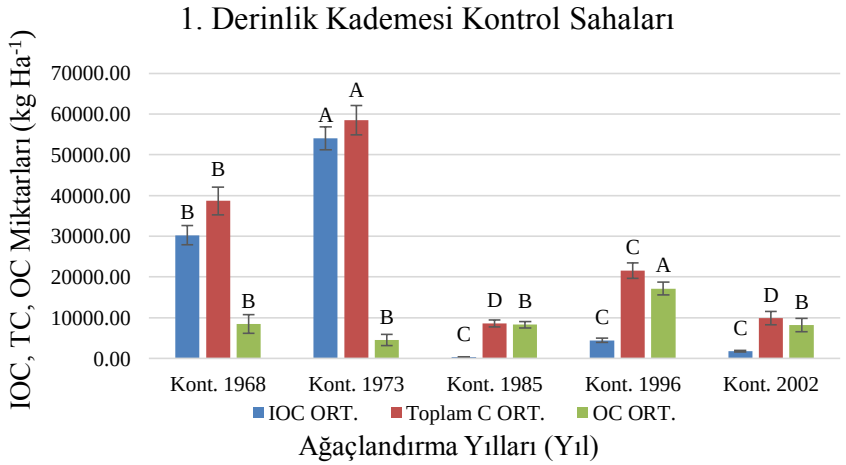
*Not: Her bir ölçülen değer için aynı derinlik kademesinde içerisinde aynı sütunda ortak harflerle takip edilen ortalamalar α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değillerdir.

Kilin ortamda tutulamaması kil içeriğindeki bazik iyonların bulunması veya değişikliğe uğratması ile de pH değeri (7,18-7,70) farklılık göstermiştir [92]. Kireç içeriğinin 1968, 1973 yıllarındaki sahalarda fazla olması kirecin istatiksel olarak diğer sahalardan farklı

çıkmasına sebep olmuştur. Bu sebeple pH değerinin değişikliğini etkilediği söylenebilir [118],[119]. Ayrıca toprağın tuzluluğu derinlik kademelerindeki ve sahalara göre değişkenlik göstermesi yer altı ve yer üstü suların karışmasıyla çözünebilir tuzların toprak tuzluluğuna etki ettiği gibi anakayadan fiziksel, kimyasal etkilerle de toprakta değişkenlik yapabileceği [69] görüşüyle de desteklenerek topraktaki derinlik kademelerinde göre ve sahalar arasında farklılığa sebep olduğu düşünülmektedir. Topraktaki tuzluluk oranı 4 dS m^{-1} (4000 µS m^{-1}) üstünde olan değerler tuzlu topraklardır [120]. Buna göre farklı yıllardaki sahaların Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi topraklarının tuzluluk (EC) oranları 54,60-202,75 µS m^{-1} aralığında değişmesine rağmen tuzluluk bakımından sorun olmadığı bildirilebilir.

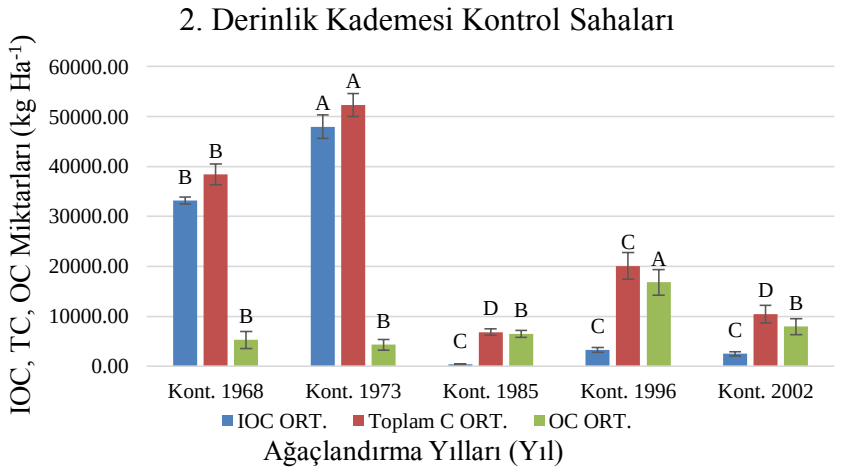
3.1.1.2. *Kontrol Sahaları Toprağı Birim Alandaki (Ha) İnorganik Karbon, Karbon, Organik Karbon, Azot Miktarlarının (Kg) Karşılaştırılması*

Toprağın 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.11'de görüldüğü gibi inorganik karbon, toplam karbon, organik karbon miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında farklılık göstermektedir (P<0,0001). En fazla inorganik, organik, toplam karbon miktarları 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrol sahalarında, en az ise 1985 yılında ağaçlandırma yapılan sahanın kontrol alanında gözlenmektedir.



Şekil 3.11. Kontrol sahalarının 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

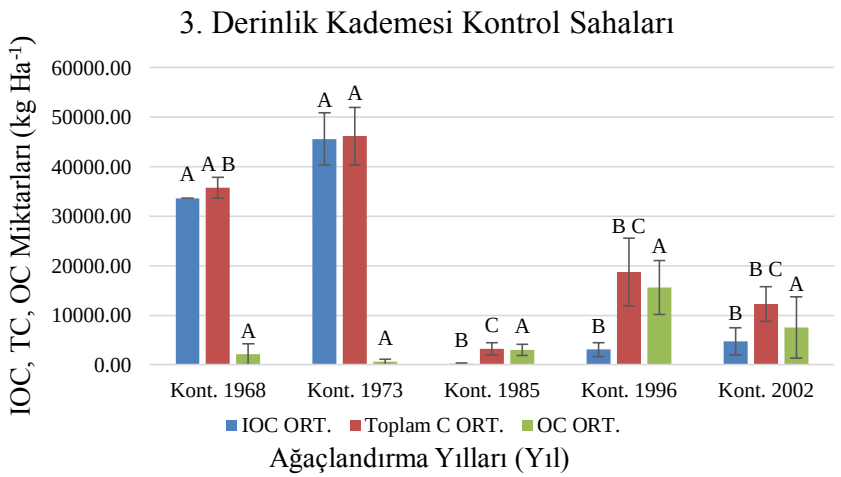
Toprağın 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.12'de görüldüğü gibi inorganik karbon, toplam karbon, organik karbon miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında farklılık göstermektedir (P<0,0001). En fazla inorganik, organik, toplam karbon miktarları 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrol sahalarında, en az ise 1985 yılında ağaçlandırma yapılan sahanın kontrol alanında gözlenmektedir.



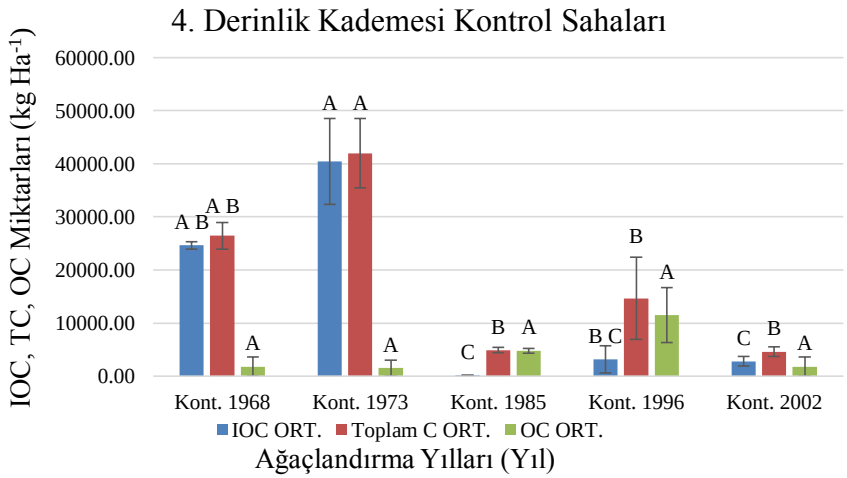
Şekil 3.12. Kontrol sahalarının 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.13'te görüldüğü gibi inorganik karbon (P<0,0002), toplam karbon miktarı (P<0,0050) hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında istatiksel olarak farklılık göstermektedir. En fazla inorganik ve toplam karbon miktarları 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrol sahalarında, en az ise 1985 yılında ağaçlandırma yapılan sahanın kontrol alanında gözlenmektedir.

Toprağın 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.14'te görüldüğü gibi inorganik karbon (P<0,0024), toplam karbon miktarı (P<0,0099) hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında farklılık göstermektedir. En fazla inorganik ve toplam karbon miktarları 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrol sahalarında, en az ise 1985 yılında ağaçlandırma yapılan sahanın kontrol alanında gözlenmektedir.

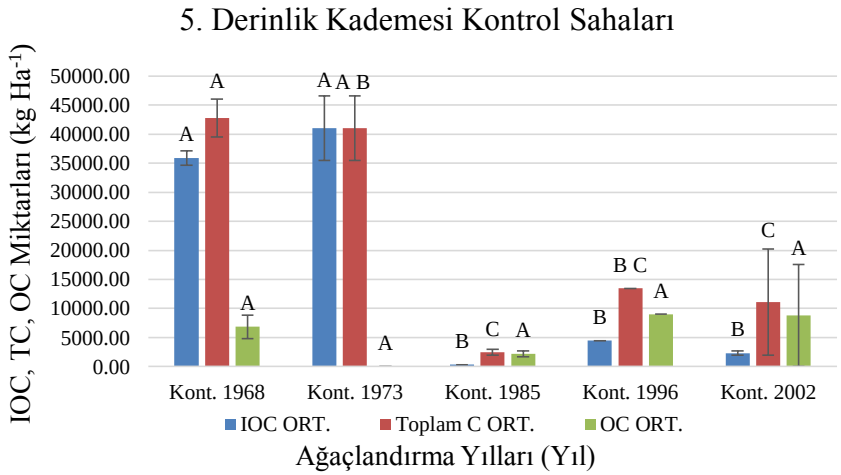


Şekil 3.13. Kontrol sahalarının 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.



Şekil 3.14. Kontrol sahalarının 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

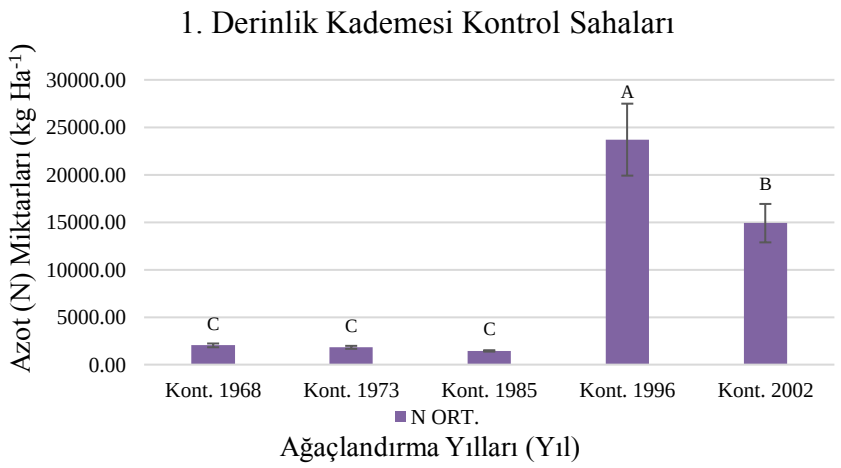
Toprağın 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.15'te görüldüğü gibi inorganik karbon ($P<0,0002$), toplam karbon miktarı ($P<0,0068$) hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarında farklılık göstermektedir. En fazla inorganik karbon miktarı 1973 yılında, toplam karbon miktarı 1968 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrol sahalarında, en az ise 1985 yılında ağaçlandırma yapılan sahanın kontrol alanında gözlenmektedir.



Şekil 3.15. Kontrol sahalarının 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

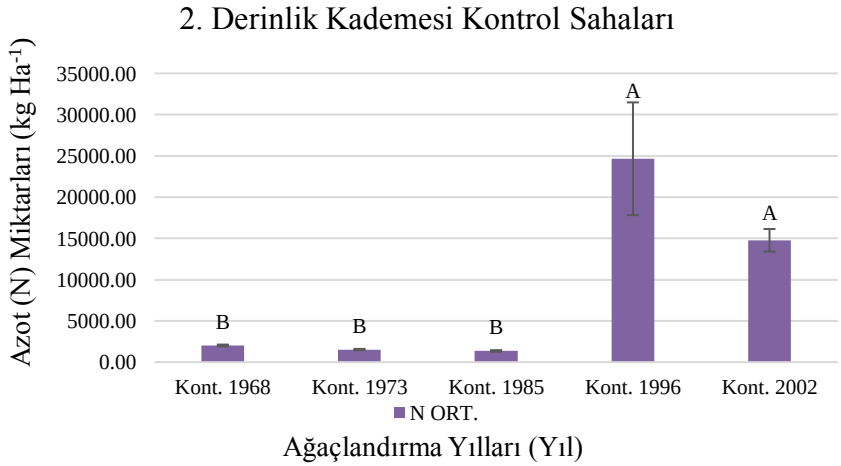
Kontrol sahalarının derinlik kademelerine göre kendi aralarında kıyaslandığında hektarda inorganik karbon ve toplam karbon miktarları farklı yıllara göre sahalar arasında ve derinlik kademelerinde farklılık gösterirken, organik karbon miktarında ise 1. ve 2. derinlik kademelerinde farklılık göstermektedir. Topraktaki kireç yoğunluğundan kaynaklı inorganik karbonun değişimi söz konusudur [110]. Toplam karbonun miktarını ve birikimini etkileyen birçok etken bulunmaktadır [113]. Fakat toplam karbon içeriğinde inorganik karbon ve organik karbon olduğu için toplam karbon miktarında da değişim söz konusudur. Kil yoğunluğunun olduğu topraklarda organik karbon bulunma olasılığı fazladır [36]. Bu bağlamda kil yoğunluğunun yüzeysel akış ile yıkanması, yoğunluğunu kaybederek alt horizonlara inmesi [92], açık alanlarda ortamda kili tutacak bitki artıklarının da bulunmaması toprakta kum yoğunluğunu artırmaktadır [115]. Buna göre kilin 1. ve 2. derinlik kademelerinde yoğunluğunu azalarak kaybetmesi bu derinlik kademelerinde organik karbonun sahalar arasında farklılık göstermesine sebep olurken diğer kademelerde ve sahalar arasında farklılık görülmemesi ile açıklanabilir.

Toprağın 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.16'daki gibi azot miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma alanlarının kontrol sahalarında farklılık göstermektedir ($P<0,0001$). En fazla azot miktarı 1996 yılında, en az azot miktarı 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrol alanlarında gözlenmiştir.



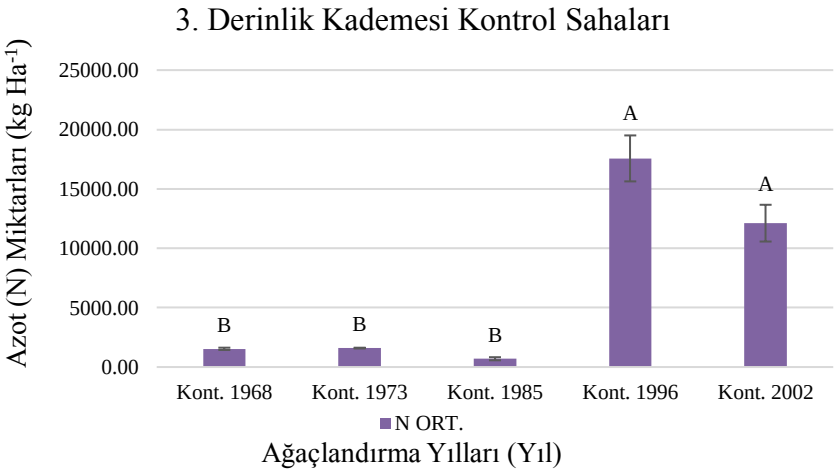
Şekil 3.16. Kontrol sahalarının 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.17'deki gibi azot miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma alanlarının kontrol sahalarında farklılık göstermektedir (P<0,0001). En fazla azot miktarı 1996 yılında, en az azot miktarı 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrol alanlarında gözlenmiştir.



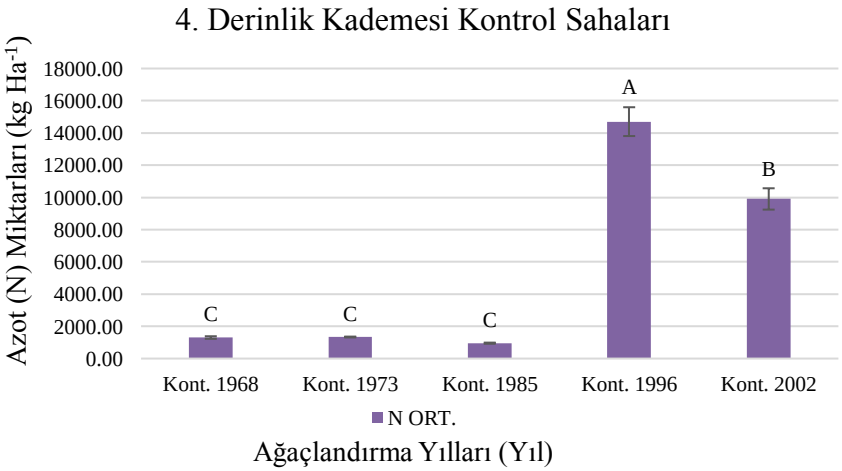
Şekil 3.17. Kontrol sahalarının 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.18'deki gibi azot miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma alanlarının kontrol sahalarında farklılık göstermektedir (P<0,0004). En fazla azot miktarı 1996 yılında, en az azot miktarı 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrol alanlarında gözlenmiştir.



Şekil 3.18. Kontrol sahalarının 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

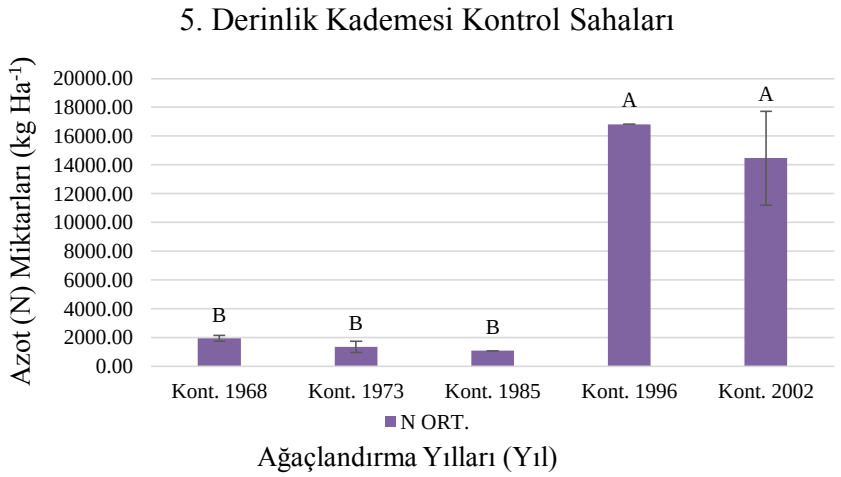
Toprağın 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.19'daki gibi azot miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma alanlarının kontrol sahalarında farklılık göstermektedir (P<0,0001). En fazla azot miktarı 1996 yılında, en az azot miktarı 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrol alanlarında gözlenmiştir.



