T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİT-KERPE YÖRESİNDEKİ SAHİL ÇAMI AĞAÇLANDIRMALARININ TOPRAKTAKİ KARBON ve BESİN MADDESİ STOKLARINA ETKİSİ

Selin ÖZBAY

DANIŞMAN
Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Toprak İlmi ve Ekoloji Programı

İSTANBUL-2019

Tarih girmek için burayı tıklatın. **....., ...**

ISLAK İMZALI

Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Fakülte

Prof. Dr. Ender MAKİNECİ
Üniversite
Fakülte

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

ISLAK İMZALI

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İZT-392 (6702)/2015-2018 numaralı Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünün projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

"İzmit-Kerpe Yöresindeki Sahil Çamı Ağaçlandırmalarının Topraktaki Karbon ve Besin Maddesi Stoklarına Etkisi" adlı bu çalışma İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisanüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Toprak İlmi ve Ekoloji programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Aynı zamanda Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsünün İZT-392 (6702)/2015-2018 numaralı projesi olarak yürütülmüş olup, proje ismine "organik" ve "ölü örtüdeki" ibareleri eklenmiştir.

Çalışmanın başlayış ve bitişine kadar olan sürecin her aşamasında gerek bilgi gerekse moral desteğiyle yanımda olup danışmanlık yapan ve çok değerli katkılarda bulunan değerli hocam Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY'a minnettarlığımı ifade etmek isterim.

Laboratuvar çalışmaları sırasındaki yardımlarından dolayı sayın hocam Prof. Dr. Ender MAKİNECİ'ye; araştırmanın nihayete ermesinde katkıları olan Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne, yine aynı enstitünün "Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Bölümü" emekli başmühendisi Dr. Mustafa ZENGİN'e teşekkür ederim.

Her konuda destek ve yardımlarını benden esirgemeyen bölüm arkadaşım Kimya Yüksek Mühendisi Dilek TUĞRUL' a teşekkürü bir borç bilirim.

Arazi çalışmalarında; Kandıra İşletme Şefliği'ne ve şeflik çalışanlarından İsmail Eren ile Cihan KOÇ'a, mesai arkadaşlarım Bora AYIK'a, Hasan AKDUMAN'a ve Ekrem GENÇ'e, laboratuvar çalışmalarında; Metin GEÇMİŞ'e ve Ayşe ÇAKIRCA'ya, ulaşımda ve diğer konularda İsa DURMUŞ'a, Mesut OK'a, Erol BAYHAN'a, Rahim ÖNDER'e, 117 ve 11 numaralı Orman Kadastro Başmühendislikleri komisyonlarında görevli teknik personel Recep TAŞTAN'a ve adlarını hatırlayamadığım çalışma arkadaşlarımın hepsine katkılarından dolayı şükranlarımı sunarım.

Bu vesileyle hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini gördüğüm annem Mücessem ÖZBAY'a, ikizim Pelin ÖZBAY'a, diğer kardeşlerime ve Züleyha GÖKTAŞ'a teşekkür ederken, babamı da minnetle yâd etmek isterim.

Son olarak, bu çalışmanın bilim ve ormancılık camiasına faydalı olmasını temenni ediyorum.

Mayıs 2019 Selin ÖZBAY

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **viii**
TABLO LİSTESİ ..... **ix**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xiii**
SUMMARY ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **4**
3. MALZEME VE YÖNTEM **13**
3.1. MALZEME 13
3.1.1. Mevkii ve Yeryüzü Şekli 13
3.1.2. İklim 13
3.1.3. Anakaya ve Toprak 21
3.1.4. Bitki Örtüsü 22
3.1.5. Araştırma Alanının Geçmişi 24
3.2. YÖNTEM 25
3.2.1. Örnek Alanların Seçimi 25
3.2.2. Toprak ve Ölü Örtü Örneği Alımı 27
3.2.3. Laboratuvarda Uygulanan Yöntemler 27
3.2.4. İstatistik Yöntemler 29
4. BULGULAR **30**
4.1. TOPRAKLARIN HACİM AĞIRLIKLARI 30
4.2. İNCE TOPRAK AĞIRLIKLARI 30
4.3. TOPRAKLARIN KUM TOZ VE KİL YÜZDELERİ 31
4.3.1. Toprakların Kum Yüzdeleri (%) 31
4.3.2. Toprakların Toz Yüzdeleri (%) 31
4.3.3. Toprakların Kil Yüzdeleri (%) 32
4.4. TOPRAKLARDAKİ KUM-TOZ-KİL MİKTARLARI 33
4.4.1. Topraklardaki Kum Miktarları (t/ha) 33

4.4.2. Topraklardaki Toz Miktarları (t/ha) 33
4.4.3. Topraklardaki Kil Miktarları (t/ha) 34
4.5. TOPRAKLARIN PH VE ELEKTRİKSEL İLETKENLİK DEĞERLERİ.....35
4.5.1. Toprakların pH Değerleri 35
4.5.2. Toprakların Elektriksel İletkenlik (EC) Değerleri (mS/cm).....36
4.6. TOPRAKLARDAKİ ORGANİK KARBON KONSANTRASYONU VE ORGANİK KARBON STOKLARI 36
4.6.1. Toprakların Organik Karbon (TOK) Konsantrasyonu (%) 36
4.6.2. Topraklardaki Organik Karbon (TOK) Stokları (t/ha) 37
4.7. TOPRAKLARIN AZOT KONSANTRASYONLARI VE STOKLARI 38
4.7.1. Toprakların Azot Konsantrasyonu (%) 38
4.7.2. Topraklardaki Azot Stokları (t/ha) 38
4.8. TOPRAKLARIN ALINABİLİR FOSFOR KONSANTRASYONLARI VE STOKLARI 39
4.8.1. Toprakların Alınabilir Fosfor Konsantrasyonları (mg/kg) 39
4.8.2. Topraklardaki Alınabilir Fosfor Stokları (kg/ha) 40
4.9. TOPRAKLARIN DEĞİŞTİRİLEBİLİR POTASYUM KONSANTRASYONLARI VE STOKLARI 40
4.9.1. Toprakların Değiştirilebilir Potasyum Konsantrasyonları (mg/kg).....40
4.9.2. Toprakların Değiştirilebilir Potasyum Stokları (kg/ha).....41
4.10. TOPRAKLARIN DEĞİŞTİRİLEBİLİR KALSİYUM KONSANTRASYONLARI VE STOKLARI 42
4.10.1. Toprakların Değiştirilebilir Kalsiyum Konsantrasyonları (mg/kg).....42
4.10.2. Toprakların Değiştirilebilir Kalsiyum Stokları (kg/ha).....42
4.11. TOPRAKLARIN DEĞİŞTİRİLEBİLİR MAGNEZYUM KONSANTRASYONLARI VE STOKLARI 43
4.11.1 Toprakların Değiştirilebilir Magnezyum Konsantrasyonları (mg/kg) 43
4.11.2. Toprakların Değiştirilebilir Magnezyum Stokları (kg/ha) 43
4.12. ÖLÜ ÖRTÜ TABAKALARININ (YAPRAK+ÇÜRÜNTÜ VE HUMUS) AĞIRLIKLARI 44
4.13. ÖLÜ ÖRTÜDEKİ KARBON VE BESİN MADDESİ KONSANTRASYONLARI İLE STOKLARI 45
4.13.1. Yaprak+Çürüntü Tabakaları.....45
4.13.2. Humus Tabakaları 47
4.13.3. Toplam Ölü Örtü 48
4.14. ÖLÜ ÖRTÜ VE TOPRAKTAKİ ORGANİK KARBON VE BESİN MADDESİ STOKLARI 49

4.14.1. Ölü Örtü ve Topraktaki Organik Karbon Stokları (t/ha) 50
4.14.2. Ölü Örtü ve Topraktaki Azot Stokları (t/ha) 50
4.14.3. Ölü Örtü ve Topraktaki Fosfor Stokları (kg/ha) 51
4.14.4. Ölü Örtü ve Topraktaki Potasyum Stokları (kg/ha) 52
4.14.5 Ölü Örtü ve Topraktaki Kalsiyum Stokları (kg/ha) 52
4.14.6. Ölü örtü ve Toprakların Magnezyum Stokları (kg/ha) 53
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 54
5.1. TARTIŞMA 54
5.2. SONUÇ 61
KAYNAKLAR 64
ÖZGEÇMİŞ 71

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1: Kerpe Araştırma Ormanının Mevkii (Anon., 1982b). 13

Şekil 3.2: Thornthwaite yöntemine göre İzmit'in su bilançosu grafiği. 17

Şekil 3.3: Thornthwaite yöntemine göre Kandıra'nın su bilançosu grafiği. 19

Şekil 3.4: Thornthwaite yöntemine göre Şile'nin su bilançosu grafiği.....21

Şekil 3.5: Kerpe Araştırma Ormanına ait toprak tipleri haritası (Gaddas, 1976). 22

Şekil 3.6: Kerpe Araştırma Ormanı Amenajman Haritası (Anon., 2015).....25

Şekil 3.7: Örnek alanların yerleri. 26

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: İzmit meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik veriler (1993-2014). 14

Tablo 3.2: Thornthwaite yöntemine göre İzmit'in su bilançosu.....16

Tablo 3.3: Kandıra meteoroloji istasyonuna ait bazı meteorolojik veriler (2013-2017). 17

Tablo 3.4: Thornthwaite yöntemine göre Kandıra'nın su bilançosu. 18

Tablo 3.5: Şile meteoroloji istasyonuna ait bazı meteorolojik veriler (2007-2017).....19

Tablo 3.6: Thornthwaite yöntemine göre Şile'nin su bilançosu.....20

Tablo 3.7: Kerpe Araştırma Ormanındaki bitki türleri (Gaddas ve Öz, 1975; Ercan, 2002).....23

Tablo 3.8: Örnek alanların bazı yetişme ortamı ve meşcere özellikleri. 26

Tablo 4.1: Toprakların hacim ağırlıkları (g/cm^3). 30

Tablo 4.2: Topraklardaki Ø<2 mm'den küçük çaplı bölümün ağırlıkları (t/ha). 31

Tablo 4.3: Toprakların kum yüzdeleri (%).....32

Tablo 4.4: Toprakların toz yüzdeleri (%). 32

Tablo 4.5: Toprakların kil yüzdeleri (%).....33

Tablo 4.6: Topraklardaki kum miktarları (t/ha).....34

Tablo 4.7: Topraklardaki toz miktarları (t/ha).....34

Tablo 4.8: Topraklardaki kil miktarları (t/ha).....35

Tablo 4.9: Toprakların pH değerleri.....35

Tablo 4.10: Toprakların elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm).....36

Tablo 4.11: Toprakların organik karbon konsantrasyonları (%). 37

Tablo 4.12: Topraklardaki organik karbon stokları (t/ha). 37

Tablo 4.13: Toprakların azot konsantrasyonu (%). 38

Tablo 4.14: Topraklardaki azot stokları (t/ha).....39

Tablo 4.15: Toprakların alınabilir fosfor konsantrasyonları (mg/kg).....39

Tablo 4.16: Topraklardaki alınabilir fosfor stokları (kg/ha).....40

Tablo 4.17: Toprakların değiştirilebilir potasyum konsantrasyonları (mg/kg). 41

Tablo 4.18: Toprakların değiştirilebilir potasyum stokları (kg/ha). 41

Tablo 4.19: Toprakların değiştirilebilir kalsiyum konsantrasyonları (mg/kg). 42

Tablo 4.20: Toprakların değiştirilebilir kalsiyum stokları (kg/ha). 42

Tablo 4.21: Toprakların değiştirilebilir magnezyum konsantrasyonları (mg/kg). 43

Tablo 4.22: Toprakların değiştirilebilir magnezyum stokları (kg/ha). 44

Tablo 4.23: Ölü örtü tabakalarının ağırlıkları (t/ha). 45

Tablo 4.24: Yaprak+çürüntü tabakalarının karbon ve besin maddesi konsantrasyonları.....46

Tablo 4.25: Yaprak+çürüntü tabakasındaki karbon ve besin maddesi stokları. 46

Tablo 4.26: Humus tabakalarının karbon ve besin maddesi konsantrasyonları. 47

Tablo 4.27: Humus tabakasındaki karbon ve besin maddesi stokları.....48

Tablo 4.28: Ölü örtüdeki organik karbon ve besin maddeleri stokları. 49

Tablo 4.29: Ölü örtüdeki organik karbon stokları. 50

Tablo 4.30: Ölü örtü ve topraktaki azot stokları (t/ha). 51

Tablo 4.31: Ölü örtü ve topraktaki fosfor stokları (kg/ha). 51

Tablo 4.32: Ölü örtü ve topraktaki potasyum stokları (kg/ha). 52

Tablo 4.33: Ölü örtü ve topraktaki kalsiyum stokları (kg/ha). 52

Tablo 4.34: Ölü örtü ve topraktaki magnezyum stokları (kg/ha). 53

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

°C : Santigrad Derece
C : Karbon
Ca : Kalsiyum
CO_2 : Karbondioksit
Çm : Sahil çamı
EC : Elektriksel İletkenlik
Gn : Gürgen
ha : Hektar
HCl : Hidroklorik Asit
$HClO_4$: Perklorik Asit
HNO_3 : Nitrik Asit
K : Potasyum
Kn : Kayın
Ks : Kestane
Mg : Magnezyum
N : Azot
Na : Sodyum
p : Önem Düzeyi
P : Fosfor
pH : Bir Çözeltinin Asitlik veya Bazlık Derecesini Tarif Eden Ölçü Birimi

Kısaltmalar **Açıklama**

1NÇm **:** Kırklı Yaşlardaki Birinci Nesil Sahil Çamı
2NÇm **:** On Yaşındaki 2. Nesil Sahil Çamı
Anon : Anonim
CIFOR : Uluslararası Ormancılık Araştırma Merkezi
diğ : Diğerleri
FAO : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GY : Genç Yapraklı

ISO : Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu

NPK : Azot Fosfor Potasyum

OGM : Orman Genel Müdürlüğü

Ort : Ortalama

PE : Potansiyel Evapotranspirasyon

SS : Standart Sapma

TOK : Toprak Organik Karbonu

USDA : Amerika Tarım Bakanlığı

Y+Ç : Yaprak+Çürüntü

YY : Yaşlı Yapraklı

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİT-KERPE YÖRESİNDEKİ SAHİL ÇAMI AĞAÇLANDIRMALARININ TOPRAKTAKİ KARBON ve BESİN MADDESİ STOKLARINA ETKİSİ

Selin ÖZBAY

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY

Ülkemizde yaklaşık 50 yıl kadar önce başlanan hızlı gelişen türlerle ağaçlandırma çalışmalarında idare sürelerinin sonuna gelinmiş olup, bazı yerlerde ikinci rotasyon ağaçlandırmalara başlanmıştır. Ancak ikinci rotasyon ağaçlandırmalarda tıraşlama kesimleri ile diri örtü ve ölü örtü temizleme ile kök sökme ve toprak işleme gibi faaliyetlerin ölü örtü ve toprak özellikleri üzerine çok fazla araştırma bulunmamaktadır.

Bu amaçla endüstriyel ağaçlandırmaların gerçekleştirildiği Kocaeli İli Kerpe Yöresindeki Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne ait araştırma ormanında çalışılmıştır. Araştırma ormanında, sahil çamının ilk örneklerinin (1. nesil) bulunduğu ve 2. rotasyon sahil çamı ağaçlandırmasında kullanılan çeşitli toprak işleme yöntemlerinin ölü örtü ve toprak özellikleri üzerindeki etkilerinin incelendiği başka bir araştırmaya ait ağaçlandırmalardan örnek alanlar kullanılmıştır. Çalışmada doğal yapraklı baltalık ormandan (YY) 10 adet, bu baltalık ormanın tıraşlanarak sahil çamı ile ağaçlandırıldığı yaklaşık 40 yaşındaki sahil çamı ağaçlandırmalarından (1NÇm) 10 adet, söz konusu sahil çamı ağaçlandırmalarının tıraşlanmasından sonra 2. rotasyon olarak yeniden sahil çamı ağaçlandırması yapılan 10 yaşlı bireylerin bulunduğu alandan (2NÇm) 10 adet ve yaşlı baltalıkların tıraşlanmasından sonra sürgünden gelen 10 yaşındaki genç baltalıktan (GY) 4 adet olmak üzere toplam 34 adet örnek alanda çalışılmıştır. Böylece yapraklı bir ormanın ibreli ormana (1. rotasyon) ve bu ibreli ormanın tıraşlanarak 2. rotasyona dönüştürülmesinin, yapraklı

ormanın tıraşlanarak baltalık şeklinde gençleştirilmesinin ölü örtü ve toprak özellikleri üzerine etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Tesadüfi olarak belirlenmiş 34 adet örnek alanın her birinden birer adet toprak çukuru açılarak, 6 derinlik kademesinden (0-5, 5-15, 15-30, 30-50, 50-70 ve 70-100 cm) 1000 cm^3'lük silindirlerle toprak örneği alınmıştır. Her toprak çukurunun etrafından 0,25 x 0,25 m ebatlarındaki çerçeveyle beşer adet ölü örtü örneği toplanmıştır. Ölü örtü ve toprak örneklerinde C, N, P, K, Ca, Mg içerikleri ile toprağın bazı fizikokimyasal özellikleri (tekstür, pH, EC, $CaCO_3$) belirlenmiştir. Çalışma sonucunda 2. nesil sahil çamı ağaçlandırmalarında ölü örtü miktarının ve ölü örtüdeki karbon ve besin maddesi stoklarının önemli derecede azaldığı ve 10 yıllık dönemde yaşlı meşcerelerle oluşan farkların kapanmadığı ortaya konmuştur. Topraklardaki organik karbon (TOK) stokları ikinci nesil sahil çamı ağaçlandırmalarında birinci nesile göre %31, genç yapraklı meşcerelerde ise yaşlı yapraklı meşcerelere göre %28 oranında daha yüksek bulunmasına rağmen bu farklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Benzer durum azot stokları için de söz konusudur. Diğer besin maddelerinden fosfor stoklarının, 2. nesil sahil çamı ve genç yapraklı meşcerelerde yaşlı meşcerelere göre sırasıyla %73 ve %71 kadar az olduğu; bu azalmanın K stoklarında %16 ve %22, Mg stoklarında ise %7 ve %6 kadar olduğu dikkat çekmektedir. Bu farklardan sadece P stoklarının istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Hızlı gelişen türlerle yapılan 2. nesil ağaçlandırmaların topraklarda besin maddesi noksanlığına yol açtığı belirlenmiş olup, bu nedenle kesim artıklarının tamamının olmasa bile en azından en fazla besin maddesi içeren yaprak ve dalların ormanda bırakılmasının gerektiği önerisinde bulunulmuştur.

Mayıs 2019, 71 sayfa.

Anahtar kelimeler: Hızlı gelişen türler, ağaçlandırma, rotasyon, karbon, besin maddesi, sahil çamı.

SUMMARY

M.Sc. THESIS

EFFECT OF MARITIME PINE PLANTATIONS ON SOIL CARBON AND NUTRIENT STOCKS IZMIT-KERPE DISTRICT

Selin ÖZBAY

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Forest Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY

The plantation activities of fast growing tree species were started approximately 50 years ago. It is the end of these rotation periods for these plantations and in some regions, second rotations has begun. However, there are not enough researches and studies on removal of understory and litter with clear cuts and effects of uprooting and soil plowing (tillage) on the litter and soil properties.

For this purpose, this study was conducted at the research forest in the Kerpe region of Kocaeli Province in the industrial plantation site that belongs to the Poplar and Fast-Growing Trees Institute. At the research forest, sample areas were used from the plantations containing the first samples of the maritime pine (1st generation) and 2nd rotation maritime pine plantation that belong to another study where the effects of various tillage methods on litter and soil properties were studied. For this study, a total of 34 sample areas were taken. Among these, 10 were from natural coppice forests (YY), 10 were from approximately 40-year-old plantations (1NÇm) that were afforested with maritime pines after the clear-cuts from coppice originated stands, 10 were from an area with 10 year old individuals where 2nd rotation plantations (2NÇm) were generated after the clear-cut of the aforementioned maritime pine afforestations and finally 4 sample areas of the 10-year-old sprout stems originated from coppice stumps. Thus, the determination of the effects of converting a broadleaved coppice forest to coniferous forest (1st rotation); the conversion of these forests to 2nd rotation with clear-cut and regeneration of the coppice forests with clear-cuts on litter and soil properties was aimed.

One soil pit was dug from each of the 34 randomly selected sample areas. The soil samples from 6 depth intervals (0-5, 5-15, 15-30, 30-50, 50-70 and 70-100 cm) were taken from each soil pit with 1000 cm^3 soil cylinders. A total of 5 litter samples were collected using 0.25 m x 0.25 m frames in each sample plot. C, N, P, K, Ca, Mg contents of litter and soil samples and also some physicochemical properties (soil particle size distribution, soil reaction, electrical conductivity and calcium carbonate) were determined. As a result of this study, it was understood that amount of litter and C and nutrient stocks were decreased significantly in the 2^{nd} generation maritime pine plantations, and in the ten year period difference with older stands did not produce the necessary levels of nutrient stocks in the soil. Although it was found that the organic C stocks in the soils of 2^{nd} generation plantations were 31% higher than 1^{st} generation and organic C stocks of young broadleaved stands were 28% higher than older stands, with differences that were not significantly important. The results of N stocks were also similar. As an other nutrient, K stocks of 2^{nd} generation and young broadleaved stands were 73% and 71% lower than older stands respectively. The reducing conditions were obtained also in P stocks with 16% and 22% and Mg stocks with 7% and 6% respectively. Among the differences, only the P stock values were statistically significant. It was determined that the 2^{nd} generation plantation activities with fast growing tree species causes soil nutrient deficiency. Thus, it is recommended to leave the nutrient rich tree components such as leaves, branches and twigs on the ground after the clear-cutting, if it would not be possible to leave all residue biomass on the forest floor.

May 2019, 71 pages.

Keywords: Fast growing trees, plantation, rotation, carbon, nutrient, *Pinus pinaster*.

1. GİRİŞ

Nüfusun artmasıyla doğal kaynakların sürdürülebilirliği zorlaşmaktadır. Hızlı nüfus artışı bir yandan yerleşim ve tarım alanı açılması gibi amaçlar için ormanlar üzerindeki baskıyı yoğunlaştırırken, diğer yandan orman ürünlerine olan talebin de artmasına yol açmaktadır. Bu durum da ormanlardan daha fazla üretim yapılması ile sonuçlanmaktadır. Ayrıca küresel ısınma ve iklim değişikliği bir yandan karbon yutağı olan ormanları daha önemli hale getirirken, diğer yandan odunun yenilenebilir bir enerji kaynağı olması da odun hammaddesi talebini arttırmaktadır. Nitekim küresel ölçekte yuvarlak odun üretimi 2016 yılında 1980 yılına göre %19 artarak 3,74 milyar m^3 olarak gerçekleşmiştir (FAO, 2018a). 2016 yılı verilerine göre işlenmiş ağaç ürünleri üretimi 468 milyon m^3, ahşap esaslı panel üretimi ise 416 milyon m^3 olmuştur. Bu iki ürünün 1980 yılına göre üretimindeki artış ise sırasıyla %11 ve %310 olarak kaydedilmiştir (FAO, 2018a). Ayrıca 2016 yılında tüm dünyada 29 milyon ton odun peleti, 192 milyon ton kâğıt hamuru, 409 milyon ton kâğıt ve karton üretilmiştir. Geri dönüşümle kazanılan kâğıt miktarı ise 230 milyon ton kadardır (FAO, 2018a). Küresel ölçekte sadece yuvarlak odun, işlenmiş ağaç ürünleri ve ahşap esaslı panel üretimi toplamı yıllık 4,23 milyar m^3'e ulaşmış olup, bu değerin 2050 yılında 10 milyar m^3/yıl'a çıkacağı tahmin edilmektedir (FAO, 2018b).

Doğal ormanlar üzerindeki baskıyı azaltarak ormanların korunması ve ekolojik dengenin kurulması amacıyla endüstriyel ağaçlandırmalar yapılmaktadır. Endüstriyel ağaçlandırmalarda, hızlı gelişen, kısa idare süreli ağaçlar kullanılarak birim alandan maksimum verim elde etmeye çalışılmaktadır. Birler (2009) tarafından doğal ormanlarda yılda 2-4 m^3/ha artım sağlanırken, endüstriyel ağaçlandırmalarda yılda 10 m^3/ha odun hammaddesi artımı elde edilebildiği açıklanmaktadır. Endüstriyel plantasyon çalışmalarını desteklemek ve geliştirmek için 1970'li yılların başında FAO desteği ile "Türkiye'de Endüstriyel Ormancılık Ağaçlandırmaları Projesi" başlatılmıştır. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsünce söz konusu proje kapsamında, sahil çamı (*Pinus pinaster*) ve radiata çamı (*Pinus radiata*) gibi hızlı gelişen ağaçlarla denemeler kurularak araştırmalar yapılmıştır. Sahil çamı; rüzgâr, kuraklık ve sel gibi etmenlerden fazla etkilenmemesi, fakir topraklarda yaşayabilmesi, doğal ortamında hızla büyümesi, doğal yetişmediği yerlerde de iyi bir şekilde büyümesi, odunundan kerestelik ve kâğıtlık olarak faydalanılması gibi avantajlı özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir

(Saatçioğlu, 1969; Tunçtaner ve diğ., 1985). Anon., (1982)'in değerlendirme raporunda ise Korsika orijininin ülkemiz koşullarına adaptasyonunun daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Türkiye'de 2000'li yıllardan itibaren 40 yaşını aşan ve idare süresini dolduran endüstriyel ağaçlandırmaların hasattan sonra ne yapılacağı tartışılmaya başlanmıştır. 2010'lu yılların başında bazı yerlerde sahil çamının tohumdan çok kolay gençleştiği öne sürülerek tohum ile gençleştirilmesinin gerektiği, böylece ağaçlandırmalardaki arazi hazırlığı ve toprak işleme masraflarının da olmayacağı ifade edilmiştir. Buna karşılık sahil çamı ağaçlandırmalarının endüstriyel ağaçlandırma kategorisinde olduğu, bu nedenle 2. rotasyon döneminde arazi hazırlığı ve toprak işleme yöntemleri kullanılarak ıslahı tamamlanmış fidanlarla ağaçlandırma yapılması gerektiğini savunanlar da olmuştur. Sonuç olarak sahil çamıyla 2. rotasyonda da endüstriyel ağaçlandırma yapılmaya devam edilmesinde uzlaşılmıştır. Ülkemizde 1. rotasyon sonuna gelen endüstriyel ağaçlandırmaların geleceği tartışılırken; dünyada atmosferdeki sera gazları konsantrasyonlarının artması, ağaçlandırma çalışmalarının öneminin de artmasına neden olmuştur. İklim değişikliğine uyum çalışmaları kapsamında sürdürülebilir şekilde işletilen orman alanlarından üretilen odunun yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi, fosil yakıt ya da petrol türevi olan hammaddeler ile karbon ayak izi yüksek ürünler yerine odunun ikame edilmeye başlaması odun hammaddesine olan talebi arttırmıştır. Bu nedenlerle 2010'lu yılların başında Orman Genel Müdürlüğü, odun hammaddesi işleyen endüstrinin yaygınlaşması ve oduna olan talebin artması üzerine endüstriyel ağaçlandırmalara önem vermeye başlamış ve 2013 yılında "Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı" hazırlamıştır (Anon., 2013).

