



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**MEŞE VE GÜRGEN MEŞCERELERİNDE
ARALAMANIN TOPRAK SOLUNUMU VE
MİKROBİYAL SOLUNUM ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Orm. Yük. Müh. Serdar AKBURAK
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Toprak İlimi ve Ekoloji Programı**

**Danışman
Prof. Dr. Ender MAKİNECİ**

Haziran, 2013

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**MEŞE VE GÜRGEN MEŞCERELERİNDE
ARALAMANIN TOPRAK SOLUNUMU VE
MİKROBİYAL SOLUNUM ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Orm. Yük. Müh. Serdar AKBURAK
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Toprak İlimi ve Ekoloji Programı**

**Danışman
Prof. Dr. Ender MAKİNECİ**

Haziran, 2013

İSTANBUL

Bu çalışma 27/06/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliğı Anabilim Dalı Toprak İlimi ve Ekoloji programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

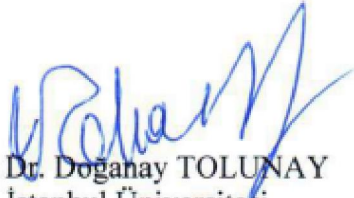
Tez Jürisi



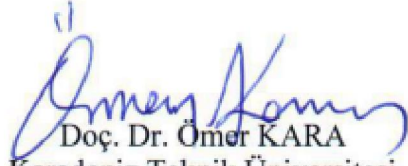
Prof. Dr. Ender MAKİNECİ (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Prof. Dr. M. Ömer KARAÖZ
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Doç. Dr. Ömer KARA
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Orman Fakültesi



Doç. Dr. Kürşad ÖZKAN
Süleyman Demirel Üniversitesi
Orman Fakültesi

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin T9652 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Meşe ve gürgen meşcerelerinde aralamanın toprak solunumu ve mikrobiyal solunum üzerine etkilerinin incelenmesi başlıklı bu çalışma, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programında 2010 – 2013 yılları arasında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora tezimin konusunun belirlenmesinden arazi ve laboratuvar çalışmalarının tamamlanmasına kadar danışmanlık görevini yerine getiren ve çalışmalarımızın yönlendirilmesinde her türlü yardımı ve desteği esirgemiyen değerli hocam Prof. Dr. Ender MAKİNECİ'ye şükranlarımı sunarım.

Başta İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. M. Ömer KARAÖZ olmak üzere Anabilim Dalında görev yapan değerli hocalarım Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY, Doç. Dr. Orhan SEVGİ, Doç. Dr. Barış TECİMEN ile çalışma arkadaşlarım Araş. Gör. Meriç ÇAKIR ve Araş. Gör. Alper Gün ÖZTURNA'ya gerek arazide gerek laboratuvar çalışmalarında sağlamış oldukları yardımları için her birine ayrı ayrı teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarında yardımlarıyla katkıda bulunan Orman Mühendisi Hamza KESKİN, Ayça GÜVEN, Soner OKTAY, Harun Atilla TULGA, Ufuk ÖZKAN, Ali KEKLİK ve Orman Mühendisliği Bölümü öğrencileri Fatih TÜRK, Serhat MERCAN, Merve CAVLAK ve Gözde ÖZAY'a teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen eşim Yeter AKBURAK'a ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2013

Serdar AKBURAK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ	xi
SEMBOL LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	5
2.1. TOPRAK VE MİKROBİYAL SOLUNUMUNUN ÖNEMİ	5
2.2. TOPRAK SOLUNUMU VE MİKROBİYAL SOLUNUMU ETKİLEYEN BAŞLICA FAKTÖRLER	9
2.3. ORMAN EKOSİSTEMİNDE ARALAMANIN ÖNEMİ VE ETKİLERİ.....	18
2.4. MEŞE VE GÜRGEN'İN ÖNEMİ	33
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	35
3.1. ARAŞTIRMA ALANININ YETİŞME ORTAMI ÖZELLİKLERİ.....	35
3.1.1. Mevki	35
3.1.2. İklim.....	36
3.1.3. Bitki Örtüsü.....	37
3.1.4. Jeolojik Temel ve Toprak	38
3.2. YÖNTEM	39
3.2.1. Örnek Alanların Seçimi ve Deneme Deseni	39
3.2.2. Toprak Solunum Örneklerinin Alımı.....	41
3.2.3. Mikrobiyal Solunum Örneklerinin Alımı	43
3.2.4. Toprak Sıcaklığı ve Toprak Nemi Ölçümleri	43

3.2.5. Toprak Örneği Alımı.....	44
3.2.6. Diri Örtü ve Ölü Örtü Örneklerinin Alımı.....	44
3.2.7. İnce Kök Örneklerinin Alımı.....	45
3.3. LABORATUAR İŞLEMLERİ.....	46
3.3.1. Toprak Solunum Örneklerinin Hazırlanması.....	46
3.3.2. Mikrobiyal Solunumun Belirlenmesi.....	47
3.3.3. Toprak Örneklerinde Yapılan Analizler.....	49
3.3.4. Ölü Örtü ve Diri Örtü Örneklerinde Yapılan Analizler.....	50
3.3.5. İnce Kök Örneklerinin Ayıklanması.....	51
3.4. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME.....	52
4. BULGULAR.....	53
4.1. MEŞE ARAŞTIRMA ALANINA AİT BULGULAR.....	53
4.1.1. Ölü Örtü.....	53
4.1.2. Diri Örtü.....	60
4.1.3. Toprak.....	63
4.1.4. İnce Kök Kütlesi.....	68
4.1.5. Toprak Solunumu.....	69
4.1.6. Mikrobiyal Solunum.....	70
4.1.7. Yıllara Göre Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler Arasındaki Korelasyon Analizi Bulguları.....	71
4.1.7.1. Aralama Alanları.....	71
4.1.7.2. Kontrol Alanları.....	79
4.2. GÜRGEN ARAŞTIRMA ALANLARINA AİT BULGULAR.....	86
4.2.1. Ölü Örtü.....	86
4.2.2. Diri Örtü.....	92
4.2.3. Toprak.....	96
4.2.4. İnce Kök Kütlesi.....	101
4.2.5. Toprak Solunumu.....	102
4.2.6. Mikrobiyal Solunum.....	103
4.2.7. Yıllara Göre Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler Arasındaki Korelasyon Analizi Bulguları.....	104
4.2.7.1. Aralama Alanları.....	104
4.2.7.2. Kontrol Alanları.....	112

5. TARTIŞMA VE SONUÇ	119
5.1. ÖLÜ ÖRTÜ	119
5.2. DİRİ ÖRTÜ	121
5.3. TOPRAK ÖZELLİKLERİ.....	123
5.4. İNCE KÖK KÜTLESİ.....	127
5.5. TOPRAK SOLUNUMU	128
5.6. MİKROBİYAL SOLUNUM	132
KAYNAKLAR	140
EKLER.....	161
EK 1. 2010-2011 yılı meşe aralama alanları korelasyon analiz sonuçları.....	162
EK 2. 2011-2012 yılı meşe aralama alanları korelasyon analiz sonuçları.....	162
EK 3. 2010-2012 yılı meşe aralama alanları korelasyon analiz sonuçları.....	163
EK 4. 2010-2011 yılı meşe kontrol alanları korelasyon analiz sonuçları.....	163
EK 5. 2011-2012 yılı meşe kontrol alanları korelasyon analiz sonuçları.....	164
EK 6. 2010-2012 yılı meşe kontrol alanları korelasyon analiz sonuçları.....	164
EK 7. 2010-2011 yılı gürgen aralama alanları korelasyon analiz sonuçları.....	165
EK 8. 2011-2012 yılı gürgen aralama alanları korelasyon analiz sonuçları.....	165
EK 9. 2010-2012 yılı gürgen aralama alanları korelasyon analiz sonuçları.....	166
EK 10. 2010-2011 yılı gürgen kontrol alanları korelasyon analiz sonuçları.....	166
EK 11. 2011-2012 yılı gürgen kontrol alanları korelasyon analiz sonuçları.....	167
EK 12. 2010-2012 yılı gürgen kontrol alanları korelasyon analiz sonuçları.....	167
EK 13. 2010-2011 yılı meşe aralama alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları....	168
EK 14. 2011-2012 yılı meşe aralama alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları....	168
EK 15. 2010-2012 yılı meşe aralama alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları....	168
EK 16. 2010-2011 yılı meşe kontrol alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları....	169
EK 17. 2011-2012 yılı meşe kontrol alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları....	169
EK 18. 2010-2012 yılı meşe kontrol alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları....	169
EK 19. 2010-2011 yılı gürgen aralama alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları..	170
EK 20. 2011-2012 yılı gürgen aralama alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları..	170
EK 21. 2010-2012 yılı gürgen aralama alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları..	170
EK 22. 2010-2011 yılı gürgen kontrol alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları..	171
EK 23. 2011-2012 yılı gürgen kontrol alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları..	171

EK 24. 2010-2012 yılı gürgen kontrol alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları..	171
EK 25. 2010-2011 yılı analiz sonuçları	172
EK 26. 2011-2012 yılı analiz sonuçları	173
EK 27. 2010-2012 yılı analiz sonuçları	174
EK 28. 2010-2011 yılı karbon ve azot sonuçları	175
EK 29. 2011-2012 yılı karbon ve azot sonuçları	177
EK 30. 2010-2012 yılı karbon ve azot sonuçları	179
ÖZGEÇMİŞ	181

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Toprak solunumu ve ekosistem solunumu	7
Şekil 3.1: Araştırma alanlarının coğrafi konumu.	36
Şekil 3.2: Araştırma alanına ait meşcere kapalılığı (göl 2012).	38
Şekil 3.3: Örnek alanların aralamadan önceki görünüşü.	40
Şekil 3.4: Örnek alanların aralamadan sonraki görünüşü.	41
Şekil 3.5: Örnekleme matrisleri.	43
Şekil 3.6: Arazide solunum örnekleme.	43
Şekil 3.7: Toprak sıcaklığı ölçümü.	44
Şekil 3.8: Diri örtü ve ölü örtü örneklerinin alımı.	45
Şekil 3.9: Kök örneklerinin alımı.	45
Şekil 3.10: Solunum örnekleme için hazırlanan kavanozların kurutulması.	46
Şekil 3.11: Kapalı cam şişelerde mikrobiyal solunum için inkübasyon işlemi.	48
Şekil 3.12: Mikrobiyal solunum ölçümü için hazırlanan çözeltiler.	49
Şekil 3.13: a) Kök örneklerinin kurutulması, b) kök örneklerinin elenmiş hali, c) kök örneklerinin ayrımı.	51
Şekil 4.1: Meşe örnek alanlarının ölü örtü miktarının zamansal değişimi	53
Şekil 4.2: Meşe örnek alanlarının ölü örtü azot içeriğinin zamansal değişimi	57
Şekil 4.3: Meşe örnek alanlarının ölü örtü azot miktarının zamansal değişimi	58
Şekil 4.4: Meşe örnek alanlarının ölü örtü karbon içeriğinin zamansal değişimi	58
Şekil 4.5: Meşe örnek alanlarının ölü örtü karbon miktarının zamansal değişimi	59
Şekil 4.6: Meşe örnek alanlarının ölü örtü karbon/azot oranının zamansal değişimi	59
Şekil 4.7: Meşe örnek alanlarının diri örtü miktarının zamansal değişimi	60
Şekil 4.8: Meşe örnek alanlarının diri örtü azot içeriğinin zamansal değişimi.	61
Şekil 4.9: Meşe örnek alanlarının diri örtü azot miktarının zamansal değişimi	61
Şekil 4.10: Meşe örnek alanlarının diri örtü karbon içeriğinin zamansal değişimi	62
Şekil 4.11: Meşe örnek alanlarının diri örtü karbon miktarının zamansal değişimi	62
Şekil 4.12: Meşe örnek alanlarının diri örtü karbon/azot oranının zamansal değişimi ..	63

Şekil 4.13: Meşe örnek alanlarının toprak nem oranının zamansal değişimi.....	64
Şekil 4.14: Meşe örnek alanlarının toprak sıcaklığının zamansal değişimi.....	64
Şekil 4.15: Meşe örnek alanlarının toprak asitliğinin zamansal değişimi	65
Şekil 4.16: Meşe örnek alanlarının hacim ağırlığının zamansal değişimi	65
Şekil 4.17: Meşe örnek alanlarının toprak azot içeriğinin zamansal değişimi	66
Şekil 4.18: Meşe örnek alanlarının üst toprak azot miktarının zamansal değişimi	66
Şekil 4.19: Meşe örnek alanlarının üst toprak karbon içeriğinin zamansal değişimi	67
Şekil 4.20: Meşe örnek alanlarının üst toprak karbon miktarı zamansal değişimi	67
Şekil 4.21: Meşe örnek alanlarının üst toprak karbon/azot oranının zamansal değişimi	68
Şekil 4.22: Meşe örnek alanlarının ince kök kütlelerinin zamansal değişimi	69
Şekil 4.23: Meşe örnek alanlarının toprak solunumunun zamansal değişimi	70
Şekil 4.24: Meşe örnek alanlarının toprak mikrobiyal solunumunun zamansal değişimi	70
Şekil 4.25: Meşe örnek alanlarının ölü örtü mikrobiyal solunumunun zamansal değişimi	71
Şekil 4.26: 2010-2011 yılı meşe aralama alanına ait toprak solunumu ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları	72
Şekil 4.27: 2011-2012 yılı meşe aralama alanına ait toprak solunumu ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları	73
Şekil 4.28: 2010-2012 yılı meşe aralama alanına ait toprak solunumu ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları	74
Şekil 4.29: 2010-2011 yılı meşe aralama alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	75
Şekil 4.30: 2011-2012 yılı meşe aralama alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	75
Şekil 4.31: 2010-2012 yılı meşe aralama alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	76
Şekil 4.32: 2010-2011 meşe aralama alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	77
Şekil 4.33: 2011-2012 yılı meşe aralama alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	78
Şekil 4.34: 2010-2012 yılı meşe aralama alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	78
Şekil 4.35: 2010-2011 yılı meşe kontrol alanına ait toprak solunumu ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları	79
Şekil 4.36: 2011-2012 yılı meşe kontrol alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları	80

Şekil 4.37: 2010-2012 yılı meşe kontrol alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları	81
Şekil 4.38: 2010-2011 yılı meşe kontrol alanına ait toprak mikrobiyal solunumve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	82
Şekil 4.39: 2011-2012 yılı meşe kontrol alanına ait toprak mikrobiyal solunumve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	83
Şekil 4.40: 2010-2012 yılı meşe kontrol alanına ait toprak mikrobiyal solunumve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	83
Şekil 4.41: 2010-2011 meşe kontrol alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	84
Şekil 4.42: 2011-2012 yılı meşe kontrol alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunumve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	85
Şekil 4.43: 2010-2012 yılı meşe kontrol alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	85
Şekil 4.44: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü miktarının zamansal değişimi.....	86
Şekil 4.45: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü azot içeriğinin yıllara göre değişimi	90
Şekil 4.46: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü azot miktarının yıllara göre değişimi.....	91
Şekil 4.47: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü karbon içeriğinin yıllara göre değişimi	91
Şekil 4.48: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü karbon miktarının yıllara göre değişimi.....	92
Şekil 4.49: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü karbon/azot oranının yıllara göre değişimi	92
Şekil 4.50: Gürgen örnek alanlarının diri örtü miktarının zamansal değişimi	93
Şekil 4.51: Gürgen örnek alanlarının diri örtü azot içeriğinin zamansal değişimi	94
Şekil 4.52: Gürgen örnek alanlarının diri örtü azot miktarının zamansal değişimi.....	94
Şekil 4.53: Gürgen örnek alanlarının diri örtü karbon içeriğinin zamansal değişimi.....	95
Şekil 4.54: Gürgen örnek alanlarının diri örtü karbon miktarının zamansal değişimi. ..	96
Şekil 4.55: Gürgen örnek alanlarının diri örtü karbon/azot oranının zamansal değişimi	96
Şekil 4.56: Gürgen örnek alanlarının toprak nem oranının zamansal değişimi.....	97
Şekil 4.57: Gürgen örnek alanlarının toprak sıcaklığının zamansal değişimi	97
Şekil 4.58: Gürgen örnek alanlarının toprak asitliğinin zamansal değişimi	98
Şekil 4.59: Gürgen örnek alanlarının hacim ağırlığının zamansal değişimi.....	98
Şekil 4.60: Gürgen örnek alanlarının toprak azot içeriğinin zamansal değişimi.....	99
Şekil 4.61: Gürgen örnek alanlarının üst toprak azot miktarının zamansal değişimi	99
Şekil 4.62: Gürgen örnek alanlarının üst toprak karbon içeriğinin zamansal değişimi	100

Şekil 4.63: Gürgen örnek alanlarının üst toprak karbon miktarının zamansal değişimi.....	101
Şekil 4.64: Gürgen örnek alanlarının üst toprak karbon/azot oranının zamansal değişimi.....	101
Şekil 4.65: Gürgen örnek alanlarının ince kök kütlesinin zamansal değişimi.....	102
Şekil 4.66: Gürgen örnek alanlarının toprak solunumunun zamansal değişimi.....	103
Şekil 4.67: Gürgen örnek alanlarının toprak mikrobiyal solunumunun zamansal değişimi.....	104
Şekil 4.68: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü mikrobiyal solunumunun zamansal değişimi.....	104
Şekil 4.69: 2010-2011 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	105
Şekil 4.70: 2011-2012 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	106
Şekil 4.71: 2010-2012 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	107
Şekil 4.72: 2010-2011 yılı gürgen aralama alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	108
Şekil 4.73: 2011-2012 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	109
Şekil 4.74: 2010-2012 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	109
Şekil 4.75: 2010-2011 yılı gürgen aralama alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	110
Şekil 4.76: 2011-2012 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	111
Şekil 4.77: 2010-2012 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	111
Şekil 4.78: 2010-2011 yılı gürgen kontrol alanına ait solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	112
Şekil 4.79: 2011-2012 yılı gürgen kontrol alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	113
Şekil 4.80: 2010-2012 yılı gürgen kontrol alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	114
Şekil 4.81: 2010-2011 yılı gürgen kontrol alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	115
Şekil 4.82: 2011-2012 yılı gürgen kontrol alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	116
Şekil 4.83: 2010-2012 yılı gürgen kontrol alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	116

Şekil 4.84: 2010-2011 gürgen kontrol alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	117
Şekil 4.85: 2011-2012 gürgen kontrol alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	118
Şekil 4.86: 2010-2012 gürgen kontrol alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları.....	118

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Bahçeköy Meteoroloji İstasyonuna ait bazı iklim verileri (1980-2009).....	37
Tablo 3.2: Örnek alanlardaki hektardaki ağaç sayısı ve diğer değişkenler.....	40
Tablo 4.1: 2010 - 2011 yılı meşe alanlarına ait tanımlayıcı istatistik ve t-testi sonuçları.....	54
Tablo 4.2: 2011 - 2012 yılı meşe alanlarına ait tanımlayıcı istatistik ve t-testi sonuçları.....	55
Tablo 4.3: 2010 - 2012 yılı meşe alanlarına ait tanımlayıcı istatistik ve t-testi sonuçları.....	56
Tablo 4.4: Ekim 2010 - 2011 yılı gürgen alanlarına ait tanımlayıcı istatistik ve t-testi sonuçları.....	87
Tablo 4.5: 2011 - 2012 yılı gürgen alanlarına ait tanımlayıcı istatistik ve t-testi sonuçları.....	88
Tablo 4.6: 2010 - 2012 yılı gürgen alanlarına ait tanımlayıcı istatistik ve t-testi sonuçları.....	89

SEMBOL LİSTESİ

AKA	: Arazide soda-kirecin kazandığı ağırlık
AKS	: Soda-kirecin arazide kalma süresi
C	: Karbon
cm	: Santimetre
cm³	: Santimetre küp
C/N	: Karbon/Azot oranı
CaOH	: Kalsiyum hidroksit
C_{mic}	: Mikrobiyal biyokütle karbon
CO₂	: Karbon dioksit
DÖM	: Diri örtü miktarı
d_{wt}	: 1 gram nemli toprağın kuru ağırlığı
g	: Gram
GA	: Gürgen aralama
GK	: Gürgen kontrol
Gt	: Gigaton
h	: İnkübasyon süresi (saat)
ha	: Hektar
HCl	: Hidro klorik asit
İTA	: İnce toprak ağırlığı
m	: Metre
m²	: Metre kare
MA	: Meşe aralama alanı
mg	: Miligram
mm	: Mili metre
µg	: Mikrogram
MK	: Meşe kontrol alanı
N	: Azot
NaOH	: Sodyum hidroksit
N_{mic}	: Mikrobiyal biyokütle azot
OC	: Organik karbon
ÖMS	: Ölü örtü mikrobiyal solunumu
ÖÖM	: Ölü örtü miktarı
Pg	: Pentagram
Sa	: Saat
SKA	: Standart kavanozlardaki soda-kirecin kazandığı ağırlık
TD	: Toprak derinliği
TMS	: Toprak mikrobiyal solunumu
TS	: Toprak solunumu
V	: Titrasyonda örnek için harcanan hidroklorik asitin miktarı
V_o	: Titrasyonda kör için harcanan hidroklorik asitin miktarı

ÖZET

MEŞE VE GÜRGEN MEŞCELERİNDE ARALAMANIN TOPRAK SOLUNUMU VE MİKROBİYAL SOLUNUM ÜZERİNE ETKİLERİ

Bitki kökleri ve organizma faaliyetleri tarafından gerçekleştirilen ayrışma süresince CO₂ emisyonunu içeren toprak solunumu karbon döngüsünün temel sürecidir ve toprakta bağlanan karbonun atmosfere dönmesinde temel yolu temsil eder.

Bu çalışmada İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Eğitim ve Araştırma Ormanında 2010 – 2012 yılları arasında meşe (*Quercus franietto*) ve gürgen (*Carpinus betulus*) meşcerelerinde yapılan aralama uygulamasının toprak solunumunun ve mikrobiyal solunum üzerine etkileri izlenmiştir. Her bir tür için iki aralama ve iki kontrol alanı belirlenmiştir. Aralama yapılan alanlarda meşcere ağaç göğüs yüzeyinin % 50'si çıkarılmıştır. Araştırmada toprak solunumu ve mikrobiyal solunum üzerinde etkili olan başlıca faktörler (toprak sıcaklığı, nemi, karbon içeriği, azot içeriği, pH, diri örtü miktarı, ölü örtü miktarı ve ince kök kütlesi) incelenmiştir. Toprak solunum ölçümleri soda kireci yöntemine göre iki ayda bir yapılmıştır. Mikrobiyal solunum ölçümleri hem toprak hem de ölü örtü için inkübasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonucunda toprak solunum değerinin meşe türünde aralanan (1,92 g C/m²/gün) ve aralanmayan (1,79 g C/m²/gün) alanlar arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı olduğu bulunmuştur. Gürgen alanlarında ise aralanan (1,76 g C/m²/gün) ve aralanmayan (1,72 g C/m²/gün) alanlar arasında toprak solunumu açısından bir fark belirlenmemiştir. Toprak solunumu her iki türde de ölçüm periyodu boyunca başlangıca göre azalma göstermiştir. Fakat aralama alanlarında kontrol alanlarından daha yüksektir. Toprak solunumunun diri örtü miktarı, toprak sıcaklığı ve ince kök miktarı ile doğrusal ilişki gösterdiği ortaya konmuştur.

Toprak mikrobiyal solunumu iki yılın tamamı değerlendirildiğinde hem meşe hemde gürgen aralama alanlarında kontrol alanlarına nazaran daha yüksek olmasına rağmen anlamlı fark yoktur. Ölü örtü mikrobiyal solunumu hem meşe hem de gürgen kontrol alanlarında aralama yapılan alanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Toprak mikrobiyal solunumu aralama alanlarında toprak pH'sı ve toprak azot içeriği ile doğrusal ilişki göstermiştir. Ölü örtü mikrobiyal solunumu ölü örtü karbon içeriği ve ölü örtü karbon/azot oranı ile doğrusal ilişki göstermiştir.

Araştırma sonucu değerlendirmesine göre toprak solunumu üzerinde ana faktör olarak diri örtü miktarı ön plana çıkmıştır. Ayrıca toprak mikrobiyal solunumu açısından azotun ve pH'nın sınırlayıcı faktörler olduğu belirlenmiştir.

SUMMARY

THE EFFECTS OF THINNING ON SOIL RESPIRATION AND MICROBIAL RESPIRATION IN OAK AND HORNBEAM STANDS

Soil respiration, which involves the emission of CO₂ during the decomposition of organic matter carried out by the metabolic activity of the plant roots and soil microorganisms, is a fundamental process in the carbon cycle and represents the main pathway whereby carbon fixed by the soil is returned to the atmosphere.

In this study, effects of thinning on oak (*Quercus franietto*) and hornbeam (*Carpinus betulus*) stands were examined between 2010 – 2012 years in Research Forest of Faculty of Forestry, Istanbul University we determined two thinning areas and two control areas under each tree species. Thinning reduced tree density by 50 % of basal area. This research is being focused on the main factors (soil temperature, moisture, carbon content, nitrogen content, ground cover biomass, forest floor and fine root biomass) which are effective on the soil respiration and microbial respiration. Soil respiration was measured bimonthly with the soda-lime method. Microbial respiration was measured for soil and forest floor with incubation method.

The research results of annual average respiration value were significantly higher in thinned areas (1,92 g C/m²/day) than in control areas (1,79 g C/m²/day) in oak stands. On the contrary, soil respiration were not significantly different between thinned areas (1,76 g C/m²/day) and control areas (1,72 g C/m²/day) in hornbeam stands. During research period, soil respiration decreased from baseline in both oak and hornbeam stands. Soil respiration higher in thinned areas compared to control areas. Soil respiration was linear correlations with ground cover biomass, soil temperature and fine root biomass during two years in each tree species.

Soil microbial respiration were not significantly different despite of higher in thinned areas than control areas in oak and hornbeam stands evaluated in a two-year full time. Microbial respiration of forest floor in control areas significantly higher than thinned areas in oak and hornbeam stands Soil microbial respiration was linear correlations with soil nitrogen content and soil acidity while forest floor microbial respiration was linear correlations with carbon content and carbon/nitrogen ratio of forest floor.

In conclusion, ground cover biomass was main factor directing soil respiration in the stands. In addition, soil nitrogen content and soil acidity were limited factors for soil microbial respiration.

1. GİRİŞ

Toprak solunumu; topraktaki çeşitli mikroorganizma faaliyetleri ve bitki köklerinden çıkan CO₂'in zamansal ve mekansal faktörler altında değişerek atmosfere verilmesi olarak ifade edilebilir (Akburak 2008). Bitki kökleri ve organizma faaliyetleri tarafından gerçekleştirilen ayrışma süresince CO₂ emisyonunu içeren toprak solunumu karbon döngüsünün temel sürecidir (Fernandez ve diğ. 2006) ve toprakta fikse edilmiş karbonun atmosfere dönmesinde temel yolu temsil etmektedir (Miralles ve diğ. 2012).

Topraklar karasal ekosistemlerdeki temel organik karbon havuzudur (Schlesinger ve Andrews 2000) ve temsil ettiği kaynakla karbon döngüsüne katkı sağlamaktadır. Toprak solunumu atmosferle CO₂ akışında önemli yere sahiptir (Schlesinger ve Andrews 2000, Bauer ve diğ. 2011). Toprak solunumunun 64-72 Gt C yıl olduğu tahmin edilmektedir, atmosfere salınan yıllık CO₂-C'nun % 20 – 40'nın kara ve deniz ekosistemlerinden kaynaklandığı hesaplanmıştır (Houghton ve Woodwell 1989, Raich ve Schlesinger 1992, Ferréa ve diğ. 2012).

Toprak solunumu; karbon birikimi, toprak kalitesi, organik madde içeriği üzerindeki etkisi ile ormancılık uygulaması yapılan ve yapılmayan alanlardaki karbon akışının temelini oluşturur (Samuelson ve diğ. 2009) ve orman ekosistemlerinden serbest kalan CO₂'in % 60 – 70'in den sorumludur (Malhi ve diğ. 1999, Steinmann ve diğ. 2004). Sonuç olarak, topraklar küresel karbon döngüsünde başlıca role sahiptir (Levy-Varon ve diğ. 2012).

Ayrıca, toprak solunumundaki küçük değişimler bile atmosferdeki CO₂ miktarını etkileme potansiyeline sahiptir (Jenkinson ve diğ. 1991). Yer altı karbon döngüsünü kontrol eden faktörleri anlamak küresel karbon bütçesini tahmin etmek için önemlidir (Butler ve diğ. 2011).

Toprak solunumunu oluşturan bileşenlerin ortaya konması için yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde mevsime ve vejetasyon tipine bağlı olarak kök (autrofik) solunumunun toplam solunuma katkısının % 10 ile % 90 arasında olduğu ortaya konulmaktadır (Hanson ve diğ. 2000). Toprak solunumunu oluşturan kaynakların yıllık toprak solunumuna katkısı ormansız vejetasyon ve ormanlar için % 45,8 ve % 60,4 oranındadır. Subke ve diğ. (2006) yaptıkları değerlendirmede ılıman ormanlarda yıllık kök (autrofik solunumu) solunumunun toplam solunuma katkısını % 6 ve % 71 arasında olduğunu ortaya koymuşlardır. Yapılan bir çalışmada mikrobiyal (heterotrofik solunum) solunumun toplam yıllık toprak solunumunun % 66'sını meydana getirdiği bulunmuştur (Ferréa ve diğ. 2012).

Toprak solunumu topraktaki mikrobiyal aktivitenin miktarı için en yaygın kullanılan parametrelerden biridir (Alef 1995). Çünkü CO₂'in serbest kalması toprak kalitesinin temel göstergelerinden biridir (Cañizales-Paredes ve diğ. 2012). Ayrıca mikrobiyal biyokütle, metabolik katsayısı ve topraktaki enzim aktivitesi toprak kalitesindeki değişimler için önemli göstergedir (Bååth 1989, Anderson ve Domsch 1990, Brookes 1995, Wardle ve Ghani 1995, Giller ve diğ. 1998, Fernandes ve diğ. 2005). Bu parametreler topraktaki organik maddenin durumunu ve mikrobiyal aktiveyi izlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Vanhalala ve diğ. 2005, Cañizales-Paredes ve diğ. 2012).

Mikrobiyal solunum küresel karbon döngüsünde önemli bir akıştır. Mikrobiyal solunumunun toprak sıcaklığına ve toprak nem içeriğine cevap verme fonksiyonlarının tam bilinmesi toprak karbon döngüsünün güvenilir tahminleri için önemlidir (Bauer ve diğ. 2011)

Mikrobiyal solunum topraktaki organik bileşiklerin biyolojik ayrışması ile ilişkili olan toprak mikro florasının aktivitesini yansıtır (Brohon ve diğ. 2001, Jiang ve diğ. 2009).

Mikroorganizmalar bitki üretkenliği, besin döngüsü, organik madde ayrışması gibi ekosistem süreçlerini yönlendiren başlıca toprak ayrıştırıcılarıdır (Pandey ve Singh 2004, Devare ve diğ. 2007, Eisenhauer ve diğ. 2009).

Toprak organik maddesinin mikrobiyal ayrıştırılması karasal ekosistemlerdeki CO₂ akışının temel sürecidir ve iklim değişimine geri besleme olarak etki eder. İklim ve karbon modelleri atmosfer yüzeyindeki sıcaklık artışının toprak CO₂'nin serbest kalmasını hızlandıracağını öngörmesine rağmen bu geri beslenmenin büyüklüğü belirsizdir ve çoğunlukla organik madde ayrışmasında mikroorganizmaların sıcaklığa karşı gösterdiği hassasiyetdeki belirsizlikten kaynaklanır (Suseela ve diğ. 2012).

Toprağın mikrobiyolojik aktivitesi; mineralizasyon, çözünme, mobilizasyon ve besin varlığı için temeldir. Aynı topraktaki bu aktiviteyi farklı kullanımlar etkiler ve topraktaki mikrobiyolojik aktivitenin durumunu bu bakımdan bilmek önemlidir (Borie ve diğ. 1999, Johnson ve diğ. 2003, Cañizales-Paredes ve diğ. 2012).

Mikrobiyal aktivite kuvvetli şekilde topraklara ve toprak organik madde varlığına dayalıdır. Bundan dolayı toprak taneciklerindeki mikroorganizmaların gruplaşması organik karbon dinamiklerinde anahtar rol oynar, çünkü organik maddeye biyolojik erişim ayrışma için önkoşuldur, kısmen ayrılmış organik materyalin varlığı mikrobiyal aktiviteyi teşvik eder (Lagomarsino ve diğ. 2012).

Mikrobiyal özellikler ve enzim aktiviteleri orman toprakları üzerinde toprak uygulamalarının etkilerini değerlendirmede yardımcı indikatörlerdir. Çünkü çevresel değişkenliğe çabuk bir şekilde tepki verirler (Zimmermann ve Frey 2002).

Ormancılık uygulamaları orman ekosisteminin sürdürülebilirliği ve stabilitesi üzerinde kayda değer etkiye sahiptir (Larsen 1995, Johnson ve diğ. 2002, Decocq ve diğ. 2004, Díaz-Maroto ve Vila-Lameiro 2008). Ormancılık uygulamalarında aralama en yaygın kullanılan uygulamalardan birisidir.

Aralama toprak koşullarının geliştirilmesi ile ağaç büyümesini arttırmak için genel olarak dikkate alınan bir uygulamadır (Son ve diğ. 2004). Toprak karbonu üzerinde aralamanın önemli etkisi bulunmaktadır. Aralama mineral toprak ve ölü örtü karbon varlığını etkiler (Skovsgaard ve diğ. 2006). Karbon stoklarının ormancılık uygulamaları tarafından nasıl etkilendiğini anlamamız sınırlıdır. Çünkü birçok karbon çalışması

müdahale görmemiş ormanlardaki miktarları ölçmeye odaklanmıştır (Gough ve diğ. 2008, Powers ve diğ. 2012).

Ormanlarda yapılan bakım kesimleri ve aralamalar, orman ekosistemi içerisinde ekolojik şartları (ışık, sıcaklık, nem, yağış vb) değiştirmekte olup, buna bağlı olarak da ölü örtü (fiziksel ve kimyasal yapı) ve toprak özellikleri (toprak nemi, toprak sıcaklığı, toprak pH'sı, karbon ve azot içeriği vb), ölü örtü ayrışma hızı ve toprak canlılarının (mikro ve makro) yaşama şartları değişmektedir (Tolunay 1997, Makineci 1999). Buna bağlı, olarak aralama uygulaması hem kök hem de mikrobiyal solunumu etkileme potansiyeline sahiptir.

Ülkemizde aralamanın toprak ve meşcere yapısı üzerine etkilerini konu alan çalışmalar mevcut olmasına rağmen toprak solunumu üzerine aralamanın etkileri konusunda yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Bu konuda mevcut olan eksikğin giderilmesine katkı sağlamak amacıyla yapılan bu çalışma, saf meşe ve gürgen meşcerelerinde uygulanan aralama işleminin toprak solunumu ve mikrobiyal solunum üzerinde nasıl etkilere sahip olduğunu ve aralamayı takip eden bu süreçte toprak solunumunun ve mikrobiyal solunumun zamansal değişiminin değerlendirilmesini amaçlanmıştır.

Çalışmanın amacını oluşturan hipotezler;

H₁: Meşe meşcerelerinde aralama müdahalesinin toprak solunumu ve mikrobiyal solunum üzerinde etkisi yoktur.

H₂: Gürgen meşcerelerinde aralama müdahalesinin toprak solunumu ve mikrobiyal solunum üzerinde etkisi yoktur.

H₃: Meşe meşcerelerinde aralama müdahalesinin diri örtü, ölü örtü ve toprak özellikleri üzerinde etkisi yoktur

H₄: Gürgen meşcerelerinde aralama müdahalesinin diri örtü, ölü örtü ve toprak özellikleri üzerinde etkisi yoktur.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. TOPRAK VE MİKROBİYAL SOLUNUMUNUN ÖNEMİ

Toprak solunumu; topraktaki çeşitli mikroorganizma faaliyetleri ve bitki köklerinden çıkan CO₂'in zamansal ve mekansal faktörler altında değişerek atmosfere verilmesi olarak ifade edilebilir (Akburak 2008). Toprak solunumu ekosistemlerdeki ekolojik süreçler hakkında bilgi elde etmek amacıyla kullanılan indikatörlerden bir tanesidir (Oyonarte ve diğ. 2012). Bundan dolayı, bir yüzyıldan daha uzun süredir topraktan CO₂ salımını, yani toprak solunumu ekoloji araştırmacıları tarafından izlenmiş ve ölçülmüştür (Raich ve Schlesinger 1992).

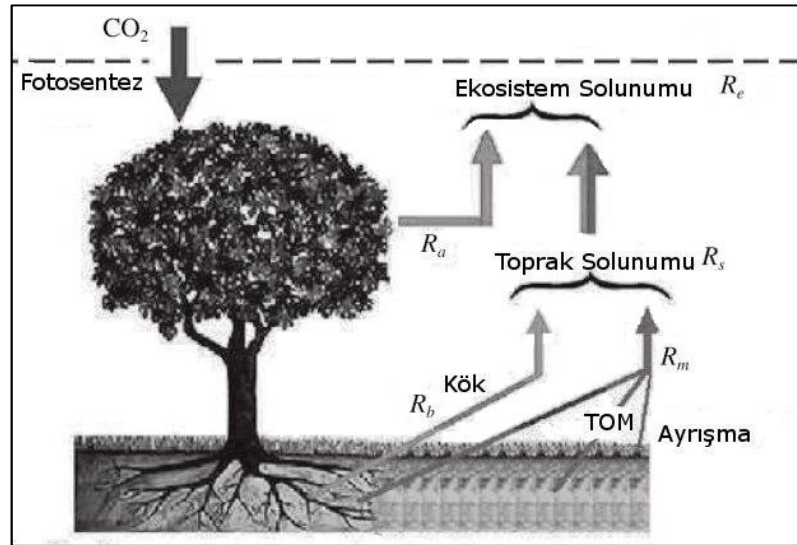
Toprak CO₂'in önemli küresel kaynağı ve deposudur. Orman ekosistemleri atmosferdeki karbon miktarını önemli olarak değiştirir ve depolar (Kasischke ve Stocks 2000, Olajuyigbe ve diğ. 2012). Bundan dolayı CO₂'in atmosferdeki yoğunluğunun düzenlenmesinde önemli rol oynar. Atmosferdeki CO₂ yoğunluğunun yaklaşık % 10' u her yıl toprak yoluyla atmosfere geçer(Raich ve Schlesinger 1992). Bu miktar fosil yakıtların yanmasıyla ve ormansızlaşma ile açığa çıkan CO₂ miktarından neredeyse 10 kat daha fazladır. Karbonun karasal döngüsündeki oranını anlamak, iklim değişimlerine sebep olan ve sera etkisi için pozitif geri beslenme potansiyeli olarak toprakların rolünü belirlemek için önemlidir (Raich ve Schlesinger 1992, Schimel ve diğ. 2001, Kirschbaum 2006, Richardson ve diğ. 2012).

Ormanlar karbon döngüsünde oldukça önemli yere sahiptir, çünkü küresel ölçekte toprak üstü karbon stoklarının % 80'ini, toprak altının ise % 40'ını oluştururlar (Dixon ve diğ. 1994). Orman ekosistemindeki karbon bağlanması, fotosentetik karbon fiksasyonu ve ekosistem solunumu arasındaki küçük farklarla ortaya çıkar, ılıman ormanlardaki toprak solunumu ekosistemdeki toplam solunumun yaklaşık % 70'ini oluşturur (Vincent ve diğ. 2006). Toprak solunumu toprak-atmosfer ortak yüzeyinde CO₂ in akışını temsil eder. Toprak CO₂ akışı toprak ve gaz difüzyonundaki biyolojik

aktivitelere bağılıdır ve hem biyolojik aktiviteler hem de gaz difüzyonunun ikisi de toprak ve vejetasyon özelliklerinden etkilenir (Hanson ve diğ. 2000).

Ekosistemdeki karbon döngüsü bitkilerin havadan CO₂ bağlaması ve bunu fotosentez vasıtasıyla organik karbon bileşiklerine çevirdiği zaman başlar. Bazı organik karbon bileşiklerinin bir kısmı bitki dokularının büyümesi için, bir kısmı da bitkiye enerji sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu işlem süresince CO₂ bitki solunumu vasıtasıyla atmosfere geri bırakılır. Büyüyen dokulara yapraklar, gövde ve kökler dahildir. Yapraklar ve kökler genellikle ölmeden önce birkaç aydan birkaç yıla kadar canlı kalır. Oysa odunsu dokular ormanda yüzlerce yıl yaşayabilir. Ölü bitki materyalleri (ölü yaprak, gövde, dal ve kökler) mikrobiyal kütle artımı ve diğer aktivitelere enerji sağlamak için mikroorganizmalar tarafından parçalanır. CO₂ aynı zamanda mikrobiyal solunum vasıtasıyla da atmosfere geri bırakılmaktadır. Canlı mikrobiyal kütle toprak organik maddesindeki ölü mikroorganizmalar ve ölü bitki artıkları ile karışmaktadır. Toprak organik maddesi mikrobiyal solunum ile ayrıştırılmadan önce yüzlerce yıl toprakta karbon olarak depolanabilir. Karbon döngüsü içinde CO₂ hem bitki solunumu hem de artıkların parçalanması süresince oluşan mikrobiyal solunum ile üretilmektedir. Bitki solunumu genel olarak ototrofik solunum olarak isimlendirilmekte ve toprak üstü bitki solunumu ve yer altı solunumu (yer altı solunumu kök solunumu ve rizosferdeki mikrobiyal solunumun toplamına eşittir) olarak ayrılabilir. Mikrobiyal solunum hetetrofik solunum olarak isimlendirilmektedir. Toprak yüzeyinden çıkan CO₂ oranı diğer bir deyişle kök solunumu ve mikrobiyal solunum yoluyla ortaya çıkan CO₂'in toplamıdır (Luo ve Zhou 2006) (Şekil 2.1). Kök ve mikrobiyal bileşenlerin süreçlerini değerlendirmenin birçok zorluğu vardır (Ferréa ve diğ. 2012). Mikrobiyal solunum arazide izlenmesi zor bir faktördür. Bundan dolayı laboratuvar inkübasyon deneyleri genellikle yapay koşullar altında uygulanmaktadır. Fakat bu uygulamada doğal toprak yapısı eleme işlemi ile bozulmaktadır. Bu yüzden laboratuvarda belirlenen denklemlerin karşılığının alanlara uygulanabilirliği kuşkuludur (Bauer ve diğ. 2011). Bununla birlikte, kök solunumu besin solüsyonunda net bir şekilde ölçülebilir (Bloom ve diğ. 1992). Ayrıca mikrobiyal solunumdan ayrılmasındaki güçlük ve değişken çevresel koşullardan dolayı kök solunumunun yerinde ölçülmesi de zordur (Jia ve diğ. 2006). Toprak solunumunun bileşenlerine ayrılması için kullanılan yöntemlerin değerlendirilmesi sonucunda, mevsime ve vejetasyon tipine bağılı olarak kök

solunumunun toplam solunuma katkısının %10 ve % 90 arasında olduğu belirtilmektedir (Hanson ve diğ. 2000). Yıllık ortalama toprak solunumuna katkı oranlarının belirlenmesine yönelik çalışmalarda ortaya çıkan değerler sırasıyla ormansız vejetasyon ve ormanlar için % 45,8 ve % 60,4 arasındadır (Ferréa ve diğ. 2012). Subke ve diğ. (2006) yaptığı değerlendirmede ılıman ormanlarda yıllık kök solunumunun toplam solunumuna katkısının % 6 ve % 71 arasında olduğunu ortaya koymuştur. Behera ve diğ. (1990) genç karışık ormanlarda kök solunumunun toplam solunumun % 50 sini oluşturduğunu bulmuştur. Benzer olarak, Xu ve diğ. (2001) Ponderosa çamı ağaçlandırmalarında bu katkının % 47 olduğunu belirtmektedir (Ferréa ve diğ. 2012). Bu sonuçlara göre mikrobiyal solunum oranının toprak solunumuna katılım oranı da % 10 - % 90 arasında değişim gösterdiği söylenebilir. Yapılan bir çalışmada mikrobiyal solunumun yıl boyunca toprak solunumuna katkısının yaklaşık % 47 ile % 90 arasında olduğunu ortaya konulmuştur (Jia ve diğ. 2006). Benzer olarak, Rey ve diğ. (2002) meşe ormanlarında yaptığı çalışmada mikrobiyal solunum oranının toprak solunumunun yaz aylarında % 15'ni, sonbaharda % 29'nu oluşturduğunu belirlemiştir.



Şekil 2.1: Toprak solunumu ve ekosistem solunumu (Luo ve Zhou 2006).

Toprak solunumu sadece ekosistem solunumunun önemli bir bileşeni, değil aynı zamanda brüt üretim, net üretim ve net ekosistem üretimi gibi ekosistem üretim süreçleri ile yakından ilişkilidir. Brüt üretim, fotosentezde göz ardı edilen solunum ile yıllık karbon asimilasyonudur.

Ekosistemdeki karbon döngüsü içinde yer alan karbonun akış oranları özellikle ormanlarda (toprak üstündeki ölü örtü) oldukça kolay ölçülebilmektedir. Uzun süredir bilim adamları toprak solunumu ve ölü örtü arasındaki ilişkiyi araştırmaktadırlar. Farklı bölgelerden çeşitli tür ve yaşlardaki birçok ormandan alınan deneysel sonuçlar sentezlenerek bir ilişki ortaya çıkmış ve Raich ve Nadelhoffer (1989) tarafından bu ilişki genelleştirilmiştir. Bunun sonucunda, toprak solunumu ile atmosfere salınan karbonun, ölü örtünün ayrışmasıyla toprağa giren karbonun neredeyse üç kat daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Toprak solunumu iklim değişimiyle ilgilidir. Çünkü toprak solunumu ile serbest kalan CO₂ sera gazlarının başında gelmektedir (Akburak 2008). Toprak solunumu sadece ekolojinin değil aynı zamanda atmosfer dinamiklerini ve ekosistemlerin fonksiyonlarını araştıran farklı disiplinlerin de ilgi konusu olmuştur. CO₂'in toplam sera gazı miktarı içindeki payı % 80 civarındadır (Karakaya ve Özçağ 2003). Atmosferde sera gazlarının artan yoğunluğu yayılan kızıl ötesi ışınların absorpsiyonunu artırır. İklim sistemindeki karışık geri beslemelerin (radyasyon ile etkileşimler ve bulutlar vasıtasıyla) sıcaklığı 1,5 ile 4,5 °C arttırdığı tahmin edilmektedir (IPCC 2001). Atmosferde artan CO₂ yoğunluğu sera etkilerini artırır. Muhtemel olarak bu durum küresel ısınmayla sonuçlanır. Küresel ısınma sonucunda 2 °C'lik bir artış toprak solunumu yoluyla atmosfere geçen CO₂'in yıllık olarak 10 Pg C dan daha fazla bir miktarın topraktan salınmasına neden olacaktır. Bu oran şu andaki antropojenik karbon yayılımından daha büyüktür. Bu durum antropojenik ısınmayı da şiddetlendirir (Luo ve Zhou 2006). Bir ekosistemdeki karbon döngüsünün ayrılmaz bir parçası olarak, toprak solunumu, ekosistem üretimindeki çeşitli bileşenler ile ilgilidir. Toprak solunumu ayrışma ve mineralizasyon gibi süreçler ile yakından ilgilidir. Ayrıca toprak solunumu yeryüzü sistemlerindeki iklim dinamikleri ve atmosferdeki CO₂ yoğunluğunu düzenlemede önemli rol oynar. Toprak solunumunun ekosistemdeki karbon dengesi, besin döngüsü, bölgesel ve küresel karbon dengesi, iklim değişimi ve karbon depolaması üzerinde önemi büyüktür (Luo ve Zhou 2006).

Küresel iklim değişimi insanlığın geleceğini tehdit eden en önemli çevre sorunlarının başında gelmektedir. Yapılan araştırmalar iklim değişimine sebep olan başlıca etkenin sera gazlarının atmosferdeki miktarlarının artması olduğunu göstermektedir (Schimel ve

diğ. 2001). Ülkeler bu sorunun çözümü için çeşitli girişimlerde bulunmuşlar ve halen de bu konuda yoğun çabalar sarf etmektedirler. Bu çabaların sonucu olarak oluşturulan Küresel İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması ve azaltılmasına yönelik kısıtlamaları öngörmektedir (Çömez 2005).

Dünyanın en önemli karbon depoları olan ormanlarda yapılan müdahaleler de karbon depolanmasının değişimi açısından oldukça önemlidir. Müdahale çeşidi ve sıklığı orman alanlarında karbon bütçesini sürekli değişime uğratmaktadır. Tüm bu sebeplerle, karbon depolama miktarlarının belirlenmesi ayrı bir önem taşımaktadır ve karbon bütçesi içerisinde doğal olarak toprak solunumunun önemli payı bulunmaktadır.

Orman ekosistemleri çok büyük yaprak yüzeyleri sayesinde karbondioksiti fotosentez yoluyla kendi bünyelerinde bağlamakta ve bu özelliğiyle de sera gazlarının iklim değişimindeki etkisini azaltmada çok önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde birçok ülke artık ürettikleri ve bağladıkları karbon miktarlarını hesaplayarak konu ile ilgili uluslararası yükümlülüklerini yerine getirmektedir (Çömez 2005). Bu durumda ekosistemlerdeki karbon akışlarının (girdi ve çıktı) belirlenmesi ön plana çıkmaktadır.

2.2. TOPRAK SOLUNUMU VE MİKROBİYAL SOLUNUMU ETKİLEYEN BAŞLICA FAKTÖRLER

Toprak yüzeyinden CO₂ akışı iki belirgin kaynaktan meydana gelmektedir. Bunlar kök solunumu (canlı bitki kökleri ve simbiyotik mikrorizal mantarlar) ve mikrobiyal solunumdur (toprak organik maddesi ve artıkların ayrışmasını içeren mikroorganizmalar). Bu farklı bileşenlerin dinamikleri toprak sıcaklığı (Lloyd ve Taylor 1994, Davidson ve diğ. 2006), toprak nemi (Epron ve diğ. 1999, Davidson ve diğ. 2000, Rodeghiero ve Cescatti 2005, Chen ve diğ. 2011), ölü örtü kalitesi (Raich ve Tufekcioglu 2000), toprak üstü vejetasyon yapısı, fotosentetik aktivite (Curiel Yuste ve diğ. 2004), kök biyokütlesi, (Ryan ve diğ. 1996) toprak kimyası ve fiziksel özellikleri ve alan verimliliğini (Subke ve diğ. 2011, Ferréa ve diğ. 2012) kapsayan biyotik ve abiyotik değişkenler tarafından kontrol edilmektedir (Butler ve diğ. 2011).

Toprak solunumunun sıcaklık ve nem gibi farklı çevresel faktörlere yüksek hassasiyeti olduğu bilinmektedir (Matías ve diğ. 2012). Bundan dolayı toprak nemi ve sıcaklık topraktan atmosfere CO₂ akışını etkileyen ana faktörler olduğu esas olarak dikkate alınmaktadır (Lloyd ve Taylor 1994, Davidson ve diğ. 1998, Curiel Yuste ve diğ. 2004, Xu ve diğ. 2004, Matías ve diğ. 2012).

Sıcaklık ve nem arasındaki etkileşim orman ekosistemlerinde kök solunumu ve organik madde ayrışma oranını önemli olarak yönlendirir (Howard ve Howard 1993, Curiel Yuste ve diğ. 2003, Olajuyigbe ve diğ. 2012).

Mäkiranta ve diğ. (2008) Finlandiya'da 6 farklı tarım alanında yapılan ağaçlandırma sahalarındaki yaptığı çalışmada toprak solunumundaki zamansal değişimin toprak yüzeyindeki (5 cm) sıcaklık ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Toprak solunumundaki bu değişimin % 71 – 96'sını toprak sıcaklığının açıkladığını ve toprak nem içeriğinin toprak solunumu üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Joo ve diğ. (2012) yaptığı çalışmada bir yıl boyunca toprak solunumu ile toprak sıcaklığı (5 cm derinlikte) arasında kuvvetli ilişki olduğunu bulmuşlardır. Bununla birlikte, toprak solunumundaki yüksek değişimin vejetasyon periyodu süresince toprak nemi ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Optimal regresyon denklemi ile tahmin edilen yıllık toplam toprak solunumunun yazın en yüksek değer olan 685 g/C/m² ve kışın en düşük 33 g/C/m² olduğu bulunmuştur.

Lee ve diğ. (2005) ılıman yapraklı ormanlarda yaptığı çalışma da mayıstan temmuza kadar solunumun sıcaklıkla doğru orantılı olarak arttığı ve sonra solunum değerinin düşüş gösterdiğini gözlemlemiştir.

Tang ve diğ. (2005) yapmış olduğu çalışmada ise toprak solunumunun mayıstan haziranın ortasına kadar sıcaklıkla doğru orantılı olarak artış gösterdiğini ve sonra azaldığını belirtmektedir.

Yapılan başka bir çalışmada da *Eucalyptus pauciflora* ormanlarında sıcaklık ve nemin toprak solunumu üzerine etkileri araştırılmış ve toprak solunumu ile toprak sıcaklığı arasında doğrusal bir ilişki olduğu gözlenmiştir (Keith ve diğ. 1997).

Conanta ve diğ. (2004) yarı kurak bölgelerde yaptığı çalışmalarda toprak sıcaklığının (15 °C) artmasıyla solunum oranının arttığını bununda özellikle nem değerinin azalmasıyla daha fazla gerçekleştiğini gözlemlemiştir. Benzer bir çalışmada, Vicent ve diğ. (2006) karışık yapraklı ormanlarda yaz süresince nem miktarının azalmasıyla toprak solunumunun arttığını ifade etmektedir.

Birçok çalışma göstermiştir ki toprak sıcaklığı orman topraklarından CO₂ salımının tahmininde anahtar faktördür (Londo ve diğ. 1999, Parkin ve Kaspar 2003, Olajuyigbe ve diğ. 2012). Fakat kurak periyotta etkilenen ekosistemde toprak nemi toprak solunumunu kontrol eden temel faktördür (Oyonarte ve diğ. 2012). Butler ve diğ. (2011) yaptığı çalışmada solunumun toprak neminin % 16,4'de maksimuma ulaştığını fakat daha yüksek toprak nemi değerlerinde ise azaldığını belirtmiştir. Benzer olarak, Akburak ve Makineci (2013) İstanbul Belgrad Ormanı koşullarında beş farklı ağaç türü altında toprak solunumunun yıl içerisindeki değişiminin nem miktarı ile doğru orantılı olduğunu tespit etmişlerdir.

Toprak solunumu özellikle toprak su varlığı ve değişimi tarafından büyük oranda kontrol edilebilir (Davidson ve diğ. 1998, Almagro ve diğ. 2009). Nemli çevrelerde artan sıcaklıklar toprak solunumunun artmasını sağlayan mikrobiyal aktiviteyi uyarabilir. Kurak yetişme ortamlarında artan sıcaklık daha kurak koşullara sebep olacağı için toprak solunumunun sıcaklığa tepkisi negatif sonuçlanır (Ciais ve diğ. 2005, Wan ve diğ. 2007, Selsted ve diğ. 2012).

Toprak CO₂ akışı kurak koşullarda düşmekte, orta nem seviyelerinde en yüksek orana çıkmakta ve yüksek nem seviyelerinde ise azalmakta olduğu bir çok çalışmada görülmüştür (Andrews ve diğ. 1999, Bhupinderpal ve diğ. 2003, Butler ve diğ. 2011).

Toprak nemi mikroorganizmaları ve köklerin fizyolojik süreçlerini doğrudan ve O₂ ile madde difüzyonunu da dolaylı olarak etkiler.

Cook ve Orchard, (2008) yapmış olduğu bir çalışmada mikrobiyal solunum ile toprak neminin ters orantılı ve toprak solunumu ile doğru orantılı olduğunu belirtmiştir.

Vanhala (2002) iğne yapraklı ormanlarda yaptığı çalışmada toprak solunumunun mevsimsel değişimlerine sıcaklık, nem, organik madde, azot ve pH etkilerini değerlendirmiştir. Toprak solunum oranı sabit sıcaklıkta (14  C)  l ld ğ  zaman toprak solunumu pH ve nem ile düzenlenmektedir. Nem içeriği, toprağın su tutma kapasitesinde (% 60) sabit tutulduğu zaman toprak solunumu esasen organik madde miktarı ve pH ile kontrol altında tutulmaktadır.

Lee ve diğ. (2003) pamuk ekili ve *Loblolly pine* türünün bulunduğu alanlarda yaptığı çalışmada solunumun her iki alanda ilkbahar başından haziranın başına kadar en üst seviyede ve sıcaklık ile doğru orantılı değişim göstermiş olduğunu fakat pamuk ekili alanlarda ince kök miktarının daha fazla olmasından dolayı *Loblolly pine* türünün bulunduğu alandan daha yüksek solunuma sahip olduğunu belirtmektedir.

Kök solunumu ve organik maddenin ayrışmasında etkili toprak mikrobiyal toplamlarının CO₂'in kayıp oranı üzerindeki etkisi, toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri, alan verimliliği, toprak nemi ve sıcaklığı gibi birçok faktörün zamansal ve mek nsal olarak çok fazla değişkenlik göstermesinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Rochette ve diğ. 1991, Billings ve diğ. 1998, Longdoz ve diğ. 2008, Peng ve diğ. 2008, Qi ve diğ. 2010, Olajuyigbe ve diğ. 2012).

Jia ve diğ. (2006) *Leymus chinensis* plantasyonunda hazirandan kasıma kadar kök solunumu ile kök kütlesi arasında ters bir ilişki, toplam toprak solunumu ile doğrusal bir ilişki tespit etmektedirler.

Han ve diğ. (2007) tarım alanlarında nisandan aralık ayına kadar toprak solunumunun kök biyokütlesi ile doğru orantılı olarak arttığını, en yüksek solunumun temmuz ve ağustos aylarında olduğunu gözlemiştir.

Adachi ve diğ. (2006) farklı tropik ekosistemlerde yaptığı çalışmada primer ormanlarda solunumun ile nem ters orantılı, kök kütlesi ile doğru orantılı olduğunu, sekonder ormanlarda nem içeriği ile ters orantılı, toprak karbon içeriği ile doğru orantılı olduğunu ifade etmişlerdir.

Tüfekçioğlu ve Küçük (2004) Artvin Genya dağında çayırılık ve yaşlı ladin ormanında yaptığı çalışmada çayırılık alandaki toprak solunumunun ladin ormanından daha yüksek olduğunu bunun çayırılık alanda ince kök kütlesi ve sıcaklığın yüksek olmasından kaynaklandığını gözlemlemiştir.

Tüfekçioğlu ve diğ. (2001) yönetiminde Amerika Birleşik Devletleri Iowa Eyaleti merkezinde yapılan diğer çalışmada mısır ve soya dikili olan tarım alanlarına yakın ve karışık (kavak ve çalı türü) türlerle ağaçlandırılan ve soğuk sezon çimlerinin bulunduğu nehir kıyı bölgelerinde nehir kıyısında solunum oranının tarım alanlarına göre yüksek olduğunu gözlemlemiştir. Buna bağlı olarak, solunum oranı sıcaklık değişimi ile güçlü olarak ilişki göstermiştir.

Mikrobiyal ve kök solunumunun nicel katkısı mevsimsel olarak değişkendir (Butler ve diğ. 2011). Joo ve diğ (2012) *Quercus mongolica* ormanlarındaki toprak solunumunun zamansal değişimini incelemiştir. Toprak solunumu, hava ve toprak sıcaklığı, toprak nemi ölçümleri Nisan 2010'dan Mart 2011 boyunca yapılmıştır. Elde ettikleri veriler göstermiştir ki toprak solunumunda kışın düşük yazın yüksek sıcaklığa bağlı zamansal değişim mevcuttur. Diğer bir deyişle, toprak CO₂ akışının ilkbahardan (Nisanda 220-373 mg/CO₂/m²/sa) yazın ortasına (Ağustos 1108-1734 mg/CO₂/m²/sa) kadar önemli derecede arttığını ve sıcaklığın azaldığı sonbaharda (191-344 mg/CO₂/m²/sa kasımda) yavaş bir şekilde azaldığını belirtmişlerdir.

Olajuyigbe ve diğ. (2012) İrlanda *Picea sitchensis* alanlarında yaptığı çalışmada genel olarak aralama uygulamaları arasında CO₂ akış değişiminin farklı olduğu ve toprak sıcaklığı ile doğrusal bir ilişki gösterdiğini gözlemlemiştir. En yüksek solunum oranı yaz aylarında ve en düşük değeri de kış aylarında belirlenmiştir.

Inoue ve Koizumi (2012) yaptığı çalışmada genel olarak toprak solunumunu nisan ya da mayıs ayında toprak sıcaklığının artması ile her yıl artmaya başladığını belirlemişlerdir. Toprak solunumunun 2007 ve 2009'da temmuz ayından ağustos ayına ve 2008'de mayıs ayından haziran ayının sonuna doğru hızlı bir şekilde arttığını ifade edilmektedir.

Yapılan bir çalışmada alanlarda toprak CO₂ akışları, sıcak nemli sezonda (nisan - eylül) soğuk kurak sezondan (ocak - mart) önemli olarak daha yüksektir. Tüm çalışma periyodunda en yüksek CO₂ (324,44 mg/CO₂/m²/sa) akışının toprak sıcaklığının nispeten yüksek (28,4 °C) ve nemin nispeten düşük olduğu (% 35) ağustos ayında meydana geldiği en düşük akışın ise (7,2 mg/CO₂/m²/sa) sıcaklığın düşük (7,4 °C) ve nemin orta seviyede (% 52) olduğu aralık ayında meydana geldiğini rapor etmişlerdir (Iqbal ve diğ. 2010).

Zhou ve diğ. (2006) manolya üzerinde yaptığı bir çalışmada toprak solunumunun büyüme mevsiminden temmuzun sonuna kadar artış gösterdiğini sonra azalmaya başladığını, bu azalma durumunun sıcaklığın 15 °C'den büyük, nem değerinin de % 12'den küçük olduğu zaman oluştuğunu gözlemlemiştir.

Ölü örtü tabakaları topraktan atmosfere CO₂ difüzyonunu azaltır. Maier ve Kress (2000) Kuzey Karolayna (Carolina) çam ormanlarında yaptığı çalışmada mineral toprağın 15 cm'deki CO₂ yoğunluğunun ölü örtü miktarına göre değişim gösterebileceğini ifade etmiştir. Ölü örtünün kaldırılması toprak yüzeyindeki CO₂ difüzyon direncini azaltacağından topraktaki CO₂ akışı artar. Bu artışlar toprak yüzeyindeki ölü örtü miktarlarıyla doğrusal olarak ilişkilidir.

Vejetasyon yapısı hem ölü bitki materyalinin toprağa katılması (Davidson ve diğ. 2002) hem de doğrudan kök solunumu (Andrews ve diğ. 1999, Bhupinderpal ve diğ. 2003) vasıtasıyla toprak solunumunu temel olarak etkiler (Butler ve diğ. 2011).

Finlandiya'da yapılan bir çalışmada kök solunumunun diri örtü kütlesi ile pozitif ilişkili olduğu ortaya konmuştur. Kök solunumu diri örtü miktarı ile artmıştır. En yüksek toprak solunumu diri örtü kuru ağırlığının 400 g/m²'yi aştığı alanlarda belirlenmiştir.

Kök solunumunun alanlardaki ağaç sayısı ile ilişkili olmadığı belirtilmiştir (Mäkiranta ve diğ. 2008).

Bitki tür kompozisyonu orman toprak solunumunu düzenlemede muhtemel olarak önemli rol oynar. Sadece bitki toplumlarının farklı tipleri CO₂ oranlarını çeşitlendirmez (Raich ve Tufekcioglu 2000, Carbone ve Trumbore 2007). Aynı zamanda bitki komünitelerinin kompozisyonlarındaki farklılıklar (Johnson ve diğ. 2008) ve tür seviyelerindeki değişkenliklerde toprak solunum oranlarını etkiler (Fischer ve diğ. 2007, Levy-Varon ve diğ. 2012)

Belli başlı biyom tipleri arasında solunum oranları önemli oranda değişir, farklı bitki topluluklarının yan yana (aynı yetiştirme ortamı şartları altında olan komşu alanlarda) karşılaştırılmaları toprak solunum oranlarındaki farklılıkları sıklıkla göstermektedir. Elde edilen veriler vejetasyon tipinin toprak solunum oranı için önemli bir belirteç olduğunu işaret etmektedir. Bundan dolayı, vejetasyondaki değişimler toprakların değişen çevre şartlarına karşı göstereceği tepkileri değiştirme potansiyeline sahiptir(Raich ve Schlesinger 1992).

Toprak solunumunun temel bileşenlerinden biri de ölü örtünün mikrobiyal ayrışması ve toprak organik maddesinden aynı anda sabit ya da mineralize olmuş besinlerden serbest kalan CO₂'dir (Coleman ve diğ. 2002). Mikrobiyal solunum topraktaki toprak organik bileşenlerinin biyolojik ayrışması ve parçalanması ile ilişkili olabilen toprak mikro florasının aktivitesini yansıtır (Brohon ve diğ. 2001). Mikroorganizmaların toprak organik maddesini ve artıkları ayrıştırması süresince mineralize olan azotun karbonla birleşmesinden dolayı mineralize olmuş azot oranı ile mikrobiyal solunum arasında genellikle doğrusal bir ilişki bulunmaktadır (Luo ve Zhou 2006).

Mikrobiyal solunum küresel karbon döngüsünde önemli bir akıştır. Toprak sıcaklığı ve toprak nem içeriğine göre mikrobiyal solunum değişimlerinin bilinmesi toprak karbon döngüsünün güvenilir tahminleri için kritiktir (Bauer ve diğ. 2012).

Suseela ve diğ. (2012) Amerika Birleşik Devletleri Boston'daki iklim deneylerinde mikrobiyal solunumun sıcaklık hassasiyeti ve oranını ısınma ve değişen yağışla nasıl

etkileyeceğini incelemiştir. Mikrobiyal solunumunun hem yıllık olarak hem de vejetasyon periyodu süresince kuraklıkla azalmış olduğunu ve ısınmanın yalnızca ilkbaharın başında mikrobiyal solunumu arttırdığını belirlemişlerdir. Mikrobiyal solunumun en yüksek olduğu yaz süresince, toprak nemine aşırı tepkileri ve eşik değerler bulunmuştur. Mikrobiyal solunumun toprak nemi % 15 altına düştüğünde yada % 26 üzerine çıktığı zaman keskin bir şekilde azalmış olduğunu belirlemişlerdir.

Su varlığına ve sıcaklığa ek olarak mikroorganizmalar için ortamda besin kaynağının bulunması toprak solunum oranını ikiye katlar (Selsted ve diğ. 2012).

Kanerva ve Smolander (2007) yapmış oldukları çalışmada huş (*Betula pendula*), Avrupa ladin (*Picea abies*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*) ormanlarındaki ölü örtünün yaprak, çürüntü ve humus tabakasındaki mikrobiyal aktiviteyi karşılaştırmışlardır. Tüm ağaç türlerinde yaprak tabakasında solunum oranının en yüksek seviyede olduğunu belirlemişlerdir. CO₂ ile pH ve C/N arasında pozitif ilişkinin mevcut olduğunu belirtmişlerdir. Tüm ölü örtü tabakalarında huş ve ladinin çamdan daha yüksek solunum oranına sahip olduğunu ve bunun kısmen ibre ve yaprakların farklı yapısal oluşumundan meydana gelebileceğini ifade etmişlerdir. Daha alt tabakalardaki yüksek solunumun sebebini ise büyük ihtimalle huş ölü örtüsündeki daha fazla köklenmeden kaynaklanabileceğini ve ayrıca ağaç türleri arasındaki solunum farklılıklarının diri örtüdeki farklılıklardan dolayı da olabileceği belirtilmiştir. Kaiser ve diğ (2010) üst toprak örneklerinde kolay ayrışabilen toprak organik maddesini kısa dönemli inkübasyon deneyi sürecince ölçülen mikrobiyal solunum ile belirlemiştir. Karbon birikiminin toprak nemi, toprak sıcaklığı, üst toprak derinliği, birim hacimdeki toprak organik madde içeriği, kök ve mikrobiyal biyokütle kadar alan kullanımı, genetik toprak özellikleri ve ormancılık uygulamaları gibi faktörlere dayalı olduğunu ifade etmişlerdir.

Mariani ve diğ. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada ise toprak mikrobiyal solunum, C, N, C/N, Cmic ve Nmic parametrelerinin birbirleriyle önemli olarak ve pozitif ilişkili olduğunu fakat C/N ve N arasındaki ilişkinin negatif olduğunu belirlemişlerdir.

Yüksek mikrobiyal aktivite toprak yüzeyinden daha yüksek CO₂ akışı ile yerinde görülebilir. Zimmermann ve Frey (2002) ladin ormanlarında yaptığı odun külü

uygulaması ile toprağın mineral kısmındaki mikrobiyal solunumun değişimini izlemişler ve uygulamayla birlikte pH artışıyla solunum oranının arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca bu artışın uygulamadan sonraki ilk günlerde toplam azot ve organik karbondaki azalmayı takiben muhtemel olarak mineralizasyondaki artışla ilişkili olduğu vurgulanmıştır (Zimmermann ve Frey 2002).

Teklay ve diğ. (2006) göre mikrobiyal aktivite organik karbon, azot ve fosfor varlığı ile sınırlanmaktadır. Keza *Acacia sp.* alanlarında toprak mikrobiyal solunumunun daha yüksek karbon ve azot girişinden dolayı en yüksek solunum oranına sahip olduğunu bu durumun toplam organik karbon ve toplam azot arasında önemli doğrusal ilişkiden kaynaklandığını belirten çalışma mevcuttur (Traoré ve diğ. 2007).

Benzer olarak, Hofman ve diğ (2004) tarım, orman ve mera alanlarında yaptığı çalışmada solunum değerini en düşük tarıma elverişli topraklar ve zayıf organik madde içeren kumlu mera topraklarında, en yüksek solunum değerini orman topraklarında ve balçık tekstüründeki mera topraklarında belirlemişlerdir. Buna bağlı olarak organik karbonun yüksek olduğu topraklarda mikrobiyal solunumun da yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Mikrobiyal solunum farklı toprak tipi, toprak türü ve derinliğe göre değişim göstermektedir. Örneğin, Pascual (1996) mikrobiyal solunumun her 10 cm toprak derinliğinde yaklaşık olarak 1/50 oranında azalmakta olduğunu belirlemiştir (Cañizales-Paredes ve diğ. 2012). Yapılan başka bir çalışmada yarı kuraktan kutup zonlarına doğru Avrupa Rusya'sında farklı ana toprak tiplerinde (gleyic Cryosols, umbric Albeluvisols, albic Luvisols, luvic Chernozems ve Kastanozems) mikrobiyal solunumu incelemiş ve toprakların 0-5 cm derinliğinde mikrobiyal solunumun toprak organik karbonu ve azot içeriği ile önemli olarak ilişkili olduğu ortaya konulmuştur (Ananyeva ve diğ. 2009). Benzer olarak, Fernandes ve diğ. (2005) solunum değerlerinin ilk 10 cm'de 10-20 cm toprak derinliğindekinden daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Bu durum toprak yüzeyindeki organik madde varlığının daha büyük miktarıyla ilişkili olabilir. Gözlenen veriler mikrobiyal aktiviteyi (Emmerling ve diğ. 2000) ve daha büyük mikrobiyal biyokütle döngüsünü uyarabilen besinler ve organik madde içeriklerinin artması olarak açıklanabilir. Böylece mikrobiyal solunumu artışa

yönlendirir (Leita ve diğ. 1999, Fernandes ve diğ. 2005). Yüksek solunum oranı ekosistemde ya ekolojik düzensizliğin yada yüksek seviyede üretkenliğin belirtisi olabilir (Islam ve Weil 2000).

Jiang ve diğ (2009) tarafından farklı zamanlarda terkedilmiş alanlarda yapılan çalışmada alanlar arasında toprak mikrobiyal solunumunun önemli olarak farklılık gösterdiğini ve en düşük değeri iki yıl önce terkedilmiş alanın üst toprağında ve en yüksek değeri doğal mera alanlarının üst toprağında bulmuştur. Toprak mikrobiyal solunumunun üç örnekleme derinliğinde önemli olarak farklılaştığı ve üst toprak tabakalarında artma eğiliminde olduğunu belirtmiştir. Ayrıca altı alanın üst toprağında toprak mikrobiyal solunumunun önemli olarak toprak organik karbonu ile ilişkili olduğunu belirtmiştir.

Toprak mikroorganizmalarının çeşitliliği, aktivesi ve miktarı ile tanımlanan parametreler toprağın sağlık ve kalitesinin biyolojik indikatörü olarak kullanılmaktadır (Stenberg 1999). Toprak mikroorganizmalarının biyokütle ve süreç seviyeleri izlenmiş ve yoğun bir şekilde çalışılmıştır. Süreç seviyeleri toprak mikroorganizmalarının tüm aktivitelerini (özellikle solunum) kapsar (Sparling 1997). Toprak yönetimi antropojenik aktiviteler, bitki artıklarının miktarı, kalitesindeki değişimler vasıtasıyla toprak mikrobiyal süreçleri ve toprak mikroorganizmalarını etkiler (Hofman ve diğ. 2004). Keza yapılan bir çalışmada mikrobiyal solunumun degrade olmamış orman ve mera alanlarında degrade olmuş mera ve orman alanlarından daha yüksek değere sahip olduğunu gözlemlemişlerdir (Zornoza ve diğ. 2007).

2.3. ORMAN EKOSİSTEMİNDE ARALAMANIN ÖNEMİ VE ETKİLERİ

Silvikültür uygulamalarının en başında gelen aralama, sıklık çağından sonra ve sıklık nedeniyle kuvvetli doğal dal budanmasının ve gövde ayrılmasının başlamasından meşcerenin yeniden gençleştirilmeye sokulmasına kadar, kapalılığı sürekli olarak kırmadan, ağaçların aralarında yaptığı mücadeleye aktif müdahaleler yapan sürekli ve planlı kesim işlemidir (Odabaşı ve diğ. 2004).