Şekil 3.19. Kontrol sahalarının 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.20'de görüldüğü gibi azot miktarı hektarda farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma alanlarının kontrol sahalarında farklılık göstermektedir (P<0,0012). En fazla azot miktarı 1996 yılında, en az azot miktarı 1985

yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrol alanlarında gözlenmiştir.



Şekil 3.20. Kontrol sahalarının 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Kontrol sahalarının farklı yıllara göre derinlik kademelerindeki azot miktarları 5 farklı yaş grubuna ait sahaların ağaçlandırılmayan kısımlarında hektardaki miktarlarına göre istatiksel olarak hepsinde farklılık görülmüştür. Farklılığın 1996 ve 2002 yıllarında ağaçlandırma yapılan sahaların kontrol alanlarındaki miktarın diğer sahalardan fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Sahalar içinde özellikle 1996, 2002 yılı ağaçlandırma sahalarında geven (*Astragalus schizopterus* Boiss.) [83] olması toprakta azotun tutulmasına etken olduğu düşünülmektedir. Toprak türü olarak kumlu balçık olması kilin yıkanarak ortamdan uzaklaşması ile kum miktarını artırır [115] ve infiltrasyon ile toprak altına yağmur sularının daha fazla girmesi ile de 5. derinlik kademesinde diğer sahalardan fazla olması ile açıklanabilir.

3.1.2. Ağaçlandırma ve Kontrol Sahalarının Toprak Özelliklerinin Derinlik Kademelerine Göre Karşılaştırılması

3.1.2.1. *Ağaçlandırma ve Kontrol Sahalarının Toprağın KDK, pH, EC, CaCO3 Özelliklerine Göre Karşılaştırılması*

1. (0-10 cm) derinlik kademesinde Çizelge 3.3'te görüldüğü gibi 1968 yılında yapılmış karaçam ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahası karşılaştırıldığında EC ($P<0,0023$) ve kireç yoğunluğunda ($P<0,0039$) farklılıklar görülmektedir. 1973 yılı sahalarına bakıldığında toprağın EC ($P<0,0263$) ve kireç yoğunluğunda ($P<0,0295$) farklılıklar

görülmektedir. 1985 yılında toprağın EC (P<0,0033) ve kireç yoğunluğunda (P<0,0061) farklılıklar görülmektedir. 1996 yılında toprağın pH (P<0,0172), EC (P<0,0001) ve kireç yoğunluğunda (P<0,0249) farklılıklar görülmektedir. 2002 yılında toprağın pH (P<0,0366), EC (P<0,0005) farklılıklar görülmektedir.

2. (10-20 cm) derinlik kademesinde Çizelge 3.3'te görüldüğü gibi 1968 yılında yapılmış karaçam ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahası karşılaştırıldığında EC (P<0,0001) ve kireç yoğunluğunda (P<0,0003) farklılıklar görülmektedir. 1973 yılında ağaçlandırma ve kontrol sahalarına bakıldığında toprağın pH (P<0,0204), EC (P<0,0100) ve kireç yoğunluğunda (P<0,0234) farklılıklar görülmektedir. 1985 yılında toprağın EC (P<0,0120) ve kireç yoğunluğunda (P<0,0181) farklılıklar görülmektedir. 1996 yılında toprağın pH (P<0,0083), EC (P<0,0001) ve kireç yoğunluğunda (P<0,0122) farklılıklar görülmektedir. 2002 yılında toprağın pH (P<0,0147), EC (P<0,0086) farklılıklar görülmektedir.

3. (20-30 cm) derinlik kademesinde Çizelge 3.3'te görüldüğü gibi 1968 yılında yapılmış karaçam ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahası karşılaştırıldığında toprağın EC (P<0,0098) farklılıklar görülmektedir. 1973, 1985, 1996, 2002 yıllarındaki sahalara bakıldığında farklılık görülmemektedir.

4. (30-40 cm) derinlik kademesinde Çizelge 3.3'te görüldüğü gibi 1968 yılında yapılmış karaçam ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahası karşılaştırıldığında toprağın EC (P<0,0119) farklılıklar görülmektedir. 1973, 1985, 1996, 2002 yıllarındaki sahalara bakıldığında farklılık görülmemektedir.

5. (40-50 cm) derinlik kademesinde Çizelge 3.3'te görüldüğü gibi 1968 yılında yapılmış karaçam ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahası karşılaştırıldığında toprağın EC (P<0,0007) farklılıklar görülmektedir. 1973, 1985, 1996, 2002 yıllarındaki sahalara bakıldığında farklılık görülmemektedir.

0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 derinlik kademelerine göre farklı yıllarda ağaçlandırma sahalarında ve kontrol sahalarında katyon değişim kapasitelerine bakıldığında istatiksel olarak farklılık görülmemektedir. Ağaçlandırma sahalarında 18,74-42,58 Cmolc kg^{-1} arasında, kontrol sahalarında 18,32-38,60 Cmolc kg^{-1}, değerleri arasında değişiklik göstermektedir. Bu değişikliğin sebebi kil miktarlarının derinlik kademelerine göre değişiklik göstermesi ile ilişkilendirilebilir [92]. Bu bağlamda kil miktarları ağaçlandırma sahalarında ortalama % 22,41 iken, kontrol sahalarında % 18,86'dır.

Çizelge 3.3. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının yıllara ve derinlik kademelerine göre KDK, pH, EC, kireç yoğunlukları ortalaması, ± Std. hata.

Derinlik Kademesi	Ağaçlandırma Kontrol	KDK ORT.	STD. HATA	HARF	PH ORT.	STD. HATA	HARF	EC ORT.	STD. HATA	HARF	KİREÇ ORT.	STD. HATA	HARF
1	Ağaçlandırma1968	22.20	1.37	A	7.54	0.04	A	155.80	9.66	B	22.62	1.13	B
1	Ağaçlandırma1973	28.75	0.90	A	7.50	0.02	A	129.04	4.21	B	46.19	1.16	B
1	Ağaçlandırma1985	33.69	0.84	A	7.38	0.09	A	116.68	8.54	A	2.62	0.58	A
1	Ağaçlandırma1996	36.05	3.02	A	7.61	0.05	A	138.58	3.24	A	7.55	0.91	A
1	Ağaçlandırma2002	18.96	1.06	A	7.43	0.02	A	94.12	2.60	A	2.07	0.32	A
1	Kontrol 1968	22.22	0.67	A	7.59	0.05	A	202.75	6.99	A	28.35	1.27	A
1	Kontrol 1973	26.22	1.20	A	7.55	0.04	A	154.55	11.38	A	49.90	0.77	A
1	Kontrol 1985	36.90	1.81	A	7.34	0.07	A	76.75	6.56	B	0.39	0.07	B
1	Kontrol 1996	31.39	0.91	A	7.41	0.06	B	92.93	5.34	B	4.70	0.38	B
1	Kontrol 2002	18.32	1.50	A	7.34	0.03	B	78.95	1.92	B	1.55	0.17	A
2	Ağaçlandırma1968	21.50	1.82	A	7.58	0.03	A	128.63	3.90	B	23.55	1.10	B
2	Ağaçlandırma1973	28.45	1.47	A	7.49	0.02	B	127.85	2.62	B	45.73	0.89	B
2	Ağaçlandırma1985	34.25	0.88	A	7.44	0.07	A	114.79	10.17	A	2.76	0.70	A
2	Ağaçlandırma1996	36.38	3.14	A	7.61	0.04	A	136.52	3.65	A	7.36	0.95	A
2	Ağaçlandırma2002	20.72	1.07	A	7.46	0.03	A	89.84	1.66	A	2.60	0.21	A
2	Kontrol 1968	22.50	0.53	A	7.67	0.06	A	171.01	3.85	A	30.21	0.76	A
2	Kontrol 1973	27.16	0.99	A	7.57	0.02	A	158.31	12.52	A	49.63	1.40	A
2	Kontrol 1985	34.02	1.46	A	7.28	0.04	A	75.48	7.85	B	0.49	0.08	B
2	Kontrol 1996	30.44	1.77	A	7.36	0.08	B	93.48	3.13	B	3.90	0.51	B
2	Kontrol 2002	19.44	1.56	A	7.34	0.04	B	78.18	4.20	B	2.28	0.51	A
3	Ağaçlandırma1968	19.45	3.90	A	7.51	0.09	A	112.50	4.90	B	26.25	1.73	A
3	Ağaçlandırma1973	26.49	2.09	A	7.56	0.06	A	121.30	4.11	A	51.04	2.45	A
3	Ağaçlandırma1985	35.05	1.79	A	7.36	0.19	A	106.17	16.48	A	5.17	3.90	A
3	Ağaçlandırma1996	42.58	11.86	A	7.66	0.06	A	131.43	11.65	A	6.48	1.59	A
3	Ağaçlandırma2002	18.92	1.17	A	7.43	0.03	A	89.93	4.65	A	5.47	2.33	A
3	Kontrol 1968	21.48	1.99	A	7.62	0.05	A	149.70	0.30	A	31.77	0.04	A
3	Kontrol 1973	28.65	2.26	A	7.61	0.03	A	146.10	33.20	A	46.84	6.22	A
3	Kontrol 1985	38.60	12.78	A	7.27	0.03	A	54.60	11.90	A	0.29	0.21	A
3	Kontrol 1996	31.93	0.11	A	7.32	0.26	A	88.20	13.30	A	3.73	0.92	A
3	Kontrol 2002	19.32	0.15	A	7.37	0.11	A	82.20	14.30	A	5.78	4.01	A
4	Ağaçlandırma1968	19.51	3.90	A	7.54	0.08	A	108.00	6.18	B	27.19	1.36	A
4	Ağaçlandırma1973	25.90	2.99	A	7.55	0.02	A	114.13	5.28	A	51.60	4.50	A
4	Ağaçlandırma1985	33.18	1.13	A	7.44	0.21	A	108.70	16.08	A	9.69	8.54	A
4	Ağaçlandırma1996	27.01	8.23	A	7.65	0.11	A	120.03	6.61	A	2.89	1.71	A
4	Ağaçlandırma2002	19.56	1.71	A	7.48	0.06	A	86.70	1.88	A	7.29	2.42	A
4	Kontrol 1968	21.62	0.73	A	7.62	0.06	A	156.45	5.05	A	26.10	2.67	A
4	Kontrol 1973	30.08	3.11	A	7.60	0.05	A	139.85	30.35	A	45.66	4.84	A
4	Kontrol 1985	32.28	0.26	A	7.21	0.01	A	59.80	11.60	A	0.21	0.12	A
4	Kontrol 1996	33.35	5.53	A	7.41	0.29	A	99.75	12.85	A	4.44	2.71	A
4	Kontrol 2002	24.67	2.78	A	7.40	0.07	A	81.80	12.30	A	3.84	1.98	A
5	Ağaçlandırma1968	18.74	3.40	A	7.50	0.06	A	103.70	1.38	B	27.84	2.10	A
5	Ağaçlandırma1973	24.43	2.84	A	7.53	0.05	A	82.57	35.60	A	53.56	3.93	A
5	Ağaçlandırma1985	34.31	0.76	A	7.53	0.22	A	122.97	18.36	A	12.39	11.40	A

Çizelge 3.3 (devam). Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının yıllara ve derinlik kademelerine göre KDK, pH, EC, kireç yoğunlukları ortalaması, ± Std. hata.

5	Ağaçlandırma1996	23.30	13.28	A	7.68	0.15	A	116.55	1.85	A	4.49	2.73	A
5	Ağaçlandırma2002	22.00	3.61	A	7.39	0.09	A	84.40	4.87	A	5.11	1.71	A
5	Kontrol 1968	20.19	0.07	A	7.70	0.10	A	146.90	3.20	A	31.56	2.10	A
5	Kontrol 1973	34.54	3.92	A	7.59	0.03	A	146.35	32.95	A	43.49	1.41	A
5	Kontrol 1985	32.20	3.45	A	7.18	0.01	A	59.55	12.45	A	0.42	0.08	A
5	Kontrol 1996	36.60	.	A	7.66	.	A	111.50	.	A	7.35	.	A
5	Kontrol 2002	21.95	1.23	A	7.31	0.03	A	87.40	4.30	A	2.44	0.25	A

*Not: Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolü aynı derinlik kademesinde ortak harflerle birbirini takip eden değişkenler α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değillerdir.

Belgrad ormanında iğne ve geniş yapraklı ağaçlarda yapılan çalışmada ise sadece 0-30 cm derinlik kademesinde değişiklik gösterirken 30-100 cm derinlik kademesinde farklılık görülmemiştir [63]. Batı Karadeniz Bölgesi'nde kayın, kestane türlerinde yapılan çalışmaya göre 0-20 cm'de KDK 30 Cmolc kg^{-1}, 20-50 cm arasında 15-20 Cmolc kg^{-1} bulunmuştur [36]. Bilecik'te yapılan farklı arazi kullanıma göre çalışmada diğer değişkenler arasında 0-15, 15-30, 30-60 cm derinliğinde % 2'lik dilimle en az değişim KDK da bulunmuştur. Yine kil oranıyla ilişkilendirilmiştir [65]. Lesvos adasında yapılan çalışmada 40-45 yıldır işlem görmemiş tarım arazisinin meraya dönüşümünde KDK çok az değişim gösterdiği tespit edilmiştir [121] Toprak kimyasal özellikleri, katyon değişimi kapasitesine bağlıdır ve kimyasal reaksiyon toprak formasyonunu kapsamaktadır [56]. Nijerya'da yapılan çalışmada toprak işleme yapılmasıyla KDK'nın azaldığı söylenmiştir [122].

Toprak reaksiyonu (pH) ağaçlandırma sahalarında 7,36-7,68 iken, kontrol sahalarında 7,18-7,70 arasında hafif bazik olarak tespit edilmiştir. Sahalara baktığımızda sadece 0-10 cm derinlik kademesinde sadece 1996 yılında ve 10-20 cm'de 1973, 1996, 2002 yıllarında ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahaları arasında istatiksel olarak farklılık göstermektedir. Bunun sebebi ise kireç yoğunluğundan kaynaklandığı düşünülmektedir [21],[119]. Üst toprakta ki pH değişikliği ayrışma sonrası çıkan H^+ iyonlarının yerine katyonların yerini almasından dolayı da olabileceği düşünülüyor [49]. Murat Dağı'nda yapılan doğal karaçam ormanlarında pH 5,7-8,3 arasında değiştiği ve pH arttıkça verimliliğin azaldığı tespit edilmiştir [25]. Çankırı-İndağı'nda karaçam ağaçlandırma çalışmasında 0-10 cm derinlik kademesinde pH 6,6 birimi bulunmuştur [123]. Kireçtaşı üzerinde kumlu killi topraklarda pH değeri bizim çalışmamızda olduğu gibi 7,6-7,92 arasında bulunmuştur [124]. Artvin-Yusufeli'nde yapılan karaçam ağaçlandırma

sahalarında yine çalışmamızda olduğu gibi 0-50 cm derinlikte 7,3-7,6 arasında pH birimi bulunmuştur [19]. Deriner Barajı'na yönelik yapılan çalışmada 0-35 cm derinlik kademesinde ağaçlandırma ile pH biriminin açık alanlara göre düştüğü gözlenmiştir [115]. Bunun sebebi olarak kil içeriği olduğu açıklanmıştır [112] Artvin-Pamukçular erozyon kontrol amaçlı yapılan çalışmada 0-10, 10-20 cm derinlik kademelerinde açık alan ile akasya ile ağaçlandırılmış sahalar kıyaslandığında iki sahada hafif bazik değer bulunmuştur [125]. Dikimle yetiştirilmiş sahil çamında 1999-2002 yılları arasında kontrol sahaları ile ağaçlandırma sahalarında toprak türünün kumlu olması ve yıkanmanın fazla olmasına karşın toprakların kireçli olmasından dolayı topraklardaki hafif bazik olarak kalması ve belirgin değişikliğin meydana gelmemesi tespit edilmiştir [46]. Polatlı-Sarıoba'da yarı kurak alanda 1997 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında ağırlıklı olarak karaçam, sedir, meşe plantasyonlarından ve açık alandan 2011 yılında alınan toprak örneklerine göre yapılan çalışmada pH değeri 0-30 cm'de 7,45, 30-60 cm'de 7,68, 60-90 cm'de 7,89 bulunurken, ağaçlandırılmayan kısımda 0-30 cm'de pH 7,9, 30-60 cm'de 8,15, 60-90 cm'de ise pH 8,22 bulunmuştur [21]. Kütahya-Karaağaç Köyü'nde ağaçlandırmanın toprağa etkisini tespit etme amaçlı çalışmada yoğunluğu karaçam ağaçlandırma sahalarından alınan toprak örneklerine göre pH değeri 0-30 cm'de 6,82 iken 30-60 cm'de 7,61 olarak bulunmuş, ağaçlandırılmayan sahada ise 0-30 cm'de 6,84, 30-60 cm'de ise 7,84 olarak tespit edilmiştir. Anakayanın kireçtaşı olmasından kaynaklı derinlerde bazikleşme söz konusu olduğu ile ilişkilendirilmiştir [17]. Kumul ağaçlandırma çalışmalarında kumul sahaların pH değeri 7,82 iken fıstık çamı ile ağaçlandırılan sahada 7,33 (0-5 cm) ile 7,52 (70-100 cm) arasında iken, sahil çamı ile ağaçlandırılan sahada 7,81 (0-5 cm) ile 7,95 (70-100 cm) arasında olduğu tespit edilmiştir [66].

