FARKLI ARAZİ KULLANIM BİÇİMLERİNİN TOPRAĞIN MİKROBİYAL BİYOKÜTLE KARBON (C_{mic}) VE AZOT (N_{mic}) İÇERİĞİNE ETKİSİ

İlyas BOLAT

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Mühendislik Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

BARTIN

Haziran 2007

KABUL:

İlyas BOLAT tarafından hazırlanan "FARKLI ARAZİ KULLANIM BİÇİMLERİNİN TOPRAĞIN MİKROBİYAL BİYOKÜTLE KARBON ($C_{MİC}$) VE AZOT ($N_{MİC}$) İÇERİĞİNE ETKİSİ" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Mühendislik Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 14.06.2007.

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Ömer KARA (ZKÜ) .....

Üye : Doç. Dr. Erol KIRDAR (ZKÜ) .....

Üye : Doç. Dr. Yılmaz YILDIRIM (ZKÜ) .....

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. 19../07./2007

Doç. Dr. Mustafa SÖZEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Yüksek Mühendislik Tezi

FARKLI ARAZİ KULLANIM BİÇİMLERİNİN TOPRAĞIN MİKROBİYAL BİYOKÜTLE KARBON (Cmic) VE AZOT (Nmic) İÇERİĞİNE ETKİSİ

İlyas BOLAT

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ömer KARA
Haziran 2007, 104 sayfa

Bu çalışmada, farklı arazi kullanım biçimi (orman, mera ve tarım) altındaki üst toprakların (0–5 cm) mikrobiyal biyokütle C ve N içerikleri chloroform fumigasyon ekstraksiyon metodu kullanarak araştırılmıştır. Aynı zamanda incelenen topraklardaki mikrobiyal biyokütle C ve N ile diğer bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin de ortaya konulması amaçlanmıştır.

Bu amaçla, Bartın İli Ağdacı Köyü civarında yer alan üç farklı arazi kullanım biçimlerinden çalışma alanını temsil edecek şekilde rasgele toplam 45 adet toprak örneği alınmıştır. Ayrıca toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için her örnek alandan hacim örnekleri alınmıştır.

Toprak örnekleri üzerinde çeşitli fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik (mikrobiyal biyokütle C ve N) özellikler belirlenmiştir.

ÖZET (devam ediyor)

Toprakların mikrobiyal biyokütle C içerikleri, ortalama olarak orman alanında 1028.29 μg g^{-1} ± 192.50 μg g^{-1}, mera alanında 898.47 μg g^{-1} ± 228.64 μg g^{-1}, tarım alanında 485.10 μg g^{-1} ± 105.54 μg g^{-1} bulunmuştur. Mikrobiyal biyokütle N içerikleri ise ortalama olarak orman alanında 129.99 μg g^{-1} ± 45.25 μg g^{-1}, mera alanında 100.90 μg g^{-1} ± 46.10 μg g^{-1}, tarım alanında 42.60 μg g^{-1} ± 14.08 μg g^{-1} ölçülmüştür. Basit varyans analizi sonuçlarına göre; arazi kullanım biçimi mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinde önemli farklılıklara yol açmıştır. Mikrobiyal biyokütle C ve N ile tekstür, organik C, toplam N, kireç içeriği, pH v.b. arasında da istatistiki anlamda ilişki bulunmuştur.

Mikrobiyal biyokütle ile ilgili bilgiler, toprak mikrobiyal topluluğunun ekolojik dinamiğini anlamaya yardımcı olur. Yapılan bu araştırma, aynı yetişme ortamı şartları altında, arazi kullanım biçiminin toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirdiğini ve böylece toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerini etkilediğini göstermiştir. Bu araştırma aynı zamanda incelenen topraklarda mikrobiyal biyokütle konsantrasyonlarında gelecekte ortaya çıkabilecek değişiklikleri izlemede karşılaştırmalı bir belge olarak da hizmet edecektir.

Anahtar Sözcükler: mikrobiyal biyokütle C, mikrobiyal biyokütle N, C_{mic}/C_{org} oranı, N_{mic}/N_{total} oranı, arazi kullanımı, toprak

Bilim Kodu: 502.10.01

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE EFFECT OF DIFFERENT LAND USES ON THE SOIL MICROBIAL BIOMASS CARBON (C_{mic}) AND NITROGEN (N_{mic})

Ilyas BOLAT

Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Thesis Advisor: Asst. Prof. Dr. Ömer KARA
June 2007, 104 pages

In this study, microbial biomass C and N of topsoil (0-5 cm) under different land uses (forest, pasture and agricultural lands) were investigated by using chloroform fumigation extraction (CFE) method. This study also aimed to established relationship between microbial biomass C (C_{mic})-N (N_{mic}) and other physico-chemical characteristics of soil .

For this purpose, totally forty five (45) soil samples were taken from three different land uses located in the Ağdacı Village, Bartın. The additional core samples were collected from each sample sites for determination of other physico-chemical characteristics of the soils.

Various physical, chemical, and microbiological (microbial biomass C and N) properties of soil were measured on each soil sample.

ABSTRACT (continued)

The average microbial biomass C were found as 1028.29 µg g^{-1}, 898.47 µg g^{-1} and 485.10 µg g^{-1}, respectively for the forest, pastural, and cultivated soils. As with microbial biomass C, the average microbial biomass N were found as 129.99 µg g^{-1}, 100.90 µg g^{-1} and 42.60 µg g^{-1}, respectively for the forest, pastural, and agricultural soils. One-Way ANOVA showed a significant difference in microbial biomass C and N among the study areas. Microbial biomass C and N were shown to be significantly correlated to the soils physico-chemical properties, such as particle size distribution, organic C, total N, lime content and pH.

Information concerning microbial biomass helps an understanding of the ecological dynamics of soil microbial biomass community. Present study clearly showed that land use has a significant effect on microbial biomass C and N in soil by altering natural soil characteristics under the same ecological conditions. This study can also serve as a comparative model for documentation of changes in microbial biomass in the study area over the next several years.

Key Words: microbial biomass C, microbial biomass N, C_{mic}/C_{org} ratio, N_{mic}/N_{total} ratio, land use, soil

Science Code: 502.10.01

TEŞEKKÜR

"Farklı Arazi Kullanım Biçimlerinin Toprağın Mikrobiyal Biyokütle Karbon (C_{mic}) ve Azot (N_{mic}) İçeriğine Etkisi" adlı bu çalışma, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tezinin bilimsel danışmanlığını üstlenerek gerek konunun seçiminde gerekse hazırlanması sırasında yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, çalışmaların her aşamasında görüşlerinden yaralandığım Sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ömer KARA'ya teşekkür etmeyi zevkli bir görev sayıyorum.

Tez jürisinde yer alan ve değerli katkılar sağlayan Doç. Dr. Erol KIRDAR ve Doç. Dr. Yılmaz YILDIRIM hocalarıma da en içten teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarına bizzat katılarak emek harcayan ve toprak örneklerinin alınmasında yardımlarını esirgemeyen değerli meslektaşlarım Orm. Müh. Musa DİNÇ ve Orm. Müh. Abdurrahim YAMAN'a yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Son olarak, bu günlere gelmemde her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda hissettiğim aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın uygulayıcılara, bilim dünyasına ve tüm ilgilenenlere yararlı olması en içten dileğimdir.

İlyas BOLAT

Bartın, 2007

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL ii
ÖZET iii
ABSTRACT v
TEŞEKKÜR vii
İÇİNDEKİLER viii
ŞEKİLLER DİZİNİ xii
ÇİZELGELER DİZİNİ xiv
KISALTMALAR DİZİNİ xvi

BÖLÜM 1 GİRİŞ 1

BÖLÜM 2 MATERYAL VE YÖNTEM 12

2.1 ARAŞTIRMA ALANININ YETİŞME ORTAMI ÖZELLİKLERİ 12
2.1.1 Araştırma Alanının Yeri 12
2.1.2 Yeryüzü Şekli Özellikleri 14
2.1.3 İklim Özellikleri 15
2.1.4 Anakaya ve Toprak Özellikleri 18
2.1.4.1 Kalker (Kireç Taşları) Anakayası ve Kalkerden Oluşan Toprakların Özellikleri 19
2.1.4.2 Alüvyal Topraklar 20
2.1.5 Bitki Örtüsü 20
2.2 ARAŞTIRMA MATERYALİ 23
2.2.1 Arazide Yapılan İşler 23
2.2.2 Laboratuvarda Uygulanan Yöntemler 24
2.2.2.1 Toprak Örneklerinde Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Analizler 24
2.2.2.2 Mikrobiyal Biyokütle C ve N Tayini İçin Fumigasyon ve Ekstraksiyon İşlemleri 28

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

2.3 VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ 33

BÖLÜM 3 BULGULAR VE TARTIŞMA 35

3.1 FARKLI ARAZİ KULLANIM ALANLARINDAKİ (ORMAN, MERA VE TARIM) TOPRAKLARIN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ 35

3.1.1 Orman Alanına Ait Toprak Özellikleri 35

3.1.2 Mera Alanına Ait Toprak Özellikleri 38

3.1.3 Tarım Alanına Ait Toprak Özellikleri 40

3.2 FARKLI ARAZİ KULLANIM ALANLARINDAKİ (ORMAN, MERA VE TARIM) TOPRAKLARIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR VE TARTIŞMA 42

3.2.1 Toprakların Hacim Ağırlığına İlişkin Bulgular ve Tartışma 43

3.2.2 Toprakların Tane Yoğunluğuna İlişkin Bulgular ve Tartışma 45

3.2.3 Toprakların Gözenek Hacmine İlişkin Bulgular ve Tartışma 46

3.2.4 Toprakların Mekanik Bileşimine (Tekstürüne) İlişkin Bulgular ve Tartışma 48

3.2.5 Toprakların Aktüel pH (H_2O) Değerlerine İlişkin Bulgular ve Tartışma 51

3.2.6 Toprakların Potansiyel pH (1 N KCl) Değerine İlişkin Bulgular ve Tartışma 52

3.2.7 Toprakların Kireç İçeriklerine (% $CaCO_3$) İlişkin Bulgular ve Tartışma 54

3.2.8 Toprakların Elektriksel İletkenliklerine (EC) İlişkin Bulgular ve Tartışma 55

3.2.9 Toprakların Organik Karbon (C_{org}) Değerlerine İlişkin Bulgular ve Tartışma 56

3.2.10 Toprakların Toplam Azot (N_{total}) Değerlerine İlişkin Bulgular ve Tartışma 58

3.2.11 Toprakların C_{org}/N_{total} Oranına İlişkin Bulgular ve Tartışma 59

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

3.3 FARKLI ARAZİ KULLANIM ALANLARINDAKİ (ORMAN, MERA VE TARIM) TOPRAKLARIN MİKROBİYAL BİYOKÜTLE KARBON ($C_{MİC}$) VE MİKROBİYAL BİYOKÜTLE AZOT ($N_{MİC}$) İÇERİKLERİNE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA 61
3.3.1 Orman, Mera ve Tarım Alanındaki Toprakların Mikrobiyal Biyokütle C (C_{mic}) İçerikleri..... 61
3.3.2 Orman, Mera ve Tarım Topraklarının Mikrobiyal Biyokütle C (C_{mic}) Değerlerine İlişkin Basit Varyans Analizi Sonuçlarına Ait Bulgular ve Tartışma..... 62
3.3.3 Orman, Mera ve Tarım Alanlarındaki Toprakların Mikrobiyal Biyokütle N (N_{mic}) İçerikleri..... 65
3.3.4 Orman, Mera ve Tarım Topraklarının Mikrobiyal Biyokütle N (N_{mic}) Değerlerine İlişkin Basit Varyans Analizi Sonuçlarına Ait Bulgular ve Tartışma..... 67
3.4 FARKLI ARAZİ KULLANIM ALANLARINDAKİ MİKROBİYAL ORANLARA ($C_{MİC}/C_{ORG}$, $C_{MİC}/N_{MİC}$ VE $N_{MİC}/N_{TOTAL}$) AİT BULGULAR VE TARTIŞMA 69
3.4.1 Orman, Mera ve Tarım Topraklarındaki C_{mic}/C_{org} (%) Oranları 69
3.4.2 Orman, Mera ve Tarım Alanlarındaki Toprakların C_{mic}/C_{org} Oranına İlişkin Basit Varyans Analizi Sonuçlarına Ait Bulgular ve Tartışma..... 70
3.4.3 Orman, Mera ve Tarım Topraklarındaki C_{mic}/N_{mic} Oranları 72
3.4.4 Orman, Mera ve Tarım Alanlarındaki Toprakların Cmic/Nmic Oranına İlişkin Basit Varyans Analizi Sonuçlarına Ait Bulgular ve Tartışma..... 73
3.4.5 Orman, Mera ve Tarım Topraklarındaki N_{mic}/N_{total} Oranları 75
3.4.6 Orman, Mera ve Tarım Alanlarındaki Toprakların N_{mic}/N_{total} Oranına İlişkin Basit Varyans Analizi Sonuçlarına Ait Bulgular ve Tartışma..... 76
3.5 KORELASYON ANALİZİNE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA..... 78
3.5.1 Mikrobiyal Biyokütle C'a İlişkin Korelasyon Analizi Bulguları ve Tartışma 81
3.5.2 Mikrobiyal Biyokütle N'a İlişkin Korelasyon Analizi Bulguları ve Tartışma 83

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

BÖLÜM 4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER 86

KAYNAKLAR 90
ÖZGEÇMİŞ 104

ŞEKİLLER DİZİNİ

No		Sayfa
1.1	Mikrobiyal biyokütleyi tahmin etmek için kullanılan farklı metotlar ve atıf sayıları	10
2.1	Bartın İli'nin Türkiye üzerindeki konumu	12
2.2	Araştırma alanının 1/25 000 ölçekli harita (memleket haritası) üzerindeki yeri	13
2.3	Araştırma alanının bakı haritası	14
2.4	Araştırma alanının eğim haritası	14
2.5	Thornthwaite metoduna göre Bartın'ın su bilançosu grafiği	18
2.6	Bartın ve çevresinin jeolojik haritası	19
2.7	Orman alanına ait fotoğraf	21
2.8	Mera alanına ait fotoğraf	22
2.9	Tarım alanına ait fotoğraf	22
2.10	Toprakların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini belirlemek amacıyla üst topraktan alınan hacim örnekleri	24
2.11	Toprak örneklerinde total N'i belirlemek amacıyla 420 °C'de 180 dakika yakma işlemi	27
2.12	İki tekrarlı toprak örneklerini ve kloroformu içeren desikatöre vakum işlemin uygulanması	29
2.13	Toprak örnekleri ve kloroform içeren desikatörlerin karanlık bir ortamda 25 °C sıcaklıkta 24 saat süre ile fumigasyon işlemine tabi tutulması	30
2.14	Mikrobiyal biyokütle N için yakılan toprak örneklerinin destilasyon işlemi	32
3.1	Toprakların hacim ağırlıklarının farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	44
3.2	Toprakların tane yoğunluklarının farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi.	45
3.3	Toprakların gözenek hacimlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	47
3.4	Toprakların % kum, % toz ve % kil miktarlarının farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	48
3.5	Toprakların aktüel pH değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	51
3.6	Toprakların potansiyel pH değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	53
3.7	Toprakların kireç içeriklerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	54

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

No		Sayfa
3.8	Toprakların elektriksel iletkenliklerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	55
3.9	Toprakların organik C değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	56
3.10	Toprakların total N değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi.	58
3.11	C_{org}/N_{total} ayrışma oranı değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	62
3.12	Mikrobiyal biyokütle C değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	63
3.13	Mikrobiyal biyokütle N değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	67
3.14	C_{mic}/C_{org} oranının farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	71
3.15	C_{mic}/N_{mic} oranının farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	74
3.16	N_{mic}/N_{total} oranının farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi	77
3.17	Farklı arazi kullanım biçimlerinde mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) ile mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) arasındaki ilişki	81
3.18	Farklı arazi kullanım biçimlerinde mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) ile organik C (C_{org}) arasındaki ilişki	82
3.19	Farklı arazi kullanım biçimlerinde toplam N (N_{total}) ile organik C (C_{org}) arasındaki ilişki	83
3.20	Farklı arazi kullanım biçimlerinde mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) ile toplam azot (N_{total}) arasındaki ilişki	84
3.21	Farklı arazi kullanım biçimlerinde mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) ile elektriksel iletkenlik (EC) arasındaki ilişki	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

No		Sayfa
1.1	Avrupa Ülkeleri'nde toprak sağlığını izleme programlarında kullanılan mikrobiyal göstergeler	5
1.2	Bir gram verimli toprakta bulunan en önemli mikrobiyal biyokütlenin ortalama sayıları ve ağırlıkları	6
1.3	Topraklarda mikrobiyal biyokütlenin belirlenmesine çok sıklıkla kullanılan metodların üstünlükleri ve sakıncaları	9
2.1	Bartın Merkez Meteoroloji İstasyonunda ölçülen meteorolojik verilerin uzun yıllık ortalamaları	16
2.2	Yağış etkenliği sınıfları	17
2.3	Bartın'ın Thornthwaite metoduna göre su bilançosu	17
3.1	Orman alanına ait toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin değerler	37
3.2	Mera alanına ait toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin değerler	39
3.3	Tarım alanına ait toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin değerler	41
3.4	Farklı arazi kullanım alanlarındaki (orman, mera ve tarım) toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları	43
3.5	Farklı arazi kullanım alanlarındaki (orman, mera, tarım) mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) değerleri	62
3.6	Orman, mera ve tarım alanlarındaki toprakların mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) içeriklerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları	63
3.7	Farklı arazi kullanım alanlarındaki (orman, mera, tarım) mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) değerleri	66
3. 8	Orman, mera ve tarım alanlarındaki toprakların mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) içeriklerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları	67
3.9	Farklı arazi kullanım alanlarındaki (orman, mera ve tarım) C_{mic}/C_{org} değerleri.	70
3.10	Farklı arazi kullanım alanlarındaki toprakların C_{mic}/C_{org} oranına ilişkin basit varyans analizi sonuçları	71
3.11	Farklı arazi kullanım alanlarındaki (orman, mera, tarım) C_{mic}/N_{mic} değerleri.	73
3.12	Farklı arazi kullanım alanlarındaki toprakların C_{mic}/N_{mic} oranına ilişkin basit varyans analizi sonuçları	74
3.13	Farklı arazi kullanım alanlarındaki (orman, mera, tarım) N_{mic}/N_{total} değerleri.	76
3.14	Farklı arazi kullanım alanlarındaki toprakların N_{mic}/N_{total} oranına ilişkin basit varyans analizi sonuçları	77

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

No		Sayfa
3.15	Orman, mera ve tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri ile C_{mic} ve N_{mic} arasındaki ilişkiyi gösteren basit korelasyon matriksi.	79
3.16	Orman, mera ve tarım topraklarına göre C_{mic} ve N_{mic} ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren basit korelasyon matrisi.	80

KISALTMALAR DİZİNİ

CAN	:	Kalsiyum Amonyum Nitrat
CFE	:	Kloroform Fumigasyon Ekstraksiyon
CFI	:	Kloroform Fumigasyon İnkübasyon
C_{mic}	:	Mikrobiyal Biyokütle Karbon
C_{org}	:	Organik Karbon
DAP	:	Diamonyum Fosfat
GET	:	Gerçek Evapotransprasyon
GnMKn	:	Gürgen-Meşe-Kayın
HGK	:	Harita Genel Komutanlığı
Hacim Ağ.	:	Hacim Ağırlığı
M	:	Molarite
M.T.A	:	Maden Teknik Arama
MGM	:	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
N	:	Normalite
N_{mic}	:	Mikrobiyal Biyokütle Azot
N_{total}	:	Toplam Azot
Özgül Ağ.	:	Özgül Ağırlık
PE	:	Potansiyel Evapotransprasyon
S-N-K	:	Student-Newman-Keuls testi
v.b.	:	ve benzeri

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Toprak zaman ve yere göre miktarı ve bileşimi önemli derecede değişim gösteren, toprak havası ve su tarafından etrafı çevrelenmiş, farklı büyüklükteki parçacıkların bir araya gelmesiyle katı fazdan oluşan ve içerisinde kimyasal, fiziksel ve biyokimyasal olayları dinamik olarak dengede tutan kompleks bir sistemdir (Stotzky, 1997; Arunachalam et al., 1999). Anataşın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yollarla ayrışması sonucu toprağın yeniden oluşumu uzun zaman gerektirdiği için, toprak sınırlı ve yenilenmesi çok zor olan doğal bir kaynaktır (Huber et al., 2001). Sağlıklı bir toprak bitkiler için yaralı besin maddelerinin tutmanın yanı sıra çeşitli kirletilicileri (Hg, Cd, Pb v.b. ağır metaller) de tutar. Ayrıca topraktaki kil mineralleri pestisitleri ve herbisitleri adsorbe ederler. Böylece toprak, su ve havadaki arzu edilmeyen katı ve gaz halindeki bileşenleri ayırarak çevresel bir filtre görevi yapar (Parr et al., 1992). Son yıllarda toprak verimliliğinin azalması ve buna bağlı olarak toprak sağlığının kötüleşmesi bitki, hayvan ve insan sağlığı için endişe verici boyutlara ulaşmıştır. Çünkü insanlar tarafından kirletilen ve yanlış yönetilen topraklar aynı zamanda atmosferin, yeraltı sularının ve yüzeysel suların da kirlenmesine neden olmaktadır (Singer ve Ewing, 2000).

Toprak içersindeki biyolojik faaliyetler derinliği birkaç cm'den 30 cm'ye kadar değişim gösteren üst toprakta yoğunlaşmıştır. Üst topraktaki canlılar toplam toprak hacminin % 5 gibi çok küçük bir parçasını oluşturur ve toplam organik maddenin de %10'undan daha düşük bir kısmını meydana getirirler. Toprağın canlı kısmının büyük bir çoğunluğu da toprak mikroorganizmalarından meydana gelmiştir. Mikroorganizmalar toprağın çok küçük bir kısmını oluşturmasına karşılık azot, kükürt ve fosfor döngüleri ile organik artıkların ayrıştırılması işlemlerini gerçekleştiren en önemli canlı grubudur. Bundan dolayı, mikroorganizmalar yerkürenin karbon ve bitki besin elementi döngüsünü sağlayan en önemli grubudur (Pankhurst et al., 1997).

Yapılan bu açalışmada öncelikle mikrobiyal biyokütlenin bazı özellikleri ve mikrobiyal kütle ile ilgili yapılmış çalışmalar hakkında kısa bilgiler verildikten sonra çalışmanın amacı belirtilmiştir. Daha sonra araştırma alanına ait genel ve özel mevkii faktörleri açıklanmış ve devamında da arazide ve laboratuvarda yapılan çalışmalar ve yapılış şekillerine ait açıklamalarda bulunulmuştur. Bu açıklamalardan sonra çalışma alanlarına ait toprakların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine uygulanan bir takım istatistiksel analizler sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmiş ve bu bulguların tartışılması yapılmıştır. Son olarakta elde edilen sonuçlara ve bazı önerilere yer verilmiştir.

Literatür Araştırması

Mikroorganizmalar sentetik ve mineral organik bileşiklerin ayrıştırılmasında ve değiştirilmesinde önemli görevler yaparlar (Torstensson et al., 1998). Mikroorganizmalar bitki besin maddesi dolaşımının yanı sıra toprağın fiziksel özelliklerini de etkilerler. Mikroorganizmalar tarafından üretilen çok hücreli polisakkaritler ve diğer çok hücreli döküntüler, toprak agregatlarının stabilizesinde çimento vazifesi olarak görev yaptığı için toprak strüktürünün devam ettirilmesine yardım ederler. Bundan dolayı, mikroorganizmalar toprakların su tutma kapasitesini, infiltrasyon oranını, geçirgenliğini, erozyona karşı duyarlılığını ve sıkışmaya karşı hassasiyetini de etkilemektedirler (Elliott et al., 1996).

Mikroorganizmalar yüksek yapılı organizmalara göre çevre streslerine karşı çok daha hızlı bir şekilde tepki gösterirler. Çünkü mikroorganizmalar, hacim oranına göre yüksek temas yüzeylerinden dolayı çevreleriyle çok yakın bir ilişkiye sahiptirler. Bu durumun bir sonucu olarakda, mikrobiyal populasyondaki ya da mikrobiyal faaliyetteki değişikler toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişiklerden daha önce meydana gelebilir. Bu yüzden mikroorganizmalar, toprağın düzeldiğine ya da toprağın kötüleşmeye yani bozulmaya doğru gittiğine dair erken bir uyarıcı olarak kullanılmaktadırlar (Pankhurst et al., 1995).

Toprak sağlığının belirlenmesinde fiziksel ve kimyasal toprak analizleri ve yüksek yapılı organizmalara (canlılara) ait biyoçeşitlilik analizleri yeterli olmamaktadır. Buna karşılık, mikroorganizmalar toprak sağlığının rakamsal olarak ifade edilmesinde duyarlı bir gösterge olarak kullanılabilmektedir. Mikroorganizmalar, değişiklere çok çabuk bir şekilde

tepki gösterirler ve çevre koşullarına hızlı bir şekilde uyum sağlarlar. Bu canlıların uyum yetenekleri toprak sağlığının değerlendirilmesinde çeşitli mikrobiyal analizlerin kullanılmasına imkan vermektedir. O nedenle mikrobiyal populasyon ve mikrobiyal faaliyetlerdeki değişiklikler toprak sağlığındaki değişikliklerin mükemmel bir göstergesi olarak görev yapmaktadırlar (Kennedy ve Papendick, 1995; Pankhurst et al., 1995).

Chander et al. (1995) ağır metallerden dolayı aşırı derecede kirlenmiş topraklardaki toplam populasyonun yarıya indiğini ve böylece C ve N'un mineralizasyonunda azalma olduğunu ifade etmektedirler. Bu durum organik bileşiklerin NH_4^+ ve CO_2 mineralizasyonunda etkili olan çok sayıda mikroorganizmanın toprak sağlığı ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

Toprak sağlığı toprak ekosisteminin canlı bileşenine son derece bağımlıdır. Sürekli olarak devam eden ayrışma ve koruma süreçlerinin net bir sonucu olan toprak sağlığı bitki sağlığını, çevre sağlığını, gıda güvenliğini ve kalitesini etkilemektedir (Parr et al., 1992; Halvorson et al., 1997).

Son 10 yıllık süre zarfında toprak sağlığının birkaç farklı tanımı yapılmıştır. Başlangıçta toprak sağlığı terimi yerine toprak kalitesi kullanılmıştır. Toprak kalitesi terimi tarımsal üretkenlik ya da verimlilik ile alakalı olarak toprağın durumu olarak tarif edilmiştir (Singer ve Ewing, 2000). 1990'larda toprak kalitesinin toprak üretkenliği ya da verimliliği ile sınırlı olmadığı ortaya atılmıştır. Toprak kalitesi teriminin insan ve hayvan sağlığını da dolaylı yoldan içerisine alan, çevre ile karşılıklı etki ve ilişkilerde dahil edilerek kapsamı büyütülmüştür (Doran ve Parkin, 1994). 1990'ların ortalarında toprak sağlığı terimi ortaya atılmıştır. Örneğin, Kanada da toprak sağlığını izleyen ve değerlendiren bir program toprağın kabiliyetini yani yeteneğini tanımlamak için nitelik ve sağlık terimlerini eş anlamlı olarak kullanmıştır. Bu programa göre yapılan faaliyetler, toprakta bozulma olmaksızın ürün gelişimine fırsat veriyorsa sağlıklı, aksi durumda ise toprağın sağlıksız ve çevre için zararlı olduğu ifade edilmektedir (Acton ve Gregorich, 1995; Nielsen ve Winding, 2002). Çok sayıda bilim adamı toprağın ekolojik niteliğini de ifade edebilmek için toprak sağlığının tanımı genişletmişlerdir (Pankhurst et al., 1997).

Doran ve Safley (1997) toprak sağlığını şu şekilde tanımlamışlardır; Toprak sağlığı, doğal ya da yönetilen ekosistem sınırları içerisinde bitki ve hayvan üretimini devam ettirmek ya

da geliştirmek, su ve hava niteliğini sürdürmek ya da artırmak için bir toprağın fonksiyonlarını yerine getirebilme kapasitesidir.

Toprak sağlığının değerlendirilmesi tarım, ormancılık, kentleşme, rekreasyon ve koruma için ayrılmış değişik arazi kullanım biçimlerinde birbirinden farklı olarak yapılmalıdır. Çünkü toprak sağlığının değerlendirilmesinin amacı, örneğin tarım ekosistemlerinde, şehir ekosistemlerini ya da doğal ekosistemleri değerlendirmek için kullanılan amaçlardan farklı olabilir (Singer ve Ewing, 2000). Bu yüzden tarımda, toprak olumsuz çevresel bir etki olmaksızın maksimum üretim için kullanılırken doğal ekosistemlerde ise esas alınan bir takım kriterlere göre kullanılmaktadır (Karlen ve Andrews, 2000).

Toprak sağlığı çevreye en az etki ile sürdürülebilir tarımsal verimlilik için uzun vadeli olarak toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini korumayı kapsamaktadır. Böylece toprak sağlığı toprak fonksiyonlarının çok kapsamlı bir durumunu ifade etmektedir (Arias et al., 2005).

Toprak sağlığını izlemek için mikrobiyal göstergelerin kullanımıyla ilgili çalışmalar çeşitli Avrupa ülkelerinde yapılmaktadır (Çizelge 1.1). Bu ülkelerde kullanılan mikrobiyal göstergeler büyük bir çoğunlukla mikrobiyal biyokütle ve toprak solunumudur (Nielsen ve Winding, 2002).

Çizelge 1.1 Avrupa Ülkeleri'nde toprak sağlığını izleme programlarında kullanılan mikrobiyal göstergeler (Nielsen ve Winding, 2002).

Toprak Sağlığını İzleme Programları	**Mikrobiyal Göstergeler**	**Toprak Sağlığını İzleme Programları**	**Mikrobiyal Göstergeler**
İngiltere (UK SS Ağı) (1994–2006)	➢ Toprak Solunumu ➢ Mikrobiyal Biyokütle ➢ Mikrobiyal Çeşitlilik *Rhizobium*	**Almanya** (Niedersachsen)	➢ Toprak Solunumu ➢ Mikrobiyal Biyokütle
Almanya (Schleswig-Holstein)	➢ Toprak Solunumu ➢ Mikrobiyal Biyokütle ➢ Metabolik Katsayı ➢ Toprak Enzimleri	**İngiltere** Lağım suyu atık projesi (1998–2006)	➢ Microbial Biyokütle ➢ Toprak Solunumu ➢ Mikrobiyal Çeşitlilik ➢ Bio-algılayıcı Bakteri
Birleşik Krallık İskoç Toprak Bölümleri (1990–1999)	➢ Mikrobiyal Çeşitlilik	**İngiltere** (Kırsal alan gözlemleri 2000)	➢ Mikrobiyal Çeşitlilik
İsviçre	➢ Mikrobiyal Biyokütle ➢ Toprak Solunumu ➢ Potansiyel N-Mineralizasyonu	**Estonya, Finlandiya, Almanya, İtalya, Letonya, Rusya, İsveç** (ICP-IM)	➢ Toprak Solunumu ➢ Organik Madde Ayrışması ➢ Toprak Enzimi (fosfat) ➢ Potansiyel N-Mineralizasyonu
Çek Cumhuriyeti	➢ Mikrobiyal Biyokütle ➢ Toprak Solunumu ➢ N-Mineralizasyonu ve Nitrifikasyonu ➢ Toprak Enzimleri	**Avusturya** (ICP-IM)	➢ Mikrobiyal Biyokütle ➢ Toprak Enzimleri ➢ Nitrifikasyon ➢ Bakteri ve Mantar, örneğin Mikoriza
Hollanda	➢ Mikrobiyal Biyokütle ➢ Potansiyel C- Mineralizasyonu ➢ Potansiyel N-Mineralizasyonu ➢ Bakterilerin Gelişme Hızı ➢ Mikrobiyal Çeşitlilik		

Jenkinson ve Ladd (1981) toprak mikrobiyal biyokütlesini $5x10^{-3}$ µm'den daha büyük bitki kökleri ve toprak hayvanları hariç toprak organik maddesinin yaşayan bir parçası olarak tanımlanmaktadır.

Büyük bir çoğunluğu bakteri ve mantarlardan meydana gelen fakat aktinomisetlerin, protozoaların, alglerin ve virüslerin de bu gruba dahil edildiği toprak mikrobiyal biyokütlesi (Çizelge 1.2), karbon (C) depolaması, enerji akışı, ayrıştırma ve küçük miktarda da olsa gaz akışı gibi ekosistem süreçlerini (işlemlerini) düzenleyen çok önemli bir olgudur. Bu grup içerisinde bakteriler ve mantarlar hem biyokütle hem de metabolik faaliyetler ile alakalı en yaygın organizmalardır (Anderson ve Domsch, 1973; Parkinson ve Coleman, 1991; Cleveland et al., 2004).

Çizelge 1.2 Bir gram verimli toprakta bulunan en önemli mikrobiyal biyokütlenin ortalama sayıları ve ağırlıkları (Burges, 1958; Brady, 1990).

Toprak Organizmaları	Ortalama Sayıları	Ortalama Ağırlıkları (kg/ha)
Bakteriler	15000000	450–4500
Aktinomisetler	700000	450–4500
Mantarlar	400000	1120–11200
Algler	50000	56–560
Protozoalar	30000	17–170

Toprak mikrobiyal biyokütlesi toprak içerisindeki organik maddenin biçim değiştirmesinde aracı olarak rol oynar. Bu yüzden microbial biyokütle organik maddenin içerdiği kükürt, fosfor, azot, karbon gibi bitki besin elementlerinin hem bir havuzu hem de bir kaynağıdır. Mikrobiyal biyokütle toprak içerisinde meydana gelen biyolojik aktivitenin çoğunluğunun merkezi konumundadır. Aşağıdaki eşitlikten de (Eşitlik 1.1) anlaşılmaktadır ki; mikrobiyal biyokütle sayesinde organik halde bulunanlar mineral haline, mineral halde bulunanlarda organik haline geçerek birbirilerine karşılıklı dönüşebilmektedir. Bundan dolayı, toprak içerisindeki biyolojik aktiviteyi anlamak için mikrobiyal biyokütle bilgisine sahip olunmalıdır (Jenkinson ve Ladd, 1981; Tunlid ve White, 1992).

Organik C, N, P, S $\leftrightarrow$ Mikrobiyal Biyokütle $\leftrightarrow$ CO_2, mineral N, mineral P, mineral S (1.1)

Toprak mikrobiyal biyokütlesi canlı olduğu için özellikle bitki ve hayvan artıklarındaki artış ve azalışlar başta olmak üzere, toprakta meydana gelen değişikliklere toprak organik maddesinden çok daha hızlı bir şekilde tepki gösterir. Dolayısıyla örneğin, toprak yönetiminden kaynaklanan değişikliklerin yol açtığı mikrobiyal biyokütledeki ölçülebilir değişiklikler toprak verimliliğinde meydana gelen değişiklikleri yansıtabilir (Brookes, 2001). Diğer bir ifade ile mikrobiyal biyokütledeki değişiklikler ekosistem içerisinde meydana gelen bozulmaların sonuçlarını önceden tahmin etmek için kullanılabilir (Arunachalam et al., 1999). Mikrobiyal biyokütlenin bu faydalarından dolayı mikrobiyal biyokütle ölçümü arazi kullanım biçimlerinde ileride meydana gelebilecek değişiklikleri tahmin etmek ve anlayabilmek için çok değerli bir araçtır (Sharma et al., 2004).