Aralama çalışmaları, idare süresi sonunda büyük çaplı, yüksek kalitede ağaçlar elde etmeyi amaçlayan uygulamalardan biridir (Lagergren ve diğ. 2008). Bu uygulama ekonomik gerekçelere sahiptir. Çünkü aralama işlemi normal olarak net gelire sahip ormanlar sağlar. Ayrıca aralama ile dış etkilere dayanıklı, bağımsız bir yaşam ortaklığı durumu oluşturmakta aralamanın diğer bir amacıdır. Aralamalar başlangıçtan itibaren meşçereye kazandırdığı çok yönlü niteliklerle doğal gençleştirme koşullarını da iyileştirir (Odabaşı ve diğ. 2004). Ayrıca ağaç gelişimini sağlayan yaprak ve alan yoğunluğunu azaltır, ormanın sağlığının devam etmesini sağlar ve yangın riskini azaltır (Ma ve diğ. 2004, Tian ve diğ. 2010, Qiu ve diğ. 2012). Başka bir deyişle aralama hastalık zararını azaltma, besin mevcudiyetini ve toprak suyunu geliştirme, alan yapısını değiştirme, odunun ticari değerini ve miktarını arttırmak için kullanılan yaygın ormancılık uygulamasıdır (Zeide 2001, Ostaff ve diğ. 2006, Powers ve diğ. 2010, Jurgensen ve diğ. 2012).

Yetiştirme ortamı ve türlerin özellikleriyle ortaya çıkan meşçere kuruluşu ve aralamalardan beklenen amaçlara göre birbirinden farklı aralama türleri ortaya çıkmıştır. Bunlar selektif (seçici) ve mekanik (sıralı) aralama olmak üzere iki çeşittir. Sistematik (sıralı) aralama genellikle hızlı büyüyen ve kısa idare süreleriyle işletilen plantasyon alanlarında yapılan bir uygulamadır. Sistematik aralamada ana amaç kalite üretimi değil kitle üretimidir. Bu uygulama uzaklık (mesafe), sıralı ve kombine (sıralı + selektif) aralama olmak üzere üç değişik yöntemle gerçekleştirilir. Diğer bir aralama yöntemi olan selektif aralama doğal ormanlarda yüksek kalitede ağaçlar elde etmeyi amaçlayan aralama uygulamasıdır. Bu aralama uygulaması meşçereyi oluşturan bireylerin ışık isteklerine göre yüksek, alçak ve karma aralama olmak üzere üç değişik şekilde gerçekleştirilir. Alçak aralama esas olarak alt ve ara tabakadaki bireyler üzerine yoğunlaşmaktadır. Alt kattaki bireylerin değer kaybetmeden çıkarılarak yararlanılması ve üst kattaki kusurlu, hasta, böcek ve mantar zararı bulunan bireylerin uzaklaştırılmasıyla meşçerenin iyileştirilmesini amaçlayan bir uygulamadır. Yüksek aralama yaşama yeteneğinde bir ara ve alt katı bulunan meşçerelerde uygulanan bir aralamadır. Yüksek aralamada ilke olarak galip meşçerelerde müdahaleler yapılır, mağlup meşçere bireylerinin tamamı yada büyük çoğunluğu önemli bir işlem görmez (Odabaşı ve diğ. 2004)

Aralama işlemi meşcere kuruluşu ve gelişimi yanında ağaçların sayısını, çap artımlarını, biçimini ile meşcere sağlığını, meşcerenin gelecekteki gençleşme koşulları ile toprak özelliklerini büyük ölçüde etkiler (Odabaşı ve diğ. 2004).

Bakım kesimleri ve aralamalar sonucunda ağaç sayısının (baltalıkta sürgün) azalması ile birim alandaki ağaç serveti azalmakta, ancak kalan ağaçların kısa sürede tepelerinin gelişmesi, sık meşcerelere göre daha gevşek-seyrek bir kuruluşa sahip olmaları ve beslenme-büyüme ilişkilerinin yüksek olması sebebiyle, bakım görmüş meşcerelerin çap artımları ve yıllık hacim artımları yükselmektedir (Kantarcı 1982, Odabaşı 1982, 1985, Atay 1987, Özdemir ve diğ. 1987, Tolunay 1997).

Orman gelişimi üzerinde aralamanın etkisi ile ilgili karışık görüşler çok fazladır (Zeide 2001, Juodvalkis ve diğ. 2005). Bununla birlikte bu ilişkileri çoğunlukla genelleştirmek güçtür. Çünkü artım sıklıkla çok değişken olabilir ve meşcere sıklıklığı, orijin, ağaç türleri, yetiştirme ortamı özellikleri, meşcerenin yaşı ve aralama metodları ile değişebilir (Hamilton 1981, Nowak 1996, Juodvalkis ve diğ. 2005). Sonuç olarak, bölgesel çalışmalar farklı silvikültürel uygulamalar ile coğrafi olarak sınırlı orman alanlarında aralamanın etkisini değerlendirmek için gereklidir (Juodvalkis ve diğ. 2005).

Longuetud ve diğ. (2008) Almanya'daki aynı yaşlı sapsız meşe (*Quercus petraea*) ormanlarında aralamalar sonrası tepe gelişimi ve gövde esnekliği gibi parametrelerin değişimini incelemişlerdir.

İspanya'daki Pırnal Meşesi (*Quercus coccifera*) sahalarında yapılan iki farklı aralama uygulamasında fizyolojik araştırmalar ile aralama derecelerine bağlı olarak, ağaçlardaki nişasta birikmesini sağlayan dokuların değişimi ve bu dokulardaki nişasta birikimi incelenmiştir (López ve diğ. 2009).

Michalex ve diğ. (2004) 30 yaşındaki kırmızı Amerikan meşesi (*Quercus rubra*) ağaçlandırmalarında yapılan aralamaların (kontrol, mutedil ve şiddetli) 3 yıl sonraki sonuçlarında çap artımı bakımından alanlar arasında farklılık olmadığını tespit etmişlerdir. Şiddetli aralama alanındaki çap artımı mutedil aralamadakinden yüksek olmakla birlikte aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur.

Aralama sonucu meşcere sıklığı azalmakta, meşcere orta çapı ve çap artımı artış göstermektedir. Kalan meşcere göğüs yüzeyinin düşmesine karşılık, genel meşcere göğüs yüzeyi sıklık durumundakinin çok üstüne çıkmaktadır (Odabaşı 1985).

Clatterbuck (2002) 24 yaşındaki meşe (*Quercus falcata*) ağaçlandırma alanında göğüs yüzeyinin % 35'i çıkarılarak yaptığı aralama müdahalesinden altı yıl sonra meydana gelen yıllık ortalama çap artımının, müdahaleden önceki dokuz yıllık çap artımına eşit olduğunu belirlemiştir. Meşcerede aralama ile meydana gelen hacim kaybı, aralamadan sonra meşcerede kalan ağaçların yüksek artımıyla kapanmıştır.

Finlandiya sarıçam ormanlarında şiddetli arama ile göğüs yüzeyinin % 42 si, mutedil aralama ile % 21 i alınmış ve çalışma sonucunda, şiddetli aralama ile kontrol alanına göre ağaç çapları ve ağaç hacminde alanlar arasında önemli farklar olduğu belirlenmiştir (Makinen ve Isomaki 2004)

Ormanlarda yapılan bakım kesimleri ve aralamalar, orman ekosistemi içerisinde, ıstıksıcaklık-nem ilişkilerinin değişmesine sebep olmakta, bunun sonucunda da ölü örtü ve toprak özellikleri, ölü örtü ayrışma hızı, toprak canlılarının yaşama şartları değişmektedir. Bu değişimler, ağaç türlerinin biyolojik özellikleri, ölü örtünün bileşimi ve yapısı yanında, yetişme ortamı koşullarına göre de farklı olmaktadır. Aralamalar ve bakım kesimlerinde ağaç sayısının azalması ile orman içinde ekolojik koşullar değişmektedir (Makineci 1999).

Ormancılık uygulamaları (budama, denetimli yakma, aralama ve traşlama kesim gibi) toprağa besin girdi miktarını ve kalitesini etkilediği kadar toprağın mikroklimatik özelliklerini de değiştiren kapalılığın kırılması ve biyokütlenin kaldırılması vasıtasıyla hem kök hem de mikrobiyal toprak solunumunu etkiler (Tang ve diğ. 2005, Masyagina ve diğ. 2010). Bu silvikültürel uygulamalar biyokütle üretimi, besin varlığı, toprak nem içeriği ve ölü örtü enerji dengesini, organik madde döngüsünü, mikrobiyal komüniteleri ve kök yoğunluğunu etkilemesiyle orman topraklarını ve toprak karbon dinamiklerini de etkiler (Johnson ve Curtis 2001, Jassal ve diğ. 2007, Tian ve diğ. 2010, Qiu ve diğ. 2012). Aralama kesilen ağaçların kök sistemlerinin ölmesine sebep olduğundan kök

solunumuna katkısını azaltacaktır. Bununla birlikte, ölü örtü, ince ve kaba odunların (kökler dahil) ayrışmasından serbest kalan karbonun kısa dönemde toprak solunumunun artmasına katkı sağlayacağı beklenmektedir (Ohashi ve diğ. 2001, Son ve diğ. 2004, Misson ve diğ. 2005, Sullivan ve diğ. 2008, Olajuyigbe ve diğ. 2012). Toprak solunumunun atmosferik CO₂ de önemli katkı sağladığı bilinmektedir. Böylece iklim değişimi ve orman yönetiminin nasıl etkilediğini anlamak için ve toprak CO₂ akış miktarı için önemlidir (Laganière ve diğ. 2012). Örneğin Ohashi ve diğ (1999) aralamadan sonra ilk dört yıl süresince aralamanın yapıldığı *Cryptomeria japonica* alanlarındaki toprak solunumunun kontrol alanlarındakinden daha yüksek olduğunu bulmuştur.

Yaşlı karışık ibreli ormanlarda toprak ve solunum üzerinde yakma ve aralama müdahalesinin etkileri değerlendirilmiş ve toprak solunumunun uygulamalar arasında önemli olarak farklılık gösterdiği bulunmuştur. Yakma ve aralama toprak solunumu ve toprak çevresini önemli olarak etkilemiş, toprak sıcaklığı ve nemi artmıştır. Bununla birlikte, ölü örtü miktarı ve toprak karbonu azalmıştır. Aralama müdahalesinin aralamadan sonraki yaklaşık bir yıl boyunca toprak solunumunu önemli olarak etkilemediğini bulmuşlardır. Bunun sebebini ise büyük ihtimalle aralamanın kök ve mikrobiyal solunumu dönemsel olarak hem yükseltmiş hem de kısıtlamış olabileceği şeklinde vurgulamışlardır (Ma ve diğ. 2004).

Campbell ve diğ. (2009) Ponderosa Çamı ormanlarında yaptıkları aralama uygulamasının toprak solunumu üzerinde önemsiz etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Güney doğu Finlandiya sarıçam ormanlarında Vesala ve diğ. (2005) tarafından yönetilen çalışmada aralama uygulaması ile toprak solunumunun etkilenmediğini bulmuştur. Bununla birlikte başka bir çalışmada karışık ibreli ormanlarda selektif aralamayı takip eden iki yılda toprak solunumunun arttığı rapor edilmiştir (Concilio ve diğ. 2006).

Ryu ve diğ. (2009) karışık ibreli ormanlarda yaptığı çalışmada aralama sonrası toprak sıcaklığının ve neminin artışına bağlı olarak toprak ve mikrobiyal solunumun arttığını fakat ince kök miktarında azalmanın olduğunu tespit etmiştir.

Toprak solunumu, toprak sıcaklığı ve toprak nemi aralama şiddeti ve ölçülen sezonlar arasında önemli olarak farklıdır (Son ve diğ. 2004).

Tian ve diğ. (2010) göknar sahalarında aralamaya bağlı olarak toprak ve mikrobiyal solunumun ilk dönemlerde hızlı bir şekilde arttığını daha sonra azaldığını ortaya koymuştur. Yapılan başka bir çalışmada Sullivan ve diğ. (2008) Güney Amerika da ponderosa çamı (*Pinus ponderosa*) ormanlarında aralama sonrası yaz aylarında topraktan CO₂ çıkışında azalma olduğunu fakat CH₄ (metan) salımında aralamanın etkisinin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Bunun yanında kısa dönemde aralamanın ölü örtü ve toplam kök kütlesine önemli bir etkisinin olmadığı fakat diri örtü miktarında hızlı bir artış olduğunu tespit edilmiştir.

Nilsen ve Strand (2008) ladin (*Picea abies*) ormanında yaptıkları aralama denemesinde aralama öncesi hektarda 3190 olan ağaç sayısını farklı aralama dereceleri sonrası azaltmışlardır. Aralama sonrası hektarda 2070 ağaç bırakılan alanda yaz aylarındaki toprak solunumunun düşük olduğunu belirtmektedirler. Bu durum net olarak açıklanamamıştır. Çünkü alanlar arasında toprak sıcaklığı, toprak nemi ve ölü örtü kimyası bakımından farklar tespit edilememiştir.

Toprak solunumunun toprak sıcaklığı, nemi, türü, pH, toplam karbon ve toplam azot gibi faktörlere göre değişim gösterdiği iyi bilinmektedir (Raich ve Schlesinger 1992, Cook ve Orchard 2008). Yakma ve aralama gibi ormancılık uygulamalarının bu faktörleri değiştirmesi ile toprak solunumunu önemli oranda etkileyebilir (Raich ve Schlesinger 1992, Schlesinger ve Andrews 2000, Ma ve diğ. 2004).

Örnek olarak, farklı aralama uygulamalarının yapıldığı alanlarda toprak sıcaklığı artmıştır. Farklı uygulama çeşidine bağlı olmadan toprak neminin % 7,9 ile % 39,8 arttığı tespit edilmiştir (Ma ve diğ. 2010)

Selig ve diğ. (2008) toprak neminin % 6 ile % 30 arasında değişmesi ve aralama alanında daha yüksek olmasına rağmen aralanmış ve aralanmamış (22 yaşındaki loblolly çamı) alanlarda toprak neminin toprak solunumunun yalnızca % 5'ini açıkladığını rapor etmiştir (Samuelson ve diğ. 2009).

Son ve diğ. (2004) yaptığı çalışmada toprak sıcaklığının nisandan itibaren artarak ağustosta en üst seviyeye ulaştığı ve eylül ayından sonra azaldığını tespit etmiştir. Ayrıca aralamanın toprak nemini arttırmasına rağmen aralama alanları arasında fark olmadığı belirtilmiştir. Hem intersepsiyon hem de transpirasyonun azalması sonucu aralama alanlarında su varlığının artışı vurgulanmıştır. Muhtemel olarak transpirasyonun aralama alanlarındaki alt tabaka vejetasyon yoğunluğundan dolayı toprak nemini etkilemiş olabileceğini ifade etmiştir. Çalışmada ayrıca toprak CO₂ gelişimi bakımından kontrol alanları ile karşılaştırıldığında tıraşlanmış alanlarda daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Bununla birlikte, solunum ve toprak nemi arasındaki korelasyonun genellikle zayıf olduğu tespit edilmiştir.

Son ve diğ. (1999) tarafından yapılan başka bir çalışmada farklı aralama uygulamalarında toprak nem içeriği aralama alanlarında artmıştır. Yıllık ortalama toprak nem içeriği aralama alanlarında kontrol alanlarından önemli olarak daha yüksek bulunmuştur. Bu konuda Mitscherlich (1971)'in bildirdiğine göre aralamaların şiddeti ile meşcere içinde ışık ve sıcaklığın arttığı, hava neminin azaldığı belirtilmektedir. Makineci (1993), tarafından Demirköy meşe baltalık ormanında yapılan çalışmada, aralama kesimleri sonrası ilk yılda en yüksek toprak nemi, sıcaklık ve ışık miktarı şiddetli aralama alanında bulunmuştur.

Makineci (1999) İstanbul –Belgrad Ormanı'nda dört farklı yapraklı orman ağacı türünde yaptığı çalışmada; bakım kesimlerinin şiddetine bağlı olarak, şiddetli ayıklama alanlarında ölü örtü yaprak ve çürüntü tabakalarının daha hızlı ayrıştığını, yaprak, çürüntü tabakaları ile toplam ölü örtü ağırlığının azaldığını, topraktaki C ve N miktarlarında artış olduğunu tespit etmekle birlikte, bu değişimler istatistiksel açıdan anlamlı farklar göstermemiştir.

Toprak mikroorganizmalarının temel fonksiyonlarından biri yer altı ve yerüstü bitki artıklarından oluşan organik maddenin transferi ve ayrışmadır. Böylece toprak mikrobiyal komüniteler iz gazların üretilmesi, besin döngüsü yada karbon döngüsü gibi ekosistem süreçlerinde kritik rol oynar. Toprak mikrobiyal aktivitesi, popülasyonu ve komüniteleri toprak tipi, sıcaklık, nem yada pH (Polyanskaya ve Zvyagintsev 2005) gibi

ekolojik faktör ile yönlenmesi iyi bilinirken, kesim gibi ormancılık uygulamaları da toprak mikrobiyal aktivitesine etki yapar (Jenkinson 1977, Ananyeva ve diğ. 2009).

Son ve diğ. (2004) tarafından aralama şiddetleri arasında organik maddenin ayrışması süresince meydana gelen mikrobiyal aktivite açısından farklılık olmadığı belirtilmektedir.

Aralama genellikle üst toprakta ve ölü örtüdeki organik madde ayrışmasını arttırabilir (Slodick ve diğ. 2005, Concilio ve diğ. 2006), toprak mikrobiyal komünite yapısını değiştirebilir (Maassen ve Wirth 2006) ve dolayısıyla karbon, azot döngüsünü ve organik maddenin ayrışma oranını etkileyebilir (Jurgensen ve diğ. 2012).

Alternatif olarak organik madde ve kesim artıklarının mineral toprağa karışması ile organik madde varlığı artabilir. Böylece potansiyel olarak mikrobiyal aktiviteyi arttırmakta; ölü örtü ve toprak organik maddesinin ayrışmasını hızlandırmaktadır (Ohashi ve diğ. 1999, DeLuca ve Zouhar 2000, Siira-Pietikäinen ve diğ. 2001, Ma ve diğ. 2004).

Giai ve Boerner (2007) ABD Ohio eyaleti güneyinde iki karışık meşe ormanında restorasyon amaçlı 4 farklı müdahalenin topraktaki N, organik C, mikrobiyal çeşitlilik ve toprak mikrobiyal aktivitesi üzerinde etkilerini değerlendirmiştir. Bu alanlardaki topraklar kontrollü yakma, alt ve ara tabakada aralama + yangın ile aralama kombinasyonu ve kontrol uygulamalarından sonra 4 vejetasyon periyodu süresince örneklenmiştir. Kontrollü yakma alanlarında aralama olsun olmasın bakteri aktivitesinde artma olmuştur. Fakat mantar aktivitesinde belirgin bir fark oluşmamıştır. Aralama alanlarında diğer üç işlemin uygulandığı alanlardan daha fazla mikrobiyal aktivite tespit edilmiştir. Restorasyon işlemleri hem bakteri hem de mantar çeşitliliğini etkilemiştir. Topraktaki C/N oranı aralama alanlarında diğer üç işlemin uygulandığı alanlardan daha yüksektir. Toplam mikrobiyal aktivite ve toprak organik maddesi üzerinde restorasyon işlemlerinin etkileri dört yıl boyunca devam etmemesine rağmen mikrobiyal çeşitlilik üzerindeki etkiler devamlı olmuştur.

Orman ekosistem foksiyonunun merkezi toprak boyunca enerji ve besin döngüsü, ölü örtü girişi ve ayrışmasından sorumlu toprak organizmalarıdır. Orman kesimleri organik madde eklenmesi, aralıklarla ölü örtü girişi, aktif olmayan ve ölü ağaç köklerinin değişimi vasıtasıyla toprak mikrobiyal komüniteleri ve aktivitesini değiştirir (Leckie ve diğ. 2004). Bu kapsamda on beş yaşındaki sürgünden gelmiş ormanlarda ölü örtü mikrobiyal komüniteleri üzerinde gübreleme ve ağaç türünün etkilerinin çalışıldığı bir araştırmada, gübrelemenin ve ağaç türünün mikrobiyal komüniteleri etkilediğini bununla birlikte, bitki büyümesi ve ölü örtü girdisini dolaylı olarak etkilediğini vurgulamıştır (Leckie ve diğ. 2004).

Benzer olarak, Mosca ve diğ. (2007), Kuzey İtalya'da azalan saplı meşe (*Quercus robur*) alanlarındaki ektomikoriza toplumlarının yapısı ve çeşitliliği üzerinde aralamaların etkisini araştırmışlardır. İnce kök durumu, ektomikoriza toplumlarının oluşumu ve yapısı dört ağaca komşu tüm ağaçların kesilmesi ile şiddetli olarak değişen ağaç yoğunluğundan önce ve sonra analiz edilmiştir. Ektomikoriza toplumlarının son derece zengin olduğu ve aralama işleminden önce anatomotiplerin sayısı yalnızca 23 iken aralamadan sonra 64 olarak bulunmuştur. Aralamadan sonra toplum yapısının hızlı bir şekilde değiştiği ve ektomikoriza toplumunun bozulmalara karşı yüksek dirence sahip olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Kesimler toprak karbon stoklarını etkileyebilir (Powers ve diğ. 2012). Ölü örtü tabakasındaki karbon, kesim ile önemli etkilenebilir fakat sebeplere ilişkin kayda değer belirsizlik vardır (Yanai ve diğ. 2000, Powers ve diğ. 2012).

Ormanlarda yapılan aralama ve tepe kapalılığının kırılmasına yönelik kesimlerden sonra meşcere içi ekolojik koşulların değişmesine bağlı olarak bazı araştırmacılar ölü örtü ayrışması ve mineralizasyonun hızlandığını belirtmişlerdir. Bunun sebebini de azalan ağaç sayısına bağlı olarak rekabetin azalması, su ve besin maddelerindeki artış ve hızlı organik madde ayrışması lehine gelişmelere dayandırmışlardır (Binkley 1984, Smethurst ve Nambiar 1990, Kim ve diğ. 1995, Prescott 1997). Bununla birlikte, özellikle kurak ekosistemlerde aralamalar sonrası meşcere içi sıcaklıkta ki artış ve meşcere içi ekolojik koşullardaki karmaşık değişimler organik madde ayrışması ve

besin madde döngüsünü engelleyici yönde olabilmektedir (Yin ve diğ. 1989, Cortina ve Vallejo 1994)

Jonard ve diğ (2006) yaptığı çalışma sonucunda linear analiz modellerine göre ölü örtü miktarı aralama ile negatif olarak etkilenmiş ve ölü örtüdeki azot konsantrasyonu aralama şiddeti ile artmıştır. Ölü örtüdeki organik madde yüzdesi aralama yoğunluğu ile zayıf bir şekilde azalmıştır. Tüm ölü örtüdeki kadar çürüntü ve humus tabakalarındaki azot konsantrasyonu aralama müdahalesi ile önemli şekilde etkilenmiştir. Fakat alanlar arasında bu tabakalarda farklılık yoktur. Karbon, aralama alanında kontrol alanından önemli olarak düşüktür. Aralama alanlarındaki ölü örtü miktarının düşük olması ya düşük ölü örtü girişi (ibreler, kök artıkları, ölü odunları) yada daha yüksek çıkış (ölü örtüden CO₂ çıkışı, çözünmemiş organik maddenin süzülmesi, toprak canlıları yada kesim makineleri ile mineral toprağa organik maddenin karışması) ile açıklanabilir.

Slodicak ve diğ. (2005) 39 yaşındaki ladin ormanlarında yürüttüğü çalışmada kontrol alanındaki ölü örtü miktarının aralama alanından daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Aralama alanı ile kontrol alanı arasında ölü örtü miktarı bakımından farklılık tespit edilmemiştir, fakat aralama alanlarında besin içeriğinin daha düşük olduğunu belirlemiştir. Kontrol alanı ile karşılaştırıldığında aralama alanındaki ölü örtüde daha hızlı besin döngüsü ve daha hızlı ayrışma teorisinin bunun sonucunu desteklediğini belirtmiştir (Slodicak ve diğ. 2005).

Karadağ - Artvin bölgesinde doğal yolla gençleştirilmiş Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) ormanında, üç farklı aralama müdahalesi (kontrol, mutedil ve şiddetli) yapılmıştır. Kılcal kök kütlesi, şiddetli aralamaya maruz kalan parsellerde, kontrol ve mutedil aralama parsellerine oranla istatistik anlamda azalma göstermiştir. Toprak pH' sı ve organik madde içeriği aralama ve kontrol parselleri arasında anlamlı farklılık göstermemiştir (Tüfekçioğlu ve Küçük 2004).

Sıklık bakımı kesimleri ile meşcerelerden fertlerin çıkartılması ile ölü örtü miktarındaki azalmadan dolayı ayıklamanın şiddetine bağlı olarak ölü örtü miktarı değişmektedir (Tolunay 1997, 2003).

Orman ekosisteminin karbon dengesi analiz edildiği zaman yalnızca diri örtünün rolü nadiren dikkate alınır (Goulden ve Crill 1997, Law ve diğ. 1999). Heijmans ve diğ. (2004) farklı diri örtü tiplerinde net CO₂ değişiminin mevsimsel örneklerinde fark bulmuştur (Kolari ve diğ. 2006).

Kesimler bölgesel tür çeşitliliğini ve varlığını değiştirmede (Hughes ve Fahey 1991, McMinn 1992); alandaki diri örtü ve ağaç tabakalarının yapısı, kompozisyonuna potansiyel etkileri ile ormanlardaki en yaygın antropojenik bozulmalardan biridir (Huston 1979, Collins ve Pickett 1982). Ağaç tabakalarındaki değişimler diri örtü kompozisyonu ve dağılımını sıklıkla değiştirir (Bergstedt ve Milberg 2001, Zenner ve diğ. 2006)

Albrecht ve McCarthy (2006) meşe ormanlarında kontrol, kontrollü yakma, mekanik aralama ve yakma + aralama şeklinde uygulamalar yapmışlardır. Ormanlar altında baskın olan *Acer rubrum* fidan yoğunluğu sadece yakma işlemi uygulanan alanlarda azalmıştır. İşlemleri takip eden 4 sezon boyunca tüm işlemlerin uygulandığı alanlarda hızlı bir iyileşme gözlenmiştir. Mekanik aralama *Liriodendron tulipifera* ve *Sassafras albidum* vb. gibi gölgeye dayanıklı türlerin fidanlarının tekrar filizlenerek takip eden ilk yılda alt tabakada gelişimlerini hızlandırmıştır. Boyu 140 cm den küçük meşe fidanlarının yoğunluğu 4 çalışma sezonu boyunca tüm işlemlere tepkisiz kalmıştır. *Quercus alba* ve *Quercus prinus* fidanlarının yoğunluğu 4 yıl süresince işlem uygulanan tüm alanlarda azalmış, *Quercus velutina* fidanlarının yoğunluğu ise artmıştır. Veriler bu ormanlardaki meşelerin yeterli iyileşme sağlaması için mekanik aralamayı takip eden birkaç yıl sonra kontrollü yakma uygulanması gerekebileceğini ortaya koymuştur.

Valbuena-Caraban ve diğ. (2008) İspanya *Quercus pyrenica* baltalık meşe ormanlarında tıraşlama ve aralama kesimleri sonrası değişen genetik ve vejetasyon çeşitliliğini incelemişlerdir. 1750 yılında yapılan son tıraşlama kesimi rotasyonundan ve aralama çalışmalarından sonra yüksek miktarda köklenme oranı ve küçük gruplar halinde yayılmanın (% 27) olduğu görülmüştür.

Yapılan başka bir çalışmada beş kesim uygulaması (kontrol, tek ağaç, grup seçme, aralama ve tıraşlama) kontrolde % 12,8'den tıraşlama % 83,6'ya kadar tepe kapallılığını

azaltarak uygulamaya konulmuştur. Diri örtüde hem tür zenginliği hem de toplam miktar kesim şiddetiyle orantısal olarak artmıştır (Zenner ve diğ. 2006). Benzer olarak Arizona'da ekolojik restorasyon uygulamalarından sonra 5 yıl boyunca meşe ve çam orman dinamiğini incelemişlerdir. Alt tabaka bitki örtüsü ve zenginliği müdahale ile zayıf bir şekilde farklılık gösterirken, genellikle daha önceki koşullar ve iklimle bağlıdır. Müdahaleden dolayı değişimler, ağaç yapısından çok alt tabaka vejetasyonunda daha belirgindir. Alt tabakadaki bitki toplulukları yıllar arası iklimik farklılıklara güçlü bir şekilde tepki verir. Fakat yıllık tür zenginliğinin bitki örtüsü müdahale etkisi ve müdahale zamanı ile önemli etkileşimleri vardır (Fulé ve diğ. 2005).

Maroto ve Lameiro (2008) Kuzeybatı İspanya'daki saplı meşe (*Quercus robur*) alanlarında iyi nitelikli ağaçların aralama ile kesilmesi ve yetersiz budama gibi uygun olmayan silvikültürel işlemlerin etkilerini araştırmışlardır. Bunun için 39 alanda botanik envanter çalışması gerçekleştirilmiştir ve 4'ü fizyografik, 12'si iklimik, 19'u edafik, 7'si silvikültürel olmak üzere toplam 42 parametre ölçülmüştür. Bu değişkenler arasındaki ilişki analizi için silvikültürel veriler diğer veriler ile karşılaştırılmıştır. Tüm parametreler floristik veriler ile zayıf ilişki göstermesine rağmen silvikültürel işlemler ile kuvvetli ilişkili bulunmuştur. Bu durum orman alanlarının yönetilmesinin çevre koşullarını etkilediğinin kanıtı olarak yorumlanmıştır. Meşe alanlarının korunması ve uygun yönetimine imkan sağlayacak alternatif silvikültürel metotların bulunması gerektiği de belirtilmektedir.

Mekanik aralama müdahalesi ilk süreçlerde alt tabakanın güçlenmesini hızlandırmakta, kesime dayanıklı türler tohumdan yeniden canlanmaktadır (Albrecht ve McCarthy 2006). Ağaçların yeniden canlanmaları müdahaleden önceki alanların ilk yapısına ve kompozisyonuna göre yönlendirilmektedir. Müdahaleden sonra alt tabakanın tekrar gelişmeye başlaması yapraklı orman alanlarının genellikle beklenen tepkisidir (Albrecht ve McCarthy 2006). Yapılan bir çalışmada otsu örtü hem aralanmış (% 11) hem de aralanmamış alanlarda (% 2,4) başlangıca göre düşük olup, aralamadan sonraki ikinci vejetasyon periyodu sonunda otsu örtü aralama alanında % 28,5 ve kontrol alanında % 7,2 oranında artmıştır (Simonin ve diğ. 2007).

Bitki yoğunluğu toprağa karbon girişi ve artan üretim vasıtasıyla toprak solunumunu etkileyebilir. Dias ve diğ. (2010) bitki tür çeşitliliği ve solunum arasındaki pozitif ilişkiyi rapor etmiştir (Balogh ve diğ. 2011).

Muhtemel negatif etkilerinin tersine, aralama ılıman ormanlarda besinlerin biyokimyasal döngüsü, ölü örtü ayrışması ve alanın mikro kliması için yararı kayda değerdir. Ek olarak, aralama ile mineralizasyonun gelişimi, mikroorganizmalar ve ağaçlar arasında besin ve su için olan rekabeti muhtemelen azaltabilir. Sonuç olarak, aralama besin döngüsü ve organik madde birikimi bakımından anahtar değişkendir (Slodick ve diğ. 2005).

Bir çok çalışma, kesim işleminin toprak azot içeriğine etkisini değerlendirmiş ve genellikle ölü örtüde azot kaybı bulunduğu fakat mineral toprakta değişimin çok az olduğu rapor edilmiştir (Olsson ve diğ. 1996, Jurgensen ve diğ. 1997, Johnson ve Curtis 2001, Jurgensen ve diğ. 2012).

Kim ve diğ. (1995) meşcere kapalılığının üst topraktaki mineralizasyona etkisini meşe (*Quercus rubra*) meşceresinde araştırmıştır. Çalışma sonucunda; en yüksek mineralizasyon tıraşlama alanında belirlenmiş ve kapalılığın kırılmasının topraktaki alınabilir azot miktarını önemli ölçüde arttırdığı saptanmıştır.

Aralama ve selektif kesimler periyodik olarak ekosistem üretimini yönlendiren bir anahtardır ve ağaç üretiminin fizyolojik temeli olan yaprak alanı alandan çıkarılmaktadır (Chapin III ve Matson 2002). Böylece aralanmış ormanlarda müdahale görmemiş ormanlardan beklendiği gibi daha düşük karbon birikimi olabilir (Powers ve diğ. 2012).

Toprak özellikleri üzerine üretimin etkileri hakkında yapılan kapsamlı araştırmalar geleneksel ağır araçlarla tıraşlama kesiminin kısa dönemde temel olarak azalan yaprak girdisi ve kesim artıklarının artan ayrışmasının toprak organik maddesine negatif etkiye sahip olabileceğini göstermektedir (Alban ve diğ. 1994, Stone ve Kabzems 2002, Powers ve diğ. 2005, Jurgensen ve diğ. 2012).

Toprak karbonu üzerinde aralamanın etkisi olması sebebiyle aralama mineral toprak ve ölü örtü karbon stoklarını etkiler (Skovsgaard ve diğ. 2006).

Jurgensen ve diğ. (2012) tarafından yapraklı ve ibreli türlerde yapılan farklı aralama uygulamasında ibreli türdeki kontrol alanlarında üst toprak karbon ve azot içeriğinin diğer aralama alanları (şiddetli aralama hariç) ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu bulunmuştur. İbreli alanların tersine, yapraklı alanlarındaki aralama ve kontrol alanları arasında mineral topraktaki ve ölü örtüdeki karbon ve azot içeriği bakımından önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, aralamanın mineral toprak ve ölü örtü karbon ve azot havuzu üzerinde az etkiye sahip olduğu vurgulanmıştır.

Powers ve diğ. (2012) yaptığı çalışmada aralama müdahalesinin mineral toprak karbonu üzerine önemli etkiye sahip olmadığını belirlemiştir.

Karbon ve azot havuzu hakkında yapılan çalışmaların kısa ve uzun dönemli sonuçları karışıktır (Nave ve diğ. 2010). Aralama mineral toprakta ve ölü örtüdeki azotu veya karbonu arttırabilir (Selig ve diğ. 2008), azaltabilir (Vesterdal ve diğ. 1995) yada çok az etkileyebilir (Skovsgaard ve diğ. 2006, Moghaddas ve Stephens 2007, Boerner ve diğ. 2008, Nilsen ve Strand 2008, Jurgensen ve diğ. 2012). Rosenburg ve Jacobson (2004) ladin alanlarında yapılan aralamanın ölü örtü ve mineral toprak karbon ve azot havuzlarında önemli farka sebep olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Frey ve diğ (2003) Kanada'daki karışık ağaç türlerinden oluşan alanlarda aralamadan sonraki toprak azotundaki farkların aralama yoğunluğu ile değil ölü örtüdeki değişim ile meydana geldiği sonucuna varmıştır.

Nilsen ve Strand (2008) yaptığı çalışmada ölü örtü karbonunun aralama şiddeti ile azaldığını fakat bu azalmanın önemli olmadığını belirtmiştir. Ayrıca müdahalenin diri örtü karbon içeriğini az etkilediği ve artan sıklık ile diri örtüde daha düşük karbon depolanmasının olduğu sonucuna varmışlardır.

Yapılan bir çalışmada müdahalelerin ölü örtü C ve N miktarını azalttığı tespit edilmiş ve ölü örtüde bu kayıplardan dolayı mineral topraktaki toplam C ve N havuzunda önemli farklılık belirlenememiştir (Moghaddas ve Stephens 2007). Buna benzer olarak, başka

bir çalışmada şiddetli aralama alanında kontrol, hafif ve ılımlı aralama alanlarından daha yüksek yıllık azot mineralizasyonu görülmüştür. Fakat farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Son ve diğ. 1999).

Aralama ile çıkartılan biyokütle önemli olarak aralamanın yapıldığı alandaki besin havuzunu azaltır (Blanco ve diğ. 2006, Qiu ve diğ. 2012). Periyodik olarak yapılan aralama ile alandaki biyokütle önemli miktarda alandan çıkarılır, bu ölü örtüden toprağa organik madde ve besin girişini azaltabilir (Novák ve Slodičák 2004, Blanco ve diğ. 2006). Yine de aralanmış alandaki ölü örtüde aralanmamış alandaki ölü örtüden daha yüksek besin maddesi konsantrasyonu olabilir (López-Serrano ve diğ. 2005, Jurgensen ve diğ. 2012).

Makineci (2004, 2005a, 2005b) değişik şiddetteki aralamaların sapsız meşe (*Quercus petraea*) meşceresinin bazı toprak özelliklerine etkisinin sekiz yıllık sonuçlarını incelemiş ve aralamanın topraktaki toplam azot ve karbon miktarını arttırdığını saptamıştır. Ayrıca aynı alanlarda diri örtü ve doğal gençlik gelişimi de değerlendirilmiştir.

Aralamalar konusunda Türkiye’de yapılmış olan bilimsel çalışmalar ise farklı türlerde yürütülmüştür. Bunlardan bazıları Demirköy’de saf sapsız meşe (*Quercus petraea*) baltalık ormanında (Makineci 1993, 2004, 2005a, 2005b), Bolu Aladağ Bölgesindeki sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde (Tolunay 1997), İstanbul Ağaçlı maden sahalarındaki sahil çamı (*Pinus pinaster* Aiton.) meşcerelerinde (Tecimen 2005), Antalya Bölgesi Doğal Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde (Eler 1988), Karadağ–Artvin bölgesinde doğu kayını meşcerelerinde (Tüfekçioğlu ve Küçük 2004), Zonguldak, Bursa ve Karabük yöresindeki sırkılık çağındaki kayın meşcerelerinde (Umut ve diğ. 2000), Dişbudak plantasyonlarında (Çiçek ve diğ. 2010), Eskişehir bölgesinde karaçam meşcerelerinde (Çömez ve diğ. 2013) ve Maçka Yeşiltepe bölgesinde kayın meşcerelerinde (Sevim ve diğ. 2013) yapılan aralama çalışmalarıdır.

2.4. MEŞE VE GÜRGEN'İN ÖNEMİ

Türkiye ormanlarının % 40'nı yapraklı ormanlar oluşturmaktadır. Yapraklı ormanların başında da meşe gelmektedir. Meşe cinsi Türkiye ormancılığı için son derece önemlidir. Türkiye gerek tür zenginliği gerekse kapladığı alan bakımından dünyanın sayılı meşe diyarlarından biridir. Türkiye ormanlarında çamlardan sonra en büyük sahaya meşe ormanları sahip olup, meşe orman sahasının genel orman varlığındaki payı % 23,8 tür (5,2 milyon hektar) (OGM 2012). Bu bilgiye göre Türkiye orman sahasının yaklaşık ¼' ünü meşe ormanlarının oluşturduğu görülmektedir. Türkiye'de meşeler saf koru ve saf baltalık ormanları oluşturdukları gibi çoğunlukla diğer ağaç türleri ile karışım oluşturmakta, ayrıca maki ve kısmen de tarım arazileri içinde olmak üzere bozkır bölgeleri hariç Türkiye'nin hemen her tarafına yayılmış bir şekilde bulunmaktadırlar (Atay 1987). Meşeler kıymetli yapacak ve yakacak odun veren ağaçlardır. Kıymetli odunları dışında iyi bir hayvan yemi olan meyve ve yaprakları tanence zengin kabuk ve meyve kadehleri, patolojik bir oluşum olan meşe mazıları değerli yan ürünler arasında ilk akla gelenlerdir. Meşeler büyük bir yaşama kudretine sahiptirler. Çok ileri yaşlarda bile kök ve kütük sürgünü verebilirler. Kökleri çok derinlere giden meşeler topraktan kökleri sökülmedikçe, en ağır hayvan otlatmalarına en ağır müdahalelere karşı kendilerini yenileme gücüne sahiptirler (Yaltırık 1984).

Araştırmanın yapıldığı Macar Meşesi (*Quercus frainetto*) türü, ışık ağacı olup, 25-30 m'ye kadar boylanabilen kalın dallı geniş tepeli kışın yaprağını döken ağaçlardır. Yaşlı gövdelerde kabuk dar şeritler halinde çatlaklı ve açık gri-kahverengindedir. Tomurcuklar büyük, dolgun, köşeli olup sarımtırak-gri renkte, keçe gibi sık tüylerle örtülüdür. Yapraklar ters yumurta biçiminde, büyük (azami 20x13 cm boyutlarında), fakat güneşli, kurak yerdekiler orta büyüklükte, hatta küçüktür. Yapraklar sürgün uçlarında toplanmış rozet durumdadır. Ayanın derin ve dar oyuntulu, düzenli 6-9 çift lobu vardır. Her bir lop da 1-3 tali lopçukludur. Ayanın her iki yüzü de yıldız tüylerle örtülüdür, bazen üst yüzü çıplaklaşır. Yaprak sapı yok denecek kadar kısadır, yaprağın dip tarafında belirgin şekilde iki kulakçık kısa sapı örter. Erkek çiçekler aşağıya sarkan iplik gibi ince ve uzun eksenlerde, seyrek vaziyette bir araya gelerek kurul oluştururlar. Meyveler sürgün uçlarında birkaçı bir arada toplanmıştır, olgunlaşması bir yılda olur. Kadeh 15 mm çapında ve sapsızdır; kadeh pulları boz tüylü, kısa ve birbirinin üstüne

gevşek kapanmıştır. Doğal yayılış alanı Güney ve Doğu Avrupa, Balkanlar, Güney İtalya ve Türkiye'dir (Şengönül ve Yılmaz 2008).

Diğer önemli ağaç türümüz ise gürgendir. Kışın yaprağını döken bu ağaç türünün ışık isteği azdır, başka bir ifadeyle gölgeye dayanabilen bir türdür. Baltalık kurmaya elverişlidir çünkü bol miktarda kütük sürgünü verebilmektedir. Gürgen, bitki sosyolojisi bakımından meşeye bağlı bir türdür. Fakat daha çok nemli ve nemli alt yamaçları tercih eder. Bu gibi yetişme ortamlarında saf veya karışık meşcereler meydana getirir (Ürgeç ve Çepel 2001). Gürgen ülkemizde yaklaşık 19962 hektarlık alanda ve Trakya, Ege, Marmara Bölgesi, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde yayılış gösterir. Genellikle kuzey ve güney kıyı bölgelerimizin karışık ormanlarında bulunur (OGM 2006, 2012). Ülkemizde Adi Gürgen (*Carpinus betulus*) ve Doğu Gürgeni (*Carpinus orientalis*) olmak üzere iki türü bulunmaktadır.

Araştırma alanında incelenen diğer tür olan Adi Gürgen (*Carpinus betulus*); Gölge ağacıdır, önceleri yavaş büyür. Yaprak formu, sonbaharda sarı renk alan yaprakları, sarkık meyveleri güzel görünümündedir. 25 m'ye kadar boylanabilen, önceleri piramidal, sonraları dağınık yuvarlak tepeli, kışın yaprağını döken bir orman ağacıdır. Gövde olukludur; açık gri renkli olan gövde kabuğu ince ve düzgündür, çatlamaz. Sürgünlere almalı dizilmiş uzunca yumurta biçimindeki yapraklar 3-10 cm uzunluğunda, 3-5 cm genişliğinde ve sivri uçludur. Yaprak kenarı çift sıralı dişlidir. Yan durumlu erkek çiçekler yalancı başak halinde kurullar oluşturur. Dişi çiçekler ise terminal kurul oluşturur ve aşağı sarkar. Nisan-mayıs aylarında çiçek açar. Sonbaharda olgunlaşan meyve yumurta biçiminde üzeri boyuna oluklu, çıkıntılı ufak bir nukstur. Meyve örtüsü üç loplu olup, orta lop diğerlerinden daha uzundur. Doğal yayılış alanı Avrupa, Baltık ülkeleri, Kafkasya, Türkiye ve İran'dır (Şengönül ve Yılmaz 2008).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ARAŞTIRMA ALANININ YETİŞME ORTAMI ÖZELLİKLERİ

Araştırma alanının mevkii, iklim, jeolojik temel ve toprak ile bitki örtüsü özellikleri aşağıdaki verilmiştir.

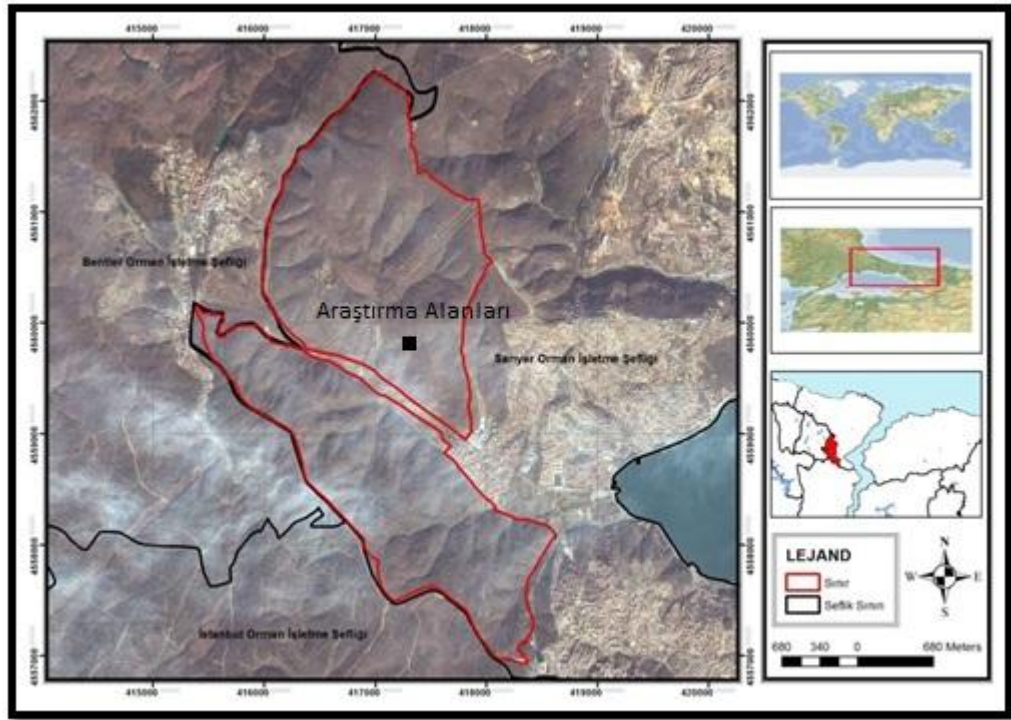
3.1.1. Mevki

Araştırma alanı İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanında yer almaktadır. Araştırma ormanı Belgrad Ormanı'nın devamı olup 28°59'17" - 29°32'25" doğu boylamları ile 41°09'15" - 41°11'01" kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır (Kantarıcı ve Tolunay 1996).

Araştırma ormanını batıda Bahçeköy ile sınır oluşturan Balaban Dere, doğuda Çaykur Çay Paketleme Fabrikası yolu, kuzeyde Kılıçpınar - Kocataş Mahallesi yolu, güneyde ise Çayırbaşı - Bahçeköy asfalt yolu çevreler (Şekil 3.1) (Kantarıcı ve Tolunay 1996).

Araştırma ormanının yükseltisi 30-240 m arasında değişmektedir. Orman kuzeydeki Büyükdoğan Tepe (236 m) ile Kocatarla Tepe (240m) sırtından güneyde Çayırbaşı - Bahçeköy asfalt yoluna (20 m) inen dik yamaçlardan ve oldukça derin vadilerden oluşur ve genel bakışı güneydir. Araştırma ormanı içerisinde 201 m yüksekliğindeki Sivri Tepe ile kuzeyden güneye derin bir vadi oluşturan Havuzlu Dere, Balaban Dere Vadisi ve Bahçeköy - Çayırbaşı doğrultusundaki Büyükdere Vadisi farklı bakılar ile farklı eğimli yamaçları oluşturmaktadır. Açılan bu derin dere vadileri genel güney bakıya rağmen kuzeye, doğuya ve batıya yönelik dik eğimli yamaçların oluşmasını sağlamıştır (Kantarıcı ve Tolunay 1996).

Araştırma alanları Eğitim ve Araştırma Ormanı için hazırlanan Amenajman planında 37 nolu bölme içerisinde aynı yetişme ortamında bulunan saf meşe ve saf gürgen meşcereleri içerisinde yer almaktadır. Bölme sınırları içerisinde her iki meşcerede b (Mb ve Gnb) gelişim çağındadır. Araştırma alanlarının ortalama yükseltisi 70 ile 90 m arasında olup, ortalama eğim meşe alanlarında % 3 ile % 5 arasında, gürgen alanlarında % 5 ile % 10 arasındadır. Alanların bakışı meşe alanlarının batı-kuzey batı, gürgen alanlarında ise batı-güney batı yönündedir.



Şekil 3.1: Araştırma alanlarının coğrafi konumu (Akgül, 2012).

3.1.2. İklim

Araştırma alanına ait 1980-2009 yılları arasına ait iklim verileri Bahçeköy Meteoroloji istasyonundan sağlanmıştır (Tablo 3.1). Aylık ortalama sıcaklık değerlerine göre en sıcak ay 22,1 °C ile ağustos, en düşük ay ise 4,3 °C şubat ayıdır. En yüksek sıcaklık ağustos ayında 40,7 °C, en düşük sıcaklık şubat ayında -11,4 °C olarak ölçülmüştür. Aylık yağış miktarı en yüksek 183,2 mm ile aralık ayında, en az ise 39,4 mm ile temmuz ayında kaydedilmiştir. Yıllık toplam yağış miktarı ise 1111,4 mm'dir. Nisbi nem en yüksek % 81,4 ile ocak ayında ölçülmüştür. Karla örtülü gün sayısı bakımından

en yüksek ortalamaya sahip ay 5,6 gün ile şubat ayıdır. Hakim rüzgar yönü ise kuzeydoğudur (www.tumas.dmi.gov.tr).

Tablo 3.1: Bahçeköy Meteoroloji İstasyonuna ait bazı iklim verileri (1980-2009).

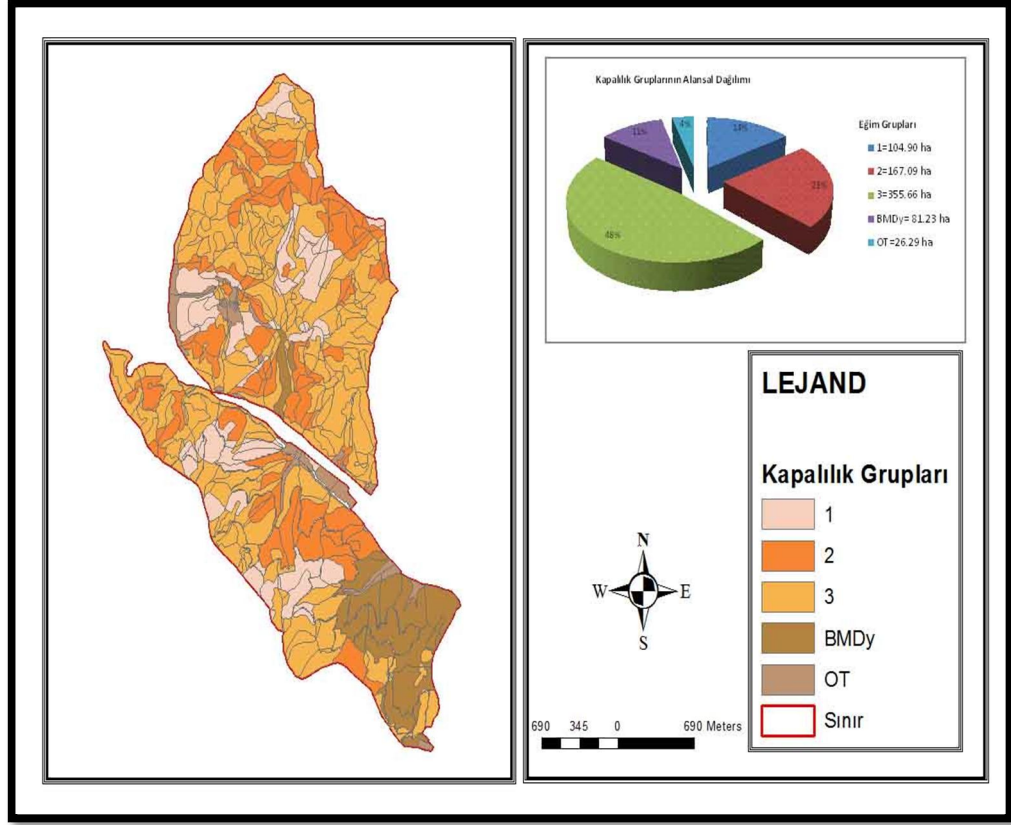
	AYLAR												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama sıcaklık (°C)	4,6	4,3	6,3	10,7	15,2	19,6	22,0	22,1	18,3	14,3	9,5	6,5	12,7
En yüksek sıcaklık (°C)	18,3	22,2	25,4	32,9	33,9	37,3	40,7	37,9	34,1	33,1	25,2	19,9	40,7
En düşük sıcaklık (°C)	-11,0	-11,4	-8,2	-2,2	0,3	6,1	8,2	8,0	6,4	0,2	-2,8	-7,6	-11,4
Yağış miktarı (mm)	149,9	111,2	101,0	56,3	44,1	42,2	39,4	63,8	70,5	117,3	132,5	183,2	1111,4
Nisbi Nem (%)	81,4	78,3	76,9	75,0	77,2	76,6	77,9	78,5	78,4	80,4	80,5	80,6	78,4
Karla örtülü gün sayısı	3,9	5,6	2,0	-	-	-	-	-	-	-	0,1	2,1	13,7
Ortalama sisli gün sayısı	2,5	2,1	2,4	2,3	1,0	0,1	0,1	0,1	0,4	1,3	1,8	1,2	14,3
En çok esen rüzgar yönü	KD	KD	KD	KD	KD	KD	KD	KD	KD	KD	KD	KD	KD

3.1.3. Bitki Örtüsü

Araştırma Ormanı içerisindeki doğal ağaç türlerinin başında Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), Sapsız Meşe (*Quercus petraea* L.), Macar Meşesi (*Quercus frainetto* Ten.), Saçlı Meşe (*Quercus cerris* L.), İhlamur (*Tilia argentea* Dest.), Adi Gürgen (*Carpinus betulus* L.) ve Kızılağaç (*Alnus glutinosa* L.) türleri gelmektedir.

Ağaççık ve maki türleri olarak ise funda (*Erica arborea* L.), kuş üvezi (*Sorbus aucuparia* L.), muşmula (*Mespilus germanica* L.), fındık (*Corylus avellana* L.), akçakesme (*Phillyrea latifolia*.) ve laden (*Cistus spp.*)'dir. Bunun dışında çok az miktarda defne (*Laurus nobilis*) ve kocayemiş (*Artbutus unedo* L.) de mevcuttur.

Araştırmanın yapıldığı Macar Meşesinin hakim olduğu alanlarda Anadolu Kestanesi, Adi gürgen ve ıhlamur karışımına giren ağaç türleridir. Adi Gürgenin hakim olduğu alanlarda genellikle kestane ve ıhlamur karışan tür olarak bulunmaktadır.



Şekil 3.2: Araştırma alanına ait meşcere kapalılığı (Akgül 2012).

3.1.4. Jeolojik Temel ve Toprak

Eğitim ve araştırma ormanında toprakların oluştuğu beş anakaya ile iki tortul anamateryal mevcuttur. Anakayalardan en yaygın olanı toztaşı şistleridir. Diğerleri Pliosen I/ toztaşı tortulları karışmış materyal, pliosen I tortulları, grovak, kumtaşı, kontakt metamorf ve andezittir. Andezit ve kontakt metamorflar dar bir alanda grovaklar ve kum taşları daha genişçe, toztaşı şistleri ise çok geniş alanda yayılmıştır. Pliosen yaşındaki Pliosen I/ toztaşı tortulları ile Pliosen I materyalleri de sırtlarda ve nispeten daha dar alanlarda yayılmıştır (Kantarıcı ve Tolunay 1996).

Yaygın toprak türü daha çok balçıklı kildir. Kil toprakları daha az yaygındır (Kantarıcı ve Tolunay 1996).

Topraklar genelde derin (% 71) olmakla beraber pek derin (% 5), orta derin (% 19) ve sığ derinlikteki (% 5) derinlik kademelerindedir (Kantarıcı ve Tolunay 1996).

Toprakların % 77'si az taşlı ve % 16'sı çok taşlıdır. Taşlılığın yüksek olması sırtta ve dik eğimli arazide yer alan topraklarda eski bir erozyon etkisini göstermektedir (Kantarıcı ve Tolunay 1996). Topraklar kireç içermemektedir (Makineci 1999).

Eğitim ve araştırma ormanında seçtiğimiz deneme alanlarında toprakların oluştuğu anakaya toztaşı şistidir. Genel toprak türü balçıklı kil ve toprak tipi solgun esmer orman toprağı olarak sınıflandırılmıştır.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Örnek Alanların Seçimi ve Deneme Deseni

İ.Ü. Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı'nın tamamı gezilerek araştırmaya uygun koşullara sahip Macar meşesi ve Adi gürgen'nin saf olduğu, homojen dağılım gösterdiği, mümkün olduğunca yan yana ve aynı yetişme ortamı içerisindeki alanlar tespit edilmiştir. Bunların yanında alan seçiminde deneme alanlarının boyutuna uygun, tampon alanlarını da içine alan büyüklük ve homojenlikte olmalarına da dikkat edilmiştir. Bu özelliklere göre belirlediğimiz alanlar eğitim ve araştırma ormanı için hazırlanan Amenajman planında 37 nolu bölme içerisinde yer almaktadır. Bölme sınırları içerisinde her iki meşcerede b (Mb ve Gnb) gelişim çağındadır. Alanlarda yapılan ölçümlere göre meşe alanlarında ortalama çap 15 cm, gürgen alanlarında ise 14 cm'dir (Tablo 3.2).

Her meşcere altında 4 er alan (meşe meşceresinde 4 alan, gürgen meşceresinde 4 alan) olmak üzere toplam 8 alan tespit edilmiştir. Bu alanlar 25 m X 25 m boyutlarında olmak üzere ve aralarında yaklaşık 20 m tampon zon bırakılarak ayrılmış ve alanlarda aralama kesimleri yapılmıştır (Aboal ve diğ. 2000, Eriksson 2006).

Tablo 3.2: Örnek alanlardaki hektardaki ağaç sayısı ve diğer değişkenler.

	Meşe	Gürgen
Ağaç sayısı /ha	1112	1408
Ortalama göğüs yüzeyi(m ² /ha)	22,7	26,2
Ortalama boy (m)	15,3	14,3
Ortalama çap (cm)	15,8	14,9

Her iki türe ait (meşe ve gürgen) meşcerelerde deneme alanlarının tesisinden sonra, öncelikle her bir deneme alanındaki tüm ağaçlar numaralandırılmış ve göğüs yüksekliğindeki çapları ölçülmüştür. Göğüs yüksekliğindeki (1,30 m) çap ölçümleri hassas bir çap ölçer yardımıyla, çift taraflı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çap ölçümleri ile göğüs yüzeyleri hesaplanmıştır.

Bu hesaplamalardan sonra gürgen ve meşede 2'şer deneme alanında aralama müdahalesi yapılmıştır. Ayrıca yine 2'şer deneme alanında hiçbir müdahale yapılmayarak bu alanlar kontrol alanı olarak ayrılmıştır.

Aralama alanlarında aralama müdahaleleri ile deneme alanlarında bulunan ağaçların toplam göğüs yüzeyi miktarlarının yaklaşık olarak % 50 'si alandan çıkarılmıştır (Aboal ve diğ. 2000, Eriksson 2006) (Şekil 3.4).

**Şekil 3.3:** Örnek alanların aralamadan önceki görünüşü.



Şekil 3.4: Örnek alanların aralamadan sonraki görünüşü.

3.2.2. Toprak Solunum Örneklerinin Alımı

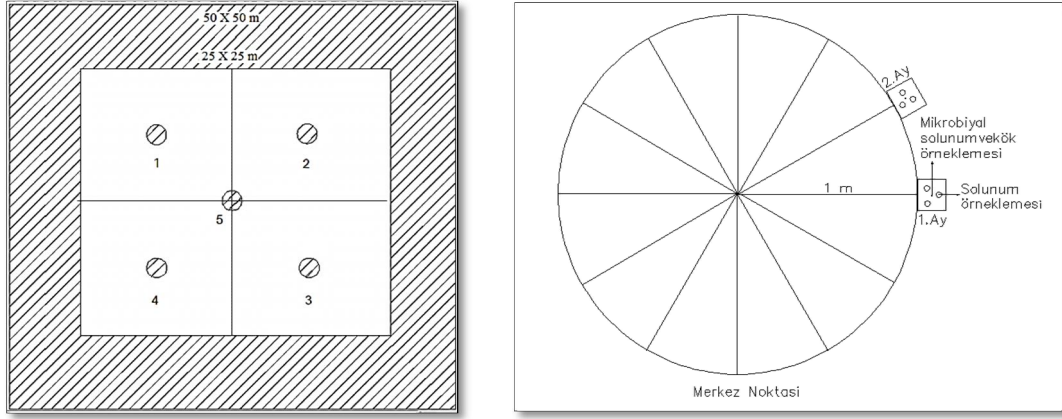
Toprak solunumu belirlenmesinde kullanılan birçok açık (dinamik ve statik), kapalı (dinamik ve statik) çember ve gaz kuyusu (Gas-well) metodları bulunmaktadır. Özellikle dinamik sistemler infrared ölçümlerle gerçekleştirilmekte olup, statik sistemlerde absorpsiyon ve gaz kromatografisi ile ölçümler gerçekleştirilmektedir. Diğer metod olan gaz kuyusu metodunda ise hem infrared hem de gaz kromatografisi ile ölçümler yapılmaktadır. Çalışmadaki solunum örnekleme için seçilen metod bu konuda en yaygın kullanılan kapalı statik çember metodlarından (Closed Static Chamber (CSC) Methods) olan soda kireci (soda-lime) metodudur. Bu metod dünyada birçok araştırmacı tarafından kullanılmış ve kullanılmaktadır (Monteith ve diğ. 1964, Grogan 1998, Tüfekçioğlu ve Küçük 2004).

Soda kireci granül boyutu 2 – 5 mm olan CaOH + NaOH karışımı olup havadaki CO₂'yi absorbe etme özelliğine sahip bir kimyasaldır.

Laboratuarda fırın kurusu 60 g soda-kireci bulunan 5 cm genişliğinde 5 cm boyundaki ve numaralandırılmış plastik kapaklı kavanozlar hazırlanarak (laboratuar yöntemleri bölümünde kavanozların hazırlanışı belirtilmiştir) araziye götürülmüştür. Arazide örnekler Şekil 3.5 gösterilen örnekleme matrisine göre alanın 5 noktasına ve 3 tekrarlı olacak şekilde toplam 15 noktaya iki yıl boyunca iki ayda bir olmak üzere yerleştirilmiştir. Kavanozlar araziye yerleştirilirken ağızları açılarak üzerine 30 cm

boyunda ve 30 cm çapında plastik kovalar ters çevrilerek kapatılmıştır. Fakat bu işlemi gerçekleştirmeden önce kovaların yerleştirileceği yerde eğer varsa yeşil bitkiler kesilerek uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.6). Buradaki amaç canlı bitkiler tarafından ortaya çıkacak olan CO₂ in soda kireci tarafından tutulmasını engellemektir. Kovalar kapatılırken yaklaşık 1 cm derinliğe kadar toprağa gömülmüştür ve hava girişini engellemek için kenarları sıkıştırılmıştır. Daha sonra güneşin kova içindeki sıcaklığı yükseltmesini engellemek için üzerine alüminyum folyo konularak arazide bırakılmıştır.

Arazide 24 saat bekleyen örneklerin üzerine kapatılan kovalar itina ile kaldırılarak kavanozların ağzı kapatılıp alınmıştır. Kapalı kovaların altından kavanozlar alınırken her bir kovanın altındaki yaklaşık olarak 5 cm toprak derinliğindeki toprak sıcaklığı, toprak sıcaklığını ölçmeye uygun termometreler ile ölçülerek ilgili tablolara not edilmiştir. Metodun standart uygulamasında da belirtildiği gibi, toprak sıcaklığı ölçümlerinin günün belirli saatlerine yapılmasına (11.00 veya 14.00 saatleri civarı) özen gösterilmiştir. Toprak sıcaklığı ölçümü yapılan her bir kovanın altından, toprak nem ölçümlerinde kullanılmak üzere toprak örnekleri alınarak hava almayacak şekilde poşetlenip etiketlenmiştir. Daha sonra örnekleme noktalarına bir sonraki ölçüm zamanında yerini belirlemede kolaylık sağlaması amacı ile ince çubuklar yerleştirilerek ölçümün gerçekleştirildiği noktalar işaretlenmiştir. Toplanan kavanozlar vakit kaybetmeden laboratuara getirilmiştir. Tüm bu işlemler yapılırken arazide kavanoz numaraları, koyma zamanı, alma zamanı saat ve dakika olarak not edilmiştir. Bunun yanı sıra kavanozların araziye götürülüp getirilmesi ve ağzlarının açılıp kapatılması sırasında kazandığı karbondioksit miktarını belirlemek amacıyla 10 adet standart kavanoz hazırlanmıştır. Bu kavanozlar arazide sadece ağzları 30-40 sn açılıp kapatılarak laboratuara getirilmiştir. Standart kavanozlar laboratuarda fırın kurusu (105 °C'de 24 saat) hale getirilerek tartımları yapılarak ve belirlenen karbondioksit miktarlarının (formül ile belirlenen) ortalaması bütün kavanozların karbondioksit miktarından düşülmüştür. Kavanozlar içerisindeki soda kirecinde araştırma süresince periyodik örneklemelelerde % 5 civarında (yaklaşık 3 g) bir karbondioksit kazanımı olduğunda yenisi ile değiştirilmiştir.



Şekil 3.5: Örnekleme matrisleri.



Şekil 3.6: Arazide solunum örnekleme alanı.

3.2.3. Mikrobiyal Solunum Örneklerinin Alınması

Mikrobiyal solunum örnekleme alanı hem ölü örtü hem de üst toprakta gerçekleştirilmiştir. Bu örnekleme alanları toprak solunum örnekleme alanlarının yapıldığı noktalarda (Şekil 3.5) $\frac{1}{4}$ m² alandan ölü örtü ve hacim silindirleri (5 cm çapında ve 10 cm yüksekliğinde) ile 0-10 cm derinlik kademesinden toprak örneği alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde ölü örtü ve topraklar 2 ayda bir 5 tekrarlı olarak örneklendirilmiştir. Alınan örnekler kilitli poşetlere konularak süratle laboratuara getirilmiştir.

3.2.4. Toprak Sıcaklığı ve Toprak Nemi Ölçümleri

Toprak sıcaklığı termometre yardımıyla arazide kapalı kovaların altından kavanozlar alınırken ölçülmüştür. Bunun için termometre toprağa 5 cm kadar batırılmış ve yaklaşık olarak 5 dakika beklenerek sıcaklık okuması yapılmıştır (Şekil 3.7). Toprak sıcaklığı

ölçümlerinin günün belirli saatlerine yapılmasına (11.00 veya 14.00 saatleri civarı) dikkat edilmiştir.



Şekil 3.7: Toprak sıcaklığı ölçümü.

Toprak nemi örnekleme de toprak sıcaklığında olduğu gibi solunum örnekleme yapılan noktalardan toprak örneği alınarak gerçekleştirilmiştir. Bunun için 100 cm³ hacminde silindir örneği alınmıştır. Bu örnekler hava almayacak şekilde polietilen poşetlere konulup etiketlenerek yaklaşık bir saat içinde nem oranı belirlenmek üzere laboratuara getirilmiştir.

3.2.5. Toprak Örneği Alımı

Toprak asitliği (pH), karbon ve azot oranlarının periyodik değişimini belirlemek için alınan toprak örnekleri diri örtü ve ölü örtü örneklerinin alındığı noktaların hemen altından 100 cm³'lük silindir ile iki ayda bir alınmıştır. Toprak örnekleri polietilen poşetlere alınarak etiketlenip laboratuara getirilmiştir.

3.2.6. Diri Örtü ve Ölü Örtü Örneklerinin Alımı

Diri örtü örnekleri üst toprak ve ölü örtü örnekleme yerlerinden ve örnekleme matrisinde belirtildiği gibi 5 adet merkez noktasının 50 cm uzağından, periyodik olarak 1/4 m² büyüklüğündeki bir alandan iki ayda bir alınmıştır (Şekil 3.8). Diri örtü örnekleri alınırken toprak yüzeyine en yakın kısımlarından dal makası ile kesilerek toplanmış ve arazide yaş ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra bu diri örtü örnekleri kese kağıtlarına konulup etiketlenerek kısa sürede laboratuara götürülmüştür.

Ölü örtü örnekleri diri örtü örneklerinin alındığı yerlerin hemen altından örnekleme periyotlarında her deneme alanında iki ayda bir olmak üzere 5 tekrarlı gerçekleştirilmiştir. Ölü örtü örnekleri mineral toprak tabakası üzerindeki, 1/4 m²'lik bir alanda tüm ölü örtü toplanarak alınmıştır (Şekil 3.8). Toplanan örnekler poşetlere konulup, etiketlenerek laboratuara getirilmiştir.



Şekil 3.8: Diri örtü ve ölü örtü örneklerinin alımı.

3.2.7. İnce Kök Örneklerinin Alımı

Kök biyokütlesini belirlemek için her alanda toprak solunum örneklemesinin en son yapıldığı örnek noktalarından (Şekil 3.9) 6,4 cm çapında 30 cm boyundaki çelik sonda yardımıyla 5 adet kök örneği alınmıştır. Örnekleme mevsimsel değişimi belirlemek amacı ile periyodik olarak 3 ayda bir olmak üzere gerçekleştirilmiştir. Çelik sondalar toprağa çakıldıktan sonra içlerinden toprak kaybı olmadan çıkartılarak, içlerindeki tüm toprak ve kök ile beraber uygun büyüklükteki numune poşetlerine konulup etiketlenerek laboratuara getirilmiştir (Tüfekçioğlu ve diğ. 2002).



Şekil 3.9: Kök örneklerinin alımı.

3.3. LABORATUAR İŞLEMLERİ

3.3.1. Toprak Solunum Örneklerinin Hazırlanması

Toprak solunum örnekleme için kullanılan soda – kireci kavanozlarının hazırlanışı ve uygulanan işlemler aşağıda belirtilmiştir.

Laboratuarda 60 g soda-kireci 5 cm genişliğinde 5 cm boyundaki plastik kapaklı kavanozlara konulmuştur (Şekil 3.10). Soda kireci ağırlığının % 15 ile % 16 oranında nem bulundurduğu için bu kavanozlar 105 °C etüvde 24 saat kurutulularak hassas terazide tartılmıştır. Daha sonra numaralandırılan bu kavanozlar araziye götürülerek yerleştirilmiştir.

Araziden getirilen kavanozlar laboratuarda 24 saat ağzı açık şekilde 105 °C deki etüvlerde bekletilmiştir. Daha sonra bu kavanozlar 0,0001 g hassasiyetteki terazide tartımları yapılarak aşağıdaki formül vasıtasıyla solunum değerleri belirlenmiştir (Tüfekçioğlu ve diğ. 2011).

$$TS \text{ (g C/m}^2\text{/gün)} = [(AKA-SKA) \cdot 24 \cdot 1,69 \cdot 12] / [AKS \cdot (\ddot{O}A/10000) \cdot 44] \quad (3.1)$$

AKA = Arazide soda-kirecin kazandığı ağırlık (gram)

SKA = Standart kavanozlardaki soda-kirecin kazandığı ağırlık (gram)

AKS = Arazide kalma süresi (saat dakika)

Örn. Al. = Örnek Alanı (cm²) (kesilen plastik kapların kapladığı alan)



Şekil 3.10: Solunum örnekleme için hazırlanan kavanozların kurutulması.

3.3.2. Mikrobiyal Solunumun Belirlenmesi

Mikrobiyal solunum örnekleme için inkubasyon yöntemi kullanılmıştır. Yöntem CO₂'in sodyum hidroksit çözeltisi tarafından bağlanması ve daha sonra bu çözeltinin hidroklorik asit ile titre edilerek hesaplanmasına dayanır (Rowell 1994, Alef 1995).

Mikrobiyal solunum ölçümü ise aşağıda belirtildiği şekilde gerçekleştirilir.

Alınan toprak örnekleri (% 50 – 55 su tutma kapasitesindeki) 2 mm'lik elekten geçirilerek kökler ve taşlarından ayrılmıştır. Elenen bu toprak örneklerinden 30 g tartılarak 50 ml'lik behere konulmuştur. Ölü örtü örnekleri (% 50 - 55 su tutma kapasitesinde) ise yaprak çürüntü ve humus miktarı eşit olacak şekilde 10 g tartılarak kavanozlara yerleştirilmiştir. Daha sonra 1 M sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi, 1 M hidroklorik asit (HCl) çözeltisi, 0,5 M baryum klorid (BaCl₂) çözeltisi, fenol fitaleyin indikatörü, Karışık indikatör çözeltisi (% 0,2 metil red indikatörü + % 0,1 bromkresol indikatörü) ve karbondioksitsiz (CO₂-free water) saf su hazırlanmıştır. Bu çözeltiler hazırlandıktan sonra 25 ml'lik beher içerisine 10 ml 1 M sodyum hidroksit dökülmüş ve toprak örneği ile 500 ml'lik cam şişe içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 3.10). Cam şişenin ağzı sıkı bir şekilde (cam şişenin içerisine hava giriş çıkışı olmamasına son derece dikkat edilir) kapatılmış ve cam şişenin ağzı parafilm ile sarılmıştır. Bunun yanında toprak örneği olmayan (kontrol=kör) sadece 10 ml 1 M sodyum hidroksit olan 2 adet örnek aynı şekilde hazırlanmıştır. Cam şişeler etüve (inkübatör) dikkatli bir şekilde yerleştirilerek 25 °C'de, 7 gün süreyle inkübasyona tabi tutulmuştur (daha uzun inkübasyon sürelerinde anaerobik koşullar meydana gelmektedir). Sürenin sonunda cam şişeler etüvden çıkartılmış ve dikkatli bir şekilde kapakları açılıp, cam şişenin içerisindeki beherde bulunan sodyum hidroksit 100 ml'lik erlene dökülmüştür. Beher karbondioksitsiz (CO₂) su ile güzel bir şekilde yıkanıp beherde bulunan su 100 ml'lik erlene dökülmüştür. 100 ml'lik erlene bulunan sodyum hidroksit solüsyonuna 0,5 M baryum kloritten 5 ml (BaCl₂) eklenmiştir (Rowell 1994, Alef 1995)



Şekil 3.11: Kapalı cam şişelerde mikrobiyal solunum için inkübasyon işlemi.