Toprağın tuzluluk durumuna bakıldığında 4 ds m^{-1} (4000 µS cm^{-1})'den büyük değerlerde toprakta tuzluluk sorunu olduğu belirtilmiştir [120]. Bu bağlamda sahalar arasında ağaçlandırma ve kontrol sahaların tamamına bakıldığında 54,60-202,75 µS cm^{-1} aralığında olduğu için tuzluluk problemi sahalarda görülmemektedir. Fakat 1968 yılı (Ağç. 121,73 µS cm^{-1}, kont 165,76 µS cm^{-1}), 1973 yılı (Ağç. 114,98 µS cm^{-1}, kont 149,03 µS cm^{-1}), ağaçlandırma sahalarında kontrol sahalarında daha az oranda tuzluluk bulunduğu derinlik kademelerine göre tuzluluğun azaldığı, kapalılığın oluşmasından dolayı topraktaki tuzlar derinlerde toplanmamıştır. 1985 (Ağç. 113,86 µS cm^{-1}, kont 65,24 µS cm^{-1}), 1996 (Ağç. 128,62 µS cm^{-1}, kont 97,17 µS cm^{-1}), 2002 (Ağç. 89,00 µS cm^{-1},

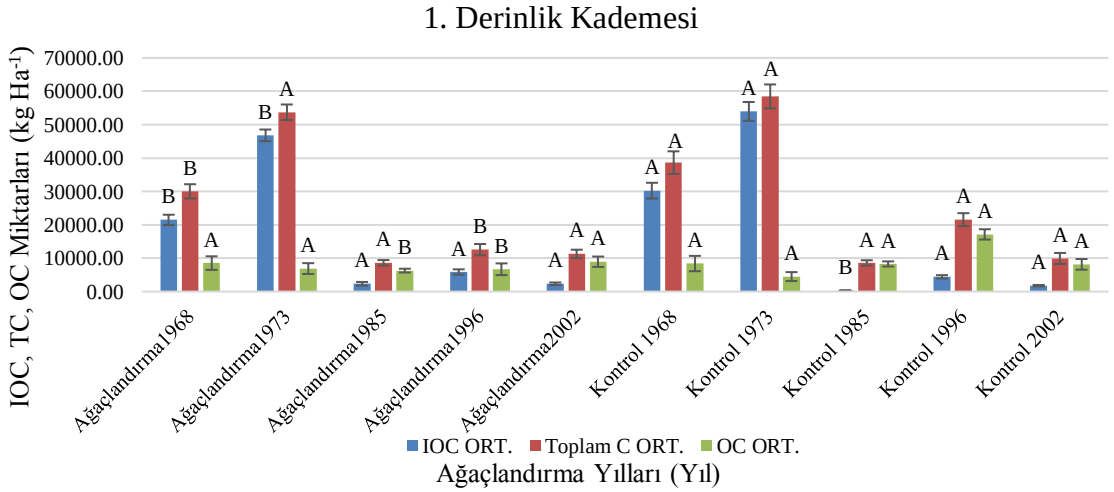
kont 81,71 μS cm^{-1}) yıllarında ağaçlandırma sahalarında ise kontrol sahalarından fazla miktarda tuz oranı çıkmıştır ve derinlik kademelerine doğru tuz oranları artmıştır. Kurak bölgede yapılan çalışmada toprak su miktarıyla doğru orantılı olarak tuz miktarının değiştiği belirtilmiştir [126]. Yüzeysel akışın etkisi ile yer altı ve yer üstü sularının karışmasıyla sahlarda çok fazla kapalılığın oluşmamasından dolayı olduğu düşülmektedir [69]. Ayrıca Deriner Barajı ağaçlandırma çalışmalarında tuzluluk oranı en fazla doğal orman sahalarında (kontrol) çıkmış daha sonra sarıçam ve akasya ağaçlandırma sahlarında çıkmıştır. Biriken ölü örtünün ayrışma sonucunda kalan besin maddelerinden kaynaklı olduğu düşülmüştür [112]. Bizim çalışmamızda üst toprakta fazla çıkmasının sebebi olarak bu görüş kabul edilebilir. Farklı arazi kullanıma dair yapılan çalışmada tuzluluk oranı orman altında 0,008 ds m^{-1}, mera alanında 0,12 ds m^{-1}, tarım arazilerinde ise 0,17 ds m^{-1} bulunmuştur [127] ve tuzluluk sorunu 4 ds m^{-1} (4000 μS cm^{-1})' nin altında olduğu için tuzluluk sorunu olmadığı [120] bizim çalışmamızda olduğu gibi açıklanmıştır. Polatlı'da yarı kurak sahalarda ağaçlandırmanın toprağa etkisinde ağaçlandırma ve ağaçlandırılmayan sahada istatiksel fark çıkmamasına rağmen tuzluluk sorunu 4 ds m^{-1}'nin altında olduğu için görülmemiştir ve 0-30 cm derinlik kademesinde ağaçlandırılan sahada kontrol sahasına göre tuz miktarı fazla çıkmıştır, derinlere gidildikçe miktar olarak azalma olduğu tespit edilmiştir [21],[120]. Karaağaç Köyü'nde yapılan çalışmada ise ağaçlandırma ve ağaçlandırılmayan sahalar karşılaştırıldığında istatiksel olarak fark bulunamamıştır [17]. Kumul ağaçlandırma sahalarında ağaçlandırılmamış sahada elektrik iletkenliği derinlik kademeleri ortalamasına göre 46,8 μS cm^{-1} bulunurken, fıstıkçamı ağaçlandırma sahalarında 42,5-57,6 μS cm^{-1}, sahil çamı ağaçlandırma sahalarında 34,8-78,2 μS cm^{-1} aralığında bulunmuş ve derinlik kademelerine göre değişimler söz konusu olmuştur [66].

Kireç miktarları 0-10 cm derinlik kademesinde 2002 yılı harici diğer sahaların kontrol ve ağaçlandırma sahaları arasında farklar görülmektedir. 10-20 cm derinlik kademesinde 2002 yılı sahası haricinde diğer sahalarda fark görülmemiştir. 20-30, 30-40, 40-50 cm derinlik kademelerinde yıllara göre kontrol sahaları ile ağaçlandırma sahaları arasında fark görülmemektedir. 1968, 1973 yılları diğer sahalardan kireç miktarları fazla çıktığı görülmüş ve derinlik arttıkça kireç miktarı artmıştır. Ağaçlandırma sahalarında genel olarak kontrol sahalarına göre kireç miktarlarında azalma tespit edilmiştir. Yarı kurak sahada yapılan çalışmada ağaçlandırılan sahada ağaçlandırılmayan sahaya göre daha az kireç yüzdesi tespit edilmiş ve toprak derinleştikçe kireç miktarı artmıştır [21]. Karaağaç

Köyü'nde yapılan çalışmada da ağaçlandırma ile kireç miktarında azalma söz konusu olurken derinlik arttıkça kireç miktarında azalmalar görülmüştür [17].

3.1.2.2. *Ağaçlandırma ve Kontrol Sahaları Toprağı Birim Alandaki (Ha) İnorganik Karbon, Karbon, Organik Karbon, Azot Miktarlarının (Kg) Karşılaştırılması*

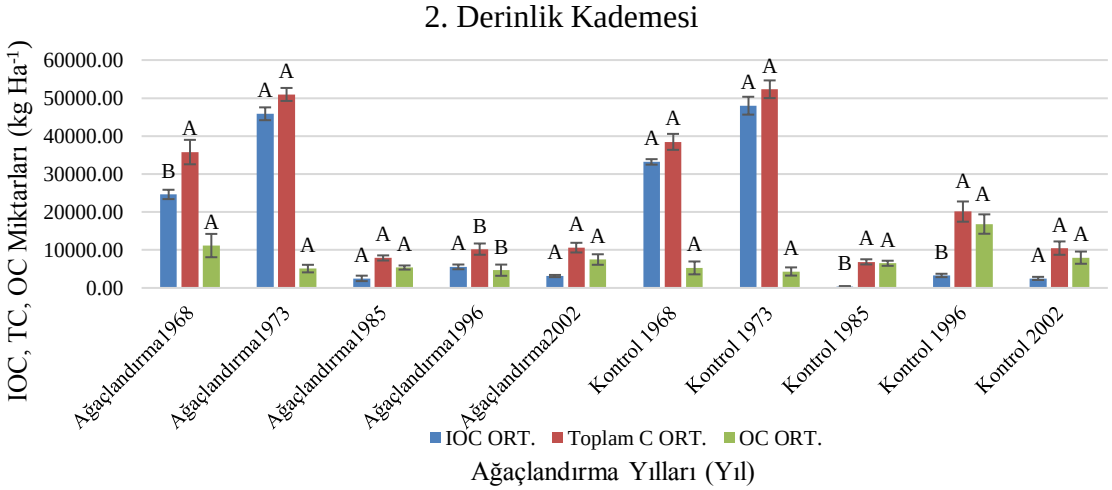
Toprağın 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.21'de görüldüğü gibi 1968 yılında yapılmış karaçam ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahası karşılaştırıldığında toprağın inorganik karbon (P<0,0044), toplam karbon (P<0,0357) miktarında farklılık göstermektedir.1973 yılında hektarda toprağın inorganik karbon (P<0,0343) miktarında farklılık göstermektedir. 1985 yılında hektarda toprağın inorganik karbon (P<0,0069), organik karbon (P<0,0475) miktarında farklılık göstermektedir. 1996 yılında hektarda toprağın toplam karbon (P<0,0028), organik karbon (P<0,0006) miktarında farklılık göstermektedir. En fazla inorganik ve toplam karbon miktarı 1973 yılında, organik karbon ise 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, en az inorganik karbon ve toplam karbon miktarları 1985 yılında, organik karbon miktarı ise 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde gözlenmiştir.



Şekil 3.21. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg)± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

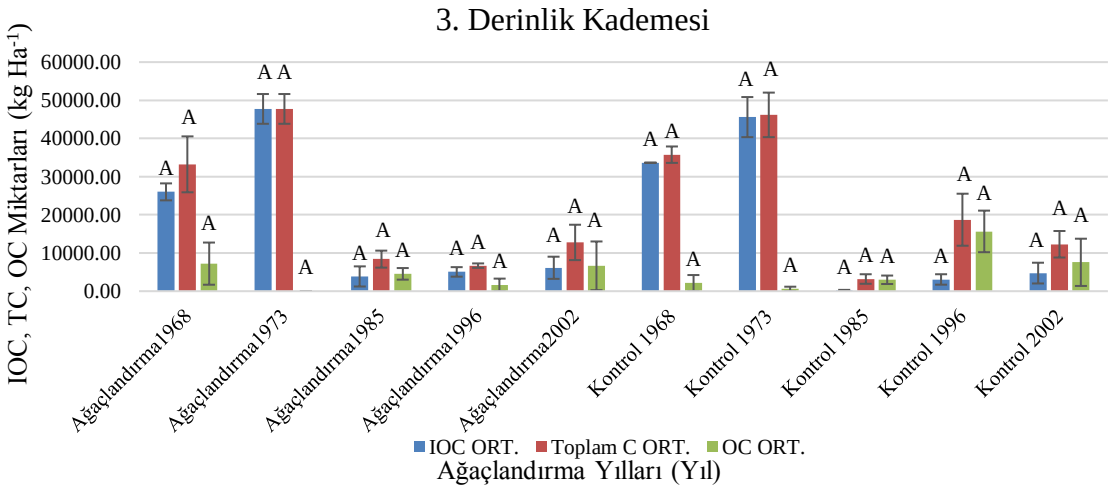
Toprağın 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.22'de görüldüğü gibi 1968 yılında yapılmış karaçam ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahası karşılaştırıldığında toprağın

inorganik karbon (P<0,0001) miktarında farklılık göstermektedir. 1985 yılında toprağın inorganik karbon (P<0,0263) miktarında farklılık göstermektedir. 1996 yılında toprağın inorganik karbon (P<0,0161), toplam karbon (P<0,0025), organik karbon (P<0,0003) miktarında farklılık göstermektedir. En fazla inorganik ve toplam karbon miktarı 1973 yılında, organik karbon ise 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, en az inorganik karbon ve toplam karbon miktarları 1985 yılında, organik karbon miktarı ise 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde gözlenmiştir.



Şekil 3.22. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

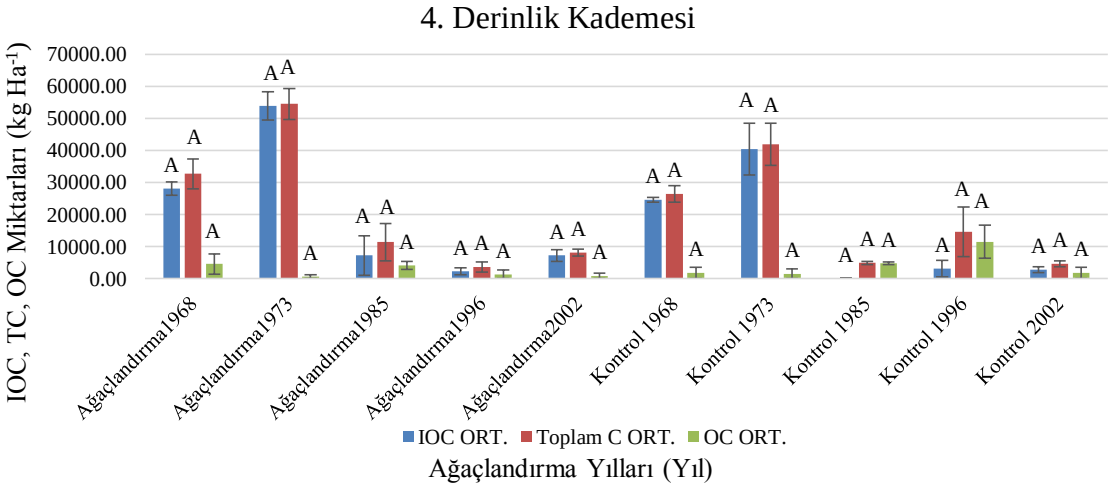
Toprağın 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.23'te görüldüğü gibi 1968, 1973, 1985, 1996, 2002 yıllarında yapılmış karaçam ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahası karşılaştırıldığında toprağın inorganik karbon, toplam karbon, organik karbon miktarında farklılıklar görülmemektedir. En fazla inorganik ve toplam karbon miktarı 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında, organik karbon ise 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, en az inorganik karbon ve toplam karbon miktarları 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, organik karbon miktarı ise 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında gözlenmiştir.



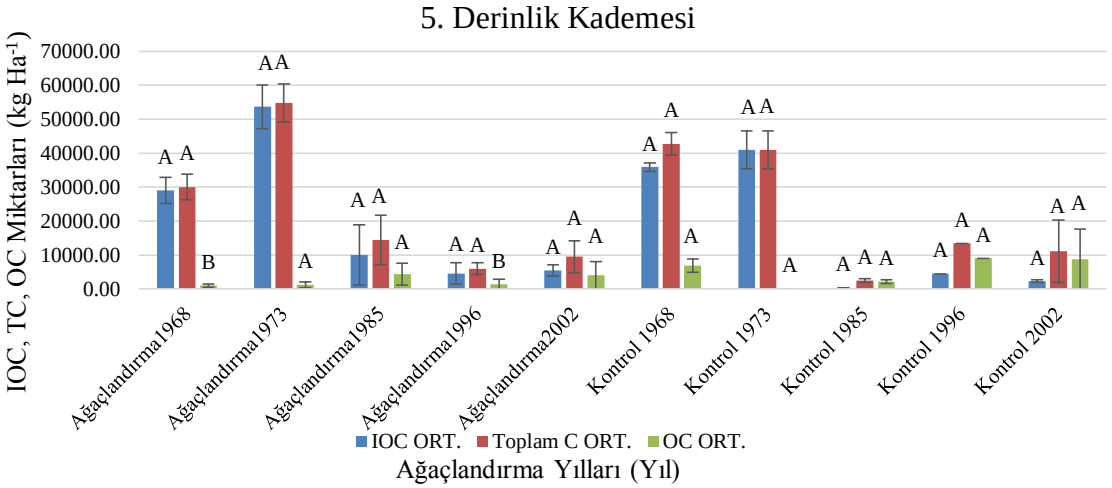
Şekil 3.23. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.24'te görüldüğü gibi en fazla inorganik ve toplam karbon miktarı 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında, organik karbon miktarı ise 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, en az inorganik karbon miktarı 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, toplam karbon miktarı 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında, organik karbon miktarı ise 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında gözlenmiştir.

Toprağın 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.25'te görüldüğü gibi 1968 yılında yapılmış karaçam ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahası karşılaştırıldığında toprağın organik karbon miktarında ($P<0,0370$) miktarında farklılık göstermektedir. 1996 yılında toprağın organik karbon ($P<0,0322$) miktarında farklılık görülmektedir. En fazla inorganik ve toplam karbon miktarı 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında, organik karbon miktarı ise 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, en az inorganik karbon toplam karbon miktarları 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, organik karbon miktarı ise 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde gözlenmiştir.



Şekil 3.24. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.



Şekil 3.25. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Hektarda inorganik karbon miktarı ağaçlandırma sahaları ve kontrol sahaları karşılaştırıldığında 0-10 cm derinlik kademesinde 1996 yılı harici diğer sahalar ile kontrol sahaları arasında fark görülmüştür.10-20 cm derinlik kademesinde 1973, 2002 yılı

sahaları haricinde diğer sahalarda farklılık görülürken, 20-30, 30-40, 40-50 cm derinlik kademelerinde yıllara göre ağaçlandırma ve kontrol sahlarında fark görülmemektedir. Farklılıkların sebebi ise toprakta kireç yoğunluğunun değişimiyle ilişkilendirmiştir [110]. Hektarda toplam karbon miktarları 0-10 cm derinlik kademesinde 1968 ve 1996 yılları harici diğer ağaçlandırma sahaları ve kontrol sahaları arasında farklılık görülmemiştir.10-20 cm derinlik kademesinde 1996 yılı ağaçlandırma ve kontrol sahaları haricinde karşılaştırmalarda diğer sahalarda farklılık görülmezken, 20-30, 30-40, 40-50 cm derinlik kademelerinde farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahaları karşılaştırmalarında fark görülmemektedir. Toplam karbon miktarı, organik karbon ve inorganik karbon miktarlarının toplamıyla oluştuğu [128] görüşüyle özellikle 1996 yılındaki sahalarda kil miktarının organik karbonu etkilemesi [36] ve kireç miktarının da inorganik karbonu etkilemesi [110] ile toplam karbonda değişimlere sebebiyet verdiği düşülmektedir. Hektarda organik karbon miktarları 0-10 cm derinlik kademesinde 1985 ve 1996 yılları harici diğer ağaçlandırma sahaları ve kontrol sahaları arasında farklılık görülmemiştir. 10-20 cm derinlik kademesinde 1996 yılı ağaçlandırma ve kontrol sahaları haricinde karşılaştırmalarda diğer sahalarda farklılık görülmezken, 20-30, 30-40 cm derinlik kademelerinde farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahaları karşılaştırmalarında fark görülmemektedir. 40-50 cm derinlik kademesinde 1968 ve 1996 sahaları haricinde farklılık görülmemiştir. Kil yoğunluğu fazla olduğu topraklarda organik karbon miktarının bulunma olasılığı fazladır [36]. Ayrıca kilin yüzeysel akış ile yıkanmasıyla kilin alt horizonlara taşınması [92] 40-50 cm derinlik kademesinde farklılıklar ile ilişkilendirilebilir. Ağaçlandırma sahalarında sahaların aritmetik ortalaması alınarak hektarda inorganik karbon miktarı 18032,61 kg (18,03 Mg), toplam karbon miktarı 22620,43 kg (22,62 Mg), organik karbon miktarı 4587,82 kg (4,59 Mg) olarak hesaplanmıştır. Kontrol sahalarında ise, inorganik karbon miktarı 16818,01 kg (16,82 Mg), toplam karbon miktarı 23398,57 kg (23,40 Mg), organik karbon miktarı 6580,56 kg (6,58 Mg) olarak hesaplanmıştır. Saf karaçam sahalarında farklı yaş gruplarında üst toprak (0-20cm) için ortalama karbon miktarına ait değerler 1.yaş grubu için (0-10) 39,85 Mg/ha, 2.yaş grubu için (10-20) 61,26 Mg/ha, 3.yaş grubu için (20-30) 53,05 Mg/ha, 4.yaş grubu için (30-40) 41,55 Mg/ha, 5.yaş grubu için (40-50) 48,81 Mg/ha ve kontrol parseli için 38,49 Mg/ha bulunmuştur [51]. Çalışma sahalarında 0-10 yaş grubuna yakın 2002 yılında ağaçlandırma sahasında 0-20 cm'de ortalama toplam hektarda karbon miktarı 10,96 Mg, 10-20 yaş grubuna yakın 1996 yılı ağaçlandırma sahasında 11,39 Mg, 20-30 yaş grubuna yakın 1985 yılı ağaçlandırma sahasında 8,26 Mg, 30-40 yaş grubuna yakın