Azam et al. (2003) mikrobiyal biyokütlesinin toprak-bitki sistemi içerisinde bitki besin maddelerinin yeniden kullanılmasını sağladığı için çok önemli olduğunu ifade etmektedir. Mikrobiyal biyokütle toprak oluşumunun canlı bileşeni olduğu için toprağın biyolojik durumu hakkında iyi bir gösterge olarak hizmet etmektedir.

Franzluebbers et al., (1999a) mikrobiyal biyokütlesinin agregatların fiziksel stabilizasyonunda, doğal ve sentetik organik ıslah edicilerin (gübrelerin) ayrıştırılmasında ve bitki besin maddesi dinamiğinde üstlenmiş olduğu önemli rollerden dolayı toprak kalitesi değerlendirmelerinin önemli bir bileşeni olduğunu ifade etmektedirler.

Mikrobiyal biyokütle toprak organik maddesini ayrıştırır ve yeniden işleyip alınabilir yani tekrar kullanılabilir duruma getirir. Ayrıca mikrobiyal biyokütle mineralizasyon süresince her an kullanılabilecek durumda bulunan (labile) bitki besin elementlerinin bir kaynağı olarak ya da immobilizasyon süresince bitki besin elementlerinin bir havuzu olarak hizmet eder. Toplam organik C ve N'un %1-5'i mikroorganizma dokularında depolanabilir (Jenkinson et al., 1987).

Mikrobiyal biyokütlesinin ekosistem içindeki temel görevleri; organik maddeleri ayrıştırmak, organik ve inorganik maddelerden N, P, K, S ve diğer iyonları mineralize etmek, besin elementlerini stoplazma içinde tutarak topraktan yıkanmasını engellemek, topraktaki zehirli maddeleri ayrıştırmak veya bünyelerinde biriktirmek, bitkilerin su ve besin elementi alımını artırmak, toprakların kırıntılı yapı kazanmasını sağlamak, humik maddeleri sentezlemek, zararlı toprak mikroorganizmaları ile mücadele etmek, antibiyotik üretmek, tohumların çimlenme engellerini kaldırmak, toprak oluşum ve gelişim olaylarına katılmak şeklinde özetlenebilir (Christensen, 1989).

Mikrobiyal biyokütle normalde mikrobiyal karbon olarak hesaplanmakta ve toprak içerisindeki toplam organik karbonun yaklaşık %1-4'ünü oluşturmaktadır. Mikrobiyal biyokütle mineralizasyondan, ayrışmadan ve organik maddenin ayrışması sonucunda meydana gelen bitki besin maddesi döngüsünden sorumlu olduğu için her an için kullanılabilecek durumda bulunan organik maddenin bir deposu olarak görev yapmaktadır. Ayrıca mikrobiyal biyokütle çok hızlı bir şekilde değişimlere tepki gösterir ve organik madde dinamiğinin çok hassas bir göstergesidir. O yüzden mikrobiyal biyokütle organik maddenin seviyesinde ve dengesinde ileride meydana gelecek iniş ve çıkışlardan

kaynaklanacak değişimlerin çok hassas bir göstergesi (indikatörü) olarak hizmet etmektedir (Sparling, 1991; Gregorich et al., 1994).

Powlson et al. (2001) göre toprak mikroorganizmaları (bir bütün olarak toprak mikrobiyal biyokütlesi) toprak organik maddesinin ve bitki besin elementlerinin taşınmasında ve şekil değiştirmesinde toprak içerisinde meydana gelen kilit rolündeki birçok işlemin gerçekleşmesinde araç rolü üstlenirler. Aynı zamanda bu mikroorganizmaların faaliyetleri çoğunlukla toprakların fiziko-kimyasal ve ekolojik ilişkilerinden etkilenmektedir.

Toprak mikrobiyal biyokütlesi bitki verimliliğini etkileyen önemli bitki besin elementlerinin mineralizasyonundan ve toprak organik maddesinin değişiminden sorumludur. Yıllık olarak, kara bitkileri için gerekli olan bitki besin elementlerinin çoğu mikrobiyal biyokütle sayesinde toprak organik maddesindeki bitki besin elementlerinin mineralizasyonu vasıtasıyla karşılanmaktadır (Paul ve Clark, 1996).

Nielsen ve Winding (2002) toprak mikrobiyal biyokütlesi, ayrışma oranları (C_{mic}/C_{org}, C_{org}/N_{total}, N_{mic}/P_{mic}, C_{mic}/N_{mic} v.b.) ve N mineralizasyonu arasında yakın bir ilişkinin olduğu ifade ederken, Carter et al. (1999) toprak mikrobiyal biyokütlesinin toprak organik karbonunun bir göstergesi olarak kullanılabileceğini ifade etmektedir.

Anderson ve Domsch (1986)'a göre toprakların microbial biyokütle karbon (C_{mic}) miktarı organik karbon (C_{org}) içeriği ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle C_{mic} /C_{org} oranı kullanılarak net C birikimi veya kaybı belirlenebilir.

Toprak mikrobiyal biyokütle kavramı ilk defa Jenkinson (1966) tarafından ileri sürülmüştür. Toprak mikrobiyolojisinde güvenli ve uygun olarak standardize edilmiş bir metodun yokluğundan dolayı, mikrobiyal biyokütle havuzu uzun zaman önemsenmemiş yani ihmal edilmiş ya da mikrobiyal sayıya dayanılarak mikrobiyal biyokütle tahmini yapılmıştır. Ancak bu durum çoğunlukla Jenkinson ve Powlson'un (1976) çalışmaları sayesinde değiştirilmiştir. Jenkinson ve Powlson (1976) mikrobiyal biyokütlede tutulan karbon miktarının dolaylı olarak belirlenmesi için chloroform fumigation–incubation (kloroform fumigasyon inkübasyon) metodunu ortaya atmışlardır (Insam, 2001; Powlson et al., 2001). Günümüzde ise toprak içindeki mikrobiyal biyokütleyi tahmin etmek için çeşitli metodlar kullanılmaktadır. Bu metodlar, doğrudan (yani mikroskop ya da özel zarlı

fosfolipid yağlı asitlerin belirlenmesi) ve dolaylı yoldan (yani chloroform fumigasyonu (CFE/CFI) ya da subsrate-induce solunumu (SIR) olarak ikiye ayrılabilir (Nielsen ve Winding, 2002).

Topraklarda mikrobiyal biyokütlenin belirlenmesinde kullanılan metotların üstünlükleri ve sakıncaları Çizelge 1.3'te gösterilmiştir.

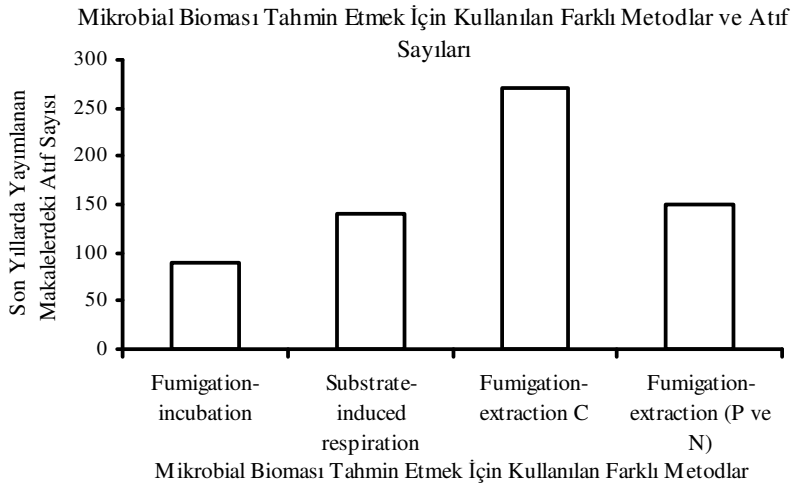
Çizelge 1.3 Topraklarda mikrobiyal biyokütlesinin belirlenmesine çok sıklıkla kullanılan metotların üstünlükleri ve sakıncaları (Brookes, 2001, Insam, 2001, Haubensak et al., 2002,).

Metod	Avantajları	Sakıncaları
Chloroform Fumigasyon-İnkübasyon Metodu (CFI)	• Doğrudan biyolojik ölçümler yapılabilir, • Zehirleyici hiçbir kimyasal madde gerektirmez,	• Uzun süren bir çalışma gerektirir (10 gün), • Asidik topraklar (pH<6.0) için uygun değildir. • Hava kurusu haldeki topraklarda uygulanmaz, • $CaCO_3$ (kireç) bakımından zengin topraklarda güvenilir değildir
Chloroform Fumigasyon-Ekstraksiyon Metodu (CFE)	• Kuru topraklarda uygulanabilir, • Yeni gübre atılmış topraklarda çalışma olanağı sağlar, • Hızlı bir yöntemdir (24 saat), • Biyokütle ölçümleri bütün pH aralıklarında yapılabilir, • Su ile doygun halde bulunan topraklarda biyokütle ölçümleri yapılabilir	• C ölçümleri pahalı aletler gerektirir. • Az da olsa toprağın su içeriğinden etkilenir (çok kuru topraklar için uygun değildir)
Substrate-Induce Respiration (SIR)	• Zehirleyici hiçbir madde gerektirmez, • Çok daha hızlı bir yöntemdir (8 saat)	• Kalibrasyon için başka bir metod gereklidir (yani dolaylı yoldan tahmin yapılır), • Yeni organik madde katılmış topraklar için uygun değildir.

25 yıldan daha fazla bir süredir topraktaki mikrobiyal biyokütlenin C ve N içeriğini tahmin etmek için çok sayıda çalışma, kloroforma ($CHCl_3$) dayanan metodları kullanmıştır. Bu metotlar mikrobiyal biyokütle içersinde tutulan elementlerin miktarını tahmin etmedeki kabiliyetlerinden ve kullanım kolaylıklarından dolayı çoğu araştırıcı tarafından tercih edilmiştir. Kloroforma dayanan metotlar iki çeşittir: kloroform fumigasyon inkübasyon (CFI) metodu ve kloroform fumigasyon ekstraksiyon (CFE) metodudur (Horwath ve Paul, 1994).

Kloroforma ($CHCl_3$) maruz kalmadan dolayı serbest hale geçen total N ve net organik karbon (C) sırasıyla mikrobiyal biyokütle N ve C'un büyüklüğünü tahmin etmek için kullanılır. Bu metodlardan kloroform fumigasyon ekstraksiyon (CFE) metodu, ön bir inkübasyon işlemi olmaksızın kuru topraklarda uygulanabilirliği, analiz için gereken zamanın çok kısa olması ve yeni gübrelenmiş topraklarda da çalışma olanağı sunması gibi özelliklere sahip olmasından dolayı iki kloroform yaklaşım tekniğinden en fazla tercih edilen metod olmuştur (Şekil 1) (Haubensak et al., 2002).

Şekil 1.1 mikrobiyal biyokütleyi belirlemek için araştırmacılar tarafından en fazla tercih edilen dört metod arasından diğerlerine kıyasla en çok kullanılanın chloroform fumigasyon ekstraksiyon metodu olduğuna dair kaba bir fikir vermektedir (Insam, 2001).



Şekil 1.1 Mikrobiyal biyokütleyi tahmin etmek için kullanılan farklı metodlar ve atıf sayıları (Insam, 2001).

Bu çalışmanın amacı; Chloroform fumigasyon ekstraksiyon metodunu kullanarak; farklı arazi kullanım biçimi altındaki (orman, mera ve tarım) üst toprakların (0–5 cm) mikrobiyal biyokütle C ve mikrobiyal biyokütle N içeriklerini belirlemektir. Aynı zamanda belirlenen mikrobiyal biyokütle C ve mikrobiyal biyokütle N ile orman, mera ve tarım alanlarına ait toprakların diğer bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkilerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bunun için seçilen çalışma alanlarının yetişme ortamı özellikleri bakımından (fizyografik, klimatik ve edafik) yaklaşık olarak aynı olmasına dikkat edilmiş ve çalışma alanlarının mümkün olduğunca birbirine yakın olmasına özen gösterilmiştir. Böylelikle de sadece arazi kullanımına göre mikrobiyal biyokütle C ve mikrobiyal

biyokütle N miktarlarındaki değişimler belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca belirlenen toprak mikrobiyal biyokütlesinin toprak sağlığını izlemede biyolojik gösterge olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler sayesinde araştırma alanlarında ileriki yıllarda olabilecek değişimleri de belirlemek mümkün olacaktır.

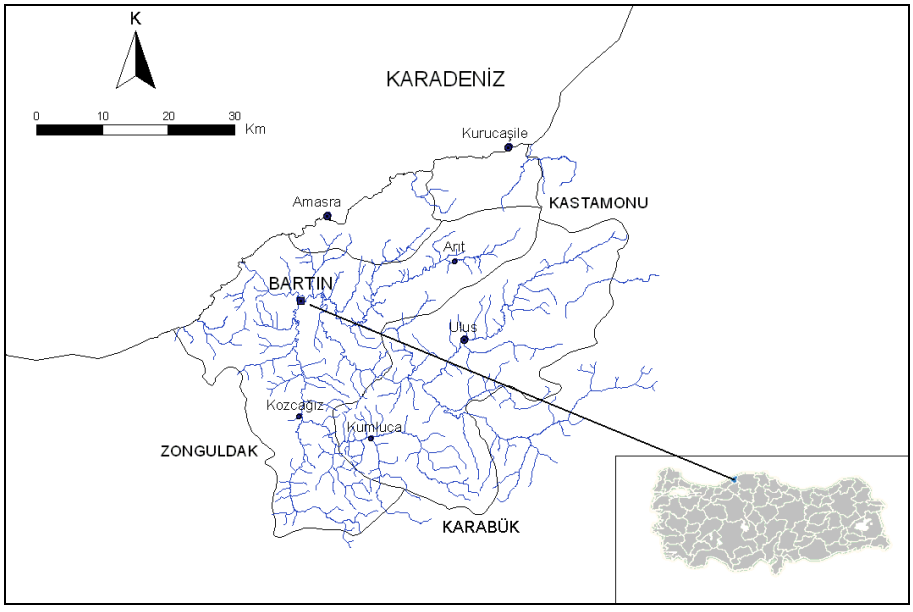
BÖLÜM 2

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 ARAŞTIRMA ALANININ YETİŞME ORTAMI ÖZELLİKLERİ

2.1.1 Araştırma Alanının Yeri

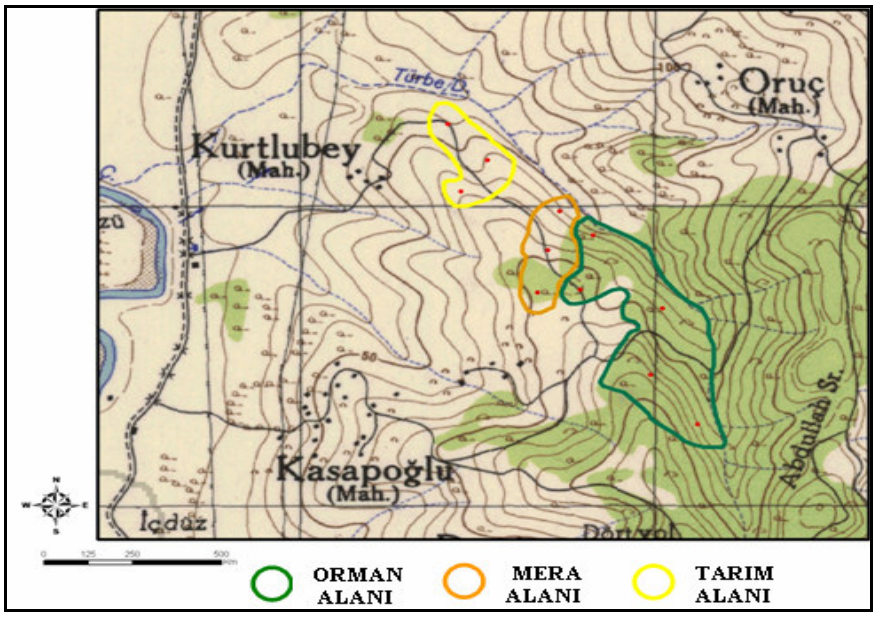
Batı Karadeniz Bölgesinde bulunan Bartın İli 32°20' doğu boylamı ile 41°38' kuzey enlemi arasında yer almaktadır. Batısında Zonguldak, doğusunda Kastamonu, güneyinde Karabük illeri ve kuzeyinde ise Karadeniz yer alır. İlin yüzölçümü 2143 km^2 olup ülkemiz topraklarının yaklaşık % 0.3'ünü kaplamaktadır. İl Karadeniz kıyısında 59 km'lik bir sahil şeridine sahiptir (Şekil 2.1) (Yılmaz, 2001).



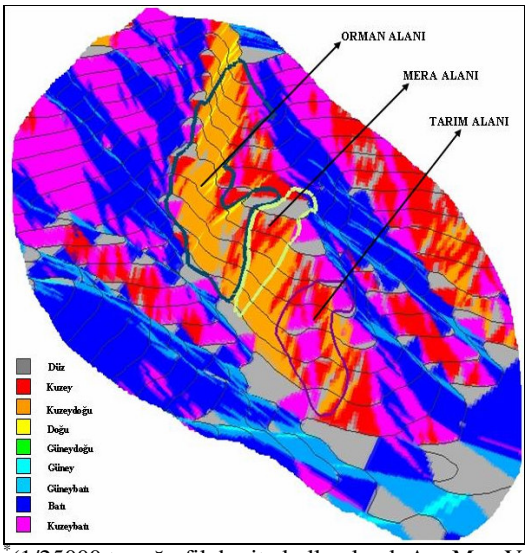
Şekil 2.1 Bartın İli'nin Türkiye üzerindeki konumu.

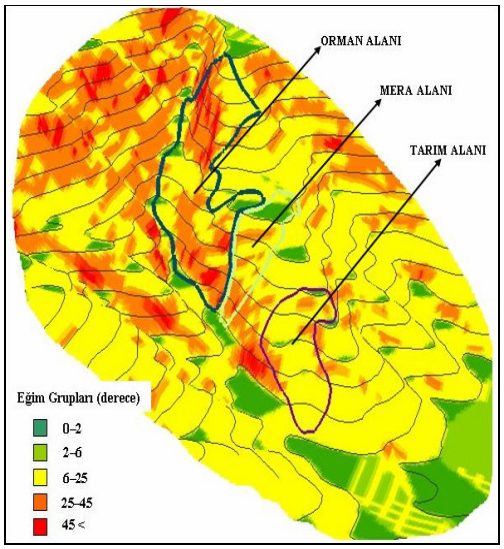
Bartın İli Ağdacı Köyü mevkiinde bulunan araştırma alanı; orman, mera ve tarım alanlarından oluşmaktadır. Çalışma alanının doğu ve güneydoğusunda Kurtlubey Mahallesi ile Kasapoğlu Mahallesi bulunurken, kuzeybatısında Oruç Mahallesi

bulunmaktadır. Çalışma alanının içerisinde yer alan ve Bartın çayına akan en büyük dere türbe deresidir. Araştırma alanının güney batısında yer alan ve ortalama yükseltisi 200 metre olan Abdullah sırtı da çalışma alanına yakın en yüksek sırttır. Orman alanının ortalama yükseltisi 100 metre civarındadır. Arazinin baktığı yön kuzeydoğu ve ortalama eğimi % 55'tir. Orman alanı, meşcere tipleri haritasında 186 nolu bölmede yer almakta ve işletme ünitesi tipi olarak AA simgeleri ile gösterilen "Sosyal Baskılı Koruma Alanı" sınıfında yer almaktadır. Orman alanındaki kapalılık 0.9 ile 1 arasında değişmekte iken, bazı yerlerde sık ve sıkışık bir kapalılık da görülmektedir. Alan üzerinde yer alan ağaç türleri yapraklı türlerden oluşmaktadır ve ortalama olarak ağaç türlerinin yaşı 40 ile 55 arasında değişmektedir. Meşcerenin karışım şekli GnMKn (Gürgen-Meşe-Kayın)'dır. Meşcerenin altında aşırı bir diri örtü bulunmamakta buna karşılık 1–2 cm kalınlığında humus tabakası oluşumu yer almaktadır. Mera alanının ortalama yükseltisi 90 metredir. Ortalama eğimi % 40 civarında ve kuzey-kuzeydoğu bakıda yer almaktadır. Tarım alanın ortalama eğimi % 20'dir. Yükseltisi ortalama olarak 70 metredir, bakı olarak ise kuzey-kuzeybatı da yer almaktadır (Şekil 2.2, 2.3, 2.4).



Şekil 2.2 Araştırma alanının 1/25 000 ölçekli harita (memleket haritası) üzerindeki yeri (HGK, 1984).





*(1/25000 topoğrafik harita kullanılarak Arc Map V 9.1 proğramı ile hazırlanmıştır).

Şekil 2.3 Araştırma alanının bakı haritası.

Şekil 2.4 Araştırma alanının eğim haritası.

2.1.2 Yeryüzü Şekli Özellikleri

Bartın ili Batı Karadeniz Bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Bölge genelinde dağlar denize paralel olarak uzanmaktadır. Bölgede yükseltiler kuzeydoğu-güneybatı gidişlidir. Bartın ili çevresindeki tepeler Tavacık Tepe (399 m), Kuruolukbaşı Tepe (455 m), Sandıkbaşı Tepe (506 m) ve Dinlence Tepe (488 m)'dir. Bartın'dan Karadeniz kıyısına doğru yaklaştıkça yükselti artarak falezler meydana getirmekte, iç bölgelere doğru yaklaştıkça, yumuşak peneplen bir topografya özelliği göstermektedir. Özellikle Jura-Alt Kreatase yaşlı kireç taşları yüksek tepeleri oluşturmaktadır (Anonim, 2005b).

Doğu, Batı ve Kuzeyden yüksekliği 2000 m'yi geçmeyen dağlarla çevrili olan Bartın'da dağlar oldukça dik, sahiller ise sarp ve kayalıktır. Doğusunda Arıt Dağları, batısında Aladağ ve kuzeyinde Karasu Dağları yer almaktadır. Bununla birlikte İl merkezine inildikçe düz ovalar dikkati çekmektedir. Bartın Irmağı'nın genişlediği alanlarda ve dağların oldukça dik yamaçları arasında dar ve derin vadiler yer almaktadır. Ulu Yayla, Zoni, Ardıç (Gezen) ve Korkudan Yaylaları kenti çevreleyen topografik yapı içersinde bulunmaktadır (Anonim, 2005a).

Kent merkezinde, Kemerköprü Mahallesi'nin doğusunda Halatçıyaması Tepesi (109.71 m), Orduyeri Mahallesi'nde Orduyeri Tepesi (110 m), Kırtepe Mahallesi'nde Kırtepe (61.6

m) ve Tuna Mahallesi'nin Karabük çıkışında ise Ömer Tepesi yer almaktadır. Bu tepeler kentin üzerinde kurulduğu dört önemli tepeyi oluşturmaktadır. 1/25 000 ölçekli topografik haritaya göre, bu dört tepenin dışında araştırma alanında bulunan diğer tepeler ise şunlardır (HGK, 1984); Güneyde Türbe Tepe, Kıran Tepe (109 m) ve Uluağaç Tepe; batıda Kanlı Tepe (158 m), Toparlak Tepe (72 m), Denizbakacağı Tepe, Çukurluk Tepe ve Kurt Tepe (253 m); kuzeyde Gülleryanağı Tepe, Karaağaç Tepe (208 m) ve Çakırağa Tepe.

Bartın, Bartın Irmağını oluşturan Kocaçay ve Kocanaz Çayı ile üç taraftan çevrelenmiş kare biçimli bir alanda kurulmuştur. Bu iki kol Gazhane Burnu'nda birleşip Boğaz Mevkiin'den Karadeniz'e dökülür. Irmak ve kolları tarafından derin bir şekilde parçalanan arazi engebeli bir görünüme sahip olup, kent merkezine inildikçe düz ovalar dikkati çekecek ölçüde artmaktadır ve bu ovalar Bartın Irmağı kıyılarında artmaktadır. Kent Merkezi ve çevresindeki en alçak kısımları (0–10 m) oluşturan başlıca ovalar şunlardır: Güneyde Karaköy Düzü; doğuda Karaağaçlık Düzü ve Uzuncabucak Düzü; güneydoğuda Cevizlik Düzü; kuzeybatıda Durnuk Düzü (Yılmaz, 2001).

2.1.3 İklim Özellikleri

Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Bartın'da tipik deniz iklimi hakimdir. Yazlar serin, kışlar yağışlı ve yağmurlu geçer. Hemen hemen her mevsimde yağış alan Bartın, özellikle sonbahar ve kışta daha fazla yağmur alır. Yağışlar yazları yağmur, kışları ise yağmur ve kar şeklindedir (Anon., 2005b).

Araştırma alanının iklim tipinin saptanmasında kullanılan meteorolojik veriler, 30 metre yükseklikteki Bartın Merkez Meteoroloji İstasyonu (Enlem= 41°38', Boylam=32°20') tarafından yapılan 1975–2005 yılları arasındaki 31 yıllık gözlem verileridir (MGM, 2005). Bu meteoroloji istasyonunun ölçmeleri aşağıda iki ayrı çizelge (Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.3) halinde verilmiştir.

Vejetasyon süresi (Rubner'e göre aylık ortalama sıcaklığın +10 °C ve daha fazla olduğu sıcak devre) 7 aydır (Nisan-Ekim). En az yağışlı aylar Mart ve Nisan aylarıdır. Yağışın en fazla düştüğü ay Ekim ayıdır (123.8). Oldukça nemli bir iklime sahip Bartın'da nisbi (bağıl) nem % 80 civarındadır.

Çizelge 2.1 Bartın Merkez Meteoroloji İstasyonunda ölçülen meteorolojik verilerin uzun yıllık ortalamaları (1990–2005).

METEOROLOJİK ELEMANLAR	AYLAR												YILLIK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	4.0	4.1	6.6	11.1	15.4	19.5	22.4	21.9	17.6	13.9	8.9	5.6	12.6
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	8.1	9.4	12.2	17.5	21.9	25.6	28.1	28.2	24.5	20.8	15.4	11.1	18.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	0.2	-0.3	1.7	5.9	9.7	13.5	15.8	15.8	12.0	9.2	4.4	2.0	7.5
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.7	19.0	23.2	28.6	31.8	33.5	34.0	34.0	32.2	30.5	24.9	19.3	34.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-6.7	-7.8	-4.2	-1.3	3.3	7.9	11.2	11.2	6.5	2.2	-1.9	-5.2	-7.8
Aylık Ortalama Bağıl Nem (%)	84.9	81.8	79.6	78.8	79.5	78.6	79.3	81.0	83.2	84.1	84.2	84.9	81.6
Aylık Toplam Yağış Miktarı (mm)	95.0	84.6	72.4	57.6	52.6	95.1	61.1	95.8	111.4	123.8	117.1	120.7	1087.0
Günlük En Çok Yağış Miktarı (mm/24 saat)	21.7	20.9	17.7	13.1	20.3	46.0	33.8	38.9	41.5	38.9	23.1	24.0	46.0
Ortalama Karla Örtülü Günlerin Sayısı	7.9	7.4	2.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2	2.8	1.8
Ortalama Sisli Günlerin Sayısı	3.8	3.0	1.8	1.8	2.0	0.6	0.5	1.5	4.4	6.2	4.8	4.1	2.9
En Çok Esen Rüzgar Yönü ve Kuvveti (km/saat)	W 13.4	SSW 14.5	S 15.0	SSW 14.0	SSE 13.1	NW 11.5	NE 11.3	NNE 12.4	ENE 12.3	N 12.0	SSW 12.9	NE 13.6	NW 13.0
Aylık Ortalama Toprak Sıcaklığı (5 cm)	4.2	4.6	8.1	14.0	20.1	24.3	27.1	26.3	21.2	15.9	9.6	5.7	15.1
Aylık Ortalama Toprak Sıcaklığı (10 cm)	4.5	4.8	8.1	13.8	19.8	24.0	26.8	26.1	21.3	16.2	9.9	6.1	15.1
Aylık Ortalama Toprak Sıcaklığı (20 cm)	4.9	4.9	7.8	13.1	18.7	22.8	25.7	25.5	21.2	16.4	10.4	6.5	14.8

Sıcaklık ve yağış değerleri Thornthwaite metoduna göre değerlendirildiğinde (Erinç, 1984; Çepel, 1995 ve Özyuvacı, 1999) (Çizelge 2.3 ve Şekil 2.5) Bartın'ın iklim tipi, nemli (B_2), mezotermal (B_1), yağış rejimine göre su açığı yok veya pek az olan (r) ve deniz iklimi altında (b4') bulunan bir iklimdir. Buna göre Bartın $B2B_1rb4'$ işaretleri ile gösterilen nemli mezotermal (orta sıcaklıkta), su açığı yok veya pek az olan deniz iklimi altında bir iklim tipine sahiptir.

Erinç (1965)'in Yağış etkenliği indeksine göre (Eşitlik 2.1) bir değerlendirme yapıldığı zaman Bartın, yağış etkenliği sınıfında yıllık olarak çok nemli sınıfa, bitki örtüsü olarak ise çok nemcil orman sınıfına girmektedir (Çizelge 2.2).

$$\mathrm{Im} = \frac{P}{T_{om}} = \frac{1087.0}{18.6} = 58.44 \qquad (2.1)$$

Formülde;

Im= Yağış etkenliği indisi

P= Yıllık yağış miktarı indisi

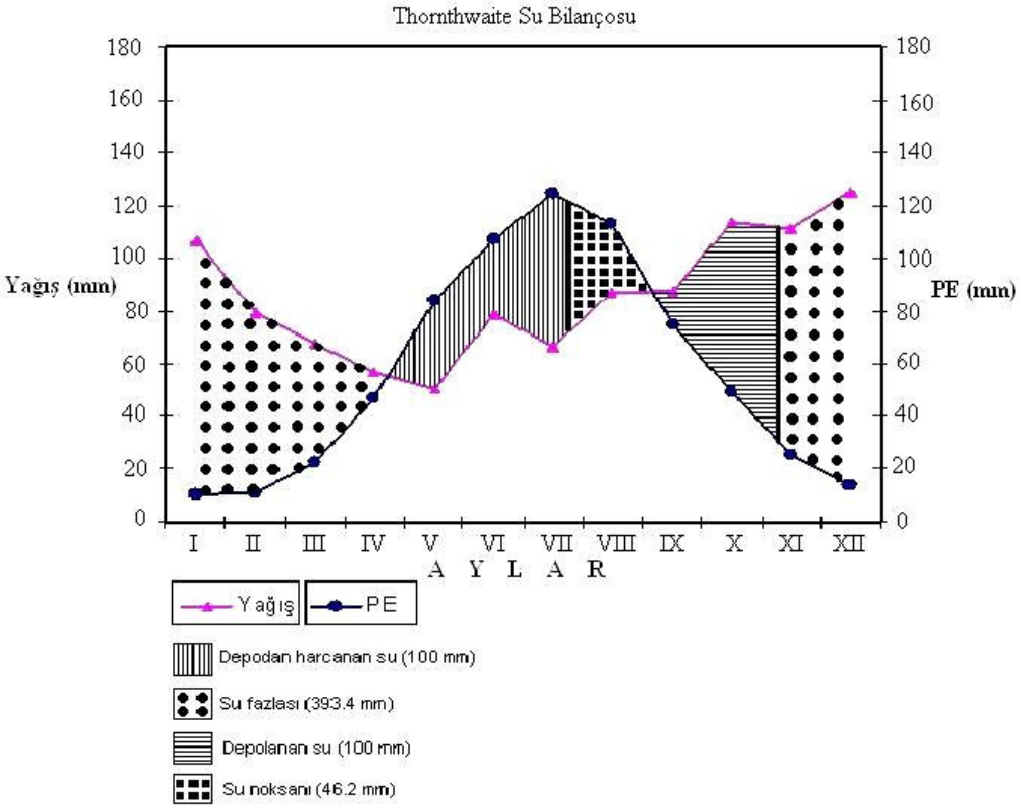
T_{om}= Yıllık ortalama yüksek sıcaklıktır (Erinç, 1965).

Çizelge 2.2 Yağış etkenliği sınıfları (Erinç, 1965).

Yağış Etkenliği Sınıfı	**Yağış Etkenliği İndisi: I_m**	**Bitki Örtüsü**
Kurak	$I_m < 8$	Çöl
Yarı kurak	$8 < I_m < 23$	Step
Yarı nemli	$23 < I_m < 40$	Park görünümlü orman
Nemli	$40 < I_m$ 55	Nemcil orman
Çok nemli	$I_m > 55$	Çok nemcil orman

Çizelge 2.3 Bartın'ın Thornthwaite metoduna göre su bilançosu (1975–2005).

BİLANÇO ELEMANLARI	**A Y L A R**												**YILLIK**
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama Sıcaklık (°C)	4.2	4.4	6.9	11.1	15.5	19.5	21.9	21.5	17.5	13.5	8.9	5.7	12.6
Sıcaklık İndisi	0.74	0.82	1.63	3.30	5.55	7.85	9.36	9.10	6.66	4.50	2.39	1.20	53.10
Düzeltilmemiş (PE) (mm)	12.5	13.3	22.0	42.0	67.0	85.0	98.0	95.0	72.0	51.5	31.0	17.5	
Düzeltilmiş (PE) (mm)	10.4	11.0	22.7	46.6	83.8	107.1	124.5	113.1	74.9	49.4	25.4	14.0	682.8
Yağış (mm)	106.4	79.2	67.9	57.0	50.1	79.0	66.4	86.7	87.3	113.5	111.3	125.2	1029.9
Depo Değişikliği (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	-33.7	-28.1	-38.2	0.0	12.4	64.0	23.5	0.0	
Depolama (mm)	100.0	100.0	100.0	100.0	66.3	38.2	0.0	0.0	12.5	76.5	100.0	100.0	
GET (mm)	10.4	11.0	22.7	46.6	83.8	107.1	104.6	86.7	74.9	49.4	25.4	14.0	636.6
Su Açığı (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.9	26.4	0.0	0.0	0.0	0.0	46.2
Su Fazlası (mm)	96.1	68.1	45.3	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.4	111.2	393.4
Yüzeysel Akış (mm)	83.6	75.9	60.6	35.5	17.7	8.9	4.4	2.2	1.1	0.6	31.2	71.2	392.8
Nemlilik Oranı	9.3	6.2	2.0	0.2	-0.4	-0.3	-0.4	0.0	0.2	1.3	3.4	7.9	

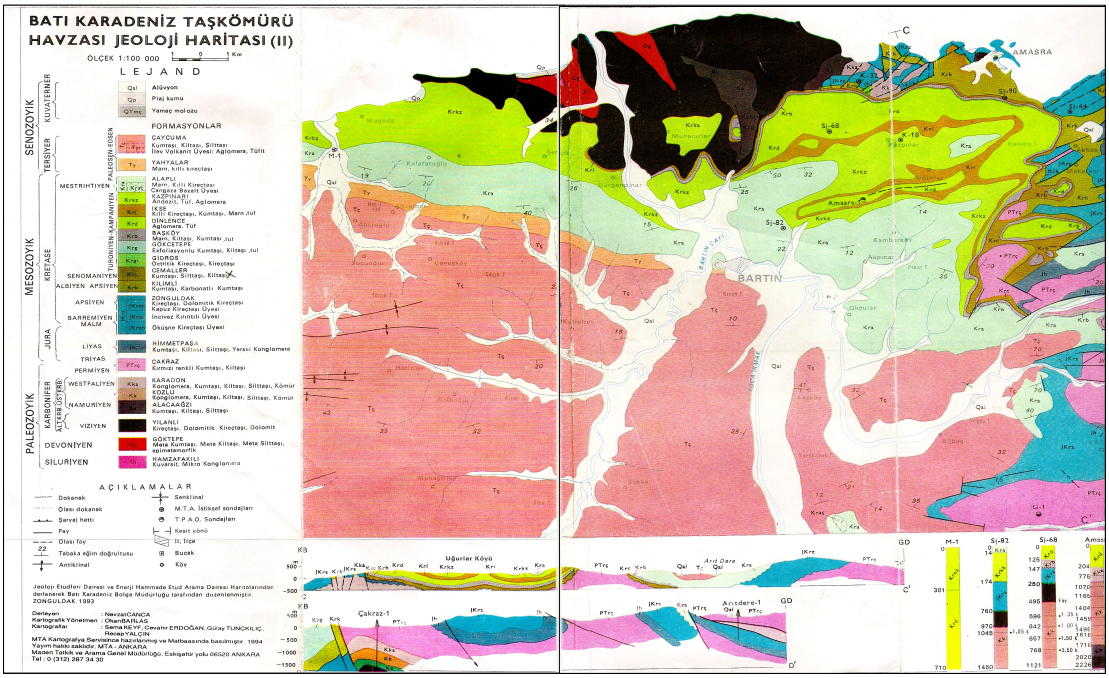


Şekil 2.5 Thornthwaite metoduna göre Bartın'ın su bilançosu grafiği (1975–2005).