Elde edilen çözeltiliye 10 damla fenol fitaleynin indikatöründen damlatılmıştır (Şekil 3.12). Bunun sonucu çözeltinin rengi mavimsi pembe olmuş ve çözeltinin son rengi renksiz oluncaya kadar 1 M hidroklorik asit ile dijital büret yardımıyla titrasyon yapılmıştır. Rengin döndüğü anda harcanan sarfiyat kaydedilip aşağıdaki formül kullanılarak mikrobiyal solunum $\mu\text{g CO}_2\text{-C g toprak sa}$ olarak belirlenmiş ve daha sonra 1 lt'deki fırın kurusu ince toprak ağırlığı üzerinden $\text{g C/m}^2/\text{gün}$ olarak hesaplanmıştır:

$$\text{CO}_2 (\mu\text{g} / \text{g} / \text{saat}) = [(V_0 - V) \times N \times 2,2 \times 1000] / d_{\text{wt}} \times h \quad (3.2)$$

Burada;

h = İnkübasyon süresi (saat)

V_0 = Titrasyonda kör için harcanan hidroklorik asitin (HCl) miktarı (ml)

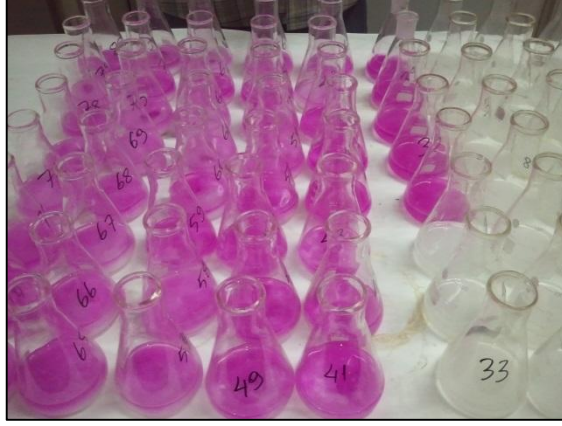
V = Titrasyonda örnek için harcanan hidroklorik asitin (HCl) miktarı (ml)

d_{wt} = 1 gram nemli toprağın kuru ağırlığı

2,2 = Çevirme katsayısı (1 ml 0,1 M NaOH = 2,2 mg CO_2)

1000 = miligramı mikrograma çevirme katsayısı

N = Hidroklorik asidin normalitesi



Şekil 3.12: Mikrobiyal solunum ölçümü için hazırlanan çözeltiler.

3.3.3. Toprak Örneklerinde Yapılan Analizler

Araziden getirilen toprak örnekleri nem (yüzde olarak) tayini için hassas terazide daha önce kurutulan ve daraları alınan krozelere 8 - 10 g arasında tartılarak 105 °C de bir gece bekletilmiş ve ertesi gün fırından alınarak hassas terazide tartılmıştır. Tartım sonunda aşağıdaki formüle göre nem tayini yapılmıştır (Karaöz 1989).

$$\text{Nem (\%)} = [\text{Nemli Ağırlık(g)} - \text{Kuru Ağırlık(g)}] / (\text{Kuru Ağırlık(g)}) \times 100 \quad (3.3)$$

Hacim ağırlığının belirlenmesi için araziden getirilen toprak örnekleri tel raflara serilerek hava kurusu hale gelene kadar kurutulmuş ve hava kurusu haldeki bu örnekler 2mm lik eleklerden elenmeleri sonrası hacim ağırlığı, ince toprak ve taş miktarları (g/l) belirlenmiştir. Daha sonra bu miktarlar 105 °C'deki ağırlığa çevrilerek hesaplanma yapılmıştır.

Toprak örneklerinde toprak asitliğini (pH) belirlemek için 10 g hava kurusu toprak örneği erlen mayerlere tartılmış ve 1 / 2,5 oranında saf su eklenerek 24 saat bekletilmiş daha sonra cam elektrodlu pH metre yardımıyla pH ölçülmüştür.

Toprakta organik karbon ve azot analizleri, 0,5 mm'lik elekten geçirilerek elde edilen topraklarda kuru yakma metodu ile (Leco Truspec CN 2000 CN analiz cihazında) yüzde olarak belirlenmiştir. Ayrıca organik karbon ve azot değerleri “ g/m² ” olarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{OC ve N (g/m}^2\text{)} = \text{İTA (g/l)} \times \% \text{ OC veya N} \times \text{TD (mm)} \quad (3.4)$$

Burada ;

OC = Organik Karbon

N = Azot

İTA =İnce toprak ağırlığı (g/l)

TD =Toprak derinliği (mm)

3.3.4. Ölü Örtü ve Diri Örtü Örneklerinde Yapılan Analizler

Araziden getirilen ölü örtü örnekleri tel raflara serilerek kurutulmuştur. Kurutulan örnekler daha sonra içlerinde olabilecek taş ve topraktan temizlenmiştir. Daha sonra ölü örtü örnekleri 70 °C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutularak fırın kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Yapılan tüm tartımlar 0,0001 g hassasiyetteki terazi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ölü örtü örnekleri bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Tüm ölü örtü örneklerinin karbon ve azot analizleri kuru yakma metodu ile (LECO Truspec 2000 CN analiz cihazında) yüzde (%) olarak belirlenmiştir. Ayrıca ölü örtü ve diri örtü ait karbon ve azot değerleri “ g/m² ” olarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{C ve N (g/m}^2\text{)} = \text{ÖÖM veya DÖM (g/m}^2\text{)} \times \text{C veya N (\%)} \quad (3.5)$$

Burada;

ÖÖM = Ölü örtü miktarı (g/m²)

DÖM = Diri örtü miktarı (g/m²)

C = Karbon (%)

N = Azot (%)

Arazide yaş tartımları yapılan diri örtü örnekleri laboratuarda kurutma fırınlarında 70 °C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutularak fırın kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Tartımlar 0,0001 g hassasiyetteki terazi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu örnekler öğütme değirmeninde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Karaöz 1992). Bu örneklerde karbon ve azot analizleri kuru yakma metodu ile (LECO Truspec 2000 CN analyzer cihazında) belirlenmiştir.

3.3.5. İnce Kök Örneklerinin Ayıklanması

Araziden getirilen topraklı kökler poşetlerden 5 litrelik (lt) pet şişelere konularak toprak yüzeyini örtecek şekilde su eklenmiş ve bir gece bekletilmiştir. Ertesi gün bu şişelerdeki topraklar bir huni yardımıyla kapalı kaplara alınarak yatay çalkalama makinesinde 30 – 45 dakika arasında çalkalanmıştır. Bu işlemden sonra dispers hale gelmiş toprak 0,01 mm lik elekten tekrar tekrar süzülerek, kökler etrafındaki topraktan temizlenmiştir. Geriye kalan artık materyalde çok ince kökler ince pensler yardımı ile tek tek toplanmış ve tekrar yıkanmışlardır. Yüzdürme metodu ile kökler plastik kaplar içindeki suya dökülerek köklerin su üzerinde yüzmesi ve daha sonra çok sık deliklere sahip bezden süzülerek köklerin burada birikmesi sağlanmıştır (Şekil 3.13b). Daha sonra da kökler tezgahlara serilerek kurumaya beklenmiştir (Şekil 3.13a). Kuruma işlemi gerçekleştikten sonra kökler 5 ve 2 mm'lik eleklerden geçirilerek 0-2 mm, 2-5 mm ve 5 mm > çap sınıflarına ayrılmıştır. Temizlenen ve çap sınıflarına ayrılan kökler sabit ağırlığa erişene dek 70 °C'de kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra 0,0001 g hassasiyetteki hassas terazide köklerin ağırlıkları belirlenmiştir.



Şekil 3.13: a) Kök örneklerinin kurutulması, b) kök örneklerinin elenmiş hali, c) kök örneklerinin ayrımı.

3.4. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME

Laboratuvar analizleri sonucu elde edilen toprak solunum, toprak mikrobiyal solunum, ölü örtü mikrobiyal solunum, toprak nemi, toprak sıcaklığı, toprak pH'sı, ince kök kütlesi, toprak karbon ve azot içeriği, toprak karbon/azot oranı (C/N), ölü örtü karbon ve azot içeriği, ölü örtü C/N oranı, diri örtü karbon ve azot içeriği ve diri örtü C/N oranı değerlerine ait verilerin, aralama ve kontrol alanlarına göre yıllar arası değişim gösterip göstermediğini ortaya koymak, istatistiksel anlamda, aralarında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla $\alpha:0,05$ anlamlılık seviyesinde t-testi analizi kullanılmıştır. Analizler sonucu; solunum bağımlı değişkeni ile nem, sıcaklık ve ince kök miktarı bağımsız değişkenlerine ait tanımlayıcı istatistik değerlerine ulaşılmıştır.

Toprak solunum bağımlı değişkeni ile toprak sıcaklığı, toprak nemi, ölü örtü miktarı, diri örtü miktarı ve ince kök kütlesi bağımsız değişkenleri arasındaki matematiksel ilişkiyi ayrıca toprak mikrobiyal solunumu bağımlı değişkeni ile toprak pH'sı, toprak karbon ve azot içeriği, toprak C/N oranı bağımsız değişkenleri ve ölü örtü mikrobiyal solunum bağımlı değişkeni ile ölü örtü karbon ve azot içeriği, ölü örtü C/N oranı, diri örtü karbon ve azot içeriği, diri örtü C/N oranı bağımsız değişkeni arasındaki matematiksel ilişkiyi aylara ve yıllara göre ortaya koymak için korelasyon analizi uygulanmıştır. Korelasyon analizinde, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi ayrıca bağımsız değişkenlerin kendi içlerindeki ilişkiyi belirleyebilmek için Pearson korelasyon değerlerinden yararlanılmıştır. Tüm bu işlemler sırasında MiniTab 16.0 programı kullanılmıştır.

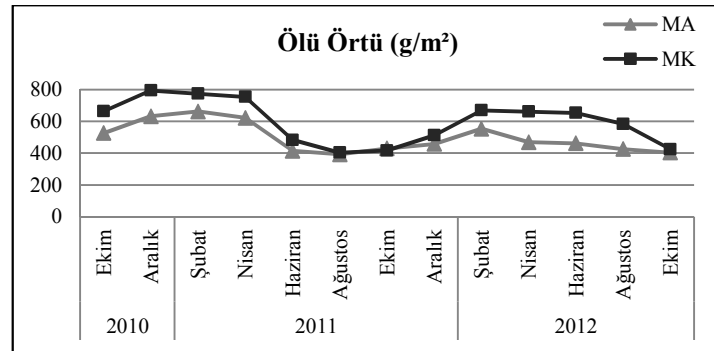
4. BULGULAR

Araştırma sonucunda elde edilen bulgular meşe ve gürgen araştırma alanları için 2 ayrı ana başlık altında değerlendirilmiştir.

4.1. MEŞE ARAŞTIRMA ALANINA AİT BULGULAR

4.1.1. Ölü Örtü

Ölü örtü miktarı aralama alanında iki yıl boyunca 392 ile 661 g/m² arasında değişim göstermiştir. En düşük miktar aralamayı takiben 9 ay sonra (Ağustos 2011) ve en yüksek ölü örtü miktarı ise 4 ay sonra (Şubat 2011) ölçülmüştür. Kontrol alanında ise ölü örtü 404 (Ağustos 2011) ile 793 (Aralık 2010) g/m² arasındadır (Şekil 4.1). Ölü örtüde meydana gelen zamansal değişim hem aralama hem de kontrol alanında benzer bir eğilim göstermektedir. Zamansal değişim kontrol alanlarında daha yüksek seyir gösterirken kontrol ile aralama alanları arasındaki farkın ağustos (2011) ile ekim (2011) aylarında azaldığı gözlenmiştir. Ölü örtü miktarı yıllara göre değerlendirildiğinde aralama alanlarındaki ortalama ölü örtü miktarı kontrol alanlarına nazaran birinci yıl (Ekim 2010 – Ekim 2011) % 16, ikinci yıl (Aralık 2011 – Ekim 2012) % 21 ve iki yılın tamamında ise % 21 daha düşüktür. Bu farklılıklar istatistiksel ($p < 0,05$) olarak anlamlıdır (Tablo 4.1, 4.2, 4.3).



Şekil 4.1: Meşe örnek alanlarının ölü örtü miktarının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

Tablo 4.1: 2010 - 2011 yılı meşe alanlarına ait tanımlayıcı istatistik ve t-testi sonuçları.

	Tür	N	Ortalama	Stand. Sap.	F	Önem düzeyi
Solunum (g C/m²/gün)	MA	10	1,95	0,13	2,74	0,00
	MK	10	1,75	0,09		
TMS (g C/m²/gün)	MA	10	0,54	0,03	7,03	0,03
	MK	10	0,62	0,09		
ÖMS (g C/m²/gün)	MA	10	0,64	0,12	0,02	0,23
	MK	10	0,58	0,12		
Ölü örtü (g/m²)	MA	10	517,12	104,49	3,20	0,04
	MK	10	601,71	59,78		
Diri örtü (g/m²)	MA	10	75,39	19,76	0,36	0,01
	MK	10	53,31	14,78		
Sıcaklık (°C)	MA	10	16,62	0,44	0,03	0,00
	MK	10	15,81	0,46		
Nem (%)	MA	10	37,72	4,02	0,07	0,85
	MK	10	38,05	3,57		
pH (H₂O)	MA	10	4,88	0,13	2,27	0,41
	MK	10	4,93	0,09		
İnce Kök (g/m²)	MA	10	1108,97	190,27	0,15	0,66
	MK	10	1149,52	212,23		
Toprak N (%)	MA	10	0,25	0,02	0,55	0,00
	MK	10	0,28	0,02		
Toprak C (%)	MA	10	7,42	0,38	202,10	0,91
	MK	10	7,48	1,50		
Toprak C/N	MA	10	30,71	1,08	65,80	0,03
	MK	10	27,71	3,51		
Hacim Ağırlığı (g/l)	MA	10	663,11	32,72	7,21	0,12
	MK	10	616,76	82,66		
Ölü örtü N (%)	MA	10	0,77	0,13	118,40	0,48
	MK	10	0,80	0,04		
Ölü örtü C (%)	MA	10	42,30	0,60	0,55	0,00
	MK	10	43,89	0,36		
Ölü örtü C/N	MA	10	74,06	22,84	4,67	0,30
	MK	10	65,30	12,49		
Diri örtü N (%)	MA	10	0,52	0,04	0,63	0,00
	MK	10	0,71	0,05		
Diri örtü C (%)	MA	10	46,47	0,42	18,64	0,03
	MK	10	45,59	1,11		
Diri örtü C/N	MA	10	106,30	9,54	3,52	0,00
	MK	10	74,61	6,46		

Standart sapma “±” ve önem düzeyi “p < 0.05” değeri ifade etmektedir. Önemli olarak farklılık gösteren değerler koyu renkli gösterilmiştir. MA : Meşe aralama, MK : Meşe kontrol alanı, TMS : Toprak mikrobiyal solunumu, ÖMS : Ölü örtü mikrobiyal solunumu

Tablo 4.2: 2011 - 2012 yılı meşe alanlarına ait tanımlayıcı istatistik ve t-testi sonuçları.

	Tür	N	Ortalama	Stand, Sap,	F	Önem düzeyi
Solunum (g C/m ² /gün)	MA	10	1,88	0,11	0,15	0,35
	MK	10	1,83	0,12		
TMS (g C/m ² /gün)	MA	10	0,84	0,10	0,04	0,02
	MK	10	0,66	0,12		
ÖMS (g C/m ² /gün)	MA	10	0,58	0,06	15,12	0,00
	MK	10	1,07	0,24		
Ölü örtü (g/m ²)	MA	10	461,72	76,29	0,59	0,00
	MK	10	583,88	89,28		
Diri örtü (g/m ²)	MA	10	47,86	12,22	0,01	0,01
	MK	10	31,16	13,86		
Sıcaklık (°C)	MA	10	15,86	0,17	0,08	0,00
	MK	10	15,17	0,22		
Nem (%)	MA	10	31,54	4,35	0,32	0,42
	MK	10	33,80	7,42		
pH (H₂O)	MA	10	5,04	0,14	6,74	0,48
	MK	10	5,00	0,08		
İnce Kök (g/m ²)	MA	10	643,09	51,95	7,69	0,01
	MK	10	805,01	163,45		
Toprak N (%)	MA	10	0,29	0,03	0,18	0,06
	MK	10	0,31	0,02		
Toprak C (%)	MA	10	6,03	0,29	68,67	0,01
	MK	10	6,95	1,01		
Toprak C/N	MA	10	22,73	2,98	0,00	0,45
	MK	10	23,77	3,07		
Hacim Ağırlığı (g/l)	MA	10	832,10	49,36	0,38	0,01
	MK	10	736,10	59,95		
Ölü örtü N (%)	MA	10	0,75	0,05	6,65	0,00
	MK	10	0,90	0,09		
Ölü örtü C (%)	MA	10	44,68	0,73	0,51	0,95
	MK	10	44,66	0,90		
Ölü örtü C/N	MA	10	67,74	5,51	14,81	0,08
	MK	10	60,07	11,99		
Diri örtü N (%)	MA	10	0,66	0,04	32,02	0,01
	MK	10	0,84	0,17		
Diri örtü C (%)	MA	10	46,63	0,58	18,61	0,61
	MK	10	46,40	1,32		
Diri örtü C/N	MA	10	110,85	25,56	4,85	0,00
	MK	10	74,98	16,83		

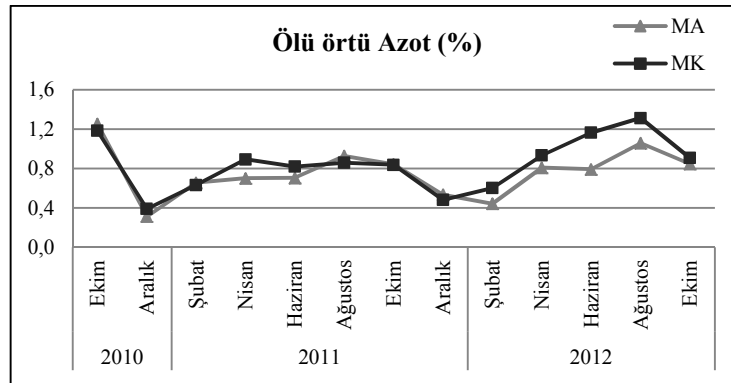
Standart sapma “±” ve önem düzeyi “p < 0.05” değeri ifade etmektedir. Önemli olarak farklılık gösteren değerler koyu renkli gösterilmiştir. MA : Meşe aralama, MK : Meşe kontrol alanı, TMS : Toprak mikrobiyal solunumu, ÖMS : Ölü örtü mikrobiyal solunumu

Tablo 4.3: 2010 - 2012 yılı meşe alanlarına ait tanımlayıcı istatistik ve t-testi sonuçları.

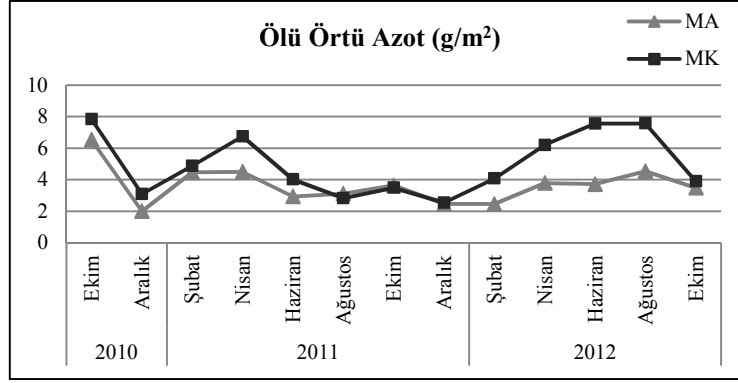
	Tür	N	Ortalama	Stand. Sap.	F	Önem düzeyi
Solunum (g C/m ² /gün)	MA	10	1,92	0,07	0,46	0,00
	MK	10	1,79	0,08		
TMS (g C/m ² /gün)	MA	10	0,69	0,06	0,15	0,20
	MK	10	0,65	0,07		
ÖMS (g C/m ² /gün)	MA	10	0,61	0,07	0,14	0,00
	MK	10	0,82	0,09		
Ölü örtü (g/m ²)	MA	10	489,42	81,53	6,37	0,00
	MK	10	592,79	36,58		
Diri örtü (g/m ²)	MA	10	61,63	12,28	0,01	0,00
	MK	10	42,24	13,38		
Sıcaklık (°C)	MA	10	16,24	0,27	0,23	0,00
	MK	10	15,49	0,30		
Nem (%)	MA	10	34,63	2,98	0,06	0,48
	MK	10	35,92	4,83		
pH (H₂O)	MA	10	4,96	0,03	0,00	0,73
	MK	10	4,96	0,03		
İnce Kök (g/m ²)	MA	10	876,03	48,51	1,10	0,00
	MK	10	977,26	114,83		
Toprak N (%)	MA	10	0,27	0,02	0,04	0,01
	MK	10	0,30	0,02		
Toprak C (%)	MA	10	6,73	0,16	5,62	0,00
	MK	10	7,21	0,32		
Toprak C/N	MA	10	26,72	1,97	6,80	0,40
	MK	10	25,74	3,03		
Hacim Ağırlığı (g/l)	MA	10	747,60	32,58	0,02	0,01
	MK	10	676,43	41,71		
Ölü örtü N (%)	MA	10	0,76	0,05	0,38	0,00
	MK	10	0,85	0,05		
Ölü örtü C (%)	MA	10	43,49	0,65	3,95	0,00
	MK	10	44,27	0,30		
Ölü örtü C/N	MA	10	70,90	10,28	2,67	0,04
	MK	10	62,69	6,42		
Diri örtü N (%)	MA	10	0,59	0,02	52,48	0,00
	MK	10	0,77	0,08		
Diri örtü C (%)	MA	10	46,55	0,27	43,50	0,17
	MK	10	45,99	1,18		
Diri örtü C/N	MA	10	108,58	11,59	0,66	0,00
	MK	10	74,79	9,50		

Standart sapma “±” ve önem düzeyi “p < 0.05” değeri ifade etmektedir. Önemli olarak farklılık gösteren değerler koyu renkli gösterilmiştir. MA : Meşe aralama, MK : Meşe kontrol alanı, TMS : Toprak mikrobiyal solunumu, ÖMS : Ölü örtü mikrobiyal solunumu

Aralama alanında ölü örtü azot içeriği (% N) olarak iki yıl boyunca ortalama en düşük 2010 yılı aralık ayında (% 0,31) ve en yüksek ise kesimden önceki Ekim 2010 tarihinde (% 1,25) ölçülmüştür. Kontrol alanında ise en düşük değer Aralık 2010 tarihinde (% 0,39) ve en yüksek değer Ağustos 2012 tarihindedir (% 1,31) (Şekil 4.2). İki yıl boyunca aralama ve kontrol alanı arasında ölü örtü azot içeriğindeki zamansal değişim benzer eğilim göstermiş olup özellikle ikinci yıl kontrol alanı aralama alanından belirgin olarak daha yüksektir. Birinci yıl sonunda yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda Ekim 2010 – 2011 döneminde aralama alanlarında ölü örtü azot içeriği % 4 daha düşüktür. Kontrol ve aralama alanları arasında bu farklılık istatistiksel açıdan anlamlı değildir. İkinci yıl (Aralık 2011 – Ekim 2012) sonunda ise aralama alanı ile kontrol alanı arasında ortalama ölü örtü azot içeriği birinci yılın tersine anlamlı fark göstermiştir (Tablo 4.2). Bununla birlikte iki yılın (Ekim 2010 – Ekim 2012) tamamı dikkate alındığında aralama alanlarında ortalama ölü örtü azot içeriği % 11 daha düşüktür ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$) (Tablo 4.3). İki yıllık süreçte ölü örtünün azot miktarı ise aralama alanında 2 (Ekim 2010) ile 7 (Aralık 2010) g/m^2 olarak değişim göstermiş olup, kontrol alanlarında ise ölü örtü azot miktarının değişimi 3 ile 8 g/m^2 arasındadır. En düşük değer Aralık 2011 tarihinde en yüksek değer Ekim 2010 tarihinde belirlenmiştir. Ölü örtü azot içeriğinde belirtildiği gibi ölü örtü azot miktarının aralama ve kontrol alanında zamansal değişimi genellikle benzer eğilim göstermiş ve kontrol alanlarında daha yüksek seyir izlemiştir, özellikle ikinci yıl bu durum daha belirgindir (Şekil 4.3).

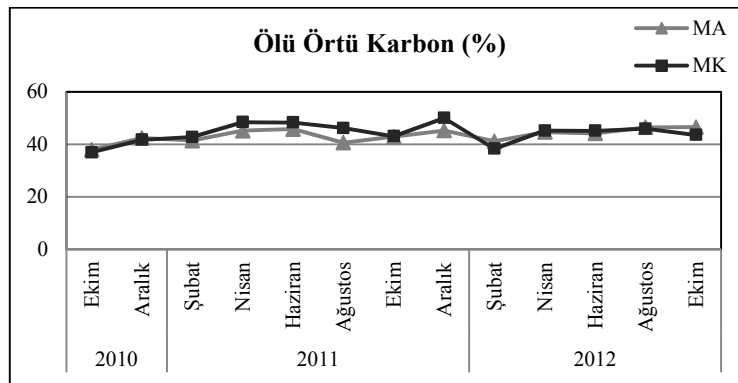


Şekil 4.2: Meşe örnek alanlarının ölü örtü azot içeriğinin zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).



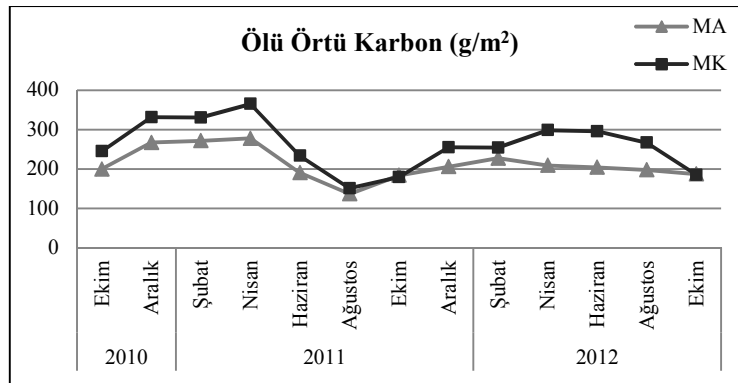
Şekil 4.3: Meşe örnek alanlarının ölü örtü azot miktarının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

Ölü örtüde incelenen diğer bir özellik ortalama karbon içeriği (% C) olup, araştırma süresi boyunca aralama alanında % 38 (Ekim 2010) ile % 47 (Ekim 2012) arasında değişim gösterirken kontrol alanlarında değişim yaklaşık % 39 (Ekim 2010) ile % 50 (Aralık 2011) arasında olmuştur (Şekil 4.4). Aralama alanının ölü örtü karbon içeriği, birinci yıl kontrol alanlarıyla anlamlı ($p < 0,05$) olarak fark göstermiştir ve aralama alanlarında ölü örtü karbonu kontrol alanlarından % 4 daha düşük tespit edilmiştir (Tablo 4.1). İkinci yıl sonunda ise birinci yıldaki değişimin tersine aralama alanı ile kontrol alanı arasında ölü örtü karbon içeriği bakımından anlamlı fark yoktur (Tablo 4.2). İki yıl boyunca ölü örtü azot içeriğinde olduğu gibi aralama ve kontrol alanlarında benzer eğilim görülmektedir. Aralama alanlarında iki yıllık ortalama ölü örtü karbon içeriği % 2 daha düşük olup, aralama alanı ile kontrol alanı arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 4.3).

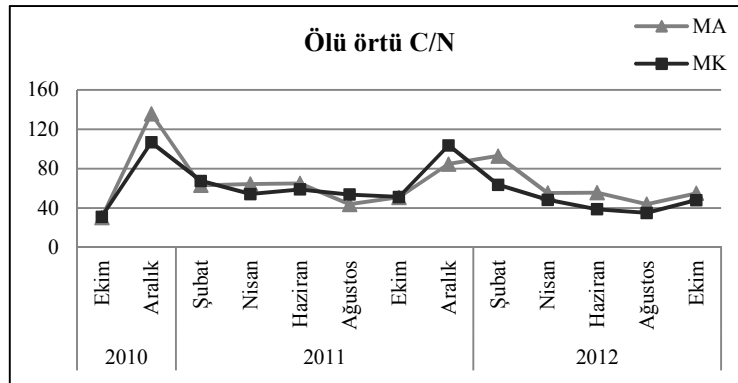


Şekil 4.4: Meşe örnek alanlarının ölü örtü karbon içeriğinin zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

İki yıllık süreç boyunca aralama ve kontrol alanlarında karbon miktarındaki zamansal değişim ölü örtü miktarındaki zamansal değişimle birebir benzerlik göstermiştir. Ölü örtü ortalama karbon miktarı aralama alanında en düşük 2011 yılı Ağustos (137 g/m^2) ayında en yüksek değer ise 2011 yılı nisan (278 g/m^2) ayında tespit edilmiştir. Kontrol alanları incelendiğinde aralama alanlarında olduğu gibi en düşük değer Ağustos 2011 (151 g/m^2) tarihinde ve en yüksek değer Nisan 2011 (365 g/m^2) tarihinde belirlenmiştir. (Şekil 4.5). Ölçüm periyodu boyunca ölü örtünün karbon/azot oranı (C/N) aralama alanlarında 30 ile 136, kontrol alanlarında ise 31 ile 107 arasında değişim göstermiştir. İstatistiksel olarak birinci ve ikinci yıl sonunda ortalama ölü örtü C/N oranı bakımından aralama alanı ile kontrol alanı arasında anlamlı fark bulunmazken (Tablo 4.1, 4.2), iki yılın (Ekim 2010 – Ekim 2012) tamamı değerlendirildiği zaman alanlar arasında istatistiksel ($p < 0,05$) olarak anlamlı fark vardır ve aralama alanlarında ortalama ölü örtü C/N oranı kontrol alanından % 13 daha yüksektir (Tablo 4.3).



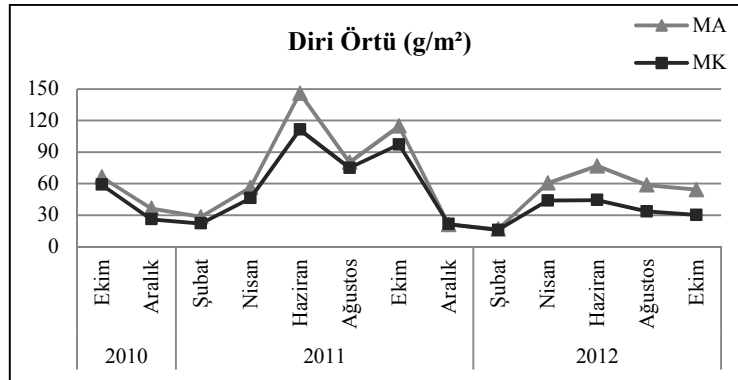
Şekil 4.5: Meşe örnek alanlarının ölü örtü karbon miktarının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).



Şekil 4.6: Meşe örnek alanlarının ölü örtü karbon/azot oranının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

4.1.2. Diri Örtü

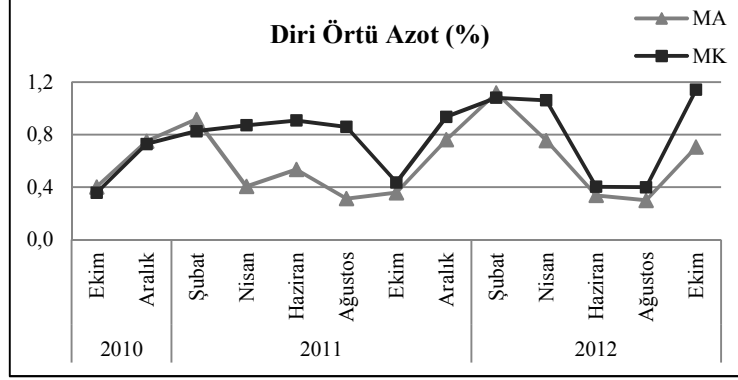
Diri örtü miktarındaki değişimi belirlemek için yapılan ölçümler sonucunda aralama alanında iki yıl boyunca diri örtü miktarının 17 g/m^2 (Şubat 2012) ile 146 g/m^2 (Haziran 2011) arasında değişim gösterdiği tespit edilirken, kontrol alanında ise 16 g/m^2 (Şubat 2012) ile 111 g/m^2 (Haziran 2011) arasında değişim göstermektedir (Şekil 4.7). Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde aralama alanlarındaki ortalama diri örtü miktarı kontrol alanlarıyla birinci yıl sonunda anlamlı olarak fark göstermiş olup, aralama alanlarında diri örtü miktarı kontrol alanlarından % 41 daha yüksektir (Tablo 4.1). Benzer olarak ikinci yılda da aralama alanı ile kontrol alanı arasında ortalama diri örtü miktarı bakımından anlamlı fark vardır ve aralama alanlarındaki ortalama diri örtü miktarı kontrol alanlarından % 54 daha fazladır (Tablo 4.2). İki yılın sonunda aralama alanlarında diri örtü miktarı kontrol alanından % 46 daha yüksektir ve bu fark da istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 4.3).



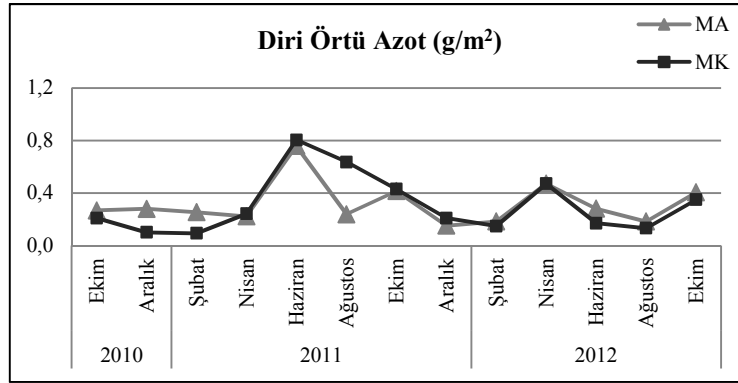
Şekil 4.7: Meşe örnek alanlarının diri örtü miktarının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

İki yıl boyunca elde edilen diri örtü azot içeriği (% N) verilerine göre, aralama alanında aralama uygulamasından 22 ay sonra (Ağustos 2012) en düşük değer olan % 0,30 ile 16 ay (Şubat 2012) sonra en yüksek miktar olan % 1,12 arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanında ise % 0,36 ile % 1,14 arasında değişim belirlenmiştir. Kontrol alanında en düşük değer ise ölçüm periyodunun başında (Ekim 2010) ve en yüksek değer ise ölçüm periyodunun sonunda (Ekim 2012) belirlenmiştir (Şekil 4.8). Aralama alanlarındaki diri örtü azot içeriği kontrol alanlarıyla yıllara göre ve iki yılın sonunda istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiş olup, diri örtü azot içeriği kontrol alanlarında birinci yıl % 37 ikinci yıl % 27 ve iki yıllık toplam sürede % 23 daha yüksektir (Tablo

4.1, 4.2, 4.3). Diri örtünün azot miktarında zamansal değişim aralama alanında iki yıl boyunca $0,2 \text{ g/m}^2$ (Aralık 2011) ile $0,8 \text{ g/m}^2$ (Haziran 2011) arasında belirlenmiş olup, kontrol alanlarında ise azot miktarının değişimi $0,1$ (Şubat 2011) ile $0,8$ (Haziran 2010) g/m^2 arasında ölçülmüştür (Şekil 4.9).



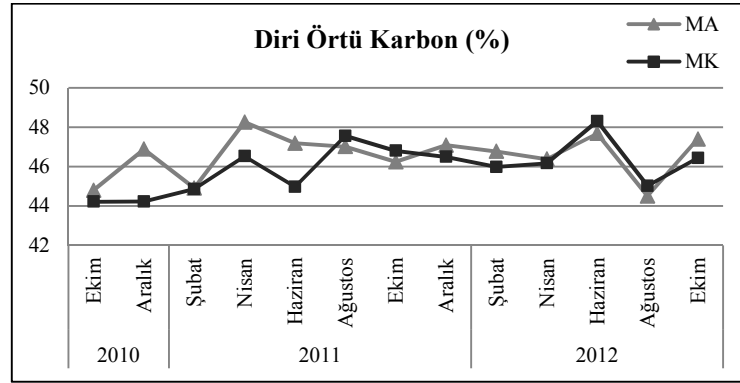
Şekil 4.8: Meşe örnek alanlarının diri örtü azot içeriğinin zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).



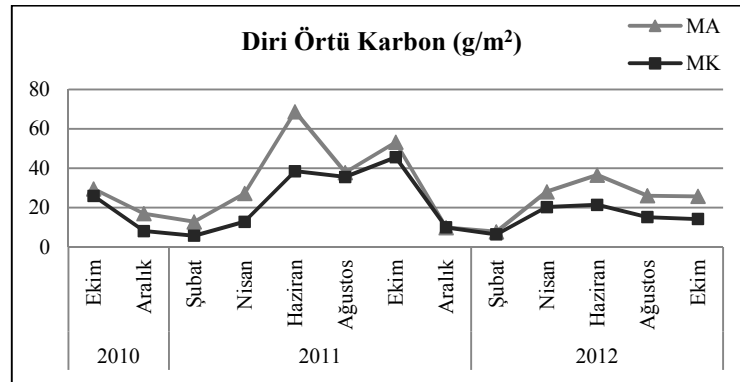
Şekil 4.9: Meşe örnek alanlarının diri örtü azot miktarının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

Diri örtüde belirlenen diğer özellik ise ortalama karbon (% C) içeriğidir. Ortalama karbon içeriği aralama alanında en düşük değer ölçüldüğü Ağustos 2012 tarihindeki % 45 ile en yüksek değer belirlendiği Nisan 2011 tarihindeki % 48 arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanlarında değişim ise % 44 ile % 48 arasında olmuştur. Alanlarda en düşük diri örtü karbon oranı Ekim 2010 ile en yüksek değer Haziran 2012 tarihinde belirlenmiştir (Şekil 4.10). Diri örtü karbon içeriğinin zamansal değişimi çalışma periyodunun başlangıçtaki durumuna göre alanlar arasında artan eğilim göstermiştir. Aralama alanlarındaki diri örtü karbon içeriği birinci yıl sonunda kontrol alanlarıyla anlamlı fark göstermiş olup, aralama alanlarında diri örtü karbon içeriği % 2

daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4.1). Birinci yılın tersine ikinci yıl (Aralık 2011 – Ekim 2012) ve İki yılın (Ekim 2010 – 2012) tamamı değerlendirildiği zaman aralama alanı ile kontrol alanı arasında diri örtü karbon içeriği bakımından istatistiksel olarak ($p < 0,05$) anlamlı fark tespit edilememiştir (Tablo 4.2, 4.3). Diri örtü karbon miktarı incelendiğinde aralama alanında iki yıl boyunca 8 ile 69 g/m^2 arasında değişmiş olup, aralama alanlarında en yüksek karbon miktarı aralama uygulamasından 7 ay sonra (Haziran 2011) ve en düşük değer 16 ay sonra (Şubat 2012) ölçülmüştür. Kontrol alanlarında ise diri örtü karbon miktarı 6 (Şubat 2011) g/m^2 ile 46 (Ekim 2011) g/m^2 arasında değişim göstermiştir. Diri örtü karbon miktarı çalışma periyodu boyunca diri örtü miktarına bağlı olarak aralama alanlarında kontrol alanlarından daha yüksek bir seyir izlemiştir (Şekil 4.11).



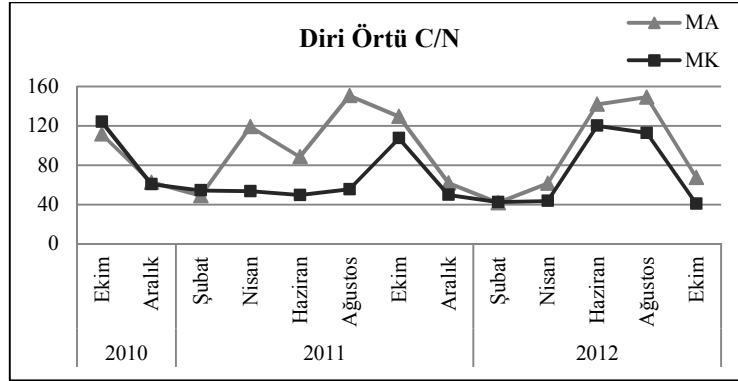
Şekil 4.10: Meşe örnek alanlarının diri örtü karbon içeriğinin zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).



Şekil 4.11: Meşe örnek alanlarının diri örtü karbon miktarının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

İki yıl boyunca diri örtüdeki karbon/azot (C/N) oranı aralama alanlarında 42 ile 151 arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanlarında ise 41 ile 124 arasında değişmiştir

(Şekil 4.12). İki yılın (Ekim 2010 – 2012) tamamında ve yıllara göre aralama alanı ile kontrol alanı arasında diri örtü C/N oranı bakımından istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) farklılık tespit edilmiştir (Tablo 4.1, 4.2, 4.3). Diri örtü C/N oranı zamansal değişimi diri örtü karbon içeriğinde olduğu gibi aralama alanlarında daha yüksek seyretmiştir (Şekil 4.12).



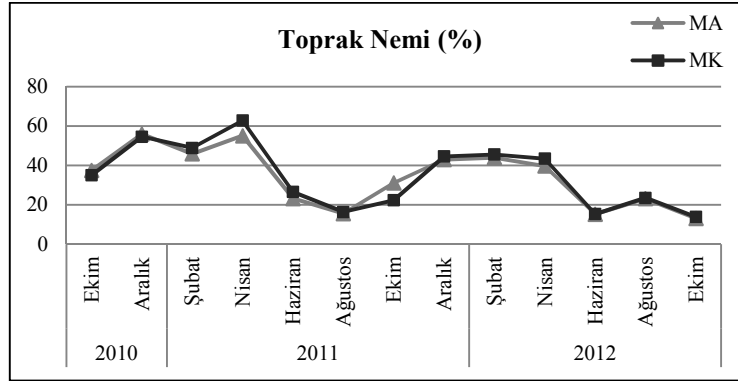
Şekil 4.12: Meşe örnek alanlarının diri örtü karbon/azot oranının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

4.1.3. Toprak

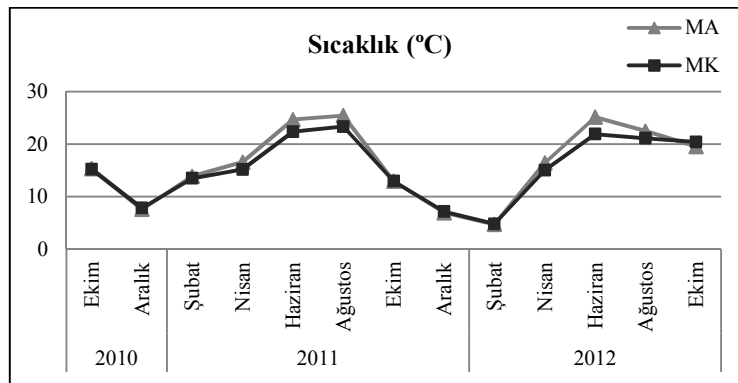
Toprak nemi aralama alanlarında % 14 (Ekim 2012) ile % 56 (Aralık 2010) arasında, kontrol alanlarında % 14 (Ekim 2012) ile % 63 (Nisan 2011) arasında değişim göstermiştir. Toprak nemi iki yıl boyunca alanlar arasında benzer eğilim göstermektedir (Şekil 4.13). Bununla birlikte, birinci yıl, ikinci yıl ve iki yıllık veriler değerlendirildiği zaman kontrol alanlarındaki toprak neminin aralama alanlarından (yıllara göre sırasıyla % 1, 7 ve 4) daha yüksek olmasına rağmen alanlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark tespit edilememiştir (Tablo 4.1, 4.2, 4.3).

Toprak sıcaklığı ölçüm periyodu boyunca aralama alanlarında 2012 yılı Şubat ayındaki 4,7 °C ile 2012 yılı Ağustos ayındaki 25,4 °C arasında, kontrol alanlarında ise 4,8 °C (Şubat 2012) ile 23,3 °C (Ağustos 2012) arasında ölçülmüştür. Toprak neminde olduğu gibi toprak sıcaklığında da zamansal değişim alanlar arasında paralellik göstermiştir (Şekil 4.14). Zamansal değişim alanlar arasında paralellik göstermesine rağmen özellikle Nisan ayından başlayarak yaz periyodunda toprak sıcaklığının aralama alanlarında daha yüksek seyir izlemesi kontrol alanlarıyla yıllara göre istatistiksel olarak

anlamli farklılık yaratmiştir. Buna bağı olarak, hem yıllar arası hem de iki yılın tamamında yaklaşık % 5 daha yüksektir (Tablo 4.1, 4.2, 4.3).



Şekil 4.13: Meşe örnek alanlarının toprak nem oranının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

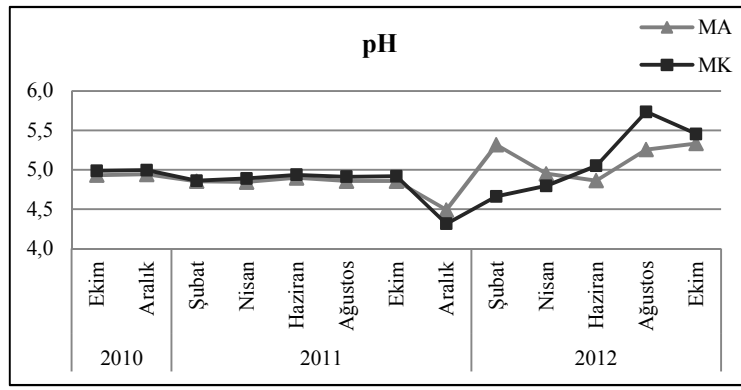


Şekil 4.14: Meşe örnek alanlarının toprak sıcaklığının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

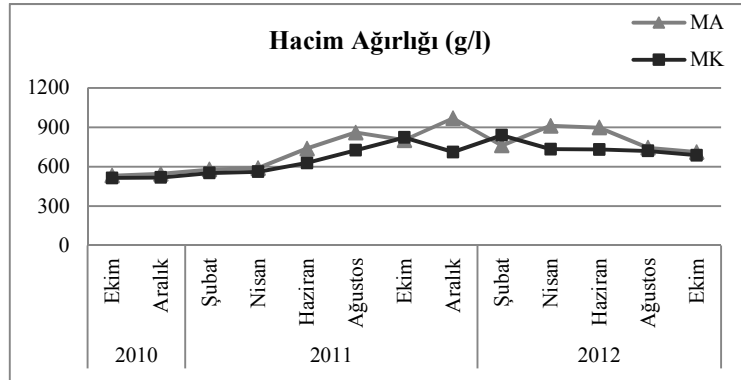
Toprakta değerlendirilen diğ er bir özellik olan toprak asitliği (pH) aralama alanlarında 4,5 pH ile 5,3 pH arasında değişim gösterirken kontrol alanlarında 4,3 pH ile 5,7 pH arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.15). Alanlar arasında toprak asitliğindeki zamansal değişiminde toprak sıcaklığı ve neminde olduğu gibi benzer eğ ilim göstermiş olup, özellikle birinci yıl (Ekim 2010 – 2011) birbirine çok yakın değerler gözlemlenmiştir. Bunun sonucunda birinci yıl, ikinci yıl ve iki yılın tamamı değerlendirildiğinde toprak asitliği alanlar arasında anlamlı farklılık göstermemiştir (Tablo 4.1, 4.2, 4.3).

Hacim ağırlığı bakımından alanlar değerlendirildiğinde aralama alanlarında hacim ağırlığı 531,9 g/l (Ekim 2010) ile 968,4 g/l (Aralık 2011) arasında değişim gösterirken

kontrol alanlarında ise en düşük değerin belirlendiği Ekim 2010 tarihindeki 514,1 g/l ile en yüksek değerin belirlendiği Ekim 2011 tarihindeki 821,4 g/l arasında değişim göstermiştir. Alanlar arasında hacim ağırlığının zamansal değişimi paralel bir değişim olup, ölçüm periyodu boyunca artan bir seyir görülmektedir. Ayrıca hacim ağırlığının özellikle araştırma süresince yaz döneminin başlangıcında aralama alanlarında kontrol alanlarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.16). Alanlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde ise birinci yıl hariç ikinci yıl ve iki yıllın tamamı için anlamlı ($p < 0,05$) farklılık göstermiştir (Tablo 4.1,4.2,4,3).



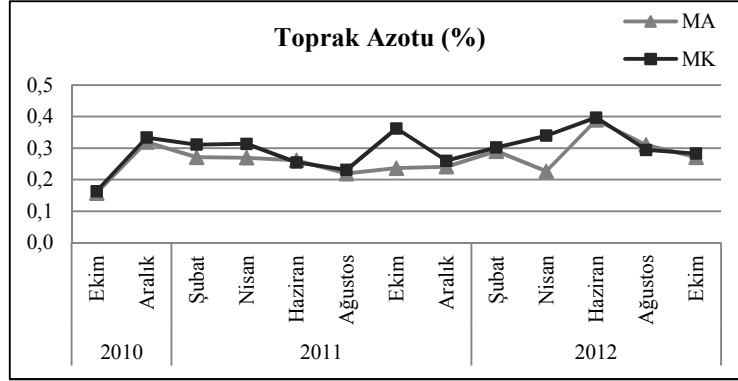
Şekil 4.15: Meşe örnek alanlarının toprak asitliğinin zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).



Şekil 4.16: Meşe örnek alanlarının hacim ağırlığının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

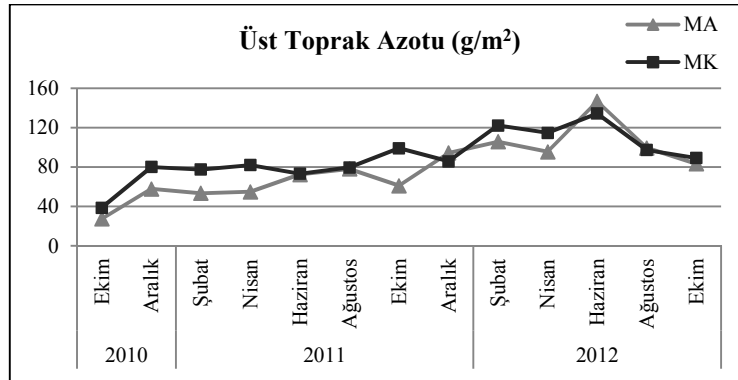
Toprağın azot içeriğinin (% N) hem aralama alanlarında hem de kontrol alanlarında % 0,16 (Ekim 2010) ile % 0,39 (Haziran 2012) arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.17). Toprak azot içeriğinin zamansal değişimi incelendiğinde artan bir şekilde alanlar arasında benzer eğilim göstermiş olup, kontrol alanlarındaki toprak azotu aralama alanlarından daha yüksek seyretmiştir. Birinci yıl ve iki yıllık ortalamalar

değerlendirildiğinde aralama alanlarındaki toprak azot içeriği kontrol alanlarıyla anlamlı fark göstermiş olup, kontrol alanlarında toprak azot içeriği aralama alanlarından sırasıyla % 12 ve % 10 daha yüksektir (Tablo 4.1, 4.3). İkinci yıl sonunda ise alanlar arasında anlamlı ($p < 0,05$) fark tespit edilememiştir (Tablo 4.2).



Şekil 4.17: Meşe örnek alanlarının toprak azot içeriğinin zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

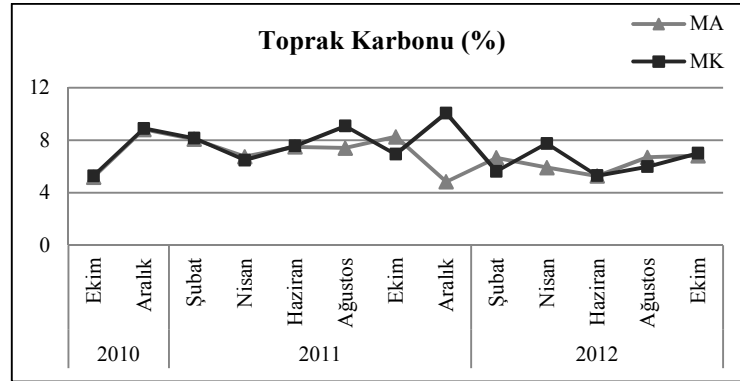
Üst toprak azot miktarı (g/m^2) bakımından ölçüm periyodu süresince toprak azot içeriğinde olduğu gibi hem aralama hem de kontrol alanlarında en düşük üst toprak azot miktarı 2010 yılı Ekim ayında (sırasıyla, $28 g/m^2$ ve $39 g/m^2$) ölçülmüşken, en yüksek değere 2012 yılı Haziran (sırasıyla, $147 g/m^2$ ve $134 g/m^2$) ayında ulaşmıştır. Sonuçlar zaman içerisinde azot değerinin değişkenliğini göstermekte birlikte toprak azot içeriğindeki zamansal değişimden daha belirgin artışın olduğu görülmektedir (Şekil 4.18).



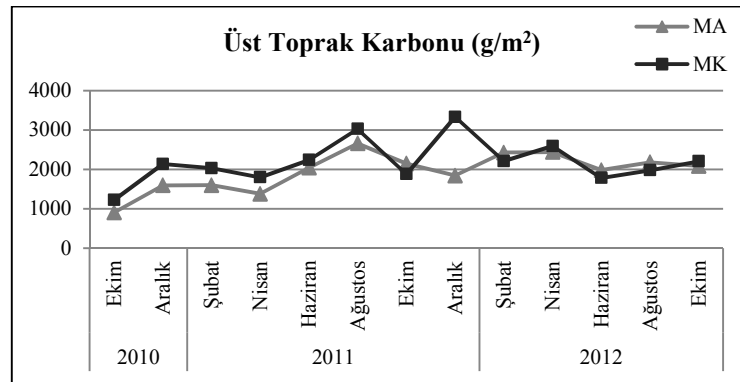
Şekil 4.18: Meşe örnek alanlarının üst toprak azot miktarının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

İki yıl boyunca üst toprak karbon içeriği aralama alanlarında % 4,8 ile % 8,8 arasında değişmekte iken kontrol alanlarında % 5,3 ile % 10,1 arasında değişim göstermiştir. İki

yıllık süreçte aralama alanında aralama uygulamasından 14 ay sonra (Aralık 2011) en düşük toprak karbon içeriği ölçülmüşken aynı tarihte kontrol alanında en yüksek değer ölçülmüştür (Şekil 4.19). Üst toprak karbon içeriğinin zamansal değişiminin değerlendirmesine göre birinci yıl kontrol alanlarında toprak karbon içeriği aralama alanlarından % 0,8 daha yüksektir. Bu farklılık istatistiksel açıdan anlamlı değildir. İkinci yıl ve iki yılın tamamında aralama alanı ile kontrol alanı arasında toprak karbon içeriği bakımından anlamlı farklılık belirlenmiştir (Tablo 4.2, 4.3). Üst toprak karbon miktarı ise aralama alanlarında Ekim 2010 tarihinde ölçülen 905 g/m^2 ile 2011 yılı Haziran ayında ölçülen 2657 g/m^2 arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanlarında ise 1219 g/m^2 (Ekim 2010) ile 3326 g/m^2 (Haziran 2011) arasındadır (Şekil 4.20). Üst toprak karbon miktarındaki zamansal değişim karbon içeriğine benzemekle birlikte, ikinci yıl sonunda alanlarda ölçüm periyodunun başlangıcındaki miktara göre üst toprakta karbon birikiminin olduğu görülmektedir.

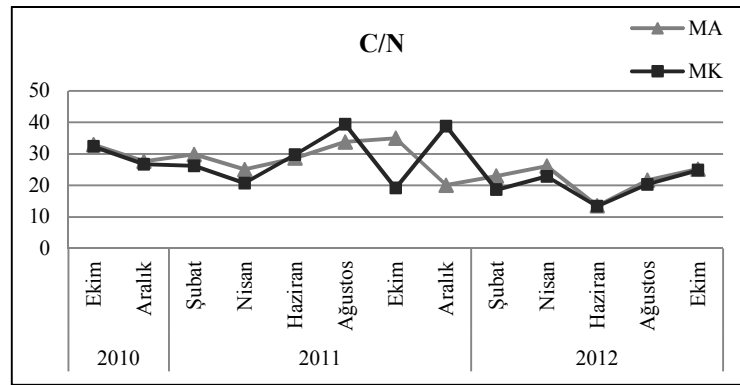


Şekil 4.19: Meşe örnek alanlarının üst toprak karbon içeriğinin zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).



Şekil 4.20: Meşe örnek alanlarının üst toprak karbon miktarı zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

Üst toprak karbon/azot (C/N) oranı aralama alanlarında iki yıllık süreç boyunca 14 ile 34 arasında değişim göstermekte iken kontrol alanlarında bu durum 13 ile 39 arasındadır (Şekil 4.21). Aralama alanlarındaki toprak C/N oranı birinci yıl kontrol alanlarıyla istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) fark göstermiş olup, aralama alanlarında toprak C/N oranı % 11 daha yüksektir (Tablo 4.1). İkinci yıl ise kontrol alanlarındaki toprak C/N oranı aralama alanlarından % 4 daha fazla olmasına rağmen alanlar arasında anlamlı fark yoktur. (Tablo 4.2). Benzer olarak, iki yılın tamamı göz önünde bulundurulduğunda toprak C/N oranı ikinci yılda olduğu gibi alanlar arasında anlamlı fark göstermemiştir (Tablo 4.3). Ayrıca iki yıl boyunca hem aralama hem de kontrol alanlarında toprak C/N oranı azalan bir eğilim göstermiş olup ölçüm periyodunun başlangıca (Ekim 2010) göre ikinci yıl (Ekim 2012) sonunda topraktaki C/N oranı alanlarda azalmıştır.

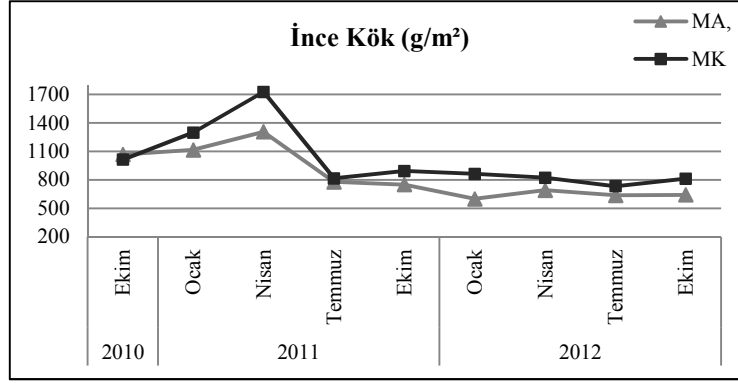


Şekil 4.21: Meşe örnek alanlarının üst toprak karbon/azot oranının zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

4.1.4. İnce Kök Kütlesi

Ölçümlerin gerçekleştirildiği Ekim 2010 ve Ekim 2012 periyodu boyunca ince kök kütlesi aralama alanlarında 600 g/m^2 ile 1307 g/m^2 arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanında ise 734 g/m^2 ile 1726 g/m^2 arasında değişim gösterirken en yüksek değer 2011 yılı Nisan ayında ve en düşük değer 2012 yılı Temmuz ayında belirlenmiştir (Şekil 4.22). İki yıllık zaman süresince ince kök miktarı diri örtü miktarının en yüksek olduğu dönemde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Zamansal değişim alanlar arasında benzer eğilimde olup kontrol alanlarında aralama alanlarına nazaran daha yüksektir. Yıllara göre ince kök kütlesindeki değişim, birinci yıl sonunda kontrol alanlarında ince kök kütlesi aralama alanlarından % 4 daha yüksek olmasına rağmen bu

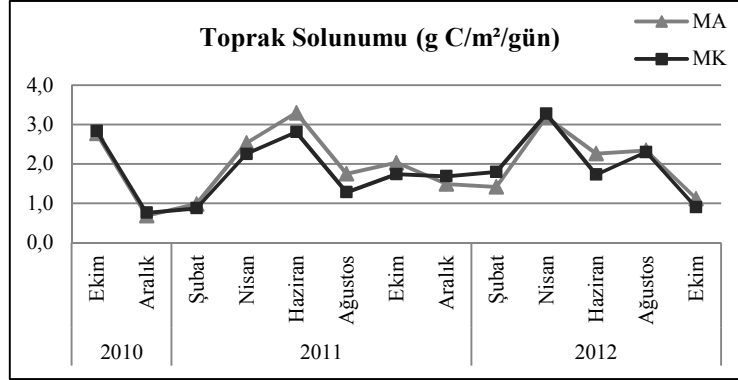
farklılık istatistiksel açıdan anlamlı değildir. İkinci yıl sonunda ise ince kök kütlesi bakımından kontrol alanı anlamlı olarak daha yüksektir (Tablo 4.2). İki yılın tamamı değerlendirildiğinde aralama alanlarındaki ince kök kütlesinin kontrol alanlarından % 10 daha düşüktür ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$) (Tablo 4.3).



Şekil 4.22: Meşe örnek alanlarının ince kök kütlesinin zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

4.1.5. Toprak Solunumu

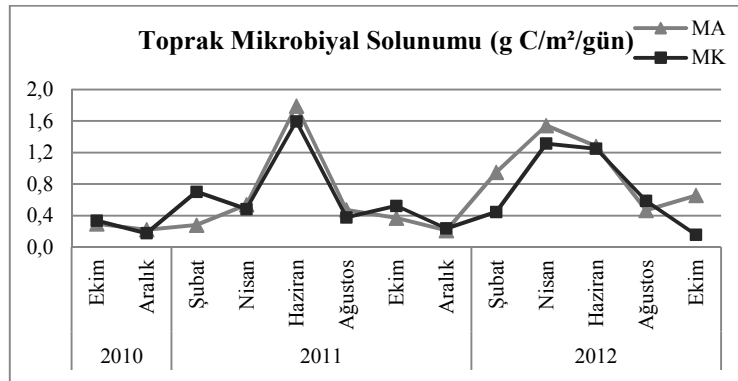
Toprak Solunumu iki yıl boyunca hem aralama hem de kontrol alanlarında en yüksek ve en düşük değerlere aynı aylarda ulaşmış olup, aralama alanlarında ortalama 0,684 ile 3,295 g C/m²/gün arasında iken kontrol alanlarında ise ortalama 0,759 ile 3,268 g C/m²/gün arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.23). İki yıllık zaman sürecinde toprak solunumdaki zamansal değişim iki alanda da benzer eğilim göstermiştir. Bu dönem içerisinde alanlarda toprak solunumunun özellikle bahar döneminde arttığı gözlemlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucuna göre birinci yıl (Ekim 2010 – Ekim 2011) sonunda aralama alanlarında toprak solunum ortalaması kontrol alanlarından anlamlı ($p < 0,05$) olarak % 11 daha yüksektir. İkinci yıl (Aralık 2011 – Ekim 2012) sonunda ise aralama alanı kontrol alanından % 3 daha yüksek olmasına rağmen, toprak solunumu bakımından alanlar arasında anlamlı fark yoktur (Tablo 4.2). Fakat iki yılın (Ekim 2010 – Ekim 2012) tamamı değerlendirildiği zaman aralama alanlarında toprak solunumu kontrol alanından % 7 daha yüksektir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 4.3).



Şekil 4.23: Meşe örnek alanlarının toprak solunumunun zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

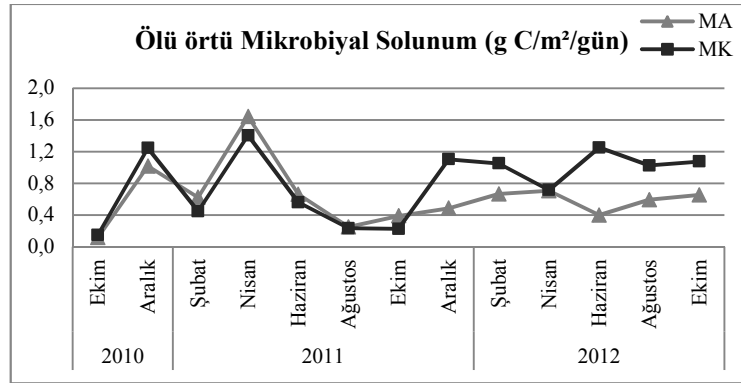
4.1.6. Mikrobiyal Solunum

Laboratuvar analizleri sonucu toprak mikrobiyal solunumu iki yıl boyunca aralama alanlarından alınan topraklarda 0,21 ile 1,79 g C/m²/gün arasında değişim gösterirken Kontrol alanlarından alınan topraklarda 0,15 ile 1,60 g C/m²/gün arasında değişim göstermiştir. Toprak mikrobiyal solunumundaki zamansal değişim aralama ve kontrol alanında paralel bir eğilim göstermiş olup, toprak solunumundaki zamansal değişimle benzerlik göstermektedir (Şekil 4.24). Toprak mikrobiyal solunumundaki zamansal değişim istatistiksel olarak değerlendirildiğinde birinci ve ikinci yıl aralama alanları ile kontrol alanları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) fark tespit edilmiştir. Birinci yıl kontrol alanlarında aralama alanlarından % 15 daha yüksek iken ikinci yıl aralama alanları kontrol alanlarından % 27 daha yüksek mikrobiyal solunum oranına sahiptir. İki yılın tamamı için ise aralama alanlarındaki toprak mikrobiyal solunum oranı kontrol alanlarından % 6 yüksek olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (Tablo 4.2).



Şekil 4.24: Meşe örnek alanlarının toprak mikrobiyal solunumunun zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

Ölçüm periyodu boyunca alanlardan alınan ölü örtü örneklerindeki mikrobiyal solunum aralama alanlarında ortalama 0,12 ile 1,64 g C/m²/gün arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanlarında ise ölü örtü mikrobiyal solunum oranı 0,15 ile 1,40 g C/m²/gün arasındadır. Ölü örtü mikrobiyal solunumunun zamansal değişimi toprak mikrobiyal solunumundaki eğilime benzerdir ve özellikle birinci yılın bahar döneminde bu eğilim daha belirgin olup, yine bu dönemde aralama alanlarında daha yüksektir. Fakat ikinci yıl aralama alanlarındaki solunum oranı belirgin olarak daha düşük seyir izlemiştir (Şekil 4.25). Yıllara göre yapılan analiz sonucunda birinci yıl aralama alanları kontrol alanlarından % 10 daha yüksek olmasına rağmen, alanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı (p < 0,05) fark yoktur (Tablo 4.1). İkinci yıl sonunda ve iki yılın tamamı için kontrol alanlarındaki ölü örtü mikrobiyal solunum oranı sırasıyla % 84 ve % 34 daha yüksektir. Bu durum istatistiksel olarak anlamlı (p < 0,05) fark yaratmaktadır. (Tablo 4.2, 4.3).



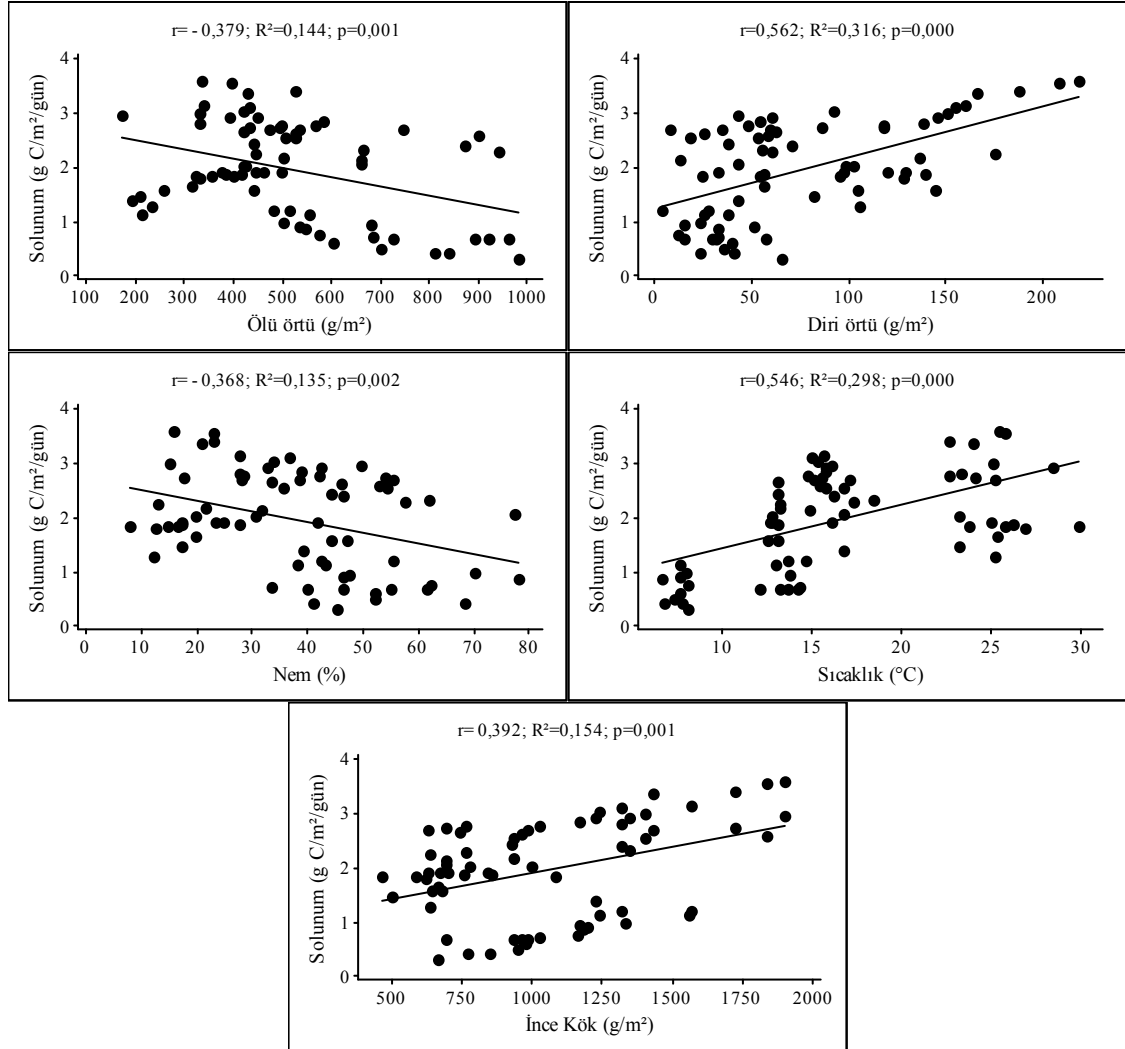
Şekil 4.25: Meşe örnek alanlarının ölü örtü mikrobiyal solunumunun zamansal değişimi (MA= Meşe Aralama, MK= Meşe Kontrol).

4.1.7. Yıllara Göre Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler Arasındaki Korelasyon Analizi Bulguları

4.1.7.1. Aralama Alanları

Korelasyon analizi sonucuna göre toprak solunumunun birinci yıl değişimi diri örtü miktarı, toprak sıcaklığı, ince kök kütlesi ile anlamlı (p < 0,05) olarak kuvvetli doğrusal ilişki (sırasıyla r = 0,56, 0,55 ve 0,39) göstermiştir. Diri örtü miktarı bu değişimi (R²) % 32, toprak sıcaklığı % 30 ve ince kök kütlesi % 15 oranında açıklamaktadır. Ölü örtü

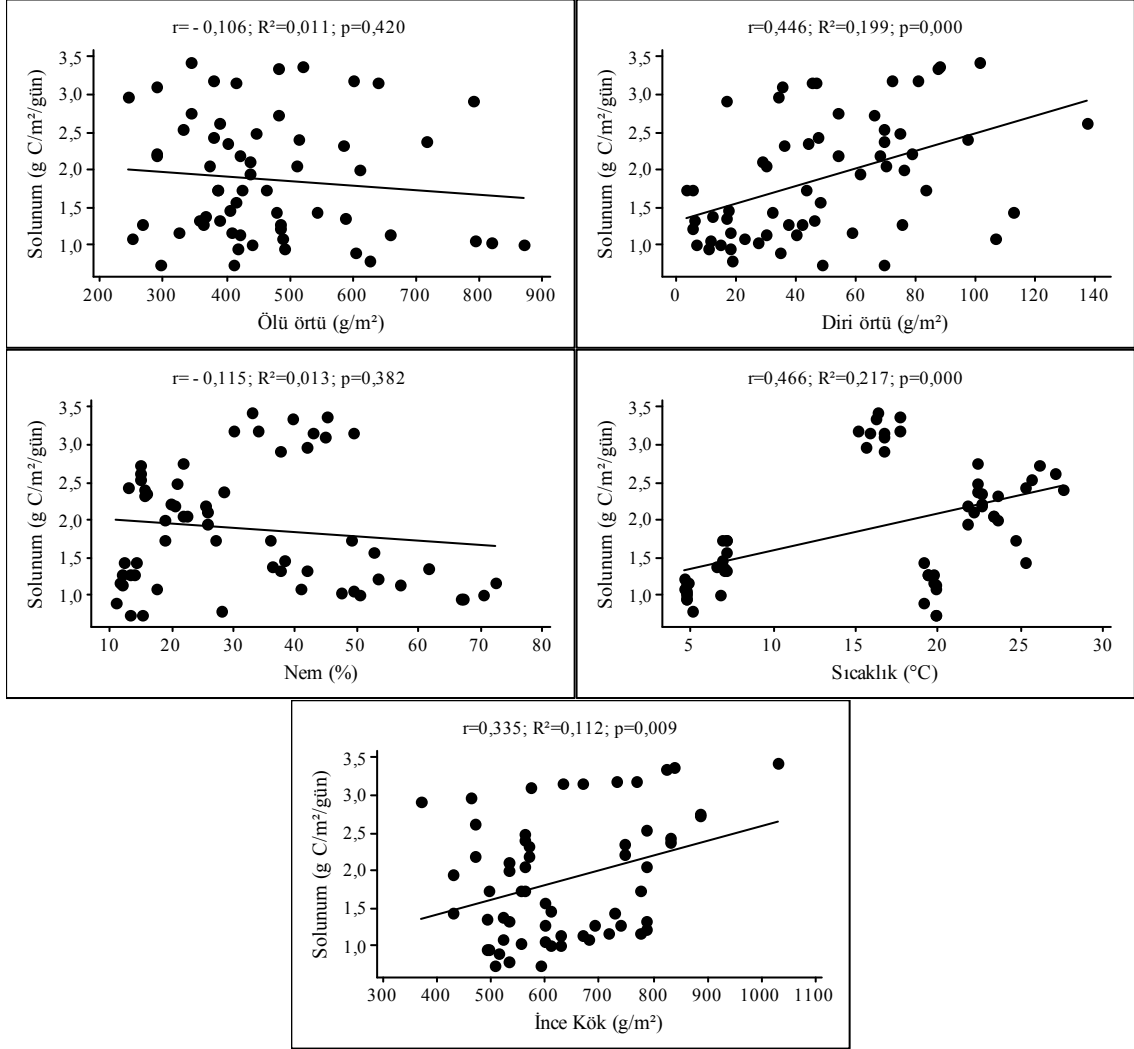
miktarı ve toprak nemi toprak solunumu ile kuvvetli negatif ilişki göstermiştir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlıdır. Toprak solunumundaki bu değişimin (R^2) % 14 kısmını ölü örtü miktarı ve % 14 oranında toprak nemi açıklamaktadır (Şekil 4.26).