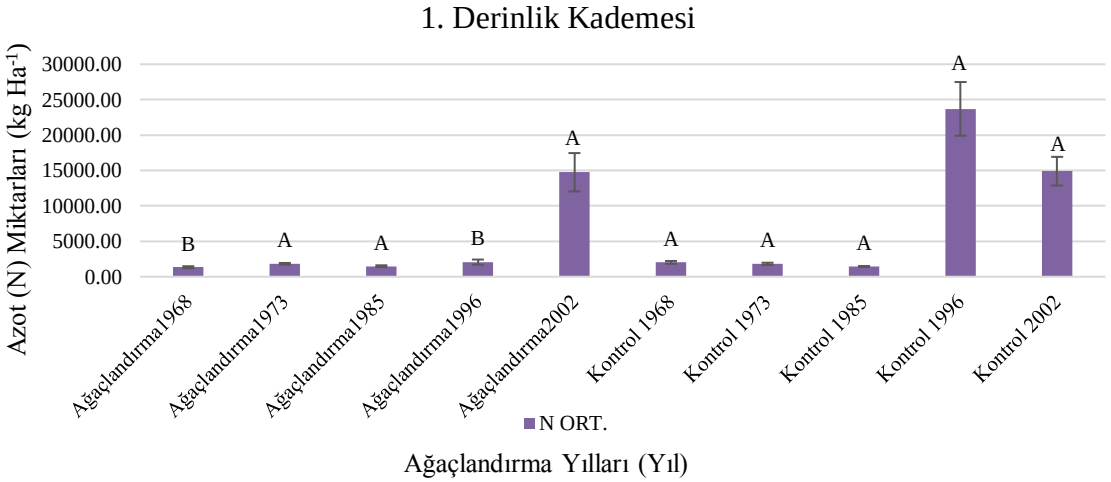
1973 yılı ağaçlandırma sahasında 52,32 Mg, 40-50 yaş grubuna yakın 1968 yılı ağaçlandırma sahasında 32,90 Mg, kontrol sahasında 26,54 Mg bulunmuştur. Alt toprak (20-40 cm) için ortalama karbon miktarına ait değerler 1. yaş grubu için (0-10) 36,87 Mg/ha (çalışmamızda 2002 yılı 10,46 Mg/ha), 2. yaş grubu için (10-20) 51,03 Mg/ha (çalışmamızda 1996 yılı 5,15 Mg/ha), 3. yaş grubu için (20-30) 45,42 Mg/ha (çalışmamızda 1985 yılı 9,9 Mg/ha), 4. yaş grubu için (30-40) 35,76 Mg/ha (çalışmamızda 1973 yılı 51,13 Mg/ha), 5. yaş grubu için (40-50) 39,63 Mg/ha (çalışmamızda 1968 yılı 32,98 Mg/ha) ve kontrol parseli için 30,85 Mg/ha (çalışmamızda kontrol 20,87 Mg/ha) bulunmuştur [51]. Kastamonu'da 0-20 cm derinlik kademesinde Uludağ göknarı meşcerelerinde hektarda toplam karbon miktarı 47,7 Mg, çayırlık alanda 47 Mg, tarım alanlarında 28,2 Mg bulunmuştur [54]. Güney bakıda karaçam yetişme ortamında 0-30 cm derinlik kademesinde hektarda 871 m rakımda 129,4 Mg, 1029 m rakımda 99,5 Mg organik karbon tespit edilmiştir [56]. Kuzey bakıda karaçam yetişme ortamında ise 871 m rakımda hektarda 87,7 Mg, 1189 m rakımda 137,1 Mg organik karbon miktarı tespit edilmiştir [55]. Farklı yaştaki kızılçam plantasyonlarında 0-10 cm derinlik kademesinde a çağ sınıfında hektarda 62,18 Mg, b çağ sınıfında 61,63 Mg, c çağ sınıfında 71,42 Mg, açık alanda 56,4 Mg, 10-20 cm'de ise a çağında 64,55 Mg, b çağında 66,21 Mg, c çağında 72,67 Mg, açık alanda 52,69 Mg toplam karbon miktarı bulunmuştur [59]. Aynı yetişme koşullarında farklı ağaç türlerinde 1189 m yükseklikte 0-30 cm derinlikte karaçam meşcerelerinde hektarda 234 Mg, kayın meşcerelerinde 101,5 Mg, sarıçam meşcerelerinde 80,2 Mg organik karbon tespiti yapılmıştır. 871 m yükseklikte ise meşe meşcerelerinde 89,7 Mg, karaçam meşcerelerinde 87,7 Mg organik karbon bulunmuştur [57]. Brezilya'da çam ağaçlandırma sahalarından 8 yıl sonra 0-5 cm toprakta 74 g kg^{-1}, 5-10 cm'de 65 g kg^{-1}, 10-15 cm'de 64 g kg^{-1} toplam karbon miktarı bulunurken, 30 yıl sonra yapılan analizlerde 0-5 cm'de 84 g kg^{-1}, 5-10 cm'de 71 g kg^{-1}, 10-15 cm'de ise 6,3 g kg^{-1} toplam karbon miktarı bulunmuştur [64]. Farklı arazi kullanımı ve farklı yaşta ağaç türleriyle yapılan çalışmada 0-30 cm derinliği baz alındığında İnebolu çalışma alanında 30 yaşında sarıçam meşcerelerinde hektarda 86,60 Mg, tarım alanında 93,70 Mg, 90 yaşında göknar meşceresinde 94,10 Mg, 18 yaşında sarıçam meşceresinde 115 Mg, 60 yaşındaki göknar meşceresinde 120 Mg, 38 yaşındaki göknar meşceresinde 146 Mg, 100 yaşındaki göknar meçceresinde ise 160,4 Mg toplam karbon miktarı tespit edilmiştir. Ilgaz çalışma alanın da ise mera alanında 113,70 Mg, göknar meşcerelerinde 183 yaşında 145,30 Mg, 250 yaşında 145,40 Mg, 283 yaşında 146,30 Mg, 306 yaşında 160,50 Mg, 57 yaşında 166,70 Mg toplam karbon miktarı tespit edilmiştir [41]. Kumul ağaçlandırma

çalışmalarında fıstık çamı ile ağaçlandırılan sahaların derinlik kademelerine göre ve çağ sınıflarına göre açık alan ile karşılaştırıldığında en fazla organik karbon miktarı cd çağında 5-15 cm derinliğinde 5,81 Mg/ha tespit edilmiş ve gelişim çağı arttıkça organik karbon miktarı arttığı görülmüştür. Sahil çamı ağaçlandırma sahalarında da aynı durum söz konusudur. Ayrıca derinlik arttıkça da organik karbon miktarında ve açık alan sahalarda çalışma alanlarımızda olduğu gibi organik karbon miktarında artış görülmektedir [66]. Kum oranı fazla olan topraklarda kil alt horizonlara doğru yıkandığı için organik karbon miktarı da derinliğe göre arttığı söylenilebilir. Çin'de yapılan ağaçlandırma çalışmalarından 30 yıl sonra yapılan analizler sonucunda 0-20 cm derinlikte ağaçlandırma ve açık alanda 19,6 Mg/ha ve 14,9 Mg/ha organik karbon, çalışmamızda 30 yaşına denk gelen 1985 yılı ağaçlandırma ve açık alanda 11,67 Mg/ha, 14,78 Mg/ha organik karbon bulunmuştur. İnorganik karbon miktarında ağaçlandırma ve açık alanda 32,2 Mg, 39,7 Mg, çalışmamızda 1985 yılı ağaçlandırma ve açık alanda 4,86 Mg, 0,67 Mg inorganik karbon miktarı tespit edilmiştir. Toplam karbon miktarında ağaçlandırma ve açık alanda 51,8 Mg, 54,7 Mg, çalışmamızda 1985 yılında ağaçlandırma ve açık alanda 16,53 Mg, 15,45 Mg bulunmuştur [129].

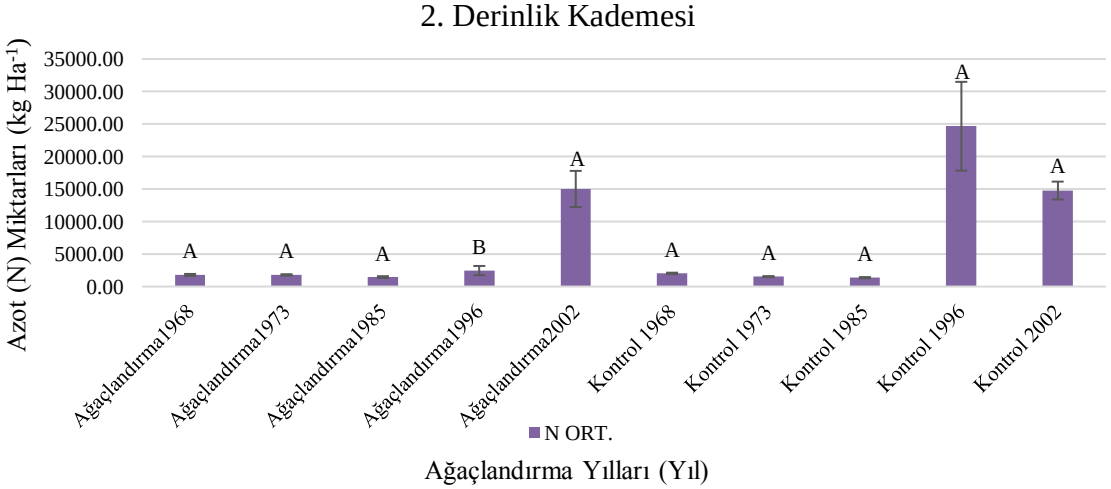
Toprağın 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.26'daki gibi 1968 yılında yapılmış karaçam ağaçlandırma sahaları ile kontrol sahası karşılaştırıldığında toprağın azot ($P<0,0099$) miktarında farklılık göstermektedir. 1996 yılında hektarda topağın azot ($P<0,0001$) miktarında farklılık göstermektedir. En fazla azot miktarı 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, en az azot miktarı ise 1968 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında gözlenmiştir.

Toprağın 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.27'deki gibi 1996 yılında hektarda toprağın azot ($P<0,0009$) miktarında farklılık göstermektedir. En fazla azot miktarı 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, en az azot miktarı ise 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde gözlenmiştir.

Toprağın 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.28'deki gibi 1973 yılında toprağın azot ($P<0,0074$) miktarında farklılık göstermektedir. 1996 yılında toprağın azot ($P<0,0018$) miktarında istatiksel olarak farklılık göstermektedir. En fazla azot miktarı 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, en az azot miktarı ise 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde gözlenmiştir.

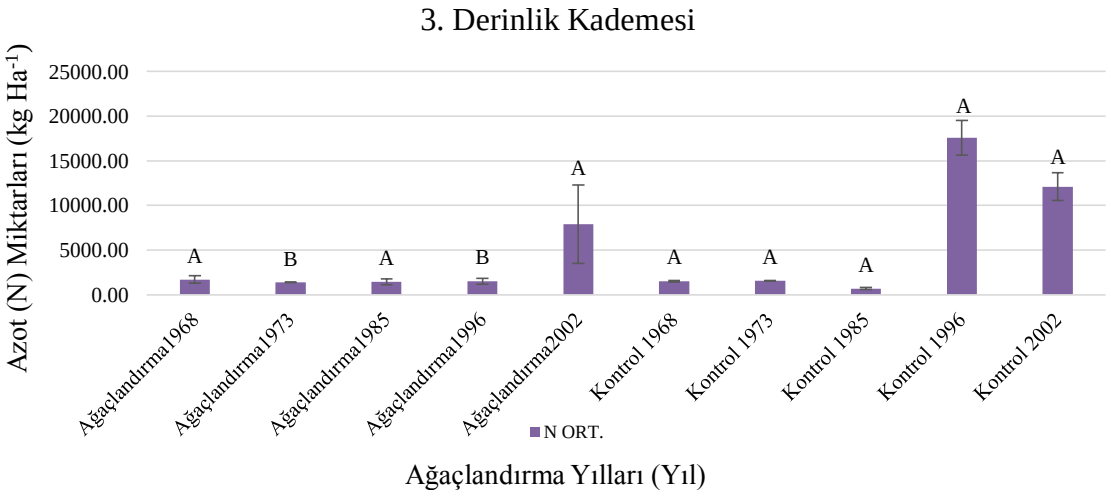


Şekil 3.26. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 1. (0-10 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

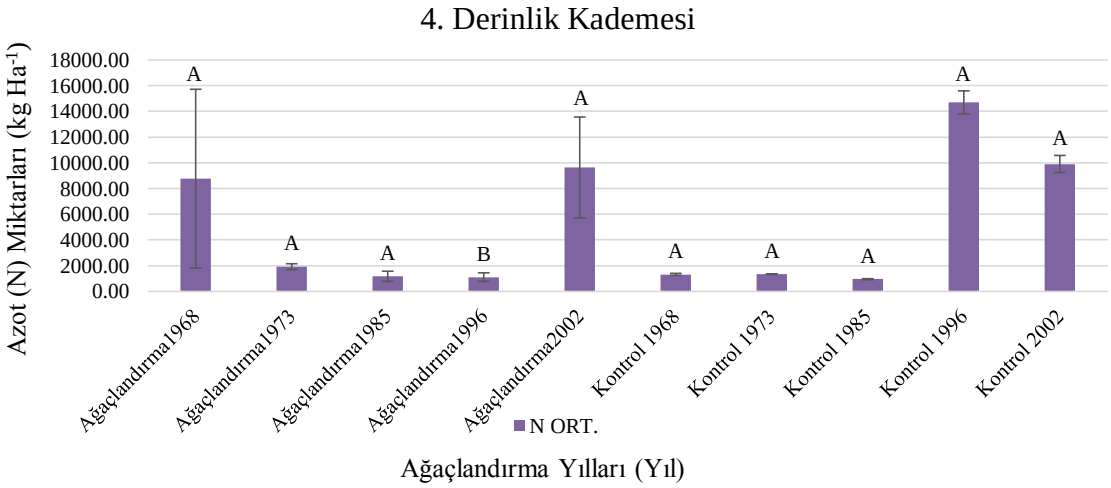


Şekil 3.27. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 2. (10-20 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.29'daki gibi 1996 yılında toprağın azot ($P<0,0004$) miktarında farklılık göstermektedir. En fazla azot miktarı 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, en az azot miktarı ise 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde gözlenmiştir.

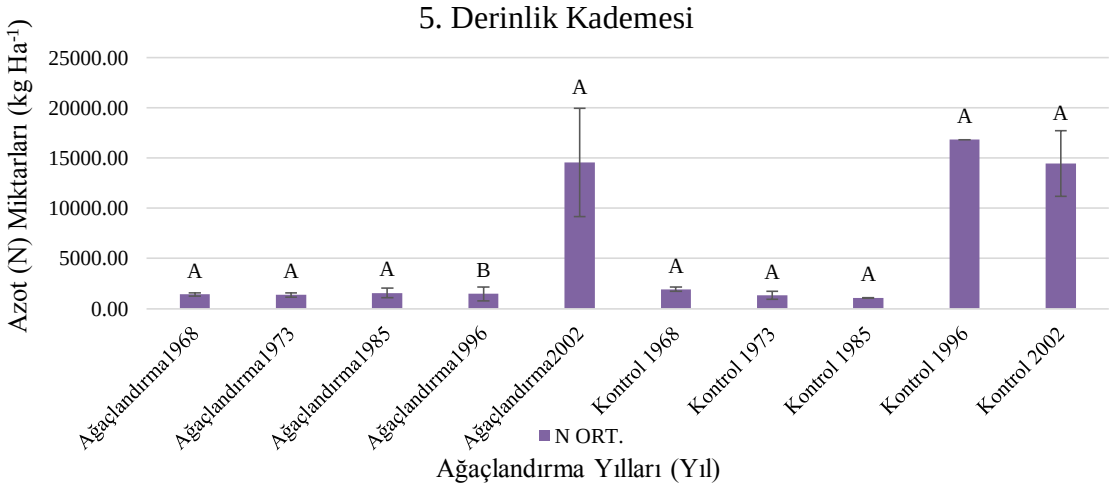


Şekil 3.28. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 3. (20-30 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.



Şekil 3.29. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 4. (30-40 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Toprağın 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde Şekil 3.30'daki gibi 1996 yılında hektarda toprağın azot ($P<0,0020$) miktarında farklılık göstermektedir. En fazla azot miktarı 1996 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde, en az azot miktarı ise 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarının kontrollerinde gözlenmiştir.



Şekil 3.30. Ağaçlandırma ve kontrol sahalarının 5. (40-50 cm) derinlik kademesinde azotun hektardaki miktarları (kg) ± std. hata. Her bir ağaçlandırma yılı ile kontrolünde aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

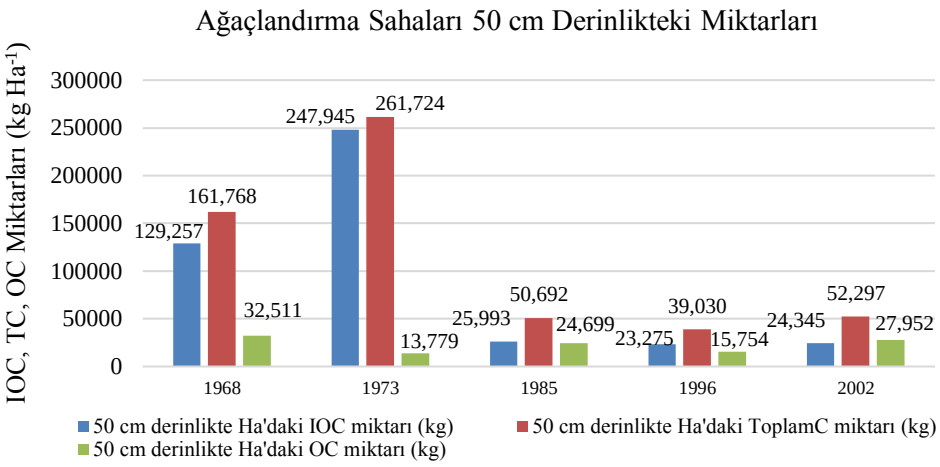
Ağaçlandırma ve kontrol sahaları karşılaştırıldığında hektarda azot miktarları 0-10 cm derinlik kademesinde 1968 yılı sahalarında farklılık görülürken, 20-30 cm derinlik kademesinde 1973 yılı sahalarda farklılık görülmektedir. Tüm derinlik kademelerinde ise 1996 yılı ağaçlandırma ve kontrol sahalarında farklılık görülmektedir. Farklılıkların sebebi olarak organik madde miktarının azotu miktarını etkilediği düşünülmektedir [112],[115]. Fakat 2002 ve 1996 yıllarında kontrol sahalarında miktar olarak diğer sahalardan fazla olması sahalarda diri örtünün açık alan olmasıyla oluştuğu ve sahalarda geven (*Astragalus schizopterus* Boiss.) [83] gibi çok yıllık bitkilerin bulunması kökleri ile azotu bağlamasından dolayı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca açık alanların ağaçlandırma sahalarının hemen yanından alınması ve bu sahalarda otlatma baskısını ortadan kaldırarak dikenli tel ile çevrilmesi diri örtünün toprak yüzeyinde canlı kalmasından etkilendiği düşünülmektedir. Ayrıca asit yağmurlarının infiltrasyonla alt horizonlara ulaşması farklılıkların görülmesinde etkili olduğu düşüncesi de desteklenmektedir [92]. İstanbul-Ağaçlı'da 1988 yılında yapılan sahil çamı ağaçlandırma çalışmalarında 17 yıl sonra yapılan analizlerde 0-10 cm'de 2,81 g/l azot miktarı bulurken çalışmamıza yakın 2002 yılı ağaçlandırma sahasında 13 yıl sonra yapılan analizlerde ise 14,755 Mg/ha bulunmuştur. 10-20 cm derinlik kademesinde 0,43 g/l, çalışmamızda 15,008 Mg/ha, 20-30 cm'de 0,34 g/l, çalışmamızda 7,92 Mg/ha, 30-40 cm'de 0,32 g/l, çalışmamızda 9,64 Mg/ha, 40-50 cm ise 0,33 g/l, çalışmamızda 14,56 Mg/ha azot miktarı

bulunmuştur [47]. Farklı arazi kullanıma göre yapılan çalışmada 0-20 cm'de azot miktarı ormanlık sahada hektarda 3,36 Mg bulunurken çalışmamızda aritmetik ortalamayla hesaplandığında 4,40 Mg azot miktarı bulunmuş, açık alanda ise 6,90 Mg, .alışmamızda kontrol sahalarında ise 8,82 Mg bulunmuştur [54]. Güney bakıda karaçam yetişme ortamında 871 m yükseklik hektarda 0-30 cm'de 6,15 Mg, 1029 yükseklikteki sahada ise 6,40 Mg [56], kuzey bakıda 871 m yükseklikte hektarda 4,51 Mg, 1189 m yükseklikte 7,72 Mg, azot miktarı bulunmuştur [55]. Ayrıca benzer çalışmada sarıçam meşcerelerinde hektarda 3,24 Mg, kayın meşcerelerinde 5,86 Mg, meşe meşcerelerinde 4,51-5,03 Mg azot miktarı bulunmuştur [57]. Çalışmamızda ise sahaların aritmetik ortalamasıyla hesaplandığında hektarda 3,86 Mg azot miktarı bulunmuştur.