Odun hammaddesi ihtiyacının karşılanmasına yönelik kurulan ağaçlandırmalarda; ağaçların idare süresi sonunda kökleriyle birlikte sökülerek çıkartılmasının ya da arazi hazırlığı sırasında sahada kalan köklerin sökülerek şeritler halinde yığılmasının ve ölü örtü ile kesim artıklarının da benzer şekilde kaldırılmasının karbon ve besin maddesi stoklarında azalmalara neden olduğu bilinmektedir (Zhang ve diğ., 2004; Chen ve diğ., 2005; Li ve diğ., 2015). Hatta bu nedenle 2. ve 3. rotasyonlarda yetişme ortamları fakirleştiği için ağaçların bitkisel kütleleri de azalabilmektedir. Dolayısıyla ikinci ve üçüncü nesil endüstriyel ağaçlandırmalarda topraktaki besin maddesi ve organik karbon stokları azalabilmektedir (Zhang ve diğ., 2004). Gübreleme yapılması bu olumsuzlukların giderilebilmesi için endüstriyel ağaçlandırmalarda çoğunlukla uygulanan bir önlemdir.

Ülkemizde doğal ormanların tıraşlanarak hızlı gelişen ibreli türlerle ağaçlandırılmasının ve bu işlemler sırasında uygulanan arazi hazırlığı ile toprak işleme yöntemlerinin ölü örtü ve toprak özellikleri üzerine etkisi çeşitli çalışmalarla araştırılmıştır (Kantarcı, 1981; Kantarcı, 1982; Kantarcı, 1983; Tolay ve diğ., 1983; Hızal ve diğ., 1991; Hızal ve diğ., 2015). Ancak ülkemizde ikinci rotasyon çalışmalarına yeni başlandığından, toprak ve ölü örtü üzerinde yaptıkları etkilere dair henüz bir araştırma bulunmamaktadır. Bu amaçla, Kerpe Araştırma Ormanında; yaşlı yapraklı baltalıktan (YY), yaşlı baltalıkların tıraşlanmasından sonra yeniden baltalık olarak işletilen 10 yaşındaki genç baltalıktan (GY), 1. nesil olarak adlandırılan yaklaşık 40 yaşındaki sahil çamı ağaçlandırmalarından (1NÇm), 2. nesil olarak adlandırılan yine 10 yaşındaki sahil çamı ağaçlandırmasından (2NÇm) ölü örtü ve toprak örnekleri alınarak topraktaki besin maddesi ve organik karbon miktarında değişiklik olup olmadığı araştırılmıştır. 1NÇm ağaçlandırmaları araştırma ormanındaki endüstriyel ağaçlandırmaların ilk örneklerinin gerçekleştirildiği sahalardır. 2NÇm ağaçlandırması Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsünce yürütülen "İzmit, Kerpe Yöresinde Sahilçamı (*Pinus pinaster* Aiton) İkinci Kuşak Ağaçlandırmalarında Kullanılan Çeşitli Toprak İşleme Yöntemleri, Toprak Özellikleri ve Ağaç Büyümeleri Arasındaki İlişkiler" adlı projenin örnek alanıdır.

2. GENEL KISIMLAR

CIFOR (2002)'a göre orman ağaçlandırmaları, ormanlaştırma veya yeniden ormanlaştırma sürecinde yerli ya da yabancı ağaç türlerinin ağaç dikimi ya da tohum ekimi yoluyla yetiştirildiği ormanlardır. Endüstriyel ağaçlandırmalar ise, yine ormanlaştırma veya yeniden ormanlaştırma sürecinde yerel veya dış piyasalara malzeme tedarik etmek üzere dikim ve/veya ekim yoluyla kurulan, düzenli bir aralık mesafe ile yetiştirilen, işletme yoğunluğu fazla olan aynı yaşlı meşcerelerdir. Ek olarak, CIFOR, çoğunlukla dışarıdan getirilen ve/veya bir ya da iki yerli ağaç türü ile kurulmuş olan pazardaki birkaç büyük ölçekli sanayi kuruluşundan birine entegre edilen ağaçlandırmaları endüstriyel ağaçlandırma olarak kabul etmektedir (Rodriguez ve diğ., 2014).

Overbeek ve diğ. (2012) de endüstriyel ağaçlandırmaları çoğunlukla hızlı gelişen okaliptus, çam ve akasya türleri gibi egzotik ağaçlar ile kauçuk, palmiye yağı, kâğıt hamuru üretimi için kurulan büyük ölçekli ve yoğun olarak işletilen aynı yaşlı monokültürler olarak tanımlamaktadır (Rodriguez ve diğ., 2014). Evans (2004)'a göre de endüstriyel ağaçlandırmaların birincil amacı verimli orman ürünü yetiştirmektir (Rodriguez ve diğ., 2014).

Ülkemizde ise Birler (2009) tarafından endüstriyel ağaçlandırma; verimli topraklarda, yoğun toprak hazırlama ve bakım teknikleri uygulanarak ve genetik olarak ıslah edilmiş yüksek verim gücünde ağaç türleri (orijinler, klonlar) kullanılarak tesis edilen ve nispeten kısa idare süreleri sonunda hasat edilebilen ağaçlandırmalar olarak tanımlanmaktadır. Birler (2009) yukarıdaki tanımlara ek olarak endüstriyel orman ağaçlandırmalarında yıllık odun hammaddesi artımının en az 10 m^3/ha olması gerektiğini ve hasat için gerekli idare süresinin ise 10-30 yıl arasında değişebildiğini ifade etmektedir.

Ülkemizde odun üretiminin talepleri karşılayamayacağı öngörüsüyle ağaçlandırma hedefleri 1950'li yıllarda tartışılmaya başlanmıştır. Bu amaçla I. Beş Yıllık Kalkınma Planında her yıl 5000 hektar alanın ağaçlandırılması planlanmıştır. 1963'ten 1966 yılına kadar yapılan ilk çalışmaların sonuçları, endüstriyel ağaçlandırma hedefinin 2000 yılında yaklaşık 300.000 hektar olmasını sağlamıştır (Turan, 1982).

Ülkemizde ağaçlandırma çalışmalarının tarihi çok eskilere dayanmaktadır. 2016 yılı Ormancılık İstatistiklerinde 1946-2016 yılları arasında ağaçlandırılan alan miktarının 2,34

milyon ha kadar olduğu açıklanmaktadır (OGM, 2017). Sahil çamı ile gerçekleştirilen ilk ağaçlandırma çalışması, Durusu (Terkos) Gölü'nün kuzeyinde kalan kumulun durdurulması amacıyla 1885-1887 yılları arasında Durusu tesislerini işleten bir Fransız firması tarafından gerçekleştirilmiştir (Atay, 1964). Land orijinli sahil çamı ile kurulan bu ağaçlandırmaların çok başarılı olmaması üzerine sahil çamı ağaçlandırmalarına ara verilmiştir. 1950 yılında, İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Hasılatı ve Biyometri Anabilim Dalı tarafından dört farklı orijine (Gironde, Toulon, Korsika ve İspanya) ait sahil çamı tohumları getirilerek çeşitli denemeler oluşturulmuştur (Akalp (2002)'e atfen Akgül, 2010). Orman Bakanlığı tarafından 1963 yılında örnek bazı hızlı gelişen türlerle endüstriyel ağaçlandırmalar kurulmaya başlanmıştır (Turan (1982)'a atfen Akgül, 2010). Bu konuda öncelik kavağa verilmiş ve 1962 yılında Kavakçılık Araştırma Enstitüsü kurulmuştur. Enstitünün çalışma konularına 1967 yılında okaliptus, 1968 yılında da ibreli yabancı tür orman ağaçları eklenmiş ve enstitünün adı 1970 yılında Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü olarak değiştirilmiştir (Ercan, 2014). Söz konusu enstitü günümüzde de Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü adıyla faaliyetine devam etmektedir.

1960'lı yıllarda başlayan ve çoğunlukla sahil çamı kullanılan hızlı gelişen türlerle endüstriyel ağaçlandırmalar arzu edilen düzeylerde olmamış ve 1972 yılında ancak 17127 ha'a ulaşmıştır. (AEKGM, (1973)'e atfen Hızal ve diğ., 2015). Hızlı gelişen türlerin kullanıldığı endüstriyel ağaçlandırmaların yaygınlaşması amacıyla FAO desteği ile 1972 yılında "Türkiye'de Endüstriyel Ormancılık Ağaçlandırmaları" Projesi başlatılmış olup, bu kapsamda TUR/71/521 FAO Projesi ile 1974-1976 yıllarında Kerpe'de (İzmit), 1975-1976 yıllarında Kayalı Tepe'de (İzmit) ve Gemlik-Narlı'da (Bursa) örnek endüstriyel ağaçlandırmalar kurulmuştur (Hızal ve diğ., 2015). Sıralanan bu alanlarda yapraklı türlerden oluşan ve verimsiz baltalıklar şeklinde işletilen ormanların yerine tür değişikliğine gidilerek sahil çamı ve radiata çamı ile ağaçlandırmalar yapılmıştır (Hızal ve diğ., 2015). Ülkemizde bu türlere ek olarak *Populus x euramericana, Populus deltoides, Eucalyptus camaldulensis, Eucalyptus grandis, Pinus teada, Pseudotsuga menziesii* türleri endüstriyel plantasyonlarda kullanılmıştır (Birler, 2009). Bunlara ek olarak yerli türlerimizden *Pinus brutia, Abies nordmanniana* ssp. *equi-trojani*, iyi yetişme ortamlarında *Pinus nigra, Alnus glutinosa, Alnus barbata, Fraxinus exelsior* ve *Platanus orientalis* türlerinin de hızlı gelişen tür performansı gösterdiği ifade edilmektedir (Tunçtaner, 2007).

Orman Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye'de 1981 yılına kadar gerek devlet eliyle gerekse özel sektör eliyle 80.000 ha alanda endüstriyel ağaçlandırma yapıldığı ifade edilmektedir (Anon., 2013). Daha sonraki yıllarda hızlı gelişen türlerle yapılan ağaçlandırmalar azalmıştır. 2000'li yıllardan itibaren odun hammaddesi işleyen sanayinin gelişmesi, özellikle yonga-levha, lif levha, kontrplak üreten tesislerin sayısındaki artış, odunun yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanımının ön plana çıkması nedenleriyle OGM (Orman Genel Müdürlüğü) tarafından 2013-2023 yıllarını kapsayan Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı hazırlanmıştır. Bu eylem planında kavak, kızılağaç, okaliptus, dışbudak, kızılçam ve sahil çamı türleri kullanılarak eylem planı süresi içinde 165 bin ha kadar bir alanda endüstriyel ağaçlandırma yapılması hedeflenmiştir (Anon., 2013).

Ülkemizdeki endüstriyel ağaçlandırmalarda kullanılması planlanan türlerden olan ve sunulan bu çalışmada incelenen sahil çamı çoğunlukla kıyı kesimlerde yetişen bir türdür. Rüzgârdan, kuraklıktan ve selden fazla etkilenmemektedir. Fakir topraklarda yaşamını sürdürebilmektedir. Doğal yetiştiği ortamlarda hızlı bir büyüme gerçekleştirmekte ve sahil çamından kerestelik ve kâğıtlık odunlar elde edilmektedir. Benzer ve iyi yetişme şartlarına sahip fakat doğal olarak varlık göstermediği sahalarda da iyi bir gelişim sergilemektedir (Saatçioğlu, 1969). Tunçtaner ve diğ. (1985) sahil çamının egzotik ve hızlı gelişen ibreli türlerin başında geldiğini; özelliklerinin iyi olması nedeniyle endüstriyel ağaçlandırmalarda bir asırdan fazla zamandır kullanıldığını belirtmektedir. Bu türün Land orijini ülkemize yukarıda açıklandığı üzere 1888 yılında ilk olarak Fransızlar tarafından getirilmiştir. Ancak Tunçtaner ve diğ. (1985) yaptıkları çalışmada, Marmara ve Batı Karadeniz Bölgelerinde Korsika ve Fas orijinli sahil çamlarının iyi bir gelişim gösterdiğini tespit etmişler ve endüstriyel ağaçlandırmalarda kullanılmasını önermişlerdir. Anon., (1982)'in değerlendirme raporunda ise Korsika orijininin ülkemiz koşullarına adaptasyonunun daha iyi olduğunu belirtmiştir.

Sahil çamı; Tunus, İspanya, Portekiz, Fransa, Güney Afrika, Avustralya, Yeni Zelanda, İngiltere, Arjantin, Uruguay, Yugoslavya ve Şili'de endüstriyel ağaçlandırmalarda yıllardır kullanılmaktadır (Saatçioğlu, 1969; Eraslan, 1983; Scott, 1962'ye atfen Tunçtaner ve diğ., 1985; Özcan, 2003).

Endüstriyel ağaçlandırmalarda yoğun bir toprak işleme yapıldığı için toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişimler olduğu birçok çalışma ile ortaya konmuştur. Bunlardan Kerpe'deki TUR-71/521 projesi kapsamında yapraklı ormanın tıraşlanarak sahil çamı ile

ağaçlandırıldığı alanlarda, dikimden 5 yıl sonraki sonuçlara göre diri örtü ve toprak işleme yöntemlerine göre ölü örtü ve toprak özelliklerine etkiler farklı olmaktadır. Kantarcı (1981) tarafından yürütülen araştırmada diri örtü temizliği ve toprak işlemenin topraklardaki karbon (%C) ve azot (%N) değerlerini düşürdüğü, bazı diri örtü temizlik yöntemlerinin (kesici bıçakla, tarakla diri örtü temizliği vb.) üst toprağın taşınmasına neden olduğu, bu durumda alt derinliklerdeki sıkışmış toprağın yüzeye çıkmasına bağlı olarak hacim ağırlığının arttığı, diri örtünün sökülmesi, şeritler halinde yığılması ya da yakılmasına bağlı olarak ölü örtü miktarının baltalık ormanlara kıyasla %94'e varan oranlarda azaldığı açıklanmaktadır. Toprakların %C oranlarında %55 ve %N oranlarında %20 kadar azalmalar olduğu da belirlenmiştir.

Tolay ve diğ. (1983) tarafından da yine Kerpe'deki sahil çamı ağaçlandırmalarından önceki arazi hazırlığı ve toprak işleme yöntemlerinin toprakların fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; toprak işleme yapılan bazı parsellerde kil oranı artmış olup, bu durum üst toprağın diri örtü temizleme sırasında taşınmış olmasından kaynaklandığı açıklanmaktadır. Özellikle tarakla bitki örtüsü temizliği yapılmasının toprağın hacim ağırlığında %26'ya varan artışlar belirlenmiştir. Yine tarakla diri örtü temizliğinin üst toprakta gözenek hacminde azalmaya neden olduğu ancak toprak işleme ile gözenek hacminde artışlar da gerçekleştiği ortaya konmuştur. Ancak anılan bu fiziksel toprak özelliklerinde 8 yıllık sürede bozulmalar olduğu açıklanmaktadır (Hızal ve diğ., 1991). Aynı çalışmaların devamı olarak gerçekleştirilen diğer bir araştırmada ise ağaçlandırmadan 21 yıl sonra bazı fiziksel toprak özellikleri tekrar incelenmiş ve ağaçlandırmadan 8 yıl sonraki değerlere göre hacim ağırlığı, gözenek hacmi, nem ekivalanı ve hava kapasitesi özelliklerinin nispeten iyileştiği, ancak su tutma kapasitesindeki bozulmaların devam ettiği belirtilmektedir (Hızal ve diğ., 2010).

Hızlı gelişen türlerle gerçekleştirilen endüstriyel ağaçlandırmaların toprakların kimyasal özellikleri üzerine etkisine dair ülkemizde az sayıda araştırma yapılmıştır. Bunlardan Hızal ve diğ. (2015) tarafından yürütülen araştırmada Kocaeli ilindeki Kerpe Araştırma Ormanı, yine Kocaeli'deki Kayalı Tepe yöresi ve Bursa İlindeki Narlı Yöresinde 1974 yılında ağaçlandırmalardan önce ölü örtü ve toprak örnekleri alınmış ve daha sonra 2007 yılında ağaçlandırılmış alanlardan aynı yerlerden alınan ölü örtü ve toprakların pH, C, N, P, değiştirilebilir Ca, Mg, K ve Na analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak, iğne yapraklı ağaçlandırmaların bitki çeşitliliği üzerinde en azından 1. rotasyon döneminde fazla bir etkisinin olmadığını, bazı türlerin ağaçlandırmaların altında yaşayabildiğini, iğne yapraklı

ağaçlandırmalarda ölü örtünün geç ayrıştığını, yine bu ağaçlandırmaların toprak pH değerlerini düşürdüğünü, organik madde ve azot konsantrasyonlarını azalttığını tespit etmişlerdir (Hızal ve diğ., 2015). Ancak iğne yapraklı ağaçlandırmaların değiştirilebilir Ca ve Mg iyon miktarını arttırdığı, P ve Na konsantrasyonlarının ise yapraklı ormanlarla benzer olduğunu ifade etmişlerdir (Hızal ve diğ., 2015).

Ülkemizde endüstriyel ağaçlandırmaların tıraşlanarak ve yeniden aynı türle ağaçlandırılması çalışmaları oldukça yenidir. Bu nedenle endüstriyel ağaçlandırmalarda 2. veya 3. rotasyonların ölü örtü ve toprak özelliklerine etkisine yönelik araştırma bulunmamaktadır. Yurt dışında yapılan çalışmalarda ise 2. ve 3. nesil ağaçlandırmaların ağaçlarda büyüme kaybı da dâhil olmak üzere ölü örtü ve toprak özelliklerini olumsuz etkilediğine dair çeşitli araştırmalar mevcuttur.

Bu araştırmalardan birisinde *Cunninghamia lanceolata* (Lamb) Hook türü ile yapılmış ağaçlandırmalarla ilgili araştırmalar derlenmiştir (Zhang ve diğ., 2004). Söz konusu türün doğal yapraklı türlerin tıraşlanması, kesim artıkların yakılmasından sonra dikildiği ve yaklaşık olarak 25 yıllık rotasyonlarla işletildiği açıklanmaktadır. Birbiri ardına yapılan 3 rotasyonun değerlendirildiği çalışmada *Cunninghamia lanceolata* ile yapılan ağaçlandırmaların 3 rotasyon süresince bitkisel kütle, toprak organik karbon ve azot stoklarını azalttığı buna karşılık toprak hacim ağırlığını arttırdığı belirlenmiştir. Bitkisel kütle azalması ve toprakların bozulması nedeni olarak ağaçlandırmalardan önce uygulanan saha hazırlığı ve toprak işleme yöntemleri gösterilmiştir. *Cunninghamia lanceolata* ağaçlandırmaları öncesi kesim artıkları, ölü örtü, köklerin toplanarak yakıldığı ve daha sonra sürüldüğü ifade edilen çalışmada bu yöntemlerin toprak erozyonuna neden olduğu, böylece organik karbon ve besin maddelerinin kaybolduğuna dikkat çekilmektedir. Toprak organik karbonunun, birinci ve ikinci rotasyonlar arasında %10, ikinci ve üçüncü rotasyonlar arasında ise %15 oranında azaldığı raporlanmıştır (Zhang ve diğ., 2004).

Bir diğer araştırmada Chen ve diğ. (2005), doğal yapraklı ormanın (~150 yaş) ibreli (33 yaşındaki 2 türde) ve yapraklı (33 yaşındaki 2 türde) plantasyonlara dönüştürüldüğü sahaların, ekosistemdeki karbon depolarını nasıl etkilediğini araştırmışlardır ve buna göre; yüzeyden 100 cm derinliğe kadar olan topraklarda toplam TOK stokunun, 123,9 ton/ha (doğal yapraklı) ile 102,3 ton/ha (ibreli) arasında değiştiğini ve en fazla organik karbonun doğal ormanda depolandığını, doğal ormanlarla suni plantasyonlar arasında TOK konsantrasyonları ve stokları

bakımından sadece iki derinlik kademesinde (0-10 cm ile 10-20 cm) istatiksel önemde anlamlı farkların ($p<0,01$) bulunduğunu, suni plantasyonlar arasında hiçbir derinlik kademesinde anlamlı bir farkın bulunmadığını ($p>0,05$) belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca ölü örtü miktarı, ölü örtüdeki karbon konsantrasyonunu ve karbon stokunu hesaplayarak doğal yapraklı ormanın yapraklı sûni plantasyonlara dönüştüğü sahalarda ölü örtü miktarı ve karbon stoku bakımından herhangi bir farkın olmadığı, doğal yapraklı ormanın ibreli sûni plantasyonlara dönüştüğü sahalarda ise karbon stoklarının belirgin bir şekilde azaldığı açıklanmaktadır. Yazarlar doğal ormanların TOK depolamadaki üstünlüğünü; suni plantasyonların kuruluşu sürecinde tahribata uğraması, doğal ormanda tür çeşitliliğinin daha fazla olması ve dolayısıyla organik C depolarının çeşitliliği, toprak ve ölü örtüdeki organik materyallerin fazla ve kaliteli olması gibi birkaç faktörün birleşimine dayandırmışlardır (Chen ve diğ., 2005).

Li ve diğ. (2015), kısa süreli rotasyonlarla (6-8 yıl) işletilen ardışık okaliptus ağaçlandırmalarının birinci ve ikinci rotasyonlarında toprak ve ölü örtüdeki organik karbon stoklarını incelemişlerdir. Sonuç olarak topraklarda 1. nesilde 86,02 t/ha olan TOK stoklarının 2. nesilde 77,38 t/ha'a düştüğünü, ölü örtü karbon stoklarının ise birinci rotasyon sonunda 2,90 t/ha, 2. rotasyon sonunda ise 3,56 t/ha olduğu ölçülmüştür. Çalışmada ayrıca her iki rotasyonda da ölü örtü ve toprak organik karbon stoklarının yıllara göre değiştiği belirlenmiştir. Birinci rotasyondaki ölü örtü miktarlarının 4. yıla kadar kademeli bir artış gösterirken daha sonraki yıllarda stabil kaldığı, ikinci rotasyonda ise stokların altı yıllık dönem içinde 1,20 ton/ha'dan 4,11 ton/ha'a ulaştığı, daha sonra ise bir miktar azaldığı ortaya konmuştur. Rotasyonların TOK stoklarının ise meşcere yaşı ile arttığı, TOK stoklarının sekiz yıllık dönemde birinci rotasyonda 75,23 t/ha'dan 86,02 t/ha'a, ikinci rotasyonda 67,55 t/ha'dan 77,38 ton/ha'a çıktığını açıklamaktadırlar (Li ve diğ., 2015).

Yousefi ve Darvishi (2013) İran'da yaptıkları araştırmada; 22 yaşlarındaki *Pinus brutia* L., *Populus nigra* L., *Acer velutinum* Boiss and *Fraxinus excelsior* L. türlerinden oluşan 4 plantasyonun ve doğal orman topraklarının 0-10, 10–20 ve 20–30 cm derinlik kademelerinden örnekler toplayarak, toprak pH_{KCl} ve pH_{H2O}'sı, toplam azot, toprak organik maddesi ve toprak organik karbon içerikleri, değiştirilebilir katyon (Ca, Mg ve K) içerikleri ve doygunluk nemi gibi toprak özelliklerine göre doğal ormanların sûni plantasyonlara dönüştürüldüğünde toprak özellikleri üzerinde meydana gelen değişiklikleri belirlemeyi amaçlamışlardır. Yaptıkları çeşitli analizlere göre; tüm orman topraklarının 0-10 cm derinlik kademesindeki toplam organik

maddesinin diğerlerine göre daha fazla miktarda bulunduğu; *Pinus brutia* L. plantasyonunun 0-10 cm derinlik kademesindeki toprak pH'sının diğer orman türlerinden önemli derecede daha düşük olduğu; değiştirilebilir K ve Ca içeriklerinin, sûni plantasyon ormanlarının topraklarında, doğal orman topraklarındaki tüm derinlik kademelerinden önemli derecede daha düşük çıktığı, orman tipleri arasındaki değiştirilebilir Mg içeriğinde çok az farklılık çıktığı; derinlik arttıkça Mg dışındaki bütün değiştirilebilir katyonların anlamlı bir azalma gösterdiği, tüm orman tiplerinde üst toprak neminin alt derinliklere nispeten daha fazla olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır. En sonunda bu verilere dayanarak, sûni plantasyonların çeşitli silvikültürel müdahalelerle karışık tür plantasyonlara dönüştürülmesinin gerektiğini, böylece toprağın fizikokimyasal özelliklerinin iyileşeceğini ifade etmişlerdir (Yousefi ve Darvishi, 2013).

Yang ve diğ. (2013) tarafından Çin'de yapraklı ormanların tıraşlanarak *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. ile ağaçlandırıldığı alanlarda toprak organik karbonu ve azot konsantrasyonları, mikrobiyal canlıkütle, C ve N mineralizasyonu incelenmiştir. Yapraklı ormanların organik karbon konsantrasyonları iki derinlik kademesinde (0-5 ve 5-15 cm) sırasıyla 65,8 ile 36,4 g/kg; *Larix gmelinii* plantasyonlarında ise 43,7 ile 20,9 g/kg; toplam azot miktarı iki derinlik kademesine göre sırasıyla, yapraklı ormanlarda 6,0 ve 3,6 g/kg, *Larix gmelinii* plantasyonlarında 3,9 ve 2,1 g/kg olarak hesaplanmıştır. Ayrıca mikrobiyal canlıkütle, C ve N mineralizasyonu ve hidrolitik enzimlerin aktiviteleri *Larix gmelinii* plantasyonlarında, yapraklı ormanlardakilerden istatiksel önemde daha düşük bulunmuştur. Yazarlar bu sonuçlarla *Larix gmelinii* ağaçlandırmalarının besin maddesi döngüsü oranıyla toprak kalitesinde gerilemeye sebep olduğu sonucuna varmışlardır (Yang ve diğ., 2013).

Chen ve diğ. (2017) tarafından Çin'de herdem yeşil yapraklı doğal ormanların tıraşlanarak *Cunninghamia lanceolata* ile ağaçlandırıldığı alanlarda TOK stoklarının genç (4-8 yaşında), orta yaşlı (13-20 yaşında) ve yaşlı (23-32 yaşında) ağaçlandırmalarda değişimini incelemişlerdir. Sonuç olarak genç ve yaşlı ağaçlandırmalarda toprak organik karbon stoklarının doğal ormanlara göre ortalama olarak 12,5 ve 28,7 t/ha azaldığı, ancak yaşlı ağaçlandırmalarla doğal ormanların TOK stokları arasında fark olmadığı ortaya konmuştur. Yazarlar doğal ormanların tıraşlanarak ağaçlandırılmasının ilk yıllarda TOK stoklarında azalmaya neden olarak CO_2 emisyonuna yol açtığını, rotasyon süresinin uzatılmasının ise ağaçlandırmaların TOK stokları üzerindeki olumsuz etkilerini azalttığını, çalışma özelinde bu

sürenin 27 yıl olduğu, bu durumun da iklim değişikliğinin azaltılması için kritik önem taşıdığını açıklamaktadırlar (Chen ve diğ., 2017).