2.1.4 Anakaya ve Toprak Özellikleri

M.T.A. Genel Müdürlüğü tarafından Batı Karadeniz Bölgesi için ayrıntılı bir şekilde hazırlanan 1/100 000 ölçekli jeoloji haritası (Şekil 2.6.) incelendiğinde Bartın İli arazisinin çeşitli jeolojik formasyonlar içerdiği görülmektedir. İlin jeolojisi I. Zaman Karbon Devri, II. Zaman Tebeşir Devri ve Yeni Zamanın Tersiyer Kuvaterner Devri arazilerinden oluşan bir yapı arzetmektedir. Bu araziler kalker, kum taşı, kil, çakıl, şist, marn, serpantin, konglomera, andezit, spilit ve orfilit ihtiva ederler (Anonim, 1993).

Araştırma alanında Senozoyik ve Mesozoyik yaşlı totul kayaçlar bulunmaktadır. Aşağıda bu anakayalar ve bu anakayalardan oluşan topraklar hakkından bilgi verilmiştir. Bunlardan Senozoyik olanlar Tersiyer'e ait Yahyalar formasyonu (Ty) ve Çaycuma formasyonu (Tç) ile Kuvaterner'e ait Alüvyon (Qal) başlıca görülen formasyonlardır. Mesozoyik yaşlı olanlar ise Kretase'ye ait Kazpınarı (Krkz) ve Alaplı (Kra) formasyonlarıdır (Anonim, 1993).



Şekil 2.6 Bartın ve çevresinin jeolojik haritası (MTA, 1993).

2.1.4.1 Kalker (Kireç Taşları) Anakayası ve Kalkerden Oluşan Toprakların Özellikleri

Kalker anataşları kalsit ve aragonit kristallerinin çok büyük boyutlarda olanlarının bir araya gelmesinden oluşur. İnce taneli ve yoğun bir taştır. Katık maddelerine göre beyazdan siyaha sarıdan kırmızıya kadar çeşitli renklerde olur. Kalker kayalarının toprak verme değerleri, bunların sertlik derecelerine, içersindeki katık maddelerinin oranına bağlıdır. O nedenle içinde kil ve toz miktarı çok olan, yani katık maddeler bakımından zengin olan kalker anataşlarından derin ve verimli topraklar meydana gelir. Bileşiminde genellikle kil çok olduğu için kalkerden meydana gelen topraklar genellikle ince tekstürlü ağır topraklardır. Saf ve sert kalkerler sığ ve iskelet bakımından zengin toprakları meydana getirir. Yumuşak kalkerler derin, killi balçık ve kil tekstüründe topraklar verir. Kalker üzerinde oluşan topraklar bol miktarda humus içerirse kırıntılıkları ve su tutma güçleri artar. Bu toprakların genellikle pH değerleri nötre yakın olduğundan bitkiler için fosfor beslenmesi iyi değildir. Potasyum eksikliği de vardır (Çepel, 1996; Kantarcı, 2000).

2.1.4.2 Alüvyal Topraklar

Bu topraklar akarsular tarafından taşınıp depolanan materyaller üzerinde oluşan (A) C profilli genç tabakalardır. Mineral bileşimleri akarsu havzasının litolojik bileşimi ile jeolojik periyotlarda yer alan toprak gelişimi sırasındaki erozyon ve birikme devirlerine bağlı olup heterojendir. Profillerinde horizonlaşma ya hiç yok ya da çok az belirgindir. Buna karşılık değişik özellikte katlar görülmekle birlikte çoğu yukarı arazilerden kireççe daha zengindir. Alüvyal topraklar bünyelerine veya bulundukları bölgelere yahut evrim devrelerine göre sınıflandırılırlar. Bunlarda üst toprak alt toprağa belirsiz olarak geçiş yapar. İnce bünyeli ve taban suyu yüksek olanlarda düşey geçirgenlik azdır. Yüzey nemli ve organik maddece zengindir. Alt toprakta hafif seyreden bir indirgenme olayı hüküm sürer. Kaba bünyeliler iyi drene olduğundan yüzey katları çabuk kurur. Üzerlerindeki bitki örtüsü iklime bağlıdır. Bulundukları iklime uyabilen her türlü kültür bitkisinin yetiştirilmesine elverişli ve üretken topraklardır. Bartın ilinde bu topraklara daha çok Bartın Çayı ve döküldüğü kesimlerde rastlanır (Anonim, 2005b).

2.1.5 Bitki Örtüsü

Bartın ve civarında yapılan floristik çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Amasra yöresi floristik kompozisyonu (Yatkın, 1996) ve Kirazlık (Bartın) Barajı Florası (Başaran, 1999) konulu lokal çalışmalar dışında herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Araştırma bölgesinde yayılış gösteren çalı ve orman formundaki bitkiler oldukça geniş yayılışa sahiptir. Orman oluşturan yaygın ağaç türleri; *Fagus orientalis* Lipsky., *Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana, Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus sylvestris* L., *Carpinus betulus* L., *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Quercus robur* L. Ayrıca orman içerisinde serpili olarak bulunan orman ağaçları ise *Castanea sativa* Mill., *Acer trautvetteri* Medv., *A.platanoides* L., *A.campestre* L., *Sorbus torminalis* (L.) Crantz *var. torminalis*, *Ostrya carpinifolia* Scop., *Populus tremula* L., *Platanus orientalis* L. ve *Salix alba* L. Çalı formundaki bitki türlerinden bazıları ise şunlardır; *Arbutus unedo* L., *Erica arborea* L. *Rhododendron ponticum* L. subsp. *ponticum, Vaccinium arctostaphylos* L., *Laurus nobilis* L., *Daphne pontica* L., *Ilex colchica* Poj., *Crataegus curvisepala* Lindma. (Kaya ve Başaran, 2006).

Çalışmanın yapıldığı farklı arazi kullanım tipleri olan orman, mera ve tarım alanlarında yayılış gösteren odunsu ve otsu bitki türleri ise şöyledir;

Orman alanında yayılış gösteren bitki örtüsü: Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Sapsız meşe (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) Adi gürgen (*Carpinus betulus* L.) ve yer yer de olsa Gümüşi ıhlamur (*Tilia tomentosa* Moench.) gibi yapraklı orman ağaçlarından oluşurken, Mor çiçekli orman gülü (*Rhododendron ponticum* L. *subsp. ponticum*), Karadeniz defnesi (*Daphne pontica* L.), Çoban püskülü (*Ilex colchica* Poj.), Alıç (*Crataegus curvisepala* Lindman) ve Tavşan memesi (*Ruscus aculeatus* L.) gibi çalılardan oluşmaktadır (Şekil 2.7).

Şekil 2.7 Orman alanına ait fotoğraf.

Mera alanında yayılış gösteren bitki örtüsü: Domuz ayrığı (*Dactylis glomerata* L.), Beyaz çiçekli papatya (*Bellis perennis* L.), Sütleğen (*Euphorbia* sp.), Turnagagası (*Geranium* sp.), Adi fiğ (*Vicia sativa* L.), Üçgül (*Trifolium* sp.), Kartal eğreltisi (*Pteridium aquilinum* L.) ve Böğürtlen (*Rubus* sp.) gibi otsu türlerden oluşurken, alan üzerinde çalı olarak Kuşburnu (*Rosa canina* L.) da bulunmaktadır (Şekil 2.8).

Şekil 2.8 Mera alanına ait fotoğraf.

Tarım alanında yayılış gösteren bitki örtüsü: Tarım alanında dönüşümlü olarak Mısır (*Zea mays* L.) ve Buğday (*Triticum vulgare* L.) tarımı yapılmaktadır. Hasat dönemlerinin sonunda ise otsu bitki olarak alan üzerinde Adi fiğ (*Vicia sativa* L.) bulunmaktadır (Şekil 2.9).

Şekil 2.9 Tarım alanına ait fotoğraf.

Tarım alanında yılda bir kere ekimden önce halk arasında DAP gübresi olarak bilinen diamonyum fosfat ve ekimden belli bir süre sonra da tarhana gübresi olarak bilinen kalsiyum amonyum nitrat (CAN) gübresi kullanılmaktadır.

Diamonyum fosfat bütün bitkilere başarıyla uygulanabilecek bir taban gübresidir. 100 kg diamonyum fosfat gübresinde (DAP) 18 kg saf azot ve 46 kg fosfor bulunur. Yani içerisindeki her bir kilo azota karşılık 2,5 kg. fosfor bulunur. Bu nedenle daha ziyade fosforlu bir gübre gibi kullanılır. İçerdiği fosforun % 90'ından fazlası suda eriyebildiğinden diamanoyum fosfat gübresi toprağa verildikten sonra gerekli rutubeti bulunca terkibindeki fosfor ve azottan bitkiler derhal yararlanabilirler. Diamonyum fosfatın 100 kg'da yaklaşık olarak 64 kg saf bitki besin maddesi vardır. Kalsiyum amonyum nitrat (CAN) gübresi, konsantre amonyum nitrat çözeltisinin toz haldeki kireç veya dolomit ile birlikte granüle edilmesi ile elde edilir. Azotlu gübreler içerisinde yurdumuzda ve dünyada en çok % 26 azotlu CAN kullanılmaktadır. Ticari kalsiyum amonyum sülfat gübresi % 25–28 azot içerir. Amonyum nitrat gübresindeki azotun yarısı nitrat, diğer yarısı da amonyum formundadır. CAN gübresi, bir taraftan bitkiye ihtiyaç duyduğu nitratı hazır olarak temin ederken, diğer taraftan amonyum iyonlarının toprak kolloidleri tarafından tutulması ile bitkinin bütün büyüme mevsimi boyunca ihtiyaç duyacağı azotu karşılar. Yani nitrat hemen kullanırken, amonyum tedrici olarak kullanılır. Kompozisyonu ve çözünürlüğü sebebiyle bilinen azotlu gübreler içerisinde en hızlı tesiri yapan yegane gübredir. Bu gübrenin etkisi hem çabuk hem de devamlı olmaktadır. Bu bakımdan bitki gelişmesinin her devresinde rahatlıkla kullanılabilir (Güçdemir, 2006)

2.2 ARAŞTIRMA MATERYALİ

2.2.1 Arazide Yapılan İşler

Çalışmanın materyal kısmını üst topraktan (0–5 cm) alınan toprak örnekleri oluşturmaktadır. Mikrobiyal analizler için orman, mera ve tarım alanlarından vejetasyon dönemi içersinde ağustos 2006'da her alandan 15'er adet toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinin alınacağı yerlerin herhangi bir etkiye uğramamış, doğal durumunu koruyan yerlerden olmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için her örnek alandan hacim örnekleri alınmıştır (Şekil 2.10).

Şekil 2.10 Toprakların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini belirlemek amacıyla üst topraktan alınan hacim örnekleri.

2.2.2 Laboratuvarda Uygulanan Yöntemler

Fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin belirlenmesi için toprak örnekleri hava kurusu hale gelene kadar kurutulmuşlardır. Toprak örnekleri önce tartılarak hava kurusu hacim ağırlıkları bulunmuş daha sonra taş ve kökleri ayrılarak porselen havanlarda öğütülmüştür. Daha sonra ise öğütülen toprak örnekleri 2 mm'lik eleklerden geçirilmiştir. Yapılan bütün analizler iki tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Mikrobiyal biyokütle C ve N'u belirlemek için alınan toprak örnekleri analizlere başlanana kadar 4°C'de buzdolabında saklanmıştır.

2.2.2.1 Toprak Örneklerinde Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Analizler

1. Hacim Ağırlığı: Hacim silindirleriyle alınan toprak örnekleri öncelikle 105 °C sıcaklıkta kurutularak fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir. Fırın kurusu ağırlıkların silindir örneğinin hacmine oranı ile örnek ağırlıkları "g cm^{-3}" olarak hesaplanmıştır (Irmak, 1954).

2. Tane Yoğunluğu: Toprak su yer değiştirme esasına göre hesaplanmaktadır. Bu işlem için fırın kurusu halindeki balon joje 20 ℃'de saf su ile işaret çizgisine kadar doldurularak tartılmıştır. 2 mm'lik elekten geçirilmiş 20 g fırın kurusu ince toprak balon jojeye konulup çalkalandıktan sonra vakumla havası alınmış ve balon joje işaret çizgisine kadar saf su ile doldurularak tartılmıştır. Saf su ile doldurulmuş ağırlık ile toprak konulmuş haldeki ağırlık arasındaki farktan toprağın hacmi ve ağırlık-hacim bağıntısından (Eşitlik 2.2) tane yoğunluğu hesaplanmıştır (Blake, 1965).

$$D_P = \frac{d_W \times W_S}{W_S - (W_{SW} - W_W)} \tag{2.2}$$

Burada;

D_P = Tane Yoğunluğu

d_W = Ölçüm Yapılan Sıcaklıkta Suyun Yoğunluğu

W_S = Fırın Kurusu Toprak Ağırlığı

W_{SW} = Piknometre, Toprak ve Su Ağırlığı Toplamı

W_W = Piknometre ve Su Ağırlığı Toplamı

3. Gözenek Hacmi: Toprakların gözenek hacmini doğrudan doğruya belirlemek çok güç olduğu için tane yoğunlukları ve hacim ağırlıkları belirlenen toprakların gözenek hacimleri aşağıdaki formül (Eşitlik 2.3) ile hesaplanmıştır (Çepel, 1995; Kantarcı, 2000).

$$Gözenek\ Hacmi\,(\%) = (1 - \frac{Hacim\ Ağ.}{Özgül\ Ağ.})x100 \tag{2.3}$$

4. İnce Toprak Ağırlığı ve Taşlılık Miktarı: 2 mm'lik eleklerden geçirilerek elde edilen ince toprak örnekleri 105°C sıcaklıkta kurutulmuş ve böylece fırın kurusu ağırlıkları bulunmuştur. Bulunan değerin silindir hacmine oranı ile fırın kurusu ağırlıkları "g cm^{-3}" olarak hesaplanmıştır (Irmak, 1954). 2 mm'lik eleğin üzerinde kalan kısım ise taş miktarı olarak tartılmış ve bu değerin silindirin hacmine oranı ile yüzde olarak (%) toprak örneklerinin taşlılığı bulunmuştur (Çepel, 1995).

5. Tane Çapı: Toprak örneklerinin tane çapları Bouyoucous hidrometre metodu ile tayin edilmiştir. Toprak türlerinin belirlenmesi uluslararası tane çapı sınıflarına göre yapılmıştır (Irmak, 1954; Gülçur, 1974).

6. Toprak Reaksiyonu (pH): Toprak örneklerinin reaksiyonu cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür. Topraklar, aktüel asitlik için 1/2.5 oranında saf su, katyon değişim asitliği (potansiyel asitlik) için 1/2.5 oranında 1 N KCl ile ıslatılıp 24 saat kadar bekledikten sonra ölçüm yapılmıştır (Irmak, 1954; Gülçur, 1974; Kantarcı, 2000).

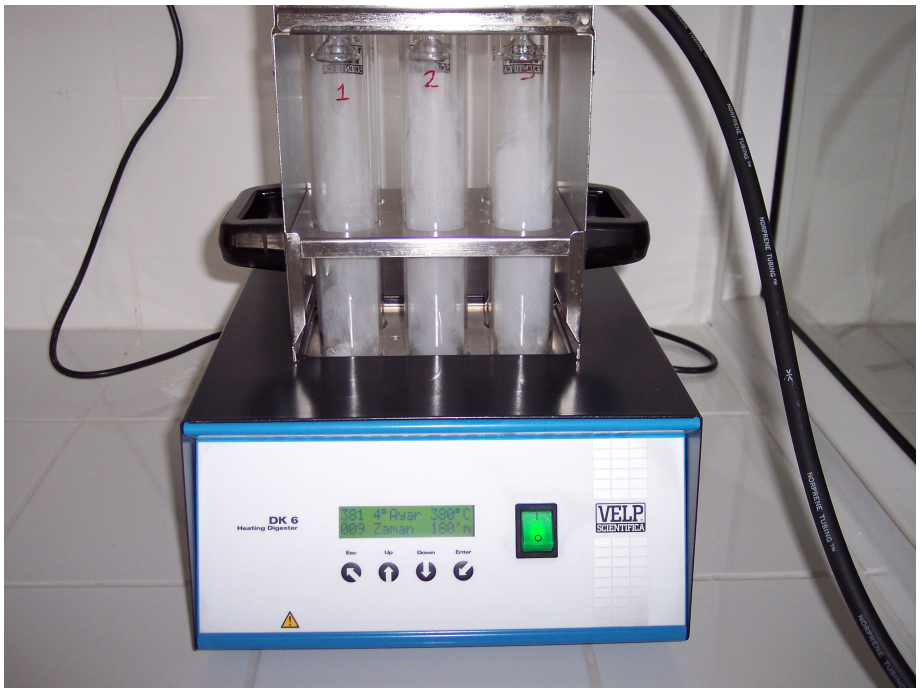
7. Organik Karbon: Toprak örneklerinin organik karbon miktarı, 0,25 mm'lik elekten geçirilmiş 0,5 g toprak kullanılarak Wackley-Black ıslak yakma yöntemi ile bulunmuştur (Irmak, 1954; Gülçur, 1974).

8. Elektriksel İletkenlik: Toprak tuzluluğunun (elektriki iletkenliğin) belirlenmesi için toprak örnekleri 1/5 oranında saf su ile ıslatılıp mekanik karıştırıcıda 1 saat karıştırıldıktan sonra elektiriki iletkenlik aleti ile ölçüm yapılmıştır (Gülçur, 1974; Eruz, 1979).

9. Karbonat Miktarı (Kireç): Havanda çok ince bir şekilde öğütülen 0.5 g toprak örneği tartıldıktan sonra Scheibler kalsimetre metodana göre toprak örneklerinin kireç içeriği bulunmuştur (Gülçur, 1974; Kacar, 1995).

10. Toplam Azot: Toplam azot modifiye Kjeldahl yöntemine göre bulunmuştur. Modifiye edilmiş Kjeldahl metodu; Toprakta organik formda bulunan azot ile amonyum formunda bulunan inorganik azotu genellikle sülfürik asit (H_2SO_4) ile yaş yakmak sureti ile amonyuma (NH_4) çevirmek ve bu amonyumu alkali ortamda amonyak (NH_3) halinde uçurup, hafif asit ortamda bağlamak ve bunu titrasyon yolu ile hesaplamak esasına dayanır. (Kacar, 1995). Metodda havanda çok ince bir şekilde öğütülen 1 g toprak örneği tartıldıktan sonra yakma tüplerine aktarılmış ve toprak örneklerinin üzerlerine 15 ml konsantre sülfürik asit (H_2SO_4) ile yaklaşık 1.5 g 10:1 oranında karıştırılmış olan K_2SO_4 ve $CuSO_4$ katalizörden katı olarak ilave edilmiştir. Sonra bu karışım, UDK 6 model yakma cihazında 100 C'de 2 dakika, 200 C'de 3 dakika 320 C'de 4 dakika ve 420 C'de 180 dakika yakılmıştır (Şekil 2.11). Yakma işleminden sonra soğuyan örnekler UDK 142 model destilasyon ünitesinde 10 M 50 ml sodyum hidroksit (NaOH) , %2 lik 25 ml borik asit (H_3BO_3) ve 50 ml saf su kullanarak 3 dakika destilasyon yapılarak amonyum (NH_4)

alkali ortamda amonyak (NH_3) halinde uçurulmuş ve hafif asit ortamda bağlanmıştır. Elde edilen bu distillata 15 damla brome-kroze indikatöründen damlatılmış ve distillatın rengi mavimsi yeşil olmuştur. Distillatın son rengi leylak oluncaya kadar 0.0067 N sülfürik asit (H_2SO_4) ile titre edilmiştir. Rengin döndüğü anda harcanan sarfiyat kaydedilmiştir.



Şekil 2.11 Toprak örneklerinde total N'i belirlemek amacıyla 420 °C'de 180 dakika yakma işlemi.

Aşağıdaki formül kullanılarak total N hesaplanmıştır (Eşitlik 2.4).

$$\%Total\ N = \left(\frac{14.01\,x\,N\,x\,(T-B)}{1000} \right) x100 \qquad (2.4)$$

14.01 = Azotun atom ağırlığı

N = Sülfürik asitin (H_2SO_4) normalitesi

T = Toprak örneğinin titrasyonunda harcanan sülfürik asitin (H_2SO_4) miktarı (ml)

B = Kör titrasyonu için harcanan sülfürik asitin (H_2SO_4) miktarı (ml)

1000 = miligram olarak toprak ağırlığı

100 = yüzdeye (%) çevirme katsayısı

2.2.2.2 Mikrobiyal Biyokütle C ve N Tayini İçin Fumigasyon ve Ekstraksiyon İşlemleri

Kloroformun ($CHCl_3$) Hazırlanması

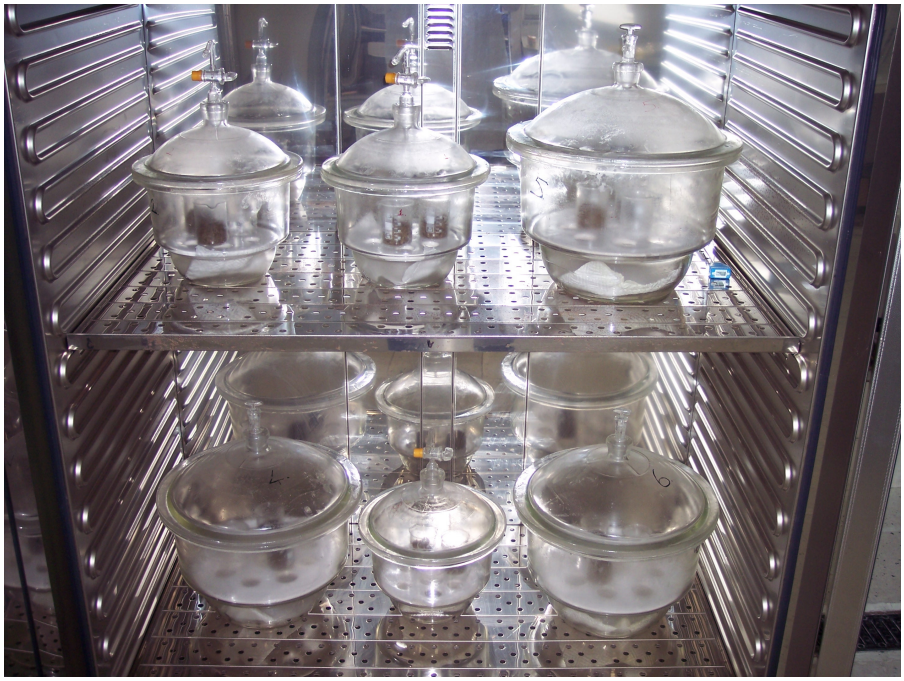
Analize başlamadan önce 90–100 ml hacimce % 5'lik sülfürik asit (H_2SO_4) ile ayırma hunisi içersinde kloroform yıkanır. Bunu için ilk önce ayırma hunisinin içersine 90–100 ml asit dökülür. Ardından 400–500 ml kloroform huninin içerisine dökülür. Kloroformun yoğunluğu fazla olduğundan dibe doğru geçmeye çalışacak yani asit ile yer değiştirmeye başlayacaktır. Bu sayede de kloroform yıkanmış olacaktır. Bu asit ile yıkama işlemi bir kez yapılır. Bunun ardından aynı şekilde yaklaşık 100 ml saf su ayırma hunisinin içerisine konur. Üzerine asit ile yıkanan 400–500 ml'lik kloroform dökülür. Kloroformun yıkanması işlemi gibi bir yıkama işlemi gerçekleştirilir. Ve bu saf su ile yıkama işlemi yaklaşık olarak 8–12 defa gerçekleştirilir. Bu sayede kloroform H_2SO_4 (sülfürik asit) ve saf su ile yıkanarak alkolsüz hale getirilmiş olur (Brookes et. al., 1985; Vance et. al., 1987a; Anderson ve Ingram, 1996).

Fumigasyon ve Ekstraksiyon İşlemleri

İki tekrarlı olacak şekilde 2 mm'lik elekten geçmiş (<2 mm) % 40–50 su tutma kapasitesinde 30 g taze toprak örneği 100 ml'lik beherler içersine tartılır. Fumigasyon işlemi yapılmayacak 30 g yaş toprak örnekleri, yine iki tekrarlı olacak şekilde 250 ml'lik erlenlere konur. Alt kısmında bir miktar nemli kağıt bulunan ve içersinde 100 ml'lik beherde en az 30 ml kloroform içeren vakumlu bir desikatörün içersine fumigasyon işlemi yapılacak toprak örneklerinin bulunduğu 100 ml'lik beherler yerleştirilir. Bu arada kloroformun hızlı bir şekilde buharlaşabilmesi için bir miktar (10–15 adet) pomze taşı kloroformun içersine atılabilir. Kloroform ($CHCl_3$) kuvvetli bir şekilde kaynayıncaya kadar vakum pompası kullanarak desikatörün içersindeki hava boşaltılır (Şekil 2.12). En az 2 dakika bu boşaltma işlemine devam edilir. Sonra, musluk kapatılır ve pompadan desikatör ayrılır. Desikatörün dışarıdaki hava ile temasını kesmek için desikatörün kapağına vazelin sürülür ve parafilm ile desikatörün kapağı sarılır.

Şekil 2.12 İki tekrarlı toprak örneklerini ve kloroformu içeren desikatöre vakum işlemin uygulanması.

Bu işlemden sonra desikatör 25 °C sabit sıcaklıktaki karanlık bir odaya yerleştirilir ve 24 saat beklenir (Şekil 2.13). Fumigasyonun ardından beherler desikatörün içerisinden çıkarılır. 250 ml'lik erlenlere boşaltılan toprak örneklerinin üzerine 4:1 (yani 30 g taze toprak 120 ml 0.5 M K_2SO_4 ile ekstrakt edilir) oranında 0.5 M potasyum sülfat (K_2SO_4) ilavesi yapılır ve erlenlerin ağızları sıkı bir şekilde kapatılır. Bu şekilde hazırlanan toprak örnekleri dairesel yönde hareket eden bir çalkalayıcı üzerinde 30 dakika 90 rpm hızında çalkalanır (Brookes et. al., 1985; Vance et. al., 1987a; Anderson ve Ingram, 1996).



Şekil 2.13 Toprak örnekleri ve kloroform içeren desikatörlerin karanlık bir ortamda 25 °C sıcaklıkta 24 saat süre ile fumigasyon işlemine tabi tutulması.

Sürenin sonunda erlenler çalkalayıcıdan alınır. Erlenlerin içerisindeki toprak ve potasyum sülfat (K_2SO_4) çözeltisi 5 dakika santrifüj edilir. Bu şekilde yaklaşık olarak 70–80 ml'lik esktrak elde edilir ve bu ekstrak 250 ml'lik koyu renkli saklama kaplarına toplanır. Fumigasyon yapılmayan örneklere doğrudan 0.5 M potasyum sülfat (K_2SO_4) ilavesi yapılır. Dairesel yönde hareket eden bir çalkalayıcı üzerinde 30 dakika 90 rpm hızında çalkalanır. Erlenler içersindeki çözelti 5 dakika santrifüj edilir. Bu şekilde yaklaşık olarak 70–80 ml'lik esktrak elde edilir ve bu ekstrak 250 ml'lik koyu renkli saklama kaplarına toplanır. Ekstraklar analizler yapılıncaya kadar buzdolabında saklanır. Bu işlemlerden sonra analize geçilebilir (Brookes et. al., 1985; Vance et. al., 1987a; Anderson ve Ingram, 1996).

Mikrobiyal Biyokütle C (C_{mic})

Elde edilen ekstraktan 8 ml bir pipet vasıtasıyla yakma tüpünün içerisine boşaltılır. Tüpe 2 ml 0.4 N potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) ve 70 mg (0.07 g) civa oksit (HgO) ve 2:1 oranında 15 ml sülfürik asit-ortofosforik asit karışımı ilave edilir. Elde edilen bu karışım 30 dakika 150 ºC'de UDK 6 yakma ünitesinde yakılır. Yakma işlemin sonunda tüplerin oda sıcaklığında soğumaları için beklenir. Soğuyan tüplerin içersine 20–25 ml saf su ilave

edildikten sonra örnekler titrasyon için 250 ml'lik erlenlere boşaltılır. Erlenlerdeki örneklerin üzerine 1.10 phenanthroline indikatöründen 10 damla kadar ilave edilir ve renk morumsu yeşile döner. Sonra 0.4 N demir amonyum sülfat çözeltisi ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) ile titre edilerek arta kalan dikromat bulunur. Örneklerin rengi kırmızımsı kahverengine dönünce titrasyona son verilir ve harcanan demir amonyum sülfat miktarı (ml) kaydedilir.

Aşağıdaki formüller (Eşitlik 2.5, 2.6 ve 2.7) kullanılarak mikrobiyal biyokütle C µg olarak hesaplanır (Vance et. al., 1987a; Anderson ve Ingram, 1996).

$$Biyokütle\,C\,(\mu g\ g^{-1}) = (B - V)\,x\,N\,x\,0.003\,x\,\frac{120 + \theta}{W_t}\,x\,\frac{1000}{V_1}\,x\,1000 \qquad (2.5)$$

$$Ec = (biyokütle\,C_{\,fumigasyonlu} - biyokütle\,C_{\,fumigasyonsuz}) \qquad (2.6)$$

$$Mikrobiyal\ Biyokütle\,C = Ec * 2.64 \qquad (2.7)$$

B=Kör için harcanan demir amonyum sülfatın ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) hacmi (ml)
V=Örnek için harcanan demir amonyum sülfatın ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) hacmi (ml)
N=Harcanan demir amonyum sülfatın ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) normalitesi (0.3950 N)
0.003= $3x10^{-3}$, buradaki 3 karbonun (C) ekivalen ağırlığı
θ= Kullanılan 30 g toprağın higroskopik nemi
W_t= Taze toprak ağırlığı (30 g)
V_1= Yakma için kullanılan ekstrak (8 ml)
2.64= Karbon (C) için dönüştürme katsayısı

Mikrobiyal Biyokütle N (N_{mic})

Elde edilen ekstraktan 50 ml bir pipet vasıtasıyla yakma tüpünün içersine boşaltılır. Yakma tüpünün içersine 0.2 M bakır sülfat ($CuSO_4$) ve dikkatli bir şekilde 10 ml % 96'lık sülfürik asit (H_2SO_4) ilave edilir. Bu kimyasalların ilavesinden sonra elde edilen bu çözelti yavaş yavaş olacak şekilde yani 100 ºC'de 3 dakika, 150 ºC'de 4 dakika, 260 ºC'de 5 dakika ve 380 ºC'de 180 dakika yakılır.

Yakma işlemin sonunda tüplerin oda sıcaklığında soğumaları için beklenir. Soğuyan tüplerin içersine 40–50 ml saf su ilave edilir. Bu esnada tüpler tekrar ısındığı için tüplerin soğumaları için tekrar beklenir. Tüplerin içerisindeki örnekler 250 ml'lik erlenlere boşaltılır ve 250 ml'ye saf su ile tamamlanır. Hazırlanan bu örnekten 50 ml alınarak tekrar tüplere boşaltılır ve destilasyon işlemine geçilir. Yukarıdaki işlemler yapılarak hazırlanan tüpler UDK 142 destilasyon ünitesine yerleştirilir. 10 M 15 ml sodyum hidroksit (NaOH) ve % 2 lik 5 ml borik asit (H_3BO_3) kullanarak 2 dakika destilasyon yapılarak amonyum (NH_4) alkali ortamda amonyak (NH_3) halinde uçurulmuş ve hafif asit ortamda bağlanmıştır (Şekil 2.14).

Şekil 2.14 Mikrobiyal biyokütle N için yakılan toprak örneklerinin destilasyon işlemi.

Elde edilen bu destillata 10 damla brome-kroze indikatöründen damlatılmış ve distillatın rengi mavimsi yeşil olmuştur. Distillatın son rengi leylak oluncaya kadar 0.00714 N sülfürik asit (H_2SO_4) ile titre edilmiştir. Rengin döndüğü anda harcanan sarfiyat kaydedilir.

Aşağıdaki formüller (Eşitlik 2.8, 2.9 ve 2.10) kullanılarak mikrobiyal biyokütle N µg olarak hesaplanır (Brookes et. al., 1985; Anderson ve Ingram, 1996).

$$Biyokütle\ N\ (\mu g\ g^{-1}) = (V - B)\ x\ N\ x 14.01 x \frac{120 + \theta}{W_t} x \frac{250}{V_1} x \frac{1000}{V_2} \quad (2.8)$$

$$F_N = (biyokütle\ N_{fumigasyonlu} - biyokütle\ N_{fumigasyonsuz}) \quad (2.9)$$

$$Mikrobiyal\ Biyokütle\ N = \frac{F_N}{kN} \quad (2.10)$$

V= Örnek için titrasyonda harcanan sülfürik asitin (H_2SO_4) hacmi (ml)

B= Kör için titrasyonda harcanan sülfürik asitin (H_2SO_4) hacmi (ml)

N= Harcanan sülfürik asitin (H_2SO_4) normalitesi (0.00714 N)

14.01= Azotun atomik ağırlığı

θ= Kullanılan 30 g toprağın higroskopik nemi

W_t= Taze toprak ağırlığı (30 g)

V_1= Yakma için kullanılan ekstrak (50 ml)

V_2= Destilasyon için kullanılan ekstrak (50 ml)

kN= Mineralize olabilen mikrobiyal biyokütle azotunun katsayısı'dır (0.54).