Şekil 4.26: 2010-2011 yılı meşe aralama alanına ait toprak solunumu ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=70).

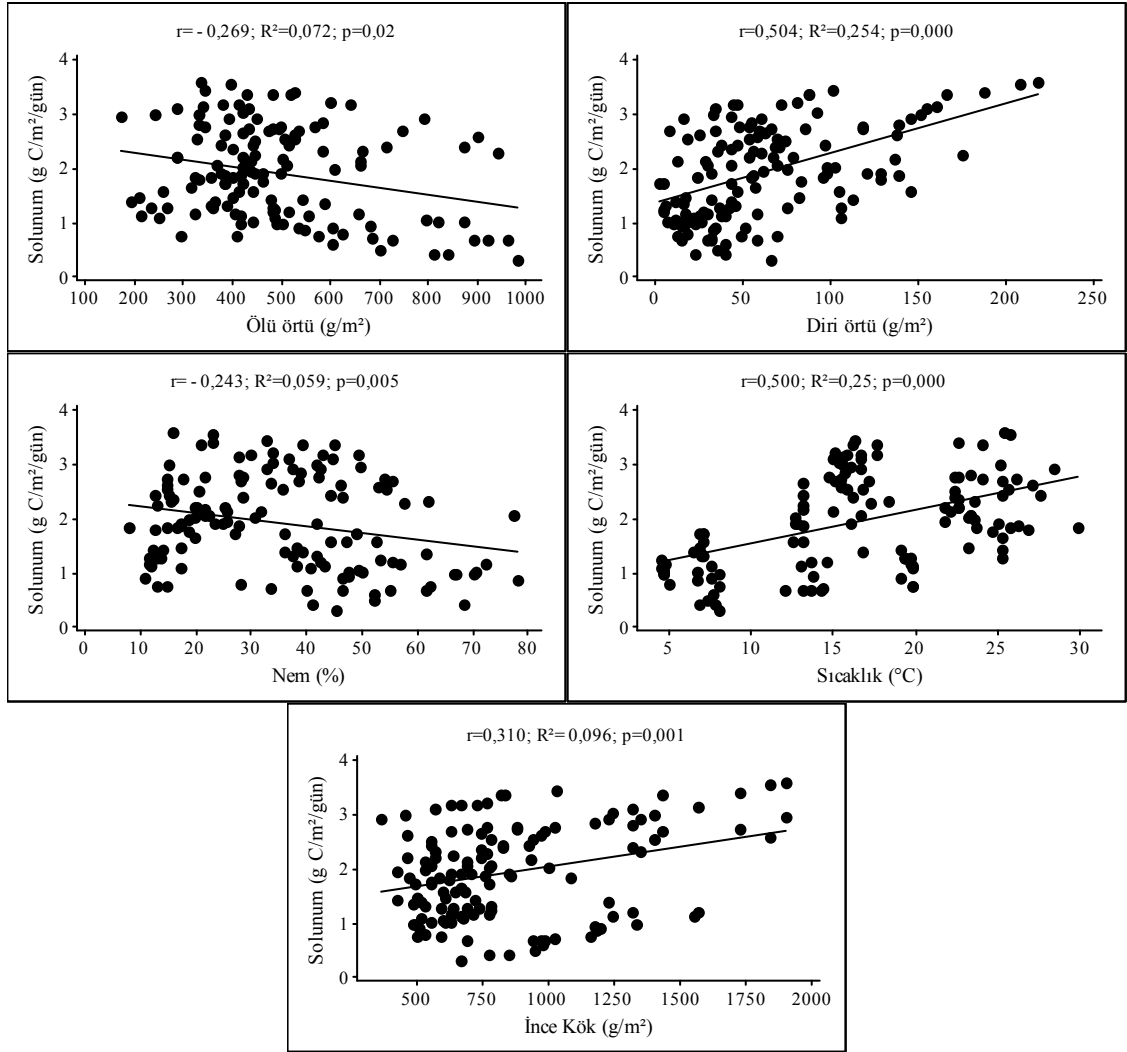
Toprak solunumunun ikinci yıl değişimi birinci yılda olduğu gibi diri örtü miktarı, toprak sıcaklığı, ince kök kütlesi ile anlamlı ($p < 0,05$) olarak kuvvetli doğrusal ilişki (sırasıyla $r = 0,45$, $0,47$ ve $0,34$) göstermiştir. Bu değişkenlerin toprak solunumunu açıklama oranlarında birinci yıla göre bir miktar düşüş görülmektedir. Buna göre diri örtü miktarı bu değişimin (R^2) % 19,9, toprak sıcaklığı % 21,7 ve ince kök kütlesi % 11,2 kısmını açıklamaktadır. Ölü örtü miktarı ve toprak nemi toprak solunumu ile zayıf

negatif ilişki ($r = -0,11$ ve $-0,12$) göstermiştir. Bu değişim birinci yılın tersine istatistiksel olarak anlamlı değildir (Şekil 4.27).



Şekil 4.27: 2011-2012 yılı meşe aralama alanına ait toprak solunumu ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=60).

İki yıllık toplam süreç dikkate alındığında toprak solunumundaki değişim birinci ve ikinci yılda diri örtü miktarı, toprak sıcaklığı, ince kök kütlesi ile istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) doğrusal ilişki (sırasıyla $r = 0,50$, $0,50$ ve $0,31$) göstermiştir. Diri örtü miktarı bu değişimin (R^2) % 25,4 toprak sıcaklığı % 25 ve ince kök kütlesi % 9,6 kısmını açıklamaktadır. Ölü örtü miktarı ve toprak nemi toprak solunumu ile anlamlı negatif ilişki (sırasıyla $r = -0,27$ ve $-0,24$) göstermiştir (Şekil 4.28).

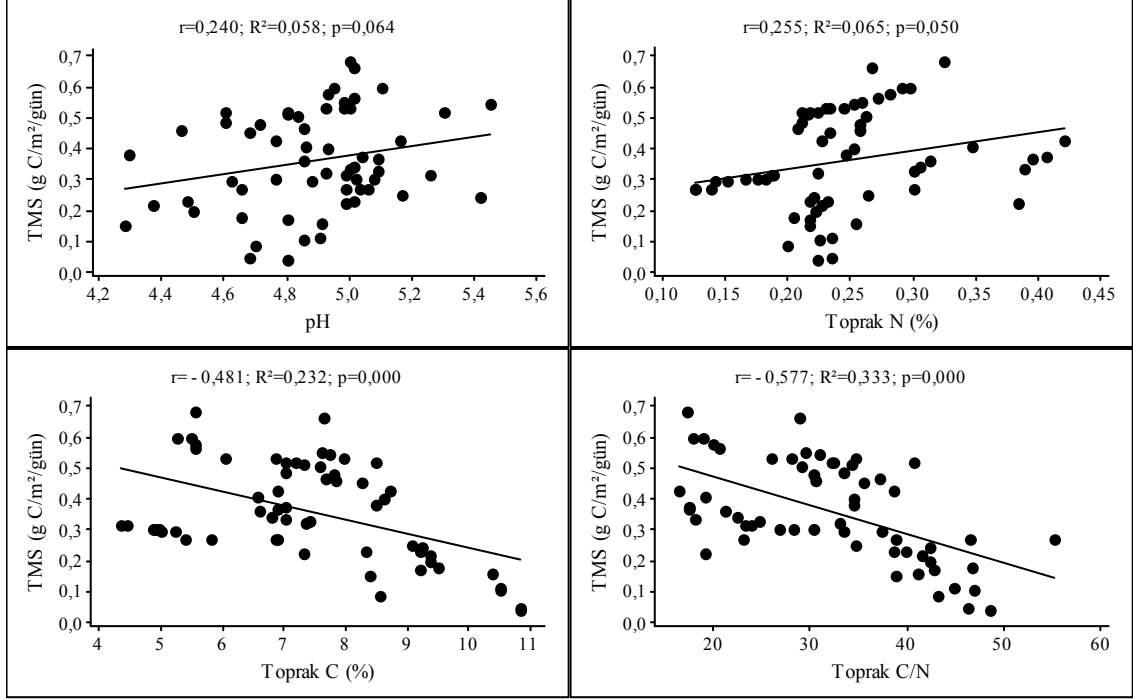


Şekil 4.28:2010-2012 yılı meşe aralama alanına ait toprak solunumu ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=130).

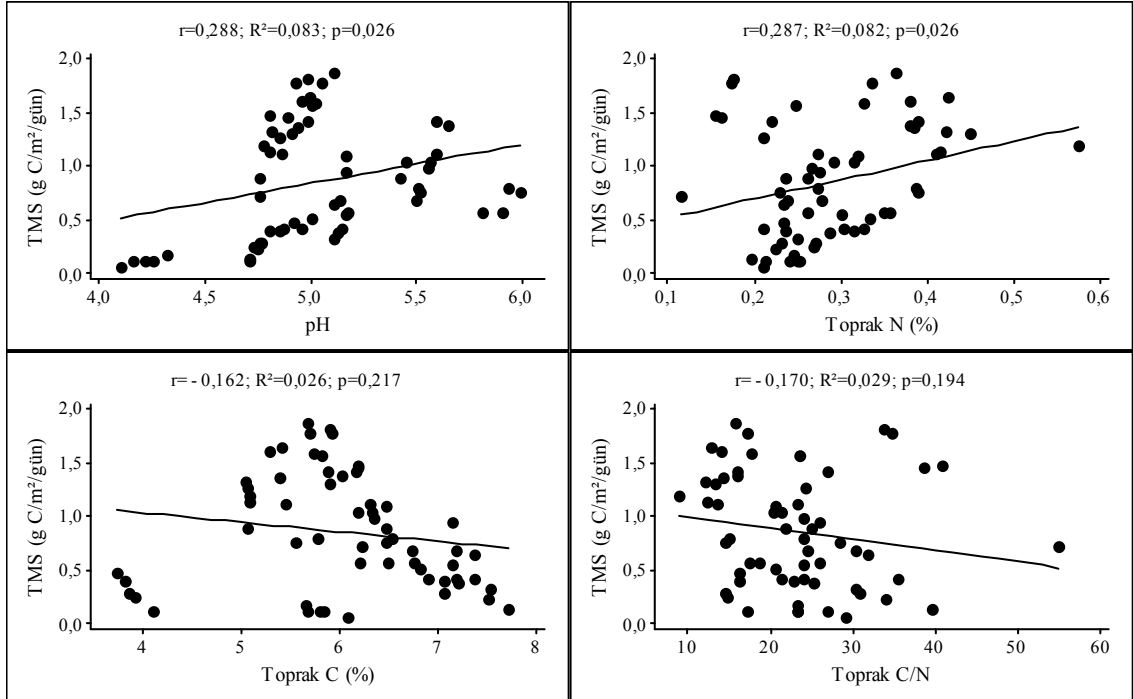
Ölçüm periyodu boyunca toprak mikrobiyal solunumundaki birinci yıl değişimi ile değişkenler arasındaki ilişki incelendiğinde toprak pH'sı ve toprak azot içeriği ile pozitif ilişki bulunmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı değildir. Toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile solunum arasında negatif ilişki vardır. Toprak mikrobiyal solunumdaki değişimi (R^2) % 23,2 toprak karbon içeriği ve % 33,3 toprak C/N oranı ile açıklanmaktadır (Şekil 4.29).

Toprak mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasındaki ilişki ikinci yıl içinde toprak pH'sı ve toprak azot içeriği toprak mikrobiyal solunum arasında anlamlı olarak kuvvetli pozitif ilişki (sırasıyla $r = 0,29$ ve $0,29$) göstermiştir. İstatistiksel anlamlılık gösteren toprak pH'sı ve toprak azot içeriği toprak mikrobiyal solunumdaki değişimi (R^2) sırasıyla % 8,3 ve % 8,2 açıklamaktadır. Toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile

solunum arasında negatif ilişki vardır. Bu ilişki istatistiksel olarak ($p < 0,05$) anlamlı değildir (Şekil 4.30).

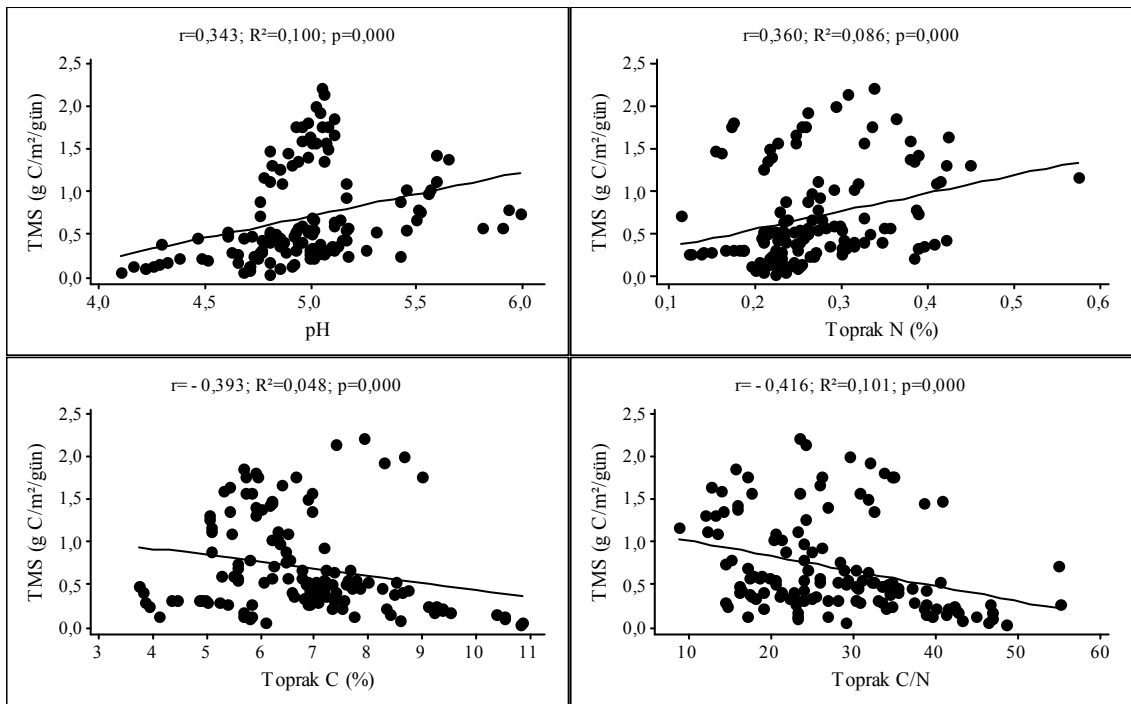


Şekil 4.29: 2010-2011 yılı meşe aralama alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=70).



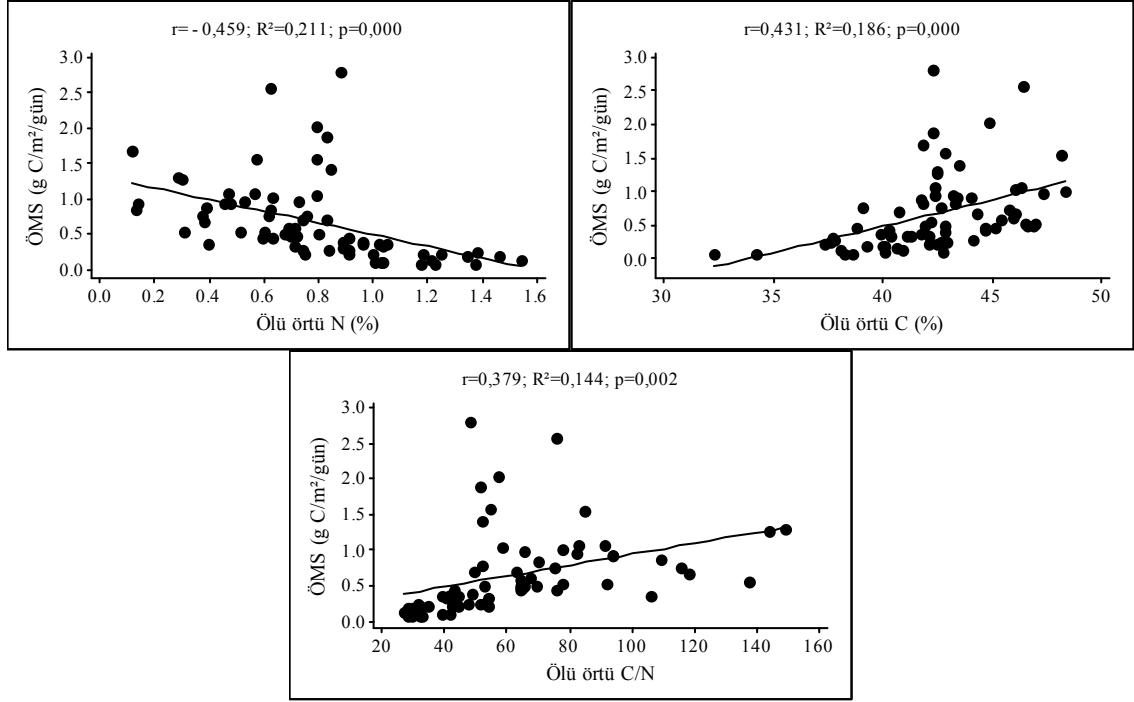
Şekil 4.30: 2011-2012 yılı meşe aralama alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=60).

İki yıllık süreçte ise toprak mikrobiyal solunumu toprak pH'sı ve toprak azot içeriği ile (sırasıyla $r = 0,34$ ve $0,36$) anlamlı ($p < 0,05$) olarak kuvvetli pozitif ilişki göstermekte ve toprak mikrobiyal solunumundaki değişimi sırasıyla (R^2) % 10,0 ve % 8,6 açıklamaktadır. Toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile toprak mikrobiyal solunum arasında ikinci yılın tersine istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) kuvvetli negatif ilişki (sırasıyla $r = - 0,39$ ve $- 0,42$) vardır. Toprak mikrobiyal solunum değişimi (R^2) % 4,8 oranında toprak karbon içeriği ve % 10,1 oranında toprak C/N oranı tarafından açıklanmaktadır (Şekil 4.31).



Şekil 4.31: 2010-2012 yılı meşe aralama alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları ($n=130$).

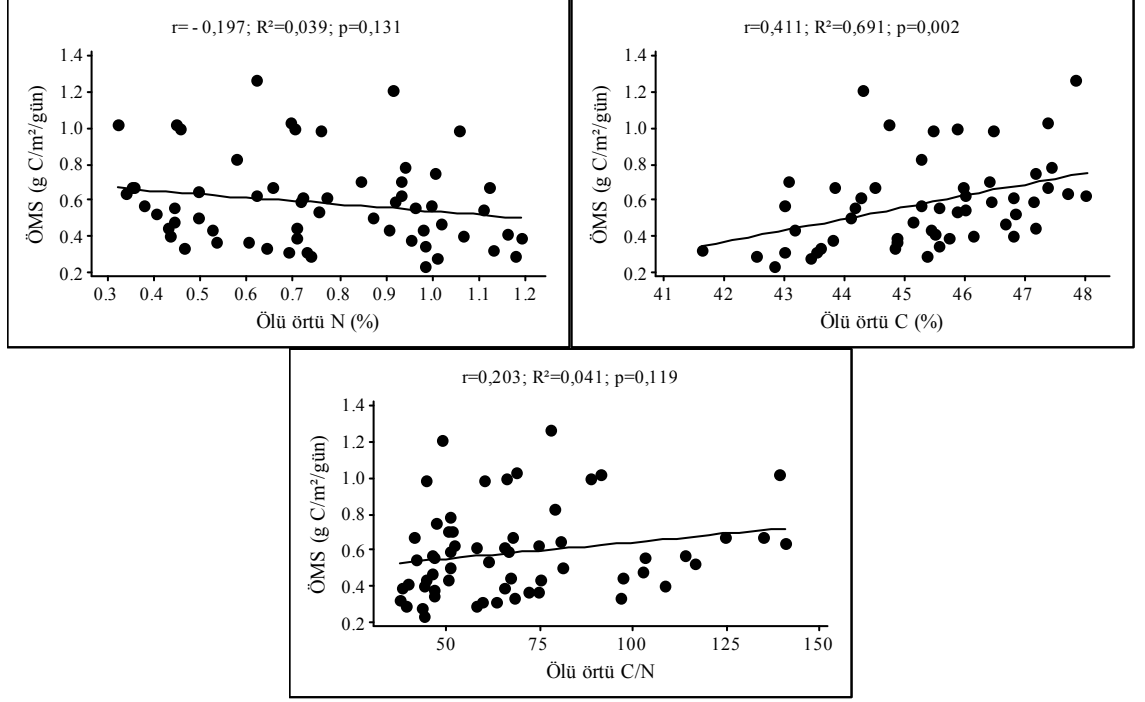
Korelasyon analizinde değerlendirmeye alınan diğer bir değişken olan ölü örtü mikrobiyal solunumu birinci yıl boyunca ölü örtü karbon içeriği ve ölü örtü C/N oranı ile anlamlı kuvvetli pozitif ilişki (sırasıyla $r = 0,43$ ve $0,38$) gösterirken, ölü örtü azot içeriği ile kuvvetli negatif ilişki ($r = - 0,46$) göstermektedir. Ölü örtü mikrobiyal solunum değişiminin (R^2) % 21,1'ni ölü örtü azot içeriği tek başına açıklamaktadır (Şekil 4.32).



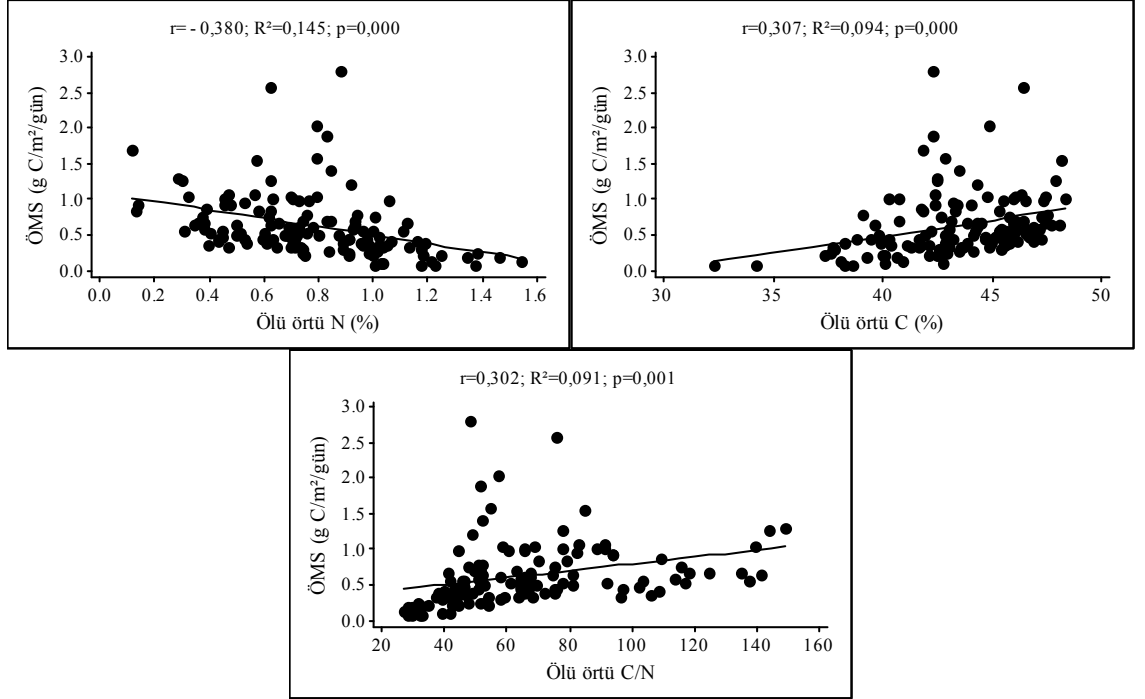
Şekil 4.32: 2010-2011 meşe aralama alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=70).

Ölü örtü mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasında ölçüm periyodunun ikinci yılında birinci yılın tersine sadece ölü örtü karbon içeriği ile anlamlı kuvvetli pozitif ilişki ($r = 0,41$) bulunurken, diğer değişkenlerin ölü örtü mikrobiyal solunumla olan ilişkileri hem zayıf hem de istatistiksel olarak anlamlı olmayan ilişkilere sahiptir. Buna bağlı olarak ölü örtü mikrobiyal solunum değişiminin (R^2) % 69,1 sadece ölü örtü karbon içeriği ile açıklanmaktadır (Şekil 4.33).

İki yıllık sürecin değerlendirme sonucuna göre ölü örtü mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasında birinci yılda görülen ilişkilere benzer olarak ölü örtü karbon içeriği ve ölü örtü C/N oranı ile istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) kuvvetli pozitif ilişki (sırasıyla $r = 0,31$, $0,30$) bulunurken, ölü örtü azot içeriği ile anlamlı kuvvetli negatif ilişki ($r = - 0,38$) bulunmaktadır. İstatistiksel olarak anlamlılık gösteren değişkenler olan ölü örtü karbon içeriği, ölü örtü C/N oranı ve ölü örtü azot içeriği, ölü örtü mikrobiyal solunum değişimini sırasıyla (R^2) % 9,4, % 9,1 ve % 14,5 açıklamaktadır (Şekil 4.34). Değerlendirme sonuçlarına göre değişkenlerin ölü örtü mikrobiyal solunumun zamansal değişimini birinci yıl daha yüksek oranda açıkladığı görülmektedir.



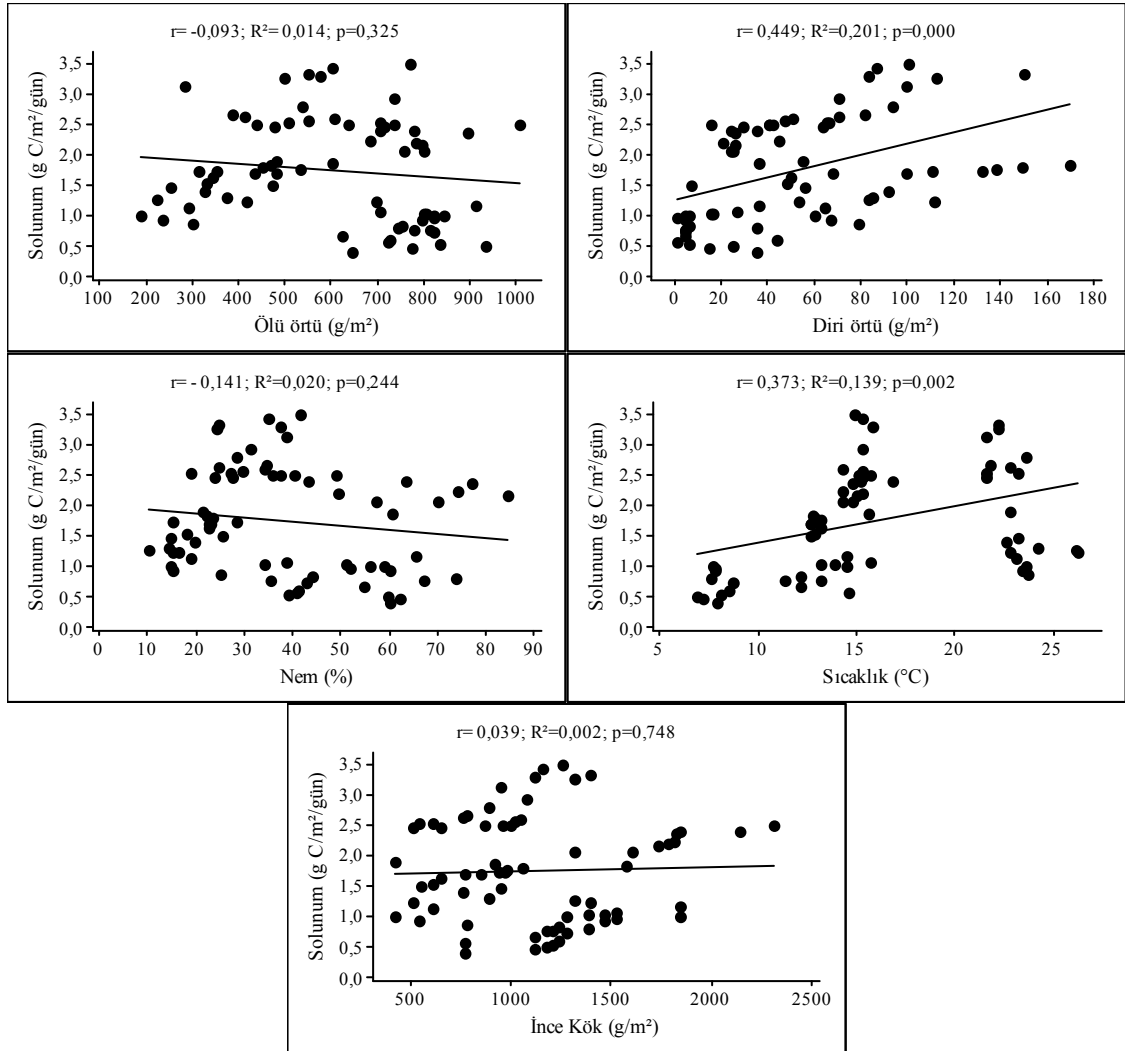
Şekil 4.33: 2011-2012 yılı meşe aralama alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=60).



Şekil 4.34: 2010-2012 yılı meşe aralama alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=130).

4.1.7.2. Kontrol Alanları

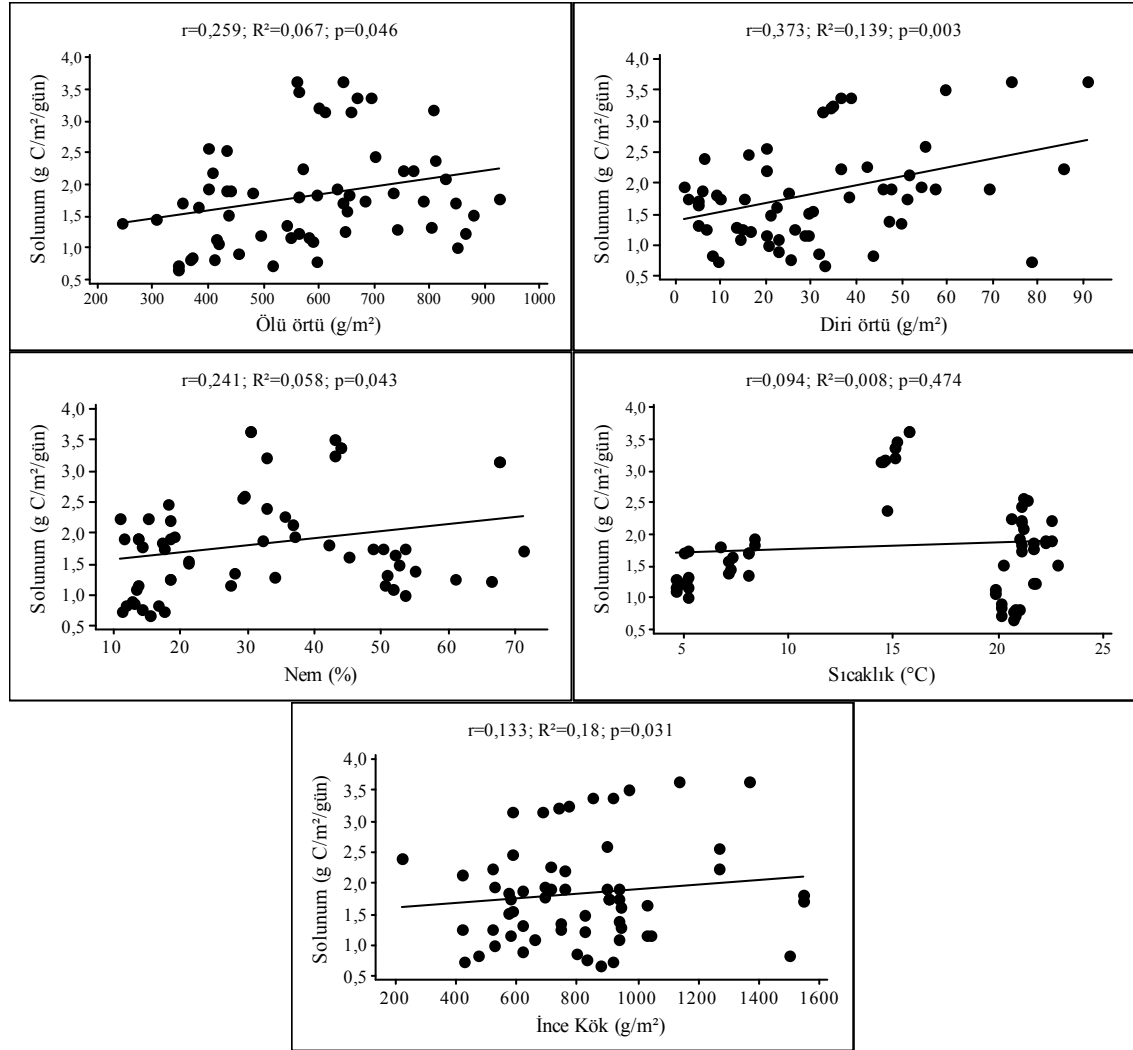
Arazide ölçümü yapılmış toprak solunumunun birinci yıl değişimi diri örtü miktarı, toprak sıcaklığı ile istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) kuvvetli doğrusal ilişki (sırasıyla $r = 0,45$ ve $0,37$) göstermiştir. Ölü örtü miktarı, toprak nemi toprak solunumu ile zayıf negatif ilişki ($r = - 0,09$ ve $- 0,14$) bulunmaktadır. İnce kök kütlesi ile toprak solunumu arasında zayıf pozitif ilişki mevcuttur. Bu ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı değildir. Diri örtü miktarı bu değişimin % 20,1 ve toprak sıcaklığı % 13,9 kısmını açıklamaktadır (Şekil 4.35).



Şekil 4.35: 2010-2011 yılı meşe kontrol alanına ait toprak solunumu ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=70).

Ölçüm periyodunun ikinci yılındaki toprak solunumunun değişimi ölü örtü ve diri örtü miktarı, toprak nemi, ince kök kütlesi ile anlamlı ($p < 0,05$) olarak kuvvetli doğrusal

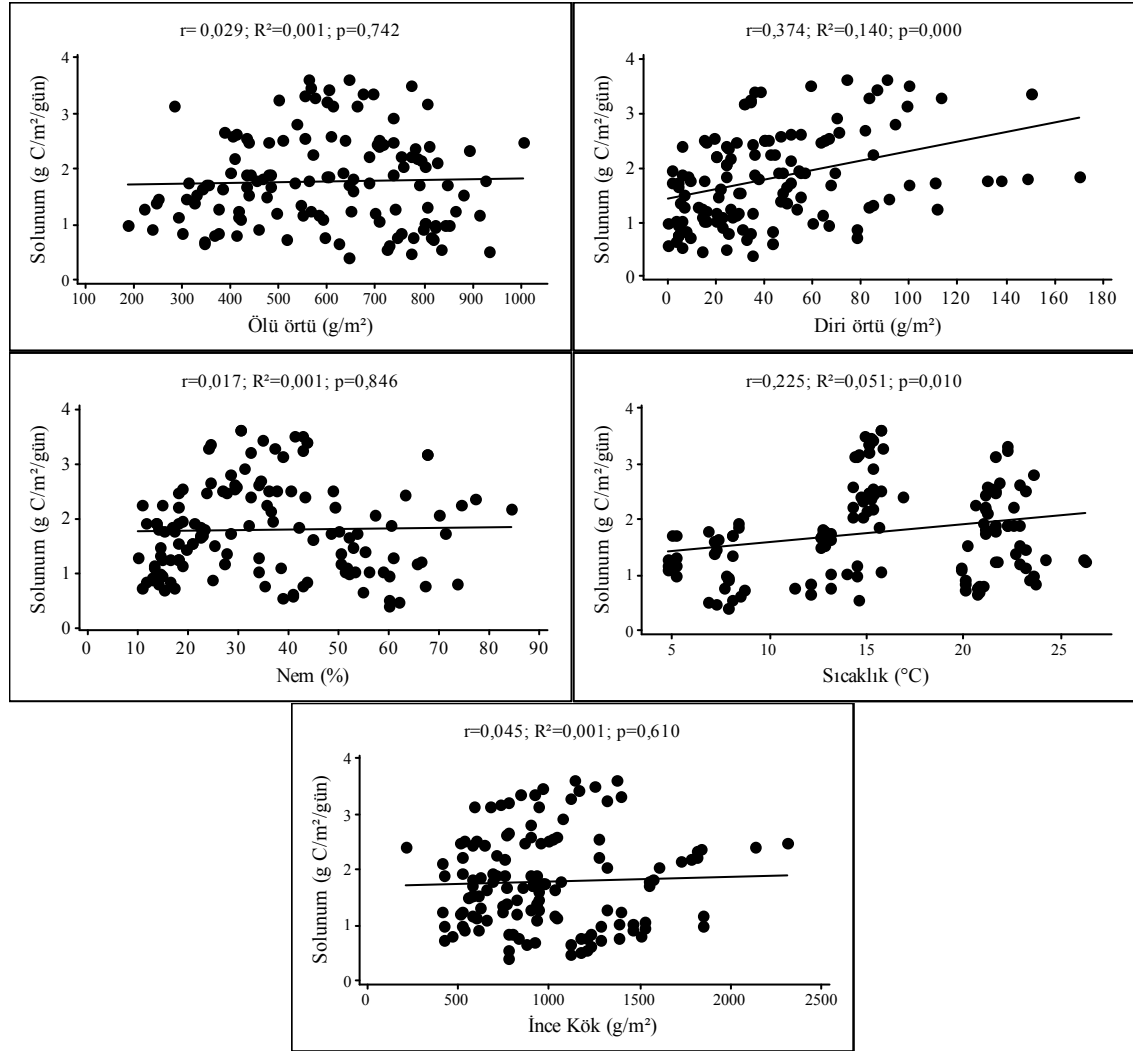
ilişki (sırasıyla $r = 0,26$, $0,37$, $0,24$ ve $0,13$) göstermiştir. Toprak sıcaklığı ise birinci yılın tersine toprak solunumu ile daha zayıf ve istatistiksel olarak anlamlı olmayan pozitif ilişki ($r = 0,09$) göstermiştir. Ölü örtü miktarı toprak solunumundaki değişimin (R^2) % 6,7, diri örtü miktarı % 13,9 ve toprak nemi % 5,8'ni açıklamaktadır (Şekil 4.36).



Şekil 4.36: 2011-2012 yılı meşe kontrol alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=60).

Toprak solunumunun iki yıllık zamansal değişimi değerlendirildiğinde ise istatistiksel olarak anlamlılık ($p < 0,05$) gösteren diri örtü miktarı, toprak sıcaklığı ile kuvvetli doğrusal ilişki (sırasıyla $r = 0,37$ ve $0,23$) göstermiştir. Ölü örtü miktarı, toprak nemi ve ince kök kütlesi toprak solunumu ile zayıf pozitif ilişki göstermiştir. Bu ilişkiler

istatistiksel olarak anlamlı değildir. Diri örtü miktarı bu değişimin (R^2) % 14 ve toprak sıcaklığı % 5,1 kısmını açıklamaktadır (Şekil 4.37).



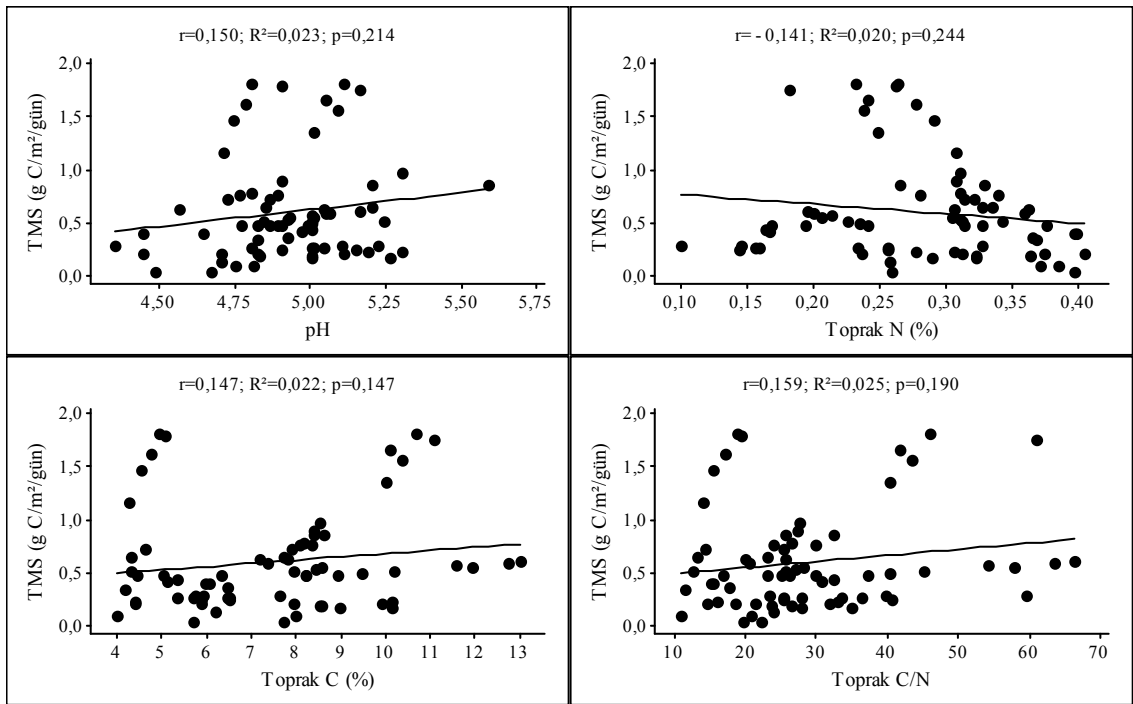
Şekil 4.37: 2010-2012 yılı meşe kontrol alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=130).

Analizi yapılan topraklardaki toprak mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasındaki birinci yıl ilişkileri korelasyon sonucuna göre istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) ilişkiler bulunamamıştır. Fakat toprak pH'sı, karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile solunum arasında zayıf pozitif ilişki (sırasıyla, $r = 0,15$, $0,15$ ve $0,16$), ayrıca toprak azot içeriği ile mikrobiyal solunum arasında zayıf negatif ilişki ($r = - 0,14$) söz konusudur (Şekil 4.38).

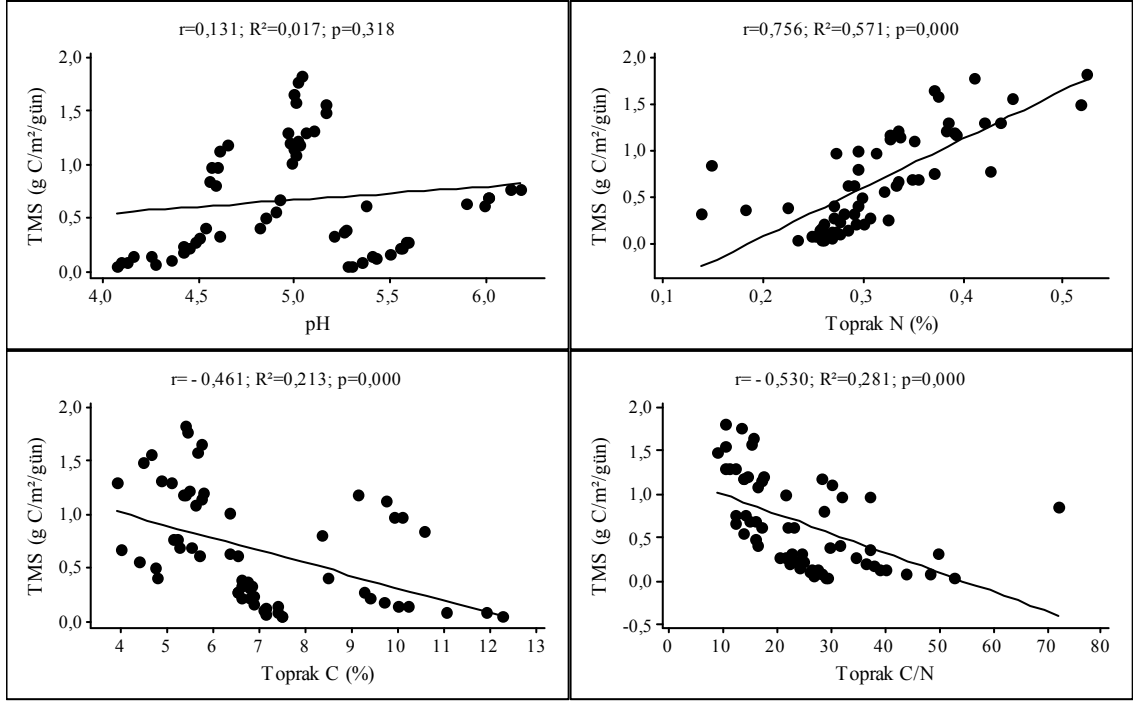
Zamansal değişimin ikinci yılında toprak mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasındaki ilişkileri değerlendirildiğinde ise birinci yılın tersine toprak azot içeriği ve

toprak mikrobiyal solunum arasında anlamlı ($p < 0,05$) olarak kuvvetli pozitif ilişki ($r = 0,76$) bulunurken, toprak pH'sı ile daha zayıf ve istatistiksel olarak anlamlı olmayan doğrusal korelasyon ($r = 0,13$) görülmektedir. Ayrıca toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile mikrobiyal solunum arasında istatistiksel olarak ($p < 0,05$) kuvvetli negatif ilişki (sırasıyla $r = - 0,46$ ve $- 0,53$) söz konusudur. Bu değişkenler toprak mikrobiyal solunum değişiminin (R^2) % 57,1'ni toprak azot içeriği, % 21,3'nü toprak karbon içeriği, % 28,1'ni toprak C/N oranı açıklamaktadır (Şekil 4.39).

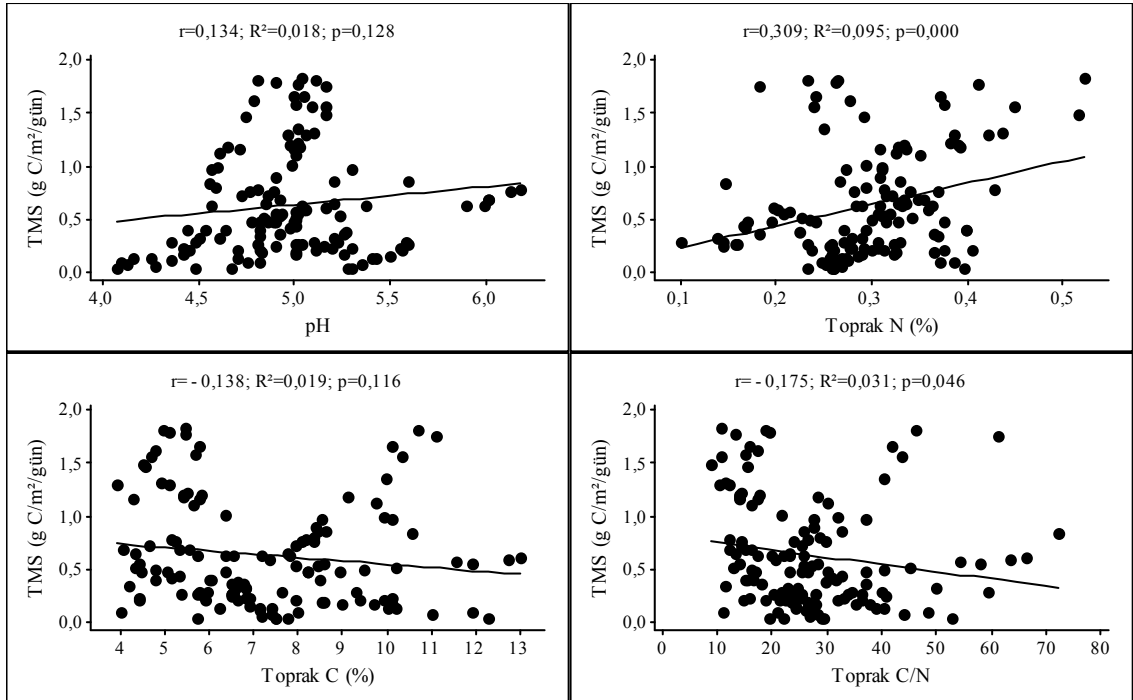
Birinci ve ikinci yılın tamamı dikkate alındığında ise toprak mikrobiyal solunumu ile toprak azot içeriği arasında anlamlı ($p < 0,05$) olarak kuvvetli pozitif ilişki, toprak C/N oranı ile solunum arasında anlamlı zayıf negatif ilişki bulunmaktadır. Toprak pH'sı ile toprak mikrobiyal solunum arasında zayıf pozitif ilişki bulunurken, toprak karbon içeriği ile solunum arasında zayıf negatif ilişki (sırasıyla $r = - 0,14$) bulunmaktadır. Bu ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı değildir. Toprak mikrobiyal solunum değişiminin (R^2) % 9,5 toprak azot içeriği ve % 3,1 toprak C/N oranı ile açıklanmaktadır (Şekil 4.40). Toprak mikrobiyal solunumundaki zamansal değişim ikinci yıl değişkenler tarafından daha yüksek oranda açıklanmaktadır.



Şekil 4.38: 2010-2011 yılı meşe kontrol alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları ($n=70$).



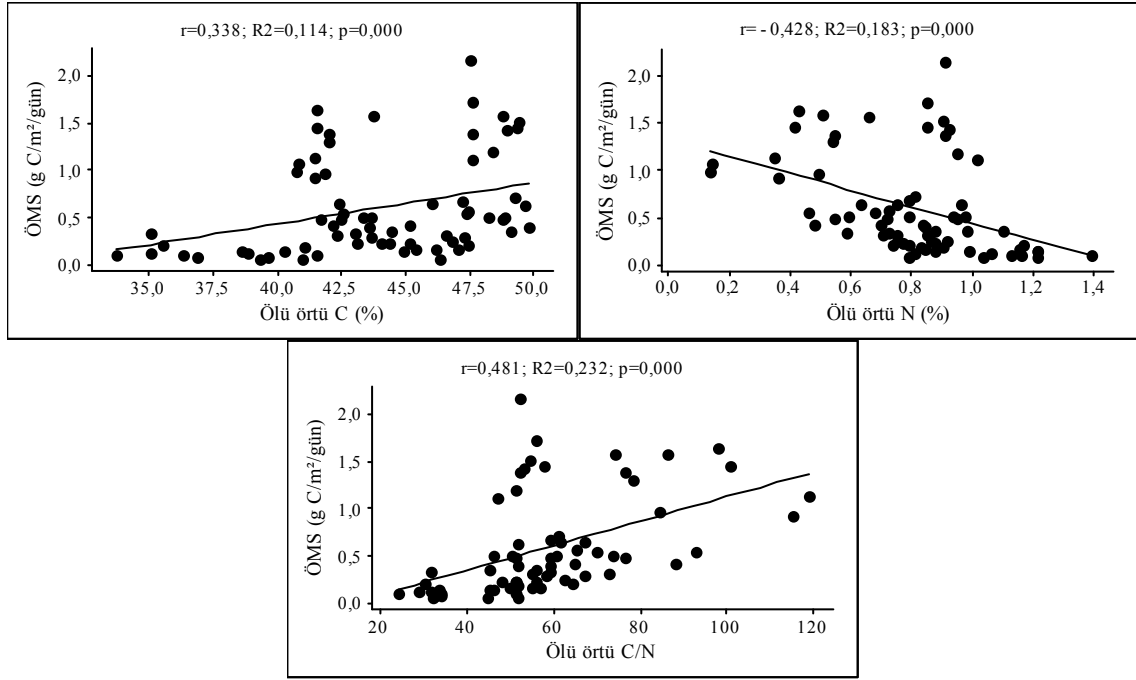
Şekil 4.39: 2011-2012 yılı meşe kontrol alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=60).



Şekil 4.40: 2010-2012 yılı meşe kontrol alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=130).

Değerlendirmeye alınan diğer değişken olan ölü örtü mikrobiyal solunumu ölçüm periyodunun ilk yılında ölü örtü karbon içeriği ve ölü örtü C/N oranı ile istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) kuvvetli pozitif ilişki (sırasıyla, $r = 0,34$ ve $0,48$) gösterirken,

ölü örtü azot içeriği ile anlamlı kuvvetli negatif ilişki ($r = - 0,43$) bulunmaktadır. Bu değişkenler ölü örtü mikrobiyal solunum değişiminin (R^2) % 18,3 ölü örtü azot içeriği, % 11,4 ölü örtü karbon içeriği ve % 23,2 ölü örtü C/N oranı açıklamaktadır. (Şekil 4.41).

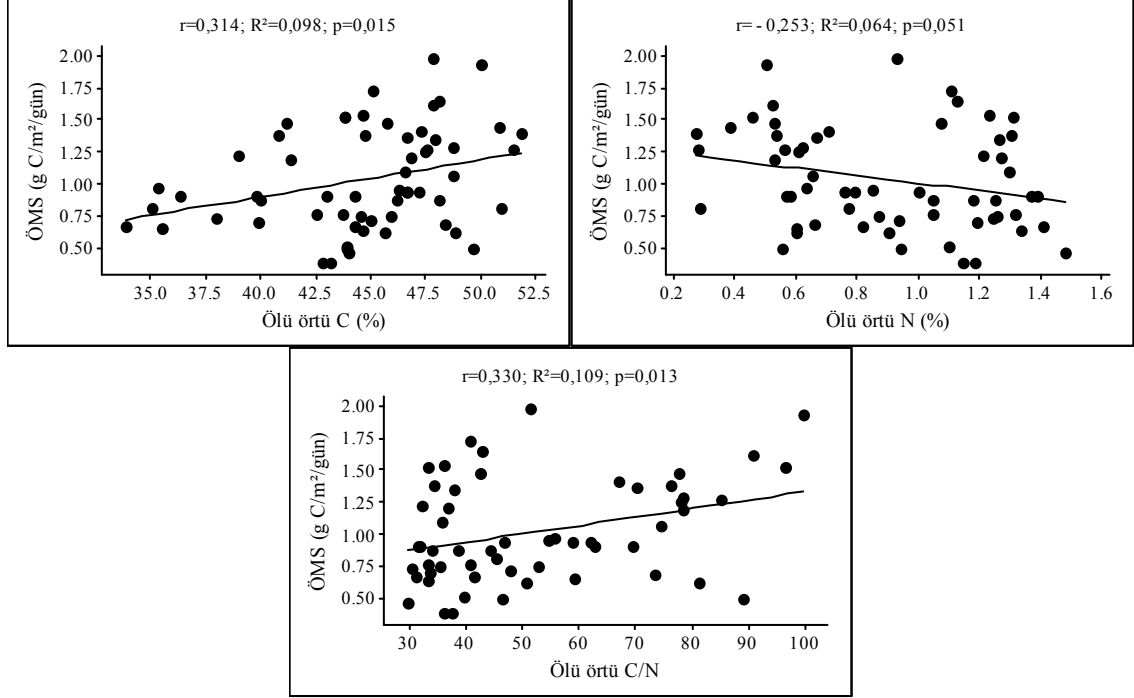


Şekil 4.41: 2010-2011 meşe kontrol alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=70).

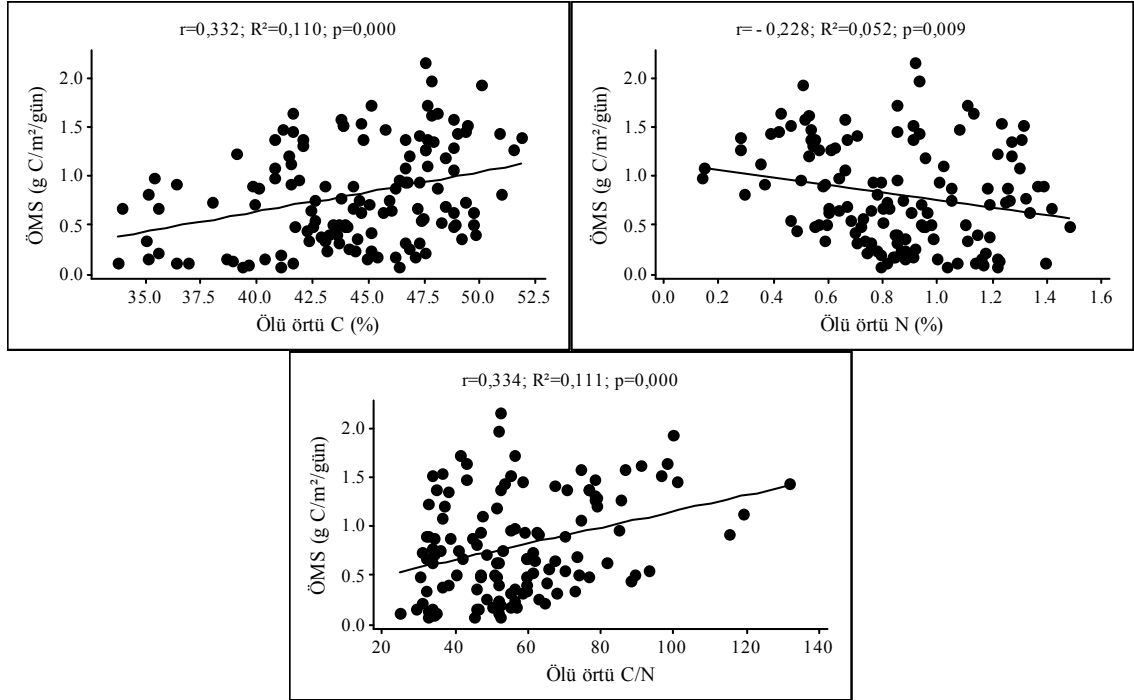
Ölü örtü mikrobiyal solunumunun zamansal değişiminin ikinci yılında ise değişkenler arasında ölü örtü karbon içeriği, ölü örtü C/N oranı ile anlamlı kuvvetli pozitif ilişki bulunurken, ölü örtü azot içeriği ile istatistiksel olarak anlamlılık ($p < 0,05$) göstermeyen kuvvetli negatif ilişki bulunmaktadır. İstatistiksel olarak anlamlı ilişki gösteren ölü örtü karbon içeriği, ölü örtü C/N oranı ölü örtü mikrobiyal solunum değişimi (R^2) % 9,8 ve % 10,9 oranında açıklamaktadır (Şekil 4.42).

İki yıllık değerlendirme sonucu ölü örtü mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlılık ($p < 0,05$) gösteren ölü örtü karbon içeriği ve ölü örtü C/N oranı ile kuvvetli pozitif ilişki bulunurken, diğer değişken olan ölü örtü azot içeriği mikrobiyal solunum ile negatif ilişki göstermektedir. İstatistiksel olarak anlamlılık gösteren değişkenler olan ölü örtü karbon içeriği, ölü örtü C/N oranı ve ölü örtü azot içeriği ölü örtü mikrobiyal solunum değişiminin (R^2) sırasıyla % 11,0, % 11,1 ve % 5,2 açıklamaktadır (Şekil 4.43). Korelasyon sonucuna göre ölü örtü mikrobiyal

solunumundaki zamansal değişimi ölü örtü karbon içeriği ve ölü örtü C/N oranı yönlendiren ana değişkenlerdir.



Şekil 4.42: 2011-2012 yılı meşe kontrol alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=60).

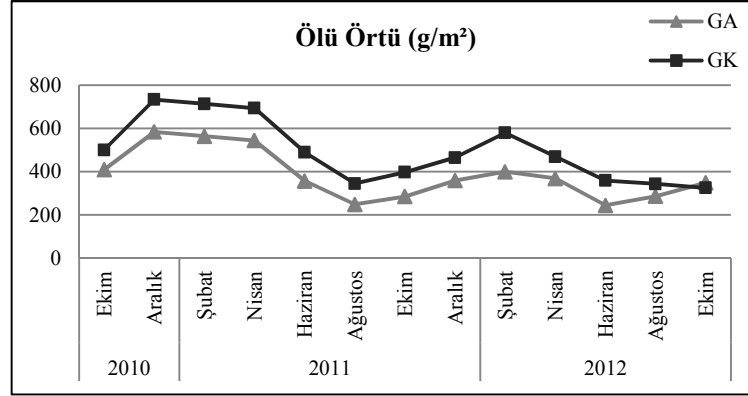


Şekil 4.43: 2010-2012 yılı meşe kontrol alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=130).

4.2. GÜRGEN ARAŞTIRMA ALANLARINA AİT BULGULAR

4.2.1. Ölü Örtü

Ölü örtü miktarı aralama alanında iki yıl boyunca 243 g/m^2 ile 583 g/m^2 arasında değişim göstermiştir. En düşük miktar aralamayı takiben 19 ay sonra (Haziran 2012) ve en yüksek ölü örtü miktarı ise 2 ay sonra (Aralık 2010) ölçülmüştür. Kontrol alanında ise ölü örtü 324 g/m^2 (Ekim 2012) ile 733 g/m^2 (Aralık 2010) arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.44). Ölü örtüde meydana gelen zamansal değişim hem aralama hem de kontrol alanında benzer bir eğilim göstermiştir. Zamansal değişim kontrol alanlarında daha yüksek seyir göstermektedir. Ölü örtü miktarı yıllara göre incelediğinde aralama alanlarındaki ortalama ölü örtü miktarı birinci yıl (Ekim 2010 – Ekim 2011) % 23, ikinci yıl (Aralık 2011 – Ekim 2012) % 25 ve iki yılın tamamında ise kontrol alanlarından % 24 daha düşüktür. Bu farklılıklar istatistiksel ($p < 0,05$) olarak anlamlıdır (Tablo 4.4, 4.5, 4.6).



Şekil 4.44: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü miktarının zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

Tablo 4.4: Ekim 2010 - 2011 yılı gürgen alanlarına ait tanımlayıcı istatistik ve t-testi sonuçları.

	Tür	N	Ortalama	Standart Sap.	F	Önem düzeyi
Solunum (g C/m²/gün)	GA	10	1,76	0,10	0,037	0,00
	GK	10	1,59	0,11		
TMS (g C/m²/gün)	GA	10	0,76	0,08	2,85	0,15
	GK	10	0,83	0,13		
ÖMS (g C/m²/gün)	GA	10	0,53	0,08	6,22	0,02
	GK	10	0,90	0,31		
Ölü örtü (g/m²)	GA	10	420,09	72,33	1,331	0,02
	GK	10	543,62	125,96		
Diri örtü (g/m²)	GA	10	66,92	14,56	0,151	0,00
	GK	10	43,17	10,85		
Sıcaklık (°C)	GA	10	15,73	0,56	3,730	0,00
	GK	10	14,40	0,20		
Nem (%)	GA	10	36,30	2,06	0,26	0,76
	GK	10	36,62	2,46		
pH (H₂O)	GA	10	4,80	0,14	0,392	0,00
	GK	10	5,13	0,12		
İnce Kök (g/m²)	GA	10	1071,07	188,32	7,095	0,00
	GK	10	799,45	105,28		
Toprak N (%)	GA	10	0,25	0,01	6,462	0,06
	GK	10	0,24	0,01		
Toprak C (%)	GA	10	5,81	0,13	0,213	0,78
	GK	10	5,82	0,13		
Toprak C/N	GA	10	24,16	0,74	10,471	0,24
	GK	10	24,93	1,84		
Hacim Ağırlığı (g/l)	GA	10	709,00	110,99	0,20	0,31
	GK	10	759,67	105,26		
Ölü örtü N (%)	GA	10	0,78	0,07	3,322	0,00
	GK	10	1,05	0,05		
Ölü örtü C (%)	GA	10	41,11	0,74	0,849	0,53
	GK	10	41,29	0,46		
Ölü örtü C/N	GA	10	63,86	11,07	16,957	0,00
	GK	10	41,23	2,41		
Diri örtü N (%)	GA	10	0,75	0,03	0,952	0,00
	GK	10	0,97	0,02		
Diri örtü C (%)	GA	10	45,80	0,50	4,480	0,24
	GK	10	45,41	0,87		
Diri örtü C/N	GA	10	77,42	5,41	0,157	0,00
	GK	10	66,56	6,29		

Standart sapma “±” ve önem düzeyi “p < 0.05” değeri ifade etmektedir. Önemli olarak farklılık gösteren değerler koyu renkli gösterilmiştir. GA : Gürgen Aralama, GK : Gürgen Kontrol Alanı, TMS : Toprak Mikrobiyal Solunumu, ÖMS : Ölü örtü Mikrobiyal Solunumu

Tablo 4.5: 2011 - 2012 yılı gürgen alanlarına ait tanımlayıcı istatistik ve t-testi sonuçları.

	Tür	N	Ortalama	Stand. Sap.	F	Önem düzeyi
Solunum (g C/m ² /gün)	GA	10	1,77	0,14	0,26	0,22
	GK	10	1,85	0,14		
TMS (g C/m ² /gün)	GA	10	0,95	0,08	3,78	0,85
	GK	10	0,84	0,17		
ÖMS (g C/m ² /gün)	GA	10	0,59	0,10	3,99	0,01
	GK	10	0,84	0,19		
Ölü örtü (g/m ²)	GA	10	333,41	46,90	0,82	0,00
	GK	10	441,51	65,72		
Diri örtü (g/m ²)	GA	10	36,83	7,69	0,35	0,00
	GK	10	22,67	9,26		
Sıcaklık (°C)	GA	10	14,45	0,39	2,34	0,00
	GK	10	13,97	0,18		
Nem (%)	GA	10	31,52	3,19	1,14	0,76
	GK	10	32,01	3,82		
pH (H₂O)	GA	10	4,93	0,09	16,55	0,00
	GK	10	5,35	0,18		
İnce Kök (g/m ²)	GA	10	609,09	56,95	0,95	0,01
	GK	10	546,12	44,12		
Toprak N (%)	GA	10	0,27	0,03	2,33	0,57
	GK	10	0,28	0,02		
Toprak C (%)	GA	10	4,88	0,60	150,05	0,17
	GK	10	4,60	0,08		
Toprak C/N	GA	10	19,35	2,63	1,74	0,12
	GK	10	17,82	1,32		
Hacim Ağırlığı (g/l)	GA	10	930,63	78,05	7,44	0,377
	GK	10	905,80	37,50		
Ölü örtü N (%)	GA	10	1,01	0,05	0,93	0,01
	GK	10	1,07	0,04		
Ölü örtü C (%)	GA	10	42,48	0,77	18,52	0,09
	GK	10	43,46	1,54		
Ölü örtü C/N	GA	10	46,62	3,76	0,05	0,00
	GK	10	52,54	3,32		
Diri örtü N (%)	GA	10	0,85	0,07	0,27	0,00
	GK	10	1,20	0,07		
Diri örtü C (%)	GA	10	46,27	0,80	0,15	0,00
	GK	10	45,04	0,68		
Diri örtü C/N	GA	10	62,23	7,15	6,13	0,00
	GK	10	40,38	3,04		

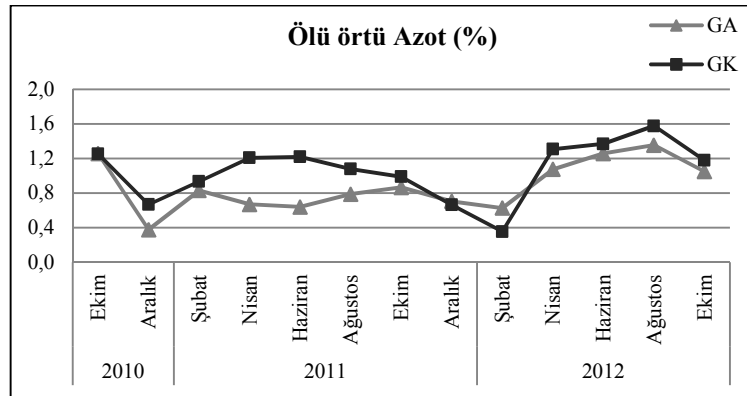
Standart sapma “±” ve önem düzeyi “p < 0.05” değeri ifade etmektedir. Önemli olarak farklılık gösteren değerler koyu renkli gösterilmiştir. GA : Gürgen Aralama, GK : Gürgen Kontrol Alanı, TMS : Toprak Mikrobiyal Solunumu, ÖMS : Ölü örtü Mikrobiyal Solunumu

Tablo 4.6: 2010 - 2012 yılı gürgen alanlarına ait tanımlayıcı istatistik ve t-testi sonuçları.

	Tür	N	Ortalama	Stand. Sap.	F	Önem düzeyi
Solunum (g C/m ² /gün)	GA	10	1,76	0,08	0,00	0,25
	GK	10	1,72	0,08		
TMS (g C/m ² /gün)	GA	10	0,87	0,06	2,75	0,72
	GK	10	0,86	0,12		
ÖMS (g C/m ² /gün)	GA	10	0,56	0,08	6,20	0,01
	GK	10	0,87	0,24		
Ölü örtü (g/m ²)	GA	10	376,75	52,37	1,55	0,00
	GK	10	492,56	88,09		
Diri örtü (g/m ²)	GA	10	51,88	9,63	0,47	0,00
	GK	10	32,92	6,92		
Sıcaklık (°C)	GA	10	15,09	0,43	3,43	0,00
	GK	10	14,19	0,15		
Nem (%)	GA	10	33,91	1,76	1,11	0,68
	GK	10	34,31	2,44		
pH (H₂O)	GA	10	4,86	0,11	11,16	0,00
	GK	10	5,24	0,06		
İnce Kök (g/m ²)	GA	10	840,08	79,89	1,64	0,00
	GK	10	672,79	60,89		
Toprak N (%)	GA	10	0,26	0,01	0,06	0,77
	GK	10	0,26	0,02		
Toprak C (%)	GA	10	5,34	0,27	121,29	0,15
	GK	10	5,21	0,05		
Toprak C/N	GA	10	21,75	1,44	0,23	0,52
	GK	10	21,38	1,13		
Hacim Ağırlığı (g/l)	GA	10	819,82	86,50	6,47	0,69
	GK	10	832,74	52,99		
Ölü örtü N (%)	GA	10	0,89	0,04	0,00	0,00
	GK	10	1,06	0,04		
Ölü örtü C (%)	GA	10	41,79	0,32	37,07	0,09
	GK	10	42,37	1,00		
Ölü örtü C/N	GA	10	55,24	6,59	6,14	0,00
	GK	10	46,88	2,55		
Diri örtü N (%)	GA	10	0,80	0,04	0,15	0,00
	GK	10	1,09	0,04		
Diri örtü C (%)	GA	10	46,03	0,63	1,44	0,02
	GK	10	45,23	0,72		
Diri örtü C/N	GA	10	69,83	5,77	2,87	0,00
	GK	10	53,47	3,98		

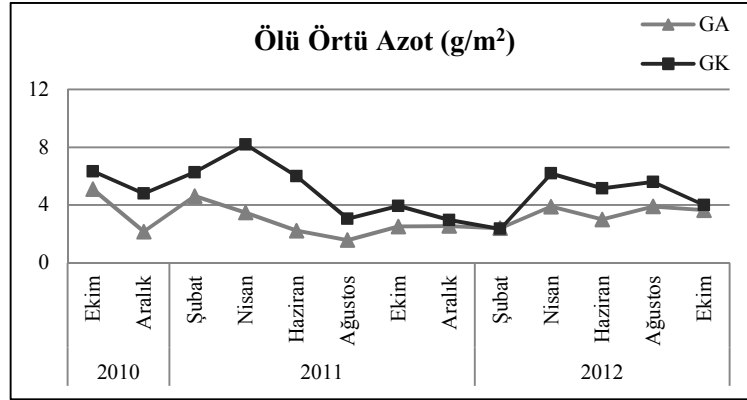
Standart sapma “±” ve önem düzeyi “p < 0.05” değeri ifade etmektedir. Önemli olarak farklılık gösteren değerler koyu renkli gösterilmiştir. GA : Gürgen Aralama, GK : Gürgen Kontrol Alanı, TMS : Toprak Mikrobiyal Solunumu, ÖMS : Ölü örtü Mikrobiyal Solunumu

Aralama alanında ölü örtü azot içeriği (% N) olarak iki yıl boyunca ortalama % 0,38 ile % 1,35 arasında değişim göstermiştir. En düşük azot oranı 2010 yılı Aralık ayında ve en yüksek miktar ise Ağustos 2012 tarihinde ölçülmüştür. Kontrol alanında ise Aralık 2011 tarihinde ölçülen en düşük değer olan % 0,67 ile Ağustos 2012 tarihinde en yüksek değere olan % 1,58 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.45). Yıllara bağlı olarak yapılan değerlendirme sonucunda Ekim 2010 – Ekim 2011 döneminde aralama alanlarında ölü örtü azot içeriği % 26, ikinci yıl (Aralık 2011 – Ekim 2012) sonunda ise % 6 daha düşüktür ve aralama alanı ile kontrol alanı arasında bu farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 4.4, 4.5). İki yıl boyunca aralama ve kontrol alanı arasında ölü örtü azot içeriğindeki zamansal değişim benzer eğilim göstermiş ve bu durum ikinci yıl daha belirgindir. Bununla birlikte, kontrol alanındaki değişim daha yüksektir. İki yılın (Ekim 2010 – Ekim 2012) tamamı istatistiksel olarak değerlendirildiğinde aralama alanlarında ortalama ölü örtü azot içeriği % 16 daha düşüktür ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$) (Tablo 4.6).



