

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DOKTORA PROGRAMI**

**GENÇ SARIÇAM MEŞCERELERİNDE (*Pinus sylvestris* L.) FARKLI
ŞİDDETE ARALAMALARIN BAZI ÖLÜ ÖRTÜ VE TOPRAK
ÖZELLİKLERİ İLE KILCAL KÖK BİYOKÜTLESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

DOKTORA TEZİ

Umut Bahadır SARITAŞ

Danışman

Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

OCAK 2026

BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ

Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne Doktora Tezi olarak sunduğum “Genç Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Farklı Şiddette Aralamaların Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özellikleri ile Kılcal Kök Biyokütlesi Üzerine Etkileri” başlıklı bu çalışmayı;

☒ Baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metin içerisinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı taahhüt ederim.

☒ Turnitin benzerlik programından alınmış olan özgünlük raporuna göre tezin benzerlik oranının ... olduğunu beyan ederim.

Aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

☒ Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

☐ Tezim sadece Artvin Çoruh Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.

☐ Tezimin ... ay süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

...../...../20.....

Umut Bahadır SARITAŞ

ORCID NO: 0000-0002-5390-6418

İmza

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DOKTORA PROGRAMI

GENÇ SARIÇAM MEŞCERELERİNDE (*Pinus sylvestris* L.) FARKLI ŞİDDETTE
ARALAMALARIN BAZI ÖLÜ ÖRTÜ VE TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE KILCAL
KÖK BİYOKÜTLESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Umut Bahadır SARITAŞ
ORCID NO: 0000-0002-5390-6418

Başkan : Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Jüri Üyesi : Prof. Dr. İbrahim TURNA

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ömer KARA

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Nurcan ALBAYRAK İSKENDER

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK

ONAY:

Bu Doktora tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 19/01/2026 tarihinde oybirliği ile uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

.../.../.....

Prof. Dr. Kerem COŞKUN

Enstitü Müdürü

ÖN SÖZ

Proje sürecinde yardımlarını esirgemeyen, danışman hocam Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU başta olmak üzere Tez İzleme Komitesi Üyelerim; Prof. Dr. Nurcan ALBAYRAK İSKENDER ve Doç Dr. Mehmet KÜÇÜK'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tezin yazım süresince sağlıklı bir çalışma ortamı sunan Enstitü Müdürlerim Dr. Aydın ÇÖMEZ'e ve Hülya TURNA'ya şükranlarımı sunarım. Çalışma süresince gerek arazi gerekse laboratuvar çalışmalarında emek veren mesai arkadaşlarım; Rasim AKTÜRK, Abdurrahman SEMERCİOĞLU ve Dr. Ceyhun KILIÇ olmak üzere laboratuvar teknikerleri; Cansın ÖZCAN ve Aysun DURUKAN'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın ilk yıllarından itibaren olmak üzere kariyer yolculuğumda desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli aileme ve benim için oldukça meşakkatli olan doktora sürecinde vermiş olduğu tüm manevi destek ve anlayışı için kıymetli eşim Dr. Elif SARITAŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışması, Orman Genel Müdürlüğü'nün (OGM)-03.6302 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Mensubu olmaktan gurur duyduğum OGM teşkilatına ve sıralı amirlerime bu projeyi desteklemeye uygun gördükleri için teşekkürlerimi arz ederim. Elde edilen sonuçların, günün birinde Türk ormancılık literatürüne faydalı olması dileklerimle...

Umut Bahadır SARITAŞ

İzmir - 2025

İÇİNDEKİLER

KISALTMA DİZİNİ	VIII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
TABLO LİSTESİ.....	XI
ÖZET	XIII
ABSTRACT	XV
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Kavramsal Çerçeve	4
1.1.1 Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Orman Ekosistemleri.....	4
1.1.2 Sarıçamın Ekolojik Özellikleri	5
1.1.3 Sarıçam Ormanlarında Bakım Yaklaşımı.....	7
1.1.4 Orman Ekosistemlerinde Karbon Döngüsü ve İklim Değişikliği.....	10
1.1.5 Aralama Uygulamalarının Toprak ve Biyolojik Süreçlere Etkisi	11
1.1.6 Orman Ekolojisinde Bakı Faktörü.....	12
1.1.7 Orman Ekolojisinde Mevsimsel Dinamikler	12
1.1.8 Ölü Örtü ve Organik Madde Girdileri	13
1.1.9 Toprak Solunumu	14
1.2 Literatür Özeti.....	14
2 MATERYAL VE YÖNTEM	22
2.1 Çalışmada Kullanılan Materyaller	22
2.2 Çalışma Alanlarının Tanıtımı	22
2.2.1 İklim	25
2.2.2 Bitki Örtüsü	28
2.2.3 Anakaya ve Toprak Özellikleri	29
2.3 Yöntem	31
2.3.1 Deneme Alanlarının Belirlenmesi	31
2.3.2 Arazi Çalışmaları.....	33
2.3.3 Laboratuvar Çalışmaları	36
2.3.4 İstatistiksel Analizler	51
3 BULGULAR	54
3.1 Ölü Örtü Kütlesi.....	54
3.2 Ölü Örtüde Organik Karbon	56
3.3 Ölü Örtüde Toplam Azot.....	58