2.3 VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 11.00 paket programı kullanılmıştır. Arazi kullanım biçimlerine (orman, mera ve tarım) bağlı olarak farklılığın ortaya konulması diğer bir değişle arazi kullanım biçimlerine göre toprakların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri açısından fark olup olmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) yapılmıştır. Tek yönlü varyans analizi, K bağımsız grup denemelerinden elde edilen nicel verilerin analizinde yararlanılan bir yöntemdir. Normal dağılım gösteren k toplumdan alınan k bağımsız grup ortalamalarının birbirilerine eşitliğini test etmek için uygulanır. Varyans analizi sonucunda aralarında fark çıkan ($P<0.05$) arazi kullanım biçimlerinden farklı olanların belirlemesi amacıyla S-N-K (Student-Newman-Keuls) testi uygulanmıştır. Varyans analizi sonucunda F test istatistiği önemli ise hangi grup ortalamalarının diğerlerinden farklı olduğunu, farklılığın hangi gruptan kaynakladığını ortaya koymak gerekir. Bunun için çoklu karşılaştırma testlerinden birisi olan S-N-K (Student-Newman-Keuls) testi kullanılmıştır. S-N-K testi k grup ortalamalarını küçükten büyüğe doğru dizdikten sonra karşılaştırma sıralarına göre farklı önemlilik kriterlerini

kullanan bir testtir. S-N-K testi tüm işlem ortalamalarını, işlemlerin bir alt seti olarak sıraya dizmektedir. Mikrobiyal biyokütle C ve mikrobiyal biyokütle N ile orman, mera ve tarım alanlarına ait toprakların diğer bazı özellikleri olan gözenek hacmi, organik C, toplam N, kireç ($CaCO_3$), pH v.b. arasındaki ilişkilerin ortaya konulması için korelasyon analizi yapılmıştır (Özdamar, 1999; Altunışık vd., 2002). Arazi kullanım biçimleri ile ilgili değerlendirmelerde ortalama değerler kullanılmış olup, bunun yanında örnek sayısı, minimum ve maksimum değerler ile standart sapmaları ilgili tablolarda verilmiştir.

BÖLÜM 3

BULGULAR VE TATIŞMA

3.1 FARKLI ARAZİ KULLANIM ALANLARINDAKİ (ORMAN, MERA VE TARIM) TOPRAKLARIN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Orman, mera ve tarım alanlarından alınan üst topraklara ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.1, 3.2 ve 3.3'te verilmiştir.

3.1.1 Orman Alanına Ait Toprak Özellikleri

Çizelge 3.1 incelendiğinde, orman alanına ait toprakların hacim ağırlıkları 0.76 g cm^{-3} ile 1.14 g cm^{-3} arasında değiştiği ve ortalama olarak 0.97 g cm^{-3} olduğu, tane yoğunluğu 2.48 g cm^{-3} ile 2.56 g cm^{-3} arasında değiştiği ve ortalama olarak 2.52 g cm^{-3} olduğu, gözenek hacmi ise % 52.28 ile % 67.31 arasında değiştiği ve ortalama olarak % 59.22 olduğu ve alana ait toprakların çok az taş içerdiği görülmektedir. Tane çapı dağılımı bakımından orman alanına ait toprakların kum içeriği % 17.30–% 30.86 arasında, toz içeriği % 15.34–% 54.38 arasında kil içeriği ise % 22.84–% 66.52 arasında değişmektedir. Bu değerlere bağlı olarak alanda killi (ağır kil), tozlu killi balçık ve balçık türde topraklar bulunmaktadır. Topraklara ait aktüel asitlik değerlerinin (pH, H_2O) 4.48 ile 5.86 arasında değiştiği ve ortalama olarak 5.20 olduğu, potansiyel asitlik değerlerinin (1 N KCl) ise 3.28 ile 4.89 arasında değiştiği ve ortalama olarak 4.07 olduğu görülmektedir. Toprakların elektriksel iletkenliğinin ise 0.06 dS m^{-1} ile 0.12 dS m^{-1}arasında (ortalama 0.08 dS m^{-1}) değişim gösterdiği görülmektedir. Toprak reaksiyonu sınıflandırmasına göre; orman alanına ait topraklar aktüel pH açısından orta derecede asit sınıfına ve potansiyel pH açısından ise şiddetli asit sınıfına girmektedir. Orman alanına ait topraklar ortalama % 0.03 oranında kireç içermektedir. Bu sonuca göre kireçsiz sınıfta yer almaktadır. Toprakların organik karbon (C_{org}) içerikleri % 3.88–4.34 arasında değişmektedir. Toplam azot (N_{total}) değerleri ise % 0.30–0.36 arasında ölçülmüştür. Orman alanı için, organik C (C_{org}) ve

toplam N (N_{total}) değerlerinden faydalanılarak hesaplanan ayrışma oranlarının (C_{org}/N_{total}) ise 11.89 ile 14.85 arasında değiştiği (ortalama 13.00) tespit edilmiştir.

Tüm bu bulgular ışığında orman alanındaki toprakların asit reaksiyonlu, kireçsiz, elektriksel iletkenliği düşük, ağır bünyeli, organik madde ve azot bakımından zengin, ölü örtü ayrışmasının hızlı bir karakter taşıdığı tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1 Orman alanına ait toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin değerler.

ARAZİ KULLANIM BİÇİMİ	Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri	ÖRNEK ALAN								
		1	2	3	4	5	Minimum Değer	Maksimum Değer	Ortalama Değer	Standart Sapma
ORMAN	Hacim Ağırlığı (g cm^{-3})	0.94	0.92	0.76	1.09	1.14	0.76	1.14	0.97	0.15
	Tane Yoğunluğu (g cm^{-3})	2.53	2.56	2.48	2.51	2.54	2.48	2.56	2.52	0.30
	Gözenek Hacmi (%)	60.68	61.97	67.31	53.90	52.28	52.28	67.31	59.22	6.15
	Kum (%)	17.30	18.14	20.91	28.67	30.86	17.30	30.86	23.17	6.20
	Kil (%)	45.07	66.52	24.71	22.84	27.25	22.84	66.52	37.27	18.59
	Toz (%)	37.63	15.34	54.38	48.50	41.89	15.34	54.38	39.54	14.96
	Taşlılık Durumu	Çok Az Taşlı	Çok Az Taşlı	Çok Az Taşlı	Çok Az Taşlı	Çok Az Taşlı				
	Aktüel pH (H_2O)	4.90	4.48	5.47	5.31	5.86	4.48	5.86	5.20	0.53
	Potansiyel pH (1 N KCl)	3.85	3.28	4.34	4.02	4.89	3.28	4.89	4.07	0.59
	Elektriksel İletkenlik (dS m^{-1})	0.08	0.06	0.10	0.08	0.12	0.06	0.12	0.08	0.02
	Kireç ($CaCO_3$) (%)	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.16	0.03	0.07
	Organik Karbon (C_{org}) (%)	3.88	3.92	4.30	4.28	4.34	3.88	4.34	4.14	0.22
	Toplam Azot (N_{total}) (%)	0.32	0.30	0.36	0.30	0.32	0.30	0.36	0.31	0.02
	C_{org}/N_{total} Oranı	12.01	13.17	11.89	14.35	13.58	11.89	14.35	13.00	1.04

3.1.2 Mera Alanına Ait Toprak Özellikleri

Çizelge 3.2 incelendiğinde, mera alanına ait toprakların hacim ağırlıkları 1.03 g cm^{-3} ile 1.24 g cm^{-3} arasında (ortalama 1.16 g cm^{-3}), tane yoğunlukları 2.55 g cm^{-3} ile 2.70 g cm^{-3} arasında (ortalama 2.60 g cm^{-3}), gözenek hacimleri ise % 49.70 ile % 60.91 arasında (ortalama % 53.39) değiştiği ve çok az taş içerdiği görülmektedir. Tane çapı dağılımı bakımından mera alanına ait topraklar ortalama % 22.64 kum, % 33.67 toz ve % 43.68 kil içemrektedir. Bu değerlere bağlı olarak alanda tozlu killi, killi (ağır kil), balçıklı kil, türde topraklar bulunmaktadır. Aktüel asitlik (pH, H_2O) 5.88 ile 7.79 arasında (ortalama 6.62) değişmektedir. Potansiyel asitlik (1 N KCl) 4.27 ile 7.13 arasında değişim (ortalama 5.30) göstermektedir. Toprakların elektriksel iletkenliğinin 0.06 dS m^{-1} ile 0.22 dS m^{-1} arasında değiştiği ve ortalama olarak 0.12 dS m^{-1} olduğu görülmektedir. Elde edilen pH sonuçlarına göre; mera alanına ait topraklar toprak reaksiyonu sınıflandırmasında aktüel pH açısından hafif asit sınıfına ve potansiyel pH açısından ise orta derecede asit sınıfına girmektedir. Toprakların kireç ($CaCO_3$) içeriği % 0.0 ile % 11.89 arasında (ortalama % 2.44) değişmektedir. Bu sonuca göre mera toprakları az kireçli toprak sınıfında yer almaktadır. Toprakların organik karbon (C_{org}) içerikleri % 1.62–3.11 arasında (ortalama % 2.69) değişmektedir. Toplam azot (N_{total}) değerleri ise % 0.18–0.31 arasında (ortalama % 0.26) belirlenmiştir. Mera alanı için, organik C (C_{org}) ve total N (N_{total}) değerlerinden faydalanılarak hesaplanan C_{org}/N_{total} oranlarının ise 8.86 ile 11.07 arasında değiştiği (ortalama 9.96) tespit edilmiştir.

Mera alanına ait toprakların genel özellikleri özet olarak; orta derecede asit, az kireçli, elektriksel iletkenliği düşük, killi (geçirgenliği düşük) organik karbon ve toplam azot içeriği bakımından orta, ölü örtü ayrışmasının hızlı bir karakter taşıdığı saptanmıştır.

Çizelge 3.2 Mera alanına ait toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin değerler.

ARAZİ KULLANIM BİÇİMİ	Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri	ÖRNEK ALAN								
		1	2	3	4	5	Minimum Değer	Maksimum Değer	Ortalama Değer	Standart Sapma
MERA	Hacim Ağırlığı (g cm^{-3})	1.24	1.17	1.20	1.03	1.20	1.03	1.24	1.16	0.08
	Tane Yoğunluğu (g cm^{-3})	2.56	2.56	2.55	2.70	2.65	2.55	2.70	2.60	0.67
	Gözenek Hacmi (%)	49.70	52.50	50.81	60.91	53.05	49.70	60.91	53.39	4.40
	Kum (%)	17.50	20.07	22.68	27.21	25.78	17.50	27.21	22.64	3.99
	Kil (%)	44.96	33.77	35.78	44.96	58.94	33.77	58.94	43.68	9.95
	Toz (%)	37.54	46.16	41.55	27.83	15.28	15.28	46.16	33.67	12.30
	Taşlılık Durumu	Çok Az Taşlı	Çok Az Taşlı	Çok Az Taşlı	Çok Az Taşlı	Çok Az Taşlı				
	Aktüel pH (H_2O)	6.04	5.88	6.00	7.79	7.43	5.88	7.79	6.62	0.90
	Potansiyel pH (1 N KCl)	4.52	4.27	4.41	7.13	6.59	4.27	7.13	5.30	1.36
	Elektriksel İletkenlik (dS m^{-1})	0.07	0.06	0.06	0.21	0.22	0.06	0.22	0.12	0.08
	Kireç ($CaCO_3$) (%)	0.16	0.00	0.08	11.89	0.08	0.0	11.89	2.44	5.27
	Organik Karbon (C_{org}) (%)	2.93	2.81	2.98	1.62	3.11	1.62	3.11	2.69	0.60
	Toplam Azot (N_{total}) (%)	0.30	0.28	0.27	0.18	0.31	0.18	0.31	0.26	0.05
	C_{org}/N_{total} Oranı	9.74	10.06	11.07	8.86	10.07	8.86	11.07	9.96	0.79

3.1.3 Tarım Alanına Ait Toprak Özellikleri

Çizelge 3.3 incelendiğinde, tarım alanına ait toprakların hacim ağırlıklarının 0.86 g cm^{-3} ile 1.07 g cm^{-3} arasında (ortalama 0.98 g cm^{-3}) olduğu, tane yoğunluklarının 2.69 g cm^{-3} ile 2.75 g cm^{-3} arasında (ortalama 2.72 g cm^{-3}), gözenek hacimlerinin % 59.80 ile % 68.18 arasında (ortalama % 63.53) değiştiği ve alana ait toprağın da çok az taş içerdiği görülmektedir. Tane çapı dağılımı bakımından tarım alanına ait topraklar ortalama % 15.70 kum, % 22.45 toz ve % 61.84 kil içermektedir. Bu değerlere bağlı olarak alanda killi (ağır kil) türde topraklar bulunmaktadır. Aktüel asitlik (pH, H_2O) 7.28 ile 8.03 arasında (ortalama 7.84) değişim göstermektedir. Potansiyel asitlik (1 N KCl) ise 6.00 ile 7.21 arasında (ortalama 6.91) değişim göstermektedir. Toprakların elektriksel iletkenliğinin ise 0.11 dS m^{-1} ile 0.20 dS m^{-1} arasında değiştiği ve ortalama olarak 0.17 dS m^{-1} olduğu görülmektedir. Ölçülen pH değerlerine göre; tarım alanına ait topraklar toprak reaksiyonu sınıflandırmasında aktüel pH açısından hafif alkalen sınıfına ve potansiyel pH açısından ise hafif asit veya nötr sınıfına girmektedir Toprakların kireç ($CaCO_3$) içeriği % 0.16 ile % 12.91 arasında (ortalama % 5.93) değişmektedir. Bu sonuca göre tarım toprakları orta kireçli sınıfta yer almaktadır. Toprakların organik karbon (C_{org}) içerikleri % 0.80–1.48 arasında (ortalama % 1.19) değişmektedir. Toplam azot (N_{total}) değerleri ise % 0.12–0.19 arasında (ortalama % 0.15) belirlenmiştir. Mera alanı için, organik C (C_{org}) ve total N (N_{total}) değerlerinden faydalanılarak hesaplanan C_{org}/N_{total} oranlarının ise 6.69 ile 8.24 arasında değiştiği (ortalama 7.70) tespit edilmiştir.

Tarım alanına ait toprakların genel özellikleri özet olarak; nötr-hafif alkalen reaksiyonda, orta derecede kireçli, elektriksel iletkenliği düşük, kil içeriği çok yüksek (geçirgenliği düşük), organik karbon ve toplam azot içeriği bakımından fakir, organik madde ayrışması hızlı bir karakter taşımaktadır.

Çizelge 3.3 Tarım alanına ait toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin değerler.

ARAZİ KULLANIM BİÇİMİ	Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri	ÖRNEK ALAN								
		1	2	3	4	5	Minimum Değer	Maksimum Değer	Ortalama Değer	Standart Sapma
TARIM	Hacim Ağırlığı (g cm^{-3})	1.07	1.06	0.97	0.86	0.94	0.86	1.07	0.98	0.08
	Tane Yoğunluğu (g cm^{-3})	2.71	2.75	2.69	2.75	2.74	2.69	2.75	2.72	0.26
	Gözenek Hacmi (%)	59.80	61.01	63.54	68.18	65.14	59.80	68.18	63.53	3.33
	Kum (%)	17.21	16.27	15.61	10.69	18.74	10.69	18.74	15.70	3.03
	Kil (%)	67.54	55.82	62.75	65.35	57.74	55.82	67.54	61.84	4.96
	Toz (%)	15.25	27.91	21.64	23.96	23.52	15.25	27.91	22.45	4.62
	Taşlılık Durumu	Çok Az Taşlı	Çok Az Taşlı	Çok Az Taşlı	Çok Az Taşlı	Çok Az Taşlı				
	Aktüel pH (H_2O)	7.95	7.97	8.03	7.28	8.00	7.28	8.03	7.84	0.31
	Potansiyel pH (1 N KCl)	7.11	7.12	711	6.00	7.21	6.00	7.21	6.91	0.51
	Elektriksel İletkenlik (dS m^{-1})	0.19	0.17	0.18	0.11	0.20	0.11	0.20	0.17	0.03
	Kireç ($CaCO_3$) (%)	0.98	9.97	5.64	0.16	12.91	0.16	12.91	5.93	5.54
	Organik Karbon (C_{org}) (%)	1.48	0.80	1.16	1.44	1.08	0.80	1.48	1.19	0.27
	Toplam Azot (N_{total}) (%)	0.19	0.12	0.14	0.17	0.14	0.12	0.19	0.15	0.02
	C_{org}/N_{total} Oranı	7.81	6.69	8.13	8.24	7.63	6.69	8.24	7.70	0.61

3.2 FARKLI ARAZİ KULLANIM ALANLARINDAKİ (ORMAN, MERA VE TARIM) TOPRAKLARIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR VE TARTIŞMA

Orman mera ve tarım alanlarından alınan toprak örneklerinin hacim ağırlıkları, tane yoğunlukları, kum, toz ve kil içerikleri, toprak asitliği, kireç içeriği, organik C, total N içerikleri arasında % 5 önem düzeyine göre fark olup olmadığını bulmak için varyans analizi (One-Way ANOVA) yapılmıştır. Analizin sonucunda, arazi kullanımlarına (orman, mera ve tarım) göre toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Arazi kullanım biçimine göre farklı olan fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri hacim ağırlığı, tane yoğunluğu, gözenek hacmi, % kil oranı, aktüel pH, potansiyel pH, organik C, total N ve ayrışma oranı (C_{org}/N_{total})'dır (Çizelge 3.4). Varyans analizi sonuçları, arazi kullanım biçiminin yukarıda bahsedilen toprak özelliklerinde istatistiksel olarak anlamlı değişimlere yol açtığını göstermektedir. Daha sonra arazi kullanım biçimlerine göre faklı olanı belirlemek amacıyla S-N-K (Student-Newman-Keuls) testi uygulanmıştır. Arazi kullanım biçimine göre istatistiksel olarak farklılık gösteren toprak özellikleri şekil 3.1–3.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Farklı arazi kullanım alanlarındaki (orman, mera ve tarım) toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

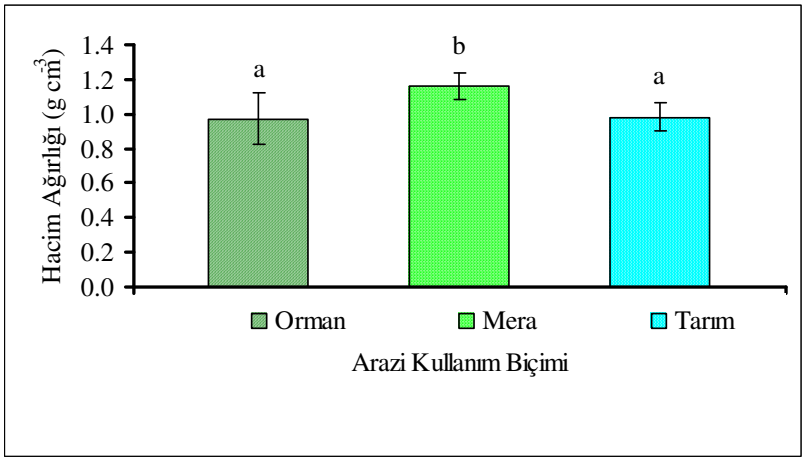
Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Hacim Ağırlığı (g cm^{-3})	Gruplar Arası	0.124	2	0.062	5.055	0.026*
	Gruplar İçi	0.148	12	0.012		
	Toplam	0.272	14			
Tane Yoğunluğu (g cm^{-3})	Gruplar Arası	0.106	2	0.053	25.644	0.000*
	Gruplar İçi	0.025	12	0.002		
	Toplam	0.130	14			
Gözenek Hacmi (%)	Gruplar Arası	258.995	2	129.497	5.675	0.018*
	Gruplar İçi	273.816	12	22.818		
	Toplam	532.811	14			
Kum (%)	Gruplar Arası	173.881	2	86.941	4.092	0.054NS
	Gruplar İçi	254.976	12	21.248		
	Toplam	428.857	14			
Kil (%)	Gruplar Arası	1623.360	2	811.680	5.186	0.024*
	Gruplar İçi	1878.232	12	156.519		
	Toplam	3501.592	14			
Toz (%)	Gruplar Arası	754.104	2	377.052	2.852	0.097N.S
	Gruplar İçi	1586.419	12	132.202		
	Toplam	2340.523	14			
Aktüel pH (1/2.5 H_2O)	Gruplar Arası	17.486	2	8.743	21.739	0.000*
	Gruplar İçi	4.826	12	0.402		
	Toplam	22.312	14			
Potansiyel pH (1 N KCl)	Gruplar Arası	20.118	2	10.059	12.191	0.001*
	Gruplar İçi	9.901	12	0.825		
	Toplam	30.020	14			
Elektriksel İletkenlik (dS m^{-1})	Gruplar Arası	0.017	2	0.008	2.913	0.093 N.S
	Gruplar İçi	0.035	12	0.003		
	Toplam	0.052	14			
Kireç ($CaCO_3$) (%)	Gruplar Arası	87.934	2	43.967	2.252	0.148 N.S
	Gruplar İçi	234.321	12	19.527		
	Toplam	322.256	14			
Organik Karbon (C_{org}) %	Gruplar Arası	21.787	2	10.894	65.684	0.000*
	Gruplar İçi	1.990	12	0.168		
	Toplam	23.778	14			
Toplam Azot (N_{total}) %	Gruplar Arası	0.072	2	0.036	27.425	0.000*
	Gruplar İçi	0.016	12	0.001		
	Toplam	0.088	14			
C_{org}/N_{total}	Gruplar Arası	70.732	2	35.368	50.366	0.000*
	Gruplar İçi	8.426	12	0.702		
	Toplam	79.158	14			

*: 0.05 Önem Düzeyi ile Anlamlı, N.S: 0.05 Önem Düzeyi ile Anlamsız

3.2.1 Toprakların Hacim Ağırlığına İlişkin Bulgular ve Tartışma

Ortalama hacim ağırlığı değerleri; orman alanında 0.97 g cm^{-3}, mera alanında 1.16 g cm^{-3} ve tarım alanında 0.98 g cm^{-3} olarak bulunmuştur. Hacim ağırlığı değerleri arazi kulanım biçimine göre değerlendirildiğinde, en düşük olarak orman alanında daha sonra tarım alanında ve en yüksek mera alanında olduğu tespit edilmiştir. Varyans analizi sonuçları

toprakların hacim ağırlıklarının arazi kullanım biçimine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($P<0.05$) gösterdiğini ortaya koymuştur (Çizelge 3.4). Farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan S-N-K testi sonuçlarına göre ise, orman ve tarım alanına ait toprakların hacim ağırlığı değerleri aynı grupta yer alırken, mera alanına ait toprakların hacim ağırlığı değeri orman ve tarım alanına ait toprakların hacim ağırlığı değerlerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 3.1).



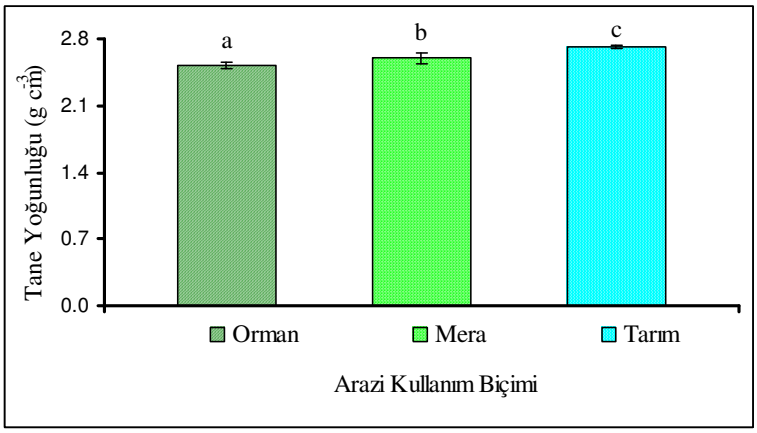
Şekil 3.1 Toprakların hacim ağırlıklarının farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Bu durum orman topraklarının organik madde içeriği ve kök yayılışının yüksek olmasından, tarım alanında ise toprak işleme yapılmasından kaynaklanabilir. Toprakların hacim ağırlığı üzerinde etkili faktörlerden en önemlisi toprak tekstürüdür. Hacim ağırlığı kumlu topraklarda (1.67–1.19) yüksek, killi topraklarda (1.32–0.92) ise düşüktür. Yapılan çalışmada orman topraklarında kum içeriği yüksek olmasına karşın hacim ağırlığı düşük bulunmuştur. Bu durum orman topraklarının organik madde içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanabilir. Korkanç (2003)'de yaptığı çalışmada tarım, açıklık ve orman alanlarına ait toprakların kök oranlarının istatistiksel olarak farklı olduğunu saptamıştır. Çalışmaya göre orman alanlarındaki toprakların kök oranı, tarım ve açıklık alanlardaki toprakların kök oranlarından önemli ölçüde fazladır. Hayvanların çiğnemesine maruz kalan mera topraklarında gözenek hacmi azalmakta buna karşılık hacim ağırlığı artmaktadır. Tüm bu sonuçlar arazi kullanım biçiminin toprakların hacim ağırlığı üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.

Yılmaz (2007) yaptığı çalışmada araştırma alanı üst topraklarının hacim ağırlığı ortalamalarını; açık alan, tarım ve orman topraklarında sırasıyla 1.29 g cm^{-3}, 1.19 g cm^{-3}, 1.24 g cm^{-3} olarak bulmuş, ancak aradaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Wienhold et. al., (2001) mera alanlarında yaptığı bir çalışmada boşluk hacminin azaldığını ve buna bağlı olarak hacim ağırlığının arttığını belirtmiştir. Williams et.al., (2003) yaptıkları araştırma sonucunda yapraklı orman alanlarındaki toprakların hacim ağırlığının (1.0 g cm^{-3}) tarım alanlarındaki toprakların hacim ağırlığından (1.6 g cm^{-3}) daha düşük olduğunu saptamışlardır. Benzer şekilde Templer et. al. (2005), Jaiyeoba (2003), Varela et. al., (2001), Langmaack et.al, (1999) arazi kullanma şekli değiştikçe hacim ağırlığının değiştiğini ortaya koymuşlardır.

3.2.2 Toprakların Tane Yoğunluğuna İlişkin Bulgular ve Tartışma

Araştırma alanından alınan toprakların ortalama tane yoğunlukları; orman, mera ve tarım alanı topraklarında sırasıyla 2.52 g cm^{-3}, 2.60 g cm^{-3} ve 2.72 g cm^{-3} olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre en düşük tane yoğunluğu değeri orman alanı için bulunurken en yüksek tane yoğunluğu değeri tarım alanında bulunmuştur. % 5 önem düzeyine göre yapılan varyans analizi sonucunda, tane yoğunluğu değerlerinin arazi kullanım biçimleri (orman, mera ve tarım) bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($P<0.05$) gösterdiği bulunmuştur (Çizelge 3.4). Farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan S-N-K testi sonuçlarına göre ise, orman, mera ve tarım alanları tane yoğunlukları bakımından birbirinden farklı gruplarda yer almışlardır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Toprakların tane yoğunluklarının farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

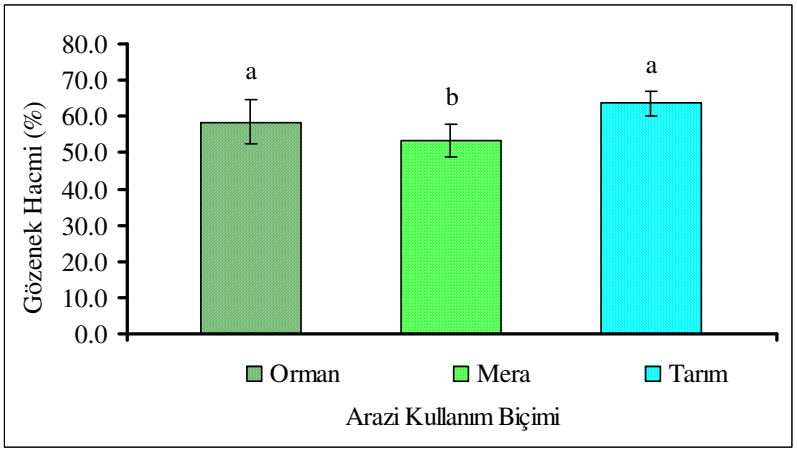
Tane yoğunluğu, genellikle katı toprak parçacıklarının belli bir hacminin ağırlığı olarak tanımlanır ve mineral toprak parçacıklarının kristal yapısına ve kimyasal bileşimine bağlı olarak değişir buna karşılık gözenek hacminden etkilenmez (Brady, 1990). Hacim ağırlığında olduğu gibi, tane yoğunluğu toprakların içerdiği organik madde miktarından etkilenmekte ve düşük organik madde içeren topraklarda yüksek çıkmaktadır. İncelenen topraklarda tane yoğunluğun tarım alanlarında yüksek buna karşılık orman ve mera topraklarında düşük çıkması organik madde içeriği ile ilgili olduğu söylenebilir. Çünkü organik maddenin tane yoğunluğu 1.3 g cm^{-3}'tür ve toprak içindeki miktarı arttıkça tane yoğunluğunu azaltmaktadır. Nitekim tane yoğunluğu üzerinde organik madde miktarının etkin rol oynadığı birçok araştırıcı tarafından da ifade edilmektedir (Foth, 1984; Brady, 1990; Plaster, 1992).

Karagül (1994) yapmış olduğu çalışmada tane yoğunluğu değerlerini orman ve otlak alanlarından farklı olarak tarım alanlarında daha yüksek bulmuştur. Yapılan bir çalışmada tane yoğunlukları orman alanında 2.56 g cm^{-3}, mera alanında 2.62 g cm^{-3}, tarım alanında ise 2.64 g cm^{-3} olarak bulunmuş ve aralarında fark olduğu ifade edilmiştir (Aydın, 2000). Korkanç (2003) da yaptığı çalışmada toprakların tane yoğunlukları tarım, açıklık ve orman alanlarında sırasıyla 2.68 g cm^{-3}, 2.69 g cm^{-3} ve 2.68 g cm^{-3} olarak bulmuş ancak arazi kullanma şekline göre araştırma alanı topraklarının tane yoğunlukları arasında istatistiksel açıdan fark olmadığını vurgulamaktadır. Benzer şekilde Yılmaz (2007) tarafından yapılan çalışmada toprakların tane yoğunlukları açıklık, tarım ve orman alanlarında sırasıyla 2.59 g cm^{-3}, 2.58 g cm^{-3} ve 2.60 g cm^{-3} olarak bulunurken arazi kullanma şekline göre araştırma alanı topraklarının tane yoğunlukları arasında istatistiksel açıdan fark olmadığı ifade edilmektedir.

3.2.3 Toprakların Gözenek Hacmine İlişkin Bulgular ve Tartışma

Araştırma alanı topraklarının gözenek hacmi ortalamaları; orman alanında % 59.22, mera alanında % 53.39 ve tarım alanında % 63.53 olarak bulunmuştur. Gözenek hacmi en düşük mera alanında, en yüksek tarım alanında bulunmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre orman, mera ve tarım topraklarının toplam gözenek hacimleri istatistiksel olarak ($P<0.05$) anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 3.4). Orman, mera ve tarım alanlarından farklı olanları belirlemek amacıyla S-N-K testi yapılmıştır. Gözenek hacminin orman ve tarım

alanına ait topraklarda farklı olmadığı, ancak mera alanına ait topraklarda diğer iki arazi kullanımına göre daha düşük olduğu bulunmuştur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Toprakların gözenek hacimlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Toprakların gözenek hacmi toprağın kum, toz, kil miktarlarına, toprağın organik madde içeriğine, toprak strüktürüne ve toprak tanelerinin çaplarına veya toprak parçacıklarının çaplarına göre değişim göstermektedir (Brady, 1990; Çepel, 1996; Kantarcı, 2000).

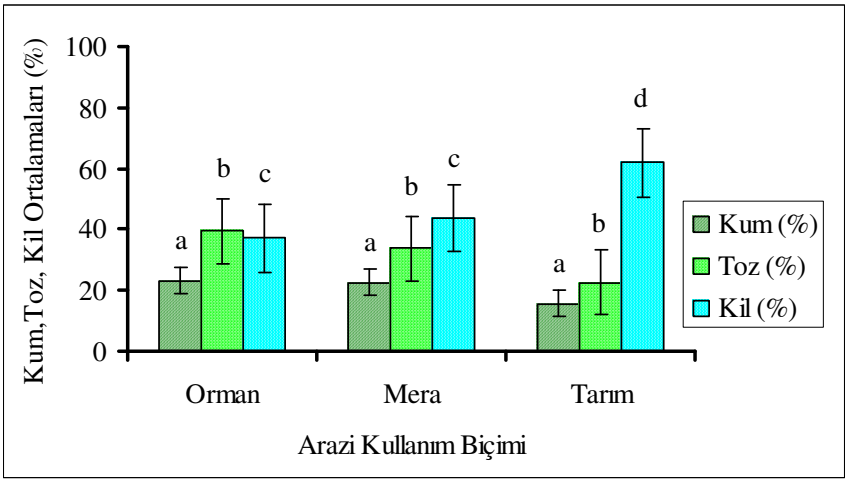
Orman alanı topraklarında gözenek hacminin yüksek çıkmasında, organik maddenin fazla olması, kök yayılışının zengin olması ve toprak strüktürünün kırıntılı bir yapı göstermesinin etkisi vardır. Mera alanı topraklarında ise hayvan otlatması nedeniyle topraklarda sıkışma sonucu iri boşluk oranının ve dolayısıyla toplam boşluk oranının azalmasıyla gözenek hacminin düşmüş olabileceği söylenebilir. Tarım alanı topraklarında organik madde miktarının az buna karşılık toprakların gözenek hacminin yüksek bulunmasının sebepleri ise tarım topraklarının fazla killi olması ve tarımsal faaliyetler sonucu toprağın işlenmesi olabilir. Çünkü kum miktarı düşük kil miktarı yüksek topraklarda gözenek hacminin arttığı birçok araştırıcı tarafından bildirilmektedir (Brady, 1990, Çepel, 1996, Özhan, 2004).

Yapılan bir çalışmada üst topraklarının gözenek hacmi ortalamaları; açık alan, tarım ve orman topraklarında sırasıyla % 49.9, % 53.6, % 52.3 olarak bulunmuş ve aralarında istatistiki olarak bir fark olmadığı vurgulanmaktadır (Yılmaz, 2007). Buna karşılık Korkanç (2003) tarafından yapılan çalışmada ise toplam gözenek hacmi en fazla orman

topraklarında sonra tarım topraklarında en azda açık alan topraklarında saptanmıştır. Bunun nedeni olarak ta orman topraklarının organik madde ve kök oranı bakımından zengin olmasını göstermiştir. Benzer bir şekilde Gökbulak (2003)'de yaptığı çalışmasında otlak alanlarında düzensiz ve aşırı otlatma faaliyetlerinden dolayı meydana gelen toprak sıkışması sonucunda toplam gözenek hacminin azaldığını belirtmiştir. Aynı şekilde birçok çalışmada arazi kullanım şekilleri değiştikçe toplam gözenek hacminin de farklılık gösterdiği saptanmıştır (Özyuvacı, 1976; Özhan, 1977; Hızal, 1984).

3.2.4 Toprakların Mekanik Bileşimine (Tekstürüne) İlişkin Bulgular ve Tatışma

Araştırma alanından alınan toprakların ortalama kum miktarı; orman alanında % 23.17, mera alanında % 22.64 tarım alanında % 15.70; ortalama toz miktarı orman alanında % 39.54, mera alanında % 33.67, tarım alanında % 22.45; ortalama kil miktarı orman alanında % 37.27, mera alanında % 43.68 ve tarım alanında ise % 61.84 olarak bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; orman, mera ve tarım alanları arasında kum ve toz miktarları bakımdan fark ($P>0.05$) yoktur. Buna karşılık farklı arazi kullanım biçimine ait kil içerikleri arasında fark ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 3.4). Orman, mera ve tarım topraklarının kil içerikleri karşılaştırıldıklarında; orman ve mera alanına ait toprakların farklı olmadığı, buna karşılık tarım toprakların bu iki arazi kullanım biçimine göre daha yüksek kil içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Toprakların % kum, % toz ve % kil miktarlarının farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Değerler arasında fark çıkmamasına rağmen en yüksek % kum değeri orman alanında bulunmuştur. Arazi kullanım biçimlerine göre toprakların % kum içeriklerinin birbirine yakın olması ve istatistiki manada fark çıkmamasının da orman, mera ve tarım alanlarının aynı yetişme ortamı özelliklerine (klimatik, edafik ve fizyografik) sahip olmalarından kaynaklanabileceği söylenebilir.