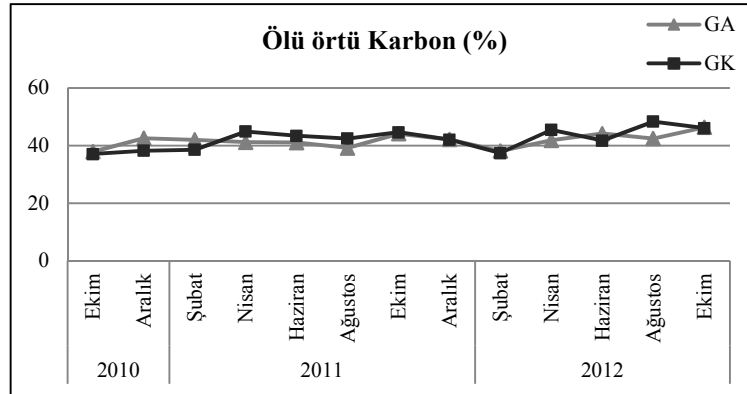
Şekil 4.45: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü azot içeriğinin yıllara göre değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

İki yıl boyunca ölü örtünün azot miktarı aralama alanında 2 g/m^2 (Aralık 2010) ile 5 g/m^2 (Ekim 2010) olarak değişim göstermiş olup, kontrol alanlarında ise ölü örtü azot miktarının değişimi 3 g/m^2 ile 8 g/m^2 arasındadır. En düşük değer Şubat 2012 tarihinde en yüksek değer Nisan 2011 tarihinde belirlenmiştir (Şekil 4.46). Ölü örtü azot miktarında aralama ve kontrol alanında zamansal değişim genellikle benzer eğilim göstermiş ve kontrol alanlarında daha yüksek seyir izlemiştir.



Şekil 4.46: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü azot miktarının yıllara göre değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

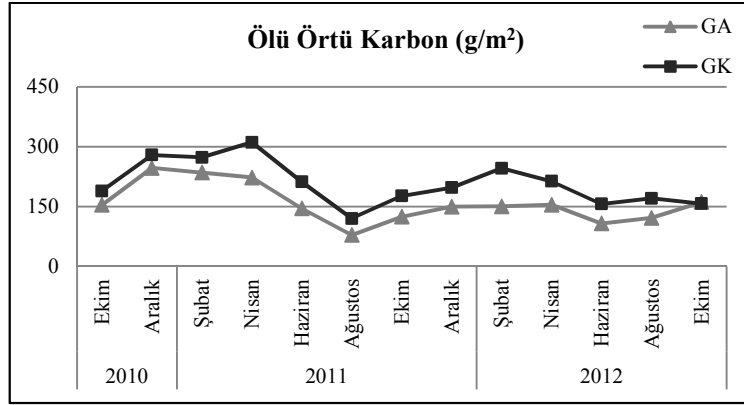
Ölü örtüye ait ortalama karbon içeriği (% C) ölçüm periyodu boyunca aralama alanında % 38 (Ekim 2010) ile % 46 (Ekim2012) arasında değişim gösterirken kontrol alanlarında değişim yaklaşık % 37 (Ekim 2010) ile % 48 (Ağustos 2012) arasında olmuştur (Şekil 4.47). Aralama alanının ölü örtü karbon içeriği, birinci yıl ikinci yıl ve iki yılın sonunda kontrol alanlarından sırasıyla % 0,4, % 2,3 ve % 1,4 daha düşüktür. Alanlar arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildir (Tablo 4.4, 4.5, 4.6). İki yıl boyunca ölü örtü azot miktarında aralama ve kontrol alanlarında benzer eğilim görülmektedir.



Şekil 4.47: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü karbon içeriğinin yıllara göre değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

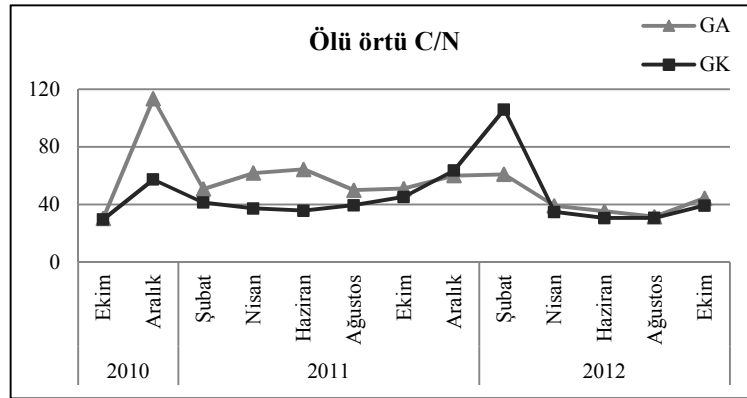
İki yıl boyunca aralama ve kontrol alanlarında karbon miktarındaki zamansal değişim ölü örtü miktarındaki zamansal değişimle birebir benzerlik göstermiştir. Ölü örtü ortalama karbon miktarı iki yıl boyunca aralama alanında en düşük 2011 Ağustos (78 g/m²) ayında en yüksek değer ise 2010 Aralık (210 g/m²) ayında tespit edilmiştir. Kontrol alanları incelendiğinde aralama alanlarında görüldüğü gibi en düşük Ağustos

2011 (120 g/m^2) tarihinde ve en yüksek değer Nisan 2011 (311 g/m^2) tarihinde tespit edilmiştir (Şekil 4.48).



Şekil 4.48: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü karbon miktarının yıllara göre değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

Ölçüm periyodu boyunca ölü örtünün karbon/azot (C/N) oranı aralama alanlarında 30 ile 113, kontrol alanlarında ise 30 ile 106 arasında değişim göstermiştir. İstatistiksel olarak yıllar arasında ortalama ölü örtü C/N oranı aralama alanı ile kontrol alanları arasında anlamlı fark bulunmaktadır (Tablo 4.4, 4.5, 4.6). İki yıl boyunca aralama alanlarındaki ölü örtü C/N oranı kontrol alanlarına nazaran birinci yıl daha belirgin olarak daha yüksek seyir izlemiştir (Şekil 4.49).

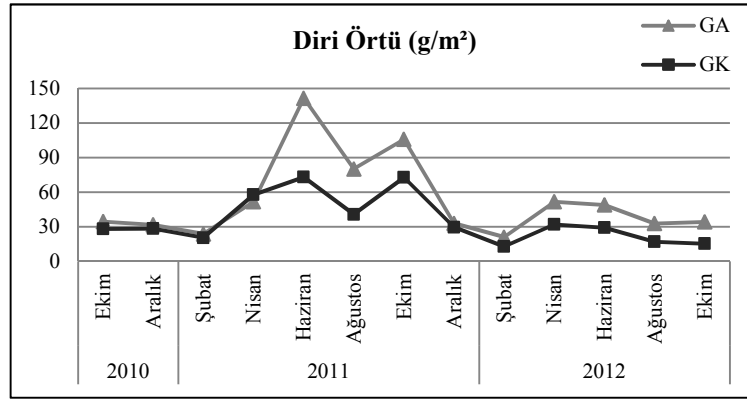


Şekil 4.49: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü karbon/azot oranının yıllara göre değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

4.2.2. Diri Örtü

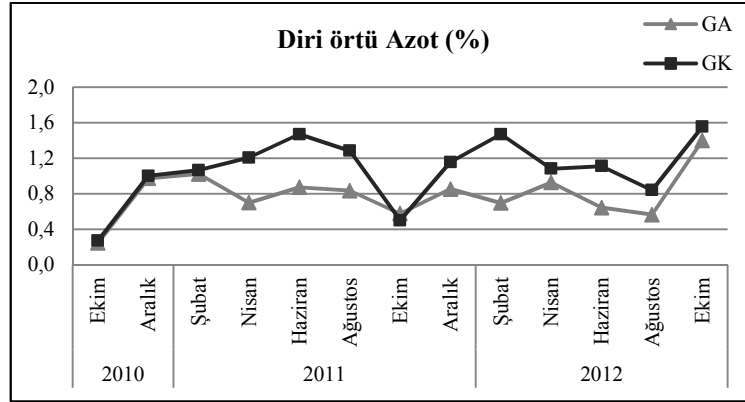
Diri örtü miktarındaki değişimi belirlemek için yapılan ölçümler sonucunda aralama alanında iki yıl boyunca 21 (Şubat 2012) ile 141 (Haziran 2011) g/m^2 arasında değişim

gösterdiği tespit edilirken, kontrol alanında ise 13 (Ekim 2012) ile 73 (Haziran 2011) g/m^2 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.50). Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde aralama alanlarındaki ortalama diri örtü miktarı kontrol alanlarıyla birinci yıl sonunda anlamlı fark göstermiş olup, aralama alanlarında diri örtü miktarı kontrol alanlarından % 36 daha yüksektir (Tablo 4.4). Benzer olarak, ikinci yılda da aralama alanı ile kontrol alanı arasında ortalama diri örtü miktarı bakımından anlamlı fark vardır ve aralama alanlarındaki ortalama diri örtü miktarı kontrol alanlarından % 39 daha fazladır (Tablo 4.5). İki yılın sonunda aralama alanlarında diri örtü miktarı kontrol alanından % 37 daha yüksektir ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 4.6).



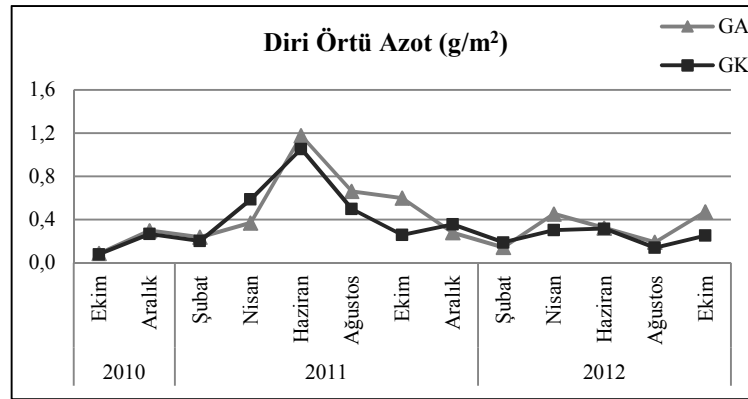
Şekil 4.50: Gürgen örnek alanlarının diri örtü miktarının zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

İki yıl boyunca elde edilen diri örtü azot içeriği (% N) verilerine göre, aralama alanında aralama uygulamasından önce (Ekim 2010) en düşük değer olan % 0,25 ile 24 ay (Ekim 2012) sonra en yüksek miktar olan % 1,39 arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanında ise % 0,27 ile % 1,55 arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanında en düşük değer ise ölçüm periyodunun başında (Ekim 2010) ve en yüksek değer ise ölçüm periyodunun sonunda (Ekim 2012) belirlenmiştir (Şekil 4.51). Aralama alanlarındaki diri örtü azot içeriği kontrol alanlarıyla yıllara göre ve iki yılın sonunda istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiş olup, diri örtü azot içeriği kontrol alanlarında birinci yıl % 23 ikinci yıl % 29 ve iki yıllık toplam sürede % 27 daha yüksektir (Tablo 4.4, 4.5, 4.6).



Şekil 4.51: Gürgen örnek alanlarının diri örtü azot içeriğinin zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

Diri örtünün azot miktarında zamansal değişim aralama alanında iki yıl boyunca 0,1 g/m² (Ekim 2010) ile 1,2 g/m² (Haziran 2011) arasında belirlenmiş olup, kontrol alanlarında ise azot miktarının değişimi 0,1 g/m² (Ekim 2010) ile 1,1 g/m² (Haziran 2011) arasında ölçülmüştür (Şekil 4.52).



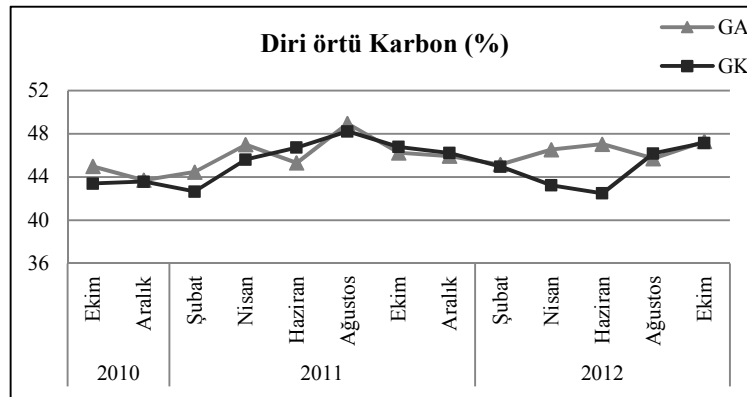
Şekil 4.52: Gürgen örnek alanlarının diri örtü azot miktarının zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

Diri örtü ortalama karbon içeriği (% C) aralama alanında kış döneminin başlangıcında (Aralık 2010) ölçüldüğü en düşük değer olan % 44 ile yaz döneminin sonundaki (Ağustos 2011) belirlendiği en yüksek değer olan % 49 arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanlarında değişim % 43 ile % 48 arasında olmuştur. Alanlarda en düşük diri örtü karbon oranı Haziran 2012 ile en yüksek değer Ağustos 2011 tarihinde belirlenmiştir (Şekil 4.53). Diri örtü karbon içeriğinin zamansal değişimi çalışma periyodunun başlangıcına göre alanlar arasında artan eğilim göstermiştir. Aralama alanlarındaki diri örtü karbon içeriği birinci yıl sonunda kontrol alanlarıyla anlamlı fark göstermezken, aralama alanlarında diri örtü karbon içeriği % 0,9 daha yüksek

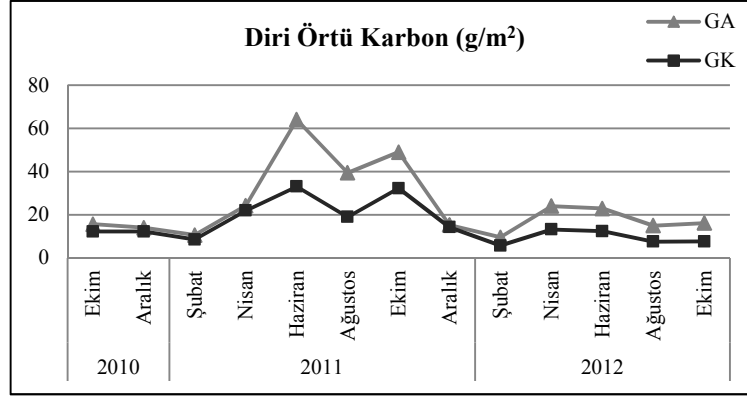
bulunmuştur (Tablo 4.4). Birinci yılın tersine ikinci yıl (Aralık 2011 – Ekim 2012) ve İki yılın (Ekim 2010 – 2012) tamamı değerlendirildiği zaman aralama alanı ile kontrol alanı arasında diri örtü karbon içeriği bakımından istatistiksel olarak ($p < 0,05$) anlamlı fark tespit edilmiştir (Tablo 4.5, 4.6). Bu farklılık aralama alanlarında kontrol alanlarından sırasıyla % 3 ve % 2 daha yüksektir.

Diri örtü karbon miktarı aralama alanında iki yıl boyunca 10 g/m^2 ile 64 g/m^2 arasında değişmiş olup, aralama alanlarında en yüksek karbon miktarı aralama uygulamasından 7 ay sonra (Haziran 2011) ve en düşük değer 16 ay sonra (Şubat 2012) ölçülmüştür. Kontrol alanlarında ise diri örtü karbon miktarı 6 g/m^2 (Şubat 2012) ile 33 g/m^2 (Haziran 2011) olarak değişim göstermiştir. Diri örtü karbon miktarı çalışma periyodu boyunca diri örtü miktarı bağlı olarak aralama alanlarında kontrol alanlarından daha yüksek bir seyir izlemiştir bu durum özellikle birinci yılın bahar döneminden sonra daha belirgindir (Şekil 4.54).

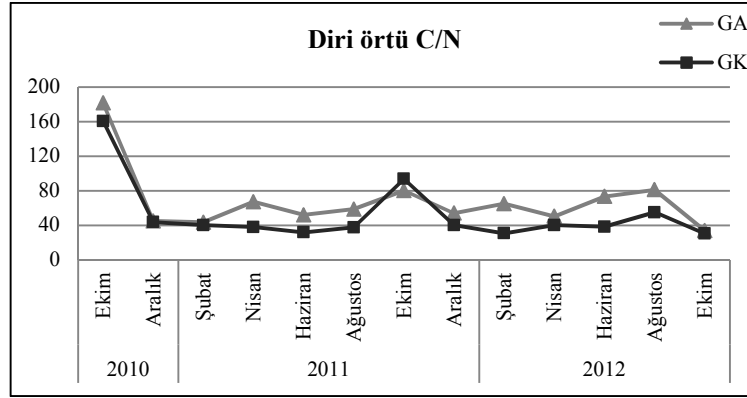
İki yıl boyunca diri örtüdeki karbon/azot (C/N) oranı aralama alanlarında 44 ile 182 arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanlarında ise 30 ile 160 arasında değişmiştir (Şekil 4.54). İki yılın (Ekim 2010 – 2012) tamamında ve yıllara göre aralama alanı ile kontrol alanı arasında diri örtü C/N oranı bakımından istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) farklılık tespit edilmiştir (Tablo 4.4, 4.5, 4.6). Diri örtü C/N oranı zamansal değişimi diri örtü karbon içeriğinde olduğu gibi aralama alanlarında daha yüksek seyretmiştir (Şekil 4.55).



Şekil 4.53: Gürgen örnek alanlarının diri örtü karbon içeriğinin zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).



Şekil 4.54: Gürgen örnek alanlarının diri örtü karbon miktarının zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).



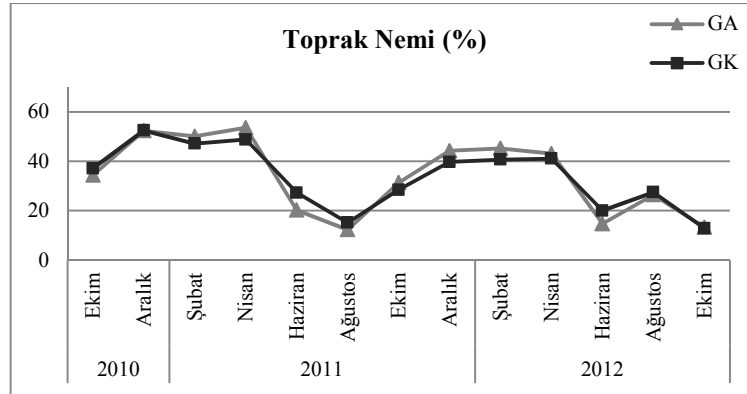
Şekil 4.55: Gürgen örnek alanlarının diri örtü karbon/azot oranının zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

4.2.3. Toprak

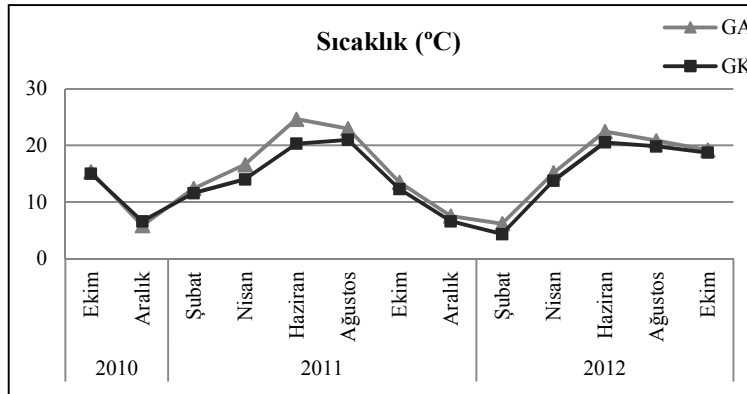
Toprak nemi aralama alanlarında % 12 (Ağustos 2011) ile % 54 (Nisan 2011) arasında kontrol alanlarında % 13 (Ekim 2012) ile % 53 (Aralık 2010) arasında değişim göstermiştir. Toprak nemi iki yıl boyunca alanlar arasında benzer eğilimdedir (Şekil 4.56). Bundan dolayı birinci yıl, ikinci yıl ve iki yıllık veriler değerlendirildiği zaman kontrol alanlarındaki toprak neminin aralama alanlarından (yıllara göre sırasıyla % 1, % 2 ve % 1) daha yüksek olmasına rağmen alanlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark tespit edilememiştir (Tablo 4.4, 4.5, 4.6).

Toprak sıcaklığı ölçüm periyodu boyunca aralama alanlarında 2010 yılı Aralık ayındaki 5,8 °C ile 2011 yılı Haziran ayındaki 24,7 °C arasında, kontrol alanlarında ise 4,3 °C (Şubat 2012) ile 21,0 °C (Ağustos 2011) arasında ölçülmüştür. Toprak neminde olduğu gibi toprak sıcaklığında da zamansal değişim alanlar arasında paralellik göstermiştir (Şekil

4.57). Zamansal değişim alanlar arasında paralellik göstermesine rağmen özellikle ilk yılın bahar döneminden başlayarak (Nisan 2011) toprak sıcaklığı belirgin olmamakla beraber aralama alanlarında daha yüksek seyir izlemesi kontrol alanlarıyla yıllara göre istatistiksel olarak farklılık yaratmıştır. Buna bağlı olarak kontrol alanına nazaran aralama alanlarında birinci yıl % 8, ikinci yıl % 3 iki yıllık ortalama % 6 daha yüksektir (Tablo 4.4, 4.5, 4.6).



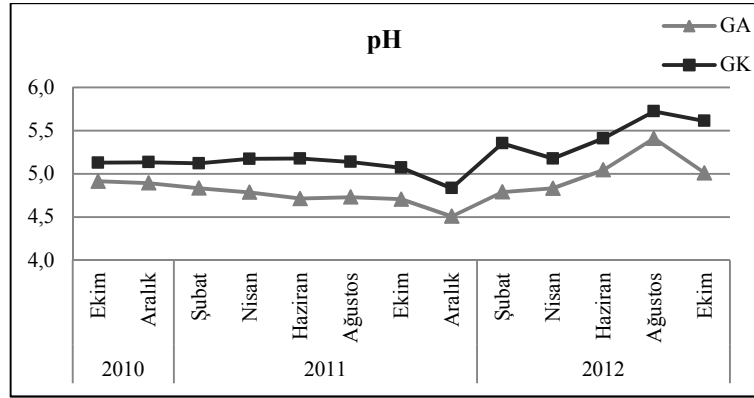
Şekil 4.56: Gürgen örnek alanlarının toprak nem oranının zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).



Şekil 4.57: Gürgen örnek alanlarının toprak sıcaklığının zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

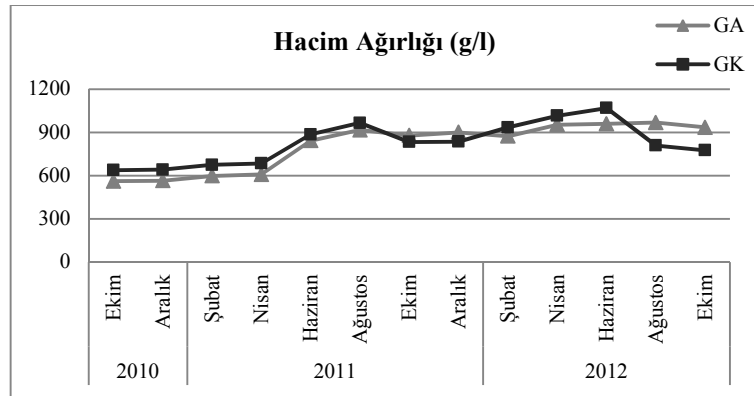
Toprakta değerlendirilen diğer bir parametre olan toprak asitliği (pH) aralama alanlarında 4,7 pH ile 5,4 pH arasında değişim gösterirken kontrol alanlarında 4,8 pH ile 5,7 pH arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.58). Alanlar arasında toprak asitliğindeki zamansal değişiminde toprak sıcaklığı ve neminde olduğu gibi benzer eğilim göstermekle birlikte kontrol alanlarında belirgin olarak daha yüksek seyir görülmektedir. Bunun sonucunda birinci yıl, ikinci yıl ve iki yılın tamamı değerlendirildiğinde kontrol alanlarında toprak asitliği aralama alanlarından sırasıyla %

6, % 8 ve % 7 daha yüksek olup, toprak asitliği alanlar arasında anlamlı olarak farklılık göstermektedir (Tablo 4.4, 4.5, 4.6).



Şekil 4.58: Gürgen örnek alanlarının toprak asitliğinin zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

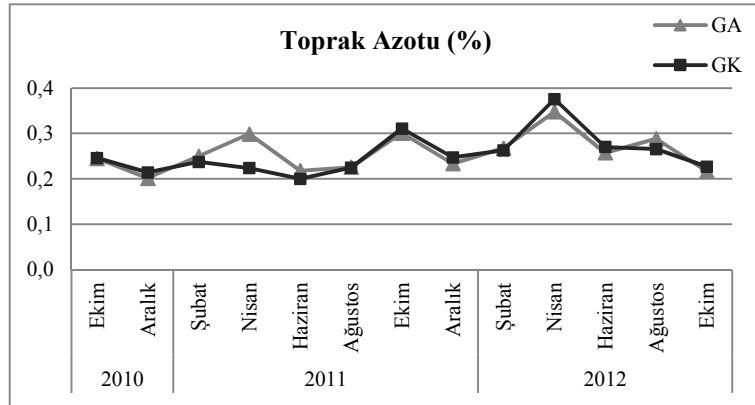
Hacim ağırlığı bakımından alanlar değerlendirildiğinde aralama alanlarında hacim ağırlığı 560,2 g/l (Ekim 2010) ile 967,0 g/l (Ağustos 2012) arasında değişim gösterirken kontrol alanlarında ise en düşük değer belirlendiği Ekim 2010 tarihindeki 636,8 g/l ile en yüksek değer belirlendiği Haziran 2012 tarihindeki 1068,1 g/l arasında değişim göstermiştir. Alanlar arasında hacim ağırlığının zamansal değişimi paralel bir değişim olup, ölçüm periyodu boyunca artan bir seyir görülmektedir (Şekil 4.59). Alanlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde ise birinci yıl kontrol alanlarının % 7,2, ikinci yıl aralama alanlarının % 2,7 ve iki yılın tamamı için kontrol alanlarının % 1,6 daha yüksek olmasına rağmen anlamlı ($p < 0,05$) farklılık göstermemiştir (Tablo 4.1,4.2,4,3).



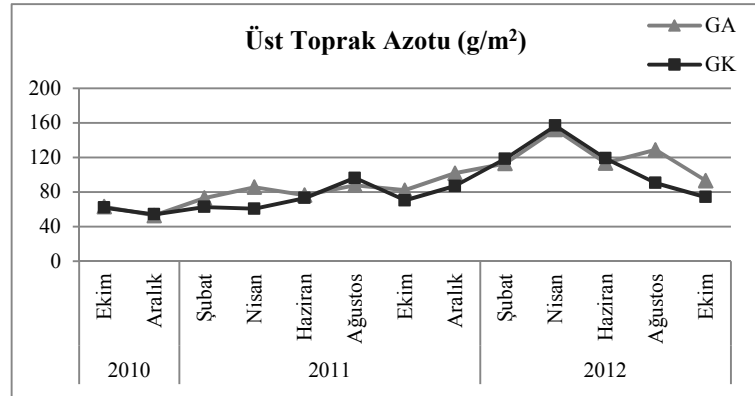
Şekil 4.59: Gürgen örnek alanlarının hacim ağırlığının zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

Toprağın azot içeriği (% N) bakımından aralama alanlarında % 0,20 ile % 0,35 (Nisan 2012) arasında kontrol alanlarında ise % 0,20 ile % 0,38 (Nisan 2012) arasında değişim

gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.60). Aralama alanlarında en düşük azot içeriği Aralık 2010 tarihinde ölçülmüşken, kontrol alanlarında Haziran 2011 tarihinde ölçülmüştür. Toprak azot içeriğinin zamansal değişimi incelendiğinde alanlar arasında benzer eğilim göstermektedir. İki yıllık ve yıllara göre ortalamalar değerlendirildiğinde aralama alanlarındaki toprak azot içeriği kontrol alanlarıyla anlamlı olarak fark göstermemiş olup, birinci yıl aralama alanlarında toprak azot içeriği kontrol alanlarından % 4 daha yüksektir. Fakat ikinci yıl kontrol alanlarında % 4 daha yüksektir (Tablo 4.4, 4.5, 4.6). Üst toprak azot miktarı bakımından ölçüm periyodu süresince toprak azot içeriğinde olduğu gibi hem aralama hem de kontrol alanlarında en düşük üst toprak azot miktarı ilk yılın sonbahar döneminde (Aralık 2010, sırasıyla, 53, 54 g/m²) ölçülmüşken, en yüksek değere ikinci yılın bahar döneminde (Nisan 2012, sırasıyla, 152, 157 g/m²) ulaşmıştır. Toprak azot içeriğindeki zamansal değişim alanlar arasında benzer eğilimde seyretmiştir (Şekil 4.61).

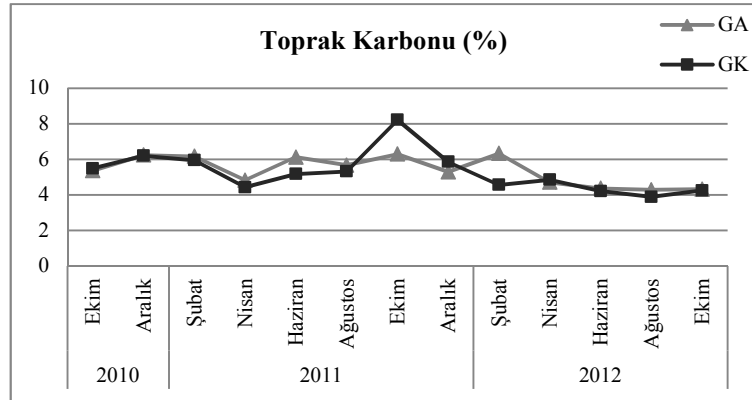


Şekil 4.60: Gürgen örnek alanlarının toprak azot içeriğinin zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).



Şekil 4.61: Gürgen örnek alanlarının üst toprak azot miktarının zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

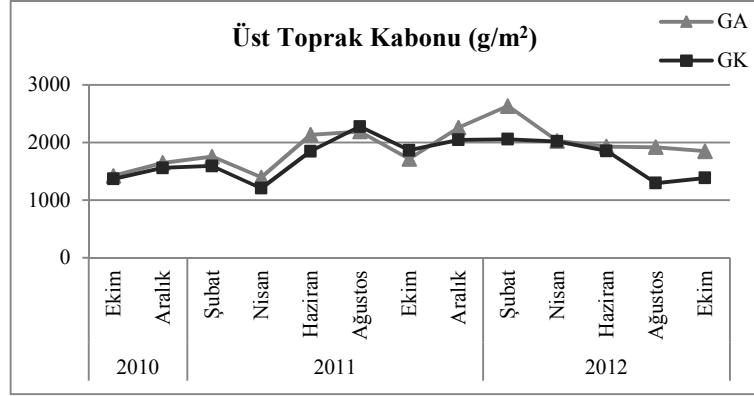
İki yıl boyunca üst toprak karbon içeriği aralama alanlarında % 4,3 ile % 6,3 arasında değişmekte iken kontrol alanlarında % 3,9 ile % 8,2 arasında değişim göstermiştir. Aralama alanında aralama uygulamasından 17 ay sonra (Şubat 2012) en yüksek karbon içeriği ölçülmüşken aynı tarihte kontrol alanında en yüksek değer ölçülmüştür (Şekil 4.62). Üst toprak karbon içeriğinin zamansal değişiminin değerlendirmesine göre birinci yıl, ikinci yıl ve iki yılın tamamı için aralama alanı ile kontrol alanı arasında toprak karbon içeriği bakımından anlamlı farklılık belirlenememiştir (Tablo 4.5, 4.6). Üst toprak karbon miktarı ise aralama alanlarında Nisan 2011 tarihinde ölçülen 1391 g/m^2 ile 2012 yılı Şubat ayında ölçülen 2629 g/m^2 arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanlarında ise 1205 g/m^2 (Nisan 2011) ile 2274 g/m^2 (Ağustos 2011) arasındadır (Şekil 4.63). Üst toprak karbon miktarındaki zamansal değişim karbon içeriğindeki benzemekle birlikte ikinci yılsonunda alanlarda üst toprakta karbon birikiminin olduğu görülmektedir.



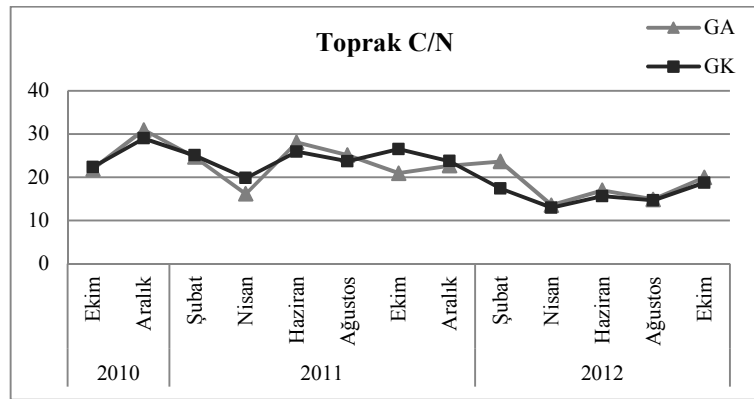
Şekil 4.62: Gürgen örnek alanlarının üst toprak karbon içeriğinin zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

Üst toprak karbon/azot (C/N) oranı aralama alanlarında iki yıl boyunca 14 ile 31 arasında değişim göstermekte iken kontrol alanlarında bu durum 13 ile 29 arasındadır (Şekil 4.64). Toprak C/N oranı birinci yıl kontrol alanlarında aralama alanlarından % 0,2 daha yüksektir. Bu farklılık istatistiksel açıdan anlamlı değildir. İkinci yıl ve iki yılın tamamı için toprak C/N oranı aralama alanlarında kontrol alanlarına nazaran (yıllara göre sırasıyla % 8 ve % 2) daha yüksek olmasına rağmen alanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) fark tespit edilememiştir (Tablo 4.4, 4.5, 4.6). Ayrıca iki yıl boyunca hem aralama hem de kontrol alanlarında toprak C/N oranı azalan

bir eğilim göstermiş olup ölçüm periyodunun başlangıca (Ekim 2010) göre ikinci yıl (Ekim 2012) sonunda topraktaki C/N oranı alanlarda azalmıştır.



Şekil 4.63: Gürgen örnek alanlarının üst toprak karbon miktarının zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

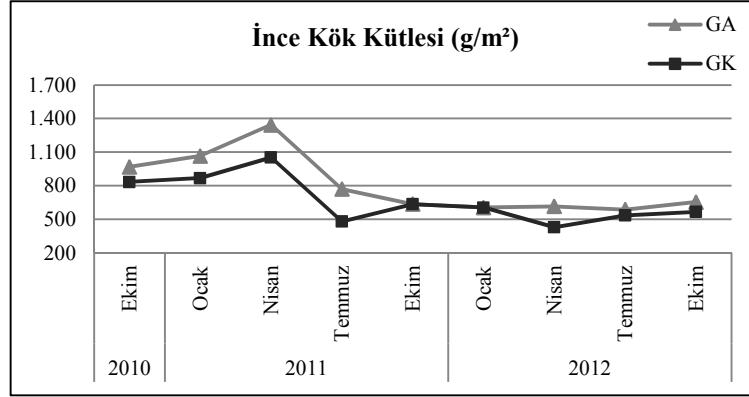


Şekil 4.64: Gürgen örnek alanlarının üst toprak karbon/azot oranının zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

4.2.4. İnce Kök Kütlesi

Ölçümlerin gerçekleştirildiği Ekim 2010 ve Ekim 2012 periyodu boyunca ince kök kütlesi aralama alanlarında 587 g/m² (Temmuz 2012) ile 1343 g/m²(Nisan 2011) arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanında ise ikinci yılın bahar dönemindeki (Nisan 2012) 429 g/m² ile birinci yılın bahar dönemindeki (Nisan 2011) 1053 g/m² arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.65). İki yıllık zaman süresince ince kök miktarı diri örtü miktarının en yüksek olduğu dönemde en yüksek miktara ulaştığı görülmektedir. Zamansal değişim alanlar arasında benzer eğilimde olup, özellikle birinci yıl belirgin olarak aralama alanlarında daha yüksek seyir izlemiştir. Yıllara göre ince kök kütlesindeki değişim, yıllara göre ve iki yıllık sürecin tamamında aralama

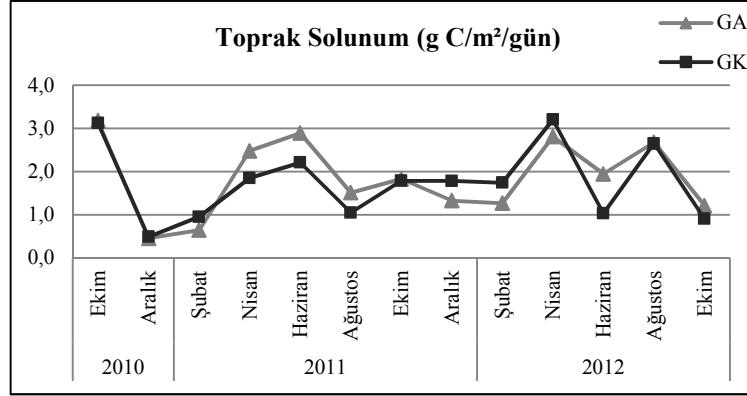
alanlarında ince kök kütlesi kontrol alanlarından sırasıyla % 25, % 10 ve % 20 daha yüksektir. Buna bağlı olarak alanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ve ince kök miktarı olmasına rağmen bu farklılık istatistiksel anlamlı değildir (Tablo 4.4, 4.5, 4.6)



Şekil 4.65: Gürgen örnek alanlarının ince kök kütlesinin zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

4.2.5. Toprak Solunumu

Toprak solunumu iki yıl boyunca aralama alanlarında ortalama 0,45 ile 3,18 g C/m²/gün arasında iken kontrol alanlarında ise ortalama 0,49 ile 3,20 g C/m²/gün arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.66). Hem aralama hem de kontrol alanlarında en düşük değer kış döneminin başında (Aralık 2010) görülürken en yüksek değer aralama alanlarında aralama uygulamasından önceki sonbahar döneminde (Ekim 2010), kontrol alanlarında ilkbahar döneminde (Nisan 2012) ölçülmüştür. İki yıllık zaman sürecinde toprak solunumdaki zamansal değişim iki alanda da benzer eğilim göstermekle birlikte, ilk yıl aralama alanlarında daha yüksek seyir izlerken ikinci yıl kontrol alanlarında daha yüksek seyir izlemiştir. Bu zaman zarfı içerisinde alanlarda toprak solunumunun özellikle bahar döneminde arttığı gözlemlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucuna göre birinci yıl (Ekim 2010 – 2011) sonunda aralama alanlarında toprak solunum ortalaması kontrol alanlarından anlamlı ($p < 0,05$) olarak % 11 daha yüksektir. İkinci yıl (Aralık 2011 – Ekim 2012) sonunda birinci yılın tersine kontrol alanı aralama alanından % 4 daha yüksek olmasına rağmen toprak solunumu bakımından alanlar arasında anlamlı fark yoktur (Tablo 4.5). Fakat iki yılın (Ekim 2010 – 2012) tamamı değerlendirildiği zaman aralama alanlarında toprak solunumu kontrol alanından % 1 daha yüksektir. Fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p < 0,05$) (Tablo 4.6).



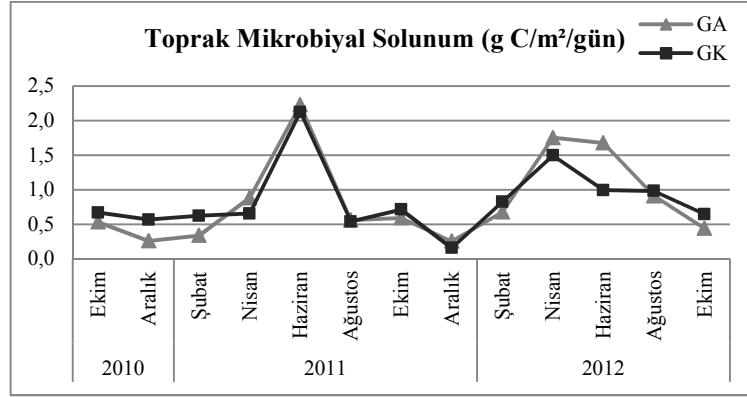
Şekil 4.66: Gürgen örnek alanlarının toprak solunumunun zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

4.2.6. Mikrobiyal Solunum

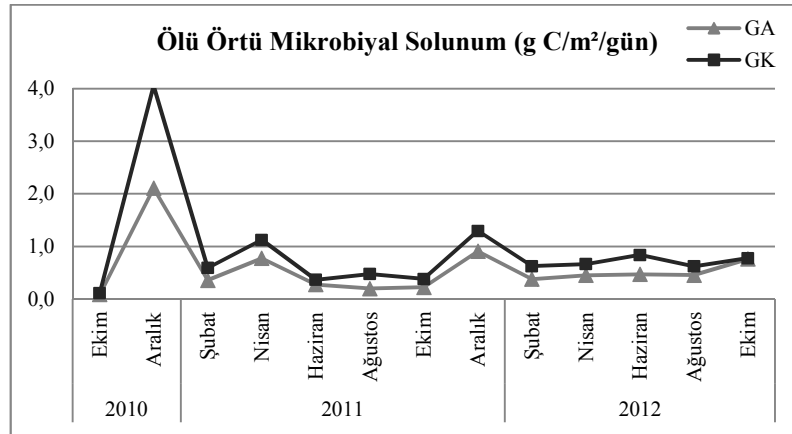
Laboratuar analizleri sonucu toprak mikrobiyal solunumu iki yıl boyunca aralama alanlarından alınan topraklarda ortalama 0,25 ile 2,22 g C/m²/gün arasında değişim gösterirken kontrol alanlarından alınan topraklarda ortalama 0,16 ile 2,12 g C/m²/gün arasında değişim göstermiştir. Zamansal değişim aralama ve kontrol alanında paralel bir eğilim göstermiş olup, toprak solunumunun en yüksek değere ulaştığı dönemlerde toprak mikrobiyal solunumunun da en yüksek seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.67). Toprak mikrobiyal solunumundaki zamansal değişim istatistiksel olarak değerlendirildiğinde birinci yıl, ikinci yıl ve iki yılın tamamında aralama alanları ile kontrol alanları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilememiştir. Birinci yıl kontrol alanları aralama alanlarından % 9 daha fazla solunum oranına sahip iken, ikinci yıl ve iki yılın tamamında kontrol alanları aralama alanlarından sırasıyla % 30 ve % 1 daha düşük solunum oranına sahiptir (Tablo 4.3, 4.4, 4.5).

Ölçüm periyodu boyunca alanlardan alınan ölü örtü örneklerindeki mikrobiyal solunum değerlerine göre aralama alanlarında ortalama 0,09 ile 2,11 g C/m²/gün arasında değişim göstermiştir. Kontrol alanlarında ölü örtü mikrobiyal solunum oranı 0,12 ile 4,05 g C/m²/gün arasında değişmektedir. Ölü örtü mikrobiyal solunumunun zamansal değişimi alanlar arasında paralel eğilim göstermekte ve aralama alanları kontrol alanlarından daha düşük seyir izlemiştir. Bununla birlikte, alanlarda yaprakların döküldüğü sonbahar döneminde mikrobiyal solunumun yüksek seviyelere ulaştığı görülmüştür (Şekil 4.68). Yıllara göre yapılan analiz sonucunda birinci yıl, ikinci yıl ve iki yılın tamamında aralama alanları ile kontrol alanları arasında ölü örtü mikrobiyal

solunumu istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) farklılık göstermiştir (Tablo 4.4, 4.5, 4.6). Ölü örtü mikrobiyal solunumunun kontrol alanlarında birinci yıl % 73, ikinci yıl % 42 ve iki yılın tamamında % 54 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.67: Gürgen örnek alanlarının toprak mikrobiyal solunumunun zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).



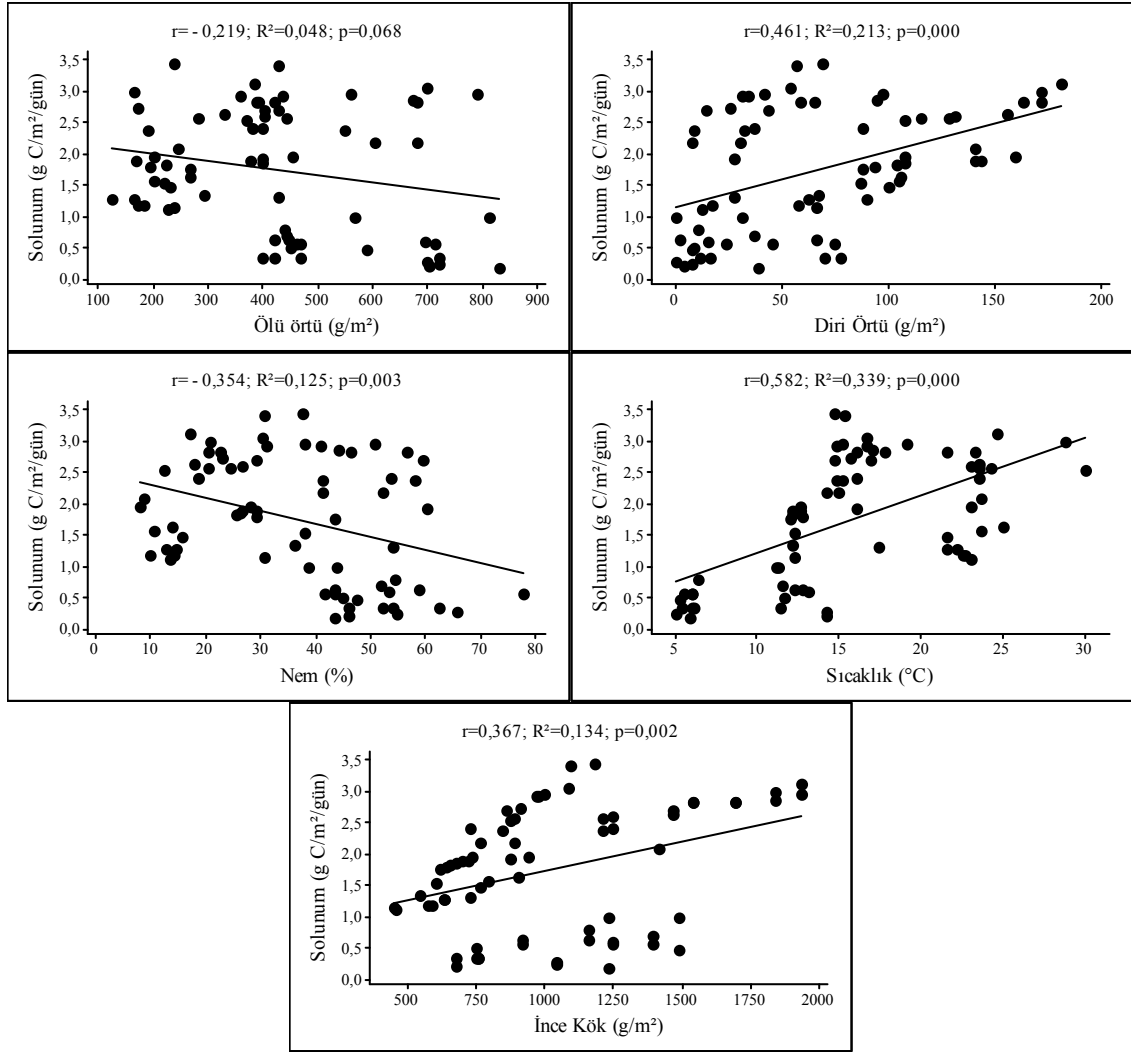
Şekil 4.68: Gürgen örnek alanlarının ölü örtü mikrobiyal solunumunun zamansal değişimi (GA=Gürgen Aralama, GK=Gürgen Kontrol).

4.2.7. Yıllara Göre Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler Arasındaki Korelasyon Analizi Bulguları

4.2.7.1. Aralama Alanları

Toprak solunumunun korelasyon analizi sonucuna göre birinci yıl değişimi diri örtü miktarı, toprak sıcaklığı, ince kök kütlesi ile anlamlı ($p < 0,05$) olarak kuvvetli doğrusal ilişki (sırasıyla $r = 0,46$, $0,58$ ve $0,37$) göstermiştir. Diri örtü miktarı bu değişimin (R^2)

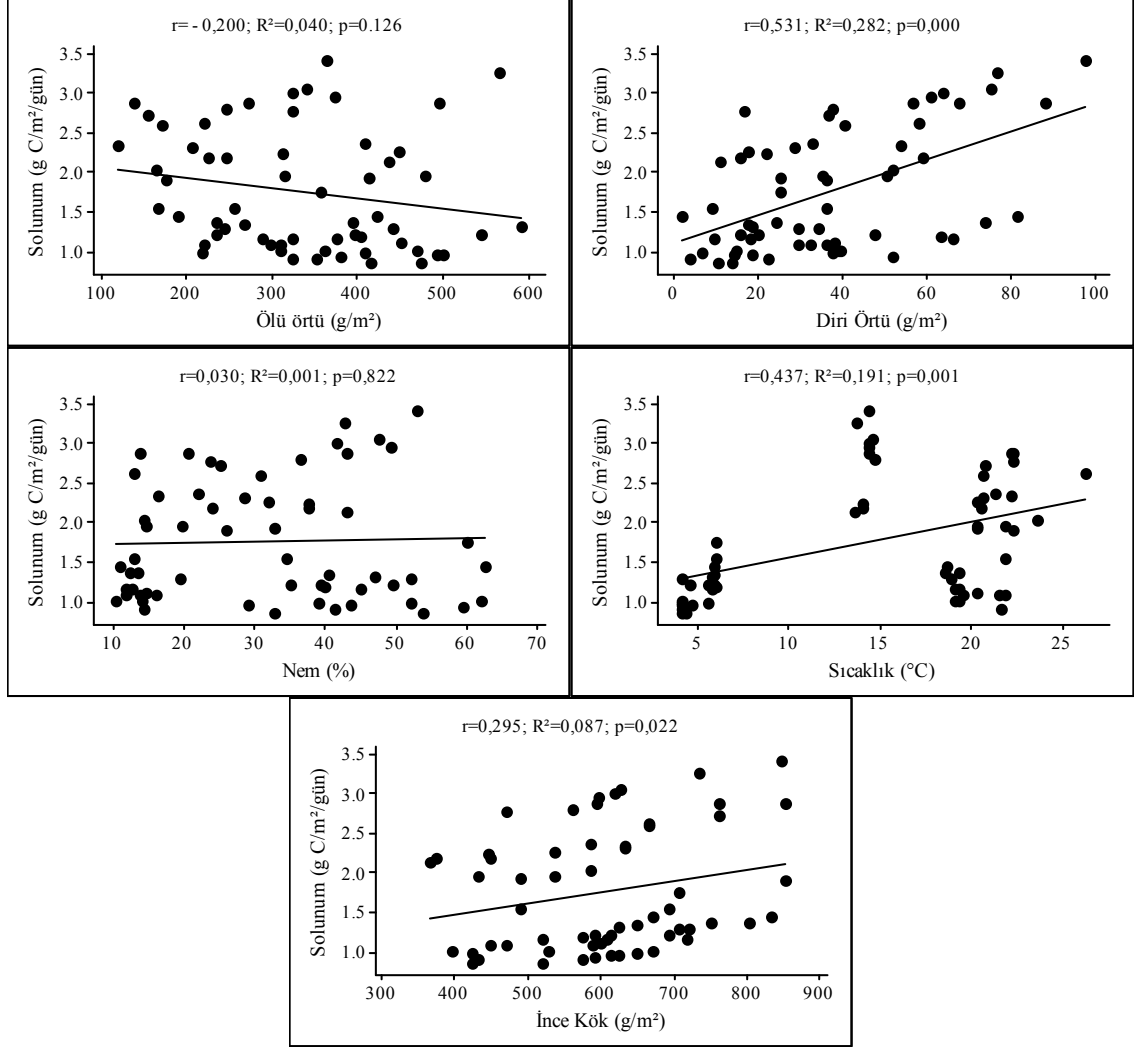
% 21,3, toprak sıcaklığı % 33,9 ve ince kök kütlesi % 13,4 açıklamaktadır. Toprak nemi toprak solunumu ile kuvvetli negatif ilişki göstermiştir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Toprak solunumundaki bu değişimin (R^2) % 12,5 kısmını toprak nemi açıklamaktadır (Şekil 4.69).



Şekil 4.69: 2010-2011 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=70).

Toprak solunumunun ikinci yıl değişimi birinci yılda olduğu gibi diri örtü miktarı, toprak sıcaklığı, ince kök kütlesi ile anlamlı ($p < 0,05$) olarak kuvvetli doğrusal ilişki (sırasıyla $r = 0,53$, $0,44$ ve $0,30$) göstermiştir. Bu değişkenlerin toprak solunumunu açıklama oranları birinci yıla göre toprak sıcaklığı ve ince kök kütlesi bir miktar düşüş göstermiştir. Buna göre, diri örtü miktarı bu değişimin % 28, toprak sıcaklığı % 19 ve ince kök kütlesi % 8,7'sini açıklamaktadır. Ölü örtü miktarı ve toprak nemi toprak

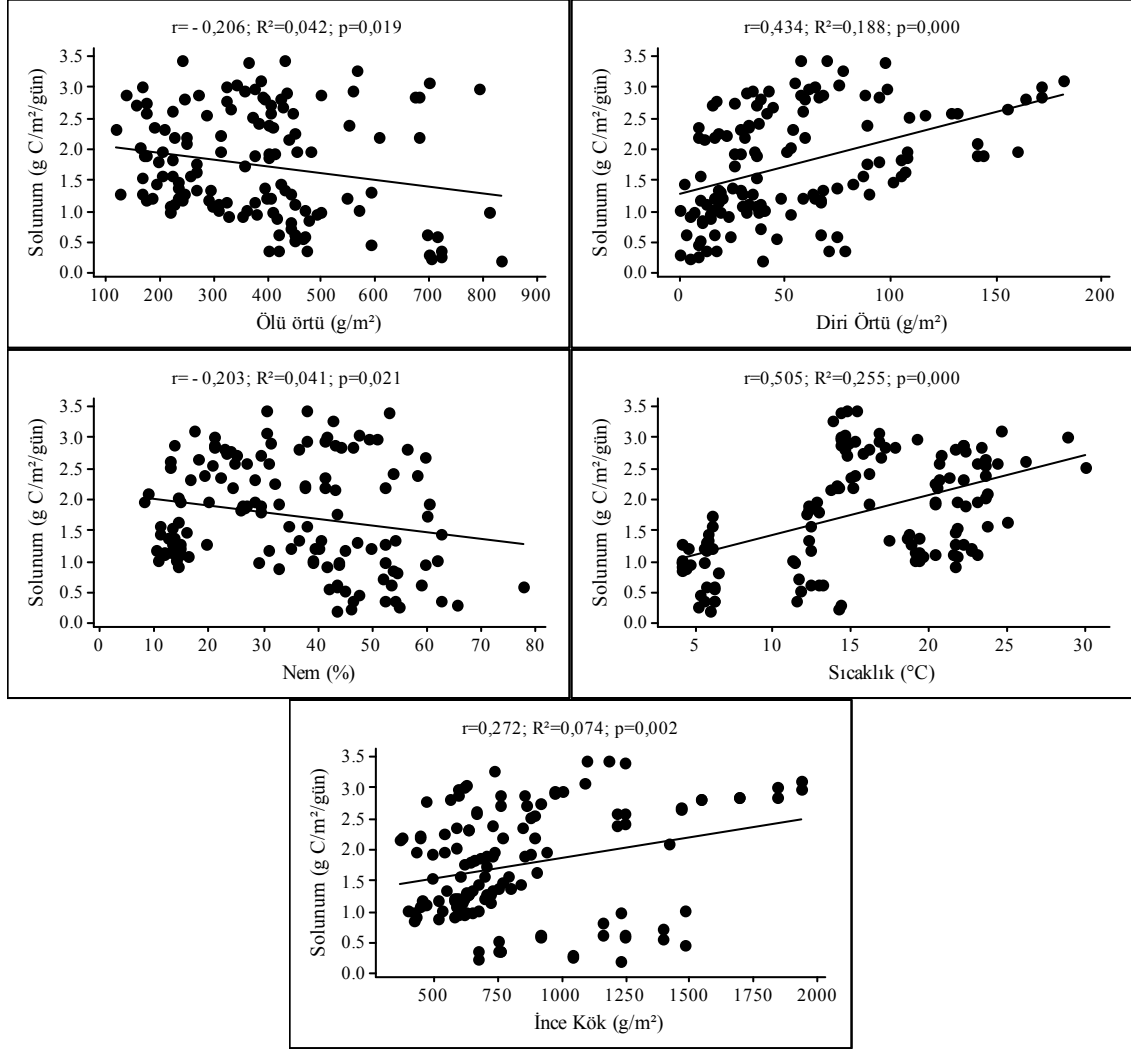
solunumu ile zayıf negatif ilişki ($r = -0,20$ ve $-0,03$) göstermiştir. Bu değişim birinci yılın tersine istatistiksel olarak anlamlı değildir (Şekil 4.70).



Şekil 4.70: 2011-2012 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=60).

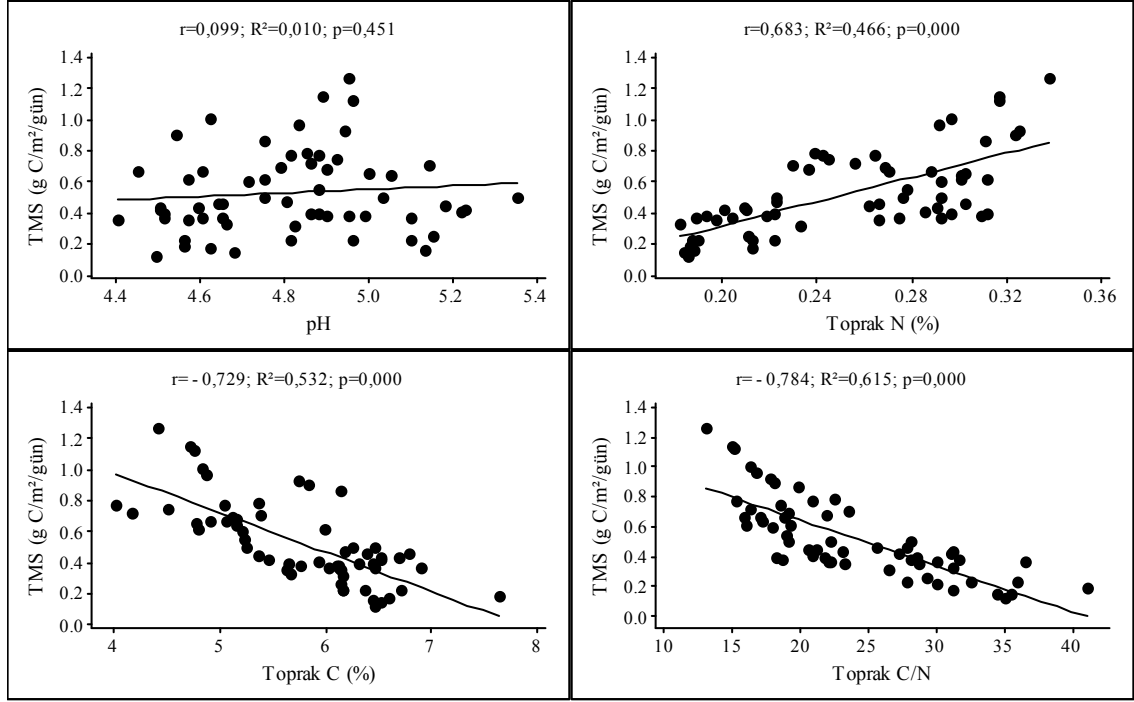
İki yıllık toplam süreç dikkate alındığında toprak solunumundaki değişim birinci ve ikinci yılda olduğu gibi diri örtü miktarı, toprak sıcaklığı, ince kök kütlesi ile istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) doğrusal ilişki (sırasıyla $r = 0,43$, $0,50$ ve $0,27$) göstermiştir. Diri örtü miktarı bu değişimin (R^2) % 18,2 toprak sıcaklığı % 25,5 ve ince kök kütlesi % 7,4 kısmını açıklamaktadır. Bu duruma göre yıllık olarak değerlendirmenin toprak solunumundaki değişimi daha iyi açıkladığı görülmüştür. Ölü örtü miktarı ve toprak nemi toprak solunumu ile negatif ilişki (sırasıyla $r = -0,21$ ve $-0,20$) göstermiştir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p < 0,05$) (Şekil

4.71). Ölü örtü miktarı bu değişimin (R^2) % 4,2 toprak nemi % 4,1 kısmını açıklamaktadır.



Şekil 4.71: 2010-2012 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=130).

Ölçüm periyodu boyunca toprak mikrobiyal solunumundaki birinci yıl değişimi ile değişkenler arasındaki ilişki incelendiğinde toprak azot içeriği ile kuvvetli pozitif ilişki bulunmaktadır. Toprak azot içeriği toprak mikrobiyal solunumundaki değişimin (R^2) % 46,6 açıklamaktadır. Toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile solunum arasında istatistiksel olarak ($p < 0,05$) anlamlı kuvvetli negatif ilişki vardır. Toprak mikrobiyal solunumdaki değişimin (R^2) % 53,2 toprak karbon içeriği, % 61,5 toprak C/N oranı ile açıklanmaktadır (Şekil 4.72).

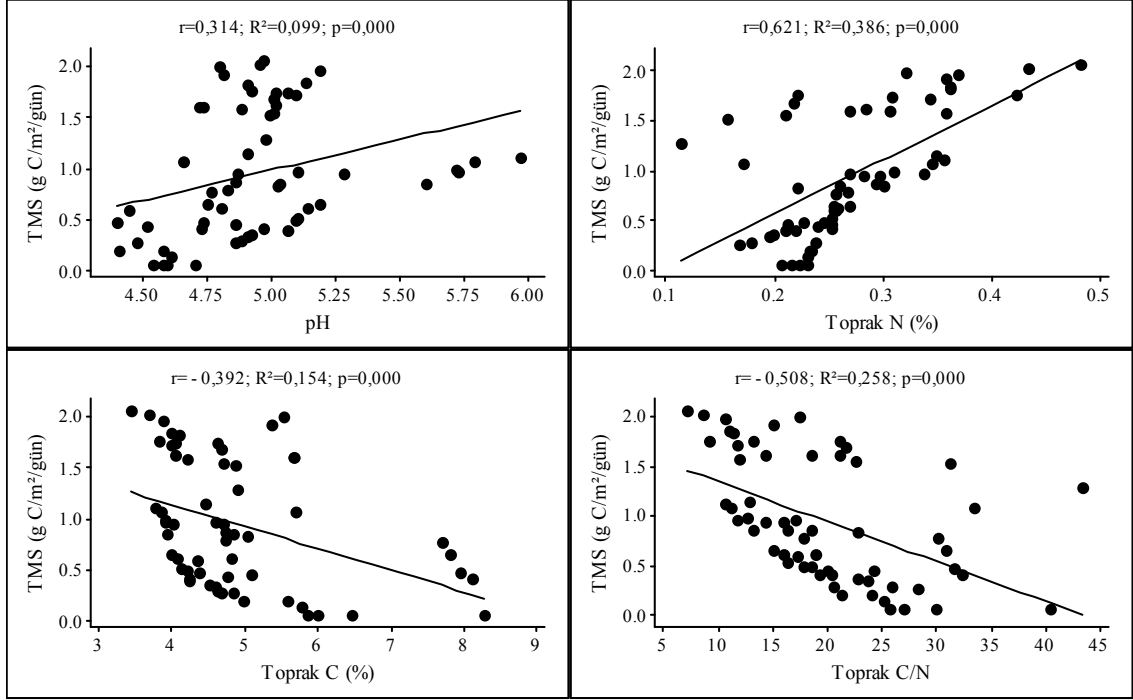


Şekil 4.72: 2010-2011 yılı gürgen aralama alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=70).

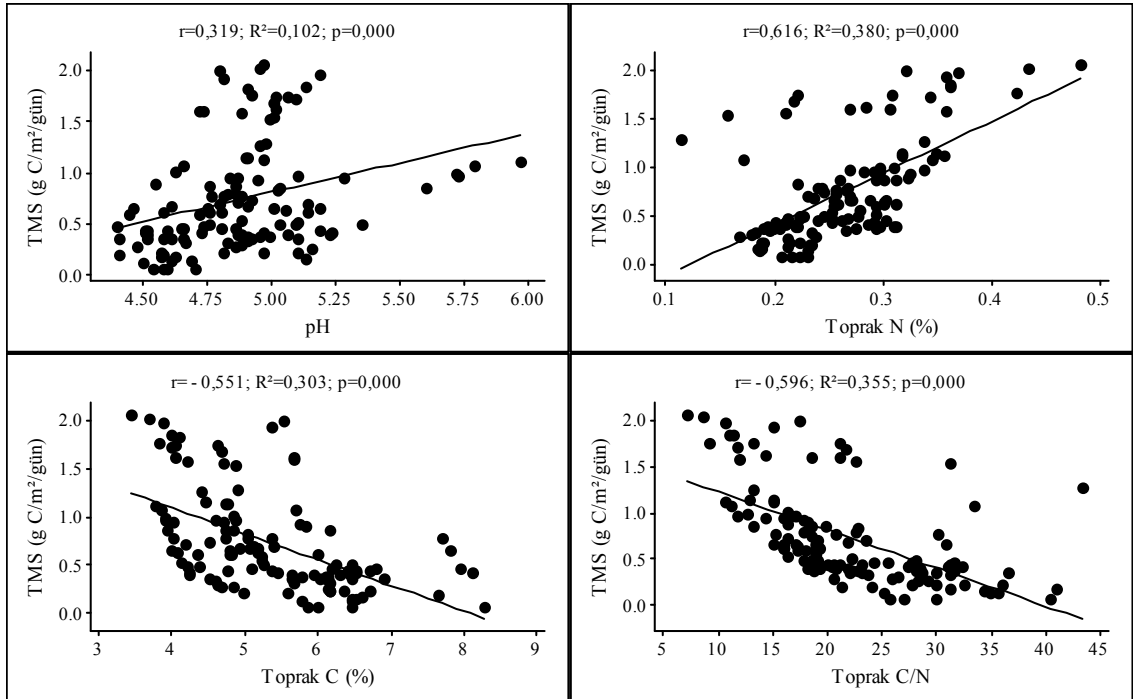
Toprak mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasındaki ilişki ikinci yıl içinde toprak pH'sı ve toprak azot içeriği toprak mikrobiyal solunum arasında anlamlı olarak kuvvetli pozitif ilişki (sırasıyla $r = 0,31$ ve $0,62$) göstermiştir. İstatistiksel anlamlılık gösteren Toprak pH'sı ve toprak azot içeriği toprak mikrobiyal solunumundaki değişimin (R^2) sırasıyla % 9,9'nu ve % 38,6'sını açıklamaktadır. Toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile solunum arasında kuvvetli negatif ilişki vardır. Bu değişkenler toprak mikrobiyal solunumdaki değişimin % 15,4 toprak karbon içeriği, % 25,8 toprak C/N oranı tarafından açıklanmaktadır. (Şekil 4.73).

İki yıllık süreçte ise toprak mikrobiyal solunumu ikinci yıldaki duruma benzer olarak toprak pH'sı ve toprak azot içeriği ile (sırasıyla $r = 0,32$ ve $0,62$) anlamlı ($p < 0,05$) olarak kuvvetli pozitif ilişki göstermekte ve toprak mikrobiyal solunumdaki değişimi sırasıyla (R^2) % 10,2 ve % 38,0 oranında açıklamaktadır. Toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile toprak mikrobiyal solunum arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) kuvvetli negatif ilişki (sırasıyla $r = - 0,55$ ve $- 0,60$) vardır. Toprak mikrobiyal solunum değişimi (R^2) % 30,3 oranında toprak karbon içeriği ve % 35,5 oranında toprak C/N oranı açıklamaktadır (Şekil 4.74). Bu değerlendirmeler sonucunda toprak azot

içeriği, toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranının toprak mikrobiyal değişimini birinci yıl daha iyi açıkladığı görülmektedir.



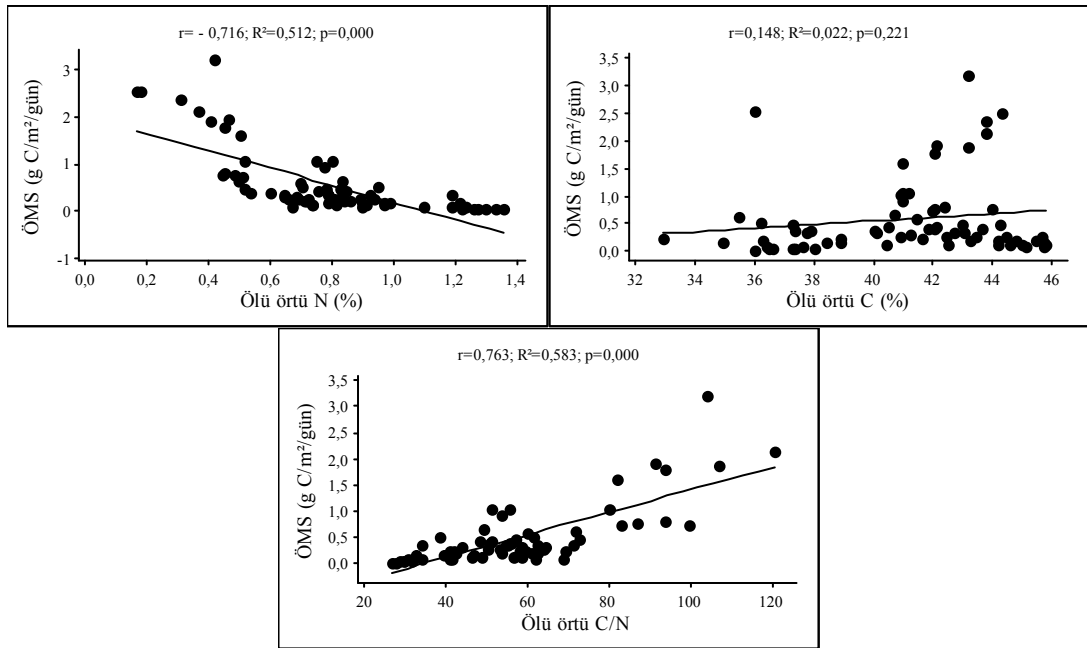
Şekil 4.73: 2011-2012 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=60).



Şekil 4.74: 2010-2012 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=130).

Korelasyon analizinde değerlendirmeye alınan diğer bir değişken olan ölü örtü mikrobiyal solunumu birinci yıl boyunca ölü örtü C/N oranı ile kuvvetli pozitif ilişki ($r = 0,76$) gösterirken, ölü örtü azot içeriği ile kuvvetli negatif ilişki ($r = - 0,72$) göstermektedir. Bu ilişkiler istatistiksel olarak anlamlıdır. Ölü örtü mikrobiyal solunum değişiminin (R^2) % 58,3'nü ölü örtü C/N oranı ve % 51,2'sini ölü örtü azot içeriği tek başına açıklamaktadır (Şekil 4.75).

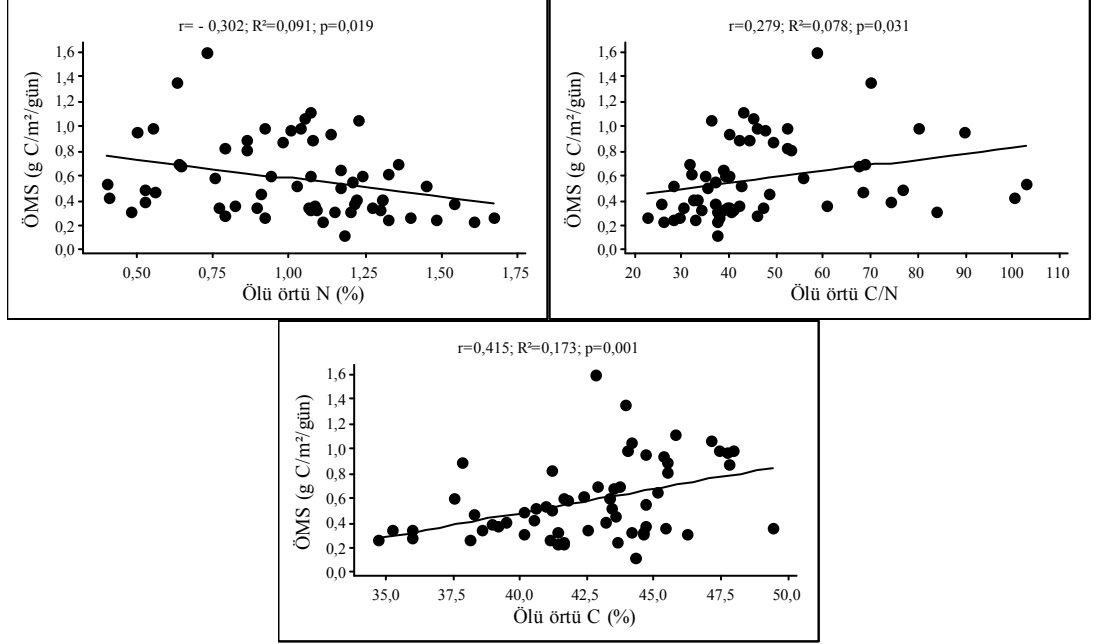
Ölü örtü mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasında ölçüm periyodunun ikinci yılında ölü örtü karbon içeriği ve ölü örtü C/N oranı ile anlamlı kuvvetli pozitif ilişki (sırasıyla $r = 0,42$ ve $0,28$) bulunurken, ölü örtü azot içeriği ile anlamlı kuvvetli negatif ilişki ($r = - 0,30$) bulunmaktadır. Buna bağlı olarak ölü örtü mikrobiyal solunum değişiminin (R^2) % 17,3 ölü örtü karbon içeriği, % 7,8 ölü örtü C/N oranı ve % 9,1 ölü örtü azot içeriği ile açıklanmaktadır (Şekil 4.76).