3.4	Ölü Örtüde C/N	60
3.5	Ölü Örtüde Mikrobiyal Biyokütle Karbon.....	62
3.6	Ölü Örtüde Mikrobiyal Biyokütle Azot	64
3.7	Ölü Örtüde Mikrobiyal Katsayı (qMic).....	66
3.8	Ölü Örtüde Bazal (Mikrobiyal) Solunum	68
3.9	Toprak Tekstürü	70
3.10	Hacim Ağırlığı	73
3.11	Toprak Reaksiyonu (pH).....	74
3.12	Toprak Organik Karbonu	76
3.13	Toprakta Toplam Azot	78
3.14	Toprakta C/N.....	81
3.15	Toprakta Mikrobiyal Biyokütle Karbon	83
3.16	Toprakta Mikrobiyal Biyokütle Azot.....	84
3.17	Toprakta Mikrobiyal Katsayı (qMic)	86
3.18	Toprak Nemi.....	88
3.19	Toprak Sıcaklığı	90
3.20	Toprakta Bazal (Mikrobiyal) Solunum.....	92
3.21	Toprak Solunumu	94
3.22	Toprak Solunumunun Tahmini Üzerine Regresyon Analizleri.....	95
3.23	Kılcal Kök Biyokütlesi ve Karbonu.....	104
4	TARTIŞMA.....	107
4.1	Ölü Örtü Kütlesi.....	107
4.2	Ölü Örtüde Organik Karbon	109
4.3	Ölü Örtüde Toplam Azot.....	112
4.4	Ölü Örtüde C/N	114
4.5	Ölü Örtüde Mikrobiyal Biyokütle Karbon.....	116
4.6	Ölü Örtüde Mikrobiyal Biyokütle Azot	117
4.7	Ölü Örtüde Mikrobiyal Katsayı (qMic).....	119
4.8	Ölü Örtüde Bazal (Mikrobiyal) Solunum	120
4.9	Toprak Tekstürü	122
4.10	Hacim Ağırlığı	124
4.11	Toprak Reaksiyonu (pH).....	125
4.12	Toprak Organik Karbonu	126
4.13	Toprakta Toplam Azot	129

4.14 Toprakta C/N.....	131
4.15 Toprakta Mikrobiyal Biyokütle Karbon	132
4.16 Toprakta Mikrobiyal Biyokütle Azot.....	134
4.17 Toprakta Mikrobiyal Katsayı (qMic)	135
4.18 Toprak Nemi.....	137
4.19 Toprak Sıcaklığı	138
4.20 Toprakta Bazal (Mikrobiyal) Solunum.....	139
4.21 Toprak Solunumu	141
4.22 Toprak Solunumu Tahmin Modelleri	144
4.23 Kılcal Kök Biyokütlesi	145
5 SONUÇ ve ÖNERİLER	149
KAYNAKLAR.....	152
EKLER	180

KISALTMA DİZİNİ

AIC	Adım Adım Model Seçim Yöntemi
A	Aralama
B	Bakı
M	Mevsim
C	Karbon
N	Azot
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
Ö-MBC	Ölü Örtü Örneklerinde Mikrobiyal Biyokütle Karbon
Ö-MBN	Ölü Örtü Örneklerinde Mikrobiyal Biyokütle Azot
T-MBC	Toprak Örneklerinde Mikrobiyal Biyokütle Karbon
T-MBN	Toprak Örneklerinde Mikrobiyal Biyokütle Azot
VIF	Varyans Şişkinlik Faktörü