Usta (2002) yaptığı çalışmada toprakların ortalama kum içerikleri tarım alanında % 77.72, 2/B alanında % 74.61, orman alanında % 76.15 olarak bulunmuş ve yapılan istatistik incelemede tarım alanı, 2/B alanı ve orman alanları arasında önemli bir fark olmadığını belirtmiştir. Benzer şekilde Shepherd et al. (2000) de farklı arazi kullanım biçimlerinin % kum miktarlarını etkilemediğini bildirmektedir. Yılmaz (2007)'de yaptığı çalışmada % kum değerlerini açıklık, tarım ve orman alanında sırasıyla % 37.9, % 33.6, % 44.2 olarak bulmuş açık alan ile orman; tarım ile açık alan topraklarının birbirine yakın değerler gösterdiğini, tarım ile orman toprakları arasında bir farklılık olduğunu, en yüksek değeride orman topraklarının aldığını ifade etmektedir. Yapılan bir çalışmada arazi kullanım şekillerine göre topraklarım ortalama kum oranları açık alanda % 38.95, tarım alanında % 42.47 ve orman alanında % 44.80 olduğu belirlenmiş ve yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda kum oranının arazi kullanma şekillerine göre değişimin önemli olduğu görülmüştür (Korkanç, 2003).

Erol (2004) ve Bozali (2003) de çalışmalarında orman topraklarının kum miktarlarını diğer arazi kullanım şekli altındaki toprakların kum miktarlarından daha yüksek bulmuştur. Bu sonuçların aksine olarak Nkana ve Tonye (2003) farklı arazi kullanma şekillerinin toprakların kum miktarları üzerinde önemli etkisi olduğunu belirtmişler ve tarım alanlarındaki üst toprakların kum oranının genellikle orman ve nadasa bırakılmış alanlardaki toprakların kum oranından daha büyük olduğunu belirtmişlerdir.

Farklı arazi kullanım biçimlerindeki toprakların toz içerikleri arasında da istatistiki olarak önemli bir farklılık bulunmamakla birlikte ortalama toz miktarları orman alanında % 39.54, mera alanında % 33.67, tarım alanında % 22.45 şeklinde bir değişim göstermektedir. Arazi kullanım biçimlerine göre % toz değerleri arasından fark çıkmamasının orman, mera ve tarım alanlarının aynı yetişme ortamı özelliklerine (klimatik,

edafik ve fizyografik) sahip olmalarından kaynaklanabileceği zannedilmektedir (Çizelge 3.4, Şekil 3.4).

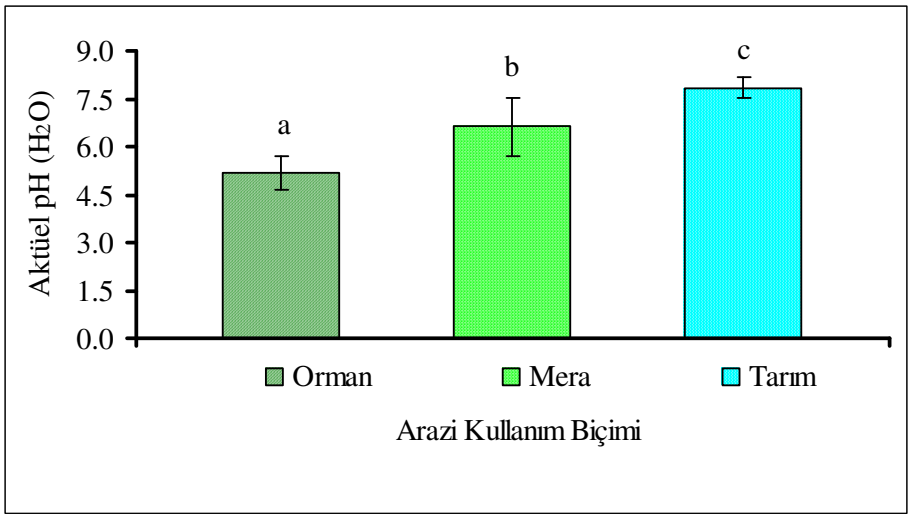
Yapılan bir çalışmada toz miktarı tarım alanında % 9.55, 2/B alanında % 10.55, orman alanında ise % 10.62 olarak bulunmuş ve yapılan istatistiki analiz sonuçlarına göre ise arazi kullanım şekillerine arasında toz miktarları açısından fark saptanamamıştır (Usta, 2002). Yine Bartın yöresinde arazi kullanım sorunları ve çözüm önerileri adlı çalışmada araştırma alanı topraklarındaki toz oranı arazi kullanımlarındaki değişimlerden etkilenmemiş olup tarım alanları için % 21.41, açık alanlar için % 24.20, orman alanı için de % 23.0 olarak belirlenmiştir (Korkanç, 2003). Benzer bir şekilde Yılmaz (2007) yaptığı çalışmada açıklık (% 17.5), tarım (% 18.3) ve orman (% 20.3) alanları arasında % toz miktarı açısından istatistiki olarak bir farkın çıkmadığını ifade etmektedir.

Araştırma alanı üst toprakları arazi kullanım biçimine göre kil miktarı bakımından farklılık göstermekte ve ortalama kil miktarı orman alanında % 37.27, mera alanında % 43.68 ve tarım alanında % 61.84 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre en yüksek kil miktarı tarım topraklarında gözlenmektedir (Çizelge 3.4, Şekil 3.4). Çünkü arazi kullanım şekillerinin kil miktarının değişimini önemli şekilde etkilediği bildirilmektedir (Nkana ve Tonye, 2003). Yılmaz (2007) yapmış olduğu çalışmada arazi kullanım şekillerine göre (orman, açıklık ve tarım) kil miktarı bakımından farklılık olduğunu ifade ederken en yüksek kil miktarının % 48.1 ile tarım topraklarında olduğunu saptamıştır. Türüdü (1981) Değirmendere havzasında yaptığı çalışmada tarım topraklarındaki kil oranını orman ve otlak alanlarından önemli derecede fazla olduğunu tespit etmiştir.

Karagül (1994)'de tarım üst topraklarının kil oranını (% 27.20) orman (% 22,05) ve otlak (% 23,65) topraklarının kil oranından fazla olduğunu saptamış ancak arazi kullanım şekilleri arasında kil oranı bakımından istatistiksel anlamda önemli farklılık olmadığını kaydetmiştir. Kil miktarının tarım topraklarında yüksek bulunduğu çalışmalar çoğaltılabilir (Bozali, 2003; Erol, 2004). Çalışma kapsamında tarım alanlarının üst topraklarında kil miktarının yüksek bulunması üzerinde; toprakların işlenmesine bağlı olarak fiziksel ve kimyasal ayrışmanın ileri boyutlara ulaşmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca tarım ile açık alanların eğimi orman alanlarına göre daha düşüktür. Bu durum kilin yıkanarak ortamdan uzaklaşmasını yavaşlatmaktadır. Çünkü eğimin yüksek olduğu yerlerde kilin diğer toprak fraksiyonlarına göre daha fazla yıkanarak ortamdan uzaklaşacağı ifade edilmektedir (Gabriels, 1999).

3.2.5 Toprakların Aktüel pH (H_2O) Değerlerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

Toprakların aktüel pH değerleri; orman alanında 5.20, mera alanında 6.62 ve tarım alanında ise 7.84 olarak bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonucuna göre arazi kullanımları (orman, mera ve tarım) bakımından istatistiksel olarak anlamlılık ($P<0.05$) ortaya çıkmıştır (Çizelge 3.4). Farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan S-N-K testi sonuçlarına göre ise, orman, mera ve tarım alanları pH değerleri açısından birbirinden farklı gruplarda yer almışlardır (Şekil 3.5). Toprakların en düşük pH değeri 5.20 ile orman alanında bulunurken, en yüksek pH değeri 7.84 ile tarım alanında bulunmuştur.



Şekil 3.5 Toprakların aktüel pH değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Orman alanında pH'nın düşük olmasının organik madde miktarının yüksek olmasından kaynaklanabileceği sanılmaktadır. Nitekim ölü örtünün ayrışıp organik maddeye dönüşmesi sırasında oluşan organik asitlerin toprak tepkimesini düşürdüğü Kantarcı (2000) tararından ifade edilmektedir. Orman topraklarında yıkanma ile bazik elementler alt katmanlara kadar inmektedir. Buna karşın tarım topraklarında ise işleme ile toprak alt üst edildiğinden bazik elementler üst katmanlara kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle tarım topraklarında pH'nın yüksek çıkması doğaldır. Ayrıca tarımsal faaliyetler (gübreleme v.b.) de neden olarak gösterilebilir.

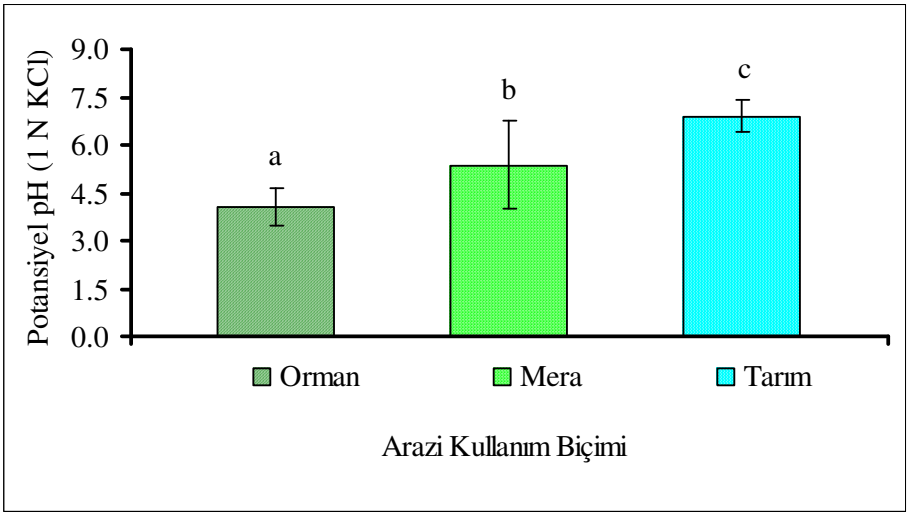
Balesdent et. al. (2000) toprak işlemenin doğal karbon kaynaklarını, mikroorganizma faaliyetlerini, toprak canlılarını ve toprağın mikroklimasını etkileyerek pH'nın

yükselmesine neden olabileceğini belirtmiştir. Türüdü (1981) Trabzon-Hamsiköy yöresinde yaptığı benzer çalışmada, ortalama aktüel pH değerini mısır tarlasında 7.10, çayır alanında 6.0, kayın ormanında 5.50 ve ladin ormanında ise 5.30 olarak bulmuştur. Bartın yöresinde yapılan çalışmada tarım topraklarında ortalama aktüel pH 6.56, açık alan topraklarındaki ortalama pH 6.19, orman topraklarında ise ortalama aktüel pH 5.66 olduğu bulunmuştur. Çalışmada, toprakların pH değeri arazi kullanma şekillerine göre istatistiksel anlamda önemli bir değişim gösterdiği ifade edilmektedir (Korkanç, 2003).

Yılmaz (2007)'de yaptığı çalışmada üst topraklarının ortalama aktüel pH değerleri; açık alan, tarım ve orman alanlarında sırasıyla 6.72, 6.75 ve 5.23 olarak bulmuştur. Aynı çalışmada üst topraklarının pH değerlerinin arazi kullanma şekillerine göre istatistiksel anlamda önemli bir değişim gösterdiği ifade edilirken, orman topraklarının diğer iki arazi kullanım şekli altındaki topraklardan istatistiki olarak farklı olduğu da ifade edilmektedir. Nkana ve Tonye (2003) farklı arazi kullanma şekillerinin toprakların aktüel pH değerleri üzerinde önemli etkisinin olduğunu belirtmektedirler.

3.2.6 Toprakların Potansiyel pH (1 N KCl) Değerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

Araştırma alanından alınan toprakların potansiyel pH değerleri; orman alanında, mera alanında ve tarım alanında sırasıyla 4.07, 5.38 ve 6.91 olarak bulunmuştur. Toprakların en düşük potansiyel pH değeri 4.07 ile orman alanında bulunurken en yüksek potansiyel pH değeri 6.91 ile tarım alanında bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; % 5 önem düzeyinde orman, mera ve tarım alanları arasında potansiyel pH bakımdan farklılık ($P<0.05$) ortaya çıkmıştır (Çizelge 3.4). Farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan S-N-K testi sonuçlarına göre ise orman, mera ve tarım alanları potansiyel pH değerleri açısından birbirinden farklı gruplarda yer almışlardır (Şekil 3.6).



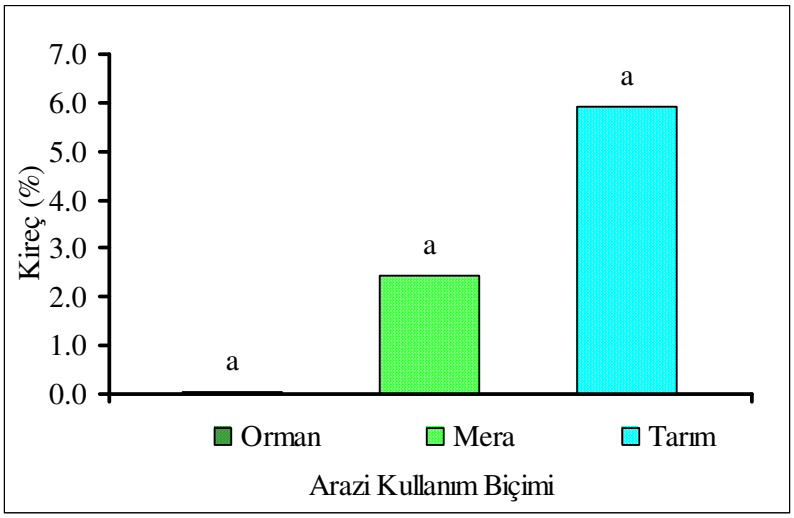
Şekil 3.6 Toprakların potansiyel pH değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Orman, mera ve tarım alanları topraklarında potasyum klorür (1 N KCl) ile belirlenen potansiyel pH değerlerinin aktüel pH'dan düşük olması değiştirilebilir hidrojen iyonlarının fazla miktarda ortamda var olduğunun bir göstergesidir. Nitekim Santos et. al. (2006)'da yaptığı çalışmasında potansiyel pH değerlerini aktüel pH değerlerinden düşük bulmuş ve bunun sebebinin de negatif değerlikli yüklerin fazla olmasından kaynaklanabileceğini ifade etmiştir. Çünkü yüksek pH topraktaki H^+ ve Al^{3+} konsantrasyonunun hızlı bir şekilde azalmasını teşvik eder.

İncelenen topraklarda saf su ile ölçülen pH değerleri (aktüel pH değerleri) 1 N KCl ile ölçülen pH değerlerinden (potansiyel pH) yaklaşık olarak bir pH derecesi kadar yüksektir. Nitekim Kantarcı (2000)'de toprakların aktüel asit ile potansiyel asitlik arasındaki farkının yaklaşık olarak 1 pH derecesi olduğunu bildirmektedir. Shepherd et al. (2000) de farklı arazi kullanım biçimlerinde aktüel pH ile potansiyel pH arasındaki farkın yaklaşık olarak 1 pH derecesi olduğunu belirtirken, her iki pH çeşidinin arazi kullanım şekillerinden etkilendiğini saptamıştır. Oehl et. al. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada sırasıyla aktüel ve potansiyel pH değerleri çim alanında 7.7 ve 7.4, tarım alanında (ürün değişikliği yapılan) 6.4 ve 5.2 ve tek ürün yetiştirilen tarım alanında 6.8 ve 5.8 ölçülmüştür.

3.2.7 Toprakların Kireç İçeriklerine (% $CaCO_3$) İlişkin Bulgular ve Tartışma

Toprakların ortalama kireç içerikleri; orman alanında % 0.03, mera alanında % 2.44 ve tarım alanında % 5.93 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre kireç içeriği bakımından orman alanı kireçsiz, mera alanı az kireçli ve tarım alanı da orta kireçli sınıfta yer almaktadır. % 5 önem düzeyine göre yapılan varyans analizi sonucuna göre; orman, mera ve tarım topraklarının kireç içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı (P>0.05) bir fark ortaya çıkmamıştır (Çizelge 3.4, Şekil 3.7).

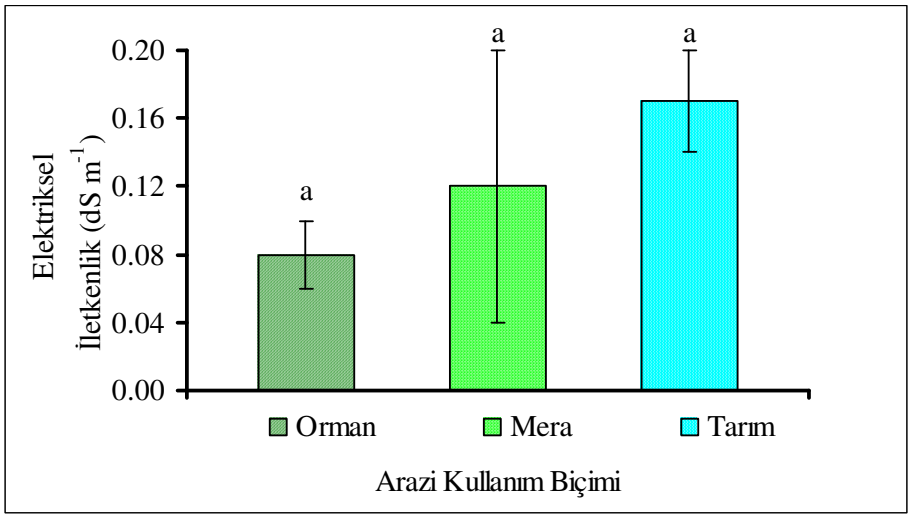


Şekil 3.7 Toprakların kireç içeriklerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Aynı harfler P>0.05 önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olmadığını göstermektedir.

Değerler arasında fark çıkmamasına rağmen en yüksek kireç içeriği tarım alanında bulunmuştur. Bunun sebebinin de tarımsal faaliyetler için kullanılan diamonyum fosfat (DAP) ve kalsiyum amonyum nitrat (CAN) gübreleri ile alanın yılda bir kere gübrelenmesinden kaynaklanabileceği sanılmaktadır. Çünkü nemli iklime sahip yerlerde yağışların bol olmasından dolayı toprakların yıkanması yolu ile kireç içeriklerinin azaldığı ve uygun kireç içeren gübreler ile aşırıya kaçmadan gübrelenmesi gerektiği ifade edilmektedir (Brady, 1990). Zira kireç sadece kalsiyum ve magnezyum gibi değiştirilebilir katyonların artmasına sebep olmaz, aynı zamanda bitkilerin iyi bir gelişim yapabilmeleri için fiziksel ve kimyasal bir çevrenin oluşmasına da katkı sağlar.

3.2.8 Toprakların Elektriksel İletkenliklerine (EC) İlişkin Bulgular ve Tartışma

Araştırma alanından alınan toprakların ortalama elektriksel iletkenlikleri; orman alanında 0.08 dS m^{-1}, mera alanında 0.12 dS m^{-1} ve tarım alanında 0.17 dS m^{-1}olarak bulunmuştur. Bu değerler orman, mera ve tarım topraklarında birbirine benzerlik göstermektedir. Nitekim % 5 önem düzeyine göre yapılan varyans analizi sonucuna göre; arazi kullanım biçiminin (orman, mera ve tarım) toprakların elektriksel iletkenliği üzerindeki etkisinin istatistiki anlamda önemli (P>0.05) olmadığı görülmüştür (Çizelge 3.4, Şekil 3.8).

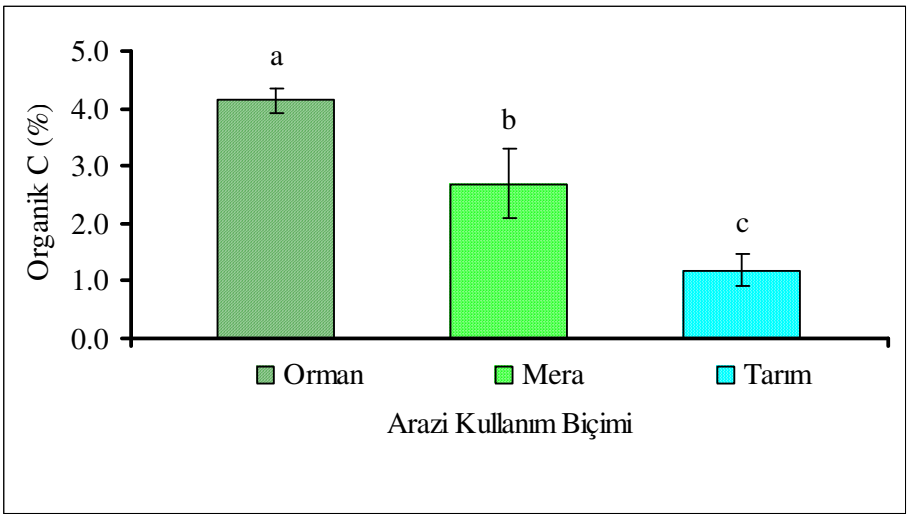


Şekil 3.8 Toprakların elektriksel iletkenliklerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Aynı harfler P>0.05 önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olmadığını göstermektedir.

Genel olarak topraklar 4 dS m^{-1}sınır değerinden daha yüksek bir elektriksel iletkenliğine sahipse tuzlu toprak olarak sınıflandırılırlar (Sumner, 1995). Çalışma sonucunda bulunan değerler sınır değer olan 4 dS m^{-1} ile karşılaştırıldıklarında çalışma alanına ait topraklar tuzlu toprak olarak kabul edilmemektedirler. Genel bir değerlendirme yapıldığında araştırma alanı topraklarının tuzluluk sorunu olmadığı görülmektedir. Bartın yöresinde arazi kullanım sorunları ve çözüm önerileri adlı çalışmada elektriksel iletkenlik orman alanındaki topraklarda 0.05 dS m^{-1}, açık alandaki topraklarda 0.06 dS m^{-1}ve tarım alanındaki topraklarda 0.07 dS m^{-1}olarak bulunmuş ve arazi kullanım şekillerine göre istatistiksel olarak aralarında önemli bir fark saptanamamıştır (Korkanç, 2003).

3.2.9 Toprakların Organik Karbon (C_{org}) Değerlerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

Toprakların organik C değerleri; orman alanında % 4.14, mera alanında % 2.69 ve tarım alanında ise % 1.19 olarak bulunmuştur. Örnek alanlardan alınan toprakların organik C içerikleri en yüksek orman alanında, en düşük tarım alanında ölçülmüştür. % 5 önem düzeyine göre yapılan varyans analizi sonucuna göre; orman, mera ve tarım alanları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($P<0.05$) ortaya çıkmıştır (Çizelge 3.4). Farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan S-N-K testi sonuçlarına göre ise orman, mera ve tarım alanları organik C değerleri açısından birbirinden farklı gruplarda yer almışlardır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Toprakların organik C değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Orman alanında organik C miktarının yüksek bulunması sürekli vejetasyon örtüsü ile kaplı olmasından ve bu vejetasyonun doğal bir ürünü olan ölü örtü tabakasından kaynaklanmaktadır. Organik C miktarı açısından mera alanının ikinci sırayı almasının nedeni de yine bu alan üzerinde her zaman bulunmayan ancak tarım alanına göre fazla miktarda ve daha uzun süre bulunan tek yıllık otsu bitkilerden kaynaklanmaktadır.

Tarım alanına ait toprakların diğer alanlara göre düşük miktarda organik C içermesinin sebepleri; alan üzerinde devamlı bir şekilde bitki örtüsünün bulanmaması, tarımsal faaliyetler sonucunda toprağın karıştırılmasının bir sonucu olarak organik maddenin hızla ayrışması ve yağışlarla birlikte yıkanması şeklinde sıralanabilir. Zira Roose and Barthes

(2001)'de toprak organik C'unun erozyonla, yüzeysel akış ve yıkanma yolu ile kaybının söz konusu olabileceğini ifade etmektedir. Yılmaz (2007) yaptığı araştırmada üst toprakların organik madde ortalamalarının; açık alan, tarım ve orman topraklarında sırasıyla % 2.91 (% 1.68 organik C), % 4.54 (organik C % 2.63), % 5.67 (organik C 3.28) olduğunu saptamış ve organik C miktarlarının arazi kullanım şekillerine göre istatistiksel anlamda farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Ancak aynı çalışmada tarım alanının organik C içeriği açık alandan fazla bulunurken orman alanından az bulunmuş fakat orman alanı ile tarım alanı arasında farklılığın olmadığı ifade edilmiştir. Bu durumda şu şekilde açıklanmaktadır; orman alanından alınan bazı örnek alanlarda sıkışık kapalılık nedeniyle toprak yüzeyine yeterli miktarda sıcaklık ve nem ulaşamamakta dolayısıyla ölü örtü tam ayrışarak mineral toprağa karışamamaktadır. Bu örnek alanlarda ayrışıp mineral toprağa karışamayan organik C genel ortalamayı düşürebilmektedir.

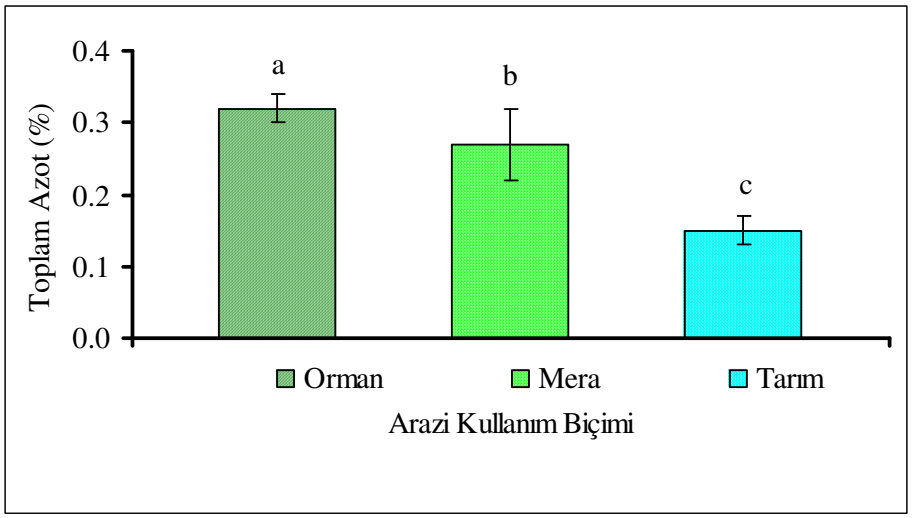
Başka bir çalışmada organik madde değerleri orman alanında % 2.37 (organik C % 1.37), açıklık alanında %1.92 (organik C % 1.11) ve tarım alanında % 1.97 (organik C %1.14) olarak bulunmuştur. Çalışmada organik C değerleri arazi kullanım şekillerine göre istatistiksel anlamda önemli bir farklılık göstermiştir. Tarım toprakları ile açık alan toprakları arasında organik C değerleri açısından fark çıkmamıştır ve bu durum tarım topraklarına hayvan gübresi ilavesinin yapılması ile açıklanmıştır (Korkanç, 2003). Martens et. al.(2003) yaptıkları çalışmada organik C değerlerini orman alanında % 4.48, mera alanında % 3.20 ve tarım alanında % 2.40 olarak tespit etmişler ve arazi kullanım biçimlerine göre de aralarında istatistiki olarak farklılık olduğunu ifade etmektedirler. Benzer bir çalışmada toprakların ortalama organik madde miktarı tarım alanında % 2.28 (organik C % 1.32), 2/B alanında % 2.73 (organik C % 1.58), orman alanında % 3.47 (organik C % 2.01) olarak bulunmuş ancak yapılan istatistik incelemede ise; tarım alanı, 2/B alanı ve orman alanları arasında organik madde açısından bir fark bulunamamıştır (Usta, 2002).

Kara (2002) yaptığı çalışmada üst toprakta ortalama organik C değerlerinin Şarapnel yöresi kayın ormanında % 5.23–7.81, meşe ormanında % 4.42–7.70 ve karaçam ormanında % 4.02–6.19 arasında değişim gösterdiğini belirtirken, Kadınkule yöresi kayın ormanında % 8.03- 12.07, meşe ormanında % 6.84–9.44 ve karaçam ormanında % 7.24–9.59 arasında değişim gösterdiğini belirtmektedir. Türüdü (1981) Trabzon-Hamsiköy yöresinde yaptığı benzer çalışmada ortalama organik madde miktarını mısır tarlasında % 3.28 (organik C %

1.90), çayır alanlarında % 4.34 (organik C % 2.51), kayın ormanında % 5.03 (organik C % 2.92) ve ladin ormanında ise % 7.44 (organik C % 4.31) olarak bulmuştur. Yapılan bu çalışmaları çoğaltabiliriz; Walker and Desanker (2004), Nkana ve Tonye (2003), Neufeldt et al. (2002). Zhong ve Qiguo (2001), yaptıkları çalışmalarda arazi kullanım şekillerindeki değişimlerin toprak organik C'unu etkilediğini ortaya koymuşlardır.

3.2.10 Toprakların Toplam Azot (N_{total}) Değerlerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

Araştırma alanından alınan toprakların toplam N (Kejldahl N) değerleri; orman, mera ve tarım alanında sırasıyla % 0.31, % 0.26 ve % 0.15 olarak bulunmuştur. Toprakların toplam N içeriği en düşük tarım alanında (% 0.15) buna karşılık en yüksek (% 0.31) orman alanında bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; % 5 önem düzeyinde, orman, mera ve tarım alanları arasında toplam N değerleri bakımdan anlamlı ($P<0.05$) farklılık ortaya çıkmıştır (Çizelge 3.4). Farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan S-N-K testi sonuçlarına göre ise orman, mera ve tarım alanları toplam N değerleri açısından birbirinden farklı gruplarda yer almışlardır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Toprakların total N değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

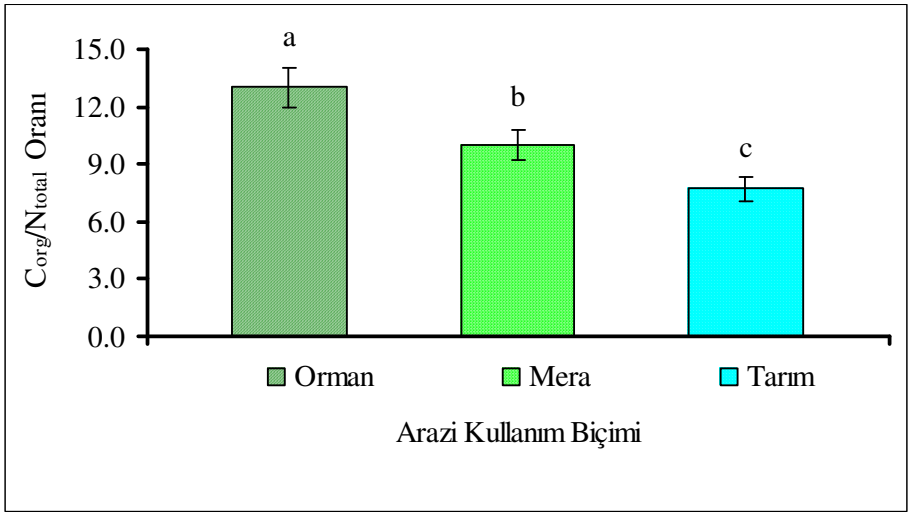
Yapılan bir çalışmada; mollisol tipi topraklar üzerindeki orman ve mera alanlarında toplam N sırasıyla % 0.6 ve % 0.4 bulunurken, oksisol tipi topraklar üzerindeki orman ve mera alanlarında sırasıyla % 0.6 ve % 0.5 bulunmuştur. Çalışmada toplam N'in her iki toprak tipi üzerindeki orman alanlarında mera alanlarından daha yüksek olduğu belirtilirken,

istatistiki olarak ta aralarında fark olduğu ifade edilmektedir (Cleveland et al., 2003). Kara (2002) yaptığı çalışmada üst toprakta ortalama toplam N değerlerinin Şarapnel yöresi kayın ormanında % 0.134–0.360, meşe ormanında % 0.129–0.311 ve karaçam ormanında % 0.118–0.375 arasında değişim gösterdiğini belirtirken, Kadınkule yöresi kayın ormanında % 0.198–0.477 meşe ormanında % 0.149–0.267 ve karaçam ormanında % 0.302–0.438 arasında değişim gösterdiğini belirtmektedir. Gezer vd. (2002) yaptıkları çalışmada sarıçam orjin denemelerinin yapıldığı toprakların toplam N içeriğinin % 0.12–0.31 arasında değişim gösterdiğini ifade etmektedirler.

Adak vd. (1998) iki farklı yöreye ait tarım topraklarında (üst toprak) toplam N içeriklerini Haymana yöresinde % 0.107 ve Gözlü yöresinde % 0.116 olarak bulmuşlardır. Diğer bir çalışmada; farklı tarımsal ürünlerin uygulandığı alanlardaki toprakların toplam N içeriklerinin % 0.05 ile 0.31 arasında değişim gösterdiği ifade edilmektedir (Murrieta et al., 2007). Bir başka çalışmada orman alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi sonucunda toprakların toplam N içeriklerinin önemli ve negatif bir şekilde değişime (azaldığı) uğradığı ifade edilmektedir (Okore et al., 2007). Benzer şekilde Raiesi (2007), Ashagrie et. al. (2007), Walker ve Desanker (2004) yaptıkları çalışmalarda farklı arazi kullanım şekillerinin toprağın toplam N içeriğini etkilediğini belirtmektedirler.

3.2.11 Toprakların C_{org}/N_{total} Oranına İlişkin Bulgular

Ortalama C_{org}/N_{total} oranları arazi kullanım biçimlerine göre orman alanında 13.00, mera alanında 9.96 ve tarım alanında 7.70 olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonucuna göre; orman, mera ve tarım toprakları için hesaplanan C_{org}/N_{total} oranları % 5 önem düzeyinde istatistiksel olarak farklı ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 3.4). Orman, mera ve tarım alanlarından farklı olanları belirlemek amacıyla S-N-K testi uygulanmış ve bu testin sonucuna göre ise orman, mera ve tarım alanlarının C_{org}/N_{total} oranı bakımından birbirinden farklı gruplarda yer aldığı ortaya çıkmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 C_{org}/N_{total} ayrışma oranı değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

C_{org}/N_{total} oranı ölü örtünün ayrışma hızını izlemek ve ölü örtüde meydana gelen ağırlık kaybını tahmin etmek için kullanılan bir indekstir (Taylor et al., 1989). Genel olarak, C_{org}/N_{total} oranı 15'ten küçükse ayrışma hızlı, 15–25 arasında ise ayrışmanın yavaşladığı ve 25'ten büyükse ayrışmanın zaman zaman engellendiği ifade edilmektedir (Kantarcı, 2000). Toprakların C_{org}/N_{total} oranları incelendiğinde organik maddenin hızla ayrıştığı görülmektedir. Çalışma alanında organik maddeler toprakta mikroorganizmalar tarafından hızla ayrışmakta, meydana gelen CO_2'den dolayı karbon azalmakta ve böylece C_{org}/N_{total} oranı düşmektedir. Toprak işleme faaliyetleri sonucunda toprağın havalanması ve toprak agregatlarının parçalanması organik maddenin ayrışmasını hızlandırdığı için tarım topraklarında mera ve orman topraklarına göre daha düşük C_{org}/N_{total} oranı elde edilmiş olabilir. Ayrıca, tarım alanında düşük C_{org}/N_{total} oranının bulunması mera ve orman alanına göre sürekli bir bitki örtüsünün bulunmaması ve dolayısıyla da toprağa devamlı bir şekilde organik madde girişinin olmamasından kaynaklanabilir.