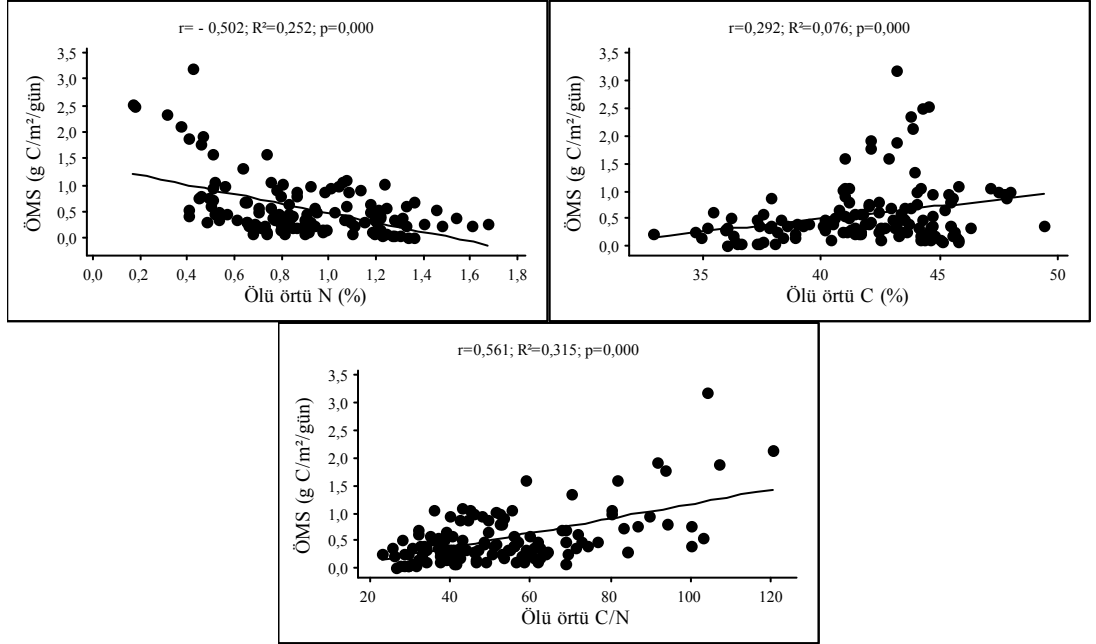
Şekil 4.75: 2010-2011 yılı gürgen aralama alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=70).

İki yıllık sürecin değerlendirme sonucuna göre ölü örtü mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasında, ikinci yılda görülen ilişkilere benzer, olarak ölü örtü karbon içeriği, ölü örtü C/N oranı ile istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) pozitif ilişki (sırasıyla $r = 0,29$ ve $0,56$) bulunurken, ölü örtü azot içeriği ile kuvvetli negatif ilişki ($r = - 0,50$) bulunmaktadır. Ölü örtü karbon içeriği, ölü örtü C/N oranı ve ölü örtü azot içeriği

mikrobiyal solunum değişiminin sırasıyla (R^2) % 7,6, % 31,5 ve % 25,2 açıklamaktadır (Şekil 4.77). Bu elde edilen bulgulara göre ölü örtüdeki mikrobiyal solunum değişimini toprak azot içeriği ve toprak C/N oranının birinci yıl daha iyi açıkladığı görülmektedir.



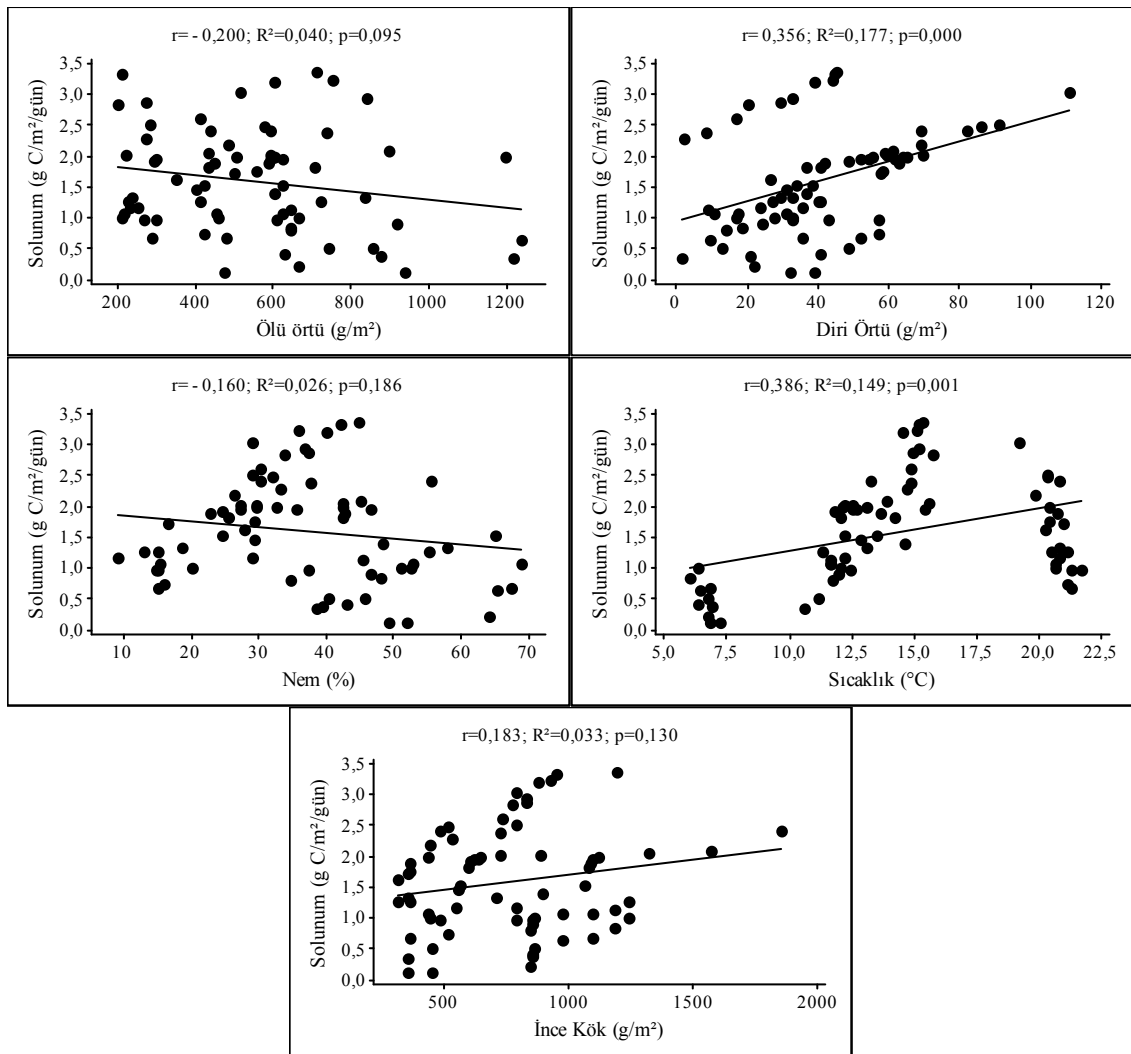
Şekil 4.76: 2011-2012 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=60).



Şekil 4.77: 2010-2012 yılı gürgen aralama alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=130).

4.2.7.2. Kontrol Alanları

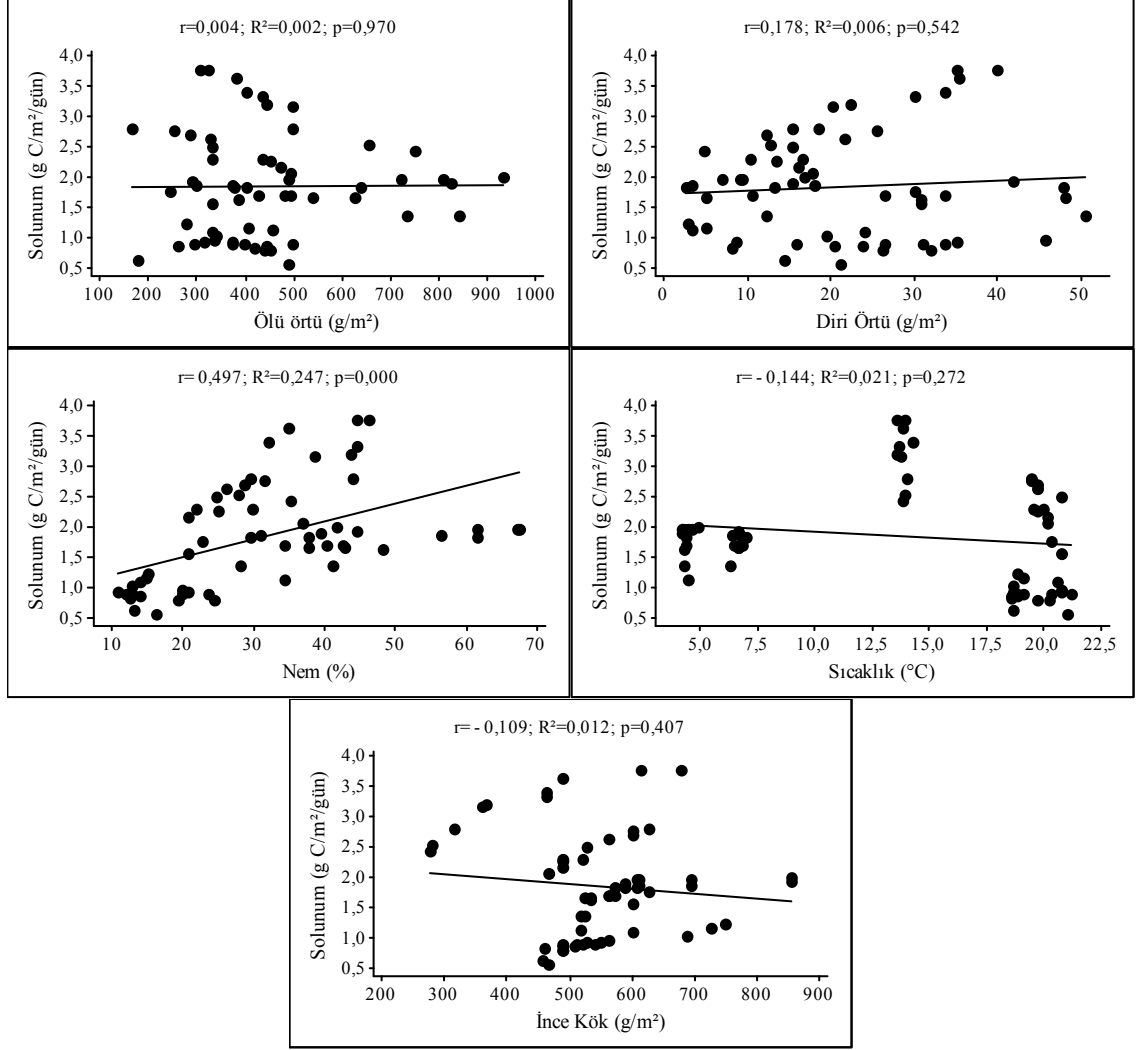
Arazide ölçümü yapılmış toprak solunumunun birinci yıl değişimi diri örtü miktarı ve toprak sıcaklığı ile istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) doğrusal ilişki (sırasıyla $r = 0,36$ ve $0,39$) göstermiştir. Ölü örtü miktarı, toprak nemi ve ince kök kütlesi ile toprak solunumu arasında zayıf negatif ilişki ($r = - 0,2$, $- 0,16$ ve $- 0,18$) bulunmaktadır. Bu ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı değildir. Diri örtü miktarı bu değişimin % 17,7 ve toprak sıcaklığı % 13,9 kısmını açıklamaktadır (Şekil 4.78).



Şekil 4.78: 2010-2011 yılı gürgen kontrol alanına ait solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=70).

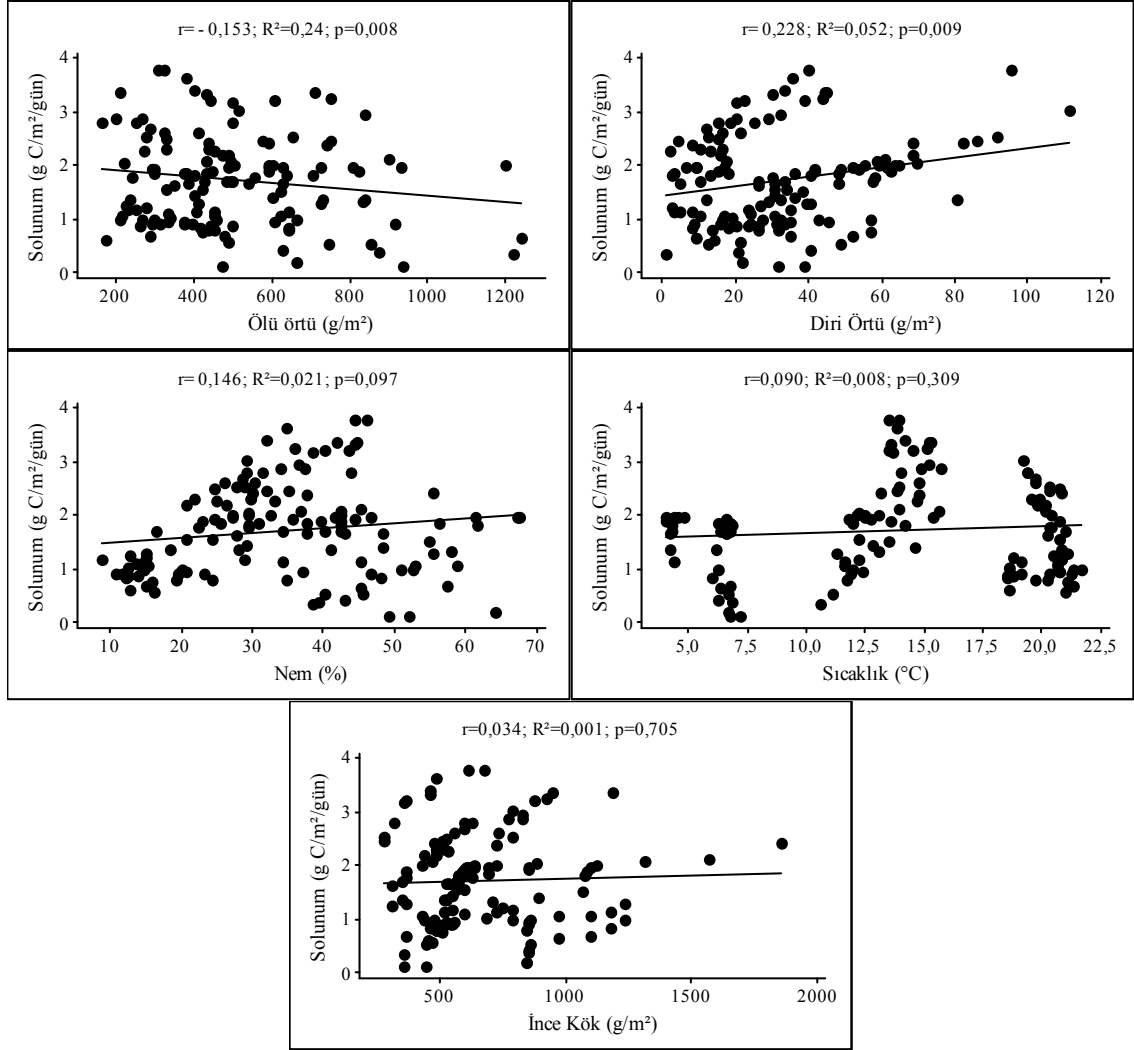
Toprak solunumunun ikinci yıldaki zamansal değişimi değerlendirildiğinde ise istatistiksel olarak anlamlılık ($p < 0,05$) gösteren birinci yılın tersine sadece toprak nemi ile kuvvetli doğrusal ilişki ($r = 0,50$) göstermiştir. Ölü örtü miktarı, toprak solunumu ile

zayıf pozitif ilişki gösterirken toprak sıcaklığı ve ince kök kütlesi ile negatif ilişki görülmüştür. Bu ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Toprak nemi bu değişimin (R^2) % 24,7 kısmını tek başına açıklamaktadır (Şekil 4.79).



Şekil 4.79: 2011-2012 yılı gürgen kontrol alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=60).

İki yıllık ölçüm periyodunda toprak solunumunun değişimi diri örtü miktarı ile anlamlı ($p < 0,05$) olarak kuvvetli doğrusal ilişki ($r = 0,23$), ölü örtü miktarı ile kuvvetli negatif ilişki ($r = -0,15$) göstermiştir. Toprak sıcaklığı ise birinci yılın tersine toprak solunumu ile daha zayıf ve istatistiksel olarak anlamlı olmayan pozitif ilişki ($r = 0,09$) göstermiştir. Ölü örtü miktarı toprak solunumundaki değişimin (R^2) % 24 ve diri örtü miktarı % 5,2 oranında açıklamaktadır (Şekil 4.80).



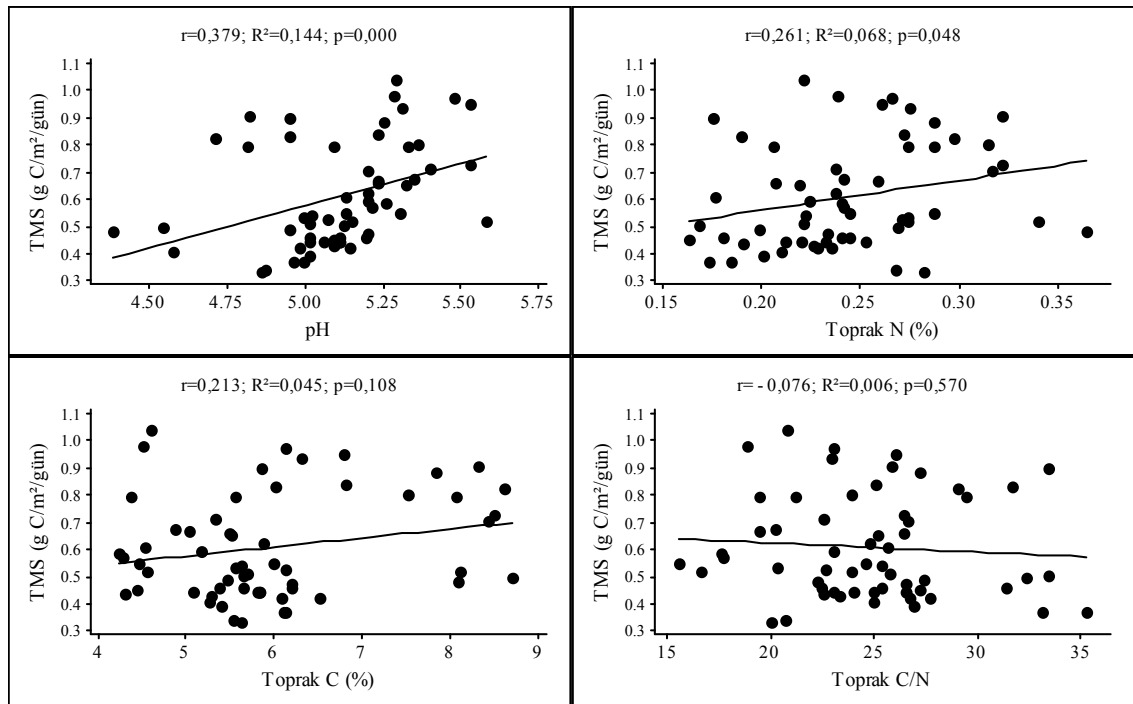
Şekil 4.80: 2010-2012 yılı gürgen kontrol alanına ait toprak solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=130).

Analizi yapılan topraklardaki toprak mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasındaki birinci yıl ilişkileri korelasyon sonucuna göre istatistiksel olarak anlamlılık ($p < 0,05$) gösteren toprak pH'sı ve toprak azot içeriği ile toprak mikrobiyal solunum arasında kuvvetli pozitif ilişki (sırasıyla $r = 0,38, 0,26$) bulunmuştur. Mikrobiyal solunumdaki değişimin (R^2) % 14,4 toprak pH'sı ve % 6,8 toprak azot içeriği açıklamaktadır (Şekil 4.81).

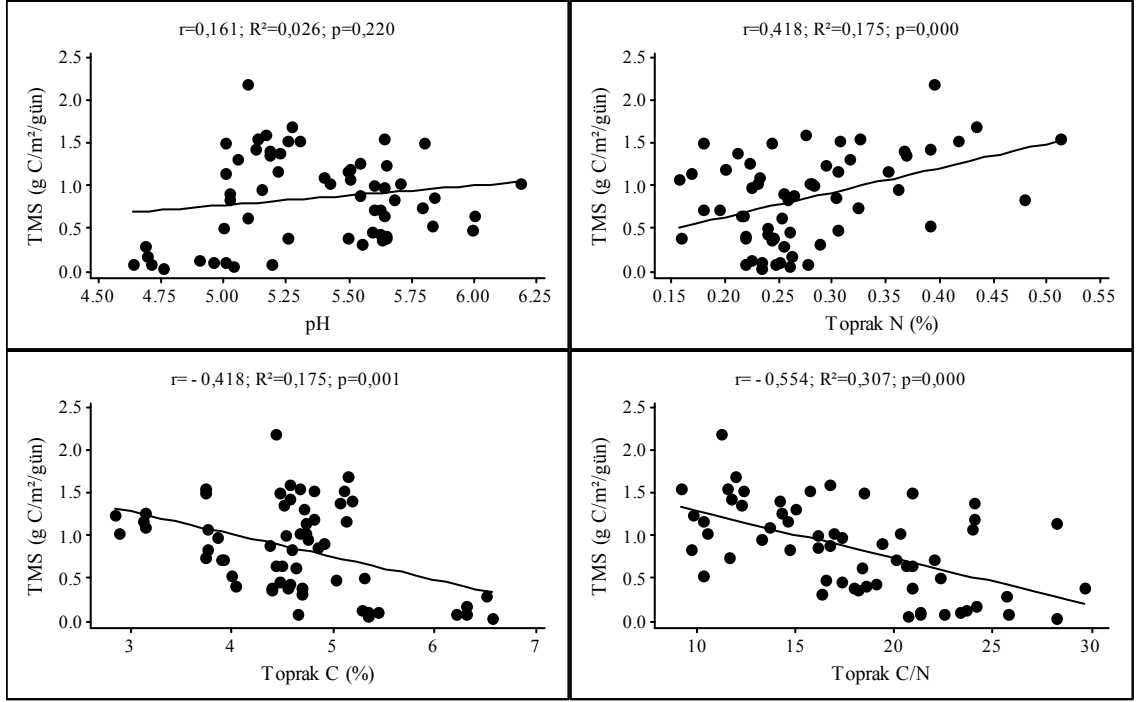
Zamansal değişimin ikinci yılında toprak mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasındaki ilişkiler değerlendirildiğinde ise toprak azot içeriği ile toprak mikrobiyal solunum arasında anlamlı ($p < 0,05$) olarak kuvvetli pozitif ilişki (sırasıyla $r = 0,42$) bulunurken, birinci yılın tersine toprak karbon içeriği, toprak C/N oranı ve toprak

mikrobiyal solunum ile kuvvetli negatif ilişki ($r = - 0,42$ ve $- 0,55$) bulunmaktadır. Bu değişkenler toprak mikrobiyal solunum değişiminin (R^2) % 17,5 toprak azot içeriği, % 17,5 toprak karbon içeriği ve % 30,7 toprak C/N oranı açıklamaktadır (Şekil 4.82).

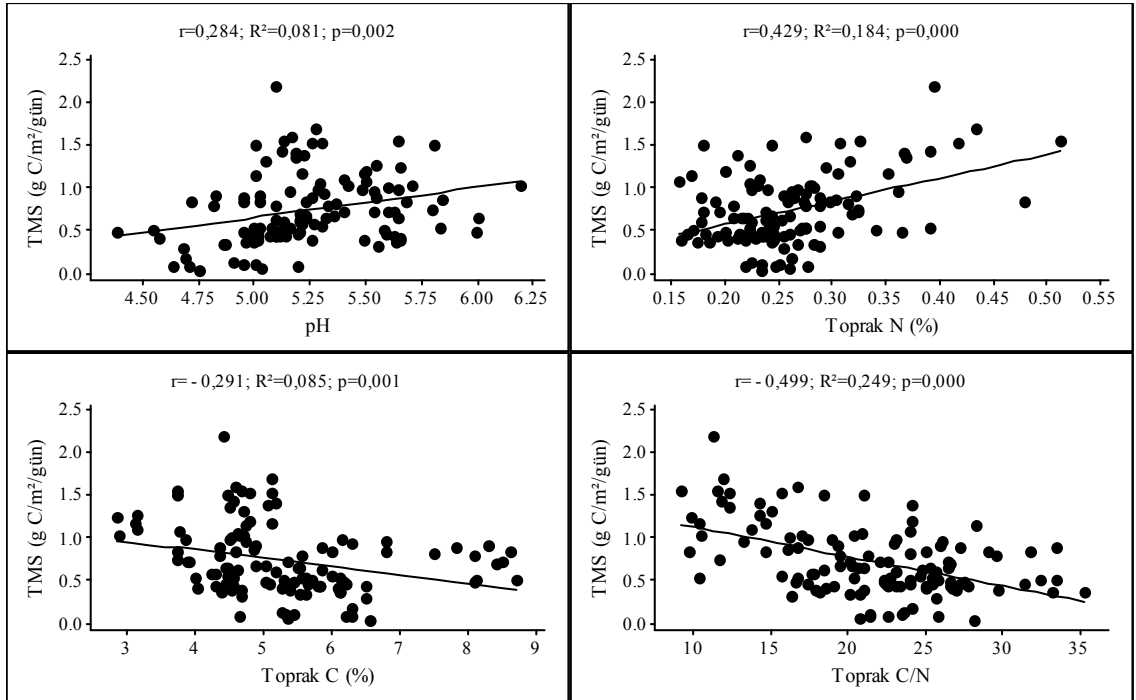
Birinci ve ikinci yılın tamamı dikkate alındığında ise toprak mikrobiyal solunumu ile toprak pH'sı ve toprak azot içeriği arasında anlamlı ($p < 0,05$) olarak kuvvetli pozitif ilişki bulunmaktadır. Toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile solunum arasında kuvvetli negatif ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki istatistiksel olarak anlamlıdır. Toprak mikrobiyal solunum değişiminin (R^2) % 8,1 toprak pH'sı, % 18,4 toprak azot içeriği, % 8,5 toprak karbon içeriği ve % 24,9 toprak C/N oranı açıklamaktadır (Şekil 4.83). Görülmektedir ki toprak mikrobiyal solunumundaki değişimi değişkenlerin ikinci yıldaki değişimleri nispeten daha yüksek oranda açıklamaktadır.



Şekil 4.81: 2010-2011 yılı gürgen kontrol alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=70).



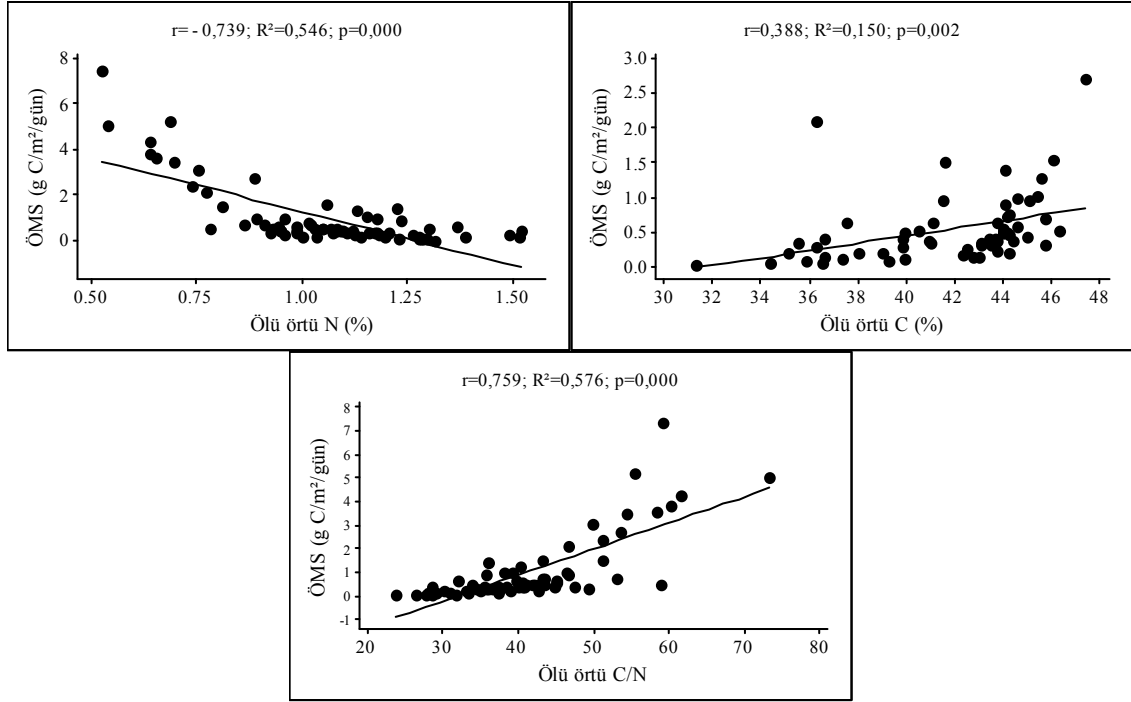
Şekil 4.82: 2011-2012 yılı gürgen kontrol alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=60).



Şekil 4.83: 2010-2012 yılı gürgen kontrol alanına ait toprak mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=130).

Değerlendirmeye alınan diğer değişken olan ölü örtü mikrobiyal solunumu ölçüm periyodunun ilk yılında ölü örtü karbon içeriği ve ölü örtü C/N oranı ile istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) kuvvetli pozitif ilişki (sırasıyla, $r = 0,39$ ve $0,76$) gösterirken,

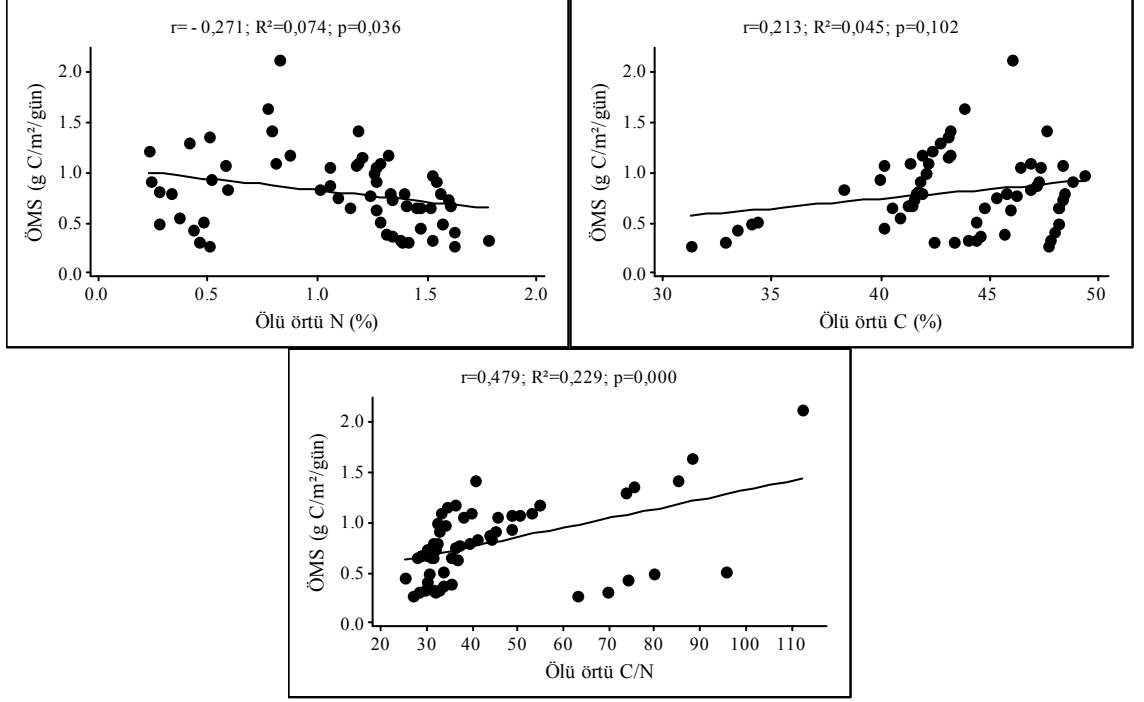
ölü örtü azot içeriği ile anlamlı kuvvetli negatif ilişki ($r = - 0,74$) bulunmaktadır. Bu değişkenler ölü örtü mikrobiyal solunum değişiminin (R^2) % 54,6 ölü örtü azot içeriği, % 15 ölü örtü karbon içeriği, % 57,6 ölü örtü C/N oranı, açıklamaktadır (Şekil 4.84).



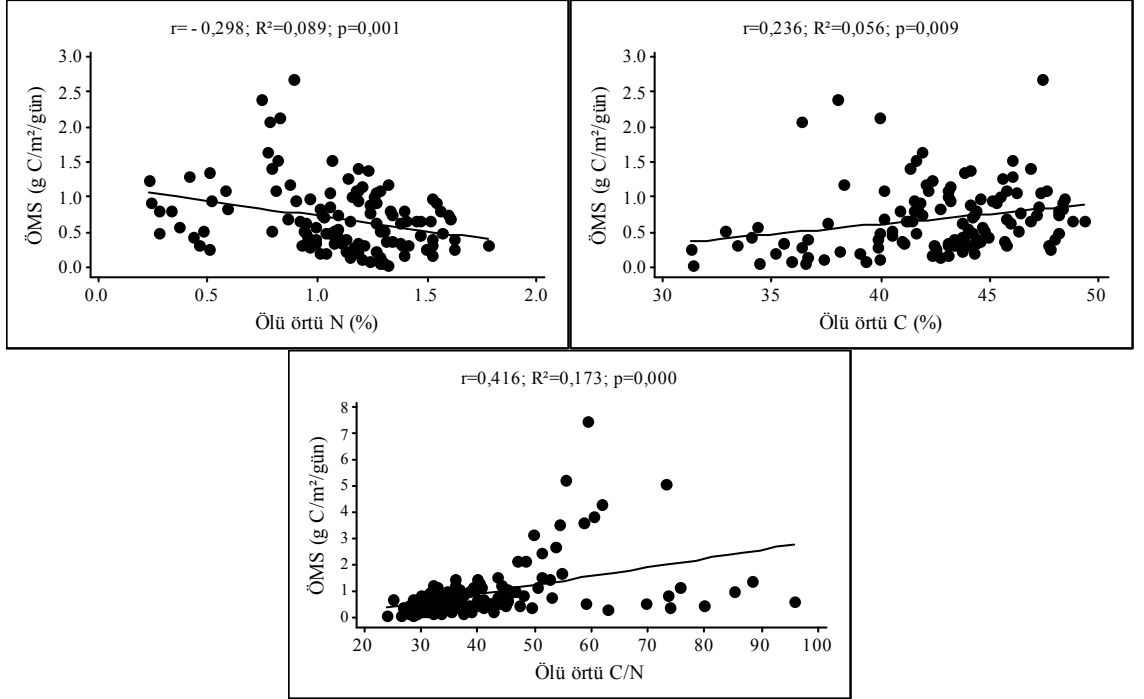
Şekil 4.84: 2010-2011 gürgen kontrol alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=70).

Ölü örtü mikrobiyal solunumunun zamansal değişiminin ikinci yılında ise değişkenler arasında sadece ölü örtü C/N oranı ile anlamlı kuvvetli pozitif ilişki gösterirken, ölü örtü azot içeriği ile istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) kuvvetli negatif ilişki göstermektedir. Ölü örtü azot içeriği ve ölü örtü C/N oranı ölü örtü mikrobiyal solunum değişimini (R^2) sırasıyla % 7,4 ve % 22,9 oranında açıklamaktadır (Şekil 4.85).

İki yıllık değerlendirme sonucu ölü örtü mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasında birinci yılda olduğu gibi istatistiksel olarak anlamlılık ($p < 0,05$) gösteren ölü örtü karbon içeriği ve ölü örtü C/N oranı ile kuvvetli pozitif ilişki bulunurken, ölü örtü azot içeriği ile anlamlı negatif ilişki bulunmaktadır. Ölü örtü mikrobiyal solunum değişiminin (R^2) % 5,6 oranında ölü örtü karbon içeriği, % 7,3 ölü örtü C/N oranı ve % 8,9 ölü örtü azot içeriği açıklamaktadır (Şekil 4.86).



Şekil 4.85: 2011-2012 gürgen kontrol alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=60).



Şekil 4.86: 2010-2012 gürgen kontrol alanına ait ölü örtü mikrobiyal solunum ve faktörler arasındaki korelasyon analizi sonuçları (n=130).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

İki yıl boyunca yapılan laboratuvar analizleri ve arazi ölçümleri sonunda ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki şekilde değerlendirilebilir.

5.1. ÖLÜ ÖRTÜ

Meşe aralama alanlarında yıllık ortalama ölü örtü miktarı $489,4 \text{ g/m}^2$, gürgen aralama alanlarında $376,8 \text{ g/m}^2$ tespit edilirken, meşe kontrol alanlarında $592,8 \text{ g/m}^2$, gürgen alanlarında $492,6 \text{ g/m}^2$ olarak ölçülmüştür. Buna bağlı olarak, kontrol alanları ile aralama alanları arasında (yıllık ortalama ve iki yılın tamamında) anlamlı olarak farklılık tespit edilirken, ölü örtüdeki zamansal değişim kontrol alanlarında daha yüksek seyir izlemiştir. Elde edilen bulgulara benzer olarak, Slodicak ve diğ. (2005) 39 yaşındaki ladin alanlarında yürüttüğü aralama çalışmasında kontrol alanındaki ölü örtü miktarının aralama alanından daha düşük olduğunu bulmuşlar fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bakım kesimleri vasıtasıyla meşcerelerden fertlerin çıkartılması ile öncelikle yaprak döküm miktarındaki azalmaya bağlı olarak, ölü örtü miktarındaki azalmadan dolayı ayıklamanın şiddetine göre ölü örtü miktarı değişmektedir (Tolunay 1997, 2003). Ek olarak, Jonard ve diğ (2006) aralama alanlarındaki ölü örtü miktarının düşük olmasının ya azalan ölü örtü girişi (ibreler, kök artıkları ve ölü odunlar) ya da daha yüksek çıkış (ölü örtüden CO_2 çıkışı, çözünmemiş organik maddenin yıkanması, toprak canlıları yada kesim makineleri ile mineral toprağa organik maddenin karışması) ile açıklanabileceğini belirtmiştir. Ayrıca aralama ve periyodik olarak yapılan selektif kesimler ekosistem üretimini yönlendirmekte ve bu kesimler ile ağaç üretiminin temelini oluşturan yapraklar çıkarılmaktadır (Chapin III ve Matson 2002). Böylece bazen aralanmış ormanlarda müdahale görmemiş ormanlardan beklendiği gibi daha düşük ölü örtü birikimi görülebilir. Fakat bu durumun tersine, aralama alanlarındaki yüksek miktarda diri örtünün ölü örtüye katılması ile aralama

alanlarında daha yüksek miktarda ölü örtü birikimide görülebilmektedir (Nilsen ve Strand 2008).

Meşe ve gürgen aralama alanlarında yıllık ve iki yıllık ortalama ölü örtü azot içeriği kontrol alanlarından (iki yıllık ortalama değerlere göre sırasıyla % 11 ve % 16) anlamlı olarak daha düşüktür. Elde edilen bulgulara benzer olarak, bir çok çalışmada aralama kesimleri sonrasında genellikle ölü örtüde azot kaybı bulunduğunu rapor edilmiştir (Olsson ve diğ. 1996, Jurgensen ve diğ. 1997, Johnson ve Curtis 2001, Jurgensen ve diğ. 2012).

Meşe aralama alanlarında ortalama ölü örtü karbon içeriği daha düşüktür ve aralama alanı ile kontrol alanı için birinci yıl ve iki yıllık ortalamalar arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Gürgen aralama alanlarında ise ölü örtü karbon içeriği kontrol alanlarından daha düşük olmasına rağmen alanlar (yıllara göre ve iki yıllık ortalama) arasında anlamlı fark yoktur. Bu sonuca benzer olarak, Rosenburg ve Jacobson (2004) tarafından ladin alanlarında yapılan aralamanın ölü örtü karbon ve azot havuzlarında önemli farka sebep olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Kesimler ölü örtü tabakasındaki karbonu etkileyebilir fakat olası sebeplere ilişkin kayda değer belirsizlik vardır (Yanai ve diğ. 2000, Powers ve diğ. 2012). Karbon ve azot havuzu hakkında yapılan çalışmaların kısa ve uzun dönemli sonuçları karışıktır. Aralama ölü örtüdeki azotu veya karbonu artırabilir (Selig ve diğ. 2008), azaltabilir (Vesterdal ve diğ. 1995) veya çok az etkileyebilir (Skovsgaard ve diğ. 2006, Moghaddas ve Stephens 2007, Boerner ve diğ. 2008, Nilsen ve Strand 2008, Jurgensen ve diğ. 2012). Çalışmamızda meşe aralama alanlarında iki yılın tamamı değerlendirildiğinde karbon oranını önemli oranda azalttığı, gürgen aralama alanlarında ise önemli değişiklik olmadığı görülmektedir. Periyodik olarak yapılan aralama ile alandaki biyokütle önemli miktarda alandan çıkarılır ve bu ölü örtüden toprağa organik madde ve besin girişini azaltabilir (Novák ve Slodičák 2004, Blanco ve diğ. 2006, Qiu ve diğ. 2012). Yine de aralanmış alandaki ölü örtüde aralanmamış alandaki ölü örtüden daha yüksek besin konsantrasyonu olabilir (López-Serrano ve diğ. 2005, Jurgensen ve diğ. 2012). Tecimen (2005) ölü örtüde birim alandaki organik madde ve azot miktarlarının düşük bulunmasını ayıklama şiddetine bağlı olarak deneme alanında ölü örtünün azalmasından kaynaklandığını vurgulamıştır. Benzer olarak, çalışmamız sonucunda aralama

alanlarının kontrol alanlarından daha düşük karbon miktarına (birim alanda) sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebi yukarıda vurgulandığı gibi hem meşe hemde gürgen aralama alanlarında önemli oranda ölü örtü miktarındaki azalmadan kaynaklanmaktadır.

5.2. DIRİ ÖRTÜ

Orman ekosistemlerinde ağaç tabakalarındaki değişimler diri örtü kompozisyonu ve dağılımını sıklıkla değiştirir (Bergstedt ve Milberg 2001, Zenner ve diğ. 2006). Çalışmamızda aralamanın diri örtü miktarındaki değişimi belirlemek için yapılan ölçümler sonucunda meşe aralama alanında iki yıl boyunca diri örtü miktarı ortalama $61,6 \text{ g/m}^2$ tespit edilirken, kontrol alanında ise $42,2 \text{ g/m}^2$ bulunmuştur. Elde edilen veriler istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde, aralama alanlarındaki ortalama diri örtü miktarı kontrol alanlarına nazaran anlamlı olarak (yıllık ortalama ve iki yıllık ortalama sırasıyla % 41, % 54 ve % 46) daha yüksektir. Gürgen aralama alanlarında ise ortalama diri örtü miktarı $51,9 \text{ g/m}^2$ kontrol alanlarında $32,9 \text{ g/m}^2$ olarak belirlenmiştir. Diri örtü miktarı bakımından alanlar arasında meşe alanlarında olduğu gibi anlamlı farklılık vardır ve aralama alanları kontrol alanlarından (yıllara göre ve iki yıllık ortalama sırasıyla % 36, % 39 ve % 37) daha yüksek miktara sahiptir. Kesimler bölgesel tür çeşitliği ve varlığını değiştirmede (Hughes ve Fahey 1991, McMinn 1992); alandaki diri örtü, ağaç tabakalarının yapısı ve kompozisyonuna potansiyel etkileri ile ormanlardaki en yaygın antropojenik bozulmalardan biridir (Huston 1979, Collins ve Pickett 1982). Yapılan bir çalışmada 5 farklı kesim uygulaması yapılmış (kontrol, tek ağaç, grup seçme, aralama ve tıraşlama) ve diri örtüde hem tür zenginliği hem de toplam diri örtü miktarı kesim şiddetiyle orantısız olarak artmıştır (Zenner ve diğ. 2006). Benzer olarak, Arizona'da ekolojik restorasyon uygulamalarından sonra 5 yıl boyunca meşe ve çam orman dinamiği incelenmiş ve alt tabaka bitki örtüsü ve zenginliği müdahale ile zayıf bir şekilde farklılık gösterirken, müdahaleden dolayı değişimler ağaç yapısından daha ziyade alt tabaka vejetasyonunda daha belirgin olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca alt tabakadaki bitki topluluğunun yıllar arasındaki iklim farklılıklarına göre güçlü bir şekilde değişim gösterdiğini bununla birlikte yıllık tür zenginliğinin ve bitki örtüsünün müdahale etkisi ve müdahale zamanı ile önemli derecede etkilendiğini belirtmiştir. (Fulé ve diğ. 2005). Bu durum yapılan bu çalışma sırasında da gözlenmiştir. Başka bir çalışmada, Maroto ve Lameiro (2008) Kuzeybatı İspanya'daki Saplı Meşe (*Quercus*

robur) alanlarında iyi nitelikli ağaçların aralama ile kesilmesi ve yetersiz budama gibi uygun olmayan silvikültür işlemlerinin etkilerini araştırmışlardır. Bunun için 39 alanda (4'ü fizyografik, 12'si klimatik, 19'u edafik ve 7'si silvikültürel olarak farklı) toplam 42 parametre ölçülmüştür. Bu değişkenler arasındaki ilişki analizi için silvikültürel veriler diğer veriler ile karşılaştırılmış ve tüm parametreler floristik veriler ile zayıf ilişki göstermesine rağmen silvikültürel rejim ile yüksek ilişkili bulunmuştur. Bu durum orman alanlarının yönetilmesinin çevre koşullarını önemle etkilediğinin kanıtı olarak yorumlanmıştır. Bu çalışmada meşe alanlarının korunması ve uygun yönetimine imkan sağlayacak alternatif silvikültürel metodların bulunması gerektiği de ayrıca belirtilmektedir. Yapılmış olan bu çalışmalar ile ortaya konulan sonuçlar araştırmamızda elde edilen sonuçları destekler niteliktedir.

Çalışmada diri örtüde değerlendirilen diğer bir özellik olan diri örtü azot içeriği (% N) meşe ve gürgen aralama alanları ile kontrol alanları arasında yıllara göre ve iki yılın sonunda istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiş olup, diri örtü azot içeriği kontrol alanlarında zamansal değişim boyunca aralama alanlarından daha yüksek bulunmuştur. Kontrol alanlarında diri örtü azot içeriğinin yüksek olması alanlar arasındaki bitki kompozisyonun farklılığından kaynaklanabilir. Karbon içeriği bakımından ise meşe aralama alanlarındaki diri örtü karbon içeriği birinci yıl dışında ikinci yıl ve iki yılın tamamı değerlendirildiği zaman aralama alanı ile kontrol alanı arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilememiştir. Fakat gürgen aralama alanlarındaki diri örtü karbon içeriği birinci yılın haricinde ikinci yıl ve iki yılın tamamı değerlendirildiği zaman aralama alanı ile kontrol alanı arasında diri örtü karbon içeriği bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir. Bu farklılık aralama alanlarında kontrol alanlarından sırasıyla % 3 ve % 2 daha yüksektir. Hem meşe hem de gürgen alanlarındaki diri örtü karbon içeriğinin zamansal değişimi çalışma periyodunun başlangıçtaki durumuna göre artan eğilim göstermiştir. Yapılan bir çalışmada müdahalenin diri örtü karbon içeriğini az etkilediği ve artan sıklık ile diri örtüde daha düşük karbon depolanmasının olduğu sonucuna varmışlardır (Nilsen ve Strand 2008). Makineci (2004) yaptığı çalışmada aralama alanlarında diri örtü miktarındaki artışa karşın, diri örtünün organik madde ve azot oranlarında belirgin farklar olmadığını belirlemiştir. Benzer olarak, Tolunay (1997) tarafından yapılan çalışmada diri örtü azot ve organik madde içeriklerinde alanlar arasında fark bulunmadığı ortaya konulmuştur.

Belirtilen bu çalışmalar gürgen alanlarına ait diri örtü karbon bulgularımızın tersine meşe alanlarındaki bulgulara ise benzer sonuçlara sahip olduğu görülmektedir.

5.3. TOPRAK ÖZELLİKLERİ

Aralama ile alandaki kapalılığın kırılması sonucu meşece içerisindeki ışık ve sıcaklık dengesi değişmesiyle toprağın bazı özellikleri etkilenebilir. Çalışma periyodu boyunca topraktaki değişimi gözlemlemek için toprak nemi toprak sıcaklığı, toprak pH'sı, hacim ağırlığı, toprak organik karbonu ve azot içeriği incelenmiştir. Toprak neminin meşe ve gürgen alanlarında iki yıl boyunca zamansal değişimi benzer eğilim göstermiştir. Bununla birlikte, zamansal olarak elde edilen veriler değerlendirildiği zaman kontrol alanlarındaki toprak neminin aralama alanlarından daha yüksek olmasına rağmen alanlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark tespit edilememiştir. Elde edilen bu sonuçlar yapılan çalışmalarla kıyaslandığı zaman genel olarak aksine bir sonuç ortaya çıktığı görülmektedir. Örneğin, Selig ve diğ. (2008) 22 yaşındaki loblolly çamı alanlarında toprak neminin % 6 ile % 30 arasında değiştiğini ve aralama alanında daha yüksek olduğunu rapor etmiştir. Son ve diğ (1999) tarafından yapılan başka bir çalışmada farklı aralama uygulamasında başlangıçta toprak nem içeriğinin aralama alanlarında arttığını ve yıllık ortalama toprak nem içeriğinin aralama alanlarında kontrol alanlarından önemli olarak daha yüksek olduğunu bulmuştur. Benzer olarak Makineci (1993), tarafından Demirköy meşe baltalık ormanında yapılan çalışmada, farklı şiddetteki aralama kesimleri sonrası ilk yılda en yüksek toprak nemi şiddetli aralama alanında bulunmuştur. Yapılan bir başka çalışmada aralamanın toprak nemini arttırdığı ve arama alanları ile kontrol alanları arasında anlamlı farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Hem intersepsiyon hem de transpirasyonun azalması sonucu aralama alanlarında su varlığının artışı vurgulanmıştır. (Son ve diğ 2004). Bu sonucun tersine, çalışmamızda yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre (Ek 1,2,3,7,8,9) aralama alanlarındaki ölü örtünün azalması, diri örtünün daha yoğun olması ve kapalılığın kırılması nedeniyle artan sıcaklık toprak nemindeki azalmaya sebep olmuş olabilir.

Toprak sıcaklığının zamansal değişimi ise meşe ve gürgen alanlarında toprak neminde olduğu gibi alanlar arasında paralellik göstermiştir. Zamansal değişim alanlar arasında paralellik göstermesine rağmen, özellikle nisan ayından başlayarak yaz periyodunda

toprak sıcaklığının aralama alanlarında daha yüksek seyir izlemesi kontrol alanlarıyla yıllara göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık ortaya çıkarmıştır. Buna bağlı olarak, toprak sıcaklığı meşe aralama alanlarında hem yıllık ortalama hem de iki yılın tamamında yaklaşık % 5, gürgen aralama alanlarında ise birinci yıl % 8, ikinci yıl % 3 iki yıllık ortalama % 6 daha yüksektir. Yapılan bir çalışmada farklı aralama uygulamalarının yapıldığı alanlarda toprak sıcaklığının arttığı rapor edilmiştir (Ma ve diğ. 2010). Benzer olarak Son ve diğ. (2004) yaptığı çalışmada toprak sıcaklığının nisandan itibaren arttığı ve ağustosta en üst seviyeye çıktığı daha sonra eylülde itibaren geri kalan sezon boyunca azaldığı tespit edilmiştir. Bu yapılan çalışma elde ettiğimiz sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Aralama alanlarındaki toprak sıcaklığının daha yüksek olması alanlardaki ölü örtü miktarının azalmasıyla birlikte meşcere içerisine giren ışık miktarındaki artışın sonucu olmalıdır (Ek 1,2,3,7,8,9).

Toprakta değerlendirilen diğer bir özellik olan toprak asitliği (pH) meşede alanlar arasındaki zamansal değişim toprak sıcaklığı ve neminde olduğu gibi benzer eğilim göstermiş olup, özellikle birinci yıl birbirine çok yakın değerler belirlenmiştir. Bunun sonucunda toprak asitliği alanlar arasında anlamlı farklılık göstermemiştir. Gürgen alanlarında ise meşe alanlarında olduğu gibi alanlar arasında toprak asitliğindeki zamansal değişim benzer eğilim göstermekle birlikte kontrol alanlarında belirgin olarak daha yüksek seyir görülmektedir. Bunun sonucunda kontrol alanlarında toprak asitliği aralama alanlarından daha yüksek olup, toprak asitliği alanlar arasında anlamlı olarak farklılık göstermektedir. Sonuçlarımıza benzer olarak Camping ve diğ. (2002) meşe (*Q. douglasii*) ormanlarında yaptığı tıraşlama uygulamasından sonra incelediği bazı toprak özelliklerinde (karbon, azot, fosfor ve pH) uygulamanın kontrol alanlarına nazaran azalmalara sebep olduğunu belirtmektedir. Ölçülen bazı toprak özelliklerinin toprak organik madde miktarı, besin maddesi dolaşım süreci ile ilişkili olması, ağaçların alandan uzaklaştırılması ile organik maddenin önemli miktarda azalması ve toprak kalitesinde hızlı bir bozunma ile sonuçlandığını belirtmiştir. Meşe alanlarında elde ettiğimiz bulgulara benzer ve gürgen alanındaki sonuçların tersine Tecimen (2005) tarafından yapılan farklı şiddetteki ayıklama kesimleri sonucu kesim şiddetinin toprak pH'sını etkilemediğini belirlemiştir. Ayrıca yapılan birçok çalışmada aralama alanlarında toprak pH'sının kontrol alanlarından daha yüksek olduğu belirlenmiş ve bunun artan ölü örtü ayrışmasına bağlı olarak ayrışma ürünlerinin üst toprakta artması

(baz doygunluğu artışı) ile ilgili olduğu vurgulanmıştır (Kim ve diğ. 1995, Vesterdal ve diğ. 1995, Boerner ve Sutherland 1997). Fakat aralama alanlarımızda ölü örtü miktarının azalması, diri örtü miktarının kontrol alanlarından daha yüksek olması ile üst toprakta daha yoğun besin maddesi kullanımı ve mineralizasyon, yıkanma ve ayrışma gibi bir çok faktör ile birlikte pH'nın değişiminde etkili olmuş olabilir. Hacim ağırlığı bakımından alanlar değerlendirildiğinde meşe aralama alanları ile kontrol alanları arasında birinci yıl hariç, ikinci yıl ve iki yılın tamamı için istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Gürgen alanları ise meşe alanlarının tersine, aralama alanları ile kontrol alanları (yıllara göre ve iki yıllık ortalama) arasında anlamlı olarak farklılık göstermemiştir. Bu sonuca benzer olarak, Tolunay (1997) tarafından yapılan bir çalışma sonucunda hacim ağırlıkları bakımından yıllara göre alanlar arasında anlamlı fark bulunmadığı ifade edilmiştir. Meşe alanlarına ait bulguların tersine, yapılan başka bir çalışmada meşe aralama alanları ile kontrol alanları arasında hacim ağırlığı bakımında anlamlı farklılık göstermediği sonucuna ulaşılmıştır (Makineci 1999)

Muhtemel negatif etkilerinin tersine aralama ılıman ormanlarda besin maddelerinin biyokimyasal döngüsü, ölü örtü ayrışması ve alanın mikro kliması için yararı genel olarak kayda değerdir (Slodicak ve diğ. 2005). Ek olarak, aralama mineralizasyon artışı, besin ve su için saprofit mikroorganizmalar ve ağaç kökleri arasında muhtemel rekabeti azaltabilir. Sonuç olarak, aralama besin maddesi döngü oranı ve organik madde yönetimi için anahtar değişkendir (Slodicak ve diğ. 2005). Toprağa giren toplam azotun temel kaynağının havadan yağışlarla gelen azot oksitler, azot bağlayıcı mikroorganizmalar, azot bağlayıcı baklagil bitkiler, ölü örtü ve diğer canlı kökenli maddelerin ayrışması olduğu bilinmektedir (Tecimen 2005). Meşe alanlarında toprak azot içeriğinin zamansal değişimi incelendiğinde alanlar arasında benzer eğilim belirlenmiş olup, kontrol alanlarındaki toprak azotu aralama alanlarından daha yüksek seyretmiştir. Buna bağlı olarak alanlar arasında anlamlı farklılık (ikinci yıl hariç) tespit edilmiştir. Bu sonucun tersine, Rosenberg ve Jacobson (2004) tarafından ladin alanlarında yapılan benzer çalışmada aralamanın mineral toprak karbon ve azot havuzlarında önemli farka sebep olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Benzer olarak çalışmamızda, Gürgen alanlarında toprak azot içeriğinin zamansal değişimi meşe alanların da olduğu gibi alanlar arasında benzer eğilim göstermektedir, ikinci yıl dışındaki zaman sürecinde aralama alanlarında daha yüksektir. Ortalamalar

değerlendirildiğinde aralama alanlarındaki toprak azot içeriği kontrol alanlarıyla anlamlı olarak fark göstermemiştir. Birçok çalışma kesimin toprak azot içeriğine etkisini değerlendirmiş ve genellikle ölü örtüde azot kaybı olduğu fakat mineral toprakta değişimin çok az olduğu rapor edilmiştir (Olsson ve diğ. 1996, Jurgensen ve diğ. 1997, Johnson ve Curtis 2001, Jurgensen ve diğ. 2012). Kim ve diğ. (1995) meşcere kapalılığının üst topraktaki mineralizasyona etkisini meşe (*Quercus rubra*) meşceresinde araştırmış ve çalışma sonucunda; en yüksek mineralizasyonu tıraşlama alanında belirlenmiş ve kapalılığın kırılmasının topraktaki alınabilir azot miktarını önemli ölçüde arttırdığı saptanmıştır. Bu sonuç gürgen aralama alanlarında birinci yıl toprak azotunun yüksek olmasını açıklar niteliktedir. Frey ve diğ (2003) Kanada'daki karışık ağaç türlerinden oluşan alanlarda aralamadan sonraki toprak azotundaki farkların aralama yoğunluğu ile değil ölü örtüdeki ayrışma durumu ile değişim gösterdiği sonucuna varılmıştır. Toprak azot içeriğindeki genel değişim meşe alanlarında da benzer olarak ölü örtüdeki ve diri örtüdeki azot değişimi ile ilişkili iken gürgen sahalarında ise sadece diri örtüdeki azot değişimi ile ilişkiliydi (Ek 13,14,15,19,20,21). Bu durum meşe alanlarında ayrışmanın gürgen alanlarından daha yavaş olmasından kaynaklanabilir.

Toprak karbonu üzerinde aralamanın etkisi olması sebebiyle aralama mineral toprak ve ölü örtü karbon stoklarını etkiler (Skovsgaard ve diğ. 2006). Çalışmada üst toprak karbon içeriği meşe alanlarında birinci yıl dışındaki zaman sürecinde kontrol alanlarında aralama alanlarından anlamlı olarak daha yüksektir. Fakat gürgen aralama alanlarında toprak karbon içeriği kontrol alanlarından yüksek olmasına rağmen alanlar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır. Benzer olarak, Makineci (2004, 2005a, 2005b) değişik şiddetteki aralamaların sapsız meşe (*Quercus petraea*) meşceresinin bazı toprak özelliklerine etkisinin sekiz yıllık sonuçlarını incelemiş ve aralamanın topraktaki toplam azot ve karbon miktarını arttırdığını saptamıştır. Meşe alanlarına ait bulgulara benzer olarak, Powers ve diğ. (2012) yaptığı çalışmada aralama müdahalesinin mineral toprak karbonu üzerine önemli etkiye sahip olmadığını belirlemiştir. Aralama ile kaldırılan ağaç biyokütlesi önemli olarak aralamanın yapıldığı alandaki besin havuzunu azaltır (Blanco ve diğ. 2006, Qiu ve diğ. 2012). Periyodik olarak yapılan aralama ile alandaki biyokütleden önemli miktarda alandan çıkarılır bu ölü örtüden toprağa organik madde ve besin girişini azaltabilir (Novák ve Slodičák 2004, Blanco ve diğ. 2006). Ölü örtü

bölümünde de belirtildiği gibi karbon ve azot havuzu hakkında yapılan çalışmaların kısa ve uzun dönemli sonuçları karışıktır (Nave ve diğ. 2010). Aralama mineral toprakta veya ölü örtüde azotu veya karbonu arttırabilir (Selig ve diğ. 2008), azaltabilir (Vesterdal ve diğ. 1995) veya çok az etkileyebilir (Skovsgaard ve diğ. 2006, Moghaddas ve Stephens 2007, Boerner ve diğ. 2008, Nilsen ve Strand 2008, Jurgensen ve diğ. 2012).

Meşe aralama alanlarındaki üst toprak karbon/azot (C/N) oranı kontrol alanlarıyla karşılaştırıldığında birinci yıl sonunda anlamlı fark göstermiş olup, aralama alanlarında toprak C/N oranı % 11 daha yüksektir. İki yılın tamamı için ise aralama alanlarındaki toprak C/N oranı kontrol alanlarından daha fazla olmasına rağmen alanlar arasında anlamlı fark yoktur. Gürgeen üst toprak C/N oranı ise aralama alanlarında (birinci yıl hariç) kontrol alanlarına nazaran (yıllara göre sırasıyla % 8 ve % 2) daha yüksek olmasına rağmen alanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilememiştir. Gai ve Boerner (2007) yürüttüğü çalışmada müdahaleler (aralama, yakma, yakma+aralama ve kontrol) sonrasında toprak C/N oranı aralanmış alanlarda diğer üç müdahalenin yapıldığı alanlardan önemli olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Gai ve Boerner (2007) sonuçları meşe alanlarında birinci yıl için elde edilen bulguyu destekler nitelikte olup, bunun sebebi meşe aralama alanlarında sıcaklık ve nem değişiminin ayrışmayı biraz yavaşlatmış olması olabilir. Fakat hem meşe alanlarında ikinci yılda ve iki yıllık ortalamalarda hem de gürgeen alanlarında yıllara göre anlamlı fark bulunmadığı için elde edilen sonuçlar açısından ters bir bulgudur.

5.4. İNCE KÖK KÜTLESİ

Aralama uygulaması ile alanlardan ağaçların çıkarılması biyokütle ve kök yoğunluğunu önemli oranda değiştirmektedir. Araştırma periyodu boyunca meşede ince kök kütlesi alanlar arasında zamansal değişim olarak benzer eğilimde olmakla birlikte kontrol alanlarında aralama alanlarına (yıllara göre sırasıyla %3,5, % 20 ve % 10) nazaran daha yüksektir. Birinci yıl dışındaki zaman sürecinde bu farklılık anlamlıdır. Elde ettiğimiz sonuçlar ile paralel olarak Tian ve diğ. (2010) yaptıkları çalışmada aralamadan sonraki iki aylık süreçte ince kök yoğunluğunun aralama alanında % 50 oranında azaldığını

belirtmişlerdir. Sullivan ve diğ. (2008) aralamadan sonraki ilk yıl içerisinde ince kök kütlesinin önemli olarak değişmediği ve aralama alanlarındaki kök kütlesinin kontrol alanlarında daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Benzer olarak, Lindo ve Suzanne (2003) tarafından Kanada'daki yapraklı ve ibrelili ormanlarda yaptıkları çalışma sonucunda aralama alanlarındaki ince kök miktarının kontrol alanlarından önemli olarak daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Tersine López ve diğ. (2003) *Quercus ilex* ormanında yaptığı çalışmada aralama alanlarında kontrol alanlarından daha yüksek ince kök kütlesinin olmasına rağmen alanlar arasında anlamlı fark tespit edememişlerdir. Benzer olarak, Hwang ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışmada aralamanın ince kök biyokütlesini etkilemediğini fakat aralama alanlarında kontrol alanlarından daha yüksek ince kök kütlesinin olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışma sonuçlarına benzer olarak çalışmamızda gürgen alanlarındaki ince kök kütlesindeki değişim, yıllara göre ve iki yıllık sürecin tamamında aralama alanlarındaki ince kök kütlesi kontrol alanlarından sırasıyla % 25, % 10 ve % 20 daha yüksektir fakat yukarıda belirtilen çalışmaların tersine alanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Gürgen aralama alanlarındaki kök kütlesinin daha yüksek olmasının olası sebebi ince kök miktarıyla diri örtü miktarının doğrusal ilişki göstermesi olmalıdır (Ek 7,8,9). Bununla birlikte, aralamadan sonra alanlarda kalan ağaçların fizyolojik süreçlerine bağlı olarak, aralama ile azalan su ve besin maddesi rekabetinin ince kök üretimini teşvik etmesi olabilir. Meşe aralama alanlarında ise ince kök miktarı diri örtü miktarı ile doğrusal ilişkiye sahip olmasına rağmen, kontrol alanlarında ince kök miktarı daha yüksektir. Bunun sebebi aralama ile kesilen ağaçların sürgün kökenli ve yaşlı kök sistemine sahip olması ve buna bağlı olarak da bu kök sistemlerinde ölü kök oranının yüksek miktarda bulunmasından kaynaklanabilir. Fakat yapılan çalışmada ölü ve canlı kök ayrımı yapılmadığından bu yorumu destekleyen veriler sınırlı kalmaktadır. Ayrıca ince kök miktarındaki zamansal değişim süreci özellikle ilk yıl hem meşe hem de gürgen aralama alanlarında yüksek seviyelere ulaşmıştır bu durum muhtemelen diri örtü miktarındaki artıştan kaynaklanmaktadır.

5.5. TOPRAK SOLUNUMU

Toprak solunumunun atmosferik karbondioksit (CO₂) önemli katkı sağladığı bilinmektedir. Böylece iklim değişimi ve orman yönetiminin nasıl etkilediğini anlamak

için toprak CO₂ akışı miktarının belirlenmesi önemlidir (Laganière ve diğ. 2012). Ormancılık faaliyetleri (aralama, ayıklama vb) toprak karbon döngüsünü etkileyen toprak solunum oranı ve bunu yönlendiren ekolojik faktörleri (canlı kök kütlesi, kök kimyası, toprak nemi ve toprak sıcaklığını) etkiler (Burton ve diğ. 2002, Ryu ve diğ. 2009). Yapılan bu araştırmada meşe toprak solunumu aralama alanlarında ortalama 0,68 ile 3,30 g C/m²/gün (yıllık ortalama 1,92 g C/m²/gün) arasında iken kontrol alanlarında ise ortalama 0,76 ile 3,27 g C/m²/gün (yıllık ortalama 1,79 g C/m²/gün) arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu elde edilen sonuçlar ılıman bölgelerde yapılan çalışmalar sonucu elde edilen solunum değerleri ile benzerlik göstermektedir (Tüfekçioğlu ve Küçük 2004, Mo ve diğ. 2005, Tüfekçioğlu ve diğ. 2006, Nilsen ve Strand 2008, Tüfekçioğlu ve diğ. 2011). Araştırma sonuçlarına göre aralama alanlarında toprak solunumunun yıllık ortalaması (ikinci yıl hariç) kontrol alanlarından anlamlı olarak daha yüksektir. Ohashi ve diğ (1999) aralamadan sonra ilk dört yıl süresince aralamanın yapıldığı *Cryptomeria japonica* ormanlarında toprak solunumunun kontrol alanlarındakinden daha yüksek olduğunu bulmuştur. Benzer olarak, Ma ve diğ. (2004) yaşlı karışık ibrelili ormanlarındaki toprak ve solunum üzerinde yakma ve aralama müdahalesinin etkilerini değerlendirmiş ve toprak solunumunun uygulamalar arasında önemli olarak farklılık gösterdiğini bulmuşlardır. Fakat elde edilen bulguların tersine, aralama müdahalesinden sonraki yaklaşık bir yıl boyunca toprak solunumunu önemli olarak etkilenmediğini belirtmektedirler. Bunu da aralamanın kök ve mikrobiyal solunumunu hem yükseltmiş hem de kısıtlamış olabileceği şeklinde yorumlamışlardır. Aralamalar, kesilen ağaçların kök sistemlerinin ölmesine sebep olduğundan kök solunumunun miktarının azalması beklenebilir. Bununla birlikte ölü örtü, ince ve kalın odunların (kökler dahil) ayrışmasından serbest kalan CO₂'in kısa dönemde toprak solunumunun artmasına katkı sağlayacağı beklenmektedir (Son ve diğ. 2004, Misson ve diğ. 2005, Sullivan ve diğ. 2008, Olajuyigbe ve diğ. 2012). Çalışmamızda da toprak solunumunun yüksek seviyelere ulaştığı dönemlerde mikrobiyal solunum oranlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre mikrobiyal solunumun toprak solunumuna katkısının yüksek oranda olduğu söylenebilir.

Gürgen toprak solunumu aralama alanlarında ortalama 0,45 ile 3,18 g C/m²/gün (yıllık ortalama 1,76 g C/m²/gün) arasında iken kontrol alanlarında ise ortalama 0,49 ile 3,20 g C/m²/gün (yıllık ortalama 1,72 g C/m²/gün) arasında değişim göstermiştir. Meşe

alanlarında olduğu gibi elde edilen bu sonuçlar literatür sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Mo ve diğ. 2005, Guner ve diğ. 2010, Tüfekçioğlu ve diğ. 2011). Toprak solunumu birinci yıl aralama alanları da kontrol alanlarından anlamlı olarak yüksek olmasına rağmen, ikinci yıl ve iki yıllık ortalamalar açısından alanlar arasında anlamlı fark bulunamamıştır. Campbell ve diğ. (2009) tarafından ponderosa çamı ormanlarında yaptıkları aralama uygulamasının toprak solunum üzerine önemsiz etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Finlandiya sarıçam ormanlarında Vesala ve diğ. (2005) tarafından yönetilen çalışmada aralama uygulaması ile toprak solunumunun etkilenmediği belirtilmiştir. Elde edilen bulguların tersine, Tian ve diğ. (2010) göknar sahalarında aralamaya bağlı olarak toprak ve mikrobiyal solunumun ilk dönemlerde hızlı bir şekilde arttığını daha sonra azaldığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte karışık ibreli ormanlarında selektif aralamayı takip eden iki yılda toprak solunumunun % 43 arttığını rapor edilmiştir (Concilio ve diğ. 2006).

Mikrobiyal ve kök solunumunun nicel katkısı mevsimsel olarak değişkendir (Butler ve diğ. 2011). Çalışmamızdaki iki yıllık zaman sürecinde toprak solunumdaki zamansal değişim meşe ve gürgendeki iki alanda da (aralama ve kontrol) benzer eğilim göstermiştir. Bu zaman zarfı içerisinde alanlarda toprak solunumunun özellikle bahar döneminde arttığı gözlemlenmiştir. Meşe ve gürgen alanlarındaki bulgularımızı destekleyen birçok çalışma mevcuttur. Örneğin, Joo ve diğ. (2012) Güney Kore’de meşe (*Quercus mongolica*) ormanlarındaki toprak solunumunun zamansal değişimini incelemişler ve toprak CO₂ akışının ilkbahardan yazın ortasına kadar önemli derecede arttığını ve sıcaklığın azaldığı sonbaharda yavaş bir şekilde azaldığını belirtmişlerdir. Benzer olarak, Inoue ve Koizumi (2012) yaptığı çalışmada genel olarak toprak solunumu nisan ayından veya mayıs ayından toprak sıcaklığının artması ile her yıl artmaya başladığını belirlemişlerdir. Bunun dışında birçok yazar tarafından toprak solunumunun bahar aylarından itibaren artış gösterdiği belirtilmiştir (Buchmann 2000, Vanhala 2002, Zhou ve diğ. 2006, Iqbal ve diğ. 2010, Olajuyigbe ve diğ. 2012, Luo ve diğ. 2013). Ilıman zonlarda bahar aylarında bitki büyümesi en üst seviyededir ve bitkiler fotosentez ile ürettiği besin maddelerinin önemli bir kısmını köklere ve mikroorganizmalara kaynak olarak verir. Bunun sonucu büyüme mevsimindeki faaliyetler neticesinde toprak solunumu uyarılır (Raich ve diğ. 2002). Çalışma sonuçlarımızda da bu durum net bir şekilde görülmektedir. Ayrıca vejetasyon

döneminde topraktaki nem miktarı mikroorganizmaların faaliyetini ve köklerin fizyolojik süreçlerini hızlandırır ve dolaylı olarak toprak solunumunu tetikler (Akburak ve Makineci 2013).