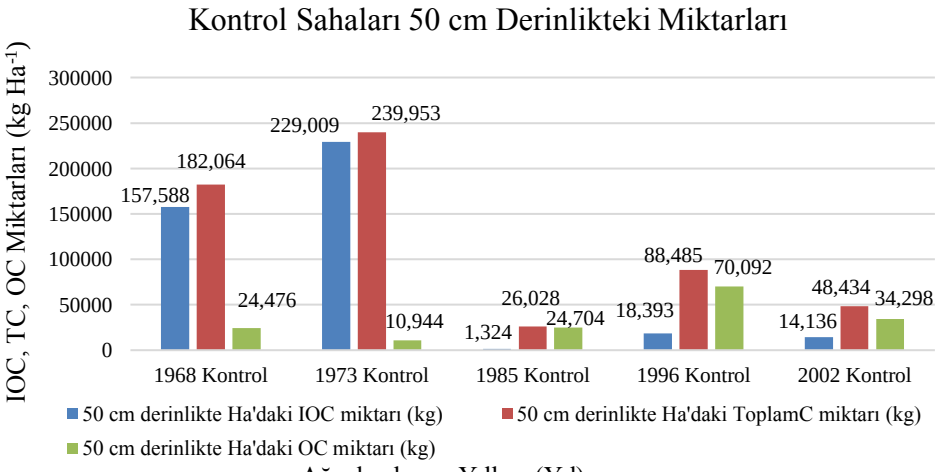
3.1.3. Ağaçlandırma ve Kontrol Sahalarının 50 cm Toprak Derinliğindeki Toplam IOC, C, OC, N Miktarlarını Yıllara Göre Karşılaştırılması

3.1.3.1. *Ağaçlandırma ve Kontrol Sahalarının Birim Alandaki (Ha) Toprak Derinliğinde Toplam IOC, C, OC, N Miktarlarının (Kg) Yıllara Göre Karşılaştırılması*

Ağaçlandırma sahaları ve kontrol sahalarından alınan örneklerin kimyasal analizi sonucunda bulunan 0-50 cm derinliklerindeki hektarda miktarlar kıyaslandığında Şekil 3.31'deki gibi 1968 yılında ağaçlandırma sahasında inorganik karbon, toplam karbon, organik karbon miktarları sırasıyla 129257 kg (129,26 Mg/ha), 161768 kg (161,77 Mg/ha), 32511 kg (32,51 Mg/ha) bulunurken, kontrol sahasında sırasıyla 157588 kg (157,59 Mg/ha), 182064 kg (182,06 Mg/ha), 24476 kg (24,48 Mg/ha) bulunmuş, 1973 yılında ağaçlandırma sahasında sırasıyla 247945 kg (247,95 Mg/ha), 261724 kg (261,72 Mg/ha), 13779 kg (13,78 Mg/ha) bulunurken, kontrol sahasında sırasıyla 229009 kg (229,0 Mg/ha), 239953 kg (239,95 Mg/ha), 10944 kg (10,94 Mg/ha) bulunmuş, 1985 yılında ağaçlandırma sahasında sırasıyla 25993 kg (25,9 Mg/ha), 50692 kg (50,7 Mg/ha), 24699 kg (24,7 Mg/ha) bulunurken, kontrol sahasında sırasıyla 1324 kg (1,3 Mg/ha), 26028 kg (26 Mg/ha), 24704 kg (24,7 Mg/ha) bulunmuş, 1996 yılında ağaçlandırma sahasında sırasıyla 23275 kg (23,3 Mg/ha), 39030 kg (39 Mg/ha), 15754 kg (15,7 Mg/ha) bulunurken, kontrol sahasında sırasıyla 18393 kg (18,4 Mg/ha), 88485 kg (88,9 Mg/ha), 70092 kg (70,1 Mg/ha) bulunmuş, 2002 yılında ağaçlandırma sahasında sırasıyla 24345 kg (24,4 Mg/ha), 52297 kg (52,3 Mg/ha), 27952 kg (27,9 Mg/ha) bulunurken, kontrol sahasında sırasıyla 14136 kg (14,14 Mg/ha), 48434 kg (48,4 Mg/ha), 34298 kg (34,3 Mg/ha) bulunmuştur.



a)



b)

Şekil 3.31. a) Ağaçlandırma ve b) Kontrol sahalarının 0-50 cm derinlik kademesinde toplam inorganik karbon (IOC), toplam karbon (C), toplam organik karbon (OC) hektardaki miktarları (kg) gösterimi.

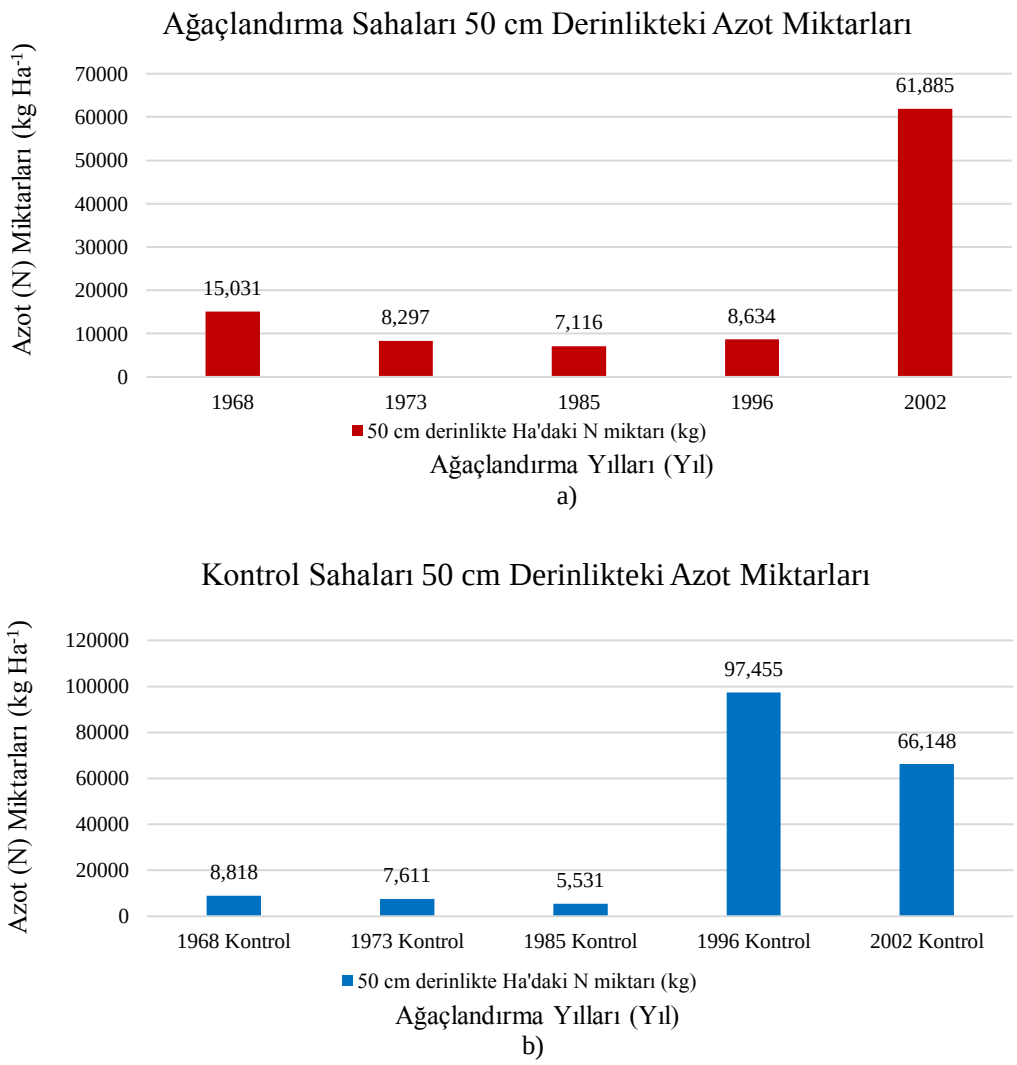
Isparta-Gölcük'te 45 yaşındaki karaçam meşcerelerinde yapılan çalışmada 0-120 cm derinliğinde toprakta organik karbon miktarı hektarda andezit üstü meşcerede 79,076 Mg, traki-andezit üstü meşcerede 17,800 Mg, Gölcük Formasyon'u üstü meşcerede 12,796 Mg, alüvyon üstü meşcerede ise 21,068 Mg bulunmuştur [50]. Bizim çalışmamızda yaş itibariyle yakın olan sahalarda 0-50 cm'de hektarda 1968 yılında 32,511 Mg, 1973 yılında ise 13,779 Mg organik karbon miktarı bulunmuştur. Eskişehir Türkmen Dağı'nda sarıçam meşcerelerinde 5 derinlik kademesinde 2003 yılında hektarda 37 Mg, 2013 yılı ölçümlerimde ise 66 Mg organik karbon miktarı bulunmuştur [42]. Eskişehir ve Afyonkarahisar illerinde yapılan sedir ağaçlandırma çalışmalarında b, c çağ sınıflarında 4 derinlik kademesinde ortalama toplam karbon miktarı hektarda 60,875 Mg bulunmuştur

[44]. İstanbul-Ağaçlı'da yapılan sahil çamı ağaçlandırma çalışmalarında 1988 yılında dikimlerden 17 yıl sonra hacim ağırlıklarında yararlanılarak 0-50 cm de 104,83 g/l organik karbon miktarı tespit edilmiştir [47]. Saf karaçam sahalarında farklı yaş gruplarında üst toprak (0-40 cm) için toplam karbon miktarına ait değerler 1. yaş grubu için (0-10) 76,72 Mg/ha, 2. yaş grubu için (10-20) 112,29 Mg/ha, 3. yaş grubu için (20-30) 98,47 Mg/ha, 4. yaş grubu için (30-40) 77,31 Mg/ha, 5. yaş grubu için (40-50) 88,44 Mg/ha ve kontrol parseli için 69,34 Mg/ha bulunmuştur [51]. Çalışma sahalarımızda ise 0-10 yaş grubuna yakın 2002 yılında ağaçlandırma sahasında 0-50 cm'de ortalama toplam hektarda karbon miktarı 52,30 Mg, 10-20 yaş grubuna yakın 1996 yılı ağaçlandırma sahasında 39,03 Mg, 20-30 yaş grubuna yakın 1985 yılı ağaçlandırma sahasında 50,69 Mg, 30-40 yaş grubuna yakın 1973 yılı ağaçlandırma sahasında 261,72 Mg, 40-50 yaş grubuna yakın 1968 yılı ağaçlandırma sahasında 161,77 Mg, kontrol sahasında 117 Mg bulunmuştur. Kastamonu'da 0-20 cm derinlik kademesinde Uludağ göknarı meşcerelerinde hektarda toplam karbon miktarı 47,7 Mg, çayırlık alanda 47 Mg, tarım alanlarında 28,2 Mg bulunmuştur [54]. Güney bakıda karaçam yetişme ortamında 0-30 cm derinlik kademesinde hektarda 871 m rakımda 129,4 Mg, 1029 m rakımda 99,5 Mg organik karbon tespit edilmiştir [56]. Kuzey bakıda karaçam yetişme ortamında ise 871 m rakımda hektarda 87,7 Mg, 1189 m rakımda 137,1 Mg organik karbon miktarı tespit edilmiştir [55]. Farklı yaştaki kızılçam plantasyonlarında 0-10 cm derinlik kademesinde a çağ sınıfında hektarda 62,18 Mg, b çağ sınıfında 61,63 Mg, c çağ sınıfında 71,42 Mg, açık alanda 56,4 Mg, 10-20 cm'de ise a çağında 64,55 Mg, b çağında 66,21 Mg, c çağında 72,67 Mg, açık alanda 52,69 Mg toplam karbon miktarı bulunmuştur [59]. Aynı yetişme koşullarında farklı ağaç türlerinde 1189 m yükseklikte 0-30 cm derinlikte karaçam meşcerelerinde hektarda 234 Mg, kayın meşcerelerinde 101,5 Mg, sarıçam meşcerelerinde 80,2 Mg organik karbon tespiti yapılmıştır. 871 m yükseklikte ise meşe meşcerelerinde 89,7 Mg, karaçam meşcerelerinde 87,7 Mg organik karbon bulunmuştur [57]. Brezilya'da çam ağaçlandırma sahalarında 8 yıl sonra 0-15 cm toprakta 203 g kg^{-1} toplam karbon miktarı bulunurken, 30 yıl sonra yapılan analizlerde 0-15 cm'de 161,3 g kg^{-1}, açık alanda ise 266 g kg^{-1} toplam karbon miktarı bulunmuştur [64]. Sündiken Dağları'nda sarıçam meşcerelerinde 100 cm derinlik kademesinde hektarda 90,056-108,450 Mg toplam karbon miktarı bulunmuştur [43]. Farklı arazi kullanımı ve farklı yaşta ağaç türleriyle yapılan çalışmada 0-30 cm derinliği baz alındığında İnebolu çalışma alanında 30 yaşında sarıçam meçcerelerinde hektarda 86,60 Mg, tarım alanında 93,70 Mg, 90 yaşında göknar meşceresinde 94,10 Mg, 18 yaşında sarıçam meşceresinde 115

Mg, 60 yaşındaki göknar meşceresinde 120 Mg, 38 yaşındaki göknar meşceresinde 146 Mg, 100 yaşındaki göknar meşceresinde ise 160,4 Mg toplam karbon miktarı tespit edilmiştir. Ilgaz çalışma alanın da ise mera alanında 113,70 Mg, göknar meşcerelerinde 183 yaşında 145,30 Mg, 250 yaşında 145,40 Mg, 283 yaşında 146,30 Mg, 306 yaşında 160,50 Mg, 57 yaşında 166,70 Mg toplam karbon miktarı tespit edilmiştir [41]. Kumul ağaçlandırma çalışmalarında fıstık çamı ile ağaçlandırılan sahaların 0-50 cm derinlikte ve çağ sınıflarına göre açık alan ile karşılaştırıldığında organik karbon miktarı a çağında 4,26 Mg/ha, b çağında 5,73 Mg/ha, c çağında 9,62 Mg/ha, cd çağında 21,48 Mg/ha, sahil çamında a çağında 3,34 Mg/ha, b çağında 5,51 Mg/ha, c çağında 7,44 Mg/ha, cd çağında 10,87 Mg/ha, açık alanda 1,14 Mg/ha bulunmuştur [66]. Çin'de yapılan ağaçlandırma çalışmalarından 30 yıl sonra yapılan analizler sonucunda 0-100 cm derinlikte ağaçlandırma ve açık alanda hektarda 49,5 Mg, 38,6 Mg organik karbon, çalışmamızda 30 yaşına denk gelen 1973 yılı ağaçlandırma ve açık alanda 0-50 cm'de 13,77 Mg, 10,94 Mg organik karbon bulunmuştur. İnorganik karbon miktarında ağaçlandırma ve açık alanda 221,7 Mg, 221,3 Mg, çalışmamızda 1973 yılı 0-50 cm de ağaçlandırma ve açık alanda 247,95 Mg, 229,01 Mg inorganik karbon miktarı tespit edilmiştir. Toplam karbon miktarında ağaçlandırma ve açık alanda 271,2 Mg, 259,8 Mg, çalışmamızda 1973 yılında ağaçlandırma ve açık alanda 0-50 cm de 261,72 Mg, 239,95 Mg bulunmuştur [129].

0-50 cm derinliklerindeki hektarda azot miktarları kıyaslandığında Şekil 3.32'deki gibi 1968 yılında ağaçlandırma sahasında 15031 kg (15 Mg/ha), kontrol sahasında 8818 kg (8,9 Mg/ha), 1973 yılında ağaçlandırma sahasında 8297 kg (8,3 Mg/ha), kontrol sahasında 7611 kg (7,6 Mg/ha), 1985 yılında ağaçlandırma sahasında 7116 kg (7,2 Mg/ha), kontrol sahasında 5531 kg (5,5 Mg/ha), 1996 yılında ağaçlandırma sahasında 8634 kg (8,6 Mg/ha), kontrol sahasında 97455 kg (97,5 Mg/ha), 2002 yılında ağaçlandırma sahasında 61885 kg (61,9 Mg/ha), kontrol sahasında 66148 kg (66,2 Mg/ha) bulunmuştur.

İstanbul-Ağaçlı'da 1988 yılında yapılan sahil çamı ağaçlandırma çalışmalarında 17 yıl sonra yapılan analizlerde 0-50 cm'de 4,23 g/l azot miktarı bulurken bu çalışmaya yaş olarak yakın 2002 yılı ağaçlandırma sahasında 13 yıl sonra yapılan analizlerde ise 61,88 Mg/ha azot bulunmuştur [47]. Farklı arazi kullanıma göre yapılan çalışmada 0-20 cm'de azot miktarı ormanlık sahada hektarda 6,82 Mg, açık alanda ise 6,90 Mg bulunmuştur [54].



Şekil 3.32. a) Ağaçlandırma ve b) Kontrol sahalarının 0-50 cm derinlik kademesinde toplam azot (N) hektardaki miktarları (kg) gösterimi.