Ashagrie et. al. (2007) yaptıkları çalışmada C_{org}/N_{total} oranı orman alanında 12.0 ve tarım alanında 9.0 olarak bulmuşlar ve aralarında da istatistiki olarak fark olduğunu tespit etmişlerdir. Martens et al. (2003) C_{org}/N_{total} oranını orman, mera ve tarım alanında sırasıyla 12.2, 12.1 ve 10.5 olarak bulmuşlardır. Çalışmada orman ve mera alanı arasında fark olmadığı ancak bu iki arazi kullanım şeklinin tarım alanından farklı olduğu ifade edilmektedir. Okore et al. (2007) yaptıkları çalışmada orman alanı için C_{org}/N_{total} oranının

18.39 olduğunu ifade etmektedirler. Bir başka çalışmada, C_{org}/N_{total} oranının iğne yapraklı ormanlarda 22.5, yapraklı ormanlarda 17.5 ve mera alanında 10.6 olduğu tespit edilmiştir (Khomutova, et al., 2000). Giddens, et al. (1997)'de yaptıkları çalışmada, C_{org}/N_{total} oranını *Pinus radiata* ormanlarında (17.6) mera alanından (12.9) daha yüksek bulmuşlar ve aralarında istatistiki olarak fark olduğunu belirtmektedirler.

3.3 FARKLI ARAZİ KULLANIM ALANLARINDAKİ (ORMAN, MERA VE TARIM) TOPRAKLARIN MİKROBİYAL BİYOKÜTLE KARBON ($C_{MİC}$) VE MİKROBİYAL BİYOKÜTLE AZOT ($N_{MİC}$) İÇERİKLERİNE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA

3.3.1 Orman, Mera ve Tarım Alanındaki Toprakların Mikrobiyal Biyokütle C (C_{mic}) İçerikleri

İncelenen toprakların mikrobiyal biyokütle C değerleri; orman alanında 588 μg g^{-1} ile 1309.54 μg g^{-1} arasında (ortalama 1028.29 μg g^{-1} ± 192.50 μg g^{-1}), mera alanında 428.95 μg g^{-1} ile 1418.24 μg g^{-1} arasında (ortalama 898.47 μg g^{-1} ± 228.64 μg g^{-1}), tarım alanında 297.18 μg g^{-1} ile 682.04 μg g^{-1} arasında (ortalama 485.10 μg g^{-1} ± 105.54 μg g^{-1}) değişmektedir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5 Farklı arazi kullanım alanlarındaki (orman, mera, tarım) mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) değerleri.

Örnek Alan No	ARAZİ KULLANIM BİÇİMİ		
	ORMAN	MERA	TARIM
	Mikrobiyal Biyokütle C (μg g^{-1})	Mikrobiyal Biyokütle C (μg g^{-1})	Mikrobiyal Biyokütle C (μg g^{-1})
1	997.53	904.50	551.53
	997.53	633.15	509.11
2	1279.07	898.44	464.42
	1233.39	808.59	548.86
3	659.56	699.67	466.65
	848.01	612.21	339.38
4	1199.49	706.18	337.03
	1199.49	617.91	379.16
5	1097.68	900.85	465.54
	1051.94	1081.02	380.89
6	915.58	888.27	381.83
	1052.92	1065.92	424.26
7	1309.54	759.85	510.87
	1128.91	759.85	510.87
8	1089.70	986.70	550.90
	953.49	986.70	678.03
9	1123.64	428.95	463.67
	1217.28	471.84	421.52
10	1145.61	1043.25	554.46
	962.32	997.89	554.46
11	853.08	847.88	595.42
	853.08	892.51	510.36
12	633.33	1158.00	425.53
	588.09	1158.00	595.42
13	917.66	988.35	678.55
	825.90	988.35	508.91
14	1236.26	939.39	468.90
	1188.71	939.39	682.04
15	1145.04	1372.49	297.18
	1145.04	1418.24	297.18
Minimum Değer	588.09	428.95	297.18
Maksimum Değer	1309.54	1418.24	682.04
Ortalama Değer	1028.29	898.47	485.10
Standart Sapma	192.50	228.64	105.54

3.3.2 Orman, Mera ve Tarım Topraklarının Mikrobiyal Biyokütle C (C_{mic}) Değerlerine İlişkin Basit Varyans Analizi Sonuçlarına Ait Bulgular ve Tartışma

İncelenen topraklardaki ortalama mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) değerleri; orman, mera ve tarım alanında sırasıyla 1028.29 μg g^{-1}, 898.47 μg g^{-1} ve 485.10 μg g^{-1} olarak bulunmuştur. Mikrobiyal biyokütle C değeri en düşük (485.10 μg g^{-1}) tarım alanında buna karşılık en

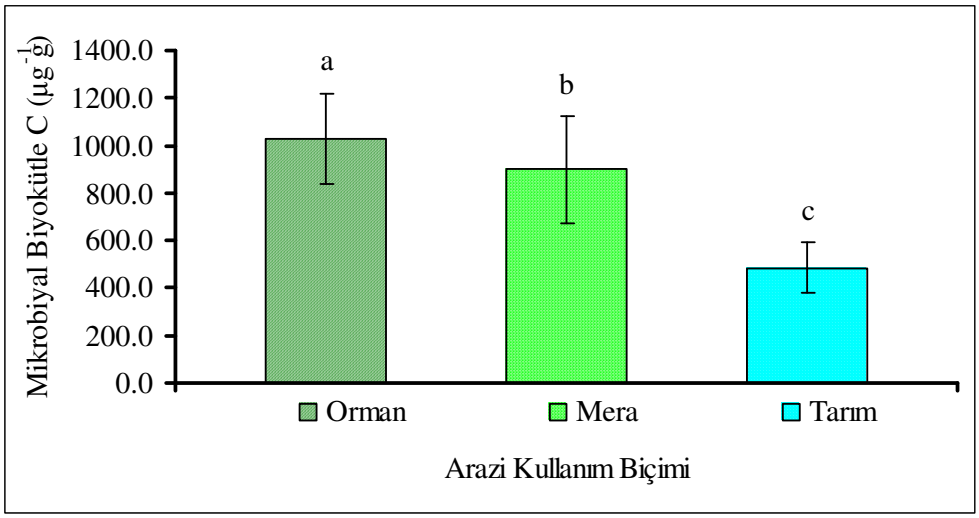
yüksek (1028.29 µg g^{-1}) orman alanında bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonucuna göre; % 5 önem düzeyinde orman, mera ve tarım alanları arasında mikrobiyal biyokütle C değeri bakımdan farklılık (P<0.05) ortaya çıkmıştır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6 Orman, mera ve tarım alanlarındaki toprakların mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) içeriklerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

Mikrobiyal Özellik	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Mikrobiyal Biyokütle C (C_{mic})	Gruplar Arası	4827793.60	2	2413896.801	72.071	0.000*
	Gruplar İçi	2913921.72	87	33493.353		
	Toplam	7741715.32	89			

*: 0.05 Önem Düzeyi ile Anlamlı

Farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan S-N-K testi sonuçlarına göre ise, orman, mera ve tarım alanları mikrobiyal biyokütle C değerleri açısından birbirinden farklı gruplarda yer almışlardır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Mikrobiyal biyokütle C değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler P<0.05 önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Toprak mikrobiyal biyokütlesi canlı olduğu için özellikle bitki ve hayvan artıklarındaki artış ve azalışlar başta olmak üzere, toprakta meydana gelen değişikliklere toprak organik maddesinden çok daha hızlı bir şekilde tepki gösterir. Dolayısıyla, örneğin toprak yönetiminden kaynaklanan değişikliklerin yol açtığı, mikrobiyal biyokütledeki ölçülebilir değişiklikler toprak verimliliğinde meydana gelen değişiklikleri yansıtabilir. Diğer bir

ifade ile mikrobiyal biyokütledeki değişiklikler ekosistem içerisinde meydana gelen bozulmaların sonuçlarını önceden tahmin etmek için kullanılabilir.

Bu araştırmada ölçülen ve yukarıda ifade edilen mikrobiyal biyokütle C değerleri daha önce ılıman ve tropikal orman topraklarında (Vance et al., 1987) 61–2000 μg g^{-1} ve (Hernot ve Robertson 1994) 102-2073 μg g^{-1} yapılan çalışmalarda verilen değerler arasında kalmaktadır. Orman topraklarının yoğun bir kök yayılışına sahip olması, toprakların üzerinde sürekli bitki örtüsünün olması ve buna bağlı olarak ta organik C miktarının yüksek olması bu alanda mikrobiyal populasyonun artmasına ve böylece mikrobiyal C içeriklerinin yüksek olmasına neden olmuştur. Bir başka neden de toprak tekstürüdür. Toprak tekstürü toprak organik C içeriğini ve toprağın mikroklimatik şartlarını etkilemek suretiyle mikrobiyal biyokütlenin belirlenmesinde aktif bir rol oynamakla kalmaz aynı zamanda mikrobiyal topluluğun yapısını da etkiler (McCulley ve Burke**,** 2004). Bu nedenlerden dolayı orman topraklarında mikroorganizmaların hem miktar hem de faaliyet bakımından mera ve tarım alanlarına göre daha yüksek olması mikrobiyal biyokütle C içeriğinin de anlamlı olarak artışına yol açmıştır. Yapılan bu çalışmaya paralel olarak çeşitli araştırmalarda mikrobiyal biyokütlesinin toprakların mikrobiyolojik durumunu sağlıklı olarak gösterdiğini (Nannipieri et al., 1990) ve arazi kullanım biçiminin etkisini hassas bir şekilde yansıttığını (Perrot et al., 1992) ifade etmektedirler. Diğer bir çalışmada düşük organik C içeriğine sahip topraklarda daha düşük biyokütle bulunduğu vurgulanmaktadır (Diaz-Ravina et al., 1988).

Yapılan bir çalışmada, mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) değerleri tahrip edilmemiş doğal meşe (*Quercus dealbata*) ormanında 1684.2 μg g^{-1} doğal çim alanında 806.1 μg g^{-1} olarak ölçülmüştür. Çalışmada mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) değerleri arasında istatistiki olarak fark olduğu ifade edilmektedir (Arunachalam et al., 1999). Diğer bir çalışmada; mollisol tipi topraklar üzerindeki orman ve mera alanlarında mikrobiyal biyokütle C sırasıyla 991.5 μg g^{-1} ± 95.0 ve 773.5μg g^{-1} ± 150.2 bulunurken aralarında fark ($P>0.05$) çıkmamış, oksisol tipi topraklar üzerindeki orman ve mera alanlarında mikrobiyal biyokütle C sırasıyla 952.3 μg g^{-1} ± 46.7 ve 529.7 μg g^{-1} ± 129 bulunurken aralarında fark ($P<0.05$) çıkmıştır (Cleveland et al., 2003). Upadhyaya et al. (2004) yaptıkları çalışmada toprakların mikrobiyal biyokütle C içerikleri bambu plantasyonlarında 1550.40 μg g^{-1}, çam ormanlarında 967.14 μg g^{-1} düzeyinde olduğu ifade edilmiştir. Tracy ve Frank (1998) yaptıkları çalışmada mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) içeriğinin mera alanında 166–1539 μg

g^{-1} arasında (ortalama 652 μg g^{-1}) olduğu belirtilmektedir. Aynı çalışmada mikrobiyal biyokütle C'un organik C ($r = 0.86$, $P<0.001$) ile pozitif ve anlamlı bir ilişki gösterdiği ifade edilmektedir.

Hu et al. (1997) orman ve tarım topraklarına ait mikrobiyal biyokütle C değerlerinin 248 ile 1326 μg g^{-1} arasında değiştiğini belirtirken, orman alanlarında mikrobiyal biyokütle C'un daha yüksek olduğunu ifade etmekte ve tarımsal faaliyetlerin mikrobiyal biyokütle C'u önemli ölçüde düşürdüğünü vurgulamaktadır. Sharma et al. (2004) farklı arazi kullanım biçimlerinde (orman alanı, tarımsal ormancılık alanı, tarım ve boş arazi) mikrobiyal biyokütle C'un 219–864 μg g^{-1} arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada arazi kullanım biçimlerine göre istatistiksel olarak faklılık ($P<0.05$) ortaya çıkmış ve en yüksek mikrobiyal biyokütle C değeri orman alanında (864 μg g^{-1}) en düşük mikrobiyal biyokütle C değeri boş arazide (219 μg g^{-1}) bulunmuştur. Başka bir çalışmada farklı meşcere yaşı, toprak tipi ve ağaç türleri altındaki toprakların mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) içeriğinin 279-910 μg g^{-1} arasında değiştiği tespit edilmiştir (Bauhus et al., 1998). Yapılan çalışmalardaki mikrobiyal biyokütle C içeriğinde görülen bu değişkenlik çalışmaların yapıldığı alanlardaki iklim tiplerinin, arazi kullanım biçimlerinin, toprak tiplerinin ve özelliklerinin, vejetasyonun ve ölü örtü cinsinin farklı olmasından ileri gelmektedir.

3.3.3 Orman, Mera ve Tarım Alanlarındaki Toprakların Mikrobiyal Biyokütle N (N_{mic}) İçerikleri

Farklı arazi kullanım alanlarındaki ortalama mikrobiyal biyokütle N değerleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7 Farklı arazi kullanım alanlarındaki (orman, mera, tarım) mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) değerleri.

Örnek Alan No	ARAZİ KULLANIM BİÇİMİ		
	ORMAN	MERA	TARIM
	Mikrobiyal Biyokütle N (μg g^{-1})	Mikrobiyal Biyokütle N (μg g^{-1})	Mikrobiyal Biyokütle N (μg g^{-1})
1	120.28	94.26	64.31
	167.54	85.69	54.26
2	160.13	85.12	44.00
	144.98	68.10	18.00
3	229.87	53.86	48.23
	223.17	39.36	40.19
4	61.19	46.00	33.93
	126.75	52.27	47.90
5	91.00	96.02	54.13
	134.33	72.55	28.07
6	175.66	130.44	32.16
	206.02	126.23	32.16
7	158.29	95.28	46.38
	141.18	95.28	30.25
8	129.05	180.59	62.23
	105.39	140.22	24.09
9	99.80	46.74	35.94
	82.06	54.86	41.93
10	151.95	51.57	32.33
	191.03	79.50	40.41
11	91.46	82.44	26.19
	65.93	101.47	42.31
12	130.72	147.01	32.25
	122.15	140.43	40.32
13	78.25	140.46	32.14
	93.46	144.71	44.20
14	96.85	110.19	50.48
	63.32	69.93	84.81
15	132.35	236.22	60.33
	123.67	160.37	54.30
Minimum Değer	61.19	39.36	18.00
Maksimum Değer	229.87	236.22	84.81
Ortalama Değer	129.99	100.90	42.60
Standart Sapma	45.25	46.10	14.08

Çizelge 3.7 incelendiğinde, farklı arazi kullanım alanlarındaki ortalama mikrobiyal biyokütle N değerleri; orman alanında 61.19 μg g^{-1} ile 229.87 μg g^{-1} (ortalama 129.99 μg g^{-1} ± 45.25 μg g^{-1}), mera alanında 39.36 μg g^{-1} ile 236.22 μg g^{-1} (ortalama 100.90 μg g^{-1} ± 46.10 μg g^{-1}), tarım alanında 18.00 μg g^{-1} ile 84.81 μg g^{-1} (ortalama 42.60 μg g^{-1} ± 14.08 μg g^{-1}) olduğu görülmektedir.

3.3.4 Orman, Mera ve Tarım Topraklarının Mikrobiyal Biyokütle N (N_{mic}) Değerlerine İlişkin Basit Varyans Analizi Sonuçlarına Ait Bulgular ve Tartışma

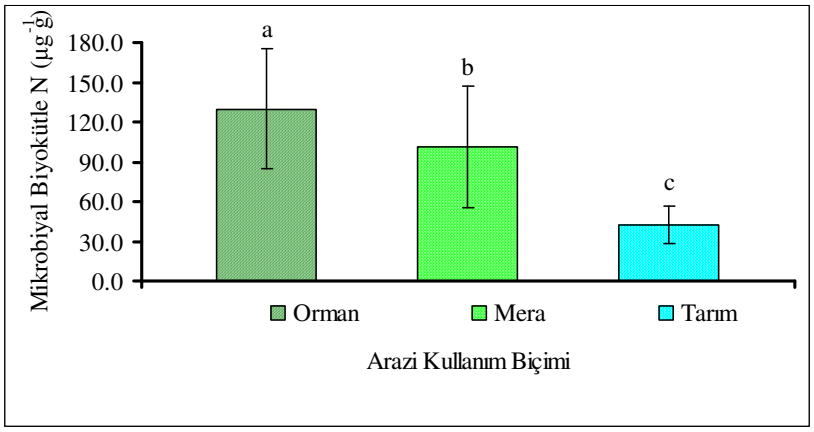
Toprakların mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) değerleri; orman alanında 129.99 μg g^{-1}, mera alanında 100.90 μg g^{-1} ve tarım alanında 42.60 μg g^{-1} olarak bulunmuştur. Mikrobiyal biyokütle N değerleri, arazi kulanım biçimine göre değerlendirildiğinde en düşük değerin tarım alanı topraklarında ve en yüksek değerin ise orman alanı topraklarında olduğu görülmüştür. Varyans analizi sonucuna göre incelenen toprakların; mikrobiyal biyokütle N içeriğinin arazi kullanım biçimine göre önemli oranda ($P<0.05$) değiştiği bulunmuştur. (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8 Orman, mera ve tarım alanlarındaki toprakların mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) içeriklerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

Mikrobiyal Özellik	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Mikrobiyal Biyokütle N (N_{mic})	Gruplar Arası	118812.368	2	59406.184	40.769	0.000*
	Gruplar İçi	126770.429	87	1457.131		
	Toplam	245582.798	89			

*: 0.05 Önem Düzeyi ile Anlamlı

Farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan S-N-K testi sonuçlarına göre ise, orman, mera ve tarım alanları mikrobiyal biyokütle N değerleri açısından birbirinden farklı gruplarda yer aldıkları ortaya çıkmıştır (Şekil 3.13). Elde edilen bu sonuçlar daha önce yapılan diğer çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 3.13 Mikrobiyal biyokütle N değerlerinin farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Microbial biyokütle organik maddenin içerdiği kükürt, fosfor, azot, karbon gibi bitki besin elementlerinin hem bir havuzu hem de bir kaynağıdır. Mikrobiyal biyokütle toprak içerisinde meydana gelen biyolojik aktivitenin çoğunluğunun merkezi konumundadır. Organik C, N, P, S ↔ Mikrobiyal Biyokütle ↔ CO_2, mineral N, mineral P, mineral S eşitliğinden de anlaşılmaktadır ki; mikrobiyal biyokütle sayesinde organik halde bulunanlar mineral haline, mineral halde bulunanlarda organik haline geçerek birbirilerine karşılıklı dönüşebilmektedir. Bundan dolayı toprak içersindeki biyolojik aktiviteyi anlamak için mikrobiyal biyokütle bilgisine sahip olunmalıdır.

Yapılan çalışmalarda, mikrobiyal biyokütle N değerinin geniş yapraklı ormanlarda 132–240 μg g^{-1} arasında, her dem yeşil ormanlarda 42-242 μg g^{-1} arasında (Diaz-Ravina et al. 1988), iğne yapraklı ormanlarda 52–125 μg g^{-1} arasında (Martikainen ve Palojarvi 1990) ve gençlik çağında olan subtropikal ormanlarda 57.7-123.85 μg g^{-1} arasında (Maithani et al. 1996) değişim gösterdiği ifade edilmektedir. Upadhyaya et al. (2004) yaptıkları çalışmada toprakların mikrobiyal biyokütle N içeriğini çam ormanlarında 579.91 μg g^{-1} ve bambu plantasyonlarında 388.63 μg g^{-1} olarak bulmuşlardır. Yapılan bir çalışmada; mollisol tipi topraklar üzerindeki orman ve mera alanlarında mikrobiyal biyokütle N'in sırasıyla 231.3 μg g^{-1} ± 15.9 ve 153.9 μg g^{-1} ± 17.0 olduğu ve aralarında istatistiki manada fark ($P<0.05$) olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde oksisol tipi topraklar üzerindeki orman ve mera alanlarında mikrobiyal biyokütle N sırasıyla 251.3 μg g^{-1} ± 6.1 ve 153.9 μg g^{-1} ± 21.3 bulunurken aralarında anlamlı fark ($P<0.05$) olduğu ifade edilmiştir (Cleveland et al., 2003).

Sharma et al. (2004)'de farklı arazi kullanım biçimlerinde (orman alanı, tarımsal ormancılık alanı, tarım ve boş arazi) mikrobiyal biyokütle N'un 30–142 μg g^{-1} arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada arazi kullanım biçimlerine göre istatistiksel olarak faklılık ($P<0.05$) ortaya çıkmış ve en yüksek mikrobiyal biyokütle N değeri orman alanında (142 μg g^{-1}), en düşük mikrobiyal biyokütle N değeri boş arazi alanında (30 μg g^{-1}) bulunmuştur. Garcia ve Rice (1994) yaptıkları çalışmada mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) içeriğinin mera alanında 116 μg g^{-1} olduğunu tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada farklı meşcere yaşı, toprak tipi ve ağaç türleri altındaki toprakların mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) içeriğinin 27-107 μg g^{-1} arasında değiştiği tespit edilmiştir (Bauhus et al., 1998). Tracy ve Frank (1998)'de yaptıkları çalışmada mikrobiyal biyokütle

N (N_{mic}) içeriğinin mera alanında 50–463 μg g^{-1} arasında (ortalama 183 μg g^{-1}) olduğunu belirtmektedir. Ayrıca çalışmada, mikrobiyal biyokütle N'un toplam N ($r = 0.88$, $P<0.001$) ile pozitif ve anlamlı bir ilişki gösterdiği de ifade edilmektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda mikrobiyal biyokütle N içeriğinde görülen bu değişkenlik büyük bir olasılıkla çalışmaların yapıldığı alanlardaki iklim tiplerinin, arazi kullanım biçimlerinin, toprak tiplerinin ve özelliklerinin, vejetasyonun ve ölü örtü cinsinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

3.4 FARKLI ARAZİ KULLANIM ALANLARINDAKİ MİKROBİYAL ORANLARA ($C_{MİC}/C_{ORG}$, $C_{MİC}/N_{MİC}$ VE $N_{MİC}/N_{TOTAL}$) AİT BULGULAR VE TARTIŞMA

3.4.1 Orman, Mera ve Tarım Topraklarındaki C_{mic}/C_{org} (%) Oranları

Arazi kullanım biçimlerine göre C_{mic}/C_{org} oranlarına ait minimum, maksimum ve ortalama değerler **ç**izelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9'da yer alan C_{mic}/C_{org} oranları incelendiğinde orman alanında, mikrobiyal biyokütle karbonun (C_{mic}) toprağın organik karbon (C_{org}) içeriğinin ortalama % 2.48 ± 0.46'lık kısmını oluşturduğu görülmektedir. Bu oranın mera alanında % 3.33 ± 0.84 ve tarım alanında ise % 4.07 ± 0.88 olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.9 Farklı arazi kullanım alanlarındaki (orman, mera ve tarım) C_{mic}/C_{org} değerleri.

Örnek Alan No	ARAZİ KULLANIM BİÇİMİ		
	ORMAN	MERA	TARIM
	C_{mic}/C_{org} (%)	C_{mic}/C_{org} (%)	C_{mic}/C_{org} (%)
1	2.41	3.36	4.63
	2.41	2.35	4.28
2	3.09	3.34	3.90
	2.98	3.01	4.61
3	1.59	2.60	3.92
	2.05	2.28	2.85
4	2.90	2.63	2.83
	2.90	2.30	3.19
5	2.65	3.35	3.91
	2.54	4.02	3.20
6	2.21	3.30	3.21
	2.54	3.96	3.57
7	3.16	2.82	4.29
	2.73	2.82	4.29
8	2.63	3.67	4.63
	2.30	3.67	5.70
9	2.71	1.59	3.90
	2.94	1.75	3.54
10	2.77	3.88	4.66
	2.32	3.71	4.66
11	2.06	3.15	5.00
	2.06	3.32	4.29
12	1.53	4.30	3.58
	1.42	4.30	5.01
13	2.22	3.67	5.70
	1.99	3.67	4.28
14	2.99	3.49	3.94
	2.87	3.49	5.73
15	2.77	5.10	2.50
	2.77	5.27	2.50
Minimum Değer	1.42	1.59	2.50
Maksimum Değer	3.16	5.27	5.73
Ortalama Değer	2.48	3.33	4.07
Standart Sapma	0.46	0.84	0.88

3.4.2 Orman, Mera ve Tarım Alanlarındaki Toprakların C_{mic}/C_{org} Oranına İlişkin Basit Varyans Analizi Sonuçlarına Ait Bulgular ve Tartışma

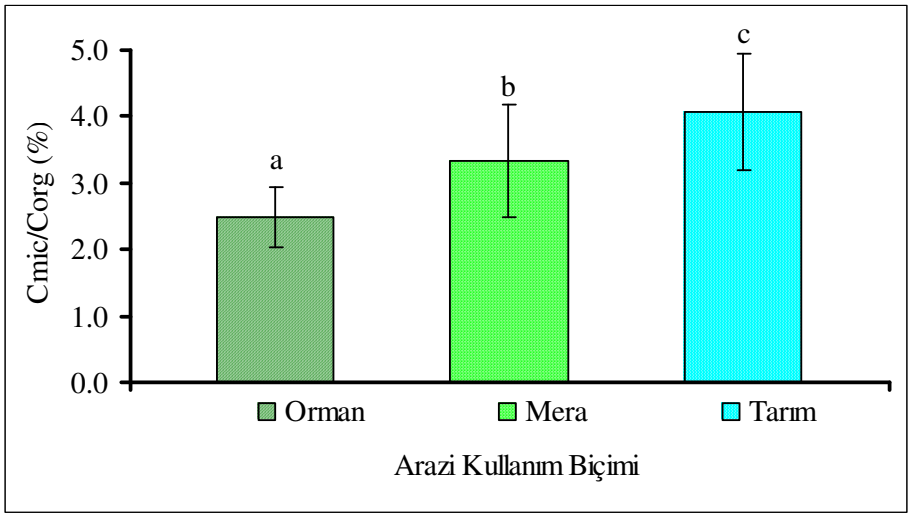
Topraklara ait ortalama C_{mic}/C_{org} oranları orman alanında 2.48, mera alanında 3.33 ve tarım alanında 4.07 bulunmuştur. Varyans analizi sonucuna göre farklı arazi kullanım biçimleri C_{mic}/C_{org} oranlarında istatistiksel olarak önemli farklara ($P<0.05$) yol açmıştır (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10 Farklı arazi kullanım alanlarındaki toprakların C_{mic}/C_{org} oranına ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

AYRIŞMA ORANI	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
C_{mic}/C_{org}	Gruplar Arası	38.134	2	19.067	33.167	0.000*
	Gruplar İçi	50.014	87	0.575		
	Toplam	88.148	89			

*: 0.05 Önem Düzeyi ile Anlamlı

Orman, mera ve tarım alanlarından farklı olanları belirlemek amacıyla S-N-K testi uygulanmış ve bu testin sonucuna göre ise orman, mera ve tarım alanlarının C_{mic}/C_{org} ayrışma oranı bakımından birbirinden farklı gruplarda yer aldığı ortaya çıkmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 C_{mic}/C_{org} oranının farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

C_{mic}/C_{org} oranı orman alanında en düşük (% 2.48) tarım alanında en yüksek (% 4.07) bulunmuştur. Orman topraklarındaki düşük C_{mic}/C_{org} oranı toprak canlıları tarafından substrat alınabilirliğinin nispeten düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum ise toprak organik maddesinin sadece çok az bir kısmının toprak canlıları tarafından metabolize edildiğini ifade etmektedir. Nitekim Bauhus et al (1998)'de C_{mic}/C_{org} oranındaki azalışın substrat niteliğindeki bir azalışı ifade ettiğini vurgulamaktadır. Hu et al. (1997)'de yaptıkları çalışmada benzer yönde sonuçlar elde etmiştir; orman alanında düşük C_{mic}/C_{org} oranı tarım alanında ise ormana nazaran yüksek C_{mic}/C_{org} oranı elde etmiştir. Çalışmada ayrıca farklı arazi kullanım biçimlerinin C_{mic}/C_{org} oranını önemli bir şekilde etkilediği de ifade edilmektedir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Luizao et al. (1992) tarafından yapılan çalışmada tropikal orman toprakları için bulunan oranlara (% 1.5–5.3) yakın hatta belirtilen aralık içerisinde buna karşılık Vance et al. (1987b) tarafından ılıman orman toprakları için bulunan oranlardan (% 1.8–2.9) yüksektir. Ayrıca C_{mic}/C_{org} oranının Jenkinson (1988) % 1-3 arasında, Kaiser et al., (1992) ve Franzluebbers et al. (1999b) % 0.1–10 arasında değişebileceğini ifade etmektedirler. Anderson ve Domsch, (1989) C_{mic}/C_{org} oranındaki bu geniş aralığın ve değişkenliğin sebebinin toprak özellikleri, vejetasyon örtüsü, arazi kullanım biçimi ve bunlara ilave olarak örnekleme zamanı ve kullanılan metod olabileceğini belirtmektedirler.Yapılan bir çalışmada farklı meşcere yaşı, toprak tipi ve ağaç türleri altındaki toprakların C_{mic}/C_{org} oranının % 0.8 ile 1.9 arasında değiştiği ifade edilmektedir (Bauhus et al., 1998).

3.4.3 Orman, Mera ve Tarım Topraklarındaki C_{mic}/N_{mic} Oranları

C_{mic}/N_{mic} oranları orman alanında 2.87 ile 19.60 arasında (ortalama 9.01 ± 3.91), mera alanında 5.46 ile 20.23 arasında (ortalama 9.97 ± 3.38), tarım alanında, 4.93 ile 30.49 arasında (ortalama 12.80 ± 6.01) değişmektedir. En düşük C_{mic}/N_{mic} oranı (9.07) orman alanında en yüksek (12.80) tarım alanında bulunmuştur. Ayrıca orman ve mera topraklarına ait oranlar birbirine benzerlik göstermektedir (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.11 Farklı arazi kullanım alanlarındaki (orman, mera, tarım) C_{mic}/N_{mic} değerleri.

Örnek Alan No	ARAZİ KULLANIM BİÇİMİ		
	ORMAN	MERA	TARIM
	C_{mic}/N_{mic}	C_{mic}/N_{mic}	C_{mic}/N_{mic}
1	8.29	9.60	8.58
	5.95	7.39	9.38
2	7.99	10.56	10.56
	8.51	11.87	30.49
3	2.87	12.99	9.68
	3.80	15.55	8.44
4	19.60	15.35	9.93
	9.46	11.82	7.92
5	12.06	9.38	8.60
	7.83	14.90	13.57
6	5.21	6.81	11.87
	5.11	8.44	13.19
7	8.27	7.97	11.01
	8.00	7.97	16.89
8	8.44	5.46	8.85
	9.05	7.04	28.15
9	11.26	9.18	12.90
	14.83	8.60	10.05
10	7.54	20.23	17.15
	5.04	12.55	13.72
11	9.33	10.28	22.73
	12.93	8.80	12.06
12	4.84	7.88	13.19
	4.81	8.25	14.78
13	11.73	7.04	21.11
	8.84	6.83	11.51
14	12.76	8.53	9.29
	18.20	13.43	8.04
15	8.65	5.81	4.93
	9.26	8.84	5.47
Minimum Değer	2.87	5.46	4.93
Maksimum Değer	19.60	20.23	30.49
Ortalama Değer	9.01	9.97	12.80
Standart Sapma	3.91	3.38	6.01

3.4.4 Orman, Mera ve Tarım Alanlarındaki Toprakların C_{mic}/N_{mic} Oranına İlişkin Basit Varyans Analizi Sonuçlarına Ait Bulgular ve Tartışma

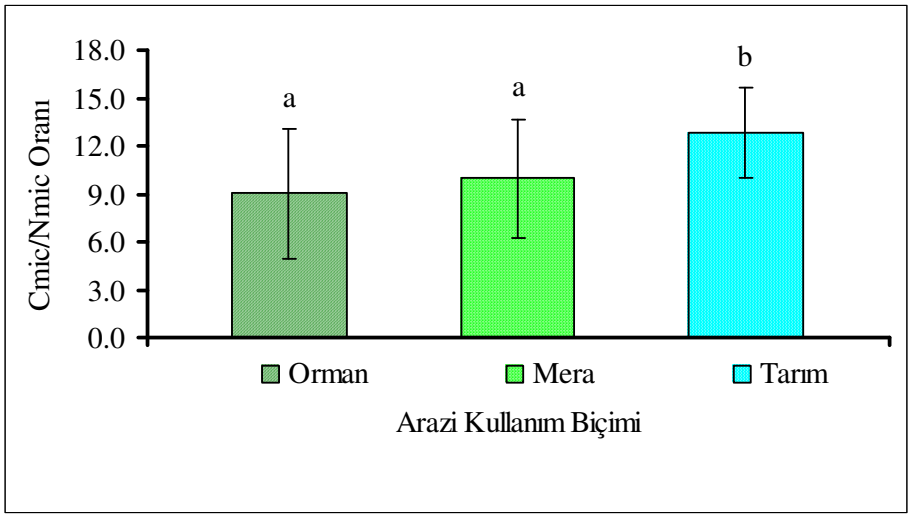
Yapılan varyans analizi sonucuna göre; % 5 önem düzeyinde orman, mera ve tarım alanları arasında C_{mic}/N_{mic} oranı bakımdan farklılık ($P<0.05$) ortaya çıkmıştır (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12 Farklı arazi kullanım alanlarındaki toprakların C_{mic}/N_{mic} oranına ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

AYRIŞMA ORANI	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
C_{mic}/N_{mic}	Gruplar Arası	232.273	2	116.137	5.532	0.005*
	Gruplar İçi	1826.333	87	20.992		
	Toplam	2058.606	89			

*: 0.05 Önem Düzeyi ile Anlamlı

S-N-K testi uygulanarak orman, mera ve tarım alanları karşılaştırıldığında, C_{mic}/N_{mic} oranları orman ve mera alanına ait topraklarda farklı olmadığı, ancak tarım alanına ait toprakların C_{mic}/N_{mic} oranının bu iki arazi kullanım biçimine göre daha yüksek olduğu bulunmuştur (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 C_{mic}/N_{mic} oranının farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Genellikle, C_{mic}/N_{mic} oranı mikrobiyal biyokütleyi oluşturan bakteriler, mantarlar ve aktinomisetler gibi canlı gruplarından hangisinin ortamda hakim olduğunu tahmin etmek amacıyla kullanılır. Kısaca mikrobiyal topluluğun yapısını ve durumunu ifade eder (Joergensen et al., 1995; García-Oliva et al., 2006; Yuan et. al., 2007). Yapılan çalışmada, tarım topraklarında yüksek C_{mic}/N_{mic} oranı, orman topraklarında ise düşük C_{mic}/N_{mic} oranı bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç çalışmanın yapıldığı toprakların mikrobiyal strüktürünün birbirinden farklı olduğunu ifade etmektedir.