Toprak solunumunun toprak sıcaklığı, nemi, türü, pH, toplam karbon ve toplam azot gibi ekolojik değişkenlere hassasiyet gösterdiği iyi bilinirken (Raich ve Schlesinger 1992, Cook ve Orchard 2008) yakma ve aralama gibi müdahaleler toprak özelliklerini değiştirebilir ve toprak solunumunu önemli olarak etkileyebilir (Raich ve Schlesinger 1992, Schlesinger ve Andrews 2000, Ma ve diğ. 2004). Özellikle birçok yazar tarafından toprak nemi ve toprak sıcaklığı topraktan atmosfere CO₂ akışını etkileyen ana faktörler olduğu için temel olarak dikkate alınmıştır (Lloyd ve Taylor 1994, Davidson ve diğ. 1998, Curiel Yuste ve diğ. 2004, Xu ve diğ. 2004, Matías ve diğ. 2012). Çalışmada araştırma periyodu dikkate alındığında meşe aralama alanlarında toprak solunumundaki değişim diri örtü miktarı, toprak sıcaklığı, ince kök kütlesi ile doğrusal ilişki göstermiş, ölü örtü miktarı ve toprak nemi ile negatif ilişki göstermiştir. Kontrol alanındaki değişimde ise toprak solunumu ile diri örtü miktarı ve toprak sıcaklığı arasında anlamlı olarak doğrusal ilişki olduğu görülmüştür. Fakat toprak nemi, ölü örtü ve ince kök miktarı ile anlamlı ilişki bulunamamıştır. Bulgularımıza göre toprak solunum değişiminde toprak sıcaklığı ve diri örtü miktarı önemli oranda etkilidir. Gürgen aralama alanlarında toprak solunumundaki değişim meşe sahalarında olduğu gibi diri örtü miktarı, toprak sıcaklığı ve ince kök kütlesi ile istatistiksel olarak anlamlı doğrusal ilişki gösterirken, ölü örtü miktarı ve toprak nem değişimi ile negatif ilişki göstermiştir. Kontrol alanlarında ise toprak solunumu diri örtü miktarı ile doğrusal ilişkili iken ölü örtü miktarı ile negatif ilişkilidir. Meşe ve gürgen alanlarına ait bulguları destekler nitelikteki birçok çalışma mevcuttur. Joo ve diğ. (2012) Güney Kore’de meşe (*Quercus mongolica*) ormanlarındaki toprak solunumunun zamansal değişimini incelemiş ve yıl boyunca toprak solunumunun toprak sıcaklığı (5 cm) ile kuvvetli ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Benzer olarak, Graf ve diğ. (2012) yaptığı çalışmada toprak sıcaklığının toprak solunumundaki zamansal değişimi kontrol eden en önemli faktör olduğunu belirlemiştir. Bununla birlikte birçok çalışma göstermiş ki toprak sıcaklığı orman topraklarından CO₂ salımının tahmininde anahtar faktördür (Keith ve diğ. 1997, Londo ve diğ. 1999, Parkin ve Kaspar 2003, Conant ve diğ. 2004, Lee ve diğ. 2005, Tang ve diğ. 2005, Olajuyigbe ve diğ. 2012). Tersine kurak periyotta

etkilenen ekosistemde toprak nemi toprak solunumunu kontrol eden temel faktör olabilmektedir (Oyonarte ve diğ. 2012). Toprak CO₂ akışının kurak koşullarda düşük, orta nem seviyelerinde maksimum orana çıkmakta ve yüksek nem seviyelerinde azalmakta olduğu birçok çalışmada görülmüştür (Andrews ve diğ. 1999, Bhupinderpal ve diğ. 2003, Butler ve diğ. 2011). Butler ve diğ. (2011) yaptığı çalışmada solunumun toprak neminin % 16,4 olduğunda maksimuma ulaştığını fakat daha üst nem oranlarında azaldığını belirtmiştir. Benzer olarak, Akburak ve Makineci (2013) beş farklı ağaç türü altında toprak solunumunun yıl içerisindeki değişiminin nem miktarı ile doğru orantılı olduğunu tespit etmişlerdir. Orman ekosisteminin karbon dengesi analiz edildiği zaman yalnızca diri örtünün rolü nadiren dikkate alınır (Goulden ve Crill 1997, Law ve diğ. 1999, Koları ve diğ. 2006). Örnek olarak Heijmans ve diğ. (2004) farklı diri örtü tiplerinde net CO₂ değişiminin mevsimsel örneklerinde fark bulmuştur. Dias et al. (2010) diri örtü bitki tür çeşitliliği ve solunum arasında pozitif ilişkiyi rapor etmiştir. Mäkiranta ve diğ. (2008) Finlandiya’da 6 farklı tarım alanında ağaçlandırmadaki kök solunumu, ölü örtü ve turba ayrışmasından kaynaklanan toprak solunumunu araştırmışlardır. Kök solunumunun diri örtü biyokütlesi ile pozitif ilişkili olduğu ve diri örtü miktarının solunumdaki değişimin % 22’sini açıkladığını belirtmişlerdir. Bulgularımızda da özellikle aralama alanlarında diri örtünün toprak solunumu değişiminin yaklaşık % 20’lik kısmını açıkladığı görülmektedir. Bitki yoğunluğu toprağa karbon girişi ve artan üretim vasıtasıyla toprak solunumunu etkileyebilir (Balogh ve diğ. 2011). Bununla birlikte çalışmamızda toprak solunumunun diri örtü miktarı ile doğrusal ilişkisi göstermesi ve muhtemelen diri örtünün özellikle ince kök miktarına yaptığı katkıdan dolayı ön plana çıkmış olabilir (Ek 3).

5.6. MİKROBİYAL SOLUNUM

Orman ekosistem fonksiyonlarının temelini, toprakta enerji ve besin döngüsü, ölü örtü girişi ve ayrışmasından sorumlu toprak organizmaları oluşturur (Leckie ve diğ. 2004). Mikrobiyal solunum topraktaki organik maddenin biyolojik ayrışması ile ilişkili olabilen toprak mikro florasının faaliyetlerini yansıtır (Brohon ve diğ. 2001). Çalışmamızda mikrobiyal solunum ölçümü üst toprak örneklerinde ve ölü örtüde gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar analizleri sonucu toprak mikrobiyal solunumu iki yıl

boyunca meşe aralama alanlarında 0,21 ile 1,79 g C/m²/gün arasında değişim gösterirken, yıllık ortalama 0,69 g C/m²/gün dür. Kontrol alanlarında ise 0,15 ile 1,60 g C/m²/gün arasında değişim göstermiştir ve ortalama 0,65 g C/m²/gün dür. Toprak mikrobiyal solunumundaki zamansal değişim aralama ve kontrol alanında paralel bir eğilim göstermiş olup, toprak solunumunun en yüksek seviyeye ulaştığı dönemlerde toprak mikrobiyal solunumunun da en yüksek seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir. Toprak mikrobiyal solunumundaki zamansal değişim istatistiksel olarak değerlendirildiğinde birinci ve ikinci yıl aralama alanları ile kontrol alanları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Toprak mikrobiyal solunumun zamansal değişimi birinci yıl haricinde aralama alanlarında kontrol alanlarından daha fazladır. Gürgende ise aralama alanlarında toprak mikrobiyal solunumu ortalama 0,25 ile 2,22 g C/m²/gün arasında değişim gösterirken yıllık ortalama 0,87 g C/m²/gün, kontrol alanlarında ortalama 0,16 ile 2,12 g C/m²/gün arasında değişim göstermiştir ve yıllık ortalama solunum 0,86 g C/m²/gün olarak belirlenmiştir. Toprak mikrobiyal solunumundaki zamansal değişim istatistiksel olarak değerlendirildiğinde birinci yıl, ikinci yıl ve iki yılın tamamı için alanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. Ayrıca meşe alanlarında olduğu gibi toprak mikrobiyal solunumun zamansal değişimi birinci yıl haricinde aralama alanlarında kontrol alanlarından daha fazladır.

Giai ve Boerner (2007) ABD Ohio eyaleti güneyinde iki karışık meşe ormanında restorasyon amaçlı farklı müdahaleler (aralama, yakma, aralama + yakma) yaparak ekolojik faktörler incelenmiş ve aralama alanlarında diğer alanlardan daha fazla mikrobiyal aktivite tespit edilmiştir. Benzer olarak Mosca ve diğ. (2007), Kuzey İtalya'da azalan saplı meşe (*Quercus robur*) alanlarındaki ektomikoriza toplumlarının yapısı ve çeşitliliği üzerinde aralamaların etkisini araştırmış ve ektomikoriza toplumlarının son derece zengin olduğunu bulmuş ve aralamadan sonra toplum yapısının hızlı bir şekilde değiştiğini ifade etmiştir. Bu çalışmalar elde edilen bulguları destekler nitelikte olup, meşe alanlarına ait birinci ve ikinci yıl bulgularının tersine, gürgen alanlarına ait bulgulara benzer olarak, Son ve diğ. (2004) aralama şiddetleri arasında organik maddenin ayrışması süresince mikrobiyal aktivite bakımından farklılık olmadığını belirtmektedir.

Toprak mikrobiyal aktivitesi, popülasyonu ve komünitelerinin toprak tipi, sıcaklık, nem, besin varlığı yada pH gibi ekolojik faktörler ile yönlendiği iyi bilinirken, kesim gibi silvikültürel uygulamalar da toprak mikrobiyal aktivitesine etki yapabilmektedir (Ananyeva ve diğ. 2009). Mikrobiyal solunum farklı toprak tipi, toprak türü ve derinliklerine göre değişim göstermektedir. Örnek olarak, Pascual (1996) mikrobiyal solunumunun 0,3 ve 2,2 $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g/sa}$ arasında değişim gösterdiğini ve her 10 cm toprak derinliğinde mikrobiyal aktivitenin yaklaşık olarak 1/50 oranında azalmakta olduğu belirlemiştir (Cañizales-Paredes ve diğ. 2012). Çalışmamızın iki yıllık sürecinde meşe aralama alanlarındaki toprak mikrobiyal solunumu toprak pH'sı ve toprak azot içeriği ile kuvvetli pozitif ilişki göstermekte iken toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile kuvvetli negatif ilişki tespit edilmiştir. Fakat birinci yıl sadece toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile anlamlı negatif ilişki bulunurken, ikinci yıl sadece toprak pH'sı ve toprak azot içeriği ile istatistiksel olarak anlamlı pozitif ilişkili bulunmaktadır. Kontrol alanlarında ise toprak mikrobiyal solunumu sadece toprak azot içeriği ile anlamlı kuvvetli pozitif ilişki, toprak C/N oranı ile kuvvetli negatif ilişki göstermiştir. Kontrol alanlarında özellikle toprak mikrobiyal solunumu ikinci yıldaki değişkenler ile daha kuvvetli ilişkiler göstermiştir. Bunun sebebi, toprak pH'sında ve toprak azot içeriğindeki artıştan kaynaklanmış olabilir. Mikroorganizmaların toprak organik maddesini ayrıştırması süresince mineralize olan azotun karbonla birleşmesinden dolayı mineralize olmuş azot oranı ile mikrobiyal solunum arasında genellikle doğrusal bir ilişki bulunmaktadır (Luo ve Zhou 2006). Çalışmamızda da benzer olarak mikrobiyal solunum ile toprak azot arasında doğrusal ilişki olduğu görülmekle birlikte, elde edilen sonuçlarla tutarlı olarak, Zimmermann ve Frey (2002) ladin ormanlarında yaptığı odun külü uygulamasıyla mineral toprakta mikrobiyal solunumun değişimini izlemişler ve uygulamayla birlikte pH artışıyla solunum oranının arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca bu artışın uygulamadan sonraki ilk günlerde toplam azot ve organik karbondaki azalmayı takiben mineralizasyondaki artışla ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Benzer olarak, *Pinus taeda* plantasyonunda iki yıl çalışılmış ve mikrobiyal solunum ile karbon arasında zayıf ilişki olduğunu belirtmişlerdir (Samuelson ve diğ. 2009). Bu çalışma ile elde edilen bulguların tersine mikrobiyal solunumun sadece karbon içeriği ile doğrusal ilişki olduğu çalışmalar da mevcuttur (Hofman ve diğ. 2004, Jiang ve diğ. 2009) Ayrıca birçok çalışma toprak mikrobiyal solunumunun azot içeriği ile birlikte karbon içeriği ile de doğrusal ilişkili olduğunu belirtmektedir (Mariani ve diğ. 2006, Traoré ve diğ. 2007,

Ananyeva ve diğ. 2009). Gürgen alanlarında meşe alanlarında elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre gürgen aralama alanlarındaki toprak mikrobiyal solunumu toprak pH'sı ve toprak azot içeriği ile anlamlı olarak kuvvetli pozitif ilişki, toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile istatistiksel olarak anlamlı kuvvetli negatif ilişki göstermektedir. Bu değerlendirmeler sonucunda toprak azot içeriği, toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranının toprak mikrobiyal değişimini birinci yıl daha iyi açıkladığı görülmektedir. Gürgen kontrol alanlarında ise aralama alanlarındaki gibi toprak mikrobiyal solunumu ile toprak pH'sı ve toprak azot içeriği arasında anlamlı olarak kuvvetli pozitif ilişki bulunmaktadır. Toprak karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile solunum arasında ise kuvvetli negatif ilişki bulunmaktadır. Özellikle birinci yıl mikrobiyal solunum toprak pH'sı, toprak azot içeriği ve toprak karbon içeriği ile pozitif ilişkili olduğu göze çarpmaktadır. Rodeghiero ve diğ. (2006) yaptığı çalışmada elde edilen bulguların tersine azot içeriğinin artması ile mikrobiyal solunumun azaldığını belirlemiştir. Teklay ve diğ. (2006) göre mikrobiyal aktiviteyi organik karbon, azot ve fosfor varlığı sınırlamaktadır. Yapılan bu çalışmada da toprak azot içeriği ve toprak pH'sı toprak mikrobiyal solunumunu yönlendiren ana değişkenler olmuştur.

Ölü örtüden kaynaklanan mikrobiyal solunuma ait elde edilen bulgulara göre ölçüm periyodu boyunca ölü örtü mikrobiyal solunum meşe aralama alanlarında ortalama 0,12 ile 1,64 g C/m²/gün, kontrol alanlarındaki solunum oranı 0,15 ile 1,40 g C/m²/gün arasında değişim göstermiştir. Aralama alanlarında yıllık ortalama ölü örtü mikrobiyal solunumu 0,61 g C/m²/gün, kontrol alanlarında ise 0,82 g C/m²/gündür. Gürgen aralama alanlarında mikrobiyal solunum değerleri ortalama 0,09 ile 2,11 g C/m²/gün arasında iken yıllık ortalama 0,56 g C/m²/gün, kontrol alanlarında ise 0,12 ile 4,05 g C/m²/gün arasında değişim göstermiştir ve yıllık ortalama 0,87 g C/m²/gün olarak belirlenmiştir. Meşe alanlarındaki ölü örtü mikrobiyal solunumunun zamansal değişimi toprak mikrobiyal solunumundaki eğilim gibidir ve özellikle birinci yılın bahar döneminde bu eğilim daha belirgindir. Gürgen alanlarında ise zamansal değişim alanlar arasında paralel eğilim göstermekle beraber bahar aylarından ziyade yaprakların döküldüğü sonbahar döneminde yüksek seviyelere ulaştığı görülmüştür. Yapraklar kolay yıkanabilen şeker, amino asit, ve hızlı çözünebilen maddeler içerir. Yıkanma, yaprak dökümünün çok olduğu dönemde mikrobiyal gelişimi ve solunumu artırır (Chapin III ve

Matson 2002). Özellikle gürgen çalışma alanlarımızda yaprak dökümünün gerçekleştiği dönemde bu durum belirgin şekilde görülmektedir. Kanerva ve Smolander (2007) yapmış oldukları çalışmada huş (*Betula pendula Roth*), Avrupa Ladini (*Picea abies (L.) Karst*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ormanlarındaki ölü örtünün yaprak, çürüntü ve humus tabakasındaki mikrobiyal aktiviteyi karşılaştırmışlardır. Tüm ağaç türlerinde yaprak tabakasında solunum oranını en yüksek seviyede olduğunu belirlemişlerdir. Yıllara göre hem meşe (birinci yıl hariç) hem de gürgen aralama alanları kontrol alanlarından ölü örtü mikrobiyal solunumu bakımından anlamlı olarak daha düşüktür. Bulgularımıza benzer olarak, Lindo ve Suzanne (2003) tarafından yapraklı ve ibreli orman alanlarında yapılan çalışmada aralamanın ölü örtü mikrobiyal solunumunu önemli oranda azalttığını tespit etmişlerdir.

Çalışmada elde edilen bulgulara göre meşe aralama alanlarındaki ölü örtü mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasında ölü örtü karbon içeriği ve ölü örtü C/N oranı ile istatistiksel olarak anlamlı kuvvetli pozitif ilişki bulunurken, ölü örtü azot içeriği ile anlamlı kuvvetli negatif ilişki bulunmaktadır. Değerlendirme sonuçlarına göre değişkenlerin ölü örtü mikrobiyal solunumun zamansal değişimini birinci yıl daha yüksek oranda açıkladığı görülmektedir. Kontrol alanlarında ise ölü örtü mikrobiyal solunum ölü örtü karbon içeriği ve ölü örtü C/N oranı ile kuvvetli pozitif ilişki, ölü örtü azot içeriği ile negatif ilişki göstermektedir. Gürgen aralama alanlarında ise ölü örtü mikrobiyal solunumu ile değişkenler arasında meşe alanlarında görülen ilişkilere benzer olarak ölü örtü karbon içeriği, ölü örtü C/N oranı ile istatistiksel olarak anlamlı pozitif ilişki bulunurken, ölü örtü azot içeriği ile kuvvetli negatif ilişki bulunmaktadır. Özellikle ölü örtüdeki mikrobiyal solunum değişimini birinci yıl toprak azot içeriği ve toprak C/N oranının daha iyi açıkladığı görülmektedir. Kontrol alanlarında ölü örtü mikrobiyal solunumu ile ölü örtü karbon içeriği ve ölü örtü C/N oranı ile kuvvetli pozitif ilişki bulunurken, ölü örtü azot içeriği ile anlamlı negatif ilişki bulunmaktadır. Mikroorganizmalar besin kaynağı olarak karbonhidrat veya protein yapılı bileşikleri kullanırlar (Lavelle ve Spain 2001, Lützow ve diğ. 2006). Buna bağlı olarak, bulgularımız sonucu hem meşe alanlarında hem de gürgen alanlarında mikroorganizmaların besin kaynağı olarak toprakta protein yapılı bileşikleri, tersine ölü örtüde de şeker yapılı bileşikleri kullandıkları şeklinde bir yorumlama yapılabilir. Bu durum ayrıca mikroorganizma çeşitliliğinden de (bakteri ve mantar) kaynaklanabilir.

Sonuç olarak;

1. Toprak solunumu meşe aralama alanlarında ortalama $1,92 \text{ g C/m}^2/\text{gün}$ iken kontrol alanlarında $1,79 \text{ g C/m}^2/\text{gün}$ olarak belirlenmiştir. Gürgen aralama alanlarında ise $1,76 \text{ g C/m}^2/\text{gün}$ ve kontrol alanlarında $1,72 \text{ g C/m}^2/\text{gün}$ olarak tespit edilmiştir.
2. Toprak solunumu her iki türe ait hem aralama hem de kontrol alanlarında ölçüm periyodu boyunca başlangıca göre azalma göstermiştir. Fakat aralama alanlarında kontrol alanlarından daha yüksektir. Solunum belirlenmesi net ekosistem üretimini etkilemesi açısından önemli bir faktördür. Toprak solunumu net ekosistem üretimiyle genellikle pozitif ilişkilidir. Fakat net ekosistem üretimi birçok faktöre (fotosentez miktarı, hava sıcaklığı, su varlığı, ağaç türü, ormancılık uygulamaları gibi) bağlı olarak değişim göstermektedir. Çalışmamızda net ekosistem üretimi belirlenmemiş olsa da özellikle meşe araştırma alanında aralama sonrası aralama alanlarındaki solunum oranının yüksek olması net ekosistem üretimi açısından önemlidir.
3. Toprak solunumunu aralama ve kontrol alanlarında yönlendiren faktörler diri örtü miktarı, sıcaklık ve ince kök miktarı olmuş, bu faktörlerin etkileri bahar dönemlerinde daha belirgin olarak görülmüştür. Yapılan bu çalışmada özellikle diri örtü miktarı en büyük etkiye sahip olarak ön plana çıkmıştır.
4. Toprak mikrobiyal solunumu meşe aralama alanlarında yıllık ortalama $0,69 \text{ g C/m}^2/\text{gün}$ kontrol alanlarında $0,65 \text{ g C/m}^2/\text{gün}$ olarak belirlenmiştir. Gürgen aralama alanlarında ise $0,87 \text{ g C/m}^2/\text{gün}$ iken kontrol alanlarında $0,86 \text{ g C/m}^2/\text{gün}$ olarak tespit edilmiştir. Ölü örtü mikrobiyal solunumu meşe aralama alanlarında ortalama $0,61 \text{ g C/m}^2/\text{gün}$ kontrol alanlarında $0,82 \text{ g C/m}^2/\text{gün}$ olarak belirlenmiştir. Gürgen aralama alanlarında ise $0,56 \text{ g C/m}^2/\text{gün}$ iken kontrol alanlarında $0,87 \text{ g C/m}^2/\text{gün}$ olarak tespit edilmiştir.
5. Toprak mikrobiyal solunumu birinci yıl hariç diğer dönemlerde hem meşe hem de gürgen aralama alanlarında kontrol alanlarına nazaran daha yüksektir. Ölü

örtü mikrobiyal solunumu hem meşe hem de gürgen kontrol alanlarında aralama alanlarına göre daha yüksektir.

6. Topraktaki mikrobiyal solunum toplam solunum ile paralellik göstermiş olup, özellikle aralama alanlarında toplam solunumuna katkısının yüksek olduğu söylenebilir. Ölü örtü mikrobiyal solunumu ise yaprak döküm dönemi dışında toplam solunum ile toprak mikrobiyal solunumunda olduğu gibi paralellik göstermiş olup, bahar dönemlerinde toplam solunuma katkısının yüksek olduğu söylenebilir.
7. Toprak mikrobiyal solunumu pH ve azot içeriği ile ilişkili iken ölü örtüdeki mikrobiyal solunum karbon içeriği ve toprak C/N oranı ile ilişkilidir.
8. Çalışmada çoklu regresyon analizi denenmesine rağmen VIF (Varyans genişlik faktörü) değeri çok yüksek bulunmuş buda çoklu bağlantı sorununu olduğunu göstermiştir. Bu sebeple değişkenler arasındaki ilişki ayrı ayrı değerlendirilmiştir.
9. Çalışmada tür karşılaştırılması yapılmamış fakat elde edilen sonuçlar ışığında aynı yetiştirme ortamında türlere bağlı farklılıklar dikkati çekmektedir. Aynı yetiştirme ortamında farklı türlerden oluşan saf meşcerelerde aynı şiddetle yapılan aralama müdahalesi farklı sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte türler arası ve türler içi farklı biyoloji, fenoloji, ekolojik ve genetik yapı gibi özelliklerden kaynaklanmaktadır.

Çalışmada hem toprak solunumu hem de toprak özellikleri (karbon ve azot içeriği) üzerinde diri örtü etkisi ön plana çıktığı görülmüştür. Bununla birlikte sebebi diri örtü tür bileşiminden kaynaklanabilir. Bu bağlamda yapılacak olan çalışmalarda diri örtü bileşiminin ve diri örtünün örtme derecesinin de değerlendirmeye alınması net bilgilerin ortaya çıkmasını konusunda yararlı olacaktır.

Yapılan bu çalışma sırasında toprak solunumunun belirlenmesinde kullanılan soda-kireci metodu geçerliliğini korumakla birlikte ucuz olması sebebiyle tercih edilmiştir. Fakat günümüz koşullarında gelişen teknoloji ile kısa zaman aralıklarında daha kolay ve

daha komplike ölçüm yapmaya olanak sağlayan kapalı ve açık sistem ölçüm cihazları mevcuttur.

Ormancılık uygulamalarının orman ekosisteminde karbon ve azot üzerindeki kısa ve uzun dönemli etkileri karışıktır. Çalışmada da kısa dönemde aralama uygulamasının etkileri hakkında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu konu üzerinde yapılacak çalışmaların daha uzun döneme yayılması daha net ilişkilerin ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Toprak solunumu üzerine ülkemizde yapılan çalışmalar sınırlı sayıda olup, yapılan bu çalışma ile elde edilen bu sonuçlar Belgrad ormanı koşulları için geçerli olup, ileri dönemlerde yapılacak çalışmalara altlık oluşturacağı ümit edilmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmaların farklı ekosistemlerde farklı ormancılık uygulamaları ile kombine edilerek elde edilecek sonuçlar ormancılık uygulamalarına yönelik kararların verilmesinde daha sağlıklı olacaktır. Ayrıca bu tür çalışmalarda sadece toprak solunumu değil aynı zamanda ekosistemdeki tüm karbon akışlarının belirlenmesi ile karbon yönetimi konusunda da karar ve değerlendirme aşamalarını etkileyecek veriler sağlayabilir.

KAYNAKLAR

- ABOAL, J. R., JIMENEZ, M. S., MORALES, D., GIL, P. 2000. Effects of Thinning on Throughfall in Canary Islands Pine Forest The Role of Fog. *Journal of Hydrology*, 238, 218-230.
- ADACHI, M., BEKKU, Y. S., RASHIDAH, W., OKUDA, T., KOIZUMI, H. 2006. Differences in soil respiration between different tropical ecosystems. *Applied soil ecology*, 34, 2: 258-265.
- AKBURAK, S. 2008. *Belgrat Ormanında Farklı Ağaç Türleri Altında Toprak Solunumunun Mevsimsel Değişimi*. Yüksek Lisans. İ.Ü. Fenbilimleri Enstitüsü
- AKBURAK, S., MAKİNECİ, E. 2013. Temporal changes of soil respiration under different tree species. *Environmental monitoring and assessment*, 185: 3349-3358.
- ALBAN, D. H., HOST, G. E., ELIOFF, J. D., SHADIS, D. 1994. Soil and vegetation response to soil compaction and forest floor removal after aspen harvesting. *Research Paper North Central Forest Experiment Station*, USDA Forest Service, NC-315.
- ALBRECHT, M. A., MCCARTHY, B. C. 2006. Effects of prescribed fire and thinning on tree recruitment patterns in central hardwood forests. *Forest Ecology and Management*, 226, 1-3: 88-103.
- ALEF, K. 1995. *Soil Respiration, Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, Inc.San Diego,
- ALMAGRO, M., LOPEZ, J., QUEREJETA, J. I., MARTÍNEZ-MENA, M. 2009. Temperature dependence of soil CO₂ efflux is strongly modulated by seasonal patterns of moisture availability in a Mediterranean ecosystem. *Soil Biology & Biochemistry*, 41, 3: 594-605.
- ANANYEVA, N. D., SUSYAN, E. A., CHERNOVA, O. V., WIRTH, S. 2009. Microbial respiration activities of soils from different climatic regions of European Russia. *European Journal of Soil Biology*, 44, 2: 147-157.
- ANDERSON, T. H., DOMSCH, K. H. 1990. Application of ecophysiological quociente (qCO₂ and Dq) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology & Biochemistry*, 22: 251-255.
- ANDREWS, J. A., HARRISON, K. G., MATAMALA, R., SCHLESINGER, W. H. 1999. Separation of root respiration from total soil respiration using carbon-13 labeling

- during free-air carbon dioxide enrichment (FACE). *Soil Science Society of America Journal*, 63, 5: 1429-1435.
- ATAY, İ. 1987. *Doğal Gençleştirme Yöntemleri I-II*. Gür-Ay Matbaası. İstanbul,
- BÄÄTH, E. 1989. Effects of heavy metals in soil on microbial processes and populations (a review). *Water, Air, and Soil Pollution*, 47, 3-4: 335-379.
- BALOGH, J., PINTÉR, K., FÓTI, S., CSERHALMI, D., PAPP, M., NAGY, Z. 2011. Dependence of soil respiration on soil moisture, clay content, soil organic matter, and CO₂ uptake in dry grasslands. *Soil Biology and Biochemistry*, 43, 5: 1006-1013.
- BAUER, J., WEIHERMÜLLER, L., HUISMAN, J. A., HERBST, M., GRAF, A., SÉQUARIS, J. M., VERECKEN, H. 2011. Inverse determination of heterotrophic soil respiration response to temperature and water content under field conditions. *Biogeochemistry*, 108, 1-3: 119-134.
- BAUER, J., WEIHERMÜLLER, L., HUISMAN, J. A., HERBST, M., GRAF, A., SÉQUARIS, J. M., VERECKEN, H. 2012. Inverse determination of heterotrophic soil respiration response to temperature and water content under field conditions. *Biogeochemistry*, 108, 1: 119-134.
- BEHERA, N., JOSHI, S., PATI, D. 1990. Root contribution to total soil metabolism in a tropical forest soil from Orissa, India. *Forest Ecology and Management*, 36, 2: 125-134.
- BERGSTEDT, J., MILBERG, P. 2001. The impact of logging intensity on field-layer vegetation in Swedish boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 154, 1: 105-115.
- BHUPINDERPAL, S., NORDGREN, A., OTTOSSON LÖFVENIUS, M., HÖGBERG, M. N., MELLANDER, P. E., HÖGBERG, P. 2003. Tree root and soil heterotrophic respiration as revealed by girdling of boreal Scots pine forest: extending observations beyond the first year. *Plant, Cell & Environment*, 26, 8: 1287-1296.
- BILLINGS, S., RICHTER, D., YARIE, J. 1998. Soil carbon dioxide fluxes and profile concentrations in two boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 28, 12: 1773-1783.
- BINKLEY, D. 1984. Does forest removal increase rates of decomposition and nitrogen release? *Forest Ecology and Management*, 8, 3: 229-233.
- BLANCO, J. A., IMBERT, J. B., CASTILLO, F. J. 2006. Influence of site characteristics and thinning intensity on litterfall production in two *Pinus sylvestris* L. forests in the western Pyrenees. *Forest Ecology and Management*, 237, 1: 342-352.
- BLOOM, A. J., SUKRAPANNA, S. S., WARNER, R. L. 1992. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. *Plant Physiology*, 99, 4: 1294-1301.

- BOERNER, R. E., HUANG, J., HART, S. C. 2008. Fire, thinning, and the carbon economy: Effects of fire and fire surrogate treatments on estimated carbon storage and sequestration rate. *Forest Ecology and Management*, 255, 8: 3081-3097.
- BOERNER, R. E. J., SUTHERLAND, E. K. 1997. The chemical characteristics of soil in control and experimentally thinned plots in mesic oak forests along a historical deposition gradient. *Applied Soil Ecology*, 7, 1: 59-71.
- BORIE, B. G., AGUILERA, S. M., PEIRANO V, P. 1999. Actividad biologica en suelos [serie Santa Barbara]. *Frontera Agricola*. v, 5, 1-2: 29-32.
- BROHON, B., DELOLME, C., GOURDON, R. 2001. Complementarity of bioassays and microbial activity measurements for the evaluation of hydrocarbon-contaminated soils quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 33, 7: 883-891.
- BROOKES, P. 1995. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of Soils*, 19, 4: 269-279.
- BUCHMANN, N. 2000. Biotic and abiotic factors controlling soil respiration rates in *Picea abies* stands. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 11: 1625-1635.
- BURTON, A., PREGITZER, K., RUESS, R., HENDRICK, R., ALLEN, M. 2002. Root respiration in North American forests: effects of nitrogen concentration and temperature across biomes. *Oecologia*, 131, 4: 559-568.
- BUTLER, A., MEIR, P., SAÍZ, G., MARACAHIPES, L., MARIMON, B. S., GRACE, J. 2011. Annual variation in soil respiration and its component parts in two structurally contrasting woody savannas in Central Brazil. *Plant and soil*, 352, 1-2: 129-142.
- CAMPBELL, J., ALBERTÍ, G., MARTÍN, J., LAW, B. 2009. Carbon dynamics of a ponderosa pine plantation following a thinning treatment in the northern Sierra Nevada. *Forest Ecology and Management*, 257, 2: 453-463.
- CAMPING, T. J., DAHLGREN, R. A., TATE, K. W., HORWATH, W. R. 2002. Changes in soil quality due to grazing and oak tree removal in California blue oak woodlands. *Oaks in California's Changing Landscape*. Berkeley, CA: USDA, Gen. Tech. PSW-184. p, 75-85.
- CAÑIZALES-PAREDES, N., TOLÓN-BECERRA, A., LASTRA-BRAVO, X., RUÍZ-DAGER, F. 2012. Evaluation of the Effects of Soil Depth on Microbial Activity in Three Agroecosystems in Venezuela. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43, 9: 1273-1290.
- CARBONE, M. S., TRUMBORE, S. E. 2007. Contribution of new photosynthetic assimilates to respiration by perennial grasses and shrubs: residence times and allocation patterns. *New Phytologist*, 176, 1: 124-135.
- CHAPIN III, F. S., MATSON, P. A. 2002. *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. Springer. New York USA, ISBN:1441995048

- CHEN, G., YANG, Y., GUO, J., XIE, J., YANG, Z. 2011. Relationships between carbon allocation and partitioning of soil respiration across world mature forests. *Plant Ecology*, 212, 2: 195-206.
- CIAIS, P., REICHSTEIN, M., VIOVY, N., GRANIER, A., OGÉE, J., ALLARD, V., AUBINET, M., BUCHMANN, N., BERNHOFER, C., CARRARA, A. 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437, 7058: 529-533.
- CLATTERBUCK, W. K. 2002. Growth of a 30-Year Cherrybark Oak Plantation 6 Years After Thinning. Pages 201-208 in Asheville, ed. *In Proceedings of The Eleventh Biennial Southern Silvicultural Research Conference*: NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Gen. Tech. Rep. SRS-48.
- COLEMAN, D. C., HUNTER, M. D., HUTTON, J., POMEROY, S., SWIFT JR, L. 2002. Soil respiration from four aggrading forested watersheds measured over a quarter century. *Forest Ecology and Management*, 157, 1: 247-253.
- COLLINS, B., PICKETT, S. 1982. Vegetation composition and relation to environment in an Allegheny hardwoods forest. *American Midland Naturalist*, 117-123.
- CONANT, R. T., DALLA-BETTA, P., KLOPATEK, C. C., KLOPATEK, J. M. 2004. Controls on soil respiration in semiarid soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 36, 6: 945-951.
- CONCILIO, A., MA, S., RYU, S.-R., NORTH, M., CHEN, J. 2006. Soil respiration response to experimental disturbances over 3 years. *Forest Ecology and Management*, 228, 1,3: 82-90.
- COOK, F. J., ORCHARD, V. A. 2008. Relationships between soil respiration and soil moisture. *Soil Biology and Biochemistry*, 40, 5: 1013-1018.
- CORTINA, J., VALLEJO, V. 1994. Effects of clearfelling on forest floor accumulation and litter decomposition in a radiata pine plantation. *Forest Ecology and Management*, 70, 1: 299-310.
- CURIEL YUSTE, J., JANSSENS, I. A., CARRARA, A., CEULEMANS, R. 2004. Annual Q10 of soil respiration reflects plant phenological patterns as well as temperature sensitivity. *Global change biology*, 10, 2: 161-169.
- CURIEL YUSTE, J., JANSSENS, I. A., CARRARA, A., MEÏRESOÑNE, L., CEULEMANS, R. 2003. Interactive effects of temperature and precipitation on soil respiration in a temperate maritime pine forest. *Tree Physiology*, 23, 18: 1263-1270.
- ÇİÇEK, E., YILMAZ, F., ÖZBAYRAM, A. K., ÇETİN, B. 2010. Aralamanın Dişbudak (*Fraxinus angustifolia ssp. oxycarpa*) Plantasyonunun Gelişimine Etkisi. Syf: 886-894. III. *Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi. Artvin*.
- ÇÖMEZ, A. 2005. *Sündiken Dağlarında Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi*. Doktora Tezi. İ.Ü. Fenbilimleri Enstitüsü

- ÇÖMEZ, A., GÜNER, Ş. T., KARATAŞ, R., ŞAHİN, U. 2013. *Yetiştirme Ortamı Özelliklerine Göre Karaçam (Pinus nigra Arnld. subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe.) Sıklıklarında Ayıklama Kesimlerinin Gelişime Etkileri* Eskişehir: Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü.
- DAVIDSON, E. A., BELK, E., BOONE, R. D. 1998. Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. *Global change biology*, 4, 2: 217-227.
- DAVIDSON, E. A., JANSSENS, I. A., LUO, Y. 2006. On the variability of respiration in terrestrial ecosystems: moving beyond Q10. *Global change biology*, 12, 2: 154-164.
- DAVIDSON, E. A., SAVAGE, K., BOLSTAD, P., CLARK, D. A., CURTIS, P. S., ELLSWORTH, D. S., HANSON, P. J., LAW, B. E., LUO, Y., PREGITZER, K. S. 2002. Belowground carbon allocation in forests estimated from litterfall and IRGA-based soil respiration measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 113, 1: 39-51.
- DAVIDSON, E. A., VERCHOT, L. V., CATTÂNIO, J. H., ACKERMAN, I. L., CARVALHO, J. E. M. 2000. Effects of soil water content on soil respiration in forests and cattle pastures of eastern Amazonia. *Biogeochemistry*, 48, 1: 53-69.
- DECOCQ, G., AUBERT, M., DUPONT, F., ALARD, D., SAGUEZ, R., WATTEZ, F. A., FOUCAULT, B. D. E., DELELIS, D. A., BARDAT, J. 2004. Plant diversity in a managed temperate deciduous forest: understory response to two silvicultural systems. *Journal of Applied Ecology*, 41, 6: 1065-1079.
- DELUCA, T., ZOUHAR, K. 2000. Effects of selection harvest and prescribed fire on the soil nitrogen status of ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management*, 138, 1: 263-271.
- DEVARE, M., LONDOÑO-R, L., THIES, J. 2007. Neither transgenic Bt maize (MON863) nor tefluthrin insecticide adversely affect soil microbial activity or biomass: a 3-year field analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 8: 2038-2047.
- DÍAS, A. T. C., VAN RUIJVEN, J., BERENDSE, F. 2010. Plant species richness regulates soil respiration through changes in productivity. *Oecologia*, 163, 3: 805-813.
- DÍAZ-MAROTO, I. J., VILA-LAMEIRO, P. 2008. Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) silviculture in natural stands of NW Spain: Environmental conditioners. *Forest Ecology and Management*, 256, 4: 702-711.
- DIXON, R. K., BROWN, S., HOUGHTON, R. E. A., SOLOMON, A., TREXLER, M., WISNIEWSKI, J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science(Washington)*, 263, 5144: 185-189.
- EISENHAUER, N., KLIER, M., PARTSCH, S., SABAIS, A. C. W., SCHERBER, C., WEISSER, W. W., SCHEU, S. 2009. No interactive effects of pesticides and plant diversity on soil microbial biomass and respiration. *Applied Soil Ecology*, 42, 1: 31-36.

- ELER, Ü. 1988. *Antalya Bölgesi Doğal Kızılcım Meşcerelerinde (Pinus brutia Ten.) Aralama ve Hazırlama Kesimlerinin Artım ve Büyüme Yönünden Etkileri. Teknik Bülten, No:203, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.*Ankara,
- EMMERLING, C., LIEBNER, C., HAUBOLD-ROSAR, M., KATZUR, J., SCHRÖDER, D. 2000. Impact of application of organic waste materials on microbial and enzyme activities of mine soils in the Lusatian coal mining region. *Plant and Soil*, 220, 1-2: 129-138.
- EPRON, D., FARQUE, L., LUCOT, É., BADOT, P. 1999. Soil CO₂ efflux in a beech forest: dependence on soil temperature and soil water content. *Annals of Forest Science*, 56, 3: 221-226.
- ERIKSSON, E. 2006. Thinning Operations and Their Impact on Biomass Production in Stands of Norway Spruce and Scots Pine. *Biomass and Bioenergy*, 30: 848-854.
- FERNANDES, S. A. P., BETTIOL, W., CERRI, C. C. 2005. Effect of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity. *Applied Soil Ecology*, 30, 1: 65-77.
- FERNANDEZ, D. P., NEFF, J. C., BELNAP, J., REYNOLDS, R. L. 2006. Soil respiration in the cold desert environment of the Colorado Plateau (USA): abiotic regulators and thresholds. *Biogeochemistry*, 78, 3: 247-265.
- FERRÉA, C., ZENONE, T., COMOLLI, R., SEUFERT, G. 2012. Estimating heterotrophic and autotrophic soil respiration in a semi-natural forest of Lombardy, Italy. *Pedobiologia*, 55, 6: 285-294.
- FISCHER, D. G., HART, S. C., LEROY, C. J., WHITHAM, T. G. 2007. Variation in below-ground carbon fluxes along a Populus hybridization gradient. *New Phytologist*, 176, 2: 415-425.
- FREY, B. R., LIEFFERS, V. J., MUNSON, A. D., BLENIS, P. V. 2003. The influence of partial harvesting and forest floor disturbance on nutrient availability and understory vegetation in boreal mixedwoods. *Canadian Journal of Forest Research*, 33, 7: 1180-1188.
- FULÉ, P. Z., LAUGHLIN, D. C., COVINGTON, W. W. 2005. Pine-oak forest dynamics five years after ecological restoration treatments, Arizona, USA. *Forest Ecology and Management*, 218, 1-3: 129-145.
- GIAI, C., BOERNER, R. E. J. 2007. Effects of ecological restoration on microbial activity, microbial functional diversity, and soil organic matter in mixed-oak forests of southern Ohio, USA. *Applied Soil Ecology*, 35, 2: 281-290.
- GILLER, K. E., WITTER, E., MCGRATH, S. P. 1998. Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review. *Soil Biology and Biochemistry*, 30, 10: 1389-1414.

- GOUGH, C. M., VOGEL, C. S., SCHMID, H. P., CURTIS, P. S. 2008. Controls on annual forest carbon storage: lessons from the past and predictions for the future. *Bioscience*, 58, 7: 609-622.
- GOULDEN, M. L., CRILL, P. M. 1997. Automated measurements of CO₂ exchange at the moss surface of a black spruce forest. *Tree Physiology*, 17, 8-9: 537-542.
- GRAF, A., HERBST, M., WEIHERMÜLLER, L., HUISMAN, J. A., PROLINGHEUER, N., BORNEMANN, L., VEREECKEN, H. 2012. Analyzing spatiotemporal variability of heterotrophic soil respiration at the field scale using orthogonal functions. *Geoderma*, 181-182, 91-101.
- GROGAN, P. 1998. CO₂ flux measurement using soda lime: correction for water formed during CO₂ adsorption. *Ecology*, 79, 4: 1467-1468.
- GUNER, S., TUFEKCIOGLU, A., GULENAY, S., KUCUK, M. 2010. Land-use type and slope position effects on soil respiration in black locust plantations in Artvin, Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 5, 8: 719-724.
- HAMILTON, G. 1981. The effects of high intensity thinning on yield. *Forestry*, 54, 1: 1-15.
- HAN, G., ZHOU, G., XU, Z., YANG, Y., LIU, J., SHI, K. 2007. Biotic and abiotic factors controlling the spatial and temporal variation of soil respiration in an agricultural ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 2: 418-425.
- HANSON, P., EDWARDS, N., GARTEN, C., ANDREWS, J. 2000. Separating root and soil microbial contributions to soil respiration: a review of methods and observations. *Biogeochemistry*, 48, 1: 115-146.
- HEIJMANS, M. M., ARP, W. J., CHAPIN III, F. S. 2004. Carbon dioxide and water vapour exchange from understory species in boreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 123, 3: 135-147.
- HOFMAN, J., DUŠEK, L., KLÁNOVÁ, J., BEZCHLEBOVÁ, J., HOLOUBEK, I. 2004. Monitoring microbial biomass and respiration in different soils from the Czech Republic—a summary of results. *Environment international*, 30, 1: 19-30.
- HOUGHTON, R. A., WOODWELL, G. M. 1989. Global climate change. *Scientific American*, 260, 4: 36-40.
- HOWARD, D. M., HOWARD, P. J. A. 1993. Relationships between CO₂ evolution, moisture content and temperature for a range of soil types. *Soil Biology & Biochemistry*, 25, 11: 1537.
- HUGHES, J. W., FAHEY, T. J. 1991. Colonization dynamics of herbs and shrubs in a disturbed northern hardwood forest. *The Journal of Ecology*, 605-616.
- HUSTON, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *American naturalist*, 81-101.

- HWANG, J., SON, Y., KIM, C., Yi, M.-J., KIM, Z.-S., LEE, W.-K., HONG, S.-K. 2007. Fine root dynamics in thinned and limed pitch pine and Japanese larch plantations. *Journal of Plant Nutrition*, 30, 11: 1821-1839.
- INOUE, T., KOIZUMI, H. 2012. Effects of environmental factors upon variation in soil respiration of a *Zoysia japonica* grassland, central Japan. *Ecological Research*, 27, 2: 445-452.
- IPCC. 2001. *Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. UK: Cambridge University Press.
- IQBAL, J., HU, R., FENG, M., LIN, S., MALGHANI, S., ALI, I. M. 2010. Microbial biomass, and dissolved organic carbon and nitrogen strongly affect soil respiration in different land uses: A case study at Three Gorges Reservoir Area, South China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137, 3-4: 294-307.
- ISLAM, K., WEIL, R. 2000. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. *Journal of soil and water conservation*, 55, 1: 69-78.
- JASSAL, R. S., BLACK, T. A., CAI, T., MORGENSTERN, K., LI, Z., GAUMONT-GUAY, D., NESIC, Z. 2007. Components of ecosystem respiration and an estimate of net primary productivity of an intermediate-aged Douglas-fir stand. *Agricultural and Forest Meteorology*, 144, 1: 44-57.
- JENKINSON, D. 1977. The soil biomass. *New Zealand Soil News*, 25, 213-218.
- JENKINSON, D., ADAMS, D., WILD, A. 1991. Model estimates of CO₂ emissions from soil in response to global warming. *Nature*, 351, 6324: 304-306.
- JIA, B., ZHOU, G., WANG, F., WANG, Y., YUAN, W., ZHOU, L. 2006. Partitioning root and microbial contributions to soil respiration in *Leymus chinensis* populations. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 4: 653-660.
- JIANG, J., XIONG, Y., JIANG, H., YE, D., SONG, Y. J., LI, F. M. 2009. Soil microbial activity during secondary vegetation succession in semiarid abandoned lands of Loess Plateau. *Pedosphere*, 19, 6: 735-747.
- JOHNSON, D., BOOTH, R. E., WHITELEY, A. S., BAILEY, M. J., READ, D. J., GRIME, J. P., LEAKE, J. R. 2003. Plant community composition affects the biomass, activity and diversity of microorganisms in limestone grassland soil. *European Journal of Soil Science*, 54, 4: 671-678.
- JOHNSON, D., PHOENIX, G. K., GRIME, J. P. 2008. Plant community composition, not diversity, regulates soil respiration in grasslands. *Biology letters*, 4, 4: 345-348.
- JOHNSON, D. W., CURTIS, P. S. 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management*, 140, 2: 227-238.

- JOHNSON, R. H., SHIHEY, R. R., ROGERS, R. 2002. *The Ecology and Silviculture of Oaks*. CAB International. Wallingford,
- JONARD, M., MISSON, L., PONETTE, Q. 2006. Long-term thinning effects on the forest floor and the foliar nutrient status of Norway spruce stands in the Belgian Ardennes. *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 10: 2684-2695.
- JOO, S. J., PARK, S.-U., PARK, M.-S., LEE, C. S. 2012. Estimation of soil respiration using automated chamber systems in an oak (*Quercus mongolica*) forest at the Nam-San site in Seoul, Korea. *Science of The Total Environment*, 416, 400-409.
- JUODVALKIS, A., KAIRIUKSTIS, L., VASILIAUSKAS, R. 2005. Effects of thinning on growth of six tree species in north-temperate forests of Lithuania. *European Journal of Forest Research*, 124, 3: 187-192.
- JURGENSEN, M., TARPEY, R., PICKENS, J., KOLKA, R. K., PALIK, B. 2012. Long-term effect of silvicultural thinnings on soil carbon and nitrogen pools. *Soil Science Society of America Journal*, 76, 4: 1418-1425.
- JURGENSEN, M. F., HARVEY, A. E., GRAHAM, R. T., PAGE-DUMROESE, D. S., TONN, J. R., LARSEN, M. J., JAIN, T. B. 1997. Review article: Impacts of timber harvesting on soil organic matter, nitrogen, productivity, and health of inland northwest forests. *Forest Science*, 43, 2: 234-251.
- KAISER, M., WIRTH, S., ELLERBROCK, R. H., SOMMER, M. 2010. Microbial respiration activities related to sequentially separated, particulate and water-soluble organic matter fractions from arable and forest topsoils. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 3: 418-428.
- KANERVA, S., SMOLANDER, A. 2007. Microbial activities in forest floor layers under silver birch, Norway spruce and Scots pine. *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 7: 1459-1467.
- KANTARCI, D. 1982. Aaçlandırmalarda Toprak İşlemesi Usullerinin Yetiştirme Ortamındaki Besin Maddeleri ve Bitkisel Kitle Üretimi Üzerine Etkileri. *Türkiye’de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Aaçlandırmalar Sempozyumu, Ankara*.191-207
- KANTARCI, D., TOLUNAY, D. 1996. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı’nda Toprak ve Yetiştirme Ortamı Özelliklerinin Belirlenmesi ve Haritalanması *İ. Ü. Araştırma Fonu Projesi*. No:640/210994
- KARAKAYA, E., ÖZÇAĞ, M. 2003. Türkiye Açısından Kyoto Protokolü’nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi ile CO₂ Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi. *VII. ODTÜ Ekonomi Konferansı*. Ankara.
- KARAÖZ, M. Ö. 1989. Toprakların Su Ekonomisine İlişkin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Laboratuarda Belirlenmesi Yöntemleri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, B-39, 2: 133 - 144.

- KARAÖZ, M. Ö. 1992. Yaprak ve Ölü Örtü Analiz Yöntemleri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, B-42, 1-2: 57-71.
- KASISCHKE, E. S., STOCKS, B. J. 2000. *Fire, climate change, and carbon cycling in the boreal forest*. Springer New York, USA.
- KEITH, H., JACOBSEN, K., RAISON, R. 1997. Effects of soil phosphorus availability, temperature and moisture on soil respiration in Eucalyptus pauciflora forest. *Plant and Soil*, 190, 1: 127-141.
- KİM, C., SHARİK, T. L., JURGENSEN, M. F. 1995. Canopy cover effects on soil nitrogen mineralization in northern red oak (*Quercus rubra*) stands in northern Lower Michigan. *Forest Ecology and Management*, 76, 1: 21-28.
- KIRSCHBAUM, M.U.F. 2006. The temperature dependence of organic matter decomposition still a topic of debate. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 9: 2510-2518.
- KOLARİ, P., PUMPANEN, J., KULMALA, L., ILVESNIEMI, H., NIKINMAA, E., GRÖNHOLM, T., HARI, P. 2006. Forest floor vegetation plays an important role in photosynthetic production of boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 221, 1: 241-248.
- LAGANIÈRE, J., PARÉ, D., BERGERON, Y., CHEN, H. Y. H. 2012. The effect of boreal forest composition on soil respiration is mediated through variations in soil temperature and C quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 53, 18-27.
- LAGERGREN, F., LANKREIJER, H., KUČERA, J., CIENCIALA, E., MÖLDER, M., LINDROTH, A. 2008. Thinning effects on pine-spruce forest transpiration in central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 255, 7: 2312-2323.
- LAGOMARSINO, A., GREGO, S., KANDELER, E. 2012. Soil organic carbon distribution drives microbial activity and functional diversity in particle and aggregate-size fractions. *Pedobiologia*, 55, 2: 101-110
- LARSEN, J. B. 1995. Ecological stability of forests and sustainable silviculture. *Forest Ecology and Management*, 73, 1: 85-96.
- LAVELLE, P., SPAİN, A. V. 2001. *Soil ecology*. Kluwer Academic Publishers. New York, ISBN:0792371232
- LAW, B. E., BALDOCCHI, D. D., ANTHONI, P. M. 1999. Below-canopy and soil CO₂ fluxes in a ponderosa pine forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 94, 3: 171-188.
- LECKİE, S., PRESCOTT, C., GRAYSTON, S. 2004. Forest floor microbial community response to tree species and fertilization of regenerating coniferous forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 7: 1426-1435.

- LEE, K. H., JOSE, S. 2003. Soil respiration, fine root production, and microbial biomass in cottonwood and loblolly pine plantations along a nitrogen fertilization gradient. *Forest Ecology and Management*, 185, 3: 263-273.
- LEE, M.-S., NAKANE, K., NAKATSUBO, T., KOIZUMI, H. 2005. The importance of root respiration in annual soil carbon fluxes in a cool-temperate deciduous forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 134, 1: 95-101.
- LEÍTA, L., DE NOBİLÌ, M., MONDÌNÌ, C., MUHLBACHOVA, G., MARCHIOL, L., BRAGATO, G., CONTIN, M. 1999. Influence of inorganic and organic fertilization on soil microbial biomass, metabolic quotient and heavy metal bioavailability. *Biology and Fertility of Soils*, 28, 4: 371-376.
- LEVY-VARON, J. H., SCHUSTER, W. S. F., GRIFFIN, K. L. 2012. The autotrophic contribution to soil respiration in a northern temperate deciduous forest and its response to stand disturbance. *Oecologia*, 169, 1: 211-220.
- LINDO, Z., VISSER, S. 2003. Microbial biomass, nitrogen and phosphorus mineralization, and mesofauna in boreal conifer and deciduous forest floors following partial and clear-cut harvesting. *Canadian Journal of Forest Research*, 33, 9: 1610-1620.
- LLOYD, J., TAYLOR, J. A. 1994. On the temperature dependence of soil respiration. *Functional ecology*, 8: 315-323.
- LONDO, A., MESSINA, M., SCHOENHOLTZ, S. 1999. Forest harvesting effects on soil temperature, moisture, and respiration in a bottomland hardwood forest. *Soil Science Society of America Journal*, 63, 3: 637-644.
- LONGDOZ, B., YERNAUX, M., AUBINET, M. 2008. Soil CO₂ efflux measurements in a mixed forest: impact of chamber disturbances, spatial variability and seasonal evolution. *Global change biology*, 6, 8: 907-917.
- LONGUETAUD, F., SEIFERT, T., LEBAN, J.-M., PRETZSCH, H. 2008. Analysis of long-term dynamics of crowns of sessile oaks at the stand level by means of spatial statistics. *Forest Ecology and Management*, 255, 5-6: 2007-2019.
- LÓPEZ-SERRANO, F. R., DE LAS HERAS, J., GONZÁLEZ-OCHOA, A. I., GARCÍA-MOROTE, F. 2005. Effects of silvicultural treatments and seasonal patterns on foliar nutrients in young post-fire (*Pinus halepensis*) forest stands. *Forest Ecology and Management*, 210, 1: 321-336.
- LÓPEZ, B. C., GRACIA, C. A., SABATÉ, S., KEENAN, T. 2009. Assessing the resilience of Mediterranean holm oaks to disturbances using selective thinning. *Acta Oecologica*, 35, 6: 849-854.
- LÓPEZ, B. C., SABATE, S., GRACIA, C. A. 2003. Thinning effects on carbon allocation to fine roots in a *Quercus ilex* forest. *Tree Physiology*, 23, 17: 1217-1224.
- LUO, J., CHEN, Y., ZHU, W., ZHOU, P. 2013. Modeling climate change effects on soil respiration in three different stages of primary succession in deglaciated region on

- Gongga Mountain, China. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8 : 4: 363-372.
- LUO, Y., ZHOU, X. 2006. *Soil respiration and the environment*. Elsevier.London, ISBN 13: 978-0-12-088782-8
- LÜTZOW, M. V., KÖGEL, K. L., EKSMITT, K., MATZNER, E., GUGGENBERGER, G., MARSCHNER, B., FLESSA, H. 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions—a review. *European Journal of Soil Science*, 57, 4: 426-445.
- MA, S., CHEN, J., NORTH, M., ERICKSON, H. E., BRESEE, M., LE MOINE, J. 2004. Short-term effects of experimental burning and thinning on soil respiration in an old-growth, mixed-conifer forest. *Environmental Management*, 33, 148-159.
- MA, S., OAKLEY, B., NORTH, M., CHEN, J. 2010. Spatial variability in microclimate in a mixed-conifer forest before and after thinning and burning treatments. *Forest Ecology and Management*, 259, 5: 904-915.
- MAASSEN, S., WIRTH, S. 2006. The effects of thinning on soil chemical properties, microbial community composition and lignocellulolytic activities—results of a five year monitoring program at a pine forest stand. Pages 1079. *Geophysical Research Abstracts*.
- MAIER, C. A., KRESS, L. 2000. Soil CO₂ evolution and root respiration in 11 year-old loblolly pine (*Pinus taeda*) plantations as affected by moisture and nutrient availability. *Canadian Journal of Forest Research*, 30, 3: 347-359.
- MAKİNECİ, E. 1993. *Demirköy Meşe Ormanlarındaki Gençleştirme Yöntemlerinin Ekolojik Açıdan İncelenmesi*. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
- MAKİNECİ, E. 1999. *İ.Ü. Orman Fakültesi Araştırma Ormanındaki Baltalıkların Koruya Dönüştürülmesi İşlemlerinin Ölü Örtü ve Topraktaki Azot Değişimine Etkileri*. Doktora Tezi. İ.Ü. Fenbilimleri Enstitüsü
- MAKİNECİ, E. 2004. Long term effects of sessile oak (*Quercus petraea* (Matlusch) Lieb.) thinning on herbaceous understorey and oak seedlings. *Journal of Balkan Ecology*, 7, 2: 198-204.
- MAKİNECİ, E. 2005a. Long term effects of thinning on soil and forest floor in a sessile oak (*Quercus petraea* (Matlusch) Lieb.) Forest. *Journal of Environmental Biology*, 26, 2: 257-263.
- MAKİNECİ, E. 2005b. Sapsız meşe baltalık ormanında aralamaların çap artımı ve bazı toprak özelliklerine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 1-10.
- MAKİNECİ, H., ISOMAKİ, A. 2004. Thinning Intensity and Long -Term Changes in Increment and Stem Form of Scots Pine Trees. *Forest Ecology and Management*, 203, 21-34.

- MÄKIRANTA, P., MINKKINEN, K., HYTÖNEN, J., LAINE, J. 2008. Factors causing temporal and spatial variation in heterotrophic and rhizospheric components of soil respiration in afforested organic soil croplands in Finland. *Soil Biology and Biochemistry*, 40, 7: 1592-1600.
- MALHI, Y., BALDOCCHI, D. D., JARVIS, P. G. 1999. The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. *Plant, Cell & Environment*, 22, 6: 715-740.
- MARIANI, L., CHANG, S. X., KABZEMS, R. 2006. Effects of tree harvesting, forest floor removal, and compaction on soil microbial biomass, microbial respiration, and N availability in a boreal aspen forest in British Columbia. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 7: 1734-1744.
- MASYAGINA, O., PROKUSHKIN, S., KOIKE, T. 2010. The influence of thinning on the ecological conditions and soil respiration in a larch forest on Hokkaido Island. *Eurasian Soil Science*, 43, 6: 693-700.
- MATÍAS, L., CASTRO, J., ZAMORA, R. 2012. Effect of Simulated Climate Change on Soil Respiration in a Mediterranean-Type Ecosystem: Rainfall and Habitat Type are More Important than Temperature or the Soil Carbon Pool. *Ecosystems*, 15, 2: 299-310.
- MCMINN, J. W. 1992. Diversity of woody species 10 years after four harvesting treatments in the oak-pine type. *Canadian Journal of Forest Research*, 22, 8: 1179-1183.
- MICHALEX, A. J., LOCKHART, B. R., LOWE, M. W., WILLIAMS, R. 2004. Diameter Growth and Epicormic Branching Response of an East Texas Bottomland Red Oak Stands 3 Years After Thinning and Fertilization. Pages 269-275. *Proceeding Of The 12th Biennial Silvicultural Research Conference*: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Gen. Tech. Rep. SRS-71.
- MIRALLES, I., DOMÍNGO, F., GARCÍA-CAMPOS, E., TRASAR-CEPEDA, C., LEIRÓS, M. C., GIL-SOTRES, F. 2012. Biological and microbial activity in biological soil crusts from the Tabernas desert, a sub-arid zone in SE Spain. *Soil Biology and Biochemistry*.
- MISSON, L., TANG, J., XU, M., MCKAY, M., GOLDSTEIN, A. 2005. Influences of recovery from clear-cut, climate variability, and thinning on the carbon balance of a young ponderosa pine plantation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 130, 3: 207-222.
- MITSCHERLICH, G. 1971. Wald, Wachstum und Umwelt. 2. Band. Frankfurt a. M.
- MO, W., LEE, M.-S., UCHIDA, M., INATOMI, M., SAIGUSA, N., MARIKO, S., KOIZUMI, H. 2005. Seasonal and annual variations in soil respiration in a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in Japan. *Agricultural and Forest Meteorology*, 134, 1: 81-94.
- MOGHADDAS, E. E. Y., STEPHENS, S. L. 2007. Thinning, burning, and thin-burn fuel treatment effects on soil properties in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Forest Ecology and Management*, 250, 3: 156-166.

- MONTEITH, J., SZEICZ, G., YABUKI, K. 1964. Crop photosynthesis and the flux of carbon dioxide below the canopy. *Journal of Applied Ecology*, 321-337.
- MOSCA, E., MONTECCHIO, L., SELLA, L., GARBAYE, J. 2007. Short-term effect of removing tree competition on the ectomycorrhizal status of a declining pedunculate oak forest (*Quercus robur* L.). *Forest Ecology and Management*, 244, 1-3: 129-140.
- NAVE, L. E., VANCE, E. D., SWANSTON, C. W., CURTIS, P. S. 2010. Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests. *Forest Ecology and Management*, 259, 5: 857-866.
- NILSEN, P., STRAND, L. T. 2008. Thinning intensity effects on carbon and nitrogen stores and fluxes in a Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stand after 33 years. *Forest Ecology and Management*, 256, 3: 201-208.
- NOVÁK, J., SLODIČÁK, M. 2004. Structure and accumulation of litterfall under Norway spruce stands in connection with thinnings. *Journal of Forest Science*, 50, 3: 101-108.
- NOWAK, C. A. 1996. Wood volume increment in thinned, 50-to 55-year-old, mixed-species Allegheny hardwoods. *Canadian Journal of Forest Research*, 26, 5: 819-835.
- ODABAŞI, T. 1982. Keşan Mıntıkası Kızılçam Plantasyonlarında Aralama Denemelerine Ait Ön Sonuçlar. Pages 177-191. *Türkiye'de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Ağaçlandırmalar Simpozyumu*. Ankara.
- ODABAŞI, T. 1985. Silvikültürde Gelişmeler ve Aralama. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, B-35, 4: 55-73.
- ODABAŞI, T., BOZKUŞ, F. H., ÇALIŞKAN, A. 2004. *Orman Bakımı*. İ.Ü. Basım ve Yayınevi. İstanbul,
- OGM. 2006. *Orman varlığımız*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü. Ankara,
- OGM. 2012. *Türkiye Orman Varlığı*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü. Ankara,
- OHASHI, M., GYOKUSEN, K., SAITO, A. 1999. Measurement of carbon dioxide evolution from a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) forest floor using an open-flow chamber method. *Forest Ecology and Management*, 123, 2: 105-114.
- OHASHI, M., GYOKUSEN, K., SAITO, A. 2001. Contribution of root respiration to total soil respiration in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) artificial forest. *Ecological Research*, 15, 3: 323-333.
- OLAJUYIGBE, S., TOBIN, B., SAUNDERS, M., NIEUWENHUIS, M. 2012. Forest thinning and soil respiration in a Sitka spruce forest in Ireland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 157, 86-95.

- OLSSON, B. A., BENGTSSON, J., LUNDKVIST, H. 1996. Effects of different forest harvest intensities on the pools of exchangeable cations in coniferous forest soils. *Forest Ecology and Management*, 84, 1: 135-147.
- OSTAFF, D. P., PIENE, H., QUIRING, D. T., MOREAU, G., FARRELL, J. C., SCARR, T. 2006. Influence of pre-commercial thinning of balsam fir on defoliation by the balsam fir sawfly. *Forest Ecology and Management*, 223, 1: 342-348.
- OYONARTE, C., REY, A., RAIMUNDO, J., MIRALLES, I., ESCRIBANO, P. 2012. The use of soil respiration as an ecological indicator in arid ecosystems of the SE of Spain: Spatial variability and controlling factors. *Ecological Indicators*, 14, 1: 40-49.
- ÖZDEMİR, T., ELER, Ü., ŞIRLAK, V. 1987. *Antalya Bölgesi Doğal Kızılçam Ormanlarında (Pinus brutia Ten.) Ayıklama Kesimleri (Sıklık Bakımı) ve Etkileri Üzerine Araştırmalar*. Teknik Bülten Serisi, No:184, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları. Ankara,
- PANDEY, S., SINGH, D. K. 2004. Total bacterial and fungal population after chlorpyrifos and quinalphos treatments in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) soil. *Chemosphere*, 55, 2: 197-205.
- PARKIN, T. B., KASPAR, T. C. 2003. Temperature controls on diurnal carbon dioxide flux. *Soil Science Society of America Journal*, 67, 6: 1763-1772.
- PENG, Y. P. Y., THOMAS, S. C. T. S., TIAN, D. T. D. 2008. Forest management and soil respiration: Implications for carbon sequestration. *Environmental Reviews*, 16, NA: 93-111.
- POLYANSKAYA, L., ZVYAGINTSEV, D. 2005. The Content and Composition of Microbial Biomass as an Index of the Ecological Status of Soil. *Eurasian Soil Science/Pochvovedenie*, 38, 6: 625-633.
- POWERS, M. D., KOLKA, R. K., BRADFORD, J. B., PALIK, B. J., FRAVER, S., JURGENSEN, M. F. 2012. Carbon stocks across a chronosequence of thinned and unmanaged red pine (*Pinus resinosa*) stands. *Ecological Applications*, 22, 4: 1297-1307.
- POWERS, M. D., PALIK, B. J., BRADFORD, J. B., FRAVER, S., WEBSTER, C. R. 2010. Thinning method and intensity influence long-term mortality trends in a red pine forest. *Forest Ecology and Management*, 260, 7: 1138-1148.
- POWERS, R. F., ANDREW SCOTT, D., SANCHEZ, F. G., VOLDSETH, R. A., PAGE-DUMROESE, D., ELIOFF, J. D., STONE, D. M. 2005. The North American long-term soil productivity experiment: findings from the first decade of research. *Forest Ecology and Management*, 220, 1: 31-50.
- PRESCOTT, C. E. 1997. Effects of Clear-cutting and Alternative Silvicultural Systems on Rates of Decomposition and Nitrogen Mineralization in a Coastal Montana Coniferous Forest. *Forest Ecology and Management*, 95, 253-260.

- QI, Y.-C., DONG, Y.-S., JIN, Z., PENG, Q., XIAO, S.-S., HE, Y.-T. 2010. Spatial heterogeneity of soil nutrients and respiration in the desertified grasslands of Inner Mongolia, China. *Pedosphere*, 20, 5: 655-665.
- QIU, S., BELL, R. W., HOBBS, R. J., MCCOMB, A. J. 2012. Estimating nutrient budgets for prescribed thinning in a regrowth eucalyptus forest in south-west Australia. *Forestry*, 85, 1: 51-61.
- RAICH, J. W., NADELHOFFER, K. J. 1989. Belowground carbon allocation in forest ecosystems: global trends. *Ecology*, 70, 5: 1346-1354.
- RAICH, J. W., POTTER, C. S., BHAGAWATI, D. 2002. Interannual variability in global soil respiration, 1980–94. *Global change biology*, 8, 8: 800-812.
- RAICH, J. W., SCHLESINGER, W. H. 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus B*, 44, 2: 81-99.
- RAICH, J. W., TUFEKÇIOĞLU, A. 2000. Vegetation and soil respiration: correlations and controls. *Biogeochemistry*, 48, 1: 71-90.
- REY, A., PEGORARO, E., TEDESCHI, V., DE PARRI, I., JARVIS, P. G., VALENTINI, R. 2002. Annual variation in soil respiration and its components in a coppice oak forest in Central Italy. *Global change biology*, 8, 9: 851-866.
- RICHARDSON, J., CHATTERJEE, A., DARREL, J. G. 2012. Optimum temperatures for soil respiration along a semi-arid elevation gradient in southern California. *Soil Biology and Biochemistry*, 46, 89-95.
- ROCHETTE, P., DESJARDINS, R., PATTEY, E. 1991. Spatial and temporal variability of soil respiration in agricultural fields. *Canadian Journal of Soil Science*, 71, 2: 189-196.
- RODEGHIERO, M., CESCATTI, A. 2005. Main determinants of forest soil respiration along an elevation/temperature gradient in the Italian Alps. *Global change biology*, 11, 7: 1024-1041.
- RODEGHIERO, M., CESCATTI, A. 2006. Indirect partitioning of soil respiration in a series of evergreen forest ecosystems. *Plant and Soil*, 284, 1-2: 7-22.
- ROSENBERG, O., JACOBSON, S. 2004. Effects of repeated slash removal in thinned stands on soil chemistry and understorey vegetation. *Silva Fennica*, 38, 2: 133-142.
- ROWELL, D. L. 1994. *Soil Science Methods and Applications*. Longman Scientific and Technical. Singapore.
- RYAN, M. G., HUBBARD, R. M., PONGRACIC, S., RAISON, R., MCMURTRIE, R. E. 1996. Foliage, fine-root, woody-tissue and stand respiration in *Pinus radiata* in relation to nitrogen status. *Tree Physiology*, 16, 3: 333-343.
- RYU, S.-R., CONCILIO, A., CHEN, J., NORTH, M., MA, S. 2009. Prescribed burning and mechanical thinning effects on belowground conditions and soil respiration in a

- mixed-conifer forest, California. *Forest Ecology and Management*, 257, 4: 1324-1332.
- SAMUELSON, L., MATHEW, R., STOKES, T., FENG, Y., AUBREY, D., COLEMAN, M. 2009. Soil and microbial respiration in a loblolly pine plantation in response to seven years of irrigation and fertilization. *Forest Ecology and Management*, 258, 11: 2431-2438.
- SCHIMMEL, D. S., HOUSE, J. I., HIBBARD, K. A., BOUSQUET, P., CIAIS, P., PEYLIN, P., BRASWELL, B. H., APPS, M. J., BAKER, D., BONDEAU, A. 2001. Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. 414: 169-172.
- SCHLESINGER, W. H., ANDREWS, J. A. 2000. Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*, 48, 1: 7-20.
- SELIG, M. F., SEILER, J. R., TYREE, M. C. 2008. Soil carbon and CO₂ efflux as influenced by the thinning of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations on the piedmont of Virginia. *Forest Science*, 54, 1: 58-66.
- SELSTED, M. B., LINDEN, L., IBROM, A., MICHENSEN, A., LARSEN, K. S., PEDERSEN, J. K., MIKKELSEN, T. N., PILEGAARD, K., BEIER, C., AMBUS, P. 2012. Soil respiration is stimulated by elevated CO₂ and reduced by summer drought: three years of measurements in a multifactor ecosystem manipulation experiment in a temperate heathland (CLIMAITE). *Global Change Biology*, 18, 4: 1216-1230.
- SEVİM, A., KARA, Ö., AKYÜZ, M., USTA, A., ÇAKIROĞLU, K., YILMAZ, S. 2013. *Kayın (Fagus orientalis L.) meşcerelerinde aralamaların mikrobiyal karbon, toprak solunumu ve ölü örtü ayrışmasına etkileri*. Artvin: Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü.
- SIIRA-PIETIKÄINEN, A., HAIMI, J., KANNINEN, A., PIETIKÄINEN, J., FRITZE, H. 2001. Responses of decomposer community to root-isolation and addition of slash. *Soil Biology and Biochemistry*, 33, 14: 1993-2004.
- SIMONIN, K., KOLB, T., MONTES-HELU, M., KOCH, G. 2007. The influence of thinning on components of stand water balance in a ponderosa pine forest stand during and after extreme drought. *Agricultural and Forest Meteorology*, 143, 3: 266-276.
- SKOVSGAARD, J. P., STUPAK, I., VESTERDAL, L. 2006. Distribution of biomass and carbon in even-aged stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.): A case study on spacing and thinning effects in northern Denmark. *Scandinavian journal of forest research*, 21, 6: 470-488.
- SLODİCAK, M., NOVAK, J., SKOVSGAARD, J. P. 2005. Wood production, litter fall and humus accumulation in a Czech thinning experiment in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Forest Ecology and Management*, 209, 1-2: 157-166.
- SMETHURST, P., NAMBIAR, E. 1990. Distribution of carbon and nutrients and fluxes of mineral nitrogen after clear-felling a *Pinus radiata* plantation. *Canadian Journal of Forest Research*, 20, 9: 1490-1497.

- SON, Y., JUN, Y. C., LEE, Y. Y., KIM, R. H., YANG, S. Y. 2004. Soil carbon dioxide evolution, litter decomposition, and nitrogen availability four years after thinning in a Japanese larch plantation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35, 7-8: 1111-1122.
- SON, Y., LEE, W. K., LEE, S. E., RYU, S. R. 1999. Effects of thinning on soil nitrogen mineralization in a Japanese larch plantation. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 30, 17-18: 2539-2550.
- SPARLING, G. P. 1997. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. in Pankhurst, Doube, Gupta, eds. *Biological indicators of soil health.*, Pages 97-119
- STEINMANN, K., SIEGWOLF, R. T., SAURER, M., KÖRNER, C. 2004. Carbon fluxes to the soil in a mature temperate forest assessed by ¹³C isotope tracing. *Oecologia*, 141, 3: 489-501.
- STENBERG, B. 1999. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-plant Soil Science*, 49, 1: 1-24.
- STONE, D. M., KABZEMS, R. 2002. Aspen development on similar soils in Minnesota and British Columbia after compaction and forest floor removal. *The Forestry Chronicle*, 78, 6: 886-891.
- SUBKE, J. A., INGLIMA, I., FRANCESCA COTRUFO, M. 2006. Trends and methodological impacts in soil CO₂ efflux partitioning: a metaanalytical review. *Global change biology*, 12, 6: 921-943.
- SUBKE, J. A., VOKE, N. R., LERONNI, V., GARNETT, M. H., INESON, P. 2011. Dynamics and pathways of autotrophic and heterotrophic soil CO₂ efflux revealed by forest girdling. *Journal of Ecology*, 99, 1: 186-193.
- SULLIVAN, B., KOLB, T., HART, S., KAYE, J., DORE, S., MONTES-HELU, M. 2008. Thinning reduces soil carbon dioxide but not methane flux from southwestern USA ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management*, 255, 12: 4047-4055.
- SUSEELA, V., CONANT, R. T., WALLENSTEIN, M. D., DUKES, J. S. 2012. Effects of soil moisture on the temperature sensitivity of heterotrophic respiration vary seasonally in an old-field climate change experiment. *Global Change Biology*, 18, 1: 336-348.
- ŞENGÖNÜL, S., YILMAZ, H. 2008. *Atatürk Arboretumu Ağaç ve Çalıları*. İstanbul, 978-975-6691-56-4
- TANG, J., QI, Y., XU, M., MISSON, L., GOLDSTEIN, A. H. 2005. Forest thinning and soil respiration in a ponderosa pine plantation in the Sierra Nevada. *Tree Physiology*, 25, 1: 57-66.

- TECİMEN, H. B. 2005. *Dikimle Yetiştirilmiş Sahil Çamı (Pinus pinaster Aiton.) Ormanında Ayıklama İşlemlerinin Meşceredeki Azot Dolaşımına ve Ağaç Gelişimine Etkileri*. Doktora. İ.Ü. Fenbilimleri Enstitüsü
- TEKLAY, T., NORDGREN, A., MALMER, A. 2006. Soil respiration characteristics of tropical soils from agricultural and forestry land-uses at Wondo Genet (Ethiopia) in response to C, N and P amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 1: 125-133.
- TIAN, D.-L., PENG, Y.-Y., YAN, W.-D., FANG, X., KANG, W.-X., WANG, G.-J., CHEN, X.-Y. 2010. Effects of thinning and litter fall removal on fine root production and soil organic carbon content in Masson pine plantations. *Pedosphere*, 20, 4: 486-493.
- TOLUNAY, D. 1997. *Aladağ'da (BOLU) Sıklık Çağındaki Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Meşcerelerinde Bakımların Madde Dolaşımına Etkileri*. Doktora. İ.Ü. Fenbilimleri Enstitüsü
- TOLUNAY, D. 2003. Aladağ'da (BOLU) Sıklık Çağındaki Sarıçam (*Pinus Sylvestris L.*) Meşcerelerinde Bakımların Madde Dolaşımına Etkileri. . *I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, A-53 1: 47-73.
- TRAORÉ, S., THIOMBIANO, L., MILLOGO, J. R., GUINKO, S. 2007. Carbon and nitrogen enhancement in Cambisols and Vertisols by *Acacia* spp. in eastern Burkina Faso: Relation to soil respiration and microbial biomass. *Applied Soil Ecology*, 35, 3: 660-669.
- TUFEKÇIOĞLU, A., RAICH, J., ISENHART, T., SCHULTZ, R. 2001. Soil respiration within riparian buffers and adjacent crop fields. *Plant and Soil*, 229, 1: 117-124.
- TUFEKÇIOĞLU, A., BİLMİŞ, T., SAĞLAM, B., KÜÇÜK, M., ALTUN, L., YILMAZ, M., BİLGİLİ, E. 2006. Influence of fire on belowground root biomass and soil respiration dynamics in young brutian pine (*Pinus brutia*) stands in north-western Turkey. *Forest Ecology and Management*, 234, S167.
- TUFEKÇIOĞLU, A., GÜNER, S., ALTUN, L., KALAY, Z., YENER, İ. 2002. Kayın ve Ladin Meşcerelerinde İnce ve Kılcal Kök Biyokütlelerinin Karşılaştırılması. Pages 746-751. *I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*. Bartın.
- TUFEKÇIOĞLU, A., GÜNER, S., TILKI, F. 2011. Climate change and oriental spruce (*Picea orientalis*) ecosystems in Eastern Blacksea region of Turkey. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9, 1: 101-106.
- TUFEKÇIOĞLU, A., KÜÇÜK, M. 2004. Soil respiration in young and old oriental spruce stands and in adjacent grasslands in Artvin, Turkey. *Turk J Agric For*, 28, 429-434.
- UMUT, B., DÜNDAR, M., ÇELİK, O. 2000. *Sırlıklık Çağındaki Kayın (Fagus orientalis Lipsky) Meşcerelerinin Bakımı Üzerine Araştırmalar, Teknik Bülten No: 274*. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları. Ankara,

- ÜRGENÇ, S., ÇEPEL, N. 2001. *Ağaçlandırmalar için Tür Seçimi, Tohum Ekimi ve Fidan Dikiminin Pratik Esasları*. TEMA Vakfı Yayınları:33, Safa Tanıtım Matbaacılık Ltd. Şti.İstanbul,
- VALBUENA-CARABANA, M., GONZALEZ-MARTÍNEZ, S., GIL, L. 2008. Coppice forests and genetic diversity: A case study in *Quercus pyrenaica* Willd. from Central Spain. *Forest Ecology and Management*, 254, 2: 225-232.
- VANHALA, P. 2002. Seasonal variation in the soil respiration rate in coniferous forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 9: 1375-1379.
- VANHALA, P., TAMMINEN, P., FRITZE, H. 2005. Relationship between basal soil respiration rate, tree stand and soil characteristics in boreal forests. *Environmental monitoring and assessment*, 101, 1: 85-92.
- VESALA, T., SUNI, T., RANNIK, Ü., KERONEN, P., MARKKANEN, T., SEVANTO, S., GRÖNHOLM, T., SMOLANDER, S., KULMALA, M., ILVESNIEMI, H. 2005. Effect of thinning on surface fluxes in a boreal forest. *Global Biogeochemical Cycles*, 19, 2: GB2001.
- VESTERDAL, L., DALSGAARD, M., FELBY, C., RAULUND-RASMUSSEN, K., JØRGENSEN, B. B. 1995. Effects of thinning and soil properties on accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus in the forest floor of Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 77, 1: 1-10.
- VINCENT, G., SHAHRIARI, A. R., LUCOT, E., BADOT, P.-M., EPRON, D. 2006. Spatial and seasonal variations in soil respiration in a temperate deciduous forest with fluctuating water table. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 9: 2527-2535.
- WAN, S., NORBY, R. J., LEDFORD, J., WELTZIN, J. F. 2007. Responses of soil respiration to elevated CO₂, air warming, and changing soil water availability in a model old-field grassland. *Global change biology*, 13, 11: 2411-2424.
- WARDLE, D., GHANI. 1995. A critique of the microbial metabolic quotient (qCO₂) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. *Soil Biology and Biochemistry*, 27, 12: 1601-1610.
- XU, L., BALDOCCHI, D. D., TANG, J. 2004. How soil moisture, rain pulses, and growth alter the response of ecosystem respiration to temperature. *Global Biogeochemical Cycles*, 18, 4: GB4002.
- XU, M., DEBIASE, T. A., QI, Y., GOLDSTEIN, A., LIU, Z. 2001. Ecosystem respiration in a young ponderosa pine plantation in the Sierra Nevada Mountains, California. *Tree Physiology*, 21, 5: 309-318.
- YALTIRIK, F. 1984. *Türkiye Meşeleri Teşhis Kılavuzu*. Yenilik Basımevi.İstanbul,
- YANAI, R. D., ARTHUR, M. A., SICCAMA, T. G., FEDERER, C. A. 2000. Challenges of measuring forest floor organic matter dynamics: Repeated measures from a chronosequence. *Forest Ecology and Management*, 138, 1: 273-283.

- YIN, X., PERRY, J. A., DIXON, R. K. 1989. Influence of canopy removal on oak forest floor decomposition. *Canadian Journal of Forest Research*, 19, 2: 204-214.
- ZEIDE, B. 2001. Natural thinning and environmental change: an ecological process model. *Forest Ecology and Management*, 154, 1: 165-177.
- ZENNER, E. K., KABRICK, J. M., JENSEN, R. G., PECK, J. E., GRABNER, J. K. 2006. Responses of ground flora to a gradient of harvest intensity in the Missouri Ozarks. *Forest Ecology and Management*, 222, 1-3: 326-334.
- ZHOU, X., SHERRY, R. A., AN, Y., WALLACE, L. L., LUO, Y. 2006. Main and interactive effects of warming, clipping, and doubled precipitation on soil CO₂ efflux in a grassland ecosystem. *Global Biogeochemical Cycles*, 20, 1.
- ZIMMERMANN, S., FREY, B. 2002. Soil respiration and microbial properties in an acid forest soil: effects of wood ash. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 11: 1727-1737.
- ZORNOZA, R., GUERRERO, C., MATAIX-SOLERA, J., ARCENEGUI, V., GARCÍA-ORENES, F., MATAIX-BENEYTO, J. 2007. Assessing the effects of air-drying and rewetting pre-treatment on soil microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soluble carbon under Mediterranean conditions. *European Journal of Soil Biology*, 43, 2: 120-129.

EKLER

EK 1. 2010-2011 yılı meşe aralama alanları korelasyon analiz sonuçları (n=70)¹.

	Öö (g/m ²)	Dö (g/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	İnce Kök (g/m ²)
Solunum(gC/m ² /gün)	-0,378**	0,562**	-0,368**	0,546**	0,392**
Öö (g/m ²)		-0,397**	0,518**	-0,457**	-0,094
Dö (g/m ²)			-0,559**	0,441**	0,202
Nem (%)				-0,679**	0,205
Sıcaklık (°C)					0,011
	pH	C	C/N	N	
TMS (gC/m ² /gün)	0,240	-0,481**	-0,577**	0,255	
pH		-0,305*	-0,348**	0,186	
C (%)			0,578**	0,088	
C/N				-0,716**	
	Öö C	Öö C/N	Öö N		
ÖMS (gC/m ² /gün)	0,431**	0,379**	-0,459**		
Öö C (%)		0,193	-0,425**		
Öö C/N			-0,747**		

EK 2. 2011-2012 yılı meşe aralama alanları korelasyon analiz sonuçları (n=60).

	Dö (g/m ²)	Öö (g/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	İnce Kök (g/m ²)
Solunum(gC/m ² /gün)	0,447**	-0,106	-0,116	0,467**	0,335**
Dö (g/m ²)		-0,226	-0,550**	0,707**	0,253
Öö (g/m ²)			0,227	-0,228	-0,144
Nem (%)				-0,811**	-0,109
Sıcaklık (°C)					0,130
	pH	C (%)	C/N	N (%)	
TMS(gC/m ² /gün)	0,288*	-0,162	-0,170	0,287*	
pH		0,231	-0,203	0,318*	
C (%)			0,547**	-0,191	
C/N				-0,827**	
	Öö C	Öö C/N	Öö N		
ÖMS (gC/m ² /gün)	0,411**	0,203	-0,197		
Öö C (%)		-0,016	0,216		
Öö C/N			-0,923**		

¹ TMS: Toprak Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖMS : Ölü Örtü Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), pH : Toprak asitliği, Nem: Toprak nemi (%), Sıcaklık : Toprak sıcaklığı (°C), İnce kök (g/m²), C : toprak karbon içeriği (%), N : Toprak azot içeriği (%), C/N : Toprak karbon/azot oranı, ÖÖC : Ölü örtü karbon içeriği (%), ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği (%), ÖÖ C/N : Ölü örtü karbon/azot oranı.

EK 3. 2010-2012 yılı meşe aralama alanları korelasyon analiz sonuçları (n=130)².

	Öö (g/m ²)	Dö (g/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	İnce Kök (g/m ²)
Solunum(g C/m ² /gün)	-0,269**	0,504**	-0,244**	0,500**	0,310**
Öö (g/m ²)		-0,282**	0,415**	-0,329**	0,014
Dö (g/m ²)			-0,450**	0,500**	0,336**
Nem (%)				-0,721**	0,198*
Sıcaklık (°C)					0,065
	pH	C (%)	C/N	N (%)	
TMS(gC/m ² /gün)	0,343**	-0,393**	-0,416**	0,360**	
pH		-0,125	-0,305**	0,308**	
C (%)			0,649**	-0,147	
C/N				-0,776**	
	Öö C	Öö C/N	Öö N		
ÖMS(gC/m ² /gün)	0,307**	0,302**	-0,380**		
Öö C (%)		0,110	-0,211*		
Öö C/N			-0,757**		

EK 4. 2010-2011 yılı meşe kontrol alanları korelasyon analiz sonuçları (n=70).

	Öö (g/m ²)	Dö (g/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	İnce Kök (g/m ²)
Solunum(gC/m ² /gün)	-0,093	0,449**	-0,141	0,371**	0,039
Öö (g/m ²)		-0,612**	0,734**	-0,607**	0,565**
Dö (g/m ²)			-0,586**	0,451**	-0,238*
Nem (%)				-0,571**	0,636**
Sıcaklık (°C)					-0,350**
	pH	C (%)	C/N	N (%)	
TMS (gC/m ² /gün)	0,150	0,147	0,159	-0,141	
pH		0,382**	0,501**	-0,397**	
C (%)			0,732**	-0,095	
C/N				-0,696**	
	Öö C	Öö C/N	Öö N		
ÖMS(gC/m ² /gün)	0,338**	0,481**	-0,428**		
Öö C (%)		-0,031	-0,130		
Öö C/N			-0,781**		

² TMS: Toprak Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖMS : Ölü Örtü Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), pH : Toprak asitliği, Nem: Toprak nemi (%), Sıcaklık : Toprak sıcaklığı (°C), İnce kök (g/m²), C : toprak karbon içeriği (%), N : Toprak azot içeriği (%), C/N : Toprak karbon/azot oranı, ÖÖC : Ölü örtü karbon içeriği (%), ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği (%), ÖÖ C/N : Ölü örtü karbon/azot oranı.

EK 5. 2011-2012 yılı meşe kontrol alanları korelasyon analiz sonuçları (n=60)³.

	Öö (g/m ²)	Dö (g/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	İnce Kök (g/m ²)
Solunum(gC/m ² /gün)	0,260*	0,373**	0,241*	0,095	0,133
Öö (g/m ²)		-0,058	0,078	-0,114	-0,210
Dö (g/m ²)			-0,239	0,421**	0,308*
Nem (%)				-0,715**	0,160
Sıcaklık (°C)					-0,164
	pH	C (%)	C/N	N (%)	
TMS(gC/m ² /gün)	0,131	-0,461**	-0,530**	0,756**	
pH		-0,608**	-0,506**	0,300*	
C (%)			0,872**	-0,608**	
C/N				-0,813**	
	Öö C	Öö C/N	Öö N		
ÖMS (gC/m ² /gün)	0,314*	0,330*	-0,253		
Öö C (%)		0,492**	-0,209		
Öö C/N			-0,834**		

EK 6. 2010-2012 yılı meşe kontrol alanları korelasyon analiz sonuçları (n=130).

	Öö (g/m ²)	Dö (g/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	İnce Kök (g/m ²)
Solunum(gC/m ² /gün)	0,030	0,374**	0,017	0,225*	0,045
Öö (g/m ²)		-0,416**	0,419**	-0,361**	0,312**
Dö (g/m ²)			-0,367**	0,398**	0,027
Nem (%)				-0,645**	0,422**
Sıcaklık (°C)					-0,215*
	pH	C (%)	C/N	N (%)	
TMS (gC/m ² /gün)	0,134	-0,138	-0,175*	0,309**	
pH		-0,241**	-0,161	0,088	
C (%)			0,793**	-0,335**	
C/N				-0,756**	
	Öö C	Öö C/N	Öö N		
ÖMS(gC/m ² /gün)	0,332**	0,334**	-0,228**		
Öö C (%)		0,182*	-0,154		
Öö C/N			-0,779**		

³ TMS: Toprak Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖMS : Ölü Örtü Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), pH : Toprak asitliği, Nem: Toprak nemi (%), Sıcaklık : Toprak sıcaklığı (°C), İnce kök (g/m²), C : toprak karbon içeriği (%), N : Toprak azot içeriği (%), C/N : Toprak karbon/azot oranı, ÖÖC : Ölü örtü karbon içeriği (%), ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği (%), ÖÖ C/N : Ölü örtü karbon/azot oranı.

EK 7. 2010-2011 yılı gürgen aralama alanları korelasyon analiz sonuçları (n=70)⁴.

	Öö (g/m ²)	Dö (g/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	İnce Kök (g/m ²)
Solunum(gC/m ² /gün)	-0,219	0,461 **	-0,353 **	0,582 **	0,366 **
Öö (g/m ²)		-0,393 **	0,633 **	-0,454 **	0,384 **
Dö (g/m ²)			-0,564 **	0,538 **	0,232
Nem (%)				-0,698 **	0,173
Sıcaklık (°C)					0,149
	pH	C (%)	C/N	N (%)	
TMS(gC/m ² /gün)	0,099	-0,729 **	-0,784 **	0,683 **	
pH		-0,313 **	-0,256 *	0,136	
C (%)			0,805 **	-0,496 **	
C/N				-0,895 **	
	Öö C	Öö C/N	Öö N		
ÖMS (gC/m ² /gün)	0,148	0,763 **	-0,716 **		
Öö C (%)		0,231	-0,306 *		
Öö C/N			-0,807 **		

EK 8. 2011-2012 yılı gürgen aralama alanları korelasyon analiz sonuçları (n=60).

	Öö (g/m ²)	Dö (g/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	İnce Kök (g/m ²)
Solunum(gC/m ² /gün)	-0,200	0,531 **	0,030	0,437 **	0,296 *
Öö (g/m ²)		-0,079	0,339 **	-0,384 **	-0,111
Dö (g/m ²)			0,015	0,264 *	0,458 **
Nem (%)				-0,796 **	0,095
Sıcaklık (°C)					0,008
	pH	C (%)	C/N	N (%)	
TMS(gC/m ² /gün)	0,314 **	-0,392 **	-0,508 **	0,621 **	
pH		-0,504 **	-0,466 **	0,348 **	
C (%)			0,762 **	-0,383 **	
C/N				-0,814 **	
	Öö C	Öö C/N	Öö N		
ÖMS (gC/m ² /gün)	0,415 **	0,279 *	-0,302 *		
Öö C (%)		0,039	0,082		
Öö C/N			-0,922 **		

⁴ TMS: Toprak Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖMS : Ölü Örtü Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), pH : Toprak asitliği, Nem: Toprak nemi (%), Sıcaklık : Toprak sıcaklığı (°C), İnce kök (g/m²), C : toprak karbon içeriği (%), N : Toprak azot içeriği (%), C/N : Toprak karbon/azot oranı, ÖÖC : Ölü örtü karbon içeriği (%), ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği (%), ÖÖ C/N : Ölü örtü karbon/azot oranı.

EK 9. 2010-2012 yılı gürgen aralama alanları korelasyon analiz sonuçları (n=130)⁵.

	Öö (g/m ²)	Dö (g/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	İnce Kök (g/m ²)
Solunum(gC/m ² /gün)	-0,206*	0,434**	-0,203*	0,505**	0,273**
Öö (g/m ²)		-0,202*	0,539**	-0,365**	0,387**
Dö (g/m ²)			-0,306**	0,416**	0,405**
Nem (%)				-0,716**	0,202*
Sıcaklık (°C)					0,134
	pH	C (%)	C/N	N (%)	
TMS(gC/m ² /gün)	0,319**	-0,551**	-0,596**	0,616**	
pH		-0,489**	-0,424**	0,307**	
C (%)			0,795**	-0,445**	
C/N				-0,840**	
	Öö C	Öö C/N	Öö N		
ÖMS (gC/m ² /gün)	0,292**	0,561**	-0,502**		
Öö C (%)		0,096	-0,018		
Öö C/N			-0,799**		

EK 10. 2010-2011 yılı gürgen kontrol alanları korelasyon analiz sonuçları (n=70).

	Öö (g/m ²)	Dö (g/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	İnce Kök (g/m ²)
Solunum(gC/m ² /gün)	-0,201	0,356**	-0,160	0,386**	0,183
Öö (g/m ²)		-0,191	0,529**	-0,490**	0,279*
Dö (g/m ²)			-0,243*	0,269*	0,012
Nem (%)				-0,727**	0,626**
Sıcaklık (°C)					-0,432**
	pH	C (%)	C/N	N (%)	
TMS(gC/m ² /gün)	0,379**	0,213	-0,076	0,261*	
pH		-0,159	-0,219	-0,007	
C (%)			0,431**	0,629**	
C/N				-0,417**	
	Öö C	Öö C/N	Öö N		
ÖMS (gC/m ² /gün)	0,388**	0,759**	-0,739**		
Öö C (%)		0,123	0,161		
Öö C/N			-0,926**		

⁵ TMS: Toprak Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖMS : Ölü Örtü Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), pH : Toprak asitliği, Nem: Toprak nemi (%), Sıcaklık : Toprak sıcaklığı (°C), İnce kök (g/m²), C : toprak karbon içeriği (%), N : Toprak azot içeriği (%), C/N : Toprak karbon/azot oranı, ÖÖC : Ölü örtü karbon içeriği (%), ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği (%), ÖÖ C/N : Ölü örtü karbon/azot oranı.

EK 11. 2011-2012 yılı gürgen kontrol alanları korelasyon analiz sonuçları (n=60)⁶.

	Öö (g/m ²)	Dö (g/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	İnce Kök (g/m ²)
Solunum(gC/m ² /gün)	0,005	0,178	0,497**	-0,145	-0,109
Öö (g/m ²)		-0,075	0,441**	-0,559**	-0,113
Dö (g/m ²)			0,085	0,011	0,098
Nem (%)				-0,718**	0,180
Sıcaklık (°C)					-0,235
	pH	C (%)	C/N	N (%)	
TMS(gC/m ² /gün)	0,161	-0,418**	-0,554**	0,418**	
pH		-0,642**	-0,316*	-0,118	
C (%)			0,537**	0,061	
C/N				-0,767**	
	Öö C	Öö C/N	Öö N		
ÖMS (gC/m ² /gün)	0,213	0,479**	-0,271*		
Öö C (%)		-0,328*	0,580**		
Öö C/N			-0,859**		

EK 12. 2010-2012 yılı gürgen kontrol alanları korelasyon analiz sonuçları (n=130).

	Öö (g/m ²)	Dö (g/m ²)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	İnce Kök (g/m ²)
Solunum(gC/m ² /gün)	-0,153	0,228**	0,146	0,090	0,034
Öö (g/m ²)		-0,056	0,497**	-0,467**	0,279**
Dö (g/m ²)			-0,053	0,154	0,175*
Nem (%)				-0,704**	0,472**
Sıcaklık (°C)					-0,268**
	pH	C (%)	C/N	N (%)	
TMS(gC/m ² /gün)	0,284**	-0,291**	-0,499**	0,429**	
pH		-0,465**	-0,412**	0,027	
C (%)			0,624**	0,101	
C/N				-0,661**	
	Öö C	Öö C/N	Öö N		
ÖMS(gC/m ² /gün)	0,236**	0,416**	-0,298**		
Öö C (%)		-0,129	0,415**		
Öö C/N			-0,815**		

⁶ TMS: Toprak Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖMS : Ölü Örtü Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), pH : Toprak asitliği, Nem: Toprak nemi (%), Sıcaklık : Toprak sıcaklığı (°C), İnce kök (g/m²), C : toprak karbon içeriği (%), N : Toprak azot içeriği (%), C/N : Toprak karbon/azot oranı, ÖÖC : Ölü örtü karbon içeriği (%), ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği (%), ÖÖ C/N : Ölü örtü karbon/azot oranı.

EK 13. 2010-2011 yılı meşe aralama alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları (n=70)⁷.

	Öö g/m ²	Dö g/m ²	Top N %	Top C %	Öö N %	Öö C %	Dö N %
Dö	-0,397**						
Top N	0,254*	- 0,180					
Top C	- 0,000	0,021	0,088				
Öö N	- 0,216	0,179	- 0,774**	- 0,255*			
Öö C	0,013	0,191	0,444**	0,119	- 0,425**		
Dö N	0,334**	-0,341*	0,400**	0,293*	- 0,476**	- 0,010	
Dö C	0,026	0,189	0,137	0,228	- 0,197	0,551**	- 0,272*

EK 14. 2011-2012 yılı meşe aralama alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları (n=60).

	Öö g/m ²	Dö g/m ²	Top N %	Top C %	Öö N %	Öö C %	Dö N %
Dö	-0,226						
Top N	-0,320	0,239					
Top C	- 0,024	0,028	- 0,191				
Öö N	- 0,224	0,379**	- 0,021	0,389**			
Öö C	- 0,251	0,297*	0,173	- 0,254	0,216		
Dö N	0,137	-0,387*	- 0,161	0,157	- 0,470**	- 0,396**	
Dö C	- 0,053	- 0,149	0,094	- 0,319*	- 0,331*	- 0,056	0,050

EK 15. 2010-2012 yılı meşe aralama alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları (n=130).

	Öö g/m ²	Dö g/m ²	Top N %	Top C %	Öö N %	Öö C %	Dö N %
Dö	-0,282**						
Top N	0,071	-0,094					
Top C	0,068	0,158	-0,147				
Öö N	-0,209*	0,235**	-0,402**	-0,039			
Öö C	-0,126	0,074	0,381**	-0,169	-0,211*		
Dö N	0,179*	-0,369**	0,107*	0,076	-0,447**	-0,076	
Dö C	-0,012	0,060	0,124	0,018	-0,250**	0,319**	-0,079

⁷ ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), Top C : toprak karbon içeriği (%), Top N : Toprak azot içeriği (%), Top C/N : Toprak karbon/azot oranı, ÖÖC : Ölü örtü karbon içeriği (%), ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği (%), ÖÖ C/N : Ölü örtü karbon/azot oranı, DÖ C : Diri örtü karbon içeriği (%), DÖ N : Diri örtü azot içeriği (%), DÖ C/N : Diri örtü karbon/azot oranı.

EK 16. 2010-2011 yılı meşe kontrol alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları (n=70)⁸.

	Öö g/m ²	Dö g/m ²	Top N %	Top C %	Öö N %	Öö C %	Dö N %
Dö	-0,612**						
Top N	0,088	-0,133					
Top C	-0,023	-0,075	-0,095				
Öö N	-0,276*	0,327**	-0,557**	-0,210			
Öö C	-0,250*	0,117	0,265*	0,213	-0,130		
Dö N	0,052	-0,255*	0,156	0,199	-0,411**	0,641**	
Dö C	-0,316**	0,225	0,197	0,117	0,249*	0,326**	-0,049

EK 17. 2011-2012 yılı meşe kontrol alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları (n=60).

	Öö g/m ²	Dö g/m ²	Top N %	Top C %	Öö N %	Öö C %	Dö N %
Dö	-0,058						
Top N	0,414**	0,119					
Top C	-0,297*	-0,042	-0,608**				
Öö N	-0,016	0,415**	0,009	-0,219			
Öö C	-0,047	0,033	0,200	0,221	-0,209		
Dö N	-0,042	-0,168	-0,052	0,026	-0,597**	0,028	
Dö C	-0,119	0,205	-0,150	0,317*	0,252	-0,265*	-0,466**

EK 18. 2010-2012 yılı meşe kontrol alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları (n=130).

	Öö g/m ²	Dö g/m ²	Top N %	Top C %	Öö N %	Öö C %	Dö N %
Dö	-0,416**						
Top N	0,209*	-0,133					
Top C	-0,123	-0,026	-0,335**				
Öö N	-0,151	0,252**	-0,205*	-0,224*			
Öö C	-0,167	0,051	0,247**	0,204*	-0,154		
Dö N	-0,009	-0,227*	0,064	0,072	-0,486**	0,267**	
Dö C	-0,254**	0,150	0,095	0,164	0,259**	0,108	-0,201*

⁸ ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), Top C : toprak karbon içeriği (%), Top N : Toprak azot içeriği (%), Top C/N : Toprak karbon/azot oranı, ÖÖC : Ölü örtü karbon içeriği (%), ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği (%), ÖÖ C/N : Ölü örtü karbon/azot oranı, DÖ C : Diri örtü karbon içeriği (%), DÖ N : Diri örtü azot içeriği (%), DÖ C/N : Diri örtü karbon/azot oranı.

EK 19. 2010-2011 yılı gürgen aralama alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları (n=70)⁹.

	Öö g/m ²	Dö g/m ²	Top N %	Top C %	Öö N %	Öö C %	Dö N %
Dö	-0,393**						
Top N	-0,160	0,037					
Top C	0,014	0,162	-0,496**				
Öö N	-0,145	-0,100	0,076	0,009			
Öö C	-0,018	0,079	0,356**	0,077	-0,306*		
Dö N	0,249*	-0,052	-0,317**	0,242*	-0,663**	0,220	
Dö C	-0,411**	0,333**	0,233	-0,247*	0,054	-0,150	-0,164

EK 20. 2011-2012 yılı gürgen aralama alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları (n=60).

	Öö g/m ²	Dö g/m ²	Top N %	Top C %	Öö N %	Öö C %	Dö N %
Dö	-0,079						
Top N	-0,088	0,277*					
Top C	0,310*	-0,326*	-0,383**				
Öö N	-0,265*	0,141	-0,172	-0,209			
Öö C	-0,243	0,255	0,224	-0,814**	0,082		
Dö N	0,115	-0,128	-0,335**	-0,070	-0,048	0,283*	
Dö C	-0,165	0,304*	0,068	-0,398**	0,045	0,479**	0,052

EK 21. 2010-2012 yılı gürgen aralama alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları (n=130).

	Öö g/m ²	Dö g/m ²	Top N %	Top C %	Öö N %	Öö C %	Dö N %
Dö	-0,202*						
Top N	-0,154	0,040					
Top C	0,234**	0,141	-0,445**				
Öö N	-0,264**	-0,155	-0,002	-0,267**			
Öö C	-0,148	0,033	0,300**	-0,473**	-0,018		
Dö N	0,135	-0,123	-0,287**	-0,029	-0,245**	0,279**	
Dö C	-0,345**	0,246**	0,155	-0,336**	0,092	0,151	-0,040

⁹ ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), Top C : toprak karbon içeriği (%), Top N : Toprak azot içeriği (%), Top C/N : Toprak karbon/azot oranı, ÖÖC : Ölü örtü karbon içeriği (%), ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği (%), ÖÖ C/N : Ölü örtü karbon/azot oranı, DÖ C : Diri örtü karbon içeriği (%), DÖ N : Diri örtü azot içeriği (%), DÖ C/N : Diri örtü karbon/azot oranı.

EK 22. 2010-2011 yılı gürgen kontrol alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları (n=70)¹⁰.

	Öö g/m ²	Dö g/m ²	Top N %	Top C %	Öö N %	Öö C %	Dö N %
Dö	-0,191						
Top N	-0,050	0,081					
Top C	-0,094	0,158	0,629**				
Öö N	-0,389**	0,221	-0,126	-0,360**			
Öö C	-0,134	0,438**	0,159	0,001	0,161		
Dö N	0,108	0,086	-0,490**	-0,452**	0,022	0,323**	
Dö C	-0,385**	0,311**	0,190	0,041	0,235	0,651**	0,248*

EK 23. 2011-2012 yılı gürgen kontrol alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları (n=60).

	Öö g/m ²	Dö g/m ²	Top N %	Top C %	Öö N %	Öö C %	Dö N %
Dö	-0,075						
Top N	0,164	-0,004					
Top C	0,034	0,180	0,061				
Öö N	-0,538**	0,162	0,146	-0,481**			
Öö C	-0,321*	-0,082	0,132	-0,156	0,580**		
Dö N	0,228	-0,383**	-0,197	-0,012	-0,473**	-0,349**	
Dö C	0,078	-0,329*	-0,208	0,081	-0,192	0,384**	0,244

EK 24. 2010-2012 yılı gürgen kontrol alanları karbon ve azot korelasyon sonuçları (n=130).

	Öö g/m ²	Dö g/m ²	Top N %	Top C %	Öö N %	Öö C %	Dö N %
Dö	-0,056						
Top N	-0,023	-0,082					
Top C	0,073	0,326**	0,101				
Öö N	-0,405**	0,134	0,084	-0,338**			
Öö C	-0,253**	0,106	0,211*	-0,193*	0,415**		
Dö N	0,065	-0,146	-0,196*	-0,411**	-0,207*	0,119	
Dö C	-0,186*	0,124	-0,067	0,094	-0,035	0,473**	0,208*

¹⁰ ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), Top C : toprak karbon içeriği (%), Top N : Toprak azot içeriği (%), Top C/N : Toprak karbon/azot oranı, ÖÖC : Ölü örtü karbon içeriği (%), ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği (%), ÖÖ C/N : Ölü örtü karbon/azot oranı, DÖ C : Diri örtü karbon içeriği (%), DÖ N : Diri örtü azot içeriği (%), DÖ C/N : Diri örtü karbon/azot oranı.

EK 25. 2010-2011 yılı analiz sonuçları.

Ör. Alan	TS	TMS	TMÖ	Ö.Ö	D.Ö	Nem	Sıcaklık	pH	HA	İnce Kök
MA1-1	1,78	0,53	0,62	449,55	64,03	39,55	16,44	5,06	648,02	832,36
MA1-2	2,10	0,56	0,57	418,98	109,39	39,88	17,39	5,04	677,64	1384,17
MA1-3	1,75	0,54	0,85	649,43	36,17	37,31	16,36	5,00	692,22	859,23
MA1-4	2,04	0,51	0,60	475,43	96,25	38,19	17,34	4,93	676,94	1079,52
MA1-5	2,01	0,58	0,43	347,82	86,45	43,85	16,34	4,92	735,14	1129,61
MA2-1	1,80	0,56	0,63	518,92	68,87	37,81	16,53	4,90	646,84	891,10
MA2-2	1,92	0,55	0,59	485,44	73,69	33,31	16,27	4,83	640,84	1181,31
MA2-3	2,05	0,54	0,62	526,77	79,37	42,27	16,79	4,74	624,45	1228,03
MA2-4	2,03	0,52	0,76	646,01	67,64	34,02	16,06	4,72	641,36	1283,99
MA2-5	2,04	0,48	0,74	652,87	72,01	30,99	16,67	4,70	647,65	1220,38
MK1-1	1,69	0,56	0,82	639,01	55,38	42,81	15,10	5,07	546,89	971,25
MK1-2	1,85	0,55	0,61	548,69	28,17	35,61	15,57	5,05	516,43	1353,95
MK1-3	1,73	0,61	0,65	595,67	51,86	39,94	15,61	4,99	590,73	1167,61
MK1-4	1,88	0,60	0,58	533,04	37,37	31,85	16,73	4,94	606,84	1439,64
MK1-5	1,80	0,60	0,56	583,08	47,78	36,38	16,07	4,94	603,13	1255,87
MK2-1	1,72	0,68	0,57	598,19	77,07	39,73	15,99	4,87	650,14	1073,60
MK2-2	1,85	0,70	0,51	547,65	73,08	35,64	16,27	4,87	678,35	1392,98
MK2-3	1,59	0,73	0,62	741,60	58,84	38,07	15,61	4,86	726,89	768,71
MK2-4	1,69	0,71	0,45	615,63	46,68	36,81	15,49	4,86	743,33	1030,08
MK2-5	1,72	0,42	0,38	614,51	56,91	43,61	15,69	4,81	504,84	1041,49
GA1-1	1,71	0,77	0,56	351,05	68,62	35,78	15,41	4,98	589,87	911,15
GA1-2	1,57	0,71	0,56	395,64	38,53	32,63	15,77	4,93	598,38	873,68
GA1-3	1,79	0,72	0,51	363,12	68,66	37,80	15,83	4,91	612,78	1135,45
GA1-4	1,79	0,75	0,44	333,23	73,07	36,52	15,56	4,88	664,20	1244,90
GA1-5	1,79	0,68	0,47	367,27	94,41	38,59	15,41	4,86	643,95	988,76
GA2-1	1,73	0,88	0,63	513,59	61,87	34,64	15,61	4,77	829,52	764,85
GA2-2	1,83	0,88	0,54	447,62	53,35	37,59	16,67	4,72	824,44	1002,44
GA2-3	1,62	0,70	0,62	538,42	75,28	33,65	16,56	4,70	695,38	1302,50
GA2-4	1,89	0,69	0,55	486,38	71,05	38,41	15,77	4,68	720,53	1275,04
GA2-5	1,87	0,85	0,36	404,56	64,39	37,38	14,73	4,53	910,92	1211,97
GK1-1	1,74	1,01	1,58	817,46	37,55	36,83	14,69	5,36	804,32	952,22
GK1-2	1,67	1,03	1,20	653,74	36,37	34,37	14,61	5,25	852,96	929,68
GK1-3	1,65	0,80	1,00	597,14	61,50	36,76	14,56	5,20	700,23	854,41
GK1-4	1,64	0,81	0,92	568,93	41,25	33,74	14,44	5,18	723,80	841,37
GK1-5	1,62	0,78	0,83	518,97	27,62	34,81	14,41	5,16	692,75	796,68
GK2-1	1,61	0,76	0,80	514,92	34,91	35,82	14,40	5,13	749,42	786,98
GK2-2	1,59	0,78	0,77	497,78	39,10	40,79	14,34	5,07	726,33	768,29
GK2-3	1,54	0,71	0,68	451,85	44,83	38,48	14,34	5,01	669,03	757,67
GK2-4	1,51	0,67	0,67	448,01	48,58	34,51	14,23	4,99	669,15	721,61
GK2-5	1,35	0,99	0,52	367,36	60,02	40,06	14,00	4,98	1008,87	585,59

TS : Toprak Solunumu (g C/m²/gün), TMS: Toprak Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖMS : Ölü Örtü Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), Nem: Toprak nemi (%), Sıcaklık : Toprak sıcaklığı (°C), HA : Hacim ağırlığı (g/l) , İnce kök (g/m²).

EK 26. 2011-2012 yılı analiz sonuçları.

Ör. Alan	TS	TMS	TMÖ	Ö.Ö	D.Ö	Nem	Sıcaklık	pH	HA	İnce Kök
MA1-1	2,06	0,96	0,47	338,67	54,47	22,68	16,10	4,92	875,70	641,90
MA1-2	1,97	0,98	0,56	410,16	62,36	32,33	16,10	4,88	914,17	636,38
MA1-3	1,96	0,88	0,57	423,18	60,53	36,55	16,01	4,87	842,03	647,25
MA1-4	1,95	0,90	0,58	437,50	60,00	35,35	15,93	4,93	875,70	618,70
MA1-5	1,94	0,77	0,58	441,82	48,79	34,00	15,83	4,99	808,36	748,36
MA2-1	1,84	0,86	0,56	445,76	25,97	31,69	15,80	5,17	814,48	716,45
MA2-2	1,84	0,89	0,55	453,41	40,97	25,55	15,78	5,03	848,14	635,74
MA2-3	1,81	0,73	0,61	510,93	33,98	30,82	15,75	5,18	780,81	602,99
MA2-4	1,73	0,74	0,63	543,35	50,94	31,88	15,68	5,17	814,48	581,76
MA2-5	1,72	0,67	0,71	612,39	40,63	34,57	15,60	5,22	747,14	601,36
MK1-1	1,86	0,82	0,89	546,68	30,89	26,19	15,13	4,90	794,91	789,72
MK1-2	1,84	0,82	0,92	509,07	26,71	30,21	15,23	4,93	828,58	722,26
MK1-3	1,84	0,73	1,03	578,45	20,22	33,69	15,40	5,01	761,25	631,34
MK1-4	1,88	0,74	1,24	646,75	8,65	27,69	15,45	4,88	794,91	701,39
MK1-5	1,66	0,66	1,44	653,78	35,93	32,44	15,23	4,96	727,58	551,45
MK2-1	1,80	0,60	1,11	597,29	61,12	32,91	15,15	5,06	704,22	973,56
MK2-2	1,92	0,63	1,30	668,91	38,09	35,75	15,28	5,04	737,89	963,29
MK2-3	1,79	0,56	0,68	435,12	29,07	32,43	14,73	5,08	670,55	809,41
MK2-4	2,07	0,58	1,23	714,75	23,10	33,37	15,20	5,10	704,22	1077,08
MK2-5	1,67	0,47	0,86	487,87	37,81	53,28	14,88	5,04	636,89	830,61
GA1-1	2,06	1,02	0,59	331,34	42,73	38,04	14,38	4,98	878,49	699,32
GA1-2	1,75	1,05	0,51	288,28	34,13	31,06	14,33	4,99	912,16	657,99
GA1-3	1,74	0,95	0,51	315,40	47,93	32,88	14,30	5,04	844,83	607,40
GA1-4	1,79	0,91	0,54	292,83	34,21	27,21	14,38	5,04	878,49	659,14
GA1-5	1,94	0,83	0,62	377,33	42,58	33,96	14,15	5,03	811,16	643,88
GA2-1	1,79	1,02	0,82	429,84	22,71	31,21	14,35	4,81	1009,71	618,94
GA2-2	1,64	1,03	0,53	282,15	27,22	30,34	15,40	4,86	1043,37	581,73
GA2-3	1,61	0,95	0,63	359,12	35,31	32,64	14,27	4,90	976,04	532,25
GA2-4	1,71	0,92	0,62	353,72	41,61	27,17	14,85	4,81	1009,71	545,98
GA2-5	1,63	0,84	0,48	304,13	39,89	30,67	14,13	4,86	942,37	544,26
GK1-1	1,75	1,07	1,11	512,75	15,41	30,27	14,00	5,23	928,58	499,83
GK1-2	1,78	1,06	0,99	467,11	9,98	35,81	14,08	5,17	962,25	627,20
GK1-3	1,75	0,94	1,03	511,05	19,35	39,30	13,77	5,26	894,91	555,48
GK1-4	1,65	0,94	0,85	437,25	19,75	29,08	14,03	5,13	928,58	489,80
GK1-5	1,94	0,84	0,95	500,87	26,37	28,34	14,38	5,15	861,25	593,47
GK2-1	1,98	0,86	0,85	457,52	28,35	35,09	13,93	5,59	909,96	554,32
GK2-2	1,97	0,84	0,69	390,16	18,85	33,88	13,90	5,43	943,63	506,48
GK2-3	1,89	0,65	0,54	308,77	41,76	30,14	13,80	5,50	876,29	559,82
GK2-4	2,05	0,68	0,78	452,38	30,94	27,52	14,00	5,53	909,96	563,15
GK2-5	1,70	0,55	0,62	377,23	15,95	30,62	13,80	5,53	842,63	511,69

TS : Toprak Solunumu (g C/m²/gün), TMS: Toprak Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖMS : Ölü Örtü Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), Nem: Toprak nemi (%), Sıcaklık : Toprak sıcaklığı (°C), HA : Hacim ağırlığı (g/l) , İnce kök (g/m²).

EK 27. 2010-2012 yılı analiz sonuçları.

Ör. Alan	TS	TMS	TMÖ	Ö.Ö	D.Ö	Nem	Sıcaklık	pH	HA	İnce Kök
MA1-1	1,92	0,74	0,55	394,11	59,25	31,12	16,27	4,99	761,86	737,13
MA1-2	2,04	0,77	0,57	414,57	85,87	36,10	16,74	4,96	795,90	1010,28
MA1-3	1,86	0,70	0,71	536,31	48,35	36,93	16,19	4,93	767,12	753,24
MA1-4	1,99	0,70	0,59	456,46	78,13	36,77	16,64	4,93	776,32	849,11
MA1-5	1,98	0,67	0,50	394,82	67,62	38,93	16,09	4,95	771,75	938,99
MA2-1	1,82	0,71	0,60	482,34	47,42	34,75	16,16	5,04	730,66	803,77
MA2-2	1,88	0,72	0,57	469,43	57,33	29,43	16,03	4,93	744,49	908,53
MA2-3	1,93	0,64	0,61	518,85	56,68	36,54	16,27	4,96	702,63	915,51
MA2-4	1,88	0,64	0,70	594,68	59,29	32,95	15,87	4,94	727,92	932,88
MA2-5	1,88	0,57	0,72	632,63	56,32	32,78	16,14	4,96	697,39	910,87
MK1-1	1,78	0,71	0,86	592,84	43,13	34,50	15,12	4,99	670,90	880,48
MK1-2	1,85	0,70	0,77	528,88	27,44	32,91	15,40	4,99	672,50	1038,11
MK1-3	1,78	0,68	0,84	587,06	36,04	36,82	15,51	5,00	675,99	899,47
MK1-4	1,88	0,68	0,89	589,90	23,01	29,77	16,09	4,91	700,88	1070,51
MK1-5	1,73	0,64	0,98	618,43	41,85	34,41	15,65	4,95	665,35	903,66
MK2-1	1,76	0,65	0,84	597,74	69,09	36,32	15,57	4,97	677,18	1023,58
MK2-2	1,89	0,67	0,87	608,28	55,58	35,70	15,78	4,96	708,12	1178,13
MK2-3	1,69	0,65	0,71	588,36	43,96	35,25	15,17	4,97	698,72	789,06
MK2-4	1,88	0,64	0,82	665,19	34,89	35,09	15,34	4,98	723,77	1053,58
MK2-5	1,70	0,45	0,66	551,19	47,36	48,45	15,28	4,92	570,86	936,05
GA1-1	1,89	0,92	0,58	341,20	55,67	36,91	14,90	4,98	734,18	805,23
GA1-2	1,66	0,89	0,55	341,96	36,33	31,84	15,05	4,96	755,27	765,84
GA1-3	1,76	0,85	0,52	339,26	58,29	35,34	15,06	4,97	728,80	871,42
GA1-4	1,79	0,84	0,50	313,03	53,64	31,87	14,97	4,96	771,35	952,02
GA1-5	1,86	0,77	0,55	372,30	68,49	36,28	14,78	4,94	727,56	816,32
GA2-1	1,76	0,96	0,74	471,71	42,29	32,93	14,98	4,79	919,61	691,89
GA2-2	1,73	0,97	0,56	364,89	40,28	33,96	16,04	4,79	933,90	792,08
GA2-3	1,62	0,84	0,65	448,77	55,30	33,15	15,41	4,80	835,71	917,37
GA2-4	1,80	0,82	0,60	420,05	56,33	32,79	15,31	4,75	865,12	910,51
GA2-5	1,75	0,85	0,44	354,35	52,14	34,03	14,43	4,70	926,65	878,11
GK1-1	1,74	1,05	1,36	665,11	26,48	33,55	14,34	5,29	866,45	726,03
GK1-2	1,73	1,06	1,11	560,42	23,18	35,09	14,35	5,21	907,60	778,44
GK1-3	1,70	0,89	1,02	554,10	40,43	38,03	14,16	5,23	797,57	704,94
GK1-4	1,65	0,89	0,90	503,09	30,50	31,41	14,24	5,15	826,19	665,58
GK1-5	1,78	0,83	0,89	509,92	26,99	31,57	14,40	5,15	777,00	695,08
GK2-1	1,79	0,83	0,83	486,22	31,63	35,45	14,17	5,36	829,69	670,65
GK2-2	1,78	0,83	0,73	443,97	28,98	37,34	14,12	5,25	834,98	637,38
GK2-3	1,71	0,70	0,62	380,31	43,29	34,31	14,07	5,26	772,66	658,75
GK2-4	1,78	0,71	0,72	450,20	39,76	31,01	14,11	5,26	789,55	642,38
GK2-5	1,52	0,76	0,57	372,30	37,98	35,34	13,90	5,25	925,75	548,64

TS : Toprak Solunumu (g C/m²/gün), TMS: Toprak Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖMS : Ölü Örtü Mikrobiyal Solunumu (gC/m²/gün), ÖÖ : Ölü örtü miktarı (g/m²), DÖ: Diri örtü miktarı (g/m²), Nem: Toprak nemi (%), Sıcaklık : Toprak sıcaklığı (°C), HA : Hacim ağırlığı (g/l) , İnce kök (g/m²).

EK 28. 2010-2011 yılı karbon ve azot sonuçları¹¹.

Ör. Alan	Top N (%)	Top C (%)	İTA g/m ²	Top N g/m ²	Top C g/m ²	Top C/N	ÖÖ N (%)	ÖÖ C (%)	ÖÖ N g/m ²	ÖÖ C g/m ²	ÖÖ C/N	DÖ N (%)	DÖ C (%)	DÖ N g/m ²	DÖ C g/m ²	DÖ C/N
MA1-1	0,28	7,29	422,55	49,19	1540,10	31,33	0,67	43,34	2,91	192,17	72,20	0,47	45,84	0,33	36,62	115,60
MA1-2	0,26	7,20	456,95	53,01	1609,56	29,91	0,67	43,23	2,81	181,48	74,01	0,51	46,08	0,27	29,84	113,38
MA1-3	0,26	7,12	448,74	53,54	1650,49	30,54	0,66	42,36	3,54	274,35	110,58	0,53	46,24	0,17	16,83	97,33
MA1-4	0,26	7,00	435,31	49,44	1534,71	31,07	0,62	42,29	2,87	200,85	100,90	0,52	45,91	0,45	50,30	117,80
MA1-5	0,26	6,94	496,53	56,15	1766,41	32,55	0,62	42,21	2,46	147,20	104,22	0,54	46,64	0,47	45,11	103,42
MA2-1	0,24	8,07	498,71	62,15	1940,18	31,74	0,91	42,19	4,38	218,67	60,25	0,56	46,92	0,33	32,53	91,76
MA2-2	0,23	7,80	489,56	63,32	1836,02	29,82	0,87	42,11	4,00	200,51	58,34	0,60	46,82	0,43	34,56	93,67
MA2-3	0,23	7,76	492,11	64,17	1937,68	30,98	0,91	42,03	4,68	219,95	53,54	0,51	46,51	0,38	40,26	104,36
MA2-4	0,23	7,58	477,88	60,11	1766,52	28,72	0,89	41,94	5,44	271,55	54,12	0,49	46,71	0,31	31,64	111,93
MA2-5	0,22	7,45	499,82	67,41	2020,27	30,42	0,90	41,31	5,76	273,87	52,39	0,51	46,98	0,36	33,88	113,76
MK1-1	0,31	6,35	429,97	52,55	1222,33	25,95	0,79	44,37	5,90	321,17	89,57	0,66	44,11	0,18	12,91	73,64
MK1-2	0,30	6,16	428,36	55,78	1265,37	24,08	0,78	44,26	4,65	274,21	86,82	0,69	45,76	0,30	25,73	76,92
MK1-3	0,30	6,08	484,59	64,48	1452,92	23,44	0,83	44,15	4,55	261,13	61,48	0,69	44,14	0,26	17,31	72,66
MK1-4	0,30	6,00	497,52	63,54	1519,39	24,88	0,79	44,12	4,27	259,06	62,98	0,81	44,32	0,36	23,91	61,57
MK1-5	0,30	5,73	499,91	69,52	1580,37	23,90	0,82	44,03	4,40	239,60	56,83	0,72	44,92	0,29	22,08	70,66
MK2-1	0,28	9,01	587,74	87,19	2602,18	30,58	0,83	43,84	4,94	259,12	55,15	0,66	46,29	0,49	35,51	84,43
MK2-2	0,27	8,97	621,83	95,79	2784,78	30,60	0,83	43,70	4,57	238,45	56,39	0,67	46,53	0,52	33,57	82,11
MK2-3	0,26	8,84	665,93	100,71	2971,41	31,24	0,79	43,63	4,15	231,11	60,94	0,72	46,56	0,44	27,40	72,79
MK2-4	0,26	8,83	684,76	102,54	3001,46	31,18	0,73	43,49	4,46	267,56	65,23	0,76	46,38	0,34	21,39	72,32
MK2-5	0,24	8,82	441,41	64,58	2050,94	31,29	0,85	43,27	4,99	268,78	57,62	0,72	46,89	0,41	26,16	78,97
GA1-1	0,25	5,67	513,91	63,58	1501,93	24,00	0,70	42,12	2,78	143,09	53,10	0,73	45,90	0,46	32,42	83,40

¹¹ Top N : Toprak azot içeriği, Top C : Toprak karbon içeriği, İTA : İnce toprak ağırlığı, ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği, ÖÖ C : Ölü örtü karbon içeriği, DÖ N : Diri örtü azot içeriği, DÖ C : Diri örtü karbon içeriği

Ek 28 : Devamı¹²

Ör. Alan	Top N (%)	Top C (%)	İTA g/m ²	Top N g/m ²	Top C g/m ²	Top C/N	ÖÖ N (%)	ÖÖ C (%)	ÖÖ N g/m ²	ÖÖ C g/m ²	ÖÖ C/N	DÖ N (%)	DÖ C (%)	DÖ N g/m ²	DÖ C g/m ²	DÖ C/N
GA1-2	0,25	5,60	524,63	65,19	1576,84	24,20	0,70	41,65	3,48	159,45	52,01	0,73	46,05	0,28	17,94	81,06
GA1-3	0,25	5,88	532,33	65,44	1624,65	24,83	0,71	41,58	3,00	149,65	55,16	0,75	46,12	0,52	31,57	79,06
GA1-4	0,25	5,78	573,06	71,89	1707,54	23,73	0,72	41,48	2,57	140,35	57,88	0,71	46,62	0,55	34,29	86,32
GA1-5	0,25	5,78	524,20	60,43	1519,92	25,41	0,75	41,37	3,06	150,67	59,57	0,78	46,28	0,76	43,72	68,87
GA2-1	0,25	5,89	683,18	86,05	1930,32	23,36	0,81	41,18	3,46	202,84	81,37	0,72	44,95	0,45	28,26	74,38
GA2-2	0,25	5,79	709,83	87,51	2033,63	24,24	0,82	40,91	2,88	183,81	81,60	0,79	45,25	0,40	24,26	72,69
GA2-3	0,25	5,71	568,30	70,09	1563,63	23,07	0,84	40,89	4,04	222,32	59,72	0,76	45,61	0,51	34,33	78,27
GA2-4	0,24	6,02	611,83	76,35	1727,69	23,75	0,85	40,43	3,26	203,90	65,65	0,78	45,71	0,59	32,57	72,23
GA2-5	0,23	5,93	784,18	95,69	2297,86	25,01	0,86	39,47	2,54	168,46	72,53	0,73	45,46	0,44	30,04	77,95
GK1-1	0,26	5,89	660,08	82,41	1839,19	22,54	0,95	41,96	7,49	328,09	46,05	0,99	45,62	0,38	17,32	53,22
GK1-2	0,25	5,84	688,09	83,85	1948,72	23,43	0,96	41,86	5,33	242,54	45,36	0,99	46,48	0,37	17,11	67,31
GK1-3	0,25	5,80	538,49	62,43	1467,11	23,18	1,05	41,68	5,02	204,32	40,69	0,93	46,41	0,54	28,93	69,86
GK1-4	0,24	5,72	550,47	63,22	1568,90	24,65	1,10	41,58	6,32	235,42	39,70	0,98	46,19	0,41	19,23	62,16
GK1-5	0,24	5,55	540,87	65,86	1505,22	23,12	1,06	41,35	5,31	209,18	40,09	1,00	46,00	0,29	12,90	59,85
GK2-1	0,24	6,04	528,59	57,59	1511,76	26,77	1,08	40,97	6,99	269,60	39,69	0,96	44,50	0,36	15,64	68,11
GK2-2	0,23	5,91	559,64	66,82	1636,17	25,17	1,05	40,95	4,62	185,11	39,43	0,96	43,89	0,44	17,74	69,40
GK2-3	0,22	5,84	515,09	57,38	1530,60	27,25	1,08	40,92	4,91	186,57	40,57	0,94	45,01	0,43	20,35	72,05
GK2-4	0,22	5,81	495,23	53,55	1462,20	27,48	1,08	40,89	5,65	214,62	40,81	0,98	45,00	0,58	21,92	69,91
GK2-5	0,22	5,81	801,32	89,38	2248,46	25,70	1,08	40,70	3,87	154,13	39,95	0,98	45,04	0,50	27,66	73,70

¹² Top N : Toprak azot içeriği, Top C : Toprak karbon içeriği, İTA : İnce toprak ağırlığı, ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği, ÖÖ C : Ölü örtü karbon içeriği, DÖ N : Diri örtü azot içeriği, DÖ C : Diri örtü karbon içeriği

EK 29. 2011-2012 yılı karbon ve azot sonuçları¹³.

Ör. Alan	Top N (%)	Top C (%)	İTA g/m ²	Top N g/m ²	Top C g/m ²	Top C/N	ÖÖ N (%)	ÖÖ C (%)	ÖÖ N g/m ²	ÖÖ C g/m ²	ÖÖ C/N	DÖ N (%)	DÖ C (%)	DÖ N g/m ²	DÖ C g/m ²	DÖ C/N
MA1-1	0,34	6,50	711,19	101,23	2219,78	23,64	0,74	45,66	3,66	232,35	69,68	0,68	46,78	0,34	25,45	88,30
MA1-2	0,32	6,31	744,86	100,17	2205,93	24,04	0,84	45,63	3,74	199,35	58,83	0,67	46,77	0,17	15,73	85,90
MA1-3	0,30	6,27	677,52	100,32	2123,28	23,13	0,72	45,52	3,11	200,54	70,52	0,66	47,12	0,39	28,38	96,67
MA1-4	0,30	6,25	711,19	105,01	2309,51	23,29	0,79	44,86	2,61	152,30	61,80	0,67	47,48	0,33	29,72	84,24
MA1-5	0,29	6,03	643,86	84,72	2027,78	27,47	0,79	44,75	4,95	269,51	61,80	0,60	47,08	0,27	22,93	87,37
MA2-1	0,29	5,93	769,01	95,13	2207,23	23,90	0,71	44,32	3,44	232,09	66,97	0,64	46,27	0,28	23,52	135,41
MA2-2	0,27	5,91	802,67	126,43	2277,70	18,91	0,74	44,32	2,98	180,90	67,76	0,70	46,00	0,22	18,99	144,60
MA2-3	0,26	5,81	735,34	95,75	2140,23	25,18	0,73	44,14	3,32	198,94	70,36	0,61	45,86	0,35	27,51	109,81
MA2-4	0,26	5,70	769,01	133,07	2140,40	17,74	0,68	44,06	2,85	185,77	73,41	0,70	45,89	0,15	11,88	143,64
MA2-5	0,26	5,61	701,67	98,94	1926,78	20,01	0,73	43,56	3,38	198,68	76,24	0,69	47,07	0,30	19,07	132,55
MK1-1	0,36	8,29	726,52	109,66	2113,31	20,56	0,94	44,36	6,65	313,97	50,58	0,98	45,14	0,28	13,94	68,09
MK1-2	0,33	8,04	760,18	111,35	2269,93	23,51	1,01	43,46	4,97	218,95	47,14	1,04	45,55	0,25	12,34	58,72
MK1-3	0,33	7,85	692,85	98,54	2032,59	23,81	0,94	43,61	5,34	245,10	53,34	1,05	45,01	0,23	9,05	56,37
MK1-4	0,32	7,76	726,52	118,63	2077,29	18,78	1,05	43,79	6,93	289,68	46,50	0,86	44,87	0,06	3,91	66,19
MK1-5	0,31	7,44	659,18	101,14	1964,29	21,22	0,96	44,49	6,14	291,68	49,48	0,97	45,49	0,38	16,27	60,91
MK2-1	0,31	6,10	673,29	97,83	2512,03	26,73	0,81	44,58	5,38	266,65	63,50	0,75	46,87	0,47	28,85	80,55
MK2-2	0,30	6,09	706,96	117,60	2747,58	24,35	0,79	45,05	3,44	194,85	67,48	0,69	47,93	0,25	18,26	82,65
MK2-3	0,29	6,05	639,63	99,05	2581,12	28,63	0,83	45,46	5,53	296,94	72,46	0,63	48,17	0,18	13,97	105,34
MK2-4	0,29	5,96	673,29	121,92	2648,12	23,22	0,78	45,84	4,05	249,68	78,52	0,64	47,87	0,14	11,20	99,35
MK2-5	0,28	5,88	605,96	95,81	2522,91	26,89	0,90	45,96	4,56	223,04	71,73	0,74	47,05	0,24	17,78	71,62
GA1-1	0,31	5,59	825,32	98,41	2168,28	24,31	1,06	41,37	3,36	136,52	44,33	0,75	46,56	0,36	19,91	70,23
GA1-2	0,30	5,48	858,98	110,51	2374,42	23,25	0,98	42,82	2,68	123,89	45,76	0,81	46,40	0,24	16,07	71,70

¹³ Top N : Toprak azot içeriği, Top C : Toprak karbon içeriği, İTA : İnce toprak ağırlığı, ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği, ÖÖ C : Ölü örtü karbon içeriği, DÖ N : Diri örtü azot içeriği, DÖ C : Diri örtü karbon içeriği

Ek 29'un Devamı¹⁴.

Ör. Alan	Top N (%)	Top C (%)	İTA g/m ²	Top N g/m ²	Top C g/m ²	Top C/N	ÖÖ N (%)	ÖÖ C (%)	ÖÖ N g/m ²	ÖÖ C g/m ²	ÖÖ C/N	DÖ N (%)	DÖ C (%)	DÖ N g/m ²	DÖ C g/m ²	DÖ C/N
GA1-3	0,29	5,41	791,65	124,37	2113,98	18,63	1,11	42,17	3,29	132,03	39,61	0,85	47,26	0,38	22,67	64,10
GA1-4	0,29	5,39	825,32	120,94	2214,41	18,71	0,97	42,52	2,70	125,04	50,09	0,77	47,40	0,24	16,33	71,03
GA1-5	0,27	5,31	757,98	110,42	2055,10	19,64	0,98	41,25	3,68	158,59	43,56	0,80	46,75	0,32	19,82	62,05
GA2-1	0,26	4,46	943,65	139,38	1985,69	15,47	1,02	42,11	4,22	180,59	46,32	0,92	45,28	0,22	10,38	58,06
GA2-2	0,25	4,43	977,31	121,73	2170,81	19,61	0,99	42,64	2,65	119,84	50,58	0,92	45,91	0,26	12,51	54,78
GA2-3	0,24	4,37	909,98	121,15	2033,42	17,50	0,95	43,52	3,42	155,29	50,78	0,80	46,44	0,30	16,66	62,49
GA2-4	0,24	4,21	943,65	115,08	2066,63	18,44	1,05	43,26	3,52	150,11	44,77	0,90	45,75	0,41	18,93	56,63
GA2-5	0,24	4,12	876,31	107,13	1808,48	17,90	0,99	43,13	2,76	127,77	50,40	0,94	44,92	0,35	17,82	51,24
GK1-1	0,30	4,64	811,06	117,26	1871,73	16,60	1,04	45,39	4,72	226,74	56,13	1,28	45,96	0,19	7,02	37,09
GK1-2	0,30	4,56	844,73	120,69	1913,21	16,61	1,04	45,28	4,50	205,00	56,00	1,33	45,04	0,13	4,43	35,32
GK1-3	0,29	4,67	777,39	110,99	1801,66	18,20	1,05	44,73	5,36	231,35	51,14	1,21	45,89	0,23	8,77	38,89
GK1-4	0,28	4,65	811,06	122,96	1878,08	16,80	1,05	44,50	4,17	192,15	48,82	1,24	45,68	0,24	8,99	38,75
GK1-5	0,28	4,75	743,73	99,23	1750,38	20,32	1,06	44,44	4,60	223,75	53,76	1,15	45,49	0,32	12,06	42,17
GK2-1	0,28	4,56	763,02	99,92	1739,92	18,53	1,06	42,35	5,14	187,45	48,70	1,11	44,49	0,30	12,55	45,80
GK2-2	0,26	4,52	796,69	99,59	1801,11	18,81	1,07	42,35	3,79	162,68	55,61	1,18	44,55	0,21	8,33	40,65
GK2-3	0,26	4,58	729,35	110,28	1668,38	16,33	1,10	42,29	3,05	129,22	55,79	1,15	44,04	0,42	17,78	41,65
GK2-4	0,25	4,48	763,02	96,20	1711,70	18,88	1,11	41,96	4,18	184,96	51,52	1,15	44,52	0,34	13,66	40,34
GK2-5	0,25	4,59	695,69	97,28	1590,77	17,13	1,16	41,34	4,21	158,48	47,90	1,20	44,69	0,18	7,20	43,13

Top N : Toprak azot içeriği, Top C : Toprak karbon içeriği, İTA : İnce toprak ağırlığı, ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği, ÖÖ C : Ölü örtü karbon içeriği, DÖ N : Diri örtü azot içeriği, DÖ C : Diri örtü karbon içeriği

¹⁴ Top N : Toprak azot içeriği, Top C : Toprak karbon içeriği, İTA : İnce toprak ağırlığı, ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği, ÖÖ C : Ölü örtü karbon içeriği, DÖ N : Diri örtü azot içeriği, DÖ C : Diri örtü karbon içeriği

EK 30. 2010-2012 yılı karbon ve azot sonuçları¹⁵.

Ör. Alan	Top N (%)	Top C (%)	İTA g/m ²	Top N g/m ²	Top C g/m ²	Top C/N	ÖÖ N (%)	ÖÖ C (%)	ÖÖ N g/m ²	ÖÖ C g/m ²	ÖÖ C/N	DÖ N (%)	DÖ C (%)	DÖ N g/m ²	DÖ C g/m ²	DÖ C/N
MA1-1	0,31	6,89	566,87	75,21	1879,94	27,49	0,71	44,50	3,29	212,26	70,94	0,58	46,31	0,33	31,03	101,95
MA1-2	0,29	6,75	600,90	76,59	1907,74	26,98	0,75	44,43	3,28	190,42	66,42	0,59	46,42	0,22	22,79	99,64
MA1-3	0,28	6,69	563,13	76,93	1886,89	26,84	0,69	43,94	3,33	237,45	90,55	0,60	46,68	0,28	22,60	97,00
MA1-4	0,28	6,63	573,25	77,22	1922,11	27,18	0,71	43,58	2,74	176,58	81,35	0,59	46,69	0,39	40,01	101,02
MA1-5	0,27	6,48	570,19	70,44	1897,09	30,01	0,70	43,48	3,70	208,35	83,01	0,57	46,86	0,37	34,02	95,39
MA2-1	0,26	7,00	8105,01	1005,83	26824,63	27,82	0,81	43,26	3,91	225,38	63,61	0,60	46,60	0,31	28,03	113,58
MA2-2	0,25	6,86	8242,97	1201,80	26518,39	24,36	0,81	43,21	3,49	190,71	63,05	0,65	46,41	0,32	26,77	119,14
MA2-3	0,25	6,78	7856,82	1023,74	26405,13	28,08	0,82	43,08	4,00	209,45	61,95	0,56	46,18	0,37	33,88	107,09
MA2-4	0,24	6,64	7959,18	1219,19	25208,08	23,23	0,79	43,00	4,14	228,66	63,76	0,59	46,30	0,23	21,76	127,79
MA2-5	0,24	6,53	7708,75	1065,55	25702,57	25,21	0,81	42,44	4,57	236,27	64,32	0,60	47,03	0,33	26,48	123,16
MK1-1	0,33	7,32	578,24	81,10	1667,82	23,25	0,86	44,37	6,28	317,57	70,08	0,82	44,63	0,23	13,42	70,87
MK1-2	0,32	7,10	594,27	83,56	1767,65	23,79	0,89	43,86	4,81	246,58	66,98	0,87	45,65	0,28	19,03	67,82
MK1-3	0,31	6,96	588,72	81,51	1742,75	23,62	0,88	43,88	4,95	253,12	57,41	0,87	44,57	0,24	13,18	64,52
MK1-4	0,31	6,88	612,02	91,09	1798,34	21,83	0,92	43,96	5,60	274,37	54,74	0,84	44,60	0,21	13,91	63,88
MK1-5	0,30	6,58	579,55	85,33	1772,33	22,56	0,89	44,26	5,27	265,64	53,15	0,85	45,21	0,33	19,17	65,78
MK2-1	0,29	7,55	630,52	92,51	2557,11	28,65	0,82	44,21	5,16	262,88	59,33	0,70	46,58	0,48	32,18	82,49
MK2-2	0,28	7,53	664,40	106,70	2766,18	27,47	0,81	44,37	4,00	216,65	61,93	0,68	47,23	0,38	25,91	82,38
MK2-3	0,28	7,44	652,78	99,88	2776,26	29,94	0,81	44,54	4,84	264,02	66,70	0,68	47,37	0,31	20,69	89,07
MK2-4	0,28	7,40	679,03	112,23	2824,79	27,20	0,75	44,67	4,26	258,62	71,88	0,70	47,12	0,24	16,30	85,83
MK2-5	0,26	7,35	523,69	80,19	2286,92	29,09	0,87	44,61	4,77	245,91	64,67	0,73	46,97	0,33	21,97	75,29
GA1-1	0,28	5,63	669,62	81,00	1835,11	24,16	0,88	41,74	3,07	139,80	48,71	0,74	46,23	0,41	26,16	76,81

¹⁵ Top N : Toprak azot içeriği, Top C : Toprak karbon içeriği, İTA : İnce toprak ağırlığı, ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği, ÖÖ C : Ölü örtü karbon içeriği, DÖ N : Diri örtü azot içeriği, DÖ C : Diri örtü karbon içeriği

Ek 30'un devamı¹⁶.

Ör. Alan	Top N (%)	Top C (%)	İTA g/m ²	Top N g/m ²	Top C g/m ²	Top C/N	ÖÖ N (%)	ÖÖ C (%)	ÖÖ N g/m ²	ÖÖ C g/m ²	ÖÖ C/N	DÖ N (%)	DÖ C (%)	DÖ N g/m ²	DÖ C g/m ²	DÖ C/N
GA1-2	0,27	5,54	691,81	87,85	1975,63	23,73	0,84	42,23	3,08	141,67	48,89	0,77	46,22	0,26	17,01	76,38
GA1-3	0,27	5,65	661,99	94,90	1869,32	21,73	0,91	41,87	3,15	140,84	47,38	0,80	46,69	0,45	27,12	71,58
GA1-4	0,27	5,58	699,19	96,42	1960,97	21,22	0,84	42,00	2,63	132,70	53,98	0,74	47,01	0,39	25,31	78,68
GA1-5	0,26	5,54	641,09	85,42	1787,51	22,53	0,86	41,31	3,37	154,63	51,56	0,79	46,52	0,54	31,77	65,46
GA2-1	0,25	5,18	813,41	112,71	1958,00	19,42	0,91	41,65	3,84	191,72	63,84	0,82	45,12	0,34	19,32	66,22
GA2-2	0,25	5,11	843,57	104,62	2102,22	21,92	0,90	41,78	2,76	151,82	66,09	0,85	45,58	0,33	18,38	63,74
GA2-3	0,25	5,04	739,14	95,62	1798,52	20,29	0,90	42,20	3,73	188,81	55,25	0,78	46,03	0,41	25,49	70,38
GA2-4	0,24	5,11	777,74	95,71	1897,16	21,09	0,95	41,85	3,39	177,00	55,21	0,84	45,73	0,50	25,75	64,43
GA2-5	0,24	5,03	830,25	101,41	2053,17	21,45	0,92	41,30	2,65	148,12	61,47	0,83	45,19	0,39	23,93	64,59
GK1-1	0,28	5,27	735,57	99,84	1855,46	19,57	0,99	43,67	6,10	277,42	51,09	1,13	45,79	0,29	12,17	45,16
GK1-2	0,27	5,20	766,41	102,27	1930,96	20,02	1,00	43,57	4,92	223,77	50,68	1,16	45,76	0,25	10,77	51,32
GK1-3	0,27	5,24	657,94	86,71	1634,38	20,69	1,05	43,21	5,19	217,83	45,91	1,07	46,15	0,39	18,85	54,38
GK1-4	0,26	5,18	680,76	93,09	1723,49	20,73	1,08	43,04	5,24	213,79	44,26	1,11	45,94	0,33	14,11	50,45
GK1-5	0,26	5,15	642,30	82,54	1627,80	21,72	1,06	42,90	4,96	216,47	46,93	1,08	45,75	0,31	12,48	51,01
GK2-1	0,26	5,30	645,80	78,76	1625,84	22,65	1,07	41,66	6,06	228,52	44,19	1,04	44,50	0,33	14,10	56,95
GK2-2	0,25	5,22	678,17	83,20	1718,64	21,99	1,06	41,65	4,21	173,89	47,52	1,07	44,22	0,33	13,03	55,03
GK2-3	0,24	5,21	622,22	83,83	1599,49	21,79	1,09	41,60	3,98	157,89	48,18	1,05	44,53	0,43	19,06	56,85
GK2-4	0,24	5,15	629,12	74,88	1586,95	23,18	1,09	41,42	4,91	199,79	46,16	1,07	44,76	0,46	17,79	55,12
GK2-5	0,23	5,20	748,50	93,33	1919,61	21,41	1,12	41,02	4,04	156,30	43,92	1,09	44,87	0,34	17,43	58,41

Top N : Toprak azot içeriği, Top C : Toprak karbon içeriği, İTA : İnce toprak ağırlığı, ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği, ÖÖ C : Ölü örtü karbon içeriği, DÖ N : Diri örtü azot içeriği, DÖ C : Diri örtü karbon içeriği

¹⁶ Top N : Toprak azot içeriği, Top C : Toprak karbon içeriği, İTA : İnce toprak ağırlığı, ÖÖ N : Ölü örtü azot içeriği, ÖÖ C : Ölü örtü karbon içeriği, DÖ N : Diri örtü azot içeriği, DÖ C : Diri örtü karbon içeriği

ÖZGEÇMİŞ

Serdar AKBURAK 18.07.1982 tarihinde Ankara’da doğmuştur. Orta öğrenimini 1999 yılında Bursa Mustafa Kemal Paşa Lisesi’nden mezun olarak tamamlamıştır. 2000 yılında girdiği İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümünden 2000 yılında mezun olarak “Orman Mühendisi” ünvanını almıştır. 2008 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak İlimi ve Ekoloji programında “Belgrad Ormanında Farklı Ağaç Türleri Altında Toprak Solunumunun Mevsimsel Değişimi” adlı tezini tamamlayarak yüksek mühendis ünvanı kazandı. Aynı yıl, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde doktora öğrenimine başladı. 2008-2009 yılları arasında TEMA Vakfı Orman Bölümünde Ağaçlandırma Mühendisi olarak çalıştı. 2010 yılından itibaren İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalında, Araştırma Görevlisi olarak görevine devam etmektedir. Evlidir.

Serdar AKBURAK