Ülkemizde ayrıca sahil çamı ağaçlandırmalarının ölü örtü miktarı ile topraktaki organik karbon ve azot stoklarına etkisi ile ilgili de araştırmalar mevcuttur. Bunlardan Kerpe'de yürütülen bir araştırmada değişik saha hazırlığı ve toprak işleme yöntemlerinin uygulandığı 5 yaşındaki sahil çamı ağaçlandırmalarında ölü örtü miktarları 0,68-13,46 t/ha, TOK stokları ise 66,17-149,25 t/ha arasında bulunmuştur. Ölü örtü azot stoklarının ise 0,69-6,12 g/m^2 ve toprak azot stokları 591,41-860,10 g/m^3 arasında değiştiği açıklanmaktadır (Kantarcı, 1983).

Zengin (1998) tarafından Kerpe'de yürütülen bir araştırmada doğal yapraklı meşcerelerde ölü örtü miktarı 9,39-23,68 t/ha (ortalama 16,48 t/ha), sahil çamı ağaçlandırmalarında 18,41-36,25 t/ha (ortalama 24,55 t/ha) olarak belirlenmiştir. Tolunay ve Çömez (2008) ise Zengin (1998) tarafından verilen bu ölü örtü miktarlarının karbon olarak yapraklı ormanlarda 6,21 t/ha, sahil çamı ağaçlandırmalarında 9,24 t/ha'a karşılık geldiğini hesaplamışlardır.

Tecimen (2005) tarafından İstanbul Ağaçlı'da eski maden sahalarının rehabilitasyonunda kullanılan sahil çamı ağaçlandırmalarında değişik budama ve ayıklama şiddetleri üzerine yaptığı incelemede çalışma sırasında 15 yaşında olan ağaçlandırmalarda en yüksek ölü örtü miktarının 14,32 t/ha ile kontrol alanında, en az ölü örtü miktarının ise 6,42 t/ha ile %50 sistematik seçme ayıklama alanında olduğu belirlenmiştir. Toprakta en yüksek azot değerlerinin kontrol alanında (2002 yılında) (1,16 ton/ha/0,4m) en düşük azot değerlerinin ise %50 sistematik seçme ayıklama alanında (0,17 ton/ha/0,4m) olduğu bulunmuştur. Topraklardaki organik karbon stokları ise uygulamaların 4. yılında 14,7 t/ha/0,4m ile kontrol, 2,6 t/ha/0,4m ile %50 ayıklama alanlarında ölçülmüştür.

Yine Ağaçlı yöresindeki diğer bir çalışmada ortalama ölü örtü toplam ağırlığı 17.973,2 kg/ha ölü örtüde biriken toplam azot miktarı ise 113,90 kg/ha olarak bulunmuştur. Toprak organik karbon oranlarının ise derinliğe bağlı olarak değiştiği ve en yüksek 0-1 cm derinlikte %1,77, en az ise 30-40 cm derinlikte %0,69 olduğu açıklanmaktadır (Sever ve Makineci, 2009).

Tolunay ve diğ. (2017) ve Abdalmoula (2017) tarafından İstanbul'daki Durusu kumullarındaki sahil çamı ağaçlandırmalarında ölü örtü karbon stokları 4,4 t C/ha ile en az a gelişim çağındaki meşcerelerde en fazla ise 18,7 t C/ha ile cd gelişim çağındaki meşcerelerde belirlenmiştir. Toprak organik karbon stokları ise a gelişim çağından cd gelişim çağına doğru sırasıyla 5,14 t

C/ha, 7,99 t C/ha, 11,93 t C/ha ve 16,40 t C/ha olarak hesaplanmış olup, meşcereler yaşlandıkça ve çaplar kalınlaştıkça toprak karbon stoklarının arttığı rapor edilmiştir.

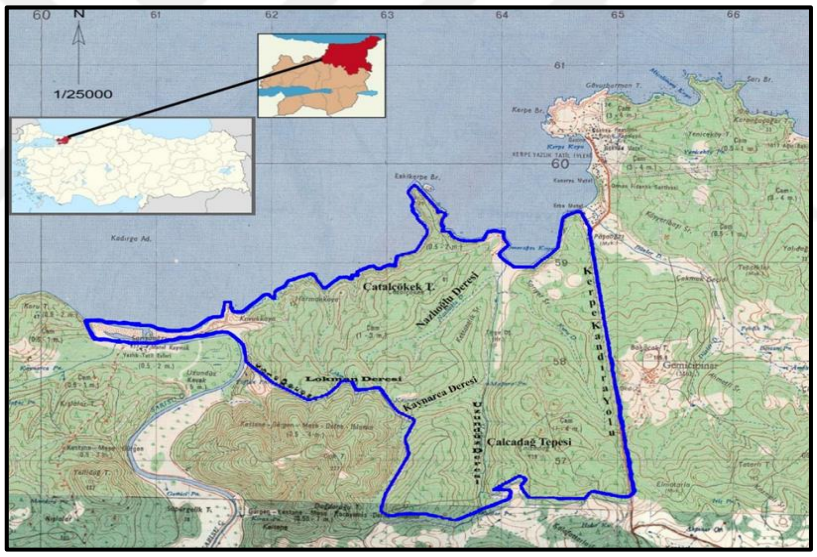
Tolunay ve Çömez (2008) ise Türkiye ormanlarında ölü örtü ve topraklarındaki karbon ile ilgili yürütülen araştırmaları derlemiş olup, Türkiye geneli için orman topraklarında hektar başına 78,0 ton, ölü örtüde 5,8 ton ve toplamda ise 83,8 ton organik karbon stoku bulunduğunu belirtmektedir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. MALZEME

3.1.1. Mevkii ve Yeryüzü Şekli

Kerpe Araştırma Ormanı, Kocaeli İli, Kandıra İlçesi, Kerpe yöresinde bulunmaktadır. 41º 07′ 40′′-41º 09′ 00′′ kuzey enlemleri ile 30º 09′ 30′′-30º 12′ 00′′ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Kuzey sınırı Karadeniz'le, doğu sınırı Kerpe Kandıra yoluyla, Güney sınırı batı yönünde uzanan Uzundüz ve Kaynarca dereleri ile batı sınırı ise Kaynarca Deresiyle kuzeye doğru giderek Lokman Deresi ve Köledere ile devam edip Karadeniz'de son bulmaktadır (Şekil 3.1). Arazi derelerle bölümlere ayrılmış olup, topoğrafyası dalgalıdır ve en yüksek yeri 154 m yüksekliğindeki bir tepedir (Gaddas, 1976).



Şekil 3.1: Kerpe Araştırma Ormanının Mevkii (Anon., 1982b).

3.1.2. İklim

İzmit Meteoroloji İstasyonunun 1993-2014 yılları arasında yaptığı ölçümlere göre (Tablo 3.1); yıllık ortalama sıcaklık 15,3 °C'dir. En sıcak aylar 22,3°C, 24,7 °C, 24,6 °C ile sırasıyla haziran, temmuz ve ağustos ayları, en soğuk aylar ise 6,7 ve 7,2 °C ile sırasıyla ocak ve şubat aylarıdır. Temmuz ayında 44,1 °C, en yüksek sıcaklık olarak; ocak ayında -9,7 °C en düşük sıcaklık olarak tespit edilmiştir. 30,7 °C yıllık ortalama yüksek sıcaklık değeri olup, yıllık ortalama düşük sıcaklık değeri ise 11,4 °C'dir. Yıllık ortalama yağış 781,7 mm'dir. Yağış, ortalama olarak aralık aylarında 108,3 mm ile en fazla değere ulaşmakta, mayıs aylarında 41,4 mm ile

en az değere düşmektedir. Yıllık ortalama bağıl nem %74,8'dir. Ocak ve şubat aylarında en fazla üç gün karla örtülüdür.

Tablo 3.1: İzmit meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik veriler (1993-2014).

Meteorolojik Elemanlar	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Aylık Ort. Yağış (mm)	97,6	76,1	84,4	55,6	41,4	50,4	42,2	53,6	51,7	92,7	83,0	108,3	837,0
Aylık Ort. Sıcaklık (mm)	6,7	7,2	9,0	13,3	18,2	22,3	24,7	24,6	20,9	16,3	12,0	8,6	15,3
Aylık Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	10,2	11,3	13,9	18,7	24,1	28,1	30,7	30,5	26,6	21,1	15,4	12,1	30,7
Aylık Ort. En Düşük Sıcaklık (C˚)	3,7	3,8	5,2	9,0	13,4	17,4	20,0	20,1	16,6	12,9	8,5	5,6	11,4
En Yüksek Sıcaklık (C˚)	23,7	26,0	30,8	34,7	36,6	38,7	44,1	38,9	37,2	36,2	28,4	27,4	44,1
En Düşük Sıcaklık (C˚)	-9,7	-6,7	-3,8	-0,9	2,8	9,8	19,9	13,9	8,0	2,4	-0,7	-3,9	-0,9
Aylık Ort. Bağıl Nem	78,4	75,8	73,8	71,7	70,8	69,3	70,9	74,5	76,4	80,9	78,9	76,5	74,8
Karla Örtülü Gün Sayısı	3,2	3,2	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	8,4
Aylık Hâkim Rüzgâr Şiddeti (m/sec)	23,5	29,8	25,8	27,1	22,1	20,5	18,2	21,1	23	20,4	26	28,2	29,8
Aylık Hâkim Rüzgâr Yönü	KB*	KB	KB	B	KB	K	KB	K, KB	B	K B	G, GD	KB	KB

*K: Kuzey; B: Batı; G: Güney; KB: Kuzeybatı; GD: Güneydoğu.

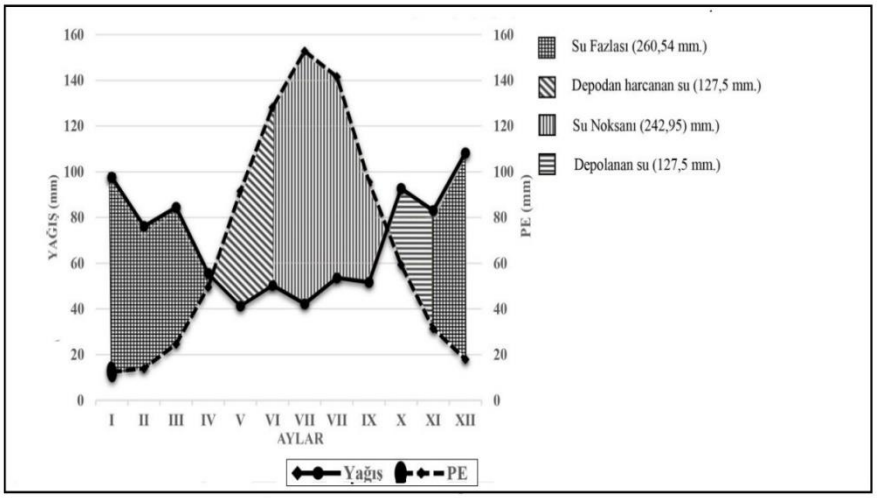
Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu (Tablo 3.2) düzenlenerek grafiği çizilmiş (Şekil 3.2) ve iklim tipi; "Yarı nemli, mezotermal (orta sıcaklıkta), yazın orta derecede su eksikliği olan, okyanus iklimine yakın iklim" olarak belirlenmiştir.

Kandıra Meteoroloji İstasyonundan elde edilen verilere göre (Tablo 3.3); yıllık ortalama sıcaklık 13,7 °C, en sıcak aylar haziran, temmuz ve ağustos ayları (20,6 °C, 22,6 °C, 23,3°C), en soğuk aylar ocak ve aralık aylarıdır (5,1 ve 5,7 °C). En yüksek sıcaklık temmuz ayında (38,7 °C), en düşük sıcaklık ocak ayındadır (-15,0 °C). Yıllık ortalama en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri, 20,1 °C ile 8,3 °C'dir. Yıllık ortalama yağış 819,9 mm olarak tespit edilirken, yağışın ortalama olarak ekim aylarında (137,5 mm) en fazla değere ulaştığı, mayıs aylarında (17,6 mm) ise en az değere düştüğü görülmektedir. %74,8 yıllık ortalama bağıl nem değeri olarak kaydedilmiştir.

Kandıra Meteoroloji İstasyonu verilerine göre Kandıra yöresi için su bilançosu tablosu düzenlenmiş (Tablo 3.4) ve bu bilanço grafik olarak da gösterilmiştir (Şekil. 3.3). Sonuç olarak Kandıra'nın Thorntwaite yöntemine göre "Yarı nemli, orta sıcaklıkta (Mezotermal), su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan, okyanus iklimine yakın iklim tipinde (C2 B'2 s b'4)" olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.2: Thornthwaite yöntemine göre İzmit'in su bilançosu.

Bilanço Elemanları	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık (°C)	6,7	7,2	9,0	13,3	18,2	22,3	24,7	24,6	20,9	16,3	12,0	8,6	15,3
Sıcaklık İndisi	1,6	1,7	2,4	4,4	7,1	9,6	11,2	11,2	8,7	6,0	3,8	2,3	69,9
Düzeltilmemiş PE (mm)	14,9	16,8	24,0	44,7	73,9	102,3	120,5	119,7	92,2	61,9	38,0	22,3	-
Düzeltilmiş PE (mm)	12,5	14,0	24,7	49,6	91,6	128,2	152,8	141,6	95,6	59,3	31,5	18,0	819,4
Yağış (mm)	97,6	76,1	84,4	55,6	41,4	50,4	42,2	53,6	51,7	92,7	83,0	108,3	837,0
Depo Değişikliği (mm)	-	-	-	-	-50,2	-77,3	-	-	-	33,4	51,5	42,6	-
Depolama	127,5	127,5	127,5	127,5	77,3	-	-	-	-	33,4	84,9	127,5	-
Gerçek Evapotranspirasyon	12,5	14,0	24,7	49,6	91,6	127,7	42,2	53,6	51,7	59,3	31,5	18,0	576,5
Su Noksanı	-	-	-	-	-	0,5	110,6	88,0	43,9	-	-	-	243,0
Su Fazlası	85,1	62,1	59,7	6,0	-	-	-	-	-	-	-	47,6	260,5
Yüzeysel Akış (mm)	66,3	73,6	60,9	32,9	3,0	-	-	-	-	-	-	23,8	260,5
Nemlilik Oranı	6,8	4,4	2,4	0,1	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	0,6	1,6	5,0	-



Şekil 3.2: Thornthwaite yöntemine göre İzmit'in su bilançosu grafiği.

Tablo 3.3: Kandıra meteoroloji istasyonuna ait bazı meteorolojik veriler (2013-2017).

Meteorolojik Elemanlar	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Aylık Ort. Yağış (mm)	103,9	49,8	57,5	42,8	40,7	53,2	17,6	57,8	61,2	137,5	73,2	124,7	819,9
Aylık Ort. Sıcaklık (mm)	5,1	7,2	8,6	11,5	16,6	20,6	22,6	23,3	19,4	13,9	10,2	5,7	13,7
Aylık Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	10,4	13,0	15,1	19,2	23,1	26,8	29,1	29,5	26,6	20,1	16,9	11,7	20,1
Aylık Ort. En Düşük Sıcaklık (C˚)	0,7	2,7	3,2	5,1	10,7	14,5	16,0	17,7	13,4	8,9	5,3	1,3	8,3
En Yüksek Sıcaklık (C˚)	23,2	27,7	29,8	32,5	34,7	35,0	37,1	32,9	38,7	30,1	25,1	24,3	38,7
En Düşük Sıcaklık (C˚)	-15,0	-8,6	-6,6	-2,0	4,2	7,1	9,9	10,9	5,3	0,0	-3,6	-7,3	-15,0
Aylık Ort. Bağıl Nem	85,7	84,2	70,0	65,1	66,1	62,6	59,7	79,8	80,0	86,8	85,4	86,9	76,0
Karla Örtülü Gün Sayısı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aylık Hâkim Rüzgâr Şiddeti (m/sec)	1,0	1,9	1,8	2,1	1,8	2,3	2,6	2,8	2,1	1,9	1,4	1,3	2,0
Aylık Hâkim Rüzgâr Yönü	GB*	K	K	K	K	K	K	K	K	KKD	K-KD	K	K

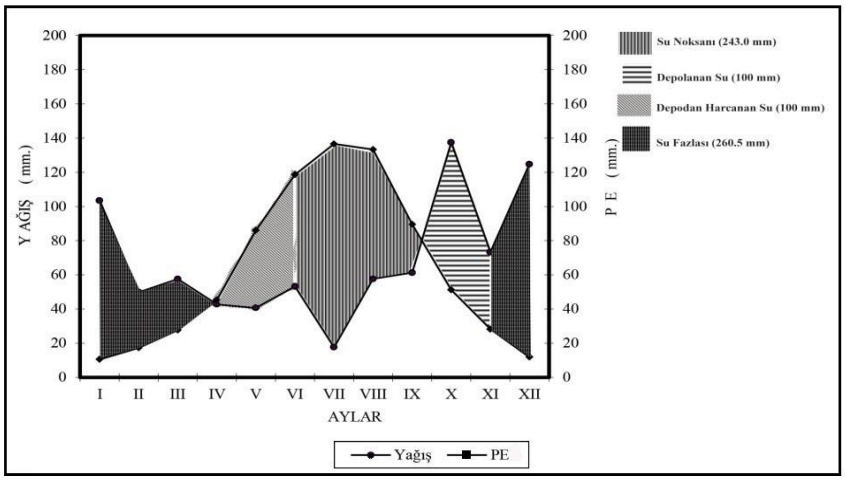
*K: Kuzey; KB: Kuzeybatı; GB: Güneybatı; KKD: Kuzey-Kuzeydoğu.

Şile Meteoroloji İstasyonu verilerine göre 24,3°C ile en sıcak ay ağustos, 5,9°C ile en soğuk ay ocak'tır. Temmuz ayında ölçülen 40 °C, en yüksek sıcaklık; ocak ve şubat aylarında ölçülen

6,0 °C ise en düşük sıcaklık olarak kaydedilmiştir. Yıllık ortalama toplam yağış 842,9 mm iken, ortalama en fazla yağış düşen aylar ekim ile aralık ayları (143,2 ile 146,1 mm) olup; en az yağış mayıs ayında (22,5 mm) düşmektedir. Yıllık ortalama 10 gün karla örtülüdür. Bağıl nem yıllık olarak %79,02 olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.5).

Tablo 3.4: Thornthwaite yöntemine göre Kandıra'nın su bilançosu.

Bilanço Elemanları	Aylık												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık (°C)	5,1	7,2	8,6	11,5	16,6	20,6	22,6	23,3	19,4	13,9	10,2	5,7	13,7
Sıcaklık İndisi	1,0	1,7	2,3	3,5	6,2	8,5	9,8	10,3	7,8	4,7	2,9	1,2	60,0
Düzeltilmemiş PE (mm)	12,7	20,8	26,8	40,7	69,0	94,1	107,5	112,3	86,3	53,5	34,3	14,9	-
Düzeltilmiş PE (mm)	10,5	17,3	27,6	45,3	86,0	118,6	136,5	133,3	89,5	51,2	28,2	11,9	819,4
Yağış (mm)	103,4	49,8	57,5	42,8	40,7	53,2	17,6	57,7	61,2	137,5	73,2	124,7	837,0
Depo Değişikliği (mm)	-	-	-	-2,5	-45,3	-52,2	-	-	-	33,4	45,0	21,6	-
Depolama	100,0	100,0	100,0	97,5	52,2	-	-	-	-	33,4	78,4	100,0	127,5
Gerçek Evapotranspirasyon	10,5	17,3	27,6	45,3	86,0	105,4	17,6	57,7	61,2	51,2	28,2	11,9	576,5
Su Noksanı	-	-	-	-	-	13,2	118,9	75,7	28,3	-	-	-	243,0
Su Fazlası	92,9	32,5	29,9	-	-	-	-	-	-	-	-	91,2	260,5
Yüzeysel Akış	92,0	62,7	31,2	14,9	-	-	-	-	-	-	-	45,6	260,5
Nemlilik Oranı	6,8	4,4	2,4	0,1	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	0,6	1,6	5,0	-



Şekil 3.3: Thornthwaite yöntemine göre Kandıra'nın su bilançosu grafiği.

Tablo 3.5: Şile meteoroloji istasyonuna ait bazı meteorolojik veriler (2007-2017).

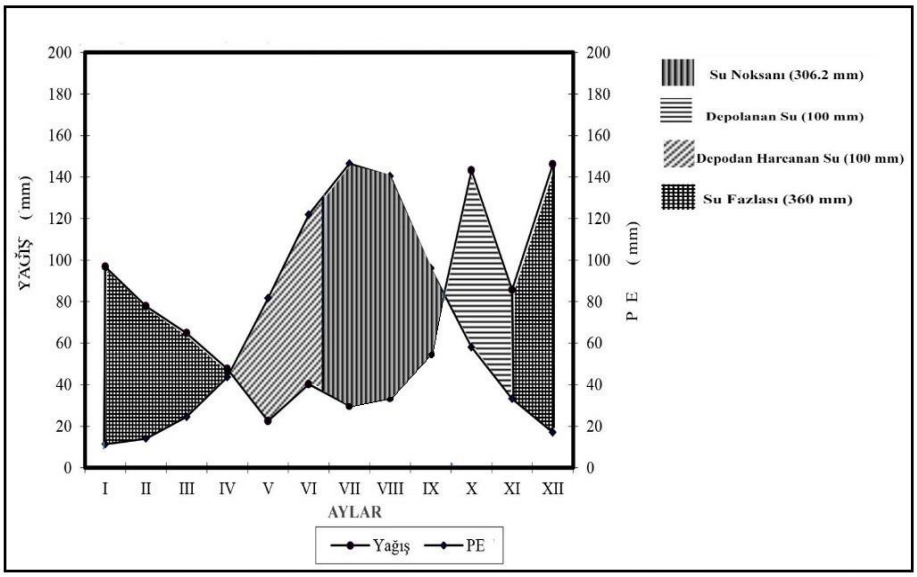
Meteorolojik Elemanlar	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Aylık Ort. Yağış (mm)	96,8	77,8	64,8	47,6	22,5	40,2	29,8	33,5	54,9	143,2	85,7	146,1	842,9
Aylık Ort. Sıcaklık (mm)	5,9	6,8	8,5	11,8	16,5	21,3	23,9	24,3	20,7	15,7	12,0	7,9	14,6
Aylık Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	9,6	10,7	13,0	16,9	21,5	26,0	28,4	28,6	25,4	19,8	16,1	11,5	19,0
Aylık Ort. En Düşük Sıcaklık (C°)	3,0	3,9	5,2	7,9	12,5	17,0	19,4	20,3	16,7	12,5	8,6	4,8	11,0
En Yüksek Sıcaklık (C°)	23,0	26,5	27,0	33,7	37,3	43,2	40,0	33,7	36,8	31,4	26,6	25,5	43,2
En Düşük Sıcaklık (C°)	-6,0	-6,0	-3,8	1,2	2,6	5,8	13,2	12,3	9,0	4,1	-1,2	-2,8	-6,0
Aylık Ort. Bağıl Nem	79,2	80,0	77,3	77,1	80,6	80,3	79,0	78,3	77,0	81,5	80,1	80,5	79,2
Karla Örtülü Gün Sayısı	4,0	3,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	10,0
Aylık Hakim Rüzgâr Şiddeti (m/sec)	1,6	1,6	1,9	1,6	2,0	2,1	2,4	2,7	2,6	2,5	1,5	1,6	1,7
Aylık Hâkim Rüzgâr Yönü	G*	G	GGB	G	K	K	K	K	K	K	G	G	G

*K: Kuzey; G: Güney; GGB: Güney-Güneybatı.

Tablo 3.6: Thornthwaite yöntemine göre Şile'nin su bilançosu.

Bilanço Elemanları	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık (ºC)	5,9	6,8	8,5	11,8	16,5	21,3	23,9	24,3	20,7	15,7	12,0	7,9	14,6
Sıcaklık İndisi	1,3	1,6	2,2	3,7	6,1	9,0	10,7	11,0	8,6	5,7	3,8	2,0	65,5
Düzeltilmemiş PE (mm)	13,6	17,0	23,8	39,3	65,5	96,7	115,3	118,2	92,6	60,7	40,3	21,3	-
Düzeltilmiş PE (mm)	11,3	14,1	24,5	43,6	81,9	121,8	146,4	140,7	96,3	58,3	33,1	17,0	789,0
Yağış (mm)	96,8	77,8	64,8	47,6	22,5	40,2	29,8	33,5	54,9	143,2	85,7	146,1	842,9
Depo Değişikliği (mm)	-	-	-	-	-59,4	-40,6	-	-	-	84,9	15,10	0,0	-
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	40,6	-	-	-	-	84,9	100,0	100,0	-
Gerçek Evapotranspirasyon	11,3	14,1	24,5	43,6	81,9	80,8	29,8	33,5	54,9	58,3	33,1	17,0	482,8
Su Noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	116,6	107,2	41,4	0,0	0,0	0,0	306,2
Su Fazlası	85,5	63,7	40,3	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	129,1	360,0
Yüzeysel Akış (mm)	107,7	74,9	52,0	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	83,7	360,0
Nemlilik Oranı	7,6	4,5	1,6	0,1	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,4	1,5	1,6	7,6	-

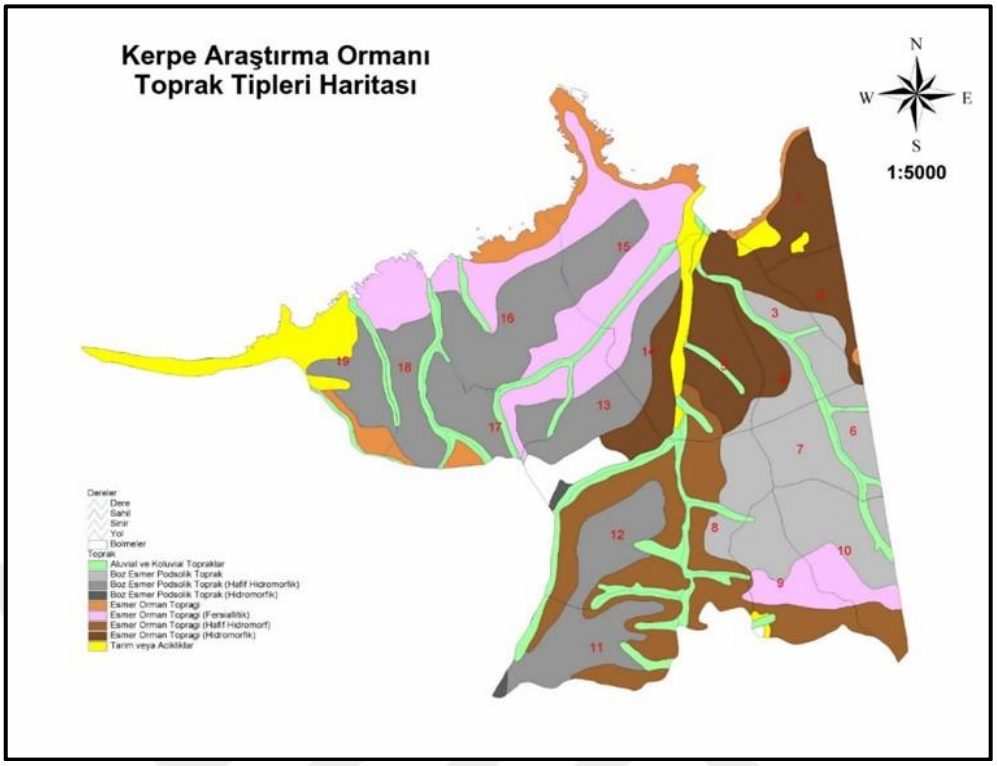
Şile'nin su bilançosu değerlerine göre bilanço grafiği hazırlanmıştır (Şekil 3.4). İklim tipi "B B'2 s2 b'4 (Nemli, orta sıcaklıkta, yazın çok kuvvetli su eksiği olan okyanus iklimine yakın)" olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.4: Thornthwaite yöntemine göre Şile'nin su bilançosu grafiği.

3.1.3. Anakaya ve Toprak

Araştırma alanında sedimenter ve volkanik jeolojik formasyonlar görülmektedir (Özyuvacı, 1978). Uzundere civarında kil ağırlıklı, Göktepe yamaçlarında ise kum ağırlıklı birikintiler yer almaktadır (Gaddas, 1976). Topraklar ince tekstürlü, taşsız ve derin esmer orman toprağı (Eutric cambisol) sınıfında olup, sahanın tümünde Şekil 3.5'te adı geçen sekiz adet toprak sınıfı bulunmaktadır (Hızal ve diğ.,, 2010). Örnek alınan yerlerin (6, 7, 8 ve 9 no.lu bölmeler) toprak tipi ise "Boz Esmer Orman Toprağı" sınıfındadır (Şekil 3.5). Kil içeriği %30 ile %70 arasında değişmekte olup, toprak reaksiyonu çok kuvvetli asit ve kuvvetli asit karakterindedir (Hızal ve diğ., 2015). Besin maddesince yeterli olan toprağın üst kısımları organik madde bakımından zengindir (Gaddas, 1976).



Şekil 3.5: Kerpe Araştırma Ormanına ait toprak tipleri haritası (Gaddas, 1976).

3.1.4. Bitki Örtüsü

Endüstriyel ağaçlandırmaların yapıldığı Kerpe Araştırma Ormanı, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü tarafından, 1972 ve 1977 yılları arasında hızlı gelişen türlerle (Tablo 3.7) FAO'nun desteklediği "TUR 71/521 Projesi" olarak tesis edilmiştir (Hızal ve diğ., 2015). Gaddas ve Öz, (1975); Kerpe Araştırma Ormanının, kestane, meşe, kayın türlerinin hâkimiyetindeki verimli olmayan baltalık meşcerelerinden, ara ve alt tabakanın ise defne, kocayemiş, muşmula, kartal eğreltisi ve diğer ağaççık, çalı ve çalımsı türlerden oluştuğunu belirlemiştir (Tablo 3.7). Daha sonra, sahil çamı, radiata çamı, taeda çamı, halep çamı, duglas göknarı, karaçam, okaliptus (Ercan, 2002), kızılçam gibi hızlı gelişen türlerle araştırmalar yapmak amacıyla, endüstriyel ağaçlandırmalar yapılmıştır (Zengin, 1997).

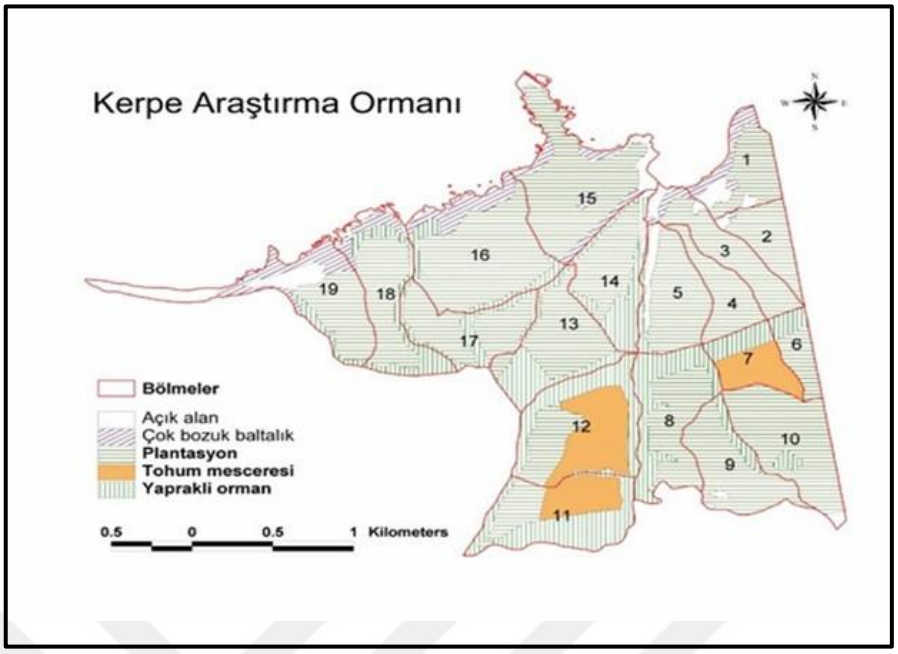
Tablo 3.7: Kerpe Araştırma Ormanındaki bitki türleri (Gaddas ve Öz, 1975; Ercan, 2002).

	Doğal Yetişen Türler	Sonradan Yetişen Türler
Ağaçlar	Kestane (*Castanea sativa* Mill.)	Sahil çamı (*Pinus pinaster* Aiton)
	Saçlı meşe (*Quercus cerris* L.)	Radiata çamı (*Pinus radiata* D. Don)
	Macar meşesi (*Quercus frainetto* Ten).	Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)
	Sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.)	Halep çamı (*Pinus halepensis* Mill.)
	Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky)	Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)
	Adî gürgen (*Carpinus betulus* L.)	Douglas göknarı (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco)
	Titrek kavak (*Populus tremula* L.)	Taeda çamı (*Pinus taeda* L.)
	Ihlamur (*Tilia argantea* Dest.)	Okaliptus (*Eucalyptus* sp.)
Ağaççıklar	Defne (*Laurus nobilis* L.)	
	Kocayemiş (*Arbutus unedo*)	
	Muşmula (*Mesphilus germanica*)	
	Akçakesme (*Phillyrea latifolia* L.)	
Çalılar, Çalımsı Türler ve Otlar	Mor çiçekli ormangülü (*Rhododendron ponticum* L.)	
	Sırım başı (*Daphnea pontica* L.)	
	Domuz ayrığı (*Dactylis glomerata* L.)	
	Orman sarmaşığı (*Hedera helix* L.)	
	Böğürtlen ve ahududu (*Rubus* sp.)	
	Laden (*Cistus* sp.)	
	Kartal eğreltisi (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.)	

3.1.5. Araştırma Alanının Geçmişi

Araştırma alanı, Adapazarı Orman Bölge Müdürlüğü, İzmit Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı iki şeflikten önce Kandıra Orman İşletme Şefliğinin faaliyet alanındayken, daha sonra Kefken İşletme Şefliğine devredilmiş ve 1972 yılına kadar Orman Amenajman planına göre yönetilmiştir. 1972 ve 1974 yılları arasında; İzmit Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü tarafından 1972 yılında yürütülmeye başlanan FAO destekli "Türkiye'de Endüstriyel Ormancılık Ağaçlandırmaları (TUR 71/521)" isimli projeyle, hızlı gelişen ibreli türlerle (Tablo 3.7) saha ağaçlandırılmıştır (Cooling, 1977, Hızal ve diğ., 2015).

Ülkemizde yapılacak endüstriyel ağaçlandırmaları zenginleştirecek metotların, uygulamaların ve orijinlerin bulunması amacıyla denemeler kurmadan önce, 1973 yılında; diri örtü, D8H CAT traktörüne bağlanan K/G ROME bıçağı ve/veya Fleco tarakla tıraşlandıktan sonra tam alanda 40-60 cm derinlikte 4'lü riperle veya 30-50 cm derinlikte 3'lü riperle toprak işlemesi yapılmış, hafif/ağır diskaroyla üst toprak işlenmiş ve 1976 yılına kadar da dikimler tamamlanmıştır. 174,1 ha'lık (Şekil 3.6) doğal vejetasyon, karşılaştırma yapmak ve rüzgâr perdesi olarak kullanmak maksadıyla şeritler halinde bırakılmıştır (Ercan, 2002). Böylelikle, 671,2 ha'lık orman alanının 439,5 ha'ı ağaçlandırılmıştır (Anon., 2015). İkinci nesil sahil çamlarının bulunduğu alan; Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünün bir araştırma projesi dâhilinde 2003 yılında tıraşlanarak, alanda beş farklı toprak işleme yöntemi (1: Tarak ile diri örtü temizliği + Tam alanda riper ile toprak işleme, 2: Tarak ile diri örtü temizliği + Pulluk ile şeritler halinde toprak işleme (1,5 m), 3: Tarak ile diri örtü temizliği + Diskaro ile tam alan toprak işleme, 4: Tarak ile diri örtü temizliği+Tam alanda riper+Diskaro ile toprak işleme, 5 (Kontrol) Tarak ile diri örtü temizliği) uygulanmıştır.



Şekil 3.6: Kerpe Araştırma Ormanı Amenajman Haritası (Anon., 2015).

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Örnek Alanların Seçimi

Toprak ve ölü örtü örnekleri; aynı yetişme ortamındaki; baltalık kökenli yaşlı yapraklı ormandan (YY), yine baltalık kökenli on yaşındaki genç yapraklı ormandan (GY), kırklı yaşlardaki birinci nesil sahil çamı ağaçlandırmasından (1NÇm) ve bu ağaçlandırmaların tıraşlanıp yeniden sahil çamı dikilen on yaşındaki ikinci nesil sahil çamı ağaçlandırmasından (2NÇm) alınmıştır. Genç yapraklı ormanlardan dört, diğer işlemlerden ise onar adet olmak üzere toplam otuz dört adet toprak çukuru açılmıştır (Şekil 3.7).

Örneklerin alındığı birinci nesil sahil çamlarının bulunduğu alanlar amenajman planına göre (Anon., 2015) 6, 7 ve 8 no.lu bölmelerde (Şekil 3.6), yaşlı yapraklı alanlar ise yine bu bölmelerde ve ayrıca 9. bölmede bulunmaktadır. 6. ve 7. bölmelerdeki birinci nesil sahil çamları 1974 yılında, 8. bölmedekiler ise 1975 yılında dikilmiştir. Meşcere tipleri, Çmcd3, Çmb3, KnGnKsbc3 ve KnGnKsab3 tür (Tablo 3.8). Örnek alınan ibrelilerin bulunduğu alanlarda çalılar, çalımsı türler ve otların (Tablo 3.7) çoğuna, yaşlı yapraklı ve genç yapraklı ormanda ise Tablo 3.7'de yer alan doğal türlerin (ağaç, ağaççık, çalılar, çalımsı türler ve otlar) çoğuna rastlanmıştır.



Şekil 3.7: Örnek alanların yerleri.

Tablo 3.8: Örnek alanların bazı yetişme ortamı ve meşcere özellikleri.

İşlem Grupları	Bölme No	Meşcere Tipi	Eğim (%)	Bakı	Yaş	Yükselti (m)	Boy (m)	Çap (cm)	Ağaç Türleri
I. Nesil Sahil Çamı (1NÇm)	6, 7, 8	Çmcd3	5-20	K	40	70	20-28	36-40	Sahil çamı
II.Nesil Sahil Çamı (2NÇm)	8	Çmb3	5-15	K	10	75	6-10	8-19,9	Sahil çamı
Yaşlı Yapraklı (YY)	6, 7, 8, 9	KnGnKsbc3	5-20	K, KB, GB, GD	40-70	50-75	8-16	20-35,9	Kayın, gürgen, kestane
Genç Yapraklı (GY)	8	KnGnKsab3	5-15	K	10	75	6-10	6-19,9	Kayın, gürgen, kestane

3.2.2. Toprak ve Ölü Örtü Örneği Alımı

Açılan toprak çukurlarının her birinden altı derinlik kademesinden (0-5, 5-15, 15-30, 30-50, 50-70 ve 70-100 cm) 1 litrelik silindirlerle toprak örnekleri alınmıştır. Her çukurun etrafından 0,25 x 0,25 m ebatlarındaki çerçeveyle beşer adet ölü örtü örneği toplanmıştır.

3.2.3. Laboratuvarda Uygulanan Yöntemler

Laboratuvara getirilen toprak örnekleri önce hava kurusu hale gelene kadar kurutulmuş, tartılmış ve havanda öğütülmüştür. 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra kökler ayıklanmıştır. Örneklerin elekten geçmeyen 2 mm'den büyük kısmı yıkanmış ve tartılmıştır. Taş ve köklerin ağırlıkları çıkarılarak her bir derinlik kademesindeki toprağın 2 mm çapından küçük kısmının 1 litre hacimdeki hava kurusu ağırlığı bulunmuştur.

Her çukur etrafından alınan 5'er adet ölü örtü örneği hava kurusu hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Örnekler kuruduktan sonra ölü örtü içindeki odunsu materyaller (dal, kozalak vb.) ayrılmıştır. Daha sonra ölü örtü örnekleri teker teker tartılarak 0,5 mm elekten geçirilmiş ve eleğin altına geçen kısım humus olarak ayrılmıştır. Eleğin üzerinde kalan kısım ise yaprak+çürüntü (Y+Ç) olarak tek bir tabaka olarak değerlendirilmiştir. Bu tabakaların da ağırlıkları kaydedilmiştir. Analizler için her örnek alandan 5 farklı noktadan alınan örnekler birbirine karıştırılarak karma örnek oluşturulmuştur.

Ölü örtü ve toprak örneklerinde C, N, P, K, Ca, Mg içerikleri ile toprağın bazı fizikokimyasal özellikleri (tekstür, pH, EC, $CaCO_3$) belirlenmiştir. Bu analizler için kullanılan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

Higroskopik nem (%): 2 mm'lik elekten geçen ve ince toprak olarak adlandırılan örneklerin 105 °C de sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmasıyla hesaplanmıştır (Irmak 1954; Gülçur 1974). Ölü örtü örnekleri ise 65 °C'de kurutulmuştur.

Hacim ağırlığı ve ince toprak miktarı: Hacim silindirleriyle alınan toprak örnekleri, nem yüzdesinden gidilerek mutlak kuru ağırlıkların örnek hacmine oranlanmasıyla "g/cm^3" olarak hesaplanmıştır.

Ölü örtü miktarları: Ölü örtü örnekleri hava kurusu haline getirilip, nem miktarı düşürülerek örneklerin ağırlıkları bulunmuştur. Daha sonra hektarda bulunan ölü örtü miktarı hesaplanmıştır.

Tane çapı (Tekstür): Toprakların tane çapları Bouyoucous hidrometre metoduyla tayin edilmiştir (Gülçur, 1974).

pH: Toprak örnekleri 1/5 oranında saf su ile ıslatıldıktan ve bir gece bekletildikten sonra reaksiyonu Mettler Toledo marka cam elektrotlu pH-metre ile ölçülmüştür (ISO 10390).

Elektriksel iletkenlik: Toprak örnekleri 1/5 oranında saf su ile ıslatıldıktan ve bir gece bekletildikten sonra reaksiyonu Thermo Scientific Orionstar A212 marka elektriksel iletkenlik ölçüm cihazıyla belirlenmiştir.

Kalsiyum karbonat: Toprak örneklerinin $CaCO_3$ içerikleri, örneklerin %10'luk HCl ile işleme sokulmasından sonra tepkime sonucunda açığa çıkan CO_2 miktarının Scheibler kalsimetresinde okunması ve gerekli hesaplamaların yapılmasından sonra elde edilmiştir (Irmak 1954; Gülçur 1974).

Toplam azot: 0,5 mm'lik elekten geçirilen toprak örneklerinin ve ölü örtünün yaprak+çürüntü ile humus tabakalarının değirmende öğütülen örneklerinin azot miktarları, LECO Truspec 2000 CN Analyser cihazıyla ölçülmüştür.

Organik karbon: 0,5 mm'lik elekten geçirilerek elde edilen toprak ve ölü örtünün yaprak+çürüntü ve humus tabakalarındaki karbon içerikleri LECO Truspec 2000 CNH Analyser cihazıyla analiz edilmiş ve böylece toplam karbon konsantrasyonu (%) bulunmuştur. Toplam karbon topraklardaki organik ve inorganik karbonun toplamı olup, kireç içeren topraklarda analiz öncesi kirecin HCl ile ortadan kaldırılması gerekmektedir. Ancak çalışma alanımızdaki topraklar kireç içermediğinden LECO Truspec 2000 CN Analyser ile bulunan karbon içeriği organik karbon olarak kabul edilmiştir.

Değişebilir katyonlar (K, Ca, Mg): Toprak örneklerinin 1,0 N amonyum asetat (NH_4OAc) (pH=7) ile yıkanması sonucunda çözeltiye geçen K, Ca, Mg iyonlarının SHIMADZU 6600 Atomik Absorpsiyon cihazında analiz edilmesiyle belirlenmiştir (Kacar, 2009).

Toprakta fosfor analizi: 0,5 mm'lik elekten geçirilen toprak örneklerinin Bray ve Krutz (Asitli topraklar için) yöntemiyle elde edilen çözeltilerindeki fosfor değerleri, Beckman UV Spektrofotometre cihazıyla belirlenmiştir (TS 8338).

Ölü örtü tabakalarında fosfor analizi: Ölü örtü örnekleri (HNO_3+$HClO_4$) karışımında yakılarak elde edilen çözelti "Bitkide Vanada Molibdo Fosforik Asit Sarı Renk Yöntemi" ile Beckman UV Spektrofotometre cihazıyla belirlenmiştir (Kacar, 1972)

Ölü örtü örneklerinde potasyum, magnezyum kalsiyum analizi: Öğütülen ölü örtü örnekleri nitrik asit ve perklorik asit (HNO_3 +$HClO_4$) karışımında yakılarak elde edilen çözeltilerde SHIMADZU 6600 Atomik Absorpsiyon cihazıyla potasyum, magnezyum ve kalsiyum elementleri belirlenmiştir (Kacar, 1972).

3.2.4. İstatistik Yöntemler

Verilere varyans analizi uygulanmadan önce normalite testi uygulanmıştır. Normallik testinde ise Kolmogorov-Smirnov'a göre değerlendirme yapılmıştır. Normal dağılım gösteren verilere varyans analizi (ANOVA) yapılıp ağaçlandırmaların etkisi test edilmiş ve sonuçların önemli çıkması durumunda Duncan Çoklu Karşılaştırması yapılmıştır. Normal dağılmayan veriler; karekök, logaritmik veya ters dönüşüm yöntemlerinden biri kullanılarak dönüştürülmüştür. Dönüştürme işlemlerine rağmen normal dağılım göstermeyen veri setleri olması durumunda işlem grupları arasında fark olup olmadığı, Non-Parametrik analizlerden biri olan Kruskal Wallis analizi ile denetlenmiştir. Kruskal Wallis testi ile farkların önemli bulunması halinde Mann-Whitney U testi ile işlem grupları ikili olarak karşılaştırılmıştır. Derinlik kademeleri ve işlem gruplarının etkileşimini belirlemek için İki Yönlü Anova Testi uygulanmıştır. Sonuçlar α= 0,05 olasılık düzeyinde istatistiki olarak farklı kabul edilmiştir. İstatistik analizlerde SPSS paket programı kullanılmıştır (SPSS v.22.0®, 2015).

4. BULGULAR

4.1. TOPRAKLARIN HACİM AĞIRLIKLARI

Toprakların ortalama hacim ağırlıkları; tüm derinlik kademelerinde 0,86 ile 1,18 g/cm^3 arasında değişmektedir (Tablo 4.1). 0-5 cm derinlik kademesinde hacim ağırlıkları daha düşük bulunmuştur. İşlem gruplarının hacim ağırlıkları arasında sadece 15-30 cm derinlik kademesinde istatiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ve Genç Yapraklı örnek alanlarında diğer işlem gruplarından yüksektir ($p<0,05$).

Tablo 4.1: Toprakların hacim ağırlıkları (g/cm^3).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)
1NÇm	0,93±0,12^a	1,03±0,08^a	1,07±0,09^{ab}	1,01±0,10^a	1,00±0,11^a	1,02±0,10^a
2NÇm	0,90±0,15^a	0,99±0,11^a	1,01±0,13^a	0,94±0,18^a	0,93±0,12^a	0,95±0,18^a
YY	0,86±0,13^a	0,93±0,14^a	0,98±0,13^a	0,93±0,13^a	0,97±0,11^a	0,99±0,11^a
GY	0,88±0,04^a	1,08±0,31^a	1,18±0,09^b	1,16±0,17^a	1,10±0,14^a	1,07±0,15^a
F Oranı	0,52	1,41	3,31	2,72	2,12	0,93
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p<0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.2. İNCE TOPRAK AĞIRLIKLARI

İşlem gruplarının derinlik kademeleri ve toplamları arasında ince toprak ağırlıkları (Ø<2 mm'den küçük çaplı) önemli değişimler göstermemiştir (p>0,05). Tablo 4.2.'de görüldüğü üzere bir hektar alanda ve bir metre derinlik 2 mm'den ince kısmın ağırlıkları 8836,7 ton/ha ile 9728,5 ton/ha arasında değişmektedir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: Topraklardaki Ø<2 mm'den küçük çaplı bölümün ağırlıkları (t/ha).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)	Toplam (t/ha)
1NÇm	435,6±73,1[a]	977,5±88,8[a]	1506,4±174,1[a]	1930,6±216,9[a]	1921,3±186,8[a]	2957,1±273,1[a]	9728,5±782,4[a]
2NÇm	393,7±66,2[a]	894,2±141,7[a]	1406,3±212,9[a]	1732,8±381,4[a]	1735,0±238,5[a]	2674,7±385,3[a]	8836,7±1255,5[a]
YY	397,2±63,8[a]	873,7±121,9[a]	1426,2±171,1[a]	1815,4±206,8[a]	1893,9±192,2[a]	2893,8±295,5[a]	9300,0±729,6[a]
GY	352,2±36,2[a]	850,4±317,4[a]	1410,9±357,7[a]	1838,9±307,3[a]	1916,1±117,5[a]	2933,3±505,3[a]	9301,7±1357,9[a]
F Oranı	1,73	1,10	0,46	0,82	1,82	1,32	1,33
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.3. TOPRAKLARIN KUM TOZ VE KİL YÜZDELERİ

4.3.1. Toprakların Kum Yüzdeleri (%)

Birinci nesil sahil çamı (1NÇm), ikinci nesil sahil çamı (2NÇm), yaşlı yapraklı (YY) ve genç yapraklı (GY) örnek alanlarının kum yüzdeleri bütün derinlik kademelerinde istatistiksel önemde farklı bulunmuştur. Kum oranı en az %12,3 ile 1NÇm örnek alanlarının 70-100 cm derinlik kademesinde, en fazla GY örnek alanlarının 0-5 cm derinlik kademesinde %56,9 olarak belirlenmiştir. Genç yapraklı örnek alanlarının kum içerikleri diğer işlem gruplarından önemli derecede yüksektir. Birinci nesil sahil çamı (1NÇm), ikinci nesil sahil çamı (2NÇm) ve yaşlı yapraklı (YY) işlem gruplarının kum oranlarında 15-30 cm derinlik kademesinden sonra bir fark yokken, ilk iki derinlik kademesinde 1NÇm işlem grubunun kum oranı daha düşük bulunmuştur (Tablo 4.3).

4.3.2. Toprakların Toz Yüzdeleri (%)

Toprakların toz yüzdeleri, en düşük (%5,1) 2NÇm örnek alanlarının 50-70 cm derinlik kademesinde, en fazla (%31,3) 1NÇm örnek alanlarının 0-5 cm derinliğinde görülmektedir. Toz oranları işlem grupları arasında istatiksel olarak farklılık göstermektedir (p<0,05). Genel olarak 1NÇm ile YY işlem grubunun toz değerleri ile 2NÇm ve GY işlem gruplarının toz değerleri birbirine benzerdir (Tablo 4.4).

Tablo 4.3: Toprakların kum yüzdeleri (%).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)
1NÇm	23,4±7,1^{a}	19,9±3,8^{a}	19,1±4,3^{a}	15,5±6,1^{a}	12,9±6,6^{a}	12,3±6,4^{a}
2NÇm	35,2±13,6^{b}	31,3±13,4^{b}	25,3±12,5^{a}	21,0±13,9^{a}	18,9±15,1^{a}	18,8±17,7^{a}
YY	29,5±6,7^{ab}	26,4±7,2^{ab}	19,1±7,6^{a}	16,1±7,1^{a}	13,0±8,1^{a}	14,1±8,6^{a}
GY	56,9±10,0^{c}	50,3±15,3^{c}	51,8±12,7^{b}	46,7±17,9^{b}	42,7±15,9^{b}	38,5±4,7^{b}
F Oranı	10,56	9,47	8,38	5,50	4,27	4,70
Önem Düzeyi (p)	p<0,001	p<0,001	p<0,05	p<0,01	p<0,05	p<0,01

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

Tablo 4.4: Toprakların toz yüzdeleri (%).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)
1NÇm	31,3±5,2^{b}	28,2±7,3^{b}	25,2±8,3^{b}	21,8±8,3^{c}	21,1±9,6^{c}	18,7±8,2^{b}
2NÇm	18,7±5,9^{a}	16,8±5,4^{a}	11,0±6,8^{a}	9,6±5,7^{a}	5,1±3,6^{a}	8,4±5,3^{a}
YY	27,0±7,1^{b}	27,5±7,6^{b}	24,5±8,6^{b}	18,1±8,4^{bc}	15,9±8,1^{bc}	14,6±6,4^{ab}
GY	17,5±4,3^{a}	17,5±3,6^{a}	16,0±6,8^{a}	10,9±6,4^{ab}	9,8±7,6^{ab}	8,8±7,7^{a}
F Oranı	9,87	7,48	7,21	5,37	8,10	4,67
Önem Düzeyi (p)	p<0,001	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,001	p<0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.3.3. Toprakların Kil Yüzdeleri (%)

Ortalama kil oranları %25,5 ile %76,0 arasında değişmekte olup, bu değerler sırasıyla GY örnek alanlarının 0-5 cm derinliği ile 2NÇm örnek alanlarının 50-70 cm derinliklerinde tespit edilmiştir (Tablo 4.5). Örnek alanların ortalama kil yüzdeleri, 70-100 cm dışındaki tüm derinlik kademelerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık göstermektedir. GY örnek alanları diğer işlem gruplarından daha düşük kil içeriğine sahiptir.

Tablo 4.5: Toprakların kil yüzdeleri (%).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)
1NÇm	45,3±8,2[b]	51,9±8,9[b]	55,8±10,2[b]	62,7±12,0[b]	66,1±13,9[b]	69,0±13,4[a]
2NÇm	46,1±10,7[b]	51,9±14,8[b]	63,7±14,8[b]	69,5±13,8[b]	76,0±16,2[b]	72,8±17,7[a]
YY	43,6±8,16[b]	46,1±6,4[b]	56,5±10,2[b]	65,8±10,2[b]	71,2±11,3[b]	71,3±9,9[a]
GY	25,5±8,2[a]	32,2±12,7[a]	32,3±10,1[a]	42,4±19,5[a]	47,5±18,1[a]	52,7±9,7[a]
F Oranı	5,60	3,80	6,82	4,29	3,92	2,26
Önem Düzeyi (p)	p<0,01	p<0,05	p<0,01	p<0,05	p<0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.4. TOPRAKLARDAKİ KUM-TOZ-KİL MİKTARLARI

4.4.1. Topraklardaki Kum Miktarları (t/ha)

Topraklardaki kum miktarı bakımından GY örnek alanları diğer örnek alanlardan önemli derecede farklılık göstermektedir. Derinlik kademelerinde en az kum miktarı; 1NÇm örnek alanlarının 0-5 cm derinlik kademesinde (101,4 t/ha), en fazla GY örnek alanlarının 70-100 cm derinlik kademesinde (1140,32 t/ha) görülmektedir (Tablo 4.6). Toprakların toplam kum miktarları 2 gruba ayrılırken, en fazla kum miktarına (4082,1 t/ha) sahip olan GY örnek alanı bir grupta tek olarak yer almaktadır. Diğerleri aynı grup içinde toplanmaktadır. Derinliklere göre ortalama değerlerde maksimum düzeyin 516,9 t/ha ile 70-100 cm derinlik kademesinde, minimum düzeyin ise 128,5 t/ha ile 0-5 cm derinlik kademesinde olduğu tespit edilmiştir. İbrelide birinci rotasyondan ikinci rotasyona geçildiğinde kum miktarındaki artış olsa da bu durum istatiksel olarak bir fark yaratmamakta yaşlı yapraklıdan (YY) genç yapraklıya (GY) dönüşümde ise fark yaratmaktadır.

4.4.2. Topraklardaki Toz Miktarları (t/ha)

İşlem gruplarındaki toz miktarları 61,6 ile 565,8 t/ha arasında değişiklik göstermektedir. Genel olarak GY ve 2NÇm örnek alanları bir grup, 1NÇm ve YY örnek alanları diğer bir grup olarak toplanmaktadır (Tablo 4.7). Bu gruplaşma toplam miktarlarda da aynı şekildedir. Tüm örnek alanlarda derinlik arttıkça (50-70 cm haricinde) toz miktarında artış söz konudur. Buna göre ortalama olarak en fazla toz miktarı, 70-100 cm derinlik kademesinde (565,8 t/ha)

bulunmaktadır. 1NÇm den 2NÇm'ye ve YY'den GY'ye geçiş yapıldığında toz miktarındaki azalma, p<0,001 önem düzeyinde farklıdır.

Tablo 4.6: Topraklardaki kum miktarları (t/ha).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)	Toplam (t/ha)
1NÇm	101,4±33,1^{a}	193,5±32,4^{a}	284,8±60,9^{a}	297,7±112,0^{a}	251,1±137,7^{a}	369,4±204,5^{a}	1497,8±490,3^{a}
2NÇm	140,5±69,2^{a}	283,9±160,4^{a}	359,4±205,9^{a}	363,9±258,5^{a}	321,9±244,8^{a}	530,4±540,6^{a}	2000,1±1413,6^{a}
YY	115,3±25,1^{a}	228,3±70,0^{a}	272,8±117,4^{a}	292,2±137,2^{a}	241,6±148,7^{a}	401,9±234,6^{a}	1552,0±608,9^{a}
GY	199,1±29,1^{b}	396,7±79,5^{b}	712,2±173,2^{b}	821,5±201,9^{b}	812,2±279,3^{b}	1140,3±301,5^{b}	4082,1±511,7^{b}
F Oranı	4,99	5,28	6,82	9,21	4,24	4,29	5,88
Önem Düzeyi (p)	p<0,01	p<0,01	p<0,05	p<0,001	p<0,05	p<0,05	p<0,01

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

Tablo 4.7: Topraklardaki toz miktarları (t/ha).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)	Toplam (t/ha)
1NÇm	136,4±34,7^{b}	277,9±85,2^{b}	381,1±132,9^{b}	421,8±157,0^{c}	414,2±200,9^{c}	565,8±264,8^{b}	2197,3±735,2^{b}
2NÇm	73,1±26,6^{a}	147,1±41,8^{a}	148,7±84,5^{a}	158,4±89,6^{a}	89,6±63,4^{a}	213,9±108,1^{a}	830,7±251,1^{a}
YY	109,1±40,1^{b}	244,4±93,5^{b}	356,4±152,3^{b}	340,1±185,4^{bc}	308,8±176,9^{bc}	431,4±211,2^{ab}	1790,2±816,6^{b}
GY	61,6±17,6^{a}	153,1±76,9^{a}	219,2±101,6^{a}	192,9±99,4^{ab}	182,9±140,2^{ab}	273,5±273,9^{a}	1083,2±521,4^{a}
F Oranı	8,35	6,18	7,48	7,36	9,07	5,18	11,40
Önem Düzeyi (p)	p<0,001	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,001	p<0,01	p<0,001

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.4.3. Topraklardaki Kil Miktarları (t/ha)

Örnek alanların ortalama kil miktarları 0-30 cm derinlikler arasında varyans analizi sonuçlarına göre farklılık göstermekte olup, diğer derinlik kademelerinde kil miktarları arasında belirgin bir fark tespit edilememiştir. İlk 30 cm derinlikte ve toplam kil miktarları açısından GY örnek alanları diğer işlem gruplarından önemli derecede daha az kil içermektedir (Tablo 4.8). Toplam kil değerleri; 1NÇm, 2NÇm ve YY bir grupta kümelenmektedir ve en fazla kil değeri bu gruplardadır. Sahil çamı işlem grupları topraklarının hiçbir derinlik kademesinde farklılık yoktur. Yapraklılar arasında ise 0-5 cm, 15-30 cm derinlik kademelerinde ve toplam değerlerde istatiksel açıdan farklılık vardır ve kil miktarı YY örnek alanında daha fazladır.

Tablo 4.8: Topraklardaki kil miktarları (t/ha).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)	Toplam (t/ha)
1NÇm	197,8±49,0^{b}	506,1±84,3^{b}	840,5±174,1^{b}	1210,9±248,2^{a}	1256,0±212,9^{a}	2021,9±318,3^{a}	6033,3±959,8^{b}
2NÇm	180,2±43,4^{b}	463,1±154,1^{b}	898,2±268,2^{b}	1210,5±388,3^{a}	1323,5±347,6^{a}	1930,4±507,0^{a}	6005,9±1595,7^{b}
YY	172,8±40,5^{b}	400,9±63,5^{ab}	797,9±112,1^{b}	1183,1±136,4^{a}	1343,5±231,9^{a}	2060,5±337,2^{a}	5957,8±694,5^{b}
GY	91,4±35,1^{a}	300,6±204,5^{a}	479,5±249,9^{a}	824,5±509,6^{a}	920,9±380,8^{a}	1519,5±234,1^{a}	4136,4±1571,2^{a}
F Oranı	4,37	3,23	4,29	1,78	2,36	2,08	2,86
Önem Düzeyi (p)	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.5. TOPRAKLARIN PH VE ELEKTRİKSEL İLETKENLİK DEĞERLERİ

4.5.1. Toprakların pH Değerleri

İşlem grupları arasında en düşük pH değeri 4,92 pH ile 2NÇm grubunun 50-70 cm derinlik kademesinde, en yüksek ise 6,13 pH ile GY işlem grubunun 0-5 derinlik kademesinde belirlenmiştir. Buna göre topraklar genel olarak orta şiddette asit karakter göstermektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre toprakların pH değerleri 0-5, 30-50, 50-70 cm derinlik kademelerinde istatiksel açıdan önemli derecede bir farklılık göstermektedir. 0-5 cm derinlik kademesinde GY örnek alanlarının, 30-50 cm ve 50-70 cm derinlik kademelerinde ise YY örnek alanlarının pH'sı diğer işlem gruplarından daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4.9).

Tablo 4.9: Toprakların pH değerleri.

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)
1NÇm	5,83±0,48^{ab}	5,58±0,59^{a}	5,24±0,33^{a}	5,22±0,28^{ab}	5,08±0,21^{ab}	5,14±0,20^{a}
2NÇm	5,47±0,36^{a}	5,27±0,34^{a}	5,18±0,39^{a}	4,95±0,21^{a}	4,92±0,27^{a}	5,00±0,37^{a}
YY	5,54±0,36^{a}	5,41±0,24^{a}	5,36±0,20^{a}	5,27±0,26^{b}	5,24±0,24^{b}	5,25±0,38^{a}
GY	6,13±0,37^{b}	5,49±0,34^{a}	5,45±0,56^{a}	5,14±0,31^{ab}	5,04±0,11^{ab}	5,02±0,02^{a}
F Oranı	3,46	0,98	0,78	3,10	3,12	1,22
Önem Düzeyi (p)	p<0,05	p>0,05	p>0,05	p<0,05	p<0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.5.2. Toprakların Elektriksel İletkenlik (EC) Değerleri (mS/cm)

İşlem gruplarının topraklarındaki EC değerleri arasında ilk 15 cm derinlikte bir fark belirlenememiştir. Ancak son dört derinlik kademesinin (15-30, 30-50, 50-70, 70-100 cm) elektriksel iletkenlik değerlerinde istatistiksel önemde farklılık göze çarpmaktadır. 15-30 cm ve 30-50 cm derinlik kademelerinde GY örnek alanlarının EC değerleri diğer işlem gruplarından daha yüksektir. 50-70 cm ve 70-100 cm derinlik kademelerinde ise 1NÇm örnek alanları en yüksek EC değerlerine sahiptir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10: Toprakların elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)*	15-30 (cm)*	30-50 (cm)*	50-70 (cm)*	70-100 (cm)*
1NÇm	0,085±0,090^{a}	0,152±0,299^{a}	0,057±0,011^{b}	0,050±0,009^{b}	0,048±0,009^{b}	0,044±0,084^{b}
2NÇm	0,059±0,040^{a}	0,036±0,024^{a}	0,027±0,012^{a}	0,027±0,014^{a}	0,023±0,014^{ab}	0,026±0,014^{a}
YY	0,099±0,079^{a}	0,068±0,062^{a}	0,040±0,030^{ab}	0,035±0,021^{a}	0,031±0,017^{ab}	0,035±0,020^{ab}
GY	0,120±0,027^{a}	0,080±0,069^{a}	0,138±0,144^{b}	0,095±0,104^{b}	0,038±0,015^{b}	0,030±0^{a}
F Oranı	0,98	5,42	14,78	11,44	12,65	8,95
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

* Non-parametrik testlerden Kruskal Wallis ile değerlendirilmiştir.

4.6. TOPRAKLARDAKİ ORGANİK KARBON KONSANTRASYONU VE ORGANİK KARBON STOKLARI

4.6.1. Toprakların Organik Karbon (TOK) Konsantrasyonu (%)

Toprak organik karbonu tüm işlem gruplarında 0-5 cm derinlik kademesinde daha yüksek olup, 70-100 cm derinlik kademesine doğru azalmaktadır. Ortalama TOK konsantrasyonları en yüksek %5,79 ile GY örnek alanlarında 0-5 cm derinlik kademesinde, en düşük ise %0,32 ile 1NÇm örnek alanlarının 70-100 cm derinlik kademesinde ölçülmüştür. İşlem grupları arasında TOK konsantrasyonları 0-5, 5-15 ve 15-30 cm derinlik kademeleri haricinde istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Genel olarak 1NÇm ile YY örnek alanları bir grup, 2NÇm ve GY örnek alanları diğer bir grup oluşturmaktadır ve bu örnek alanların TOK konsantrasyonları daha yüksektir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Toprakların organik karbon konsantrasyonları (%).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)
1NÇm	3,45±2,56^{a}	1,44±0,65^{a}	0,79±0,21^{a}	0,50±0,10^{a}	0,38±0,10^{a}	0,32±0,06^{a}
2NÇm	3,63±1,79^{a}	1,89±0,65^{a}	1,23±0,47^{a}	0,82±0,26^{b}	0,64±0,18^{c}	0,50±0,14^{c}
YY	2,95±1,40^{a}	1,84±1,58^{a}	1,08±0,85^{a}	0,67±0,26^{ab}	0,48±0,11^{ab}	0,38±0,10^{ab}
GY	5,79±0,94^{a}	2,38±2,20^{a}	1,34±1,00^{a}	0,80±0,47^{ab}	0,56±0,19^{bc}	0,48±0,11^{bc}
F Oranı	2,18	0,82	2,54	3,01	6,0	6,51
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.6.2. Topraklardaki Organik Karbon (TOK) Stokları (t/ha)

Birim alandaki TOK miktarları 50-70 cm ve 70-100 cm derinlik kademelerinde işlem grupları arasında farklılıklar göstermektedir. Birim alandaki ortalama toplam TOK miktarları 65,1 t/ha ile 92,9 t/ha arasında değişmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde TOK konsantrasyonlarında olduğu üzere tüm derinlik kademelerinde ortalama TOK miktarları 2NÇm ve GY örnek alanlarında daha yüksektir. 50-70 cm derinlik kademesinde ise varyans analizi sonuçlarına göre 2NÇm ve GY örnek alanları ile 1NÇm ve YY örnek alanları iki ayrı grup halinde toplanmaktadır. 70-100 cm derinlik kademesinde ise 1NÇm örnek alanlarının TOK miktarları diğer işlem gruplarından istatistiksel açıdan önemli olmasa da düşük olarak belirlenmiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12: Topraklardaki organik karbon stokları (t/ha).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)	Toplam (t/ha)
1NÇm	13,4±6,5^{a}	13,7±5,3^{a}	11,7±2,6^{a}	9,7±2,1^{a}	7,2±1,6^{a}	9,3±1,5^{a}	65,1±12,8^{a}
2NÇm	13,9±7,1^{a}	16,6±5,4^{a}	16,7±4,7^{a}	14,1±4,8^{a}	11,0±3,2^{b}	13,2±3,1^{b}	85,5±20,5^{a}
YY	11,1±3,8^{a}	14,8±9,6^{a}	14,8±10,2^{a}	12,1±4,6^{a}	9,0±2,2^{ab}	11,0±3,0^{ab}	72,8±28,3^{a}
GY	20,3±3,5^{a}	15,6±8,7^{a}	17,4±9,9^{a}	14,9±8,4^{a}	10,9±3,8^{b}	13,9±2,5^{b}	92,9±30,3^{a}
F Oranı	2,40	0,53	1,83	1,76	4,15	4,96	2,44
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p<0,05	p<0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.7. TOPRAKLARIN AZOT KONSANTRASYONLARI VE STOKLARI

4.7.1. Toprakların Azot Konsantrasyonu (%)

İşlem gruplarında azot konsantrasyonları arasında tüm derinlik kademelerinde varyans analizi sonuçlarına göre önemli düzeyde farklar söz konusudur. Ortalama azot konsantrasyonları 0-5 cm derinlik kademesinde diğer derinlik kademelerine göre daha yüksek olup, %0,16 ile %0,25 arasında değişmektedir. Bu derinlik kademesinde GY örnek alanlarında azot konsantrasyonları diğer işlem gruplarına göre daha yüksektir. GY örnek alanlarında diğer derinlik kademelerinde de % azot değerleri fazladır. 1NÇm ve YY örnek alanları azot konsantrasyonları tüm derinlik kademelerinde birbirine yakın olarak belirlenmiş olup, diğer işlem gruplarından düşüktür (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: Toprakların azot konsantrasyonu (%).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)*	50-70 (cm)	70-100 (cm)
1NÇm	0,16±0,07^{a}	0,12±0,05^{a}	0,11±0,06^{a}	0,11±0,07^{a}	0,12±0,07^{a}	0,08±0,05^{a}
2NÇm	0,19±0,02^{a}	0,18±0,12^{ab}	0,18±0,01^{b}	0,17±0,01^{b}	0,17±0,01^{ab}	0,17±0,01^{b}
YY	0,18±0,04^{a}	0,15±0,07^{ab}	0,12±0,05^{a}	0,11±0,06^{a}	0,11±0,06^{a}	0,09±0,06^{a}
GY	0,25±0,03^{b}	0,21±0,04^{b}	0,21±0,04^{c}	0,19±0,01^{c}	0,19±0,01^{b}	0,19±0,01^{b}
F Oranı	3,89	2,79	9,30	11,14	3,57	15,39
Önem Düzeyi (p)	p<0,05	p<0,05	p<0,001	p<0,05	p<0,05	p<0,001

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

*Non-parametrik testlerden Kruskal Wallis ile değerlendirilmiştir.

4.7.2. Topraklardaki Azot Stokları (t/ha)

Örnek alanların derinlik kademelerindeki azot stokları arasında sadece 15-30 cm, 30-50 cm ve 70-100 cm derinlikler arasında önemli düzeyde farklılaşma olduğu belirlenmiştir. Karbon miktarlarında olduğu gibi GY örnek alanlarında tüm derinlik kademelerinde azot stokları daha yüksek olarak belirlenmişken, istatistiksel olarak sadece yukarıda belirtilen derinlik kademelerindeki fark önemlidir. Birim alandaki toplam azot stokları 15,8 t/ha ile 20,8 t/ha arasında değişmektedir. En düşük ve en yüksek azot stoku arasında 5 t/ha arasında fark olmasına rağmen bu fark istatistiksel açıdan önemli değildir. 1NÇm ile YY örnek alanları tüm

derinlik kademelerinde aynı grupta yer almakta olup, diğer işlem gruplarına göre düşüktür (Tablo 4.14).

Tablo 4.14: Topraklardaki azot stokları (t/ha).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)	Toplam (t/ha)
1NÇm	0,6±0,2^{a}	1,2±0,5^{a}	1,7±0,9^{a}	2,1±1,4^{a}	2,4±1,6^{a}	2,3±1,5^{a}	15,8±3,3^{a}
2NÇm	0,8±0,1^{a}	1,6±0,2^{a}	2,5±0,3^{b}	2,9±0,5^{ab}	2,9±0,4^{a}	4,5±0,5^{b}	20,8±3,6^{a}
YY	0,7±0,2^{a}	1,3±0,5^{a}	1,6±0,6^{a}	2,0±1,3^{a}	2,1±1,4^{a}	2,7±2,0^{a}	15,9±7,9^{a}
GY	0,9±0,1^{a}	1,7±0,4^{a}	2,9±0,6^{b}	3,5±0,6^{b}	3,7±0,1^{a}	5,7±1,1^{b}	20,8±2,5^{a}
F Oranı	1,86	2,39	6,68	2,83	2,26	7,88	2,57
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p<0,01	p<0,05	p>0,05	p<0,01	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.8. TOPRAKLARIN ALINABİLİR FOSFOR KONSANTRASYONLARI VE STOKLARI

4.8.1. Toprakların Alınabilir Fosfor Konsantrasyonları (mg/kg)

Derinlik kademelerindeki alınabilir fosfor konsantrasyonlarının işlem gruplarına göre farklılık göstermediği belirlenmiştir. 0-5 cm derinlik kademesindeki alınabilir P konsantrasyonları diğer derinlik kademelerine göre daha yüksektir (Tablo 4.15). İşlem grupları alınabilir P konsantrasyonları arasında fark bulunamamasına rağmen 1NÇm ve YY örnek alanlarında daha yüksek olması dikkat çekmektedir (Tablo 4.15).

Tablo 4.15: Toprakların alınabilir fosfor konsantrasyonları (mg/kg).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)
1NÇm	4,21±4,12^{a}	3,90±4,42^{a}	2,56±3,23^{a}	0,91±0,46^{a}	1,71±3,21^{a}	3,38±7,33^{a}
2NÇm	1,69±3,28^{a}	1,20±0,97^{a}	0,86±0,54^{a}	0,92±0,66^{a}	0,50±0,33^{a}	0,47±0,35^{a}
YY	3,78±4,87^{a}	2,99±2,63^{a}	3,54±3,76^{a}	3,22±3,47^{a}	0,94±0,94^{a}	1,34±1,66^{a}
GY	2,68±2,03^{a}	2,31±3,05^{a}	0,82±0,44^{a}	0,50±0,26^{a}	0,42±0,29^{a}	0,43±0,26^{a}
F Oranı	1,53	1,18	0,71	0,10	0,78	2,36
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.8.2. Topraklardaki Alınabilir Fosfor Stokları (kg/ha)

Toprakların alınabilir fosfor stokları 5-15 cm, 15-30 cm, 50-70 cm ve 70-100 cm derinlik kademelerinde birbirine benzerdir. 1NÇm ve YY örnek alanlarında alınabilir fosfor stokları tüm derinlik kademelerinde daha yüksektir. Nitekim toplam alınabilir fosfor stokları bu örnek alanlarda sırasıyla 25,5 kg/ha ve 21,6 kg/ha olarak hesaplanmıştır ve $p<0,05$ önem düzeyinde 2NÇm ve GY örnek alanlarından daha yüksektir (Tablo 4.16). 2NÇm ve GY işlem gruplarının 100 cm derinlik için toplam alınabilir fosfor stoku değerleri birbirine yakındır ve bu iki işlem grubu istatiksel olarak da aynı grupta yer almaktadır.

Tablo 4.16: Topraklardaki alınabilir fosfor stokları (kg/ha).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)	Toplam (t/ha)
1NÇm	1,9±2,1^{b}	4,0±4,6^{a}	4,1±5,1^{a}	1,8±0,9^{ab}	3,3±6,2^{a}	10,4±22,9^{a}	25,5±25,4^{b}
2NÇm	0,7±1,4^{a}	1,2±1,1^{a}	1,2±0,9^{a}	1,7±1,5^{ab}	0,9±0,5^{a}	1,2±0,9^{a}	6,8±3,0^{a}
YY	1,5±2,1^{ab}	2,7±2,5^{a}	5,4±5,9^{a}	6,2±7,3^{b}	1,8±1,9^{a}	3,9±4,6^{a}	21,6±11,4^{b}
GY	0,9±0,7^{ab}	1,4±1,4^{a}	1,1±0,4^{a}	0,9±0,4^{a}	0,8±0,6^{a}	1,2±0,5^{a}	6,2±2,2^{a}
F Oranı	2,84	1,37	0,74	2,78	0,95	2,71	5,42
Önem Düzeyi (p)	$p<0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p<0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p<0,05$

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).(ort±SS).

4.9. TOPRAKLARIN DEĞİŞTİRİLEBİLİR POTASYUM KONSANTRASYONLARI VE STOKLARI

4.9.1. Toprakların Değiştirilebilir Potasyum Konsantrasyonları (mg/kg)

Değiştirilebilir potasyum konsantrasyonları, işlem grupları arasında istatiksel önemde farklı değildir. Değerlerin sıralandığı Tablo 4.17'de; en az değiştirilebilir potasyum konsantrasyonu 47,01 mg/kg, en fazla 146,59 mg/kg'dır. Söz konusu değerler, sırasıyla GY meşceresinin 70-100 cm ve 0-5 cm derinlik kademelerinde bulunmaktadır.

Tablo 4.17: Toprakların değiştirilebilir potasyum konsantrasyonları (mg/kg).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)
1NÇm	134,37±67,23[a]	105,70±91,51[a]	71,82±42,49[a]	69,90±41,02[a]	65,89±31,98[a]	66,25±27,53[a]
2NÇm	110,66±69,27[a]	79,44±37,49[a]	59,03±29,19[a]	65,31±34,80[a]	68,18±32,73[a]	72,49±41,72[a]
YY	122,86±83,96[a]	82,91±58,78[a]	79,84±57,33[a]	85,45±48,75[a]	86,81±44,91[a]	78,29±35,22[a]
GY	146,59±38,28[a]	104,73±45,85[a]	76,61±25,51[a]	59,43±19,46[a]	52,82±17,18[a]	47,01±8,41[a]
F Oranı	0,53	0,54	0,42	0,65	1,09	0,88
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.9.2. Toprakların Değiştirilebilir Potasyum Stokları (kg/ha)

Örnek alanların topraklarındaki değiştirilebilir potasyum stoklarında da istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur. Birim alandaki toplam değiştirilebilir potasyum stoku 590,3 kg/ha ile 760,9 kg/ha arasında değişmektedir (Tablo 4.18). Tüm işlem grupları içinde en az stok değeri 2NÇm, en fazla stok değeri ise YY topraklarında görülmüştür.

Tablo 4.18: Toprakların değiştirilebilir potasyum stokları (kg/ha).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)	Toplam (t/ha)
1NÇm	57,9±30,4[a]	102,5±86,1[a]	109,9±67,6[a]	135,9±78,8[a]	127,5±62,9[a]	197,4±87,2[a]	731,1±390,7[a]
2NÇm	42,2±25,5[a]	70,9±32,8[a]	82,6±38,4[a]	112,8±61,4[a]	117,9±56,2[a]	185,9±97,5[a]	612,3±274,6[a]
YY	47,8±32,8[a]	69,1±45,1[a]	109,6±71,9[a]	151,2±75,7[a]	160,4±70,7[a]	222,8±84,2[a]	760,9±360,8[a]
GY	52,2±16,6[a]	78,5±14,5[a]	107,0±41,9[a]	111,4±48,6[a]	102,3±38,3[a]	138,9±41,1[a]	590,3±188,2[a]
F Oranı	0,93	0,83	0,49	0,62	1,21	0,95	0,59
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.10. TOPRAKLARIN DEĞİŞTİRİLEBİLİR KALSİYUM KONSANTRASYONLARI VE STOKLARI

4.10.1. Toprakların Değiştirilebilir Kalsiyum Konsantrasyonları (mg/kg)

İşlem gruplarının değiştirilebilir kalsiyum konsantrasyonları arasında anlamlı bir değişiklik bulunamamıştır (p>0,05). Tablo 4.19'da görüldüğü gibi en düşük ve en yüksek ortalama değiştirilebilir Ca konsantrasyonları GY örnek alanlarında sırasıyla 290,25 mg/kg ve 822,25 mg/kg olarak belirlenmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19: Toprakların değiştirilebilir kalsiyum konsantrasyonları (mg/kg).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)
1NÇm	646,80±298,75[a]	420,70±202,35[a]	377,50±212,77[a]	358,80±171,46[a]	406,70±156,14[a]	456,80±191,23[a]
2NÇm	636,40±294,39[a]	662,60±351,21[a]	590,30±338,61[a]	668,00±345,19[a]	732,80±460,58[a]	751,80±493,02[a]
YY	589,00±435,73[a]	482,00±411,89[a]	501,80±375,25[a]	579,70±396,08[a]	609,40±412,59[a]	656,40±449,32[a]
GY	822,25±124,30[a]	504,25±408,76[a]	369,75±217,49[a]	311,00±184,00[a]	290,25±177,60[a]	314,50±135,58[a]
F Oranı	0,47	0,95	0,91	2,63	2,01	1,34
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.10.2. Toprakların Değiştirilebilir Kalsiyum Stokları (kg/ha)

İşlem gruplarının topraklarındaki değiştirilebilir kalsiyum stokları benzer bulunmuştur (p>0,05). Birim alandaki toplam değiştirilebilir Ca stokları 3252,5 kg/ha ile 6108,8 kg/ha arasında değişim göstermektedir (Tablo 4.20).

Tablo 4.20: Toprakların değiştirilebilir kalsiyum stokları (kg/ha).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)	Toplam (t/ha)
1NÇm	265,9±68,5[a]	406,3±181,9[a]	556,8±280,8[a]	693,1±334,9[a]	767,6±261,6[a]	1324,6±506,0[a]	4014,9±1379,3[a]
2NÇm	242,1±112,2[a]	589,7±318,7[a]	824,6±483,8[a]	1174,3±695,9[a]	1295,4±824,1[a]	1982,4±1295,8[a]	6108,8±3590,3[a]
YY	219,2±139,9[a]	387,4±291,1[a]	679,3±463,4[a]	1011,5±638,9[a]	1150,2±819,1[a]	1855,2±1222,9[a]	5302,9±3420,2[a]
GY	290,7±60,2[a]	314,1±176,1[a]	517,5±266,1[a]	612,4±448,9[a]	570,8±384,3[a]	912,8±454,7[a]	3252,5±1290,3[a]
F Oranı	0,56	1,36	0,93	2,35	1,53	1,13	0,48
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.11. TOPRAKLARIN DEĞİŞTİRİLEBİLİR MAGNEZYUM KONSANTRASYONLARI VE STOKLARI

4.11.1 Toprakların Değiştirilebilir Magnezyum Konsantrasyonları (mg/kg)

Toprakların değiştirilebilir magnezyum konsantrasyonları (Tablo 4.21) tüm derinlik kademelerinde işlem grupları arasında önemli bir farklılık göstermemektedir (p>0,05). Fakat genel olarak işlem gruplarındaki yüzde değerlerinde; 30 cm'ye kadar devam eden azalma eğilimi ile bu derinlikten sonraki artma eğilimi dikkat çekmektedir. En düşük Mg konsantrasyonu 5-15 cm derinlik kademesinde YY işlem grubunda 80,58 mg/kg ve en yüksek 30-50 cm derinlik kademesinde yine YY işlem grubunda 97,31 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.21: Toprakların değiştirilebilir magnezyum konsantrasyonları (mg/kg).

İşlem	0-5 (cm)*	5-15 (cm)	15-30 (cm)*	30-50 (cm)*	50-70 (cm)*	70-100 (cm)*
1NÇm	92,48±4,95[a]	86,18±7,93[a]	83,38±7,69[a]	88,67±11,38[a]	92,32±8,82[a]	93,57±7,45[a]
2NÇm	90,68±14,78[a]	91,50±8,56[a]	92,30±8,07[a]	96,55±3,29[a]	96,87±6,15[a]	87,13±20,58[a]
YY	85,76±13,90[a]	80,58±20,37[a]	91,35±10,60[a]	97,31±5,25[a]	97,18±4,50[a]	96,60±3,59[a]
GY	96,52±1,15 [a]	88,86±5,67[a]	82,79±27,40[a]	82,81±20,46[a]	86,23±15,25[a]	91,74±12,94[a]
F Oranı	3,34	0,10	6,48	6,42	4,05	0,87
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

* Non-parametrik testlerden Kruskal Wallis ile değerlendirilmiştir.

4.11.2. Toprakların Değiştirilebilir Magnezyum Stokları (kg/ha)

Değiştirilebilir magnezyum stoklarında sadece 70-100 cm derinlik kademesinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık söz konusudur. Toplam değiştirilebilir magnezyum stokları 811,5 kg/ha ile 876,6 kg/ha arasında değişmektedir (Tablo 4.22).

Tablo 4.22: Toprakların değiştirilebilir magnezyum stokları (kg/ha).

İşlem	0-5 (cm)	5-15 (cm)	15-30 (cm)	30-50 (cm)	50-70 (cm)	70-100 (cm)	Toplam (t/ha)
1NÇm	40,1±6,2^{a}	84,2±10,3^{a}	125,9±20,5^{a}	172,3±34,3^{a}	177,4±24,5^{a}	276,7±34,0^{b}	876,6±102,3^{a}
2NÇm	35,3±6,6^{a}	81,8±14,2^{a}	129,9±23,7^{a}	167,4±38,4^{a}	167,9±25,2^{a}	228,9±53,3^{a}	811,5±119,6^{a}
YY	33,9±7,1^{a}	69,2±14,9^{a}	129,5±16,7^{a}	176,1±15,6^{a}	183,5±14,0^{a}	278,9±23,3^{b}	871,1±52,0^{a}
GY	34,0±3,7^{a}	74,5±25,1^{a}	121,2±58,3^{a}	156,3±60,4^{a}	166,2±37,5^{a}	266,6±45,9^{ab}	818,7±220,8^{a}
F Oranı	1,88	1,98	0,14	0,34	0,92	3,40	0,77
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p<0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.12. ÖLÜ ÖRTÜ TABAKALARININ (YAPRAK+ÇÜRÜNTÜ VE HUMUS) AĞIRLIKLARI

İşlem gruplarındaki yaprak+çürüntü (Y+Ç), humus ve toplam ölü örtü ağırlıkları arasında p<0,001 güven güzeyinde farklılıklar oluştuğu belirlenmiştir. Yaprak+çürüntü tabakasında genç ve yaşlı yapraklı örnek alanlardaki ağırlıklar ibrelilere göre oldukça azdır ve sırasıyla 5,7 ve 5,6 t/ha olarak hesaplanmış olup varyans analizi sonuçlarına göre bir grup içinde kalmaktadır. 2NÇm örnek alanları 10,6 t/ha yaprak+çürüntü tabakası ağırlığı ile yapraklı işlem grupları ve 1NÇm örnek alanlarından farklı bir grup oluşturmaktadır. 1NÇm örnek alanları 15,1 t/ha ile yaprak+çürüntü tabakasında en fazla ağırlığı içermektedir. Humus ağırlıklarında ise YY ve 2NÇm işlem grupları ile 1NÇm ve GY işlem grupları ayrı olarak kümelenmiştir. Toplam ölü örtü ağırlıklarında 1NÇm örnek alanları 19,7 t/ha değeri ile diğer işlem gruplarına göre önemli düzeyde ön plana çıkmaktadır. Benzer şekilde diğer ibreli işlem grubu da 11,5 t/ha değeri ile ayrı bir grup oluşturmaktadır. Ölü örtü miktarı 7,1 t/ha ile en az YY örnek alanlarında belirlenmiştir. GY örnek alanlarının 8,9 t/ha olan ölü örtü ağırlığı istatistiksel olarak hem YY hem de 2NÇm örnek alanlarıyla benzerdir (Tablo 4.23).

Tablo 4.23: Ölü örtü tabakalarının ağırlıkları (t/ha).

İşlem	Yaprak+Çürüntü Ağırlığı (t/ha)	Humus Ağırlığı (t/ha)	Toplam Ağırlık (t/ha)
1NÇm	15,1±3,3^{c}	4,6±3,1^{b}	19,7±5,8^{c}
2NÇm	10,6±2,7^{b}	0,9±0,9^{a}	11,5±3,6^{b}
YY	5,6±1,5^{a}	1,5±0,6^{a}	7,1±2,0^{a}
GY	5,7±0,7^{a}	3,3±0,8^{b}	8,9±1,5^{ab}
F Oranı	28,53	11,30	13,10
Önem Düzeyi (p)	p<0,001	p<0,001	p<0,001

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.13. ÖLÜ ÖRTÜDEKİ KARBON VE BESİN MADDESİ KONSANTRASYONLARI İLE STOKLARI

4.13.1. Yaprak+Çürüntü Tabakaları

Meşcerelerin yaprak+çürüntü tabakalarındaki C, N, P, K, Ca ve Mg değerleri Tablo 4.24'te düzenlenmiştir. Buna göre yaprak+çürüntü tabakasında fosfor ve potasyum konsantrasyonlarında istatiksel önemde bir fark olmadığı belirlenmiştir. C konsantrasyonları ibreli işlem gruplarında yapraklılara göre daha yüksektir. Genç yapraklı işlem grubu %40,15 karbon içeriği ile en düşük yaprak+çürüntü karbon konsantrasyonuna sahip olup yaşlı yapraklılarla benzer ancak ibrelilerden farklı bir grup olarak ortaya çıkmaktadır. Azot konsantrasyonlarında ise yapraklı ve ibreli işlem grupları birbirlerinden istatistiksel olarak önemli derecede ayrılmaktadır. Benzer bir durum C/N oranları için de geçerli olup, yapraklı işlem gruplarının C/N oranları ibrelilerden düşüktür. Yaprak+çürüntü tabakalarının Ca ve Mg konsantrasyonları GY örnek alanlarında diğer işlem gruplarından p<0,001 güven düzeyinde farklıdır (Tablo 4.24).

Y+Ç tabakalarında sadece potasyum stoklarında istatistiksel önemde bir fark belirlenememiştir (p>0,05). C stokları yapraklı işlem grupları bir grup, 2NÇm bir grup ve 1NÇm diğer bir grup olacak şekilde kümelenmiştir. Y+Ç tabakalarının karbon stokları en az 2,29 ve 2,33 t/ha ile sırasıyla GY ve YY örnek alanlarında, en yüksek 6,89 t/ha ile 1NÇm örnek alanlarında bulunmuştur (Tablo 4.25).

Tablo 4.24: Yaprak+çürüntü tabakalarının karbon ve besin maddesi konsantrasyonları.

İşlem	C (%)	N (%)	C/N*	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
1NÇm	45,78±1,90^{b}	1,09±0,81^{a}	42,13^{b}	1,89±0,44^{a}	7,24±5,31^{a}	30,71±7,68^{a}	5,03±2,46^{a}
2NÇm	44,58±4,71^{b}	1,24±0,18^{a}	36,86^{b}	2,00±0,52^{a}	7,90±3,61^{a}	23,54±12,73^{a}	6,36±3,38^{a}
YY	42,24±3,60^{ab}	1,86±0,18^{b}	22,95^{a}	1,75±0,40^{a}	10,15±0,74^{a}	26,48±12,38^{a}	6,53±2,19^{a}
GY	40,15±1,34^{a}	1,85±0,14^{b}	21,76^{a}	1,82±0,31^{a}	11,53±1,96^{a}	58,76±10,57^{b}	14,37±2,43^{b}
F Oranı	3,82	54,90	23,80	0,53	2,08	10,37	9,0
Önem Düzeyi (p)	p<0,05	p<0,05	p<0,001	p>0,05	p>0,05	p<0,001	p<0,001

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

* Non-parametrik testlerden Kruskal Wallis ile değerlendirilmiştir.

Tablo 4.25: Yaprak+çürüntü tabakasındaki karbon ve besin maddesi stokları.

İşlem	C (t/ha)	N (t/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
1NÇm	6,89±1,50^{c}	0,16±0,04^{b}	0,03±0,01^{b}	0,12±0,10^{a}	0,46±0,14^{c}	0,08±0,05^{b}
2NÇm	4,62±0,76^{b}	0,13±0,04^{ab}	0,02±0,01^{b}	0,08±0,05^{a}	0,24±0,12^{ab}	0,07±0,04^{ab}
YY	2,33±0,54^{a}	0,10±0,04^{a}	0,01±0^{a}	0,06±0,02^{a}	0,14±0,06^{a}	0,04±0,02^{a}
GY	2,29±0,36^{a}	0,11±0,02^{a}	0,01±0^{a}	0,07±0,02^{a}	0,33±0,05^{b}	0,08±0,02^{b}
F Oranı	50,00	4,78	16,66	2,05	15,29	3,70
Önem Düzeyi (p)	p<0,001	p<0,01	p<0,001	p>0,05	p<0,001	p<0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

Yaprak+çürüntü tabakalarındaki azot stokları 0,10 t/ha ile 0,16 t/ha arasında değişmekte olup, yapraklı işlem gruplarında daha düşüktür. İbreli işlem gruplarında 1NÇm örnek alanları en yüksek karbon stokuna sahip olup, yapraklı işlem gruplarından önemli düzeyde farklıdır. 2NÇm örnek alanlarının azot stokları hem yapraklı işlem grupları hem de 1NÇm örnek alanları ile benzerdir (Tablo 4.25). Fosfor stoklarındaki ibreli ve yapraklı işlem gruplarının kümelenmesi daha belirgindir ve yapraklı işlem gruplarında daha düşük olan fosfor stokları 0,01 kg/ha ile 0,03 kg/ha arasında değişmektedir (Tablo 4.25). 0,14 kg/ha ile 0,46 kg/ha arasında değişen Y+Ç tabakası Ca stoklarına göre işlem grupları 3 ayrı grup oluşturmaktadır. YY ve GY örnek alanları ayrı birer grup olarak kümelenirken 2NÇm örnek alanlarındaki Ca stokları bu örnek alanların her ikisiyle de benzerdir. 1NÇm örnek alanları ise diğer örnek alanlardan istatistiksel açıdan önemli derecede farklıdır (Tablo 4.25). Mg stokları ise yaşlı yapraklı örnek alanlarında daha düşükken, diğer üç işlem grubunun Mg stokları birbirine yakındır (Tablo 4.25).

4.13.2. Humus Tabakaları

Humus tabakalarının karbon ve besin maddesi konsantrasyonlarının P ve C haricindeki tüm besin maddelerinde işlem grupları arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Farklılık gösteren besin maddelerinden kalsiyum konsantrasyonları ve C/N oranları üç grupta, diğer besin maddesi konsantrasyonları ise iki grupta kümelenmektedir. İşlem gruplarının humus tabakalarındaki besin maddesi konsantrasyonları karşılaştırıldığında (Tablo 4.26); karbon konsantrasyonunun GY işlem grubunda en düşük (%26,80), 1NÇm işlem grubunda en yüksek (%34,00); azot konsantrasyonunun 1NÇm işlem grubunda en düşük (%1,41), YY işlem grubunda en yüksek (%1,90); potasyum konsantrasyonunun GY işlem grubunda en düşük (9,78 mg/kg), YY işlem grubunda en fazla (15,18 mg/kg); kalsiyum konsantrasyonunun 1NÇm işlem grubunda en düşük (7,72 mg/kg), GY işlem grubunda en fazla (39,46 mg/kg); magnezyum konsantrasyonunun ise 1NÇm işlem grubunda en düşük (4,35 mg/kg), GY işlem grubunda en fazla (16,10 mg/kg) bulunduğu görülmektedir. İşlem gruplarının humus tabakalarındaki C/N oranları, yapraklı alanlarda daha düşüktür (Tablo 4.26).

Tablo 4.26: Humus tabakalarının karbon ve besin maddesi konsantrasyonları.

İşlem	C (%)	N (%)	C/N	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
1NÇm	34,00±3,47^{a}	1,41±0,17^{a}	24,43±3,42^{c}	1,79±0,36^{a}	10,38±3,32^{a}	7,72±3,94^{a}	4,35±1,82^{a}
2NÇm	30,35±7,37^{a}	1,50±0,28^{a}	20,74±7,06^{bc}	1,76±0,28^{a}	10,85±2,79^{a}	8,40±13,64^{ab}	7,31±4,96^{a}
YY	32,50±4,19^{a}	1,90±0,20^{b}	17,21±2,24^{ab}	1,54±0,36^{a}	15,18±5,32^{b}	12,42±6,79^{b}	7,14±2,85^{a}
GY	26,80±4,34^{a}	1,76±0,21^{b}	15,19±0,70^{a}	1,52±0,54^{a}	9,78±1,12^{a}	39,46±27,58^{c}	16,10±3,91^{b}
F Oranı	2,14	9,72	8,97	1,23	3,74	7,70	7,24
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p<0,001	p<0,001	p>0,05	p<0,05	p<0,01	p<0,01

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

İşlemlerin humus tabakalarındaki karbon ve besin maddesi stokları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. Humus tabakası karbon stokları 0,31 t/ha ile 2NÇm ve 1,59 t/ha ile 1NÇm örnek alanlarında ölçülmüştür. Azot stokları GY ve 1NÇm örnek alanları ile YY ve 2NÇm örnek alanları ayrı gruplar oluşturacak şekilde kümelenmiştir. GY ve 1NÇm örnek alanlarında 0,06 t/ha olan azot stokları diğer örnek alanlarının humus tabakalarındaki azot stoklarından daha yüksektir. Humus tabakasındaki P stokları da azot stoklarına benzer bir kümelenme

göstermektedir ve 1NÇm ile GY örnek alanlarında daha fazla bulunmaktadır. Potasyum stokları 0,01 kg/ha ile en düşük 2NÇm, 0,05 kg/ha ile 1NÇm örnek alanlarında bulunmaktadır. YY örnek alanlarının K stokları 2NÇm ve GY örnek alanları ile benzerdir. GY örnek alanlarının humus tabakasındaki K stokları aynı zamanda 1NÇm örnek alanları ile de aynı kümede yer almaktadır. 0,01-0,13 kg/ha arasında değişen miktarlarda Ca stoklarına sahip olan işlem grupları 3 ayrı küme oluşturmaktadır. GY örnek alanları en fazla humus tabakası Ca stokuna sahip olan işlem grubu olarak ön plana çıkarken, 2NÇm örnek alanları ise en düşük Ca stoklarına sahiptir. YY ve 2NÇm örnek alanlarının humus tabakası Ca stokları birbirine benzerdir. Humus tabakası magnezyum stokları da en az 2NÇm, en fazla GY örnek alanlarında belirlenmiştir. GY örnek alanlarından sonra en fazla Mg stokuna sahip 1NÇm örnek alanlarıdır (Tablo 4.27).

Tablo 4.27: Humus tabakasındaki karbon ve besin maddesi stokları.

İşlem	C (t/ha)	N (t/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
1NÇm	1,59±1,09^{c}	0,06±0,04^{b}	0,009±0,007^{b}	0,05±0,03^{c}	0,04±0,03^{b}	0,02±0,02^{b}
2NÇm	0,31±0,26^{a}	0,01±0,01^{a}	0,002±0,002^{a}	0,01±0,01^{a}	0,01±0,01^{a}	0,01±0,01^{a}
YY	0,49±0,20^{ab}	0,03±0,01^{a}	0,002±0,001^{a}	0,02±0,01^{ab}	0,02±0,01^{b}	0,01±0,005^{a}
GY	0,89±0,26^{bc}	0,06±0,02^{b}	0,005±0,002^{b}	0,03±0,01^{bc}	0,13±0,09^{c}	0,05±0,01^{c}
F Oranı	10,74	9,20	11,35	8,92	12,45	7,39
Önem Düzeyi (p)	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,01

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.13.3. Toplam Ölü Örtü

Tablo 4.28'de görüldüğü üzere, ölü örtülerdeki toplam karbon ve besin maddesi stoklarının işlem grupları arasındaki değişimleri -potasyum dışında- önemli bulunmuştur (p<0,05). Sırasıyla 2,82 t/ha ve 3,17 t/ha ölü örtü karbon stoku olan YY ve GY örnek alanlarının karbon stokları birbirine yakındır. Ancak 4,92 t/ha ölü örtü karbon stokuna sahip olan 2NÇm örnek alanları yapraklı işlem gruplarından ayrılmaktadır. 1NÇm örnek alanları da 2. nesil sahil çamı ağaçlandırmalarından çok daha fazla ölü örtü karbon stokuna sahiptir. Ölü örtü azot ve fosfor stokları açısından örnek alanların gruplanmaları benzerdir. Ölü örtü miktarı diğer işlem gruplarından daha fazla olan 1NÇm örnek alanları diğer işlem gruplarına göre ölü örtülerinde

daha fazla N ve P bulundurmaktadır. 1NÇM ve GY örnek alanlarındaki ölü örtü Ca stoklarının birbirine benzer olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde diğer iki işlem grubu Ca stokları da birbirine benzerdir. Ölü örtü Mg stoklarında ise yapraklı işlem gruplarından YY örnek alanlarının 0,05 kg/ha ile en düşük, GY örnek alanlarının ise 0,13 kg/ha ile en yüksek Mg stokuna sahip olduğu hesaplanmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre bu iki işlem grubu iki ayrı küme oluştururken 1NÇm işlem grubu Mg stokları GY örnek alanları ile 2NÇm işlem grubunun ise YY örnek alanları ile benzer Mg stokuna sahip olduğu ortaya konmuştur (Tablo 4.28).

Tablo 4.28: Ölü örtüdeki organik karbon ve besin maddeleri stokları.

İşlem	C (t/ha)	N (t/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
1NÇm	8,48±2,36^{c}	0,23±0,07^{b}	0,04±0,014^{b}	0,16±0,12^{a}	0,49±0,15^{b}	0,10±0,05^{bc}
2NÇm	4,92±0,98^{b}	0,15±0,06^{a}	0,02±0,013^{a}	0,09±0,05^{a}	0,25±0,12^{a}	0,07±0,04^{ab}
YY	2,82±0,69^{a}	0,13±0,04^{a}	0,01±0,004^{a}	0,08±0,03^{a}	0,16±0,06^{a}	0,05±0,02^{a}
GY	3,17±0,59^{a}	0,16±0,04^{a}	0,02±0,004^{a}	0,10±0,02^{a}	0,46±0,14^{b}	0,13±0,03^{c}
F Oranı	33,23	5,55	13,76	2,68	15,88	6,21
Önem Düzeyi (p)	p<0,001	p<0,05	p<0,001	p>0,05	p<0,001	p<0,01

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.14. ÖLÜ ÖRTÜ VE TOPRAKTAKİ ORGANİK KARBON VE BESİN MADDESİ STOKLARI

Çalışmada ölü örtü ve topraklardaki toplam organik karbon ve besin maddesi stoklarının da işlem gruplarına göre değişip değişmediği incelenmiştir. Ancak ölü örtü ve topraklardaki stoklar önceki bölümlerde ayrı ayrı değerlendirildiği için bu bölümde sadece toplam stoklara değinilmiştir.

4.14.1. Ölü Örtü ve Topraktaki Organik Karbon Stokları (t/ha)

Birim alanda ölü örtü ve topraklardaki organik karbon stokları 73,56 t/ha ile 96,12 t/ha arasında değişmektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre işlem gruplarının karbon stokları arasında farklar olmadığı, birbirine benzer olduğu belirlenmiştir. En düşük karbon stokunun olduğu 1NÇM ile en yüksek karbon stokuna sahip GY işlem grupları arasında yaklaşık 22 t/ha fark olmasına rağmen örnek alanlardaki değişkenliklerin fazla olması nedeniyle bu fark istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Tablo 4.29).

Tablo 4.29: Ölü örtüdeki organik karbon stokları.

İşlem	Ölü örtü (t/ha)	Toprak (t/ha)	Toplam (t/ha)
1NÇm	8,48±2,36^{c}	65,08±12,80^{a}	73,56±12,38^{a}
2NÇm	4,92±0,98^{b}	85,49±20,47^{a}	90,42±20,35^{a}
YY	2,82±0,69^{a}	72,77±28,27^{a}	75,59±28,17^{a}
GY	3,17±0,59^{a}	92,95±30,26^{a}	96,12±30,01^{a}
F Oranı	33,23	2,44	2,14
Önem Düzeyi (p)	p<0,001	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.14.2. Ölü Örtü ve Topraktaki Azot Stokları (t/ha)

Toplam azot stoklarında da karbon stoklarına benzer bir durum söz konusu olup, işlem gruplarının azot stoklarının benzer olduğu belirlenmiştir. 1NÇm ve YY örnek alanlarındaki azot stokları diğer iki işlem grubundan daha düşük olmakla birlikte bu fark varyans analizinde önemli çıkmamıştır. N stokunun; ölü örtüde 0,13 ile 0,23 t/ha arasında, toprakta 15,85 ile 20,80 t/ha arasında, toplamda 15,99 ile 20,97 t/ha arasındaki değerlerde olduğu görülmektedir (Tablo 4.30).

Tablo 4.30: Ölü örtü ve topraktaki azot stokları (t/ha).

İşlem	Ölü örtü (t/ha)	Toprak (t/ha)	Toplam (t/ha)
1NÇm	0,23±0,07[b]	15,83±3,30[a]	16,05±3,26[a]
2NÇm	0,15±0,06[a]	20,80±3,59[a]	20,95±3,58[a]
YY	0,13±0,04[a]	15,85±7,86[a]	15,99±7,87[a]
GY	0,16±0,04[a]	20,80±2,45[a]	20,97±2,43[a]
F Oranı	2,68	2,57	2,55
Önem Düzeyi (p)	p<0,05	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.14.3. Ölü Örtü ve Topraktaki Fosfor Stokları (kg/ha)

İşlem gruplarının toplam P stoklarının varyans analizlerine göre anlamlı olarak farklılık olduğu ve değerlerin 2 grupta toplandığı belirlenmiştir. 1NÇm ve YY örnek alanlarındaki fosfor stokları aynı küme içinde kalmaktadır ve diğer iki işlem grubundan p<0,05 önem düzeyinde farklıdır (Tablo 4.31). İbreliler arasında ikinci rotasyon örnek alanı birim alanda 18,7 kg daha az, yapraklı örnek alanlarında genç yapraklı örnek alanı birim alanda 15,4 kg daha az fosfor stoku içeriğine sahiptir.

Tablo 4.31: Ölü örtü ve topraktaki fosfor stokları (kg/ha).

İşlem	Ölü örtü (t/ha)	Toprak (t/ha)	Toplam (t/ha)
1NÇm	0,04±0,014[b]	25,50±25,44[b]	25,54±25,44[b]
2NÇm	0,02±0,013[a]	6,84±2,99[a]	6,86±2,99[a]
YY	0,01±0,004[a]	21,55±11,39 [b]	21,56±11,39[b]
GY	0,02±0,004[a]	6,18±2,15[a]	6,19±2,15[a]
F Oranı	16,60	5,42	5,43
Önem Düzeyi (p)	p<0,001	p<0,05	p<0,01

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.14.4. Ölü Örtü ve Topraktaki Potasyum Stokları (kg/ha)

Toplam potasyum stokları 590,41 ile 761,01 kg/ha arasında değişen işlem gruplarının bu stokları arasında fark belirlenememiş ancak stokların sahil çamlarının ikinci neslinde kırklı yaşlardaki alanların topraklarına göre azaldığı; yapraklılarda ise genç yapraklıların yaşlı yapraklı topraklarına göre azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 4.32).

Tablo 4.32: Ölü örtü ve topraktaki potasyum stokları (kg/ha).

İşlem	Ölü örtü (t/ha)	Toprak (t/ha)	Toplam (t/ha)
1NÇm	0,16±0,12[a]	731,13±390,68[a]	731,29±390,67[a]
2NÇm	0,09±0,05[a]	612,34±274,64[a]	612,43±274,65[a]
YY	0,08±0,03[a]	760,93±360,79[a]	761,01±360,79[a]
GY	0,10±0,02[a]	590,31±188,16[a]	590,41±188,16[a]
F Oranı	2,68	0,59	0,59
Önem Düzeyi (p)	p>0,05	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.14.5 Ölü Örtü ve Topraktaki Kalsiyum Stokları (kg/ha)

Potasyum stoklarında olduğu üzere toplam kalsiyum stokları da işlem gruplarına göre değişmemektedir. Ancak kalsiyum stoklarında ortalama değerlerin standart sapmalarının oldukça yüksek olduğu dikkat çekmektedir (Tablo 4.33). Toplam stoklarda en az kalsiyum birikimi GY meşceresinde, en fazla kalsiyum birikimi ise 2NÇm meşceresinde olup, birim alanda 3252,5 kg ile 6108,8 kg'dır.

Tablo 4.33: Ölü örtü ve topraktaki kalsiyum stokları (kg/ha).

İşlem	Ölü örtü (t/ha)	Toprak (t/ha)	Toplam (t/ha)
1NÇm	0,49±0,15[b]	4014,42±1379,33[a]	4014,9±1379,3[a]
2NÇm	0,25±0,12[a]	6108,52±3590,33[a]	6108,8±3590,3[a]
YY	0,16±0,06[a]	5302,74±3420,22[a]	5302,9±3420,2[a]
GY	0,46±0,14[b]	3252,08±1290,20[a]	3252,5±1290,3[a]
F Oranı	15,88	0,48	0,48
Önem Düzeyi (p)	p<0,001	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

4.14.6. Ölü örtü ve Toprakların Magnezyum Stokları (kg/ha)

İşlem gruplarının magnezyum stokları da birbirine benzer bulunmuştur. Toplam Mg stokları 2NÇm örnek alanlarında 811,58 kg/ha (en az), YY örnek alanlarında 876,66 kg/ha (en fazla) olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.34). Ölü örtünün ortalama toplam değerlerdeki payı azdır (0,08 kg/ha). Magnezyum stoklarının ikinci rotasyon sahil çamında birinci rotasyona göre azaldığı, genç yapraklı işlem grubundaki Mg yaşlı yapraklı işlem grubuna göre azaldığı, doğal yapraklı sahadan sahil çamına geçişte ise stokların az miktarda da olsa arttığı belirlenmiştir.

Tablo 4.34: Ölü örtü ve topraktaki magnezyum stokları (kg/ha).

İşlem	Ölü örtü (t/ha)	Toprak (t/ha)	Toplam (t/ha)
1NÇm	0,10±0,05^{bc}	876,56±102,33^{a}	876,66±102,33^{a}
2NÇm	0,07±0,04^{ab}	811,51±119,58^{a}	811,58±119,58^{a}
YY	0,05±0,02^{a}	871,09±52,00^{a}	871,14±52,01^{a}
GY	0,13±0,03^{c}	818,73±220,77^{a}	818,87±220,76^{a}
F Oranı	6,18	0,77	0,77
Önem Düzeyi (p)	p<0,01	p>0,05	p>0,05

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05).(ort±SS).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. TARTIŞMA

Ülkemizde endüstriyel ağaçlandırmalarda son 5 yıl içinde 2. rotasyonlara başlanmıştır. Bu kapsamda yaklaşık 50 yıl kadar önce başlanan endüstriyel ağaçlandırmalarda doğal ormanların tıraşlanarak hızlı gelişen ibreli türlerle ağaçlandırılmasının, bu işlemler sırasında uygulanan arazi hazırlığı ve toprak işleme yöntemlerinin ölü örtü ve toprak özellikleri üzerine etkisi konusunda az da olsa çeşitli çalışmalar mevcuttur (Kantarcı, 1981; Kantarcı, 1982; Kantarcı, 1983; Tolay ve diğ., 1983; Hızal ve diğ., 1991; Hızal ve diğ., 2015). Ancak 2. rotasyonun etkileri konusunda uluslararası çeşitli araştırmalar bulunsa da ülkemizde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu amaçla endüstriyel ağaçlandırmaların ilk örneklerinin gerçekleştirildiği ve bir proje kapsamında 2. rotasyonda çeşitli toprak işleme yöntemlerinin ölü örtü ve toprak özellikleri üzerindeki etkilerinin incelendiği başka bir araştırmanın örnek alanları da kullanılarak Kocaeli İli Kerpe Yöresindeki Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Enstitüsü Müdürlüğüne ait araştırma ormanında çalışılmıştır. Çalışmada doğal yapraklı baltalık orman (YY), bu baltalık ormanın tıraşlanarak sahil çamı ile ağaçlandırıldığı yaklaşık 40 yaşındaki sahil çamı ağaçlandırmaları (1NÇm), söz konusu sahil çamı ağaçlandırmalarının tıraşlanmasından sonra 2. rotasyon olarak yeniden sahil çamı ağaçlandırması yapılan 10 yaşındaki alanlar (2NÇm) ve yaşlı baltalıkların tıraşlanmasından sonra sürgünden gelen 10 yaşındaki genç baltalıklardan (GY) örnek alanlar alınmıştır. Böylece yapraklı bir ormanın ibreli ormana (1. rotasyon), 1. rotasyonun tıraşlanarak 2. rotasyona dönüştürülmesinin ve yapraklı ormanın tıraşlanarak baltalık şeklinde gençleştirilmesinin ölü örtü ve toprak özellikleri üzerine etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Hızlı gelişen türlerle yapılan ağaçlandırmalar aslında tam alanda tıraşlama ile mevcut ağaçların hasat edilmesi, hasat sonrasında çoğunlukla köklerin sökülmesi ve diri örtü temizliği yapılması, toprak işleme şeklindeki arazi hazırlıklarını içeren çalışmalardır. Yapılan bu üretim ve arazi hazırlığı çalışmalarının niteliği ve yoğunluğuna bağlı olarak ölü örtü ve toprak üzerindeki etkileri de farklılık gösterebilmektedir. Yapılan bazı araştırmalarda organik madde kaynağı olan ağaç ve diri örtünün uzaklaştırılmasının ölü örtü miktarını azalttığı ve bu durumun da ölü örtü ile topraktaki organik karbon ve besin maddesi stoklarını azalttığı belirlenmiştir (Jandl ve diğ., 2007; Clarke ve diğ., 2015). Topraklardaki besin maddesi stoklarının azalmasının ise 2. ve 3.

rotasyonlarda ağaçların gelişmesini de yavaşlatabileceği ifade edilmektedir (Walmsley ve diğ., 2009; Clarke ve diğ., 2015). Nave ve diğ. (2010) ise üretim çalışmalarının ölü örtüdeki karbon stoklarını topraktaki organik karbon stoklarına göre daha fazla etkilediğini belirtmektedir. Yine Nave ve diğ. (2010) hasat öncesi ve sonrasında toprak organik karbon (TOK) stoklarının USDA toprak taksonomisine göre Alfisoller ve Spodosollerde önemli derece değişmediğini, buna karşılık ise Inceptisoller ve Ultisollerde ise hasat sonrasında TOK stoklarında önemli azalmalar olduğunu açıklamaktadırlar.

Çalışmamızda da elde edilen en belirgin sonuç işlem grupları arasındaki ölü örtü miktarlarındaki farklılıklardır. Ölü örtü miktarı genç ve yaşlı yapraklı baltalıklarda sırasıyla 8,9 ve 7,1 t/ha olarak bulunmuştur. Tolunay ve Çömez (2008) Türkiye'deki yapraklı ormanlardaki ortalama ölü örtü miktarının 8,2 t/ha olduğunu açıklamakta olup, çalışmamızda bulunan değerler bu değerlere yakındır. Makineci ve diğ. (2011) tarafından Trakya'daki meşe baltalıklarında yürütülen bir çalışmada; ölü örtü miktarları a meşcerelerinde 4,3 t/ha, b meşcerelerinde 6,4 t/ha ve c meşcerelerinde 10,6 t/ha olarak belirlenmiştir. Ancak Zengin (1998) tarafından Kerpe'de yürütülen başka bir araştırmada ise doğal yapraklı ormanlarda ortalama ölü örtü miktarı 16,48 t/ha olarak verilmekte olup, çalışmamızdaki değerlerden yüksektir. Aynı bölgedeki yapraklı meşcerelerin ölü örtü miktarları arasındaki farklılığın örnekleme zamanından kaynaklanmış olabileceği gibi, sıklık meşcere yaşı ve silvikültürel uygulamaların farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Zengin (1988) ölü örtü örnekleme zamanını belirtmemiş olup, çalışmamızda ölü örtü örnekleri sonbaharda yaprak dökümü başlamadan önce alınmıştır.

Yaşlı yapraklı meşcerelerin tıraşlanarak genç baltalıkların oluşturulduğu alanlarda 10 yıl sonunda toplam ölü örtü miktarları genç meşcerelerde az da olsa yüksek bulunmuştur. Bu durum tıraşlama sonrasında kesim artıklarının sahada bırakılmasından kaynaklanmış olabilir.

Çünkü ağaçlar kesilerek uzaklaştırıldığından yaprak dökümü ile toprağa ulaşan ölü örtü miktarı azalacağı için ölü örtü miktarının da azalması beklenen bir sonuçtur (Clarke ve diğ., 2015). Yine tıraşlamadan sonra sahadaki ekolojik koşullar (ışık, sıcaklık, nem, yağış vb.) ile toprak özellikleri (pH, toprak nemi, besin durumu) değişebildiği için ölü örtünün ayrışma şartları da değişebilmektedir (Jandl ve diğ., 2007). Kesim artıklarının sahada bırakıldığı durumlarda tıraşlamadan sonraki birkaç yıl ölü örtü miktarının arttığı yönünde çalışmalar mevcuttur (Wall, 2008; Wall ve Hytönen, 2011). Yine aralamalar ya da tıraşlamalardan sonra sahaya yoğun

miktarda diri örtü gelmesi ve bu diri örtünün de ölü örtü miktarını arttırması mümkün olabilmektedir (Tolunay, 1997; Makineci, 1999). Kesim artıklarının ölü örtü miktarına bir diğer etkisi de ölü örtü kalitesinin değişimine neden olabilmesidir. Özellikle kesim artıklarının sahada bırakıldığı durumlarda lignin içeriği daha yüksek olan ve daha geç ayrışan odunsu artık miktarı artabilmektedir. Nitekim çalışmamızda da genç yapraklı işlem grubunun humus tabakasının miktarı yaşlı meşcerelerden daha yüksek bulunmuştur. Tıraşlamalardan sonra ağaçların gelişmesi ve kapalılığın oluşması ile birlikte ekolojik koşullar tıraşlama öncesine yaklaşmakta ve yaprak dökümü ile birlikte de ölü örtü miktarı aralama öncesine gelebilmektedir.

Çalışmamızdaki diğer bir bulgu yapraklı türlerin yerine sahil çamı ile yapılan tür değişiminin ölü örtü miktarını arttırdığıdır. Benzer sonuçlara ülkemizde yapılan çeşitli çalışmalarda da ulaşılmıştır. Örneğin Zengin (1988) tarafından yine Kerpe'de gerçekleştirilen ve yapraklı türlerin yerine sahil çamı ağaçlandırmasının yapıldığı bir çalışmada ölü örtü miktarı sahil çamı meşcerelerinde 24,5 t/ha, yapraklı meşcerelerde ise 16,5 t/ha olarak belirlenmiş ve sahil çamı meşcerelerinde ölü örtü miktarının arttığı ortaya konmuştur. Zengin (1988) tarafından sahil çamı ağaçlandırılmaları için verilen 24,5 t/ha değeri çalışmamızda 1. rotasyon döneminin sonundaki 40 yaşındaki örnek alanlarda belirlenen ortalama 19,7 t/ha ölü örtü miktarından az da olsa yüksektir. Benzer şekilde Scott ve Messina (2010) çam ve yapraklı doğal ormanların *Pinus teada* ve meşe ağaçlandırmalarına dönüştürülmesinin ölü örtü üzerindeki etkilerini incelemiştir ve ölü örtü miktarlarını *Pinus teada* ağaçlandırmalarında 18,2 t/ha, meşe ağaçlandırmalarında ise 9,2 t/ha olarak belirlemiştir. Bu durumun, yapraklı türlerin ölü örtülerinin ayrışma hızlarının ibreli türlerden fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Kantarcı, 2000). Nitekim çalışmamızda ölü örtü C/N oranları yapraklı meşcerelerde ibrelilere göre daha düşüktür.

İkinci rotasyon sahil çamı ağaçlandırmalarında 10 yıl sonunda 11,5 t/ha kadar bir ölü örtü birikmiştir. Bu ölü örtü miktarı yapraklı meşcerelerden fazla ancak yaşlı sahil çamı ağaçlandırmalarından ise 8 t/ha kadar düşüktür. Tecimen (2005) tarafından İstanbul Ağaçlı'da eski maden sahalarının rehabilitasyonunda kullanılan 15 yaşındaki sahil çamı ağaçlandırmalarında ölü örtü miktarlarının 6,42 t/ha ile 14,32 t/ha arasında değiştiği belirlenmiş olup, çalışmamızda bulduğumuz değerlere yakındır. Yaşlı ve genç sahil çamı ağaçlandırmalarında ölü örtü miktarlarının farklı olmasının nedeni genç sahil çamı ağaçlandırmalarında kapalılığın tam olarak oluşmaması, bu nedenle döküntü miktarının daha

az olmasına bağlı olabileceği değerlendirilmektedir. 2NÇm örnek alanlarında ağaçlandırma öncesinde ölü örtünün temizlendiği dikkate alındığında 10 yılda 11,5 t/ha gibi bir ölü örtü birikimi olması sahil çamı ölü örtüsünün geç ayrışmasındandır. Nitekim sahil çamı işlem gruplarının ölü örtülerindeki C/N oranları yapraklılardan daha yüksektir. Ayrıca aralarında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmasa da 2. rotasyon sahil çamı ağaçlandırmalarının ölü örtü C/N oranları 1. rotasyondakilerden düşüktür. Bu durumun, 2. rotasyonda 10 yıl meşcere içine daha fazla ışık, sıcaklık ve nem girmesinin ölü örtü ayrışmasını etkilemiş olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Ölü örtüdeki karbon ve besin maddesi konsantrasyonları arasında da farklar belirlenmiştir. Y+Ç tabakasında ibreli işlem gruplarının C konsantrasyonları daha yüksek, buna karşılık %N değerleri daha düşüktür. Alınabilir P ve değiştirilebilir K içerikleri işlem gruplarına göre farklılık göstermezken, değiştirilebilir Ca ve Mg genç baltalık meşcerelerinde daha fazla bulunmuştur. Humus tabakalarında ise karbon konsantrasyonları arasında fark yokken yapraklı işlem gruplarının azot konsantrasyonları ibrelilere nazaran daha yüksektir. Bu durumun tür farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ölü örtüdeki karbon ve besin maddesi stokları da ölü örtü miktarlarının farklı olmasından kaynaklı olarak değişmektedir ve genel olarak toplam ölü örtü miktarı daha fazla olan 1. rotasyondaki sahil çamı ölü örtülerinde daha fazladır. Yaşlı sahil çamı ağaçlandırmalarında ortalama 8,48 t/ha olan ölü örtü karbon stokları diğer araştırmalarla karşılaştırıldığında düşük bulunmuştur. Örneğin Ruiz-Peinado ve diğ. (2013) İspanya'daki 59 yaşındaki sahil çamı ağaçlandırmalarında ölü örtü karbon stoklarının 24,5-17,04 t/ha arasında değiştiğini belirtmektedirler. Benzer şekilde ülkemizdeki Durusu kumulunun üzerindeki sahil çamı ağaçlandırmalarında ölü örtü karbon stoklarının a gelişim çağında 5,69, b gelişim çağında 10,15, c gelişim çağında 14,19 ve cd gelişim çağında 17,72 t/ha olduğu belirlenmiştir (Tolunay ve diğ., 2017). Ancak İspanya'daki ağaçlandırmaların Akdeniz iklimi etkisinde bulunması nedeniyle şiddetli yaz kuraklığının yaşanmasının ve Durusu kumul ağaçlandırmasında ise yine kumuldan kaynaklanan kurak şartların ölü örtü ayrışmasını yavaşlatmış olduğu ve bu nedenle ölü örtü miktarının fazla olduğu düşünülmektedir. Yapraklı meşcerelerde GY işlem grubunda 3,17 t/ha olarak hesaplanan ölü örtü karbon stokları Makineci ve diğ. (2011) tarafından 3 kapalılıktaki b gelişim çağındaki meşe ormanlarında 2,54 t/ha olarak belirlenen ölü örtü karbon

stoklarından az da olsa yüksektir. Ancak yaşlı baltalıklar Makineci ve diğ. (2011) tarafından Mc3 meşcere tipi için hesaplanan 4,08 t/ha değerinden düşüktür.

Çalışmada yapraklı meşcerelerin tıraşlanarak gençleştirilmesinin ve 2. nesil sahil çamı ağaçlandırmalarının topraklardaki C ve N içerikleri üzerinde istatistiki derecede önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. Öncelikle toprakların C konsantrasyonları değerlendirildiğinde 30 cm derinlikten sonraki tüm derinlik kademelerinde genç yapraklı ve 2. nesil sahil çamı meşcerelerinde C konsantrasyonları 1. nesil sahil çamı ağaçlandırmalarından yüksektir. Yaşlı yapraklı meşcerelerdeki C konsantrasyonları ise 1. nesil sahil çamı ağaçlandırmaları ile genç yapraklı meşcerelerin arasında kalmakta ve istatistiksel olarak bu iki işlem grubuyla da benzerlik göstermektedir. Ayrıca toprak organik karbon (TOK) stoklarının 1. nesil sahil çamı ağaçlandırmalarında yaşlı yapraklı meşcerelere göre %11 daha düşük olduğu belirlenmiştir. TOK stokları ikinci nesil sahil çamı ağaçlandırmalarındaki birinci nesile göre %31, genç yapraklı meşcerelerde ise yaşlı yapraklı meşcerelere göre %28 oranında daha yüksek bulunmasına rağmen bu farklar istatistiksel açıdan önemli çıkmamıştır. Bu durumun örnek alanlar içindeki değişkenliğin fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu değişkenlikte örnek alanlarda geçmişte çok farklı arazi hazırlığı ve toprak işleme yöntemlerinin kullanılmış olması da etkilidir. Özellikle 1. nesil sahil çamı ağaçlandırmalarından seçilen örnek alanların aynı toprak işleme yöntemi uygulanmış alanlardan alınması gerekirken yeterli sayıda örnek alan bulunamadığı için örnekleme mecburen farklı toprak işleme gerçekleştirilen alanlarda yapılmıştır.

Tıraşlama ve ağaçlandırma çalışmalarının toprakların karbon içeriklerine etkisi ile ilgili olarak bu işlemlerin toprak karbon konsantrasyonları ve stoklarını arttırıcı ya da azaltıcı yönde etkileri olduğuna dair çeşitli çalışmalar mevcuttur. Örneğin İtalya'da meşe ve gürgen türlerinden oluşan doğal ormanların kavak dikilerek tür değişimine gidilmesinin 37 yıl sonunda karbon stoklarında %40 kadar azalmaya neden olduğu ortaya konmuştur (Ferré ve diğ., 2014). Peihua ve diğ., (2000) tarafından 2. rotasyon Larix ağaçlandırmalarında 25 yıl sonunda toprakların organik madde içeriklerinin değişmediği açıklanmaktadır. Nave ve diğ. (2010) ise hasat işlemlerinin TOK stokları üzerindeki etkisinin toprak tipine göre değiştiğini USDA toprak taksonomisine göre Alfisoller ve Spodosollerde önemli derecede değişmediğini, Inceptisoller ve Ultisollerde ise hasat sonrasında TOK stoklarında önemli azalmalar olduğunu ortaya koymuştur. Egnell ve diğ. (2015) hasat sonrasında köklerin sökülmesi ve derin toprak işleme şeklindeki arazi

hazırlıklarının TOK stoklarını azalttığını buna karşılık ağaçların bitkisel kütlelerindeki karbon stoklarının artmasına bağlı olarak ormandaki toplam karbon (ağaçlar+toprak) stoklarının önemli derece değişmediğini belirlemişlerdir. Clarke ve diğ. (2015) toprakların kök sökülmesi ya da toprak işlemesi ile karıştırılmasının topraktaki organik maddenin ayrışmasına neden olabileceğini ya da toprakların sıkışması halinde ise ayrışmanın yavaşlayacağını belirtmektedirler. Yine Clarke ve diğ. (2015)'ne göre hasat sonrasında değişen nem ve sıcaklık koşulları, önceki nem koşullarına bağlı olarak organik madde ayrışmasını arttırıcı ya da azaltıcı yönde etki yapabilmektedir. Hasat sonrasında intersepsiyonun ve transpirasyonun azalmasına bağlı olarak toprağa sızan su miktarı artabilmektedir. Bu durum organik maddenin çözünmüş formda toprağın derinlerine taşınması üzerinde etkili olabilmektedir (Nieminen, 2004). Ancak hasat sonrasında toprağa ulaşan su miktarının artmasının toprağın hava kapasitesini azaltması durumunda ise toprak organik maddesinin ayrışmasını yavaşlatabilmektedir (Prescott ve diğ., 2000). Nitekim Jandl ve diğ. (2007) de toprak neminin, ayrışma üzerindeki önemine dikkat çekerek hasat sonrası arazi hazırlığı yapılan yerlerde toprak içinde kalan kesim artıklarının toprak yüzeyindeki kesim artıklarından farklı ayrışma ve mineralizasyon koşullarına maruz kaldığını belirtmektedirler. Nitekim araştırma ormanında durgun su oluşumlarına da sıkça rastlanmaktadır. Çalışmamızda 2. nesil sahil çamı ağaçlandırmalarında organik karbon ve azot stoklarının yaşlı meşcerelerden istatistiksel açıdan önemli olmasa da yüksek bulunmasının nedeninin hasat sonrasında toprakta kalan köklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Hem toprakların oldukça killi olması hem de hasat sonrası toprağın nem durumunun artması köklerin ayrışmasını yavaşlatmış olmalıdır. Genç yapraklı meşcerelerdeki karbon ve azot stoklarında da 2. nesil sahil çamı ağaçlandırmalarına benzer bir durum bulunmaktadır. Ancak köklerin sökülmediği genç meşcerelerde topraktaki organik karbon ve azot stoklarının artmasında yüzeydeki kesim artıklarının ayrışması ile oluşan çözünmüş organik karbonun yağış suları ile toprağa karışmasının neden olabileceği yorumu yapılabilir. Nitekim genç yapraklı meşcerelerde özellikle ilk 30 cm derinlikte organik karbon konsantrasyonları istatistiksel açıdan önemli olmasa da diğer işlem gruplarından yüksektir.

Genç yapraklı meşcerelerin topraktaki azot konsantrasyonları tüm derinlik kademelerinde daha yüksektir. 2. nesil sahil çamı ağaçlandırmalarındaki topraklardaki azot konsantrasyonları da 0-5 cm derinlik kademesi haricinde yaşlı yapraklı meşcereler ve 1. nesil ağaçlandırmalarından daha fazla ölçülmüş olup, 15-30 cm, 30-50 cm ve 70-100 cm derinlik kademelerinde bu fark istatiksel açıdan önemlidir. Bu bulgular toprak organik karbon konsantrasyonları ve stokları ile

paralellik göstermektedir. Ancak aynı ağaç türü ile yapılan 2. nesil ağaçlandırmalarda ağaçlandırma sonrasında toprakların karbon ve azot stoklarında oluşan farkların zamanla kapanabildiği de belirtilmektedir.

Örneğin Peihua ve diğ. (2000) 2. nesil Larix ağaçlandırmalarında 25 yıl sonra azot konsantrasyonları 1. nesil ağaçlandırmalarla benzer bulmuştur. Egnell ve diğ. (2015) aynı türle yapılan 2. nesil ağaçlandırmalarda kesilen ağaçların kesilen köklerinin temizlenmesi işleminin toprakların C ve N konsantrasyonlarına etkilerine dair farklı bulgulara ulaşılan araştırmalar olduğunu, bu durum üzerinde farklı kök sökme ekipmanları kullanılmasının, kök sökme işlemi ile birlikte toprak işlemenin de yapılıp yapılmamasının, toprakların sıkışıp sıkışmamasının ve toprak işleme derinliğinin etkili olabileceğini açıklamaktadırlar.

İşlem gruplarının bir metre derinlikteki toprak için hesaplanan toplam azot stokları arasındaki farkların istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir. Ancak 2. nesil sahil çamı ağaçlandırmalarının 1. nesil ağaçlandırmalardan, genç yapraklı meşcerelerin de yaşlı yapraklılardan yaklaşık 5 t/ha kadar daha fazla azot stokuna sahip olduğu dikkat çekmektedir. Bu da genç meşcerelerde yaşlı meşcerelere göre topraktaki azot stoklarının %31 kadar daha fazla olduğu anlamına gelmektedir. Yaşlı ibreli ve yapraklı meşcerelerin topraktaki azot stokları ise oldukça benzerdir. Bu durumun hasat sonrası kesim artıklarının ayrışmasıyla oluşan azotun yıkanarak kil miktarı yüksek olan alt toprak katmanlarında tutulmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Araştırmamızda işlem gruplarının topraklarındaki alınabilir P ile değiştirilebilir K, Mg ve Ca stokları arasında istatistiksel açıdan önemli farklar belirlenememiştir. Ancak Ca stokları hariç genel olarak tıraşlanarak sahil çamı dikilen 2. nesil ağaçlandırmalarda ve yine tıraşlanarak getirilen genç yapraklı meşcerelerde incelenen bitki besin maddesi stokları yaşlı meşcerelere nazaran daha düşüktür. Özellikle fosfor stoklarının 2. nesil sahil çamı ve genç yapraklı meşcerelerde yaşlı meşcerelere göre sırasıyla %73 ve %71 gibi yüksek oranlarda azaldığı,

bu azalmanın K stoklarında %16 ve %22, Mg stoklarında ise %7 ve %6 kadar olduğu dikkat çekmektedir. Ca stokları ise ikinci nesil sahil çamı ağaçlandırmalarında birinci nesile göre %52 kadar artarken genç yapraklılarda yaşlı meşcerelere göre %39 azalmıştır. Ancak yine azot ve karbon stoklarında olduğu gibi incelenen diğer besin maddesi stoklarında topraklardaki değişkenliğin fazla olması nedeniyle işlem grupları arasında fark belirlenememiştir. Piirainen

ve diğ. (2015) toprakların işlenmesinin başta ölü örtü karbon ve besin stokları olmak üzere mekânsal varyasyonu arttırdığını, ağaçlandırma ve toprak işleme yöntemlerinin karbon ve besin stokları üzerindeki etkisinin anlaşılabilmesi için tüm ekosistemdeki besin maddesi akış ve stoklarının uzun süreli olarak izlenmesi gerektiğini bildirmektedirler. Grand ve diğ. (2014) hasat işlemlerinin mikro heterojenliği arttırdığını ifade etmektedir. Bu nedenle benzeri çalışmalarda özellikle aynı örnek alan içinde tek bir toprak çukuru açılmasına ek olarak toprak sondası ya da burgularla daha fazla örnek alınması önerilebilir. Böylece toprak işlemeye bağlı olarak oluşan mekânsal değişkenlikler de stok hesaplamalarına yansıtılabilmiş olacaktır.

Hasat ve toprak işlemenin ağaçların uzaklaştırılması ve ölü örtünün kaldırılması nedeniyle topraklardaki besin stoklarının azalmasına neden olduğu birçok araştırmayla ortaya konmuştur. Örneğin Arocena (2000) Kanada'da Duglas göknarı ve ladin karışık ormanlarda ölü örtünün kaldırılması ve toprak sıkışmasının sızıntı suyundaki K, Ca ve Mg konsantrasyonları üzerindeki etkilerini incelediği çalışmada, ölü örtünün kaldırılmadığı ve toprakların sıkışmadığı alanlarda sızıntı suyu içindeki konsantrasyonların daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde Zhou ve diğ. (2015) tarafından da Çin'de *Cunninghamia lanceolata, Pinus massoniana* ve yapraklı karışık ormanlarda da tıraşlama kesimlerden sonraki 10 ve 15 yılda topraklardaki P ve K konsantrasyonlarının azaldığını ifade etmektedirler. Palviainen ve diğ. (2014) Finlandiya'da ladin, sarıçam ve yapraklı karışık ormanlarda yaptıkları çalışmada tıraşlama kesimleri ile toprak işlemenin yüzeysel akışı ve yüzeysel akışla birlikte azot ve fosforun taşınmasını arttırdığını ortaya koymuşlardır.

Genel olarak tıraşlama şeklindeki hasat işlemleri ve hasat işlemi sonrasındaki kök sökme ile tekrar ağaçlandırma işlemleri topraklardaki besin maddesi stoklarını azaltmaktadır (Thiffault ve diğ., 2011). Ancak zamanla ağaçların gelişerek kapalılığın oluşması ve ölü örtü birikimi ile birlikte topraktaki besin maddesi konsantrasyonları artabilmektedir. Nitekim Peihua ve diğ. (2011) tarafından Çin'de 25 yaşlarındaki birinci ve ikinci nesil Larix ağaçlandırmalarında toplam N, P, K ve Ca konsantrasyonları arasında fark belirleyememişlerdir.

5.2. SONUÇ

Araştırmada 1. nesil sahil çamı ağaçlandırmalarının tıraşlanarak yeniden sahil çamı ile ağaçlandırmanın öncelikli olarak ölü örtü miktarı ve ölü örtüdeki karbon ile diğer besin maddesi stoklarını azalttığı belirlenmiştir. Topraklarda ise istatistiksel açıdan önemli çıkmasa da 2. nesil

sahil çamı ağaçlandırmalarında 1. nesil ağaçlandırmalara göre organik karbon ve azot stoklarının daha yüksek, Ca haricindeki P, K ve Mg stoklarının ise daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu bulgular ışığında aşağıdaki öneriler yapılabilir.

Ölü örtü önemli bir karbon ve besin maddesi havuzudur. Ağaçlandırmalar sırasında bu havuzların saha temizliği ve arazi hazırlığı sırasında şeritler halinde toplanması toprakları fakirleştirmektedir. Bu nedenle diri örtünün temizlenmemesi önerilebilir. Ancak bu önerinin pratikte gerçekleştirilmesi oldukça zor olabilir. Bunun için ölü örtü, diri örtü ve kesim artıklarının toprakla karıştırılmasını sağlayacak toprak işleme yöntemleri denenmelidir.

Endüstriyel ağaçlandırmalar özellikle odun hammaddesi ihtiyacının karşılanması açısından gittikçe önem kazanmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynağı olarak odunun da kullanımı yurt dışında yaygınlaşmış olup, ülkemizde de odunun kullanıldığı termik santrallar kurulması yönünde girişimler bulunmaktadır. Ülkemizde 2. rotasyon endüstriyel ağaçlandırmalara yeni başlanmıştır. Uluslararası literatürde özellikle kısa idare süreli rotasyonların dal, yaprak ve köklerin tamamının hasat edilmesi durumunda ölü örtü ile topraklardaki organik karbon ve besin maddesi stoklarını azalttığı yönünde araştırmalar mevcuttur. Hatta 2. ve 3. rotasyonlarda ağaçlarda artım kayıpları yaşanabileceği de belirtilmektedir (Walmsley ve diğ., 2009; Thiffault ve diğ., 2011). Toprakların organik karbon ve besin maddesi açısından fakirleşmemesi için kesim artıklarının tamamının olmasa bile en azından en fazla besin maddesi içeren yaprak ve dalların ormanda bırakılması yerinde olacaktır (Proe ve Dutch, 1994).

Ülkemizde ise endüstriyel ağaçlandırmalardaki rotasyon ile ilgili araştırma eksikliği bulunmaktadır. Bu nedenle mümkün olduğunca homojen yetişme ortamlarında değişik idare süreleri ile gerçekleştirilen endüstriyel ağaçlandırmaların sadece ölü örtü ve toprakta değil, ağaçlar ve diri örtülerdeki karbon ve besin maddesi stoklarını nasıl etkilediği konusunda araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu tür çalışmaların endüstriyel ağaçlandırmalarda gübreleme yapılıp yapılmayacağına, yapılacaksa da gübre miktarının ne kadar olması gerektiğine de katkı sağlayacaktır. Çünkü 2013 yılında hazırlanan Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planına göre endüstriyel ağaçlandırmalarda gerekirse gübreleme yapılması da öngörülmektedir. Ancak endüstriyel ağaçlandırmalarda da gübrelemenin ağaçların büyümesi üzerindeki etkilerine yönelik farklı bulgulara ulaşılan araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin Mason ve diğ. (2012) kesim artıklarının bırakıldığı ve NPK gübrelemesinin yapıldığı ikinci rotasyondaki sitka ladini ağaçlandırmalarında 10 yıl sonra göğüs yüzeyinin kontrol alanına göre

daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Ancak Proe ve Dutch (1994) ise yine ikinci rotasyondaki 10 yaşındaki sitka ladini ağaçlandırmalarında NPK gübrelemesinin ağaçların büyümesi üzerinde etkisi olmadığını raporlamışlardır. Ülkemizde endüstriyel ağaçlandırma çalışmalarında olmasa da çeşitli türlerle ağaçlandırılmış alanlarda gübrelemenin etkileri konusunda araştırmalar mevcuttur. Bunlardan Tunçkale (1974) tarafından sahil çamı ve radiata çamı ağaçlandırmalarında 1-4 yaşındaki fidanlara çeşitli gübreler uygulanmıştır. Sonuç olarak gübrelemenin fidanların boy büyümesi üzerine etkisi olmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Ayberk ve Tolay (1984) tarafından da yine sahil çamı ve radiata çamı ağaçlandırmalarında gübrelemenin etkisi olmadığı değerlendirilmiştir. Kızılçam ağaçlandırmalarında yürütülen diğer bir araştırmada da gübreleme ile iğne yapraklardaki N ve P konsantrasyonlarının arttığı ancak gübrelemenin hacim artımı üzerinde etkisi olmadığı ortaya konmuştur (Alım ve diğ., 2013). Ancak bu gübreleme çalışmalarının tamamına yakını rutin ağaçlandırmalarda gerçekleştirilmiştir. Ancak endüstriyel ağaçlandırmalarda kökler dâhil olarak tüm ağaçların hasat edilmesi nedeniyle bitki besin maddesi stoklarında azalma beklenebilir. Üçüncü ve daha sonraki nesillerde ise besin maddesi stoklarının daha da azalması beklenebilir. Bu nedenlerle ülkemizde de farklı yetişme ortamlarında deneme desenleri oluşturularak endüstriyel ağaçlandırmalarda gübrelemenin etkileri konusunda araştırmalara da ihtiyaç bulunmaktadır. Bu tür araştırmalar aynı zamanda endüstriyel ağaçlandırmalarda idare süresinin belirlenmesine de yardımcı olacaktır. Örneğin idare süresinin uzatılmasının TOK stoklarını olumlu yönde etkilediği yönünde bulgular mevcuttur (Chen ve diğ., 2017). Onlarca yıl sürecek bu tür çalışmalar için Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Enstitüsü Müdürlüğüne ait Kerpe Araştırma Ormanı oldukça uygundur. Bu araştırma ormanında oluşturulacak sabit örnek alanlarda endüstriyel ağaçlandırmaların bitkisel kütle, ölü odun, diri örtü, ölü örtü ve toprak organik karbon ve besin maddesi stoklarının izlenmesi, kesim artıklarının sahada bırakılması ya da uzaklaştırılmasının organik karbon ve besin maddesi stoklarına etkilerinin araştırılması endüstriyel ağaçlandırmaların etkilerinin sağlıklı olarak değerlendirilmesinde önemli katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Abdalmoula, M.M., 2017, *İstanbul-Durusu kumulundaki sahil çamı (Pinus pinaster Ait.) ve fıstık çamı (Pinus pinea L.) ağaçlandırmalarında ölü örtü ve toprakta karbon birikimi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

AEKGM, 1973, *Ağaçlandırma ve erozyon kontrolü çalışmaları, Türkiye Cumhuriyeti, 1923-50 Yıl-1973*, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Ankara.

Akalp, T., 2002, Devamlı deneme alanları yöntemi ile meşcerede artım ve büyümenin tayini (Sahilçamı örneği), *Orman amenajmanında kavramsal açılımlar ve yeni hedefler sempozyumu*, İstanbul, 256-264.

Akgül, S., 2010, *Sahilçamının (Pinus pinaster Aiton) Türkiye'deki gelişimi üzerine biyoiklimsel değerlendirmeler*, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, yayın no: 267, teknik bülten no: 212, Kocaeli.

Alım, E., Günhan, R., Erkan, N., Gürlevik, N., Türkkan, M., Okudan, A., Terzi, M., 2013, *Antalya Bölgesi'ndeki kızılçam (Pinus brutia Ten.) plantasyonlarında gübrelemenin beslenme ve büyüme üzerindeki etkisi*, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, yayın no:67, teknik bülten no: 50, Antalya.

Anon., 1982, *Marmara, Batı Karadeniz ve Orta Karadeniz Bölgesi sahil çamı ağaçlandırma alanlarında yapılan inceleme ve değerlendirme raporu*, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Kocaeli.

Anon., 1982b, *Memleket Haritaları Ereğli F24d2 ve F24d3 paftaları*, baskı: 2, Ankara.

Anon., 2013, *Endüstriyel ağaçlandırma çalışmaları eylem planı (2013-2023)*, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anon., 2015, *Kerpe Araştırma Ormanı Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planı (2015-2034)*, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Kocaeli.

Arocena, J.M., 2000, Cations in solution from forest soils subjected to forest floor removal and compaction treatments, *Forest ecology and management*, 133(1-2), 71-80.

Atay, İ., 1964, *Türkiye'de sahil kumullarının tespiti ve ağaçlandırılması üzerine araştırmalar*, Orman Genel Müdürlüğü yayınları, Ankara.

Ayberk, S., Tolay, U., 1984, *Yüzeysel gübrelemenin P. radiata D. Don ve P. pinaster Aiton türlerinin gelişimi üzerine etkilerinin araştırılması*, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, yıllık bülten no: 20, Kocaeli , 1-22.

Birler, A.S., 2009, *Endüstriyel orman ağaçlandırmaları*, Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi, yayın no: 4, Özlem Matbaası, İstanbul.

Chen, G-S., Yang, Y-S., Xie, J-S., Guo J-F., Gao, R., Qian, W., 2005, Conversion of a natural broad-leafed evergreen forest into pure plantation forests in a subtropical area: Effects on carbon storage, *Annals of forest science* , 62 (7), 659-668.

Chen, L-C., Wang, H., Yu, X., Zang, W-D., Lü, X-T., Wang, S-L., 2017, Recovery time of soil carbon pools of conversional Chinese fir plantations from broadleaved forests in subtropical regions, China, *Science of the total environment*, 587-588, 296-304.

CIFOR, 2002, *Typology of planted forests, InfoBrief*, Bogor/Indonesia, http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Typology/John-typology.pdf, [Ziyaret Tarihi: 28 Eylül 2018].

Clarke, N., Gundersen, P., Jönsson-Belyazid, U., Kjønaas, O.J., Persson, T., Sigurdsson, B.D., Stupak, I., Vesterdal, L., 2015, Influence of different tree-harvesting intensities on forest soil carbon stocks in boreal and northern temperate forest ecosystems, *Forest ecology and management*, 351, 9-19.

Cooling, E.N.G., 1977, *Industrial forestry plantations, Turkey, final report: Plantation silviculture*, working doc no: 28, UNDP/FAO, Rome.

Egnell, G., Jurevics, A., Peichl, M., 2015, Negative effects of stem and stump harvest and deep soil cultivation on the soil carbon and nitrogen pools are mitigated by enhanced tree growth, *Forest ecology and management*, 338, 57-67.

Eraslan, İ., 1983, Hızlı büyüyen ağaç türlerinin önemi, tanımı ve Türkiye'de bu türlerle kurulacak plantasyonların potansiyel üretim kapasitesi, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi dergisi*, sayı:2, seri: B, cilt: 33, 1-28.

Ercan, M., 2002, *Kerpe Araştırma Ormanı (Derleme)*, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, çeşitli yayınlar no: 15, Kocaeli.

Ercan, M., 2014, *Kuruluşundan günümüze Kavakçılık Araştırma Enstitüsü 1962-2014*, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü, yayın no: 270, çeşitli yayınlar serisi no: 25, Kocaeli.

Evans, J., 2004, *Forest plantations*, Encyclopedia of forest sciences, In: Burley J, Evans J, Youngquist J. (eds), vol 2, Elsevier, Oxford, 822-828.

FAO, 2018a, *Forest products statistics*, http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/, [Ziyaret tarihi: 4 Eylül 2018].

FAO, 2018b, Working across sectors to halt deforestation and increase forest area from aspiration to action, *International conference*, 20-22 February 2018 FAO headquarters, Rome, Italy.

Ferré, C., Comolli, R., Leip, A., Seufert, G., 2014, Forest conversion to poplar plantation in a Lombardy floodplain (Italy): Effects on soil organic carbon stock, *Biogeosciences*, 11, 6483-6493.

Gaddas, R.R., ve Öz, C., 1975, *Kefken Pilot Ağaçlandırma Sahası Vejetasyon Haritası*, Kocaeli.

Gaddas, R.R., 1976, *Industrial forestry plantations, Turkey, survey report*, Kefken pilot plantation, working doc. no:20, UNDP/FAO, Rome.

Grand, S., Hudson, R., Lavkulich, L.M., 2014, Effects of forest harvest on soil nutrients and labile ions in podzols of southwestern Canada: Mean and dispersion effects, *Catena*, 122, 18-26.

Gülçur, F., 1974, *Toprağın fiziksel ve kimyasal analiz metodları*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, yayın no: 1970, Orman Fakültesi yayın no: 201.

Hızal, A., Şengönül, K., Zoralioğlu, T., 1991, Çeşitli toprak işleme yöntemleri ile işlenmiş ince tekstürlü toprakların bazı fiziksel özelliklerinde zamanla meydana gelen değişmeler ve bunların *Pinus pinaster* Aiton plantasyonlarının büyümesi üzerine etkileri, *Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 15, 1, 89-94.

Hızal, A., Zoralioğlu, T., Zengin, M., 2010, *Çeşitli toprak işleme yöntemleriyle işlenmiş toprakların bazı fiziksel özelliklerinde zamanla meydana gelen değişimler ile bunların Pinus pinaster Aiton ağaçlandırmalarının büyümesine etkileri*, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, çeşitli yayınlar no: 21, Kocaeli.

Hızal, A., Zengin, M., Karakaş, A., Gökbulak, F., Ercan, M., Tuğrul, D., 2015, *Hızlı gelişen orman ağacı türleri ile kurulan endüstriyel ağaçlandırmaların uzun süreçte toprakların kimyasal özelliklerine etkileri*, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, yayın no: 273, çeşitli yayınlar serisi no: 28, Kocaeli.

Irmak, A., 1954, *Arazide ve laboratuvarda toprağın araştırılması metodu*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, yayın no: 599, Orman Fakültesi yayın no: 27.

ISO 10390, *Soil quality-determination of ph*, Toprak Analizleri, Laboratuvar Teknikleri Semineri, 24 Ekim 2014, Eskişehir.

Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D.W., Minkkinen, K., Byrne, K.A., 2007, How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?, *Geoderma*,137, 253-268.

Kacar, B., 1972, *Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: II*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, yayın no: 453, Ankara.

Kacar, B., 2009, *Toprak analizleri (genişletilmiş 2. Basım)*, Nobel Yayın Dağıtım, yayın no: 1387, Ankara.

Kantarcı, M.D., 1981, Ağaçlandırmalarda toprak işleme usullerinin yetişme ortamındaki besin maddeleri ve bitkisel kütle üretimi üzerine etkileri (Bildiri 14 sayfa), *Türkiye'de hızlı gelişen türlerle endüstriyel ağaçlandırmalar simpozyumu*, 21-26 Eylül 1981 İzmit (Kefken) - Koru Dağ - Çanakkale (Dardanos).

Kantarcı, M.D., 1982, Ağaçlandırma alanlarında arazi hazırlığı ve toprak işlemesinin orman yetişme ortamı üzerindeki etkileri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi dergisi*, seri: B, 32(2), 52-93.

Kantarcı, M.D., 1983, Kerpe TUR-71/571 ağaçlandırma alanında uygulanan toprak işlemesi yöntemlerinin toprak özellikleri ve sahil çamı fidanlarının gelişimi üzerindeki etkileri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi dergisi*, seri:A, 33(2), 104-140.

Kantarcı, M.D., 2000, *Toprak İlmi*, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul, yayın no: 462.

Li, X., Ye, D., Liang, H., Zhu, H., Qin, L., Zhu, Y., Wen, Y., 2015, Effects of successive rotation regimes on carbon stocks in eucalyptus plantations in subtropical china measured over a full rotation, *Plos-one*, 10(7).

Makineci, E., 1999, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma Ormanındaki baltalıkların koruya dönüştürülmesi işlemlerinin ölü örtü ve topraktaki azot değişimine etkileri*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Makineci, E., Yılmaz, E., Kumbaşlı, M., Sevgi, O., Yılmaz, H., Çalışkan, S., Özdemir, E., Beşkardeş, V., Keten, A., Zengin, H., 2011, *Kuzey Trakya koruya tahvil meşe ekosistemlerinde sağlık durumu, biyokütle, karbon depolama ve faunistik özelliklerin belirlenmesi*, TÜBİTAK-TOVAG tarafından desteklenmiş 107O750 no.lu proje.

Mason, W.L., Mckay, H., Weatherall, A., Connolly, T., Harrison A.J., 2012, The effects of whole-tree harvesting on three sites in upland Britain on the growth of sitka spruce over ten years, *Forestry*, 85, 111-123.

Nave, L.E., Vance, E.D., Swanston, C.W., Curtis, P.S., 2010, Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests, *Forest ecology and management*, 259, 857-866.

Nieminen, M., 2004, Export of dissolved organic carbon, nitrogen and phosphorus following clear-cutting of three Norway spruce forests growing on drained peatlands in southern Finland, *Silva fennica*, 38 (2), 123-132.

OGM, 2017, *Ormancılık istatistikleri (2016)*, Orman Genel Müdürlüğü. https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx?RootFolder=%2Fekutuphane%2FIstatistikler%2FOrmanc%C4%B1l%C4%B1k%20%C4%B0statistikleri&FolderCTID=0x012000301D182F8CB9FC49963274E712A2DC00&View={4B3B693B-B532-4C7F-A2D0-732F715C89CC}, [Ziyaret Tarihi: 18 Eylül 2017].

Overbeek, W., Kröger, M., Gerber, J-F., 2012, An overview of industrial tree plantation conflicts in the global south, conflicts, trends, and resistance struggles, *EJOLT*, report no: 3, 100.

Özcan, B.G., 2003, *Sahilçamı (Pinus pinaster Ait.) ağaçlandırmalarında artım ve büyüme*, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, teknik bülten no: 195, Kocaeli, 161.

Palviainen, M., Fine´r, L., Laure´n, L., Launiainen, S., Piirainen, S., Mattsson, T., Starr, M., 2014, Nitrogen, phosphorus, carbon, and suspended solids loads from forest clear-cutting and site preparation: Long-term paired catchment studies from Eastern Finland, *AMBIO 2014*, 43, 218-233.

Peihua, W., Suhua, X., Wenjuan, J., Yabin, L., Yuying, S., 2000, Effects of the second-generation larch plantations on soil fertility and tree growth, *Journal of forestry research*, 11(1), 41-43.

Piirainen, S., Finér, L., Starr, M., 2015, Changes in forest floor and mineral soil carbon and nitrogen stocks in a boreal forest after clear-cutting and mechanical site preparation, *European journal of soil science*, 66(4), 735-743.

Proe, M.F., Dutch, J., 1994, Impact of whole-tree harvesting on second-rotation growth of sitka spruce: the first 10 years, *Forest ecology and management*, 66, 39-54.

Özyuvacı, N., 1978, *Kocaeli Yarımadası topraklarında erozyon eğiliminin toprak özelliklerine bağlı olarak değişimi*, İstanbul Üniversitesi, yayın no:2328, Orman fakültesi yayın no:233, İstanbul.

Prescott, C.E., Maynard, D.G., Laiho, R., 2000, Humus in northern forests: friend or foe?, *Forest ecology and management*, 133, 23-36.

Rodriguez, L.C.E., Pasalodos-Tato, M., Diaz-Balteiro, L., McTague, J.P., 2014, *The importance of industrial forest plantations*, The management of industrial forest plantations, In: Borges, J.G., Diaz-Balteiro, L., McDill, M.E., Rodriguez, L.C.E. (eds.), Part I, Springer Dordrecht Heidelberg New York London, ISBN 978-94-017-8898-4, 3-26.

Ruiz-Peinado, R., Bravo-Oviedo, A., Lo´pez-Senespleda, E., Montero G., Rı´o, M., 2013, Do thinnings influence biomass and soil carbon stocks in Mediterranean maritime pinewoods?, *European journal of forest research*, 132, 253-262.

Saatçioğlu, F., 1969, *Silvikültür I- Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, yayın no:1429/138, İstanbul.

Scott, C.W., 1962, A summary of information on *Pinus pinaster*, *Forestry abstract*, 23(1,2).

Scott, D.A., Messina, M.G., 2010, Soil properties in 35 y old pine and hardwood plantations after conversion from mixed pine-hardwood forest, *American midland naturalist*, 163, 197-211.

Sever, H., Makineci, E., 2009, Soil organic carbon and nitrogen accumulation on coal mine spoils reclaimed with maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton) in Agacli–Istanbul, *Environmental monitoring and assesment*, 155, 273-280.

Tecimen H.B., 2005, *Dikimle yetiştirilmiş sahilçamı (Pinus pinaster* Aiton*) ormanında ayıklama işlemlerinin meşceredeki azot dolaşımına ve ağaçların gelişimine etkileri*, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, XIII+271.

Thiffault, E., Hannam, K.D., Paré, D., Titus, B.D., Hazlett, P.W., Maynard, D.G., Brais, S., 2011, Effects of forest biomass harvesting on soil productivity in boreal and temperate forests- A review, *Environmental reviews*, 19(NA): 278-309.

TS 8338, Topraklar-Fosfor tayini (Modifiye Bray ve Kurtz No:1 Metodu).

Tolay, U., Hızal, A., Dönmez, E., 1983, Çeşitli toprak işleme yöntemlerinin Kerpe yöresindeki bozuk baltalıklarda ince tekstürlü toprakların fiziksel özellikleri ve ağaçlandırma başarısı üzerine etkileri, *Doğa bilim dergisi*, Tarım ve ormancılık 7, 171-175.

Tolunay, D., 1997, *Aladağ'da (Bolu) Sıklık Çağındaki Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Meşcerelerinde Bakımların Madde Dolaşımına Etkileri*, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, IX+213 sayfa.

Tolunay, D., Çömez, A., 2008, Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları, *Hava kirliliği ve kontrolü ulusal sempozyumu 2008*, 22-25 Ekim 2008, Hatay.

Tolunay, D., Makineci, E., Şahin, A., Özturna, A.G., Pehlivan, S., Abdalmoula, M.M., 2017, *İstanbul-Durusu kumul alanlarındaki sahil çamı (Pinus pinaster Ait.) ve fıstık çamı (Pinus pinea L.) ağaçlandırmalarında karbon birikimi*, TÜBİTAK TOVAG tarafından desteklenen 114O797 no.lu proje.

Tunçkale, D.H., 1974, *Makine ile hazırlanmış teraslarda dikilmiş çeşitli yaşlı P. radiata ve P. pinaster plantasyonlarında NPK madensel gübrelerin gençlik devresinde boy büyümesi üzerine olan etkilerinin araştırılması*, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, yıllık bülten no: 9, Kocaeli, 25-89.

Tunçtaner, K., Tulukçu, M., Toplu, F., 1985, *Türkiye'de endüstriyel ağaçlandırmalarda kullanılabilecek sahil çamı (Pinus pinaster Ait.) orijinlerinin seçimi üzerine araştırmalar*, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, yıllık bülten no: 21, Kocaeli, 249.

Tunçtaner, K., 2007, *Orman genetiği ve ağaç ıslahı*, Ankara, Türkiye Ormancılar Derneği Eğitim Dairesi 4.

Turan, H., 1982, Türkiye'de hızlı gelişen türlerle endüstriyel ağaçlandırmaların tarihçesi, *Türkiye'de hızlı gelişen türlerle endüstriyel ağaçlandırmalar simpozyumu*, 21-26 Eylül 1981 Kefken-İzmit, Ankara, 27-36.

Wall, A., 2008, Effect of removal of logging residue on nutrient leaching and nutrient pools in the soil after clearcutting in a Norway spruce stand, *Forest ecology and management*, 265, 1372-1383.

Wall, A., Hytönen, J., 2011, The long-term effects of logging residue removal on forest floor nutrient capital, foliar chemistry and growth of a Norway spruce stand, *Biomass and bioenergy*, 35, 3328-3334.

Walmsley, J.D., Jones, D.L., Reynolds, B., Price, M.H., Healey, J.R., 2009, Whole tree harvesting can reduce second rotation forest productivity, *Forest ecology and management*, 257, 1104-1111.

Yang, K., Shi, W., J-J., Zhu, 2013, The impact of secondary forests conversion into larch plantations on soil chemical and microbiological properties, *Plant and soil*, 368(1-2), 535-546.

Yousefi, A., Darvishi., L., 2013, Soil changes induced by hardwood and coniferous tree plantations establishment: Comparison with natural forest soil at Berenjestanak lowland forest in north of Iran, *International journal of advanced biological and biomedical research*, 1(4), 432-449.

Zengin, M., 1997, *Kocaeli yöresinde orman ekosistemlerinin hidrolojik ağaçlandırmalar yönünden karşılaştırılması*, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, teknik bülten no:182, Kocaeli.

Zengin, M., 1998, *Farklı meşçereler altındaki ölü örtü ve toprakların bazı hidro-fiziksel özellikleri, Kavak ve Hızlı gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü*, çeşitli yayınlar serisi no: 12, Kocaeli.

Zhang, X-Q., Kirschbaum, M.U., Hou Z., Guo, Z., 2004, Carbon stock changes in successive rotations of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb) Hook) plantations, *Forest Ecology and Management*, 202, 131-147.

Zhou, X., Zhou, Y., Zhou, C., Wu, Z., Zheng, L., Hu, X., Chen, H., Gan, J., 2015, Effects of cutting intensity on soil physical and chemical properties in a mixed natural forest in Southeastern China, *Forests*, 6, 4495-4509.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Selin ÖZBAY
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	❒ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Web Adresi	-

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	
Fakülte	
Bölümü	
Mezuniyet Yılı	

Yüksek Lisans	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Toprak İlmi ve Ekoloji Programı

Makale ve Bildiriler
-