Güney bakıda karaçam yetişme ortamında 871 m yükseklik hektarda 0-30 cm'de 6,15 Mg, 1029 yükseklikteki sahada ise 6,40 Mg [56], kuzey bakıda 871 m yükseklikte 4,51 Mg, 1189 m yükseklikte 7,72 Mg, azot miktarı bulunmuştur [55]. Ayrıca benzer çalışmada sarıçam meşcerelerinde hektarda 3,24 Mg, kayın meşcerelerinde 5,86 Mg, meşe meşcerelerinde 4,51-5,03 Mg azot miktarı bulunmuştur [57]. Farklı yaşlı farklı ağaç türlerinin kullanımındaki değişimleri araştıran çalışmada 0-20 cm derinlik kademesinde karaçamda (85 yaş) hektarda 4,20 Mg, sarıçamda (75 yaş) 5,77 Mg, doğu kayınında (77 yaş) 9,57 Mg, Uludağ göknarında (82 yaş) 5,93 Mg, Uludağ göknarında (45 yaş) 6,82 Mg, açık alanda ise 5,81 Mg azot miktarı tespit edilmiştir [130]. Çalışmamızda ağaçlandırma ve açık alanların aritmetik ortalamasına bakıldığında;1968 sahasında 0-20 cm'de 1,57 Mg/ha, 2,03 Mg/ha, 1973 sahasında 1,81 Mg/ha, 1,7 Mg/ha, 1985 sahasında

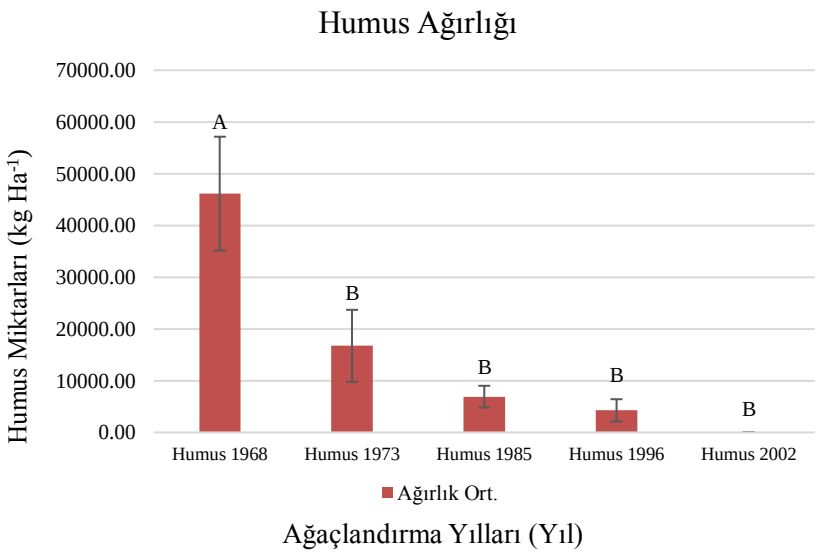
1,5 Mg/ha, 1,4 Mg/ha, 1996 sahasında 2,26 Mg/ha, 24,2 Mg/ha, 2002 yılı 14,9 Mg/ha, 14,8 Mg/ha azot miktarı hesaplanmıştır. Farklı ağaç türlerinin ve farklı yaştaki meşcerelerde 0-30 cm derinlik kademesinde İnebolu çalışma alanında toplam azot depolama kapasitesi en yüksek 100 yaşındaki Uludağ göknarı ile 18 yaşındaki sarıçam ağaçlarında bulunurken (8,97 Mg/ha N ve 7,86 Mg/ha N), en düşük 30 yaşındaki sarıçam ve 60 yaşlarındaki Uludağ göknarı ağaçlarında (5,74 Mg/ha N ve 7,04 Mg/ha N) belirlenmiştir [41]. Ilgaz çalışma alanında ise toplam azot depolama kapasitesi ise en yüksek mera topraklarında ve 283 yaşındaki Uludağ göknarı ağaçlarında bulunurken (9,50 Mg/ha N ve 9,07 Mg/ha N), en düşük 66 ve 250 yaşlarındaki Uludağ göknarı ağaçlarda (6,04 Mg/ha N ve 7,29 Mg/ha N) belirlenmiştir [41]. Çalışmamızda 1996, 2002 sahalarının açık alanla kontrolünde görüldüğü gibi sonuç Ilgaz çalışma alanında da gözlenmiştir.

3.1.4. Ağaçlandırma Sahalarının Humus ve Ölü Örtü Miktarlarının Yıllara Göre Karşılaştırılması

3.1.4.1. *Ağaçlandırma Sahalarının Humus Ağırlıkları ve C, N Miktarlarının Yıllara Göre Karşılaştırılması*

Farklı yıllarda yapılmış karaçam ağaçlandırma sahalarında Şekil 3.33'te görüldüğü üzere toprak üstü humus miktarı yıllara göre karşılaştırıldığında ($P<0,0001$) farklılık göstermektedir. En fazla humus miktarı 1968 yılında, en az ise 2002 yılı ağaçlandırma sahalarında gözlenmiştir.

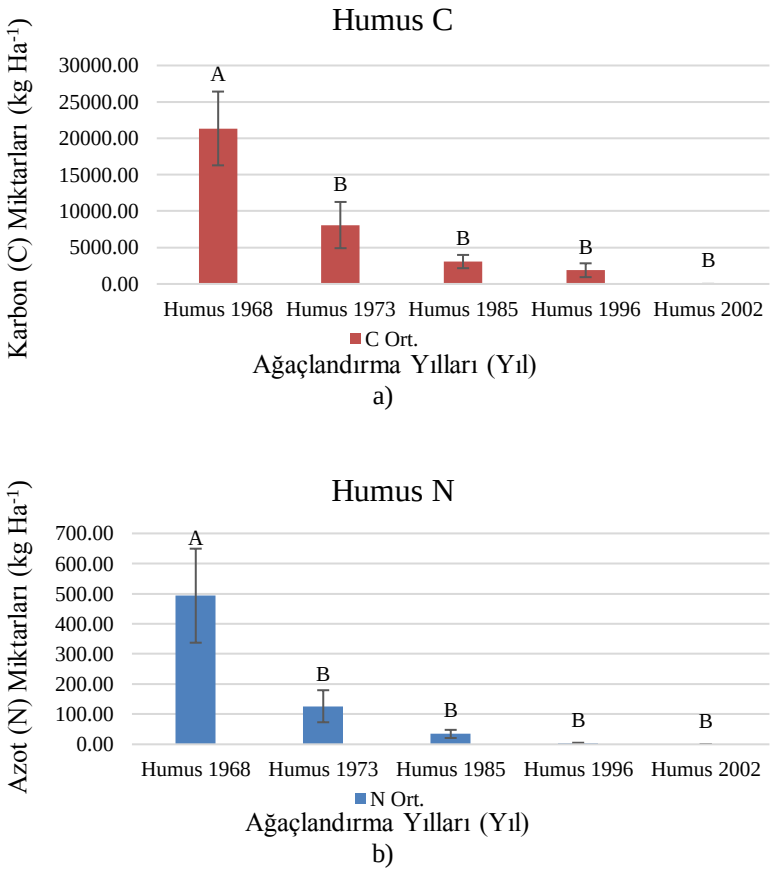
Toprakta Şekil 3.33'de görüldüğü gibi humus miktarı meşcere yaşlandıkça artmıştır. Çalışmamızda hektarda 46,15 Mg (1968)-0 Mg (2002) arasında değişmektedir. Isparta'da yapılan çalışmada andezit anakayası üzerindeki karaçam meşcerelerinde 25,40-20,75 Mg/ha, traki-andezit anakayası üzerinde 20,65-24,52 Mg/ha, gölcük formasyonunda 23,81-28,96 Mg/ha, alüvyon üzeri meşcerelerde 28,68-37,72 Mg/ha arasında humus miktarı değişmektedir [50]. Biga'da yapılan fıstık çamı ağaçlandırma çalışmalarında teraslarda yapılan analiz sonucunda 0,40 Mg/ha humus miktarı bulunmuştur [45]. Kumul saha ağaçlandırma çalışmalarında fıstık çamı meşcereleri kurulumunda 36 yıl sonra yapılan ölçümlerde 24,3 Mg/ha, sahil çamı meşcerelerinde ise 17,9 Mg/ha humus miktarı tespit edilmiştir [66].



Şekil 3.33. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının hektardaki humus miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Farklı yıllarda yapılmış karaçam ağaçlandırma sahalarında Şekil 3.34'teki gibi toprak üstü humus içeriğinde karbon ve azot miktarları yıllara göre karşılaştırıldığında ($P<0,0001$) farklılık göstermektedir. Humusta en fazla karbon ve azot miktarı 1968 yılında, en az ise 2002 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında gözlenmiştir.

Çalışmamızda 21,35 Mg/ha (1968)-0 Mg/ha (2002) arasında karbon miktarı değişmektedir. Isparta'da yapılan çalışmada karaçam meşcerelerinde andezit anakayasında 17,32-18,41 Mg/ha, traki-andezit anakayasında 16,85-21,52 Mg/ha, gölcük formasyonunda 23,81-28,96 Mg/ha, alüvyon üzeri sahalarda 22,55-29,01 Mg/ha karbon miktarı bulunmuştur. Yine aynı çalışmada andezit anakayasında 0,21-0,29 Mg/ha, traki-andezit anakayasında 0,17-0,21 Mg/ha, gölcük formasyonunda 0,30-0,35 Mg/ha, alüvyon üzeri sahalarda 0,24-0,31 Mg/ha azot miktarı bulunmuştur [50]. Çalışmamızda azot miktarı hektarda 0,5 Mg (1968)-0 Mg (2002) arasında bulunmuştur. Biga'da yapılan fıstık çamı ağaçlandırma çalışmalarında teraslarda alınan örneklerde 0,20 Mg/ha karbon miktarı, 2,42 kg/ha azot miktarı tespit edilmiştir [45]. Kumul ağaçlandırma sahalarında 35 yaşındaki fıstık çamı ve sahil çamı meşcerelerinde sırasıyla 4,2 Mg/ha, 3,2 Mg/ha humus da karbon miktarı tespit edilmiştir [66].



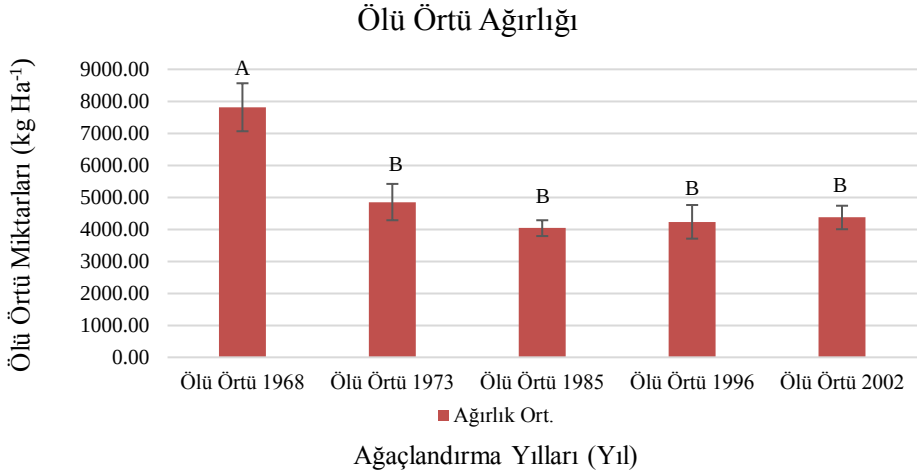
Şekil 3.34. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının humus içeriğinde hektarda a) toplam karbon (C) ve b) toplam azot (N) miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

3.1.4.2. *Ağaçlandırma Sahalarının Ölü Örtü Ağırlıkları ve C, N Miktarlarının Yıllara Göre Karşılaştırılması*

Farklı yıllarda yapılmış karaçam ağaçlandırma sahalarında Şekil 3.35'te görüldüğü gibi toprak üstü ölü örtü miktarı yıllara göre karşılaştırıldığında ($P<0,0070$) farklılık göstermektedir. En fazla ölü örtü miktarı 1968 yılında, en az ise 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında gözlenmiştir.

Kayın, kestane meşcerelerinde yapılan çalışmada kayın sahalarında orman zeminindeki ölü örtü miktarı 10,6 Mg/ha, kestane sahalarında 18,02 Mg/ha bulunmuştur [36]. Çalışmamızda ise 7,8 Mg/ha (1968)-4,04 (1985) Mg/ha arasında değişmektedir. Isparta'da yapılan çalışmada andezit anakayası üzerindeki karaçam meşcerelerinde 4,1-4,69 Mg/ha, teaki-andezit anakayası üzerinde 3,6-4,06 Mg/ha, gölcük formasyonunda 7,56-7,97 Mg/ha, alüvyon üzeri meşcerelerde 4,19-5,8 Mg/ha arasında ölü örtü miktarı

değişmektedir [50].



Şekil 3.35. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının hektardaki ölü örtü miktarları (kg) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

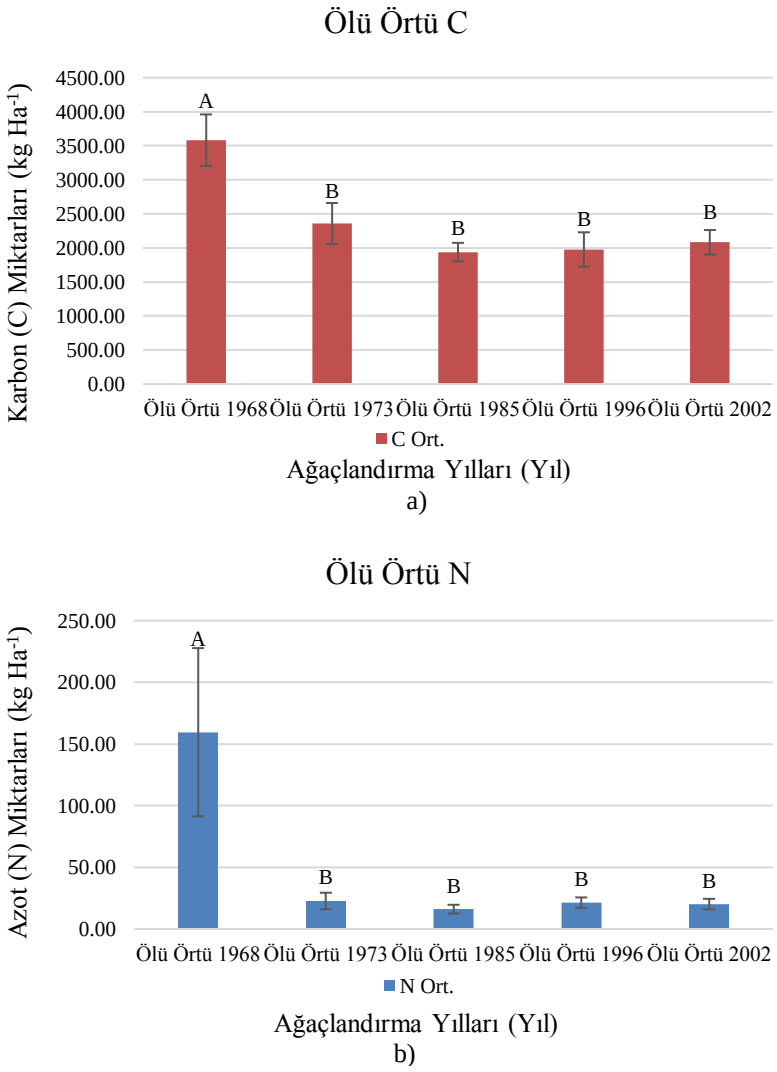
İstanbul-Ağaçlı'da yapılan çalışmada 1988 yılında ağaçlandırılıp 2005 yılında yapılan analizlerde sahil çamı ağaçlandırma sahasında 17973,2 kg/ha ölü örtü miktarı bulunmuştur [47]. Bu sahaya ortalama yakın yaşta 1985 yılında yapılan ağaçlandırmada 4037,04 kg/ha ölü örtü tespiti yapılmıştır. Biga'da teras yapıldıktan sonra dikilen fıstık çamında 5,19 Mg/ha ölü örtü miktarı tespit edilmiştir [45]. Kumul ağaçlandırma çalışmalarında 36 yaşındaki fıstık çamı meşcerelerinde 25,7 Mg/ha, sahil çamı meşcerelerinde ise 22,2 Mg/ha ölü örtü miktarı bulunmuştur [66].

Farklı yıllarda yapılmış karaçam ağaçlandırma sahalarında Şekil 3.36'daki gibi toprak üstü ölü örtü içeriğinde karbon ve azot miktarları yıllara göre karşılaştırıldığında ($P<0,0003$) farklılık göstermektedir. Ölü örtüde karbon ve azot miktarı en fazla 1968 yılında, en az ise 1985 yılında yapılan ağaçlandırma sahalarında görülmüştür.

Yapılan çalışmalardan yararlanılarak 1003 ölü örtü örneği verileri tekrar değerlendirilmiştir. Buna göre 1 hektar alanda ölü örtüde yaklaşık 5,8 Mg organik C depolanmaktadır [131]. Çalışmamızda 3,6 Mg/ha (1968)-1,9 Mg/ha (1985) arasında karbon miktarı değişmektedir. Isparta'da yapılan çalışmada karaçam meşcerelerinde andezit anakayasında 3,9-4,54 Mg/ha, traki-andezit anakayasında 3,47-3,91 Mg/ha, gölcük formasyonunda 7,22-7,65 Mg/ha, alüvyon üzeri sahalarda 4,07-5,6 Mg/ha karbon miktarı bulunmuştur. Yine aynı çalışmada andezit anakayasında 0,024 Mg/ha, traki-andezit anakayasında 0,014 Mg/ha, gölcük formasyonunda 0,027 Mg/ha, alüvyon üzeri

sahalarda 0,018 Mg/ha azot miktarı bulunmuştur [50]. Çalışmamızda azot miktarı hektarda 0,016 Mg (1985)-0,16 Mg (1968) arasında bulunmuştur. Türkmen Dağı'nda yapılan çalışmada ölü örtüde 2003 yılı analizlerinde 14,582 Mg/ha, 2013 yılında yapılan analizlerde 14,76 Mg/ha karbon miktarı hesaplanmıştır [42]. Sedir ağaçlandırma çalışmalarında Sa3 meşcerelerinde 3,65 Mg/ha, Sb2 meşcerelerinde 4,05 Mg/ha, Sb3 meşcerelerinde 6,80 Mg/ha, Sc2 meşcerelerinde 8,97 Mg/ha, Sc3 meşcerelerinde 7,87 Mg/ha karbon miktarı bulunmuştur [44].

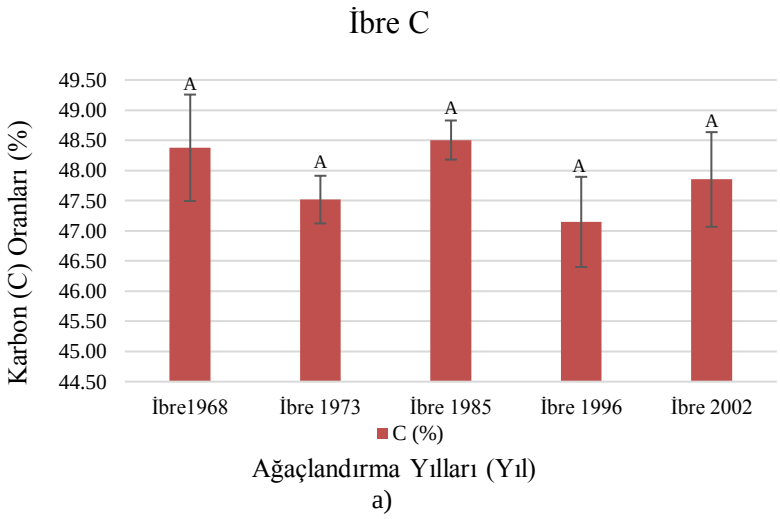
İstanbul-Ağaçlı'da sahil çamı ağaçlandırma çalışmasında 1988 yılında yapılmış ve 17 yıl sonra yapılan analiz sonucunda 0,1 Mg/ha azot, 14,6 Mg/ha karbon bulunmuştur [47]. Biga'da yapılan fıstık çamı ağaçlandırma sahalarında teraslarda yapılan analiz sonucunda ölü örtüde 4,86 Mg/ha karbon miktarı bulunurken, 45,62 kg/ha azot miktarı bulunmuştur [45]. Sündiken Dağları'nda sarıçam meşcerelerinde yapılan çalışmada ölü örtüde 8,42-20,93 Mg/ha karbon miktarı bulunmuştur [43]. Kumul ağaçlandırma sahalarında 35 yaşındaki fıstık çamı ve sahil çamı meşcerelerinde sırasıyla 9,9 Mg/ha, 8,9 Mg/ha ölü örtüde karbon miktarı tespit edilmiştir [66].

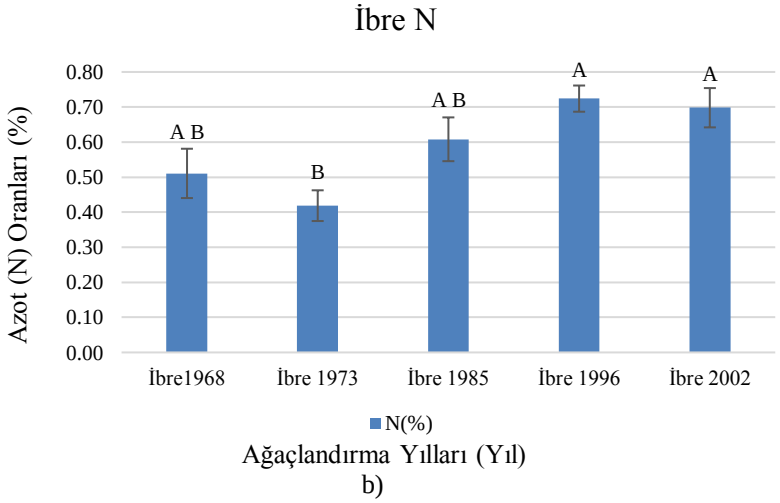


Şekil 3.36. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarının ölü örtü içeriğinde hektarda a) toplam karbon (C) ve b) toplam azot (N) miktarları (kg) ± std. hata Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

3.1.5. Ağaçlandırma Sahalarının Ağaç-İbre Örneklerinin C, N Oranlarının Yıllara Göre Karşılaştırılması

Farklı yıllarda yapılmış ağaçlandırma sahalarında karaçam bireylerinden alınan ibre örneklerinde Şekil 3.37'deki gibi azot yüzdesi yıllara göre karşılaştırıldığında ($P<0,0008$) farklılık göstermektedir. En fazla karbon yüzdesi 1985 yılında, azot yüzdesi 1996 yılında, en az karbon yüzdesi 1996 yılında, azot yüzdesi 1973 yılında yapılan ağaçlandırma sahlarındaki ibre örneklerinde tespit edilmiştir.





Şekil 3.37. Farklı yıllarda yapılan ağaçlandırma sahalarından alınan ibre örneklerinin a) karbon (C) ve b) toplam azot (N) oranları (%) ± std. hata. Aynı değişkenin ortak harflerle takip edilen ortalamaları α=0,05 düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir.

Sedir ağaçlandırma çalışmalarında ibredeki yüzde oranları Sa0, Sa3, Sb2, Sb3, Sc2, Sc3 meşcerelerinde sırasıyla % 51,6, % 51,5, % 51, % 51,2, % 50,7, % 51 karbon bulunmuştur [44]. Çalışmamızda % 48,38 (1968) - % 47,85 (2002) aralığında karbon oranı bulunmuştur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toprağın fiziksel (tekstür yapısı) özellikleri, 1968, 1973, 1985 yılı ağaçlandırma sahalarında toprak türü kumlu killi balçık olarak belirlenirken, 1996 ve 2002 yıllarında kumlu balçık olarak tespit edilmiştir. Sahalar yaşlandıkça ağaçlandırmanın etkisiyle kil oranlarında artış yaşanmaktadır. Ağaçlandırılan alan toprağı ağaçlandırılmayan alan toprağına göre daha fazla kil içermektedir. Genç sahalarda yüzeysel akışa maruz kalarak killerin yıkanması sonucuyla kum içeriklerinin fazla olduğu, genç sahalarda yeterli kil miktarının sahada tutulması için belirli zaman olması gerektiği veya sahalarda buna yönelik çalışmaların yapılmasının ön görüldüğü düşünülebilir.

Toprak derinliğine göre toprak reaksiyonunda kireç miktarından dolayı artış görülmektedir. pH birimi ağaçlandırma sahalarında ortalama olarak ağaçlandırmanın etkisiyle 0,1 birimlik bir azalış olduğu tespit edilmiştir. Üst toprakta ayrışmanın daha fazla olması sebebiyle asitlik oranı yüksek, buna bağlı olarak pH değeri düşüktür. Ayrıca yağışın etkisiyle bazik katyonlar üst topraktan alt toprak kademelerine doğru yıkanmaktadır. Toprak alt kademelerine inildikçe ayrışmanın azalmasından dolayı asitlilik oranının düştüğü, pH değerinin yükseldiği söylenilebilir. Toprağın elektrik iletkenliğinde ağaçlandırma ve kontrol sahaları arası farklar görülmektedir. Fakat bu miktar çok fazla olmadığı, sahaların tuzluluk sorunu olmadığı görülmektedir. KDK'da kil miktarına göre değişim gösterdiği, toprakların kireç miktarlarında ağaçlandırma etkisiyle % 1,5'lik azalış görüldüğü tespit edilmiştir.

Ağaçlandırma sahaları yaşlandıkça toprakta organik karbon ve azot miktarlarında etkisi görülmediği, yüksek miktarlarda göze çarpan farklılıklar görülmemektedir. Ağaçlandırma sahaları 1968 ve 1973 yılları kadar belirli toprak özellikleri seviyelerine ulaşamadığı görülmektedir. Ayrıca genç sahalarda ağaçlandırma ile çitle çevrilmesi ve ağaçlandırılmayan alanlar bu sayede otlatma etkisine maruz kalmadan toprak üstünde diri örtü ile organik madde ve azot bakımından toprak zenginleştiği ve zaman içinde tamamlama dikimlerinde toprak besin elementleri bakımından zengin olduğu için buradaki fertlerin verimlilikleri yüksek olacağı düşünülebilir. Ağaçlandırılmayan sahalarda geven (*Astragalus schizopterus* Boiss.) olması bu sahaların step iklimine maruz kaldığı görülmektedir ve topraktaki azot miktarını tutmasıyla açık alanlarda azot

miktarının ağaçlandırma sahalarına göre fazla olduğu tespit edilmiştir. Birçok çalışmada kıyaslama kısmında çalışmamızda olduğu gibi ağaç yaşına göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Ayrıca derinlik kademesine göre organik madde miktarlarında istisna sahalar haricinde azalış görülmüştür. Ölü örtü ve humus da depolanan karbon ve azot miktarları da kapalılığın oluşumuyla belirli toprak nemi sonucunda sahalar yaşlandıkça miktarları artmaktadır.

Sonuç olarak Ankara Nallıhan İlçesi Merkez Orman İşletme Şefliği sınırları içerinde yapılan ağaçlandırmanın bazı toprak özellikleri üzerinde olumlu etkilerinin olduğu görülmüştür. Toprak kaynakları üzerindeki bu olumlu etkinin en önemli nedeninin ise alana bitki örtüsünün tekrar getirilmesi ve böylelikle toprakta karbon tutulma miktarının arttığı açıktır. Bitki örtüsünün, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde olumlu etki yapması yanında toprağı erozyona karşı koruması gibi bir diğer önemli rol oynadığı bir gerçektir. Ormanlarımızın karbon depolama potansiyellerini belirlemek amacıyla, ülkemizde yetişmekte olan farklı ağaç türlerine ait çalışmalar desteklenmeli ve araştırmaların sayısı daha da çok arttırılmalıdır. Özellikle ülkemizde önemli alanda yayılış gösteren ağaç türlerinin karbon depolama kapasitelerinin biliniyor olması, iklim değişikliklerine karşı alınacak önlem ve üretilecek politikalarda etkin rol oynayacaktır. Ormanların karbon depolama kapasitelerini arttırmakta öncelikle ve en acil olarak ormansız alanlarda gerçekleştirilecek ağaçlandırma çalışmaları ile bozuk alanların iyileştirilmesi önem kazanmaktadır. Bu sebepledir ki gerçekleştirilecek olan ağaçlandırma çalışmalarında ağaç türlerinin karbon depolama potansiyellerinin de dikkate alınarak ve özenilerek çalışmalar yapılmalıdır.

.

5. KAYNAKLAR

[1] C. McAlpine, C. Catterall, R. Mac Nally, D. Lindenmayer, J. L. Reid, K. D. Holl, A. F. Bennett, R. K. Runting, K. Wilson, R. J. Hobbs, L. Seabrook, S. Cunningham, A. Moilanen, M. Maron, L. Shoo, I. Lunt, P. Vesk, L. Rumpff, T. G. Martin, J. Thomson ve H. Possingham, "Integrating plant-and animal-based perspectives for more effective restoration of biodiversity," *Frontiers in Ecology and The Environment*, ss. 37–45, 2016.

[2] O. Yıldız, D. Eşen, M. Sargıncı, ve B. Toprak, "Batı Karadeniz Bölgesi'nde orman açmalarının toprak karbonu ve makro-besin yoğunluğuna etkisi," *IX. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildiri Kitabı*, Nevşehir, Türkiye, 2009, ss. 81.

[3] A. Fitter, T. Elmqvist, R. Haines-Yong, M. Potschin, A. Rınaldo, H. Setala, S. Stoll-Kleemann, M. Zobel ve J. Murlis, "An assessment of ecosystem services and biodiversity in Europe," *Environmental Science and Technology*, c. 30, ss. 1–28, 2010.

[4] M. Certel, M. Sarıca ve V. Eser. (2003, Temmuz). *TÜBİTAK vizyon 2023 bilim ve teknoloji öngörüsü projeleri tarım ve gıda paneli raporu* [Online]. Erişim: http://www.inovasyon.org/pdf/tarimgida_panel.sonuc.raporu.pdf.

[5] M. Türkeş, "BM Çölleşme İle Savaşım Sözleşmesi'nin İklim, İklim Değişikliği ve kuraklık açısından çözümlenmesi ve Türkiye'deki uygulamalar," *Çölleşme İle Mücadele Sempozyumu Tebliğler Kitabı*, Çorum, Türkiye, 2010, ss. 17-18.

[6] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, "Erozyonla mücadele eylem plani 2013-2017," Ankara, Türkiye, 2013.

[7] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, "Çölleşme ile mücadele ulusal stratejisi ve eylem planı 2015-2023," Ankara, Türkiye, 2015.

[8] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, "Baraj havzaları yeşil kuşak ağaçlandırma eylem planı 2013-2017," Ankara, Türkiye, 2013.

[9] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, "Ulusal ağaçlandırma seferberliği eylem planı 2008-2012," Ankara, Türkiye, 2016.

[10] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü. (2017, 1 Ağustos). *Ormancılık istatistikleri* [Online]. Erişim: https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Istatistikler/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2Fekutuphane%2FIstatistikler%2FOrmancılık İstatistikleri&FolderCTID=0x012000301D182F8CB9FC49963274E712A2DC00&View=%7BC19AB316-F6A1-40F4-BE44-7526AE967FDC%7D.

[11] N. Çepel, *Orman Ekolojisi*, 4. baskı, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1995, ss. 433.

[12] R.F, Fisher ve D., Binkley, *Ecology and Management of Forest Soils,* 3. baskı, New York, USA: John Wiley and Sons Including, 2000, ss. 267-410.

[13] E. P. Odum ve G. W. Barret, *Ekolojinin Temel İlkeleri*, 5. baskı, Ankara, Türkiye: Palme Yayıncılık, 2008, ss. 598.

[14] P. M. Vitousek, "Can planted forests counteract increasing atmospheric carbon dioxide?," *Journal of Environment Quality*, c. 20, sayı 2, ss. 348-354, 1991.

[15] J. Bi, J. A. Blanco, B. Seely, J. P. Kimmins, Y. Ding, ve C. Welham, "Yield decline in Chinese-fir plantations: a simulation investigation with implications for model complexity," *Canadian Journal of Forest Research*, c. 37, sayı 9, ss. 1615-1630, 2007.

[16] S. T. Berthrong, E. G. Jobbágy, ve R. B. Jackson, "A global meta-analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon, and nitrogen with afforestation," *Ecological Applications*, c. 19, sayı 8, ss. 2228–2241, 2009.

[17] A. Turan, "Ağaçlandırma çalışmalarının bazı toprak özellikleri üzerine etkilerinin irdelenmesi: Karaağaç Köyü örneği," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2015.

[18] C. Demir, "Elmalı Baraj Havzası'nda karaçam ormanlarının toprak özellikleri," yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 1996.

[19] S. Yavuz, "Artvin-Yusufeli yöresinde yapılan karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) ağaçlandırmasının başarısının belirlenmesi," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, Türkiye, 2011.

[20] H. Arslan, "İç Anadolu'nun kurak bölgelerindeki ağaçlandırma çalışmalarında kullanılan bazı ağaç ve çalı türlerinin tutma ve büyüme performansları," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2018.

[21] G. Çavdar, "Yarı kurak alanlarda gerçekleştirilen ağaçlandırma çalışmalarının bazı toprak özellikleri üzerine etkilerinin irdelenmesi: Polatlı (Sarıoba) örneği," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, Türkiye, 2011.

[22] X. Liu, T. Yang, Q. Wang, F. Huang, ve L. Li, "Dynamics of soil carbon and nitrogen stocks after afforestation in arid and semi-arid regions: A meta-analysis," *Science of the Total Environment*, c. 618, sayı 818, ss. 1658–1664, 2018.

[23] Ş. T. Güner, A. Çömez, K. Özkan, R. Karataş, ve N. Çelik, "Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi," *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 66, sayı 1, ss. 166, 2016.

[24] K. Özkan, "Beyşehir Gölü Havzası'nda anadolu karaçamının (*Pinus nigra* Arnold.) yayılışı ile fizyografik yetişme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler," *Turkish Journal of Forestry/Türkiye Ormancılık Dergisi*, c. 2, ss. 30–47, 2004.

[25] L. Altun, E. Yılmaz, A. Günlü, İ. Ercanlı, A. Usta, M. Yılmaz veM. Bakkaloğlu, "Murat Dağı (Uşak) Yöresi'nde yayılış gösteren ağaç türlerinin (kızılçam, karaçam ve sarıçam) verimliliğini etkileyen kimi ekolojik etmenlerin araştırılması," *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 7, sayı 1, ss. 71–92, 2007.

[26] O. Sevgi, "Bayramiç İşletmesi'nde (Kaz Dağları) karaçamın (*Pinus nigra* Arnold.) yükseltiye göre beslenme büyüme ilişkileri / Altitudinal nutrition growth relations of black pine (*Pinus nigra* Arnold.) at Bayramiç Forest Enterprise (Kaz

mountains),” Doktora tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2003.

[27] J. Penman, M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe ve F. Wagner, “Good practice guidance for land use, land use change and forestry,” *IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme*, 1. baskı, Kanagawa, Japonya: Institute for Global Environmental Strategies, 2003, böl. 5, ss. 593.

[28] K. Eggleston, H. S. Buendia, L. Miwa, K. Ngara ve T. Tanabe, “Agriculture, forestry and other land use,” *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, 1. baskı, Kanagawa, Japonya: Institute for Global Environmental Strategies, 2006, böl. 4, ss. 417-483.

[29] D. Tolunay, “Türkiye’de ağaç servetinden bitkisel kütle ve karbon miktarlarının hesaplamasında kullanılabilecek katsayılar,” *Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Antalya, Türkiye, 2013, ss. 240-251.

[30] D. Tolunay, A. Çömez, “Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye’deki durum,” *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, İstanbul, Türkiye, 2007, ss. 97–108.

[31] S. Only, “International conference on computer design / Conference of parties,” United Nations Convention to Combat Desertification, Türkiye, Rap. (12)/20, 2016.

[32] A. Duyar, “Türkiye ormanlarındaki rehabilitasyon çalışmalarının orman varlığı ve karbon birikimine katkısına ilişkin bir öngörü / A projection about the contribution of rehabilitation studies on forest assets and carbon sequestration in the forest of Turkey abstract,” *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, c. 20, sayı 2, ss. 373–381, 2018.

[33] A. Karagöz, A. Namlı, D. Tolunay, E. Akça, E. Tercan, F. Evrendilek, G. Aydın, G. Erpul, H. Keskin, M. Türkeş, O. Dengiz, O. Doğan, T. Öztaş, Y. Yener ve Y. Kavdır, “Toprak organik karbonu projesi,” T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Türkiye, Teknik özet, 2018.

[34] S. B. Karabıyık, “Türkiye ormanlarında bitkisel kütledeki karbon stoku, farklı hesaplama yöntemlerinin karşılaştırılması,” Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2014.

[35] D. Tolunay, “Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey,” *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, c. 35, ss. 265–279, 2011.

[36] M. Sarginci, “Batı Karadeniz orman ekosistemlerinde ölü örtü dinamiği / Litter dynamics in Western Blacksea forest ecosytems,” Doktora tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2014.

[37] J. Lee, D. Tolunay, E. Makinacı, A. Çömez, Y. M. Son, R. Kim ve Y. Son, “Estimating the age-dependent changes in carbon stocks of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Turkey,” *Annals of Forest Science*, c. 73, sayı 2, ss. 523–531, 2016.

[38] Cost. (2014, 16 Ocak). *European cooperation in science and tecnology* [Online]. Erişim: http://www.cost.eu/.

[39] Cost. (2014, 16 Ocak). *Belowground carbon turnover in European forests* [Online]. Erişim: http://www.cost.eu/domains_actions/fps/Actions/FP0803.

[40] D. Li, S. Niu, ve Y. Luo, "Global patterns of the dynamics of soil carbon and nitrogen stocks following afforestation: A meta-analysis," *New Phytologist*, c. 195, sayı 1, ss. 172–181, 2012.

[41] G. Savacı, "Farklı arazi kullanım türleri ve ağaç yaşının bazı toprak özellikleri, karbon ve azot depolamasına etkileri / Effects of land use type and tree age on some soil properties and organic carbon and total nitrogen stock capacity," Doktora tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, 2017.

[42] Ş. Güner ve E. Makineci, "Türkmen Dağı (Eskişehir, Kütahya) sarıçam ormanlarında toprak ve ölü örtüde biriken yıllık organik karbon miktarının belirlenmesi," *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 67, sayı 2, ss. 109–115, 2017.

[43] A. Çömez, "Sündiken Dağları'nda sarıçam (*Pinus sylvestris* L .) meşcerelerinde karbon birikiminin belirlenmesi," Doktora tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2011.

[44] R. Karataş, A. Çömez, ve Ş. T. Güner, "Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırma alanlarında karbon stoklarının belirlenmesi," *Ormancılık Araştırma Dergisi*, c. 4, sayı 2, ss. 107–120, 2017.

[45] M. Akkaya, "Biga Orman İşletmesi'nde fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) ağaçlandırma alanlarında toprak işlemesinin ve dikim aralığının orman topraklarına etkisi," Doktora tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2008.

[46] H. B. Tercimen, "Dikimle yetistirilmiş sahil çamı (*Pinus pinaster* Aiton.) ormanında ayıklama işlemlerinin mesceredeki azot dolasımına ve ağaçların gelişimine etkileri," Doktora tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2005.

[47] H. Sever ve E. Makinacı, "Ağaçlı-İstanbul maden sahalarında sahil çamı (*Pinus pinaster* Aiton.) ağaçlandırmalarında bazı ölü örtü ve toprak özellikleri," *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 2, ss. 136–146, 2008.

[48] H. B. Tercimen, "Ağaçlı-İstanbul kömür ocakları artıkları üstündeki ağaçlandırma ham materyaldeki organik madde ve azot birikimine etkileri," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2000.

[49] Y. Karatepe, "Gölcük'te (Isparta) dikimle yetiştirilmiş salkım ağacı (*Robinia pseudo-acacia* L.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ormanlarının topraklardaki organik karbon ve azot birikimi," *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 1, sayı 55, ss. 16, 2005.

[50] Y. Karatepe, "Isparta Gölcük'te karaçam (*Pinus nigra* Arn.) meşcerelerinin, topraklarındaki toplam azot ve organik karbon ile ölü örtülerindeki toplam azot ve organik madde miktarlarının araştırılması," *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 2, ss. 1–16, 2004.

[51] M. Mafrak, "Saf karaçam ormanlarındaki toprak organik karbon miktarının araştırılması," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, 2016.

[52] C. Göl, M. Cakır, ve A. Baran, "Comparison of soil properties between pure and mixed Uludag fir (*Abies nordmanniana* ssp. *bornmülleriana*) stands in Ilgaz Mountain National Park," *Ekoloji*, c. 19, sayı 75, ss. 33–40, 2010.

[53] C. Tahmaz, "Mineral toprakta depolanan karbona ve azota ağaç türlerinin etkisi," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, 2016.

[54] Z. Maral, "Kastamonu yöresinde arazi kullanım farklılığının (orman, çayırlık, tarım alanları) toprak karbon ve azot tutulumuna olan etkileri," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, 2016.

[55] A. M. M. Masoud, "Kuzey bakıda yetişen karaçamın bazı toprak özellikleri ile toprak organik karbon ve toplam azot miktarları ve depolama kapasiteleri üzerinde yükseltinin etkisinin araştırılması," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, 2017.

[56] R. K. A. Gonifeda, "Güney bakıda yetişen karaçamın bazı toprak özellikleri ile toprak organik karbon ve toplam azot miktarları ve depolama kapasiteleri üzerinde yükseltinin etkisinin araştırılması," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, 2017.

[57] E. R. R. Knaz, "Aynı yetişme ortamı altında , farklı ağaç türlerinin bazı toprak özellikleri ile toprak organik karbon ve toplam azot miktarları ve depolama kapasiteleri üzerindeki etkilerinin araştırılması," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, 2017.

[58] A. A. A. Ataf, "Kastamonu Orman İşletme Müdürlüğü'nde farklı meşcerelerde topraktaki karbon miktarının belirlenmesi," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, 2017.

[59] Ö. Misiroğlu, "Farklı yaşlardaki kızılçam plantasyon sahalarında topraktaki karbon miktarının değişimi," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, 2016.

[60] G. Savaci ve T. Sariyildiz, "Yozgat yöresinde yayılış gösteren ağaç türleri altındaki toprakların karbon ve toplam azot depolama kapasitelerinin belirlenmesi," *3. Uluslararası Bozok Sempozyumu Bölgesel Kalkınma ve Sosyo-Kültürel Yapı Bildiri Kitabı*, Yozgat, Türkiye, 2018, ss. 585-600.

[61] E. Makinacı, "Sapsız meşe (*Quercus petrea* (Matlusch) Lieb.) baltalık ormanında aralamaların çap artımı ve bazı toprak özelliklerine etkileri," *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 2, sayı 1399, ss. 1–10, 2005.

[62] E. Makinacı, "İ. Ü. Orman Fakültesi araştırma ormanındaki baltalıkların koruya dönüştürülmesi işlemlerinin ölü örtü ve topraktaki azot değişimine etkisi," Doktora tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye,1999.

[63] M. Ö. Karaöz, "Belgrad Ormanı'nda bazı iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ekosistemlerine ait toprak özelliklerinin bir metreküp hacimdeki değerlere göre karşılaştırılması," *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 41, sayı 1, ss.

8, 1991.

[64] D. P. Dick, S. B. Leite, R. Simão, D. Dalmolin, H. C. Almeida, ve H. Knicker, "Pinus afforestation in South Brazilian Highlands : Soil chemical attributes and organic matter composition florestamento com pinus em solos de altitude do Sul do Brasil : atributos químicos e matéria orgânica do solo," *Scientia Agricolass*, c. 68, sayı 2, ss. 175–181, 2011.

[65] Ö. Soyer, "Bilecik İli değişik yörelerinde ormandan açılan arazilerin bazı toprak özelliklerinde meydana gelen değişimlerin araştırılması," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, Türkiye, 2011.

[66] M. M. Abdalmoula, "İstanbul-Durusu kumulundaki sahil çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ve fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) ağaçlandırmalarında ölü örtü ve toprakta karbon birikimi," Doktora tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2017.

[67] A. Tüfekçioğlu, "Ordu-Melet Irmağı Havzası'ndaki orman ekosistemlerinde yükselti ve bakı etmenlerine göre bitki örtüsü ve bazı toprak özelliklerinin değişimi," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 1994.

[68] E. E. Yüksel, "Artvin-Saçinka Yöresi'ndeki orman ve otlak arazilerinde bazı toprak özelliklerinin yükselti ve derinlik kademelerine göre değisiminin irdelenmesi," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, Türkiye, 2009.

[69] N. Zengin, "Giresun İli, Alucra Yöresi saf ve karışık sarıçam meşçerelerinde bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, Türkiye, 2010.

[70] E. Koyun, "Isparta Orman Bölge Müdürlüğü'nün Akdeniz İklimi etkisi altındaki kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) doğal gençleştirme sahalarında anakaya-toprak özelliklerinin ağaç gelişimine etkisi," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2016.

[71] European Forensic Genetics Network of Excellence. (2011, 5 Kasım). *Distribution map of black pine (Pinus nigra)* [Online]. Erişim: http://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Documents/Maps/PDF/Pinus_nigra.pdf.

[72] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü. (2016, 27 Ocak). *Orman atlası* [Online]. Erişim: https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Orman%20Atlasi.pdf

[73] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı. (2016, 27 Ocak). *Türkiye orman varlığı* [Online]. Erişim: <http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Türkiye Orman Varlığı.pdf.

[74] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü. (2016, 27 Ocak). *Ormancılık istatistikleri 2015* [Online]. Erişim: http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/istatistikler/forms/allitems.aspx?RootFolder=%2Fekutuphane%2FIstatistikler%2FOrmancılık İstatistikleriFolderCTID=0x012000301D182F8CB9FC49963274E712A2DC00V

iew=%7BC19AB316-F6A1-40F4-BE44-7526AE967FDC%7D.

[75] N. As, K. H. Koç, A. D. Doğu, C. Atik, B. Aksu, ve E. S. Erdinler, "Türkiye'de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik , fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri," *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, c. 51, sayı 1, ss. 71–88, 2001.

[76] E. Eruz, "Balıkesir Orman Başmüdürlüğü bölgesindeki saf karaçam meşçerelerinin boy gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik özellikler arasındaki ilişkiler," *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 3244, sayı 368, 1984.

[77] E. Yücel, "Ehrami karaçam [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *Pallasiana (Lamb.) Holmboe* var. *pyramidata* (Acat.) Yaltırık.]'ın doğal yayılışı ve ekolojik özellikleri," *Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları*, c. 2, ss. 30-47, 1995.

[78] E. Yücel, "Ebe karaçamının (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*) biyolojik ve ekolojik özellikleri," *Ekoloji Çevre Dergisi Birlik Ofset Matbaacılık*, c. 26, ss. 21-26, 2000.

[79] E. Yücel, "Ecological properties of *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *seneriana*," *Silvae Genetica*, c. 49, sayı 6, ss. 264–277, 2000.

[80] M. Sevim, "Alaçam (Dursunbey) ormanlarında ekolojik ve pedolojik araştırmalar," T.C. Tarım Vekâleti Orman Umum Müdürlüğü, c. 131, sayı 2, 1954.

[81] B. İmal, "Bazı Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* [Lamb.] Holmboe) orijinlerinin dona ve kuraklığa karşı dayanıklılıklarının ekofizyolojik olarak belirlenmesi," Doktora tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2015.

[82] S. Ürgenç, *Ağaçlandırma Tekniği*, 2. baskı, İstanbul, Türkiye: Emek Matbaacılık, 1998, ss. 600.

[83] Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, "Ankara Orman Bölge Müdürlüğü Nallıhan Orman İşletme Müdürlüğü Nallıhan Orman İşletme Şefliği Fonksiyonel Orman Amenajman Planı 2012-2031," Ankara, Türkiye, 2012.

[84] Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, "Ankara Orman Bölge Müdürlüğü Nallıhan Orman İşletme Müdürlüğü Uluhan Orman İşletme Şefliği Fonksiyonel Orman Amenajman Planı 2012-2031," Ankara, Türkiye, 2012.

[85] İ. Atalay, *Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri*, 2. Baskı, Ankara, Türkiye: Orman Bakanlığı Yayınları, 2014, ss. 96.

[86] İ. Atalay ve M. Öztürk, "Ecology and classification of forests in Turkey," *Procedia -Social and Behavioral Sciences*, c. 6, sayı 4, ss. 788–805, 2014.

[87] Meteoroloji Genel Müdürlüğü Klimatoloji Şube Müdürlüğü. (2019, 15 Ocak) *İklim Sınıflandırmaları* [Online]. Erişim: https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=NALLIHAN

[88] H. Walter, *Vegetationszonen und Klima Eugen Ulmer*, Stutgard, Germany: Ulmer, 1970, ss. 125-244.

[89] A. Kalafat ve H. Uysallı, "Beypazarı, Nallihan, Seben civarının jeolojisi," *Maden Tetkik ve Arama Enstitü Dergisi*, c. 62, ss. 1-11, 1964.

[90] N. Aksoy, "Karakiriş Dağı (Seben-Nallıhan) florası," *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, c. 5, sayı 2, ss. 104–125, 2009.

[91] S.W. Buol, F. D. Hole, ve R. J. McCracken, *Soil Genesis and Classification*, 3. baskı, Ames, ABD: Iowa State University Press, 1989.

[92] D. Kantarcı, *Toprak İlmi*, 2. baskı, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 2000.

[93] O. Yıldız, M. Sarginci, D. Eşen, ve K. J. Cromack, "Effects of vegetation control on nutrient removal and *fagus orientalis*, Lipsky regeneration in the Western Black Sea Region of Turkey," *Forest Ecology and Management*, *c.* 240, sayı 1-3, ss. 186–194, 2007.

[94] O. Yıldız, D. Esen, M. Ö. Karaöz, M. Sargıncı, B. Toprak, ve Y. Soysal, "Effects of different site preparation methods on soil carbon and nutrient removal from eastern beech regeneration sites in Turkey's Black Sea Region," *Applied Soil Ecology*, c. 45, ss. 49–55, 2010.

[95] R. Tavernier ve G. D. Smith, "The concept of Braunerde (Brown Forest soils) in Europe and the United States," *Advances Agronomy*, c. 9, ss. 217–289, 1957.

[96] O. Yıldız ve D. Eşen, "Effects of different *Rhododendron* control methods in eastern beech (*Fagus orientalis* Lipsky) ecosystems in the Western Black Sea Region of Turkey," *Annals of Applied Biology*, c. 149, ss. 235–242, 2006.

[97] R. Anşin, "Türkiye'nin flora bölgeleri ve bu bölgelerde yayılan asal vejetasyon tipleri," *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 6, sayı 2, ss. 318–339, 1983.

[98] İ. Atalay, *Vegetation Geography of Turkey*, 1. baskı, İzmir, Türkiye: Ege University Press, 1994, ss 352.

[99] F. Gülçur, *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*, 1. baskı, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Yayınları Kurtuluş Matbaası, 1974, ss. 133-144.

[100] A. Irmak, *Arazide ve Laboratuvarda Toprağın Araştırılması Metodları*, 1. baskı, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Yayınları, Halk Matbaası, 1954, ss. 256.

[101] P. R. Day, "Methods of soil analysis," *American Society of Agronomy*, c. 9, sayı 1, ss. 545–567, 1965.

[102] United States Department of Agriculture, "Soil mechanics level 1, module 3-USDA," *Textural Soil Classification Study Guide*, ss. 232, 1987.

[103] R. K. Schofield ve A. W. Taylor, "The measurement of soil pH," *Soil Science Society of America Proceedings*, c. 19, ss. 164–167, 1955.

[104] M. K. Conyers ve B. G. Davey, "Observations on some routine methods for soil pH determination," *Soil Science*, c. 145, ss. 29–36, 1988.

[105] G. W. Thomas, "Soil pH and soil acidity," *Methods of Soil Analysis*, 5. baskı, Madison, ABD: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1996, böl. 16, ss. 475–490.

[106] M. L. Jackson, *Soil Chemical Analysis*, 1. baskı, New Jersey, ABD: Prentice-Hall, 1962, ss. 496.

[107] J. D. Rhoades, "Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids," *Methods of Soil Analysis*, 5. baskı, Madison, ABD: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1996, böl. 14, ss. 417–436.

[108] R. Margesin ve F. Schinner, *Manual of Soil Analysis-Monitoring and Assessing*

Soil Bioremediation, 5. baskı, Berlin, Almanya: Springer-Verlag, 2005, ss. 366.

[109] D. W. Nelson ve L. E. Sommers, "Total carbon, organic carbon, and organic matter," *Methods of Soil Analysis,* 5. baskı, Madison, ABD: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1996, böl. 34, ss. 961–1010.

[110] H. E. Doner ve W. C. Lynn, "Carbonate, halide, sulfate, and sulfide mineral," *Minrals in Soil Environments,* 1. baskı, Madison, ABD: Soil Science Society of America, 1977, böl. 6, ss. 77–98.

[111] M. E. Sumner ve W. P. Miller, "Cation exchange capacity and exchange coefficients," *Methods of Soil Analysis,* 5. baskı, Madison, ABD: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1996, böl. 40, ss. 1201–1229.

[112] F. Dehşet, "Baraj ve yol inşası nedeniyle tahrip edilen alanlarda yapılan erozyon kontrol çalışmalarının toprak özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine etkilerinin irdelenmesi," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, Türkiye, 2011.

[113] R. Lal, "Forest soils and carbon sequestration," *Forest Ecology and Management*, c. 220, ss. 242–258, 2005.

[114] F. J. Stevenson ve M. A. Cole, *Cycles Of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients,* 2. baskı, Canada, ABD: John Wiley and Sons, 1999, ss. 191.

[115] A. Sarıyıldız, T., Duman, "Çoruh Havzası, Deriner Barajı yol şevi ve geçici yerleşim yeri çevre ağaçlandırmasında kullanılan farklı türlerin altındaki toprakların bazı özelliklerinin doğal ve açık alnaların toprak özellikleriyle karşılaştırılması," *Baraj Havzalarında Ormancılık I. Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı,* Kahramanmaraş, Türkiye 2008, ss. 275-287.

[116] M. A. Fullen ve R. T. Brandsma, "Property changes by erosion of loamy sand soils in east shropshire," *Soil Technology*, c. 8, sayı 1, ss. 1–15, 1995.

[117] M. Fullen, W. B. Zhi, ve R. Brandsma, "A comparison of the texture of grassland and eroded sandy soils from shropshire," *Soil and Tillage Research*, c. 46, sayı 3–4, ss. 301–305, 1998.

[118] Ö. Kara ve I. Bolat, "The effect of different land uses on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Bartin Province," *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, c. 32, sayı 4, ss. 281–288, 2008.

[119] A. G. Tiryaki ve B. Tahmaz, "Kireçin ormancilikta kullanilma olasiliklari," *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiri Kitabı*, Artvin, Türkiye, 2010, ss. 1067–1074.

[120] M. E. Sumner, "Sodic soils," *Australian Journal of Soil Research*, c. 31, sayı 6, ss. 683-750, 1995.

[121] C. Kosmas, S. Gerontidis, ve M. Marathianou, "The effect of land use change on soils and vegetation over various lithological formations on Lesvos (Greece)," *Catena*, c. 40, ss. 51–68, 2000.

[122] I. A. Jaiyeoba, "Changes in soil properties due to continuous cultivation in Nigerian Semiarid Savannah," *Soil and Tillage Research*, c. 70, sayı 1, ss. 91–98, 2003.

[123] M. Başaran, A. U. Özcan, G. Erpul, ve M. Çanga, "Çankırı - İndağı karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) plantasyon alanında mineral üst toprağın organik madde kapsamı ve bazı özelliklerinin konumsal değişimleri spatial variability of organic matter and some soil properties of mineral topsoil in Çankırı," *Orman Fakültesi Dergisi*, c. 5, sayı 2, ss. 128–153, 2005.

[124] H. Causa, A. İbrahim, ve R. Efe, "Anadolu karaçamı *(Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe*)*'nın ekolojisi ve tohum nakli açısından bölgelere ayrılması," *Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları,* c. 424, ss. 249, 2010.

[125] F. Yüksek, M. Küçük, E. Erdoğan Yüksel, ve S. Güner, "Artvin Merkez Seyitler Köyü'nde erozyon kontrol amaçli yapilan ağaçlandirma çalışmasinin bazi toprak özelliklerine etkisi," *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi,* Artvin, Türkiye, 2010, ss. 973–980.

[126] İ. Ekberli ve E. Kerimova, "Azerbaycan'ın Şirvan bölgesinde sulanan killi bir toprağın bazı fiziksel-kimyasal parametrelerinin değişimi," *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi/Journal of Faculty of Agriculture,* c. 20, sayı 3, ss. 54–59, 2005.

[127] İ. Bolat, "Farklı arazi kullanım biçimlerinin toprağın mikrobiyal biyokütle karbon (Cmic) ve azot (Nmic) içerisindeki etkisi," Yüksek lisans tezi, Orman Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye, 2007.

[128] R. Lal, "Soil carbon sequestration ımpacts on global climate change and food security," *Science*, c. 304, sayı 1623, ss. 1623-1627, 2004.

[129] R. Chang, B. Fu, G. Liu, S. Wang, ve X. Yao, "The effects of afforestation on soil organic and ınorganic carbon: A case study of the Loess Plateau of China," *Catena*, c. 95, ss. 145–152, 2012.

[130] T. Sariyildiz, G. Savaci, ve I. S. Kravkaz, "Effects of tree species, stand age and land-use change on soil carbon and nitrogen stock rates in Northwestern Turkey," *IForest*, c. 9, sayı, ss. 165–170, 2016.

[131] D. Tolunay ve A. Çömez, "Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları," *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, Hatay, Türkiye, 2008, ss. 750-765.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : ADEM SEÇİLMİŞ

Doğum Tarihi ve Yeri : 03.10.1990/KARŞIYAKA

Yabancı Dili : İNGİLİZCE

E-posta : secilmisadem@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Orman Müh.	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Orman Müh.	Düzce Üniversitesi	2014
Lise	Fen Bilimleri	Karşıyaka Lisesi	2007