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 Sarıçamın dünya genelinde yayılış alanları.....	4
Şekil 1.2 Sarıçamın ülkemizde yayılış alanları	5
Şekil 1.3.Meşcere gelişim çağları	9
Şekil 2.1 Deneme alanlarının konumu	23
Şekil 2.2 Deneme alanlarına ait bakı haritaları.....	24
Şekil 2.3 Deneme alanlarına ait yükselti haritaları.....	25
Şekil 2.4 Deneme alanlarına ait eğim haritaları	25
Şekil 2.5 Gölge bakıda kurulan deneme alanlarına ilişkin Thornthwaite grafiği.....	27
Şekil 2.6 Güneşli bakıda kurulan deneme alanlarına ilişkin Thornthwaite grafiği	28
Şekil 2.7 Deneme alanlarının jeoloji haritaları.....	30
Şekil 2.8 Deneme düzeninin şematik gösterimi	32
Şekil 2.9 Gövde sınıfları taksimatı	33
Şekil 2.10 Ölü örtü örneklemesi	34
Şekil 2.11 Toprak solunum ölçümü.....	35
Şekil 2.12 Çelik silindir ile kök örneklemesi	36
Şekil 3.1 Ölü örtü kütlesinin mevsimsel değişimi.....	55
Şekil 3.2 Ölü örtüde organik karbon stoklarının mevsimsel değişimi.	57
Şekil 3.3 Ölü örtüde toplam azot stoklarının mevsimsel değişimi.....	60
Şekil 3.4 Ölü örtüde C/N oranının mevsimsel değişimi.....	62
Şekil 3.5 Ö-MBC değişkenine ait mevsimsel değişim grafiği..	64
Şekil 3.6 Ö-MBN değişkenine ait mevsimsel değişim grafiği..	66
Şekil 3.7 Ölü örtüde mikrobiyal katsayıların (qMic) mevsimsel değişim grafiği.....	68
Şekil 3.8 Ölü örtüde bazal solunumun mevsimsel değişim grafiği.	70
Şekil 3.9 Kum (%) miktarının aralama-bakı işlemlerine göre değişimi.....	71
Şekil 3.10 Kil (%) miktarının aralama-bakı işlemlerine göre değişimi.....	72
Şekil 3.11 Kum (%) miktarının aralama-bakı işlemlerine göre değişimi.....	73
Şekil 3.12 Hacim ağırlığının aralama-bakı işlemlerine göre değişimi	74
Şekil 3.13 Toprak pH değişkeninin mevsimsel değişim grafiği.....	76
Şekil 3.14 Toprakta organik karbon stoklarına ilişkin mevsimsel değişim grafiği.....	78

Şekil 3.15 Toprakta toplam azot stoklarına ilişkin mevsimsel değişim grafiği.	80
Şekil 3.16 Toprak C/N oranlarına ilişkin mevsimsel değişim grafiği.	82
Şekil 3.17 T-MBC değişkenine ait mevsimsel değişim grafiği.....	84
Şekil 3.18 T-MBN değişkenine ait mevsimsel değişim grafiği.....	86
Şekil 3.19 Toprakta mikrobiyal katsayıların (qMic) mevsimsel değişim grafiği.....	87
Şekil 3.20 Toprak neminin mevsimsel değişim grafiği.	89
Şekil 3.21 Toprak sıcaklığının mevsimsel değişim grafiği	91
Şekil 3.22 Toprakta bazal solunumun mevsimsel değişim grafiği.....	93
Şekil 3.23 Toprak solunumuna ilişkin mevsimsel değişim grafiği	95
Şekil 3.24 Eşitlik 25 kullanılarak hesaplanan doğrusal ilişki.....	97
Şekil 3.25 Eşitlik 26 kullanılarak hesaplanan doğrusal ilişki.....	98
Şekil 3.26 Eşitlik 27 kullanılarak hesaplanan doğrusal ilişki.....	100
Şekil 3.27 Eşitlik 28 kullanılarak hesaplanan doğrusal ilişki.....	101
Şekil 3.28 Eşitlik 29 kullanılarak hesaplanan doğrusal ilişki.....	103
Şekil 3.29 Eşitlik 30 kullanılarak hesaplanan doğrusal ilişki.....	104
Şekil 3.30 Kılcal kök kütlesi ve stoklarına ilişkin mevsimsel değişim grafiği..	106