Ayrıca toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri toprakta bulunan mikroorganizmaları etkilediği için C_{mic}/N_{mic} oranı üzerinde de etkili olabilir. Nitekim Tate et al. (1988)'de yaptıkları çalışmada C_{mic}/N_{mic} oranının toprak mikroorganizma cinslerine göre faklı olabileceğini ve toprakta bulunan mikrobiyal populasyonun da toprak tiplerine göre değişebileceğini ifade etmektedirler. García-Oliva et al. (2006) yaptıkları çalışmada orman alanında C_{mic}/N_{mic} oranını 9 (±1), mera alanında 18 (±4) olarak bulmuşlar ve aralarında istatistiki olarak fark olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada üst topraktaki C_{mic}/N_{mic} oranı ortalama olarak, mera alanında 2.8, yanmış mera alanında 5.1, *Pinus radiata* ormanında 4.8 ve orman içi açıklıkta 4.7 olarak bulunmuştur. Çalışmada mikrobiyal biyokütle havuzunun vejetasyon tipinden önemli bir şekilde etkilendiği de ifade edilmektedir (Yeates ve Saggar,1998). Jörgensen (1995) C_{mic}/N_{mic} oranını tarım topraklarında 3.4, orman topraklarında ise 20.8 olarak bulmuştur ve 81 toprağın ortalaması olarak ise C_{mic}/N_{mic} oranını 6.1 olarak tespit etmiştir. Joergensen et al. (1995)'de yaptıkları çalışmada kayın ormanları için C_{mic}/N_{mic} oranının 5.4–17.3 arasında değiştiğini belirtmektedirler. Bir başka çalışmada farklı meşcere yaşı, toprak tipi ve ağaç türleri altındaki toprakların C_{mic}/N_{mic} oranının 5.2 ile 12.9 arasında değiştiği belirtilmiştir (Bauhus et al., 1998).

3.4.5 Orman, Mera ve Tarım Topraklarındaki N_{mic}/N_{total} Oranları

Farklı arazi kullanımı altındaki toprakların N_{mic}/N_{total} oranları; orman alanında % 1.91 ile 7.18 arasında (ortalama % 4.06 ± 1.41), mera alanında % 1.46 ile 8.75 arasında (ortalama % 3.73 ± 1.70), tarım alanında % 1.20 ile 5.65 arasında (ortalama % 2.84 ± 0.93) değişim gösterdiği bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlara göre orman ve mera topraklarına ait oran değerleri birbirine benzerlik göstermektedir (Çizelge 3.13).

Çizelge 3.13 Farklı arazi kullanım alanlarındaki (orman, mera, tarım) N_{mic}/N_{total} değerleri.

Örnek Alan No	ARAZİ KULLANIM BİÇİMİ		
	ORMAN	MERA	TARIM
	N_{mic}/N_{total} (%)	N_{mic}/N_{total} (%)	N_{mic}/N_{total} (%)
1	3.76	3.49	4.29
	5.24	3.17	3.62
2	5.00	3.15	2.93
	4.53	2.52	1.20
3	7.18	1.99	3.22
	6.97	1.46	2.68
4	1.91	1.70	2.26
	3.96	1.94	3.19
5	2.84	3.56	3.61
	4.20	2.69	1.87
6	5.49	4.83	2.14
	6.44	4.68	2.14
7	4.95	3.53	3.09
	4.41	3.53	2.02
8	4.03	6.69	4.15
	3.29	5.19	1.61
9	3.12	1.73	2.40
	2.56	2.03	2.80
10	4.75	1.91	2.16
	5.97	2.94	2.69
11	2.86	3.05	1.75
	2.06	3.76	2.82
12	4.09	5.44	2.15
	3.82	5.20	2.69
13	2.45	5.20	2.14
	2.92	5.36	2.95
14	3.03	4.08	3.37
	2.04	2.59	5.65
15	4.14	8.75	4.02
	3.86	5.94	3.62
Minimum Değer	1.91	1.46	1.20
Maksimum Değer	7.18	8.75	5.65
Ortalama Değer	4.06	3.73	2.84
Standart Sapma	1.41	1.70	0.93

3.4.6 Orman, Mera ve Tarım Alanlarındaki Toprakların N_{mic}/N_{total} Oranına İlişkin Basit Varyans Analizi Sonuçlarına Ait Bulgular ve Tartışma

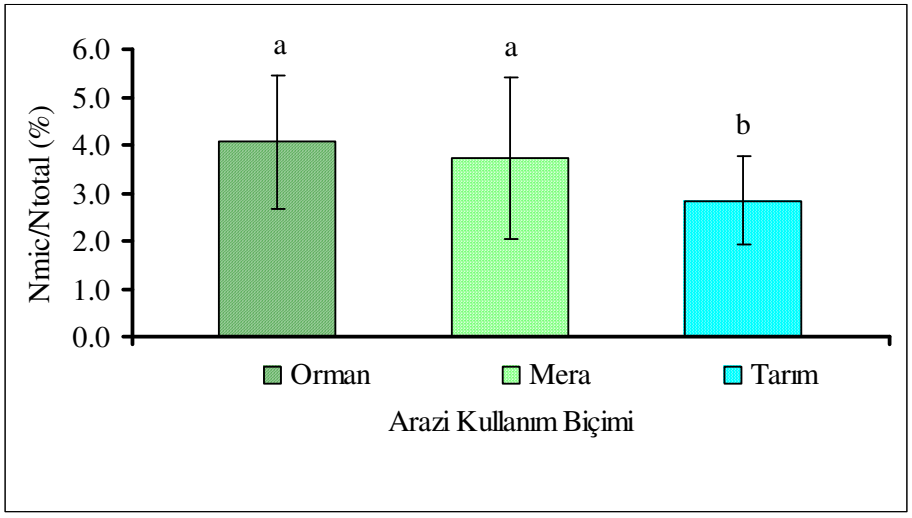
Varyans analizi sonucuna göre; N_{mic}/N_{total} oranları arazi kullanım biçimine göre istatistiki olarak anlamlı ($P<0.05$) bir fark göstermektedir (Çizelge 3.14).

Çizelge 3.14 Farklı arazi kullanım alanlarındaki toprakların N_{mic}/N_{total} oranına ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

AYRIŞMA ORANI	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
N_{mic}/N_{total}	Gruplar Arası	23.999	2	12.000	6.210	0.003*
	Gruplar İçi	168.117	87	1.932		
	Toplam	192.116	89			

*: 0.05 Önem Düzeyi ile Önemli

Orman, mera ve tarım alanları arasındaki farkı belirlemek amacıyla S-N-K testi uygulanmıştır. Bu testin sonucuna göre; N_{mic}/N_{total} oranları orman ve mera alanına ait topraklarda hemen hemen aynı, tarım alanına ait topraklarda ise bu iki arazi kullanım biçimine göre daha düşük olduğu görülmüştür (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 N_{mic}/N_{total} oranının farklı arazi kullanım biçimine göre değişimi. Sütunlar ortalama ± standart sapmayı ifade etmektedir. Farklı harfler $P<0.05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen N_{mic}/N_{total} oranı Priha ve Smolander (1997) tarafından ılıman kuşak ormanları için belirlenen (% 2.0–8.0) aralığının içerisinde yer almaktadır. N_{mic}/N_{total} oranının orman alanında, mera ve tarım alanından yüksek çıkması makro ve mikroflora yönünden orman alanın daha zengin olmasından kaynaklanabilir. Bauhus et al. (1998)'e göre C_{mic}/C_{org} oranında olduğu gibi N_{mic}/N_{total} oranındaki azalış substrat niteliğindeki bir azalışı ifade etmektedir. Bununla birlikte N_{mic}/N_{total} oranındaki bir atış ise azot eksikliğini belirtmektedir. Bu durumda; toprak azotunun büyük bir kısmının toprak canlıları tarafından fikse edilmiş olabileceği çalışmada vurgulanmaktadır. Ayrıca

çalışmada farklı meşcere yaşı, toprak tipi ve ağaç türleri altındaki toprakların N_{mic}/N_{total} oranının % 2.3 ile 6.0 arasında değiştiği ifade edilmektedir. Yapılan diğer bir çalışmada, N_{mic}/N_{total} oranı kayın ormanında % 2.41, iğne yapraklı orman alanında % 2.17 olarak bulunmuş ve aralarında istatistiki olarak fark olduğu belirtilmiştir (Zhong ve Makeschin, 2006).

3.5 KORELASYON ANALİZİNE İLİŞKİN BULGULAR VE TARTIŞMA

Korelasyon analizi uygulanarak iki değişken arasındaki ilişkinin büyüklüğü, yönü ve önemliliği ortaya konulmaktadır. Çalışmanın diğer bir amacı, mikrobiyal biyokütle C ve mikrobiyal biyokütle N ile orman, mera ve tarım alanlarına ait diğer bazı toprak özellikleri (gözenek hacmi, organik C, total N, pH, % kil miktarı, kireç ($CaCO_3$), v.b.) arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasıdır. Bu amaçla orman, mera ve tarım alanlarına ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mikrobiyal biyokütle C ve mikrobiyal biyokütle N arasındaki ikili ilişkileri ortaya çıkarmak için basit korelasyon analizi yapılmış ve sonuçlar çizelge 3.15'de verilmiştir. Ayrıca orman, mera ve tarım topraklarına göre bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri ile mikrobiyal biyokütle C ve mikrobiyal biyokütle N arasındaki ikili ilişkilerde ayrı olarak ortaya çıkarılmak istenmiştir. Bunun için de korelasyon analizi yapılmış ve sonuçlar çizelge 3.16'da verilmiştir.

Çizelge 3.15 Orman, mera ve tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri ile C_{mic} ve N_{mic} arasındaki ilişkiyi gösteren basit korelasyon matrisi.

Bazı Toprak Özellikleri	Korelasyon ve N	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
C_{mic} (µg g^{-1})	Pearson Kor.	1	0.713**	0.719**	0.678**	-0.319*	-0.608**	-0.589**	-0.531**	-0.390**	-0.280NS
	N	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
N_{mic} (µg g^{-1})	Pearson Kor.		1	0.668**	0.586**	-0.380*	-0.475**	-0.590**	-0.536**	-0.418**	-0.304*
	N		45	45	45	45	45	45	45	45	45
Organik C (%)	Pearson Kor.			1	0.910**	-0.363*	-0.710**	-0.905**	-0.858**	-0.712**	-0.650**
	N			45	45	45	45	45	45	45	45
Total N (%)	Pearson Kor.				1	-0.431**	-0.656**	-0.817**	-0.793**	-0.762**	-0.611**
	N				45	45	45	45	45	45	45
Gözenek Hacmi (%)	Pearson Kor.					1	0.450**	0.280NS	0.346*	0.363*	0.261NS
	N					45	45	45	45	45	45
Kil (%)	Pearson Kor.						1	0.649**	0.649**	0.432**	0.453**
	N						45	45	45	45	45
Aktüel pH	Pearson Kor.							1	0.980**	0.682**	0.860*
	N							45	45	45	45
Potansiyel pH	Pearson Kor.								1	0.700**	0.909*
	N								45	45	45
Kireç (%)	Pearson Kor.									1	0.621**
	N									45	45
Elektriksel İletkenlik (dS m^{-1})	Pearson Kor.										1
	N										45

C_{mic}: Mikrobiyal Biyokütle C, N_{mic}: Mikrobiyal Biyokütle N, A: Mikrobiyal Biyokütle C (µg g^{-1}), B: Mikrobiyal Biyokütle N (µg g^{-1}), C: Organik C (%), D: Total N (%),

E: Gözenek Hacmi (%), F: Kil (%), G: Aktüel pH, H: Potansiyel pH, I: Kireç (%), J: Tuz (dS m^{-1}), Pearson Kor.: Pearson Korelasyonu, N: Örnek sayısı

**Korelasyon 0.01 (α<0.01) önem düzeyinde önemlidir. *Korelasyon 0.05 (P<0.05) önem düzeyinde önemlidir.

NS Korelasyon 0.01 (α<0.01) ve 0.05 (α<0.05) önem düzeylerinde önemli değildir.

Çizelge 3.16 Orman, mera ve tarım topraklarına göre C_{mic} ve N_{mic} ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren basit korelasyon matrisi.

Arazi Kullanım Biçimi	Bazı Toprak Özellikleri	Korelasyon	C_{mic} (μg^{-1})	N_{mic} ($\mu g\ g^{-1}$)	Organik C (%)	Total N (%)	Gözenek Hacmi (%)	Kil (%)	Aktüel pH	Potansiyel pH	Kireç (%)	Elektriksel İletkenlik ($dS\ m^{-1}$)
Orman	C_{mic} ($\mu g\ g^{-1}$)	Pear Kor.	1	-0.210 ^{NS}	-0.139 ^{NS}	0.051 ^{NS}	0.157 ^{NS}	0.014 ^{NS}	-0.037 ^{NS}	0.022 ^{NS}	-0.024 ^{NS}	0.057 ^{NS}
Mera		Pear Kor.	1	0.818 **	-0.205 ^{NS}	-0.208 ^{NS}	0.453 *	0.101 ^{NS}	0.586 *	0.590 *	0.370 ^{NS}	0.598 *
Tarım		Pear Kor.	1	-0.035 ^{NS}	0.393 ^{NS}	0.402 ^{NS}	0.389 ^{NS}	0.369	-0.274 ^{NS}	-0.310 ^{NS}	-0.223 ^{NS}	-0.247 ^{NS}
Orman	N_{mic} ($\mu g\ g^{-1}$)	Pear Kor.		1	-0.428 ^{NS}	-0.287 ^{NS}	-0.379 ^{NS}	0.081 ^{NS}	-0.390 ^{NS}	-0.398 ^{NS}	0.054 ^{NS}	-0.271 ^{NS}
Mera		Pear Kor.		1	0.083 ^{NS}	0.052 ^{NS}	0.267 ^{NS}	0.306 ^{NS}	0.347 ^{NS}	0.363 ^{NS}	-0.020 ^{NS}	0.380 ^{NS}
Tarım		Pear Kor.		1	-0.043 ^{NS}	-0.052 ^{NS}	-0.480 ^{NS}	0.352 ^{NS}	0.334 ^{NS}	0.373 ^{NS}	0.032 ^{NS}	0.291 ^{NS}
Orman	Organik C (%)	Pear Kor.			1	0.176 ^{NS}	-0.342 ^{NS}	-0.159 ^{NS}	0.866 **	0.800 **	-0.473 ^{NS}	0.734 *
Mera		Pear Kor.			1	0.879 *	-0.163 ^{NS}	0.151 ^{NS}	-0.604 *	-0.602 *	-0.865 **	-.0459 ^{NS}
Tarım		Pear Kor.			1	0.735 **	-0.208 ^{NS}	-0.370 ^{NS}	-0.510 ^{NS}	-0.507 ^{NS}	-0.587 *	-0.232 ^{NS}
Orman	Total N (%)	Pear Kor.				1	0.036 ^{NS}	0.152 ^{NS}	0.282 ^{NS}	0.272 ^{NS}	0.268	0.331 ^{NS}
Mera		Pear Kor.				1	-0.195 ^{NS}	-0.136 ^{NS}	-0.535 *	-0.516 *	-0.862 **	-0.396 ^{NS}
Tarım		Pear Kor.				1	-0.200 ^{NS}	-0.305 ^{NS}	-0.417 ^{NS}	-0.363 ^{NS}	-0.604 *	-0.304 ^{NS}
Orman	Gözenek Hacmi (%)	Pear Kor.					1	0.226 ^{NS}	-0.253 ^{NS}	-0.112 ^{NS}	0.108 ^{NS}	-0.189 ^{NS}
Mera		Pear Kor.					1	0.180 ^{NS}	0.219 ^{NS}	0.226 ^{NS}	0.230 ^{NS}	0.231 ^{NS}
Tarım		Pear Kor.					1	-0.337 ^{NS}	-0.065 ^{NS}	-0.140 ^{NS}	0.470 ^{NS}	-0.083 ^{NS}
Orman	Kil (%)	Pear Kor.						1	0.079 ^{NS}	0.307 ^{NS}	0.086 ^{NS}	0.217 ^{NS}
Mera		Pear Kor.						1	-0.43 ^{NS}	-0.030 ^{NS}	-0.009 ^{NS}	-0.046 ^{NS}
Tarım		Pear Kor.						1	-0.149 ^{NS}	-0.089 ^{NS}	-0.038 ^{NS}	-0.152 ^{NS}
Orman	Aktüel pH	Pear Kor.							1	0.910 *	-0.225 ^{NS}	0.863 *
Mera		Pear Kor.							1	0.995 **	0.633 *	0.981 *
Tarım		Pear Kor.							1	0.979 **	0.445 ^{NS}	0.612 *
Orman	Potansiyel pH	Pear Kor.								1	-0.226 ^{NS}	0.911 *
Mera		Pear Kor.								1	0.641 *	0.973
Tarım		Pear Kor.								1	0.431 ^{NS}	0.615 *
Orman	Kireç (%)	Pear Kor.									1	-0.195 ^{NS}
Mera		Pear Kor.									1	0.498 ^{NS}
Tarım		Pear Kor.									1	0.476
Orman	Elektriksel İletkenlik ($dS\ m^{-1}$)	Pear Kor.										1
Mera		Pear Kor.										1
Tarım		Pear Kor.										1

C_{mic}: Mikrobiyal Biyokütle C, N_{mic}: Mikrobiyal Biyokütle N, Pearson Kor.: Pearson Korelasyonu, N: 15 (Örnek sayısı)

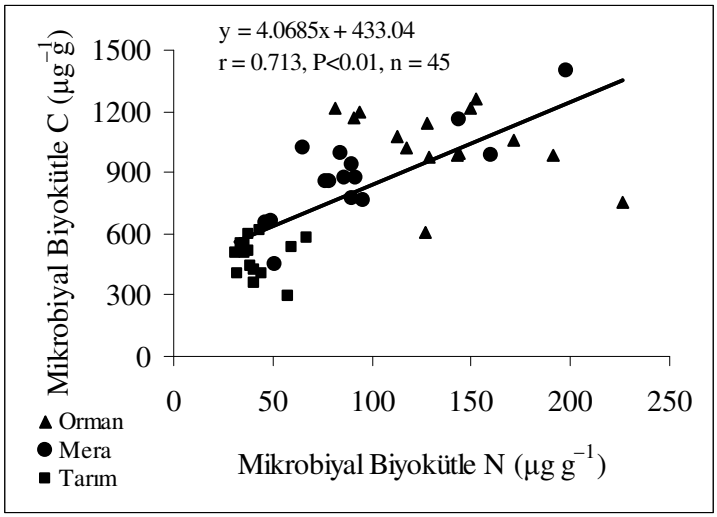
**Korelasyon 0.01 (α<0.01) önem düzeyinde önemlidir. *Korelasyon 0.05 (P<0.05) önem düzeyinde önemlidir.

^{NS} Korelasyon 0.01 (α<0.01) ve 0.05 (α<0.05) önem düzeylerinde önemli değildir.

3.5.1 Mikrobiyal Biyokütle C'a İlişkin Korelasyon Analizi Bulguları ve Tartışma

Çizelge 3.15 incelendiğinde; toprakların mikrobiyal biyokütle C içeriğinin mikrobiyal biyokütle N (α= 0.01, r = 0.713), organik C (α= 0.01, r = 0.719) ve total N (α= 0.01, r = 0.678) ile pozitif ve anlamlı ilişki gösterdiği görülmektedir. Gözenek hacmi (α= 0.05, r = -0.319), % kil miktarı (α= 0.01, r = -0.608), aktüel pH (α= 0.01, r = -0.589), potansiyel pH (α= 0.01, r = -0.531) ve kireç içeriği (α= 0.01, r = -0.390) ile negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Toprakların elektriksel iletkenliği ile ise (α>0.05, r = -0.280) anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

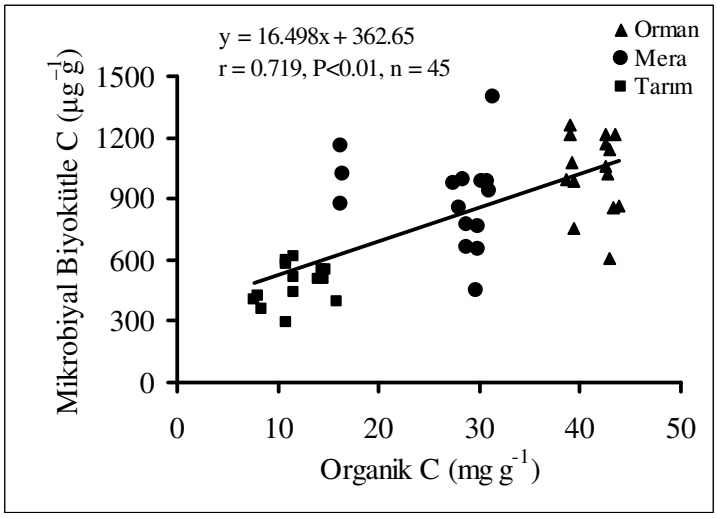
Klose ve Tabatabai (1999) (r = 0,92, P<0.001), Arunachalam ve Arunachalam (2000) (r = 0,4781, P<0.001), Arunachalam ve Arunachalam (2001) (r = 0,831, P<0.001), Sharma et al. (2004) (r = 0,869, P<0.0005), Wright et al. (2005) (r = 0,52, P<0.05) yapmış oldukları çalışmalarda mikrobiyal biyokütle C'un mikrobiyal biyokütle N ile önemli derecede ilişkili olduğunu ifade etmektedirler. Bu çalışmada da aynı doğrultuda bir sonuç ortaya çıkmıştır (Çizelge 3.15, Şekil.3.17).



Şekil 3.17 Farklı arazi kullanım biçimlerinde mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) ile mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) arasındaki ilişki.

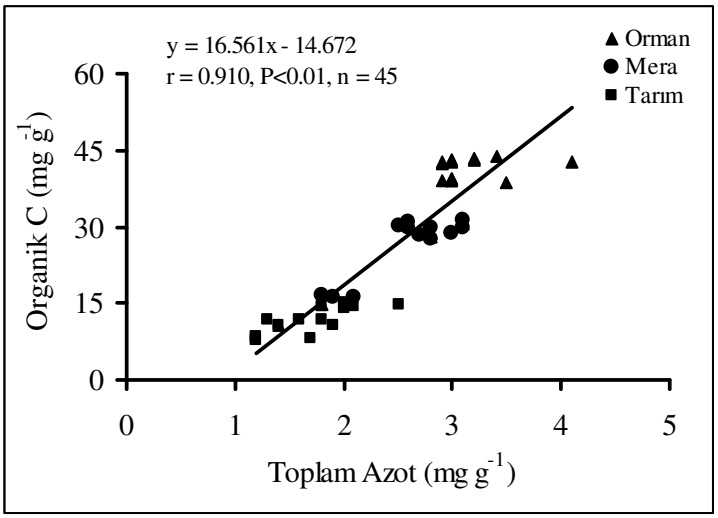
Toprakların mikrobiyal biyokütle C içeriği, toprakların gözenek hacmi, % kil miktarı, aktüel pH, potansiyel pH ve kireç içeriği ile negatif ve anlamlı (P< 0.05) bir ilişki göstermiştir. Ancak mikrobiyal biyokütle C içeriği ile toprakların elektriksel iletkenliği anlamlı (P>0.05) bir ilişki göstermemiştir (Çizelge 3.15).

Arunachalam ve Arunachalam (2000) mikrobiyal biyokütle C ile organik C içeriğinin orman ($r = 0.724$, $P<0.001$) ve açıklık ($r = 0.569$, $P<0.05$) alan topraklarında pozitif ve anlamlı bir ilişki gösterdiğini ifade etmektedir. Sharma et al. (2004)'de yaptıkları çalışmada mikrobiyal biyokütle C ile organik C arasında ($r^2 = 0.422$, $P<0.0005$) pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu vurgulamaktadırlar. Wright et al. (2005) tarım alanlarında yaptıkları çalışmada mikrobiyal biyokütle C ile organik C ($r = 0.63$, $P<0.05$) ve toplam N arasında ($r = 0.63$, $P<0.05$) pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada organik C arttıkça mikrobiyal biyokütle C'unda artığı ortaya çıkmış ve daha önceki yapılan çalışmalar ile benzer yönde sonuç elde edilmiştir (Çizelge 3.15, Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Farklı arazi kullanım biçimlerinde mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) ile organik C (C_{org}) arasındaki ilişki.

Toplam N içeriklerinin en düşük tarım alanında ve en yüksek orman alanında çıkmasının sebebi toprakların organik C içeriği ile ilgili olabilir. Zira Li et al. (2007) yaptıkları çalışmada toplam N içeriği ile organik C arasında pozitif yönde doğrusal bir ilişkinin ($P<0.01$, $r = 0.94$) olduğunu ifade etmektedirler. Aynı şekilde Manu et al. (1991) yaptıkları çalışmada toplam N içeriği ile organik C arasında pozitif yönde çok kuvvetli doğrusal bir ilişkinin ($P<0.001$, $r = 0.97$) olduğunu tespit etmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada da benzer yönde ($P<0.01$, $r = 0.91$) bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 3.15, Şekil 3.18). Bu sonuçlar bitkilerin ve toprakta yaşayan küçük canlıların azot (N) ihtiyacının büyük bir kısmının toprak organik maddesinden karşılandığını göstermektedir. Arazi kullanım biçimine göre organik C içeriğindeki değişime paralel olarak azotun değişmesi bu durumu doğrulamaktadır (Şekil 3.19).

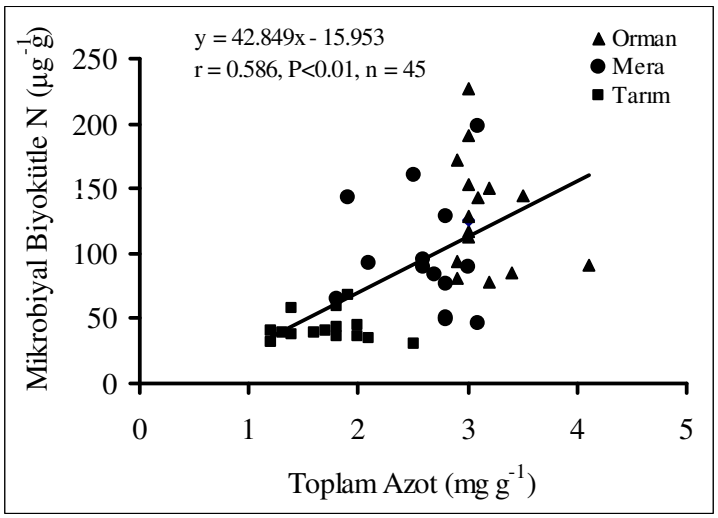


Şekil 3.19 Farklı arazi kullanım biçimlerinde toplam N (N_{total}) ile organik C (C_{org}) arasındaki ilişki.

3.5.2 Mikrobiyal Biyokütle N'a İlişkin Korelasyon Analizi Bulguları ve Tartışma

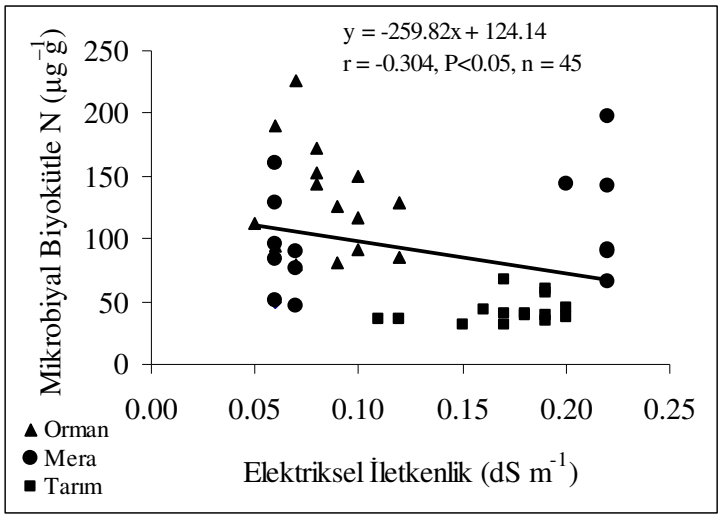
Çizelge 3.15 incelendiğinde; toprakların mikrobiyal biyokütle N içeriğinin mikrobiyal biyokütle C (α= 0.01, r = 0.713), organik C (α= 0.01, r = 0.668) ve total N (α= 0.01, r = 0.586) ile pozitif ve anlamlı ilişki gösterdiği görülmektedir. Gözenek hacmi (α= 0.05, r = -0.380), % kil miktarı (α= 0.01, r = -0.475), aktüel pH (α= 0.01, r = -0.590), potansiyel pH (α= 0.01, r = -0.536), kireç içeriği (α= 0.01, r = -0.418) ve elektriksel iletkenlik ile ise (α=0.05, r= - 0.304) negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

Arunachalam ve Arunachalam (2000) mikrobiyal biyokütle N'un toplam N ile orman alanında (r = 0.478 P<0.05), açıklık alanda (0.487, P<0.05) pozitif ve anlamlı bir ilişki gösterdiği ifade edilmektedir. Sharma et al. (2004) yaptıkları çalışmada mikrobiyal biyokütle N ile toplam N arasında (r^2 = 0.683, P<0.0005) pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu vurgulamaktadırlar. Wright et al. (2005) tarım alanlarında yaptıkları çalışmada mikrobiyal biyokütle N ile toplam N arasında (r = 0.81, P<0.05) pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da benzer yönde bir sonuç ortaya çıkmıştır (Çizelge 3.15, Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Farklı arazi kullanım biçimlerinde mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) ile toplam azot (N_{total}) arasındaki ilişki.

Mikrobiyal biyokütle N ile elektriksel iletkenlik arasında (r=-0.304, p<0.05) anlamlı ve negatif bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 3.15, Şekil 3.21). Benzer şekilde Yuan et. al. (2007) tarafından yapılan çalışmada elektriksel iletkenlik ile mikrobiyal biyokütle N arasında (r=-0.643, p<0.01) anlamlı ve negatif bir ilişki bulunmuştur. Yapılan çalışmada bu durumun nedeni aktif haldeki ve toplam mikrobiyal topluluğun toprak tuzluğundan olumsuz bir şekilde etkilenmesinden kaynaklandığı vurgulanmaktadır. Diğer bir çalışmada toprak tuzluluğunun toprak mikroorganizmaları üzerinde ağır metallerden daha fazla olumsuz etkide bulunduğu ifade edilmiştir (Wichern et al., 2006).



Şekil 3.21 Farklı arazi kullanım biçimlerinde mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) ile elektriksel iletkenlik (EC) arasındaki ilişki.

Toprakların mikrobiyal biyokütle N içeriği toprakların gözenek hacmi, % kil miktarı, aktüel pH, potansiyel pH, ve kireç içeriği ile negatif ve anlamlı ($P<0.05$) bir ilişki göstermiştir (Çizelge 3.15).

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bartın İli Ağdacı Köyü'nde bulunan farklı arazi kullanım biçimi (orman, mera ve tarım) altındaki üst toprakların (0–5 cm) bazı fiziksel (tane yoğunluğu, tekstür, hacim ağırlığı v.b.), kimyasal (pH, kireç, elektriksel iletkenlik v.b.) ve biyolojik özellikleri (mikrobiyal biyokütle C ve N) incelenmiştir. Araştırma alanına ait toplam 17 toprak özelliği belirlenmiş ve bu toprak özellikleri basit varyans analizi (One-Way Anova), S-N-K (Student-Newman-Keuls) testi ve korelasyon analizi ile karşılaştırmalı olarak mukayese edilmiştir.

Buraya kadar yapılan incelemeler sonucunda orman, mera ve tarım alanları ile ilgili olarak varılan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Araştırma alanı üst topraklarının (0–5 cm) hacim ağırlığı değerlerinin en düşük orman alanında daha sonra tarım alanında ve en yüksek mera alanında olduğu tespit edilmiştir. Tane yoğunluğu bakımından en düşük tane yoğunluğu değeri orman alanı için bulunurken, bunu mera alanı izlemiş ve en yüksek tane yoğunluğu değeri ise tarım alanında bulunmuştur. Gözenek hacmi en düşük mera alanında, sonra orman alanında ve en yüksek tarım alanında saptanmıştır. Orman, mera ve tarım alanlarına ait üst toprakların kum ve toz miktarları açısından arazi kullanım biçimlerine göre fark yoktur. Ancak kil içerikleri karşılaştırıldığında; orman ve mera alanına ait topraklar arasında fark olmadığı, buna karşılık tarım topraklarının bu iki arazi kullanım biçimine göre daha yüksek kil içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı gibi aynı yetişme ortamı şartlarında, arazi kullanım biçimi toprakların fiziksel özelliklerini etkilemektedir.

2. İncelenen üst toprakların (0–5 cm) aktüel pH değerleri; en düşük orman alanında, daha sonra mera alanında ve en yüksek tarım alanında bulunmuştur. Toprakların potansiyel pH değerleri de aktüel pH değerlerine benzer bir durum göstermiştir. Ayrıca arazi kullanım biçimlerine göre potansiyel pH değerleri aktüel pH değerlerinden yaklaşık bir pH derecesi

kadar yüksek olarak saptanmıştır. Orman, mera ve tarım alanı topraklarının kireç ($CaCO_3$) içerikleri ve elektriksel iletkenlikleri birbirine benzerlik göstermektedir. Toprakların organik C değerleri; en düşük tarım alanında, daha sonra mera alanında ve en yüksek orman alanında tespit edilmiştir. Benzer durum toprakların toplam N içeriği için de söz konusu olup toplam N en düşük tarım alanında, daha sonra mera alanında ve en yüksek orman alanında bulunmuştur. Arazi kullanım biçimlerine göre C_{org}/N_{total} oranı en düşük tarım alanında, sonra mera alanında ve en yüksek orman alanında bulunmuştur. Bu sonuçlar aynı iklim, anakaya ve mevkii faktörleri (bakı, eğim, yükselti v.b.) altında orman toprakları üzerine dökülen artıkların içinde ayrışma ile humus oluşturacak maddelerin, mineral besin maddelerinin ve azotun diğer arazi kullanım biçimlerine göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Öte yandan orman toprakları üzerinde bulunan bu ölü örtü artıklarının ayrışması sırasında oluşan organik asitler (humin ve humat asitleri) orman topraklarının asitleşmesine yol açmaktadır. Bütün bu söz konusu edilen hususlar ve dayandıkları bulgular, arazi kullanım biçimlerinin toprakların kimyasal özelliklerini önemli oranda etkilediğini ortaya koymaktadır.

3. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgular arazi kullanım biçiminin toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerini de önemli bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Mikrobiyal biyokütle C değerleri arazi kulanım biçimine göre değerlendirildiğinde; en düşük tarım alanında, sonra mera alanında ve en yüksek orman alanında bulunmuştur. Mikrobiyal biyokütle N değerleri de mikrobiyal biyokütle C değerlerine benzerlik göstermiş ve en düşük tarım alanında, sonra mera alanında ve en yüksek orman alanında tespit edilmiştir. Buradan da şu sonuç çıkarılabilir; ekosistemler için çok büyük öneme sahip olan toprak mikroorganizmaları orman alanında mera ve tarım alanına kıyasla daha fazla ve aktif durumdadır. Buna bağlı olarak orman alanında diğer alanlara göre toprak sağlığının iyi olduğu ve bitki besin maddesi döngüsünün en uygun (optimum) şekilde gerçekleştiği söylenebilir.

Topraklara ait ortalama C_{mic}/C_{org} oranı en düşük orman alanında, sonra mera alanında ve en yüksek tarım alanında bulunmuştur. Benzer şekilde C_{mic}/N_{mic} oranı en düşük orman alanında, en yüksek tarım alanında bulunmuştur. Ayrıca orman ve mera topraklarına ait oranların birbirine benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Farklı arazi kullanımı altındaki toprakların N_{mic}/N_{total} oranı en yüksek orman alanında, en düşük tarım alanında bulunmuştur. Ayrıca orman ve mera topraklarına ait N_{mic}/N_{total} oran değerleri birbirine

benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Yapılan çalışma mikrobiyal biyokütle C, mikrobiyal biyokütle N değerleri ve mikrobiyal oranlar (C_{mic}/C_{org}, C_{mic}/N_{mic} ve N_{mic}/N_{total}) bakımından orman, mera ve tarım alanları arasında farklılıkların olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Bu oranlar topraktaki organik maddenin ayrışma durumunu ve hakim mikroorganizma gruplarını (bakteri ve mantar) göstermesi bakımından önemlidir. Yukarıda ifade edildiği gibi C_{mic}/C_{org} ve N_{mic}/N_{total} oranları orman alanında diğer arazi kullanımlarına göre daha düşük bulunmuştur. Bu durum orman topraklarının mikrobiyal biyokütle içeriğinin azlığından ziyade organik karbon ve toplam azot içeriklerinin yüksekliğinden ileri gelmektedir.

4. Toprakların mikrobiyal biyokütle C içeriğinin mikrobiyal biyokütle N, organik C ve total N ile pozitif ve anlamlı ilişki gösterdiği görülmektedir. Gözenek hacmi, % kil miktarı, aktüel pH, potansiyel pH ve kireç içeriği ile negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Toprakların elektriksel iletkenliği ile ise anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

5. Toprakların mikrobiyal biyokütle N içeriğinin mikrobiyal biyokütle C, organik C ve total N ile pozitif ve anlamlı ilişki gösterdiği görülmektedir. Gözenek hacmi, % kil miktarı, aktüel pH, potansiyel pH, kireç içeriği ve elektriksel iletkenlik ile ise negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

Korelasyon analizi sonuçları mikrobiyal karbon ve azot içeriklerinin toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinden önemli oranda etkilendiğini göstermektedir. Aynı zamanda arazi kullanım biçimlerinin de toprak özelliklerini etkileri altında bulundurduğu bilinmektedir. Böylece araştırma alanındaki yaşayan canlılarla arazi kullanım biçimi arasında sıkı bir ilişki olduğu ve bu durumun mikrobiyal biyokütle C ve N değerlerine yansıdığı açık bir şekilde ortaya çıkmıştır.

6. Çeşitli ülkelerde mikrobiyal biyokütle, toprak sağlığını izlemede bioindikatör olarak kullanılmaktadır. Yapılan bu araştırmada da belirlenen mikrobiyal biyokütle C ve N içerikleri toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri hassas bir şekilde yansıtmaktadır. Bu yüzden bu araştırma, ölçülen mikrobiyolojik parametrelerin toprak sağlığında ileriki yıllarda meydana gelebilecek değişimleri izlemede bir bioindikatör olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Sürdürülebilir arazi kullanımı için toprak mikroorganizmaları hem miktar hem de çeşitlilik bakımından çok büyük öneme sahiptir. Mikrobiyal biyokütlenin artışı yüksek toprak verimliliğine ve mikrobiyal çeşitliliğe işaret etmektedir. Yapılan bu araştırma kapsamında ölçülen mikrobiyolojik parametreler farklı arazi kullanımı altındaki alanların toprak sağlığının iyiden kötüye doğru orman, mera ve tarım şeklinde sıralandığını ortaya koymaktadır.

Çalışma sonucunda ayrıca toprak mikrobiyal biyokütle ile toprak tipi, vejetasyon, ölü örtü miktarı, organik C ve toplam N arasında sıkı ilişkiler olduğu ortaya çıkmıştır. Bu ilişkilerinde biribirileriyle uyum gösterdiği en uygun ortam orman ekosistemidir. Tarım ekosistemine insan müdahalesi olduğu için mikrobiyal biyokütle C ve N hem düşük miktarda bulunmuş hem de yukarıda bahsedilen ilişkiler negatif yönde bir ilişki göstererek karşımıza çıkmıştır.

İnsanlar tarafından kirletilen ve yanlış yönetilen topraklar aynı zamanda atmosferin, yeraltı sularının ve yüzeysel suların da kirlenmesine neden olmaktadır. Bu yüzden insanlar hatta diğer canlılar için de çok büyük bir öneme sahip olan toprakların sürdürülebilir bir ekosistem için en az etkiye maruz kalacak şekilde yönetilmesi gerekir. Dolayısıyla bu çalışmada toprak sağlığının belirlenmesinde kullanılan biyolojik parametrelerin çalışma alanında rutin olarak ölçümü yapılmalı ve bu şekilde yıllar itibariyle toprak sağlığı izlenmelidir. Ayrıca bu şekilde yapılacak olan çalışmaların alanı genişletilmeli ve çalışmalar yaygınlaştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Acton, D. F. and Gregorich, E. G. (1995) Executive summary. *In: The Health of Our Soils. Towards Sustainable Agriculture in Canada.* Acton, D. F. and Gregorich, E. G. (eds.). Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch Agriculture and Agri-food Canada.

Adak, M. S., Biesantz, A. ve Gürgün, V. (1998) Anadolu Koşullarında Farklı Toprak İsleme, Nadas-Buğday ve Mercimek-Buğday Ekim Nöbeti Sistemlerinde Toprakta Mikrobiyolojik Aktivite, Organik Madde ve Azot Formlarının Saptanması. *Turkish. Journal. of Agriculture and Forestry*, Vol.22, pp. 305–312.

Altunışık, R., Çoşkun, R. Yıldırım, E. ve Bayraktaroğlu, S. (2002) *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri SPSS Uygulamalı*, Geliştirilmiş 2. Basım, Sakarya Kitapevi, Sakarya Üniversitesi, İ.İ.B.F., Sakarya, 281 s.

Anderson, J. P. E. and Domsch, K. H. (1973) Quantification of bacterial and fungal contribution to soil respiration. *Archives of Microbiology*, Vol.93, pp 113–127.

Anderson, J. P. E. and Domsch, K. H. (1989) Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 21, pp. 471–479.

Anderson, T. H. and Domsch, K. H. (1986) Carbon assimilation and microbial activity in soil. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, Vol.149, pp. 457–468.

Anderson, J. M. and Ingram, J. S. I. (1996) *Tropical Soil Biology and Fertility A Handbook of Methods*, Second Edition, Cab International Wallingford, UK, pp. 221.

Anon. (1993) Batı Karadeniz Taşkömürü Havzası, 1/100 000 ölçekli jeoloji haritası (II),MTA., Ankara.

Anon. (2005a) *Bartın İli 2004 Yılı Yıllık Sanayi Ekonomik ve Ticari Durum Hakkında Rapor*, T.C. Bartın Valiliği, İl Sanayi Ticaret Müdürlüğü, Bartın, 69 s.

Anon. (2005b) *Bartın İli Çevre Durum Raporu*, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Bartın, 260 s.

Arias, M. E., González, J. A. P., González, F. J. V. and Ball, A. S. (2005) Soil health-a new challenge for microbiologists and chemists. *International Microbiology*, Vol.8, pp.13–21.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Arunachalam, A. and Arunachalam, K. (2000) Influence of gap size and soil properties on microbial biomass in a subtropical humid forest of north-east India. *Plant and Soil,* Vol.223, pp. 185–193.

Arunachalam, A. and Arunachalam, K. (2001) Evaluation of bamboos in eco-restoration of 'jhum' fallows in Arunachal Pradesh: ground vegetation, soil and microbial biomass. *Forest Ecology and Management*, Vol.5490, pp. 1–9.

Arunachalam, K., Arunachalam, A. and Melkania, N. P. (1999) Influence of soil properties on microbial populations, activity and biomass in humid subtropical mountainous ecosystems of India. *Biology and Fertility of Soils*, Vol.30, pp. 217–223.

Arunachalam. K., Arunachalam, A. and Melkania, N. P. (1999) Influence of soil properties on microbial populations, activity and biomass in humid subtropical mountainous ecosystems of India. *Biology and Fertility of Soils*, Vol.30, pp. 217–223.

Ashagrie, Y., Zech, W., Guggenberger, G. and Mamo, T. (2007) Soil aggregation, and total and particulate organic matter following conversion of native forests to continuous cultivation in Ethiopia. *Soil and Tillage Research*, Vol.94, pp. 101–108.

Aydın, M. (2000) Giresun Yağlıdere Havzasında Farklı Anamateryaller Üzerinde Gelişen Toprakların Erozyon Eğilim Değerleri ve Vejetasyon Yapısı Üzerine Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 214 s.

Azam, F., Farooq, S. and Lodhi, A. (2003) Microbial Biomass in Agricultural Soils-Determination, Synthesis, Dynamics and Role in Plant Nutrition. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, Vol.6 (7), pp.629–639.

Balesdent, J., Chenu, C. and Balabane, M. (2000) Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research*, Vol.53**,** pp**.** 215–230.

Başaran, S. (1999) Kirazlık (Bartın) Barajı Florası: Kirazlık (Bartın) Bölgesindeki Otsu ve Odunsu Taksonların Belirlenmesi, Doktora Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 114 s.

Bauhus, J. D., Pare, D. and Cote, L. (1998) Effects of tree species, stand age, and soil type on soil microbial biomass and its activity in a southern boreal forest. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 30, pp 1077–1089.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Blake, G. R. (1965) Particle density. In: Klute A. (ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods.* Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp. 371–373.

Bozali, N. (2003) Kahramanmaraş Sır Barajı Derin Dere Yağış Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Hidrolojik Özellikleri ile Erozyon Eğilimleri Üzerine Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, A.İ.B.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu, 197 s.

Brady, N. C. (1990) *The Nature and Properties of Soils*, 10th Ed. New York: Macmillan, 621 pp.

Brookes, P. (2001) The Soil Microbial Biomass: Concept, Measurement and Applications in Soil Ecosystem Research, *Microbes and Environments*, Vol.16, No. 3, pp. 131-140.

Brookes, P. C., Landman, A., Pruden, G. and Jenkinson, D. S. (1985) Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid extraction metod to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.17, pp. 837–842.

Burges, A. (1958) *Micro-organism in The Soil*. Hutchinson and Co Ltd, London, 188 pp.

Carter, M. R., Gregorich, E. G., Angers, D. A., Beare, M. H., Sparling, G. P., Wardle, D. A. and Voroney, R. P. (1999) Interpretation of microbial biomass measurements for soil quality assessment in humid temperate regions. *Canadian Journal of Soil Science*, Vol.79, pp. 507–520.

Chander, K., Brookes, P. C. and Harding, S. A. (1995) Microbial biomass dynamics following addition of metal-enriched sewage sludges to a sandy loam. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.27, pp. 1409–1421.

Christensen, M. (1989) A View of Fungal Ecology. *Mycologia*, Vol.81 (1), pp. 1–19.

Cleveland, C. C., Townsend, A. R., Schmidt, S. K. and Constance, B. C. (2003) Soil Microbial Dynamics and Biogeochemıstry in tropıcal forests and pastures, Southwestern Costa Rıca. *Ecological Applications,* Vol.13 (2), pp. 314–326.

Cleveland, C. C., Townsend, A. R., Constance, B. C., Ley, R. E. and Steven, K. S. (2004) Soil Microbial Dynamics in Costa Rica: Seasonal and Biogeochemical Constraints. Biotropica, Vol.36 (2), pp. 184–195.

Çepel, N. (1996) *Toprak İlmi*, İ.Ü. Yayın No.3945, Orman Fakültesi Yayın No. 438, 288 s.

Çepel, N. (1995) *Orman Ekolojisi*, İstanbul Üniversitesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Üniversite Yayın No. 3886, Sosyal B.M.Y.O. Yayın No. 433,İstanbul, 536 s.

Diaz-Ravina, M., Caraballas, T. and Acea, M. J. (1988) Microbial biomass and activity in four acid soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.20, pp. 817–823.

Doran, J. W. and Safley, M. (1997) Defining and assessing soil health and sustainable productivity. *In:Biological Indicators of Soil Health.* Pankhurst, C. E., Doube, B. M., and Gupta, V. V. S. R. (eds.). CAB International, pp. 1–28.

Doran, J. W. and Parkin, T. B. (1994) Defining and assessing soil quality. pp. 3–21. *In: Defining Soil Quality for a Sustainable Environment.* Doran, J. W., Coleman, D. C., Bezdicek, D. F., and Stewart, B. A. (eds.). Soil Science Society of America Special Publication, Number.35, pp. 244.

Elliott, L. F., Lynch, J. M. and Papendick, R. I. (1996) The microbial component of soil quality. *In: Soil Biochemistry.* Stotzky, G. and Bollag, Marcel Dekker Inc., New York, pp. 1–21.

Erinç, S. (1965) *Yağış müessiriyeti üzerine bir araştırma ve yeni bir indis*, İ. Ü. Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No. 41. Baha Matbaası, İstanbul.

Erinç, S. (1984) *Klimatoloji ve Metodları*, İ.Ü. Yayın No. 3278, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayın No. 2, İstanbul.

Erol A (2004) Gümüşhane İli Köse Deresi Yağış Havzasında Toprak Oluşumunu Etkileyen Faktörlerin Hidro-Fiziksel Toprak Özellikleri Üzerindeki Etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 206 s.

Eruz, E. (1979) Toprak Tuzluluğu ve Bitkiler Üzerindeki Genel Etkileri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt 29, Sayı 2, 112–120 s.

Foth, H. D. (1984) *Fundamentals of Soil Science*, 7th Ed. John Wiley and Sons, New York, 420 pp.

Franzluebbers, A. J., Haney, R. L. and Hons, F. M. (1999a) Relationships of chloroform fumigation–incubation to soil organic matter pools. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.31, pp. 395–405.

Franzluebbers, A. J., Haney, R. L, Hons, F. M. and Zuberer, D. A. (1999b) Assessing biological soil quality with chloroform fumigation-incubation: Why subtract a control?. *Canadian Journal of Soil Science*, Vol.79, pp. 521–528.

Gabriels, D. (1999) The Effect of Slope Length on the Amount and Size Distrubition of Eroded Silt Loam Soils: Short Slope Laboratory Experiments on Interill Erosion. *Geomorphology*, Vol. 28, pp 169–172.

Garcia, F. O. and Rice, C. W. (1994) Microbial biomass dynamics in tallgrass prairie. *Soil Science Society of America Journal*, Vol.58, pp 816–823.

García-Oliva, F., Lancho, J. F. G., Montaño, N. M. and Islas, P. (2006) Soil Carbon and nitrogen dynamics followed by a forest-to-pasture conversion in western Mexico. *Agroforestry Systems*, Vol.66, pp 93–100.

Gezer, A., Gülcü, S. ve Bilir, N. (2002) Isparta Göller Yöresi Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) Orijin Denemeleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Sayı: 1, 1–18 s.

Giddens, K. M., Parfitt, R. L. and Percival, H. J. (1997) Comparison of some soil properties under *Pinus radiata* and improved pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Vol.40, pp. 409–416.

Gökbulak, F. (2003). Otlaklarda Hayvanların Geçiş Yaptığı Aşırı Derecede Çiğnenmiş Güzergahlarda Bazı Fiziksel Toprak Özelliklerinin Değişimi, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 53, Sayı 1, 39–46 s.

Gregorich, E. G., Carter, M. R., Angers, D. A., Monreal, C. M. and Ellert, B. H. (1994) Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadial Journal of Soil Science*, Vol.74, pp. 367–385.

Güçdemir, İ. H. (2006) *Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi*, Güncelleştirilmiş ve Genişletilmiş 5. Baskı, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No. 231, Teknik Yayınlar No. T. 69, Ankara, 424 s.

Gülçur, F. (1974) *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*, Kutulmuş Matbaası, İ.Ü. Yayın No. 1970, Orman Fakültesi Yayın No. 201, İstanbul, 225 s.

Halvorson, J. J., Smith, J. L. and Papendick, R. I. (1997) Issues of scale for evaluating soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol.52, pp. 26–30.

Harita Genel Komutanlığı (1984) 1:25 000 Ölçekli Zonguldak E28-c1, E28-c2, E28-c3, E28-c4 Topografik Haritaları, Ankara.

Haubensak, K. A., Harta, S. C. and Stark, J. M. (2002) Influences of chloroform exposure time and soil water content on C and N release in forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.34, pp. 1549–1562.

Hernot, J. and Robertson, G. P. (1994) Vegetation removal in two soils of the humid tropics: effect on microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.26, pp. 111–116.

Hızal, A. (1984). *Hava Fotoğrafları Yorumlamasının Havza Amenajmanı (Ova Deresi Havzası, Kocaeli) Çalışmalarında Uygulanma Olanaklarının Araştırılması*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3144, O.F. Yayın No: 341, İstanbul.

Horwath, W. R. and Paul, E. A. (1994) Microbial biomass. In: Weaver, R.W., Angle, J.S., Bottomley, P.S. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2*. Microbiological and Biochemical Properties, Soil Science Society of America Book Series, Vol.5, pp. 753–773.

Hu, S., Coleman, D. C., Carroll, C. R., Hendrix, P. P. and Beare, M. H. (1997) Labile soil carbon pools in subtropical forest and agricultural ecosystems as influenced by management practices and vegetation types. *Agriculture, Ecosystems and Environment* Vol.65, pp. 69–78.

Huber, S., Syed, B., Freudenschuss, A., Ernstsen, V. and Loveland, P. (2001) Proposal *for a European soil monitoring and assessment framework*. Technical report no. 61, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark, pp. 58.

Insam, H. (2001) Developments in soil microbiology since the mid 1960s. *Geoderma*, Vol.100, pp 389–402.

Irmak, A. (1954) *Arazide ve Laboratuvarda Toprağın Araştırılması Metodları*, İ.Ü. Yayın No. 559, Orman Fakültesi Yayın No. 27, İstanbul, 150 s.

Jaiyeoba, I. A. (2003) Channges in Soil Properties due to Continuous Cultivation in Nigerian Semiarid Savannah, *Soil and Tillage Research*, Vol. 70, pp 91–98.

Jenkinson, D. S. and Powlson, D. S. (1976) The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.8, pp 167–177.

Jenkinson, D. S. (1988) The determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: Wilson, J.R. (Ed.), *Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems*. CAB, Wallingford, England, pp. 368–386.

Jenkinson, D. S. and Ladd, J. N. (1981) Microbial Biomass in Soil Measurement and Turnover. *In Soil Biochemistry*, ed: Paul E.A., Ladds J.N., Vol 5, Marcel Dekker, Newyork, pp 415-471.

Jenkinson, D. S. (1966) Studies on the decomposition of plant material in soil. II. Partial sterilization of soil and the soil biomass. *Journal of Soil Science*, Vol.17, pp 280–302.

Jenkinson, D. S., Hart, P. B. S, Rayner, J. H. and Parry, L. C. (1987) Modelling the turnover of organic matter in long-term experiments at Rothamsted. *Intecol Bulletin*, Vol.15, pp 1–8.

Joergensen, R. G., Anderson, T. H. and Wolters, V. (1995) Carbon and nitrogen relationships in the microbial biomass of soils in beech *(Fagus sylvatica* L.) forests. *Biology and Fertility of Soils*, Vol.19, pp. 141–147.

Jörgensen, R. G. (1995) Die quantitative Bestimmung der mikrobiellen Biomasse in Böden mit der Chloroform-Fumigations-Extraktions-Methode. In: Meyer B. (Ed.), *Göttinger Bodenkundliche Berichte*, Selbstverlag Institut für Bodenwissenschaft Universität Göttingen, Vol. 104, pp. 1–229.

Kacar, B. (1995) *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri*, III. Toprak Analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara, 705 s.

Kaiser, E. A., Mueller, T., Joergensen, R. G., Insam, H. and Heinemeyer, O. (1992) Evaluations of methods to estimate the soil microbial biomass and the relationship with the soil texture and organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.24, pp. 675–683.

Kantarcı, M. D. (2000) *Toprak İlmi*, İstanbul Üniversitesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul, 420 s.

Kara, Ö. (2002) Kuzey Trakya Dağlık Yetişme Ortamı Bölgesinde Kayın, Meşe ve Karaçam Ormanlarındaki Toprak Mikrofunguslarının Mevsimsel Değişimi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 140 s.

Karagül, R. (1994) Trabzon-Söğütlüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanma Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ile Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 194 s.

Karlen, D. L. and Andrews, S. S. (2000) The soil quality concept: A tool for evaluating sustainability. *In: Soil Stresses, Quality and Care;* DIAS Report Plant Production no.38, Elmholt, S., Stenberg, B., Grønlund, A. and Nuutinen, V. (eds.), Danish Institute of Agricultural Sciences, Tjele, Denmark, pp. 15–26.

Kaya, Z. ve Başaran, S. (2006) Bartın Florasına Katkılar, *Gazi Üni. Orman Fak. Dergisi*, Cilt: 6, No: 1, ISSN= 1303–2399, Kastomonu, s. 41–63.

Kennedy, A. C. and Papendick, R. I. (1995) Microbial characteristics of soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol.50, pp.243–248.

Khomutova, T. E., Shirshova, L. T., Tinz, S., Rolland, W. and Richter, J. (2000) Mobilization of DOC from sandy loamy soils under different land use (Lower Saxony, Germany). *Plant and Soil*, Vol.219, pp. 13–19.

Klose, S. and Tabatabai, M. A. (1999) Urease activity of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.31, pp 205–211.

Korkanç, S. Y. (2003) Bartın Yöresinde Arazi Kullanım Sorunları ve Çözüm Önerileri (Iskalan Deresi Yağış Havzası Örneği), Doktora Tezi, İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 188 s.

Langmaack, M., Wiermann, C. and Schrader, S. (1999) Interrrelation Between Soil Physical Properties and Enchytraeidae Abundances Following a Single Soil Compaction in Arable Land, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, Vol.162, pp.517–525.

Li, X., Li, F., Singh, B., Rengelc, Z. and Zhan, Z. (2007) Soil management changes organic carbon pools in alpine pastureland soils . *Soil and Tillage Research,*Vol.93, pp. 186–196.

Luizao, R. C. C., Bonde, T. A. and Rosswall, T. (1992) Seasonal variation of microbial biomass the effect of clear felling in a tropical rainforest and establishment of pasture of clearfelling in a tropical rain forest and establishment of pasture in the Central Amazon. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 24, pp. 805–813.

Maithani, K., Tripathi, R. S., Arunachalam, A. and Pandey, H. N. (1996) Seasonal dynamics of microbial biomass C, N and P during regrowth of a disturbed subtropical humid forest in north-east India. *Applied Soil Ecology*, Vol.4, pp. 31–37.

Manu, A., Bationo, A. and Geiger, S. C. (1991) Fertility status of selected millet producing soils of West Africa with emphasis on phosphorus. *Soil Science*, Vol.152, pp. 315–320.

Martens, D. A., Reedy, T. E. and Lewis, D. T. (2003) Soil organic carbon content and composition of 130-year crop, pasture and forest land-use managements. *Global Change Biology*, Vol.10, pp. 65–78.

Martikainen, P. J. and Palojarvi, A. (1990) Evaluation of the fumigation-extraction method for the determination of microbial C and N in a range of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.22, pp. 297–802.

McCulley, R. L. and Burke, I. C. (2004) Microbial community composition across the Great Plains: Landscape versus regional variability. *Soil Science Society of America Journal*, Vol:68, pp.106–115.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2005) Bartın Meteoroloji İstasyonu 1975–2005 Yılları İklim Verileri, Ankara.

Murrieta, V. M. S., Govaerts, B. and Dendooven, L. (2007) Microbial biomass C measurements in soil of the central highlands of Mexico. *Applied Soil Ecology*, Vol.35, pp. 432–440.

Nannipieri, P., Grego, S. and Ceccanti, B. (1990). Ecological significance of biological activity in soil. p. 293–355. In G. Stotzky and J.-M. Bollag (ed.) *Soil biochemistry*, Vol. 6, Marcel Dekker, New York.

Neufeldt, H., Resck, D. V. S. and Ayarza, M. A. (2002) Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado Oxisols, Central Brazil. *Geoderma*, Vol.107, pp. 151–164.

Nielsen, M. N. and Winding, A. (2002) *Microorganisms as Indicators of Soil Health. National Environmental Research Institute*, Denmark. Technical Report No. 388, 84 pp.

Nkana, J. C. V. and Tonye, J. (2003) Assestment of Certain Soil Properties Related to Different Land-Use Systems in Kaya Watershed of Humid Forest Zone of Cameroon, *Land Degradation and Development*, Vol.14, pp 57–67.

Oehl, F., Sieverding, E., Ineichen, K., Mader, P., Boller, T. and Wiemken, A. (2003) Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. *Applied and Environmental Microbiology* Vol.69, pp. 2816–2824.

Okore, I. K., Eniola, H. T., Agboola, A. A. and Aiyelari, E. A. (2007) Impact of land clearing methods and cropping systems on labile soil C and N pools in the humid zone Forest of Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol.120, pp. 250–258.

Özdamar, K. (1999) *Paket Programları ile İstatistiksel Veri Analizi SPSS MINITAP*, İkinci Baskı, Kaan Kitapevi, Eskişehir, 689 s.

Özhan, S. (1977) *Belgrad Ormanı Ortadere Yağış Havzasında Ölü Örtünün Hidrolojik Bakımdan Önemli Özelliklerinin Bazı Yöresel Etmenlere Göre Değişimi*, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın NO: 2330, O.F. Yayın No: 235, İstanbul.

Özhan, S. (2004) *Havza Amenajmanı*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 481, İstanbul, 384 s.

Özyuvacı, N. (1999) *Meteoroloji ve Klimatoloji*, İ. Ü. Yayın No. 4196, Orman Fakültesi Yayın No. 460, İstanbul, 369 s.

Özyuvacı, N. (1976) *Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak-Su İlişkileri*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 221, İstanbul.

Pankhurst, C. E., Doube, B. M. and Gupta, V. V. S. R. (1997) Biological indicators of soil health: Synthesis. *In: Biological Indicators of Soil Health.* Pankhurst, C. E., Doube, B. M., and Gupta, V. V. S. R. (eds.). CAB International, pp. 419–435.

Pankhurst, C. E., Hawke, B. G., McDonald, H. J., Kirkby, C. A., Buckerfield, J. C., Michelsen, P., O'Brien, K. A, Gupta, V. V. S. R. and Doube, B. M. (1995) Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, Vol.35, pp. 1015–1028.

Parkinson, D. and Coleman, D. C. (1991) Microbial communities, activity and biomass. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol.34, pp 3–33.

Parr, J. F., Papendick, R. I., Hornick, S. B. and Meyer, R. E. (1992) Soil quality: Attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, Vol.7, pp. 5–11.

Paul, E. A. and Clark, F. E. (1996) *Soil Microbiology and Biochemistry*. 2nd edition. Academic Press, San Diego, California, 340 pp.

Perrott, K. W., Sarathchandra, S. U. and Dow, B. W. (1992) Seasonal and fertilizer on the organic cycle and microbial biomass in a hill country soil under pasture. *Australian Journal of Soil Research*, Vol.30, 383–394 pp.

Plaster, E. J. (1992) *Soil Science and Management*. Second Edition. Delmar Publishers Inc., Albany, New York, USA, 514 pp.

Powlson, D. S., Hirsch, P. R. and Brookes, P. C. (2001) The role of soil microorganisms in soil organic matter conservation in the tropics. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Vol.61, pp. 41–51.

Priha, O. and Smolander, A. (1997) Microbial biomass and activity in soil and litter under *Pinus sylvestris, Picea abies* and *Betula pendula* at originally similar field afforestation sites. *Biology and Fertility of Soils*, Vol.24, pp. 45–51.

Raiesi, F. (2007) The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol.121, pp. 309–318.

Roose, E. and Barthes, B. (2001) Organic matter management for soil conservation and productivity restoration in Africa: a contribution from francophone research. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Vol.61, pp. 159–170.

Santos, U. M. D. J., Gonçalves, J. F. D. C. and Feldpausch, T. R. (2006) Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. *Forest Ecology and Management*, Vol.226, pp. 299–309.

Sharma, P., Rai, S. C., Sharma, R. and Sharma, E. (2004) Effects of land-use change on soil microbial C, N and P in a Himalayan watershed. *Pedobiologia*, Vol.48, pp.83–92.

Shepherd, G., Bureh, R. J. and Gregory, P. J. (2000) Land use affects the distribution of soil inorganic nitrogen in smallholder production systems in Kenya. *Biology and Fertility of Soils*, Vol.31, pp. 348–355.

Singer, M. J. and Ewing, S. (2000) Soil quality. *In: Handbook of Soil Science*. Sumner, M. E. (eds.). CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 271–298.

Sparling, G. P. (1991) Organic-matter C and soil microbial biomass C as indicators of sustainable land use. *In Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World.* Volume 2: Technical Papers. Bangkok, Thailand: *International Board for Soil Research and Management*, IBSRAM Proceedings no. 12(2), pp. 563-580.

Sparling, G. P. (1992) Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal Soil Research*, Vol.30, pp. 195–207.

Stotzky, G. (1997) Soil as an environment for microbial life. *In: Modern Soil Microbiology*. van Elsas, J. D., Trevors, J. T., and Wellington, E. M. H. (eds.). Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 1–20.

Sumner, M. E. (1995) Sodic soils: new perspectives. In: Naidu, R., Sumner, M.E., Rengasamy, P. (Eds.), Australian Sodic Soils: *Distribution, Properties and Management*. CSIRO, Melbourne, pp. 1–34.

Tate, K. R., Ross, D. J. and Feltham, C. W. (1988) A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.20, pp. 329–335.

Taylor, B. R., Parkinson, D. and Parson, W. F. J. (1989) Nitrogen and lignin content as predictors of lignin decay rates: A microcosm test. *Ecology*, Vol.70, pp 97–104.

Templer, P. H., Groffman, P. M., Flecker, A. S. and Power, A. G. (2005) Land use change and soil nutrient transformations in the Los Haitises region of the Dominican Republic. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.37, pp. 215–225.

Torstensson, L., Pell, M. and Stenberg, B. (1998) Need of a strategy for evaluation of arable soil quality. *Ambio*, Vol.27, pp. 4–8.

Tracy, B. F. and Frank, D. A. (1998) Herbivore infuence on soil microbial biomass and nitrogen mineralization in a northern grassland ecosystem: Yellowstone National Park, *Oecologia*, Vol.114, pp. 556–562.

Tunlid, A. and White, D. C. (1992) Biochemical analysis, community structure, nutritional status and metabolic activity of microbial communities in soil. In: Stotzky G, Bollag JM (eds) *Soil Biochemistry*, volume 7. Marcel Dekker, New York, pp 229–262.

Türüdü, Ö. A. (1981) Trabzon İli Hamsiköyü Yöresindeki Yüksek Arazide Aynı Bakıda Bulunan Ladin Ormanı, Kayın Ormanı, Çayır ve Mısır Tarlası Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılmalı Olarak Araştırılması, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, Fakülte Yayın No: 13, Trabzon.

Upadhyaya, K., Arunachalam, K. and Arunachalam, A. (2004) Microbial C, N and P in Soils of Phyllostachys bambusoides plantation and Pinus roxburghii forest in Arunachal Pradesh, India. *Journal of Tropical Forest Science*, Vol.16(2), pp. 260–264.

URL–1 (2007), http://www.esri.com, ArcMap V 9.1 Proğramı, (20 Haziran 2007).

Usta, A. (2002) 6831 Sayılı Orman Kanunu'nun 2/B Maddesiyle Orman Sınırı Dışına Çıkarılan Yerlerin Kimi Ekolojik Özelliklere Göre İrdelenmesi (Ordu-Ünye), Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 136 s.

Vance, E. D., Brookes, P. C. and Jenkinson, D. S. (1987a) An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.19, pp. 703–707.

Vance, E. D., Brookes, P. C. and Jenkinson, D. S. (1987b) Microbial biomass measurements in forest soils: The use of the chloroform fumigation incubation method for strongly acid soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.19, pp. 697–702.

Varela, M. E., De-Blas, E. and Benito, E. (2001) Physical Soil Degradation Induced by Deforestation and Slope Modification in a Temperate-Humid Environment, *Land Degradaton and Development*, Vol. 12, Issue 5, pp. 477–484.

Walker, S. M. and Desanker, P. V. (2004) The impact of land use on soil carbon in Miombo Woodlands of Malawi, *Forest Ecology and Management*, Vol.203, pp. 345–360.

Wienhold, B. J., Henrickson, and Karn, J. F. (2001) Pasture Management Influences on Soil Properties in the Northern Great Plains. *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol 56, Number 1, pp. 27–31.

Wichern, J., Wichern, F. and Joergensen, R. G. (2006) Impact of salinity on soil microbial communities andthe decomposition of maize in acidic soils. *Geoderma*, Vol.137, pp. 100–108.

Williams, A. G., Ternan, J. L., Fitzjohn, C., Alba, S. and Perezgonzalez, A. (2003) Soil Moisture Variability and Land Use in a Temperate-Humid Environment. *Land Degradation and Development*, Vol. 12, pp. 477–484.

Wright, A. L., Hons, F. M. and Jr-Matocha, J. E. (2005) Tillage impacts on microbial biomass and soil carbon and nitrogen dynamics of corn and cotton rotations. *Applied Soil Ecology*, Vol.29, pp. 85–92.

Yatkın, H. (1996) Amasra Yöresi Florsitik Kompozisyonu, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Bartın.

Yeates, G. W. and Saggar, S. (1998) Comparison of soil microbial properties and fauna under tussock-grassland and pine plantation. *Journal of The Royal Society of New Zealand*, Vol. 28, Number 3, pp. 523–535.

Yılmaz, F. (2007) Erfelek Barajı Yağış Havzasında (Sinop) Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Hidro-Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi A.İ.B.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu 115 s.

Yılmaz, H. Y. (2001) Bartın Kenti ve Yakın Çevresinde Biyotopların Haritalanması, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 189 s.

Yuan, B. C., Li, Z. Z., Liu, H., Gao, M. and Zhang, Y. Y. (2007) Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions. *Applied Soil Ecology*, Vol.35, pp. 319–328.

Zhong, L. and Qiguo, Z. (2001) Organic carbon content and distribution in soils under different land uses in tropical and subtropical China. *Plant and Soil*, Vol.231, pp. 175–185.

Zhong, Z. and Makeschin, F. (2006) Differences of soil microbial biomass and nitrogen transformation under two forest types in central Germany. *Plant and Soil*, Vol.283, pp.287–297.

ÖZGEÇMİŞ

İlyas BOLAT 1980'de Ordu ili, Akkuş ilçesinde doğdu; İlk ve orta öğrenimini Giresun'un Görele ilçesinde tamamladı. Görele Lisesi'nden mezun olduktan sonra 1997 yılında KTÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü'ne girdi; 2001'de mezun olduktan sonra aynı yıl KTÜ Yabancı Dil Hazırlık Okulunda bir yıl süreyle İngilizce eğitimi aldı. 2005 yılında ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı. 2005 yılında Orman Mühendisliği Bölümü, Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Halen yüksek lisans öğrenimine devam etmekte olan İlyas BOLAT İngilizce bilmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Bartın Orman Fakültesi
Orman Mühendisliği Bölümü
74100 Ağdacı/BARTIN

Tel: (378) 227 74 22/266
E-posta: ilyasbolat@karaelmas.edu.tr