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1 Ölü örtü stoklarına (t/ha) ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları.....	54
Tablo 3.2 Ölü örtüde org C içeriği ve stoklarına ait betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları	56
Tablo 3.3 Ölü örtüde top N değişkenine ilişkin betimsel istatist ve F testi sonuçları	59
Tablo 3.4 Ölü örtüde C/N oranına ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları...	61
Tablo 3.5 Ö _{-MBC} değişkenine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları.	63
Tablo 3.6 Ö _{-MBN} değişkenine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları.....	65
Tablo 3.7 Ölü örtüde mik. katsayılara ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları	67
Tablo 3.8 Ölü örtüde bazal solunuma ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları.	63
Tablo 3.9 Kum (%) değişkenine ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları.....	70
Tablo 3.10 Kil (%) değişkenine ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları.	72
Tablo 3.11 Kil (%) değişkenine ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları.	73
Tablo 3.12 Hacim ağ. değişkenine ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları.	72
Tablo 3.13 Toprak reaksiyonu (pH) ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları..	73
Tablo 3.14 Toprakta org C stok ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları.....	77
Tablo 3.15 Toprakta toplam N içeriği ve stoklarına ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları.....	79
Tablo 3.16 Toprak C/N oranına ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları.....	81
Tablo 3.17 T _{-MBC} değişkenine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları..	83
Tablo 3.18 T _{-MBN} değişkenine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları..	85
Tablo 3.19 Toprakta qMic ait betimsel istatistikler ve F testi sonuçları..	87
Tablo 3.20 Toprak nemine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları.....	88
Tablo 3.21 Toprak sıcaklığına ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları.	90
Tablo 3.22 Toprakta bazal solunuma ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları...	92
Tablo 3.23 Toprak solunumuna ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları.	94
Tablo 3.24 Tüm toprak veri seti kullanılarak elde edilen regresyon modeli.....	96
Tablo 3.25 Gölge bakı için oluşturulan regresyon modelinin sonuçları.	98
Tablo 3.26 Güneşli bakı için oluşturulan regresyon modelinin sonuçları.	99
Tablo 3.27 Kontrol işlemine ilişkin regresyon modelinin sonuçları.	100
Tablo 3.28 Mutedil aralama işlemine ilişkin regresyon modelinin sonuçları.	102

Tablo 3.29 Şiddetli aralama işlemine ilişkin regresyon modelinin sonuçları.....	103
Tablo 3.30 Kılcal kök kütlesi (t/ha) ve C stoklarına (t/ha) ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları	105



Genç Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Farklı Şiddette Aralamaların Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özellikleri ile Kılcal Kök Biyokütlesi Üzerine Etkileri

Umut Bahadır SARITAŞ

Bu çalışma; Gümüşhane-Torul yöresinde yaklaşık 2000 m yükseltide ve üst yamaç konumunda yer alan b çağındaki genç sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde yürütülmüştür. Araştırma, bu yetiştirme ortamında farklı bakı (güneşli ve gölgeli) ve aralama şiddetlerinin (kontrol, mutedil, şiddetli); toprak, ölü örtü ve kılcal kök biyokütlesindeki karbon stokları ile toprak solunumu üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. İki yıl boyunca yapılan periyodik ölçümlerle, ekosistemin karbon ve azot havuzlarındaki değişimler mevsimsel dinamiklerle birlikte bütüncül bir yaklaşımla analiz edilmiştir.

Yapılan çalışmada bakı faktörünün karbon depolama süreçlerini şekillendiren en güçlü çevresel değişken olduğunu göstermiştir. Toprak organik karbon stokları açısından gölgeli bakı (79,54 t/ha), güneşli bakıya (37,96 t/ha) kıyasla yaklaşık iki kat daha yüksek bir depolama kapasitesi sunarken; ölü örtü karbon stoklarında bu durumun tersi bir eğilimle güneşli bakının (8,73 t/ha) gölgeli bakıya (5,81 t/ha) üstünlük sağladığı tespit edilmiştir. Güneşli bakıda tespit edilen daha yüksek C/N oranı, organik materyalin ayrışmaya karşı direncini artırmış; bu durum kurak mikroklimatik koşullarla birleşerek ölü örtü birikimini hızlandırmıştır. Buna karşılık gölgeli bakılarda nispeten düşük C/N oranı ve uygun nem koşulları, mineralizasyonu destekleyerek karbonun ölü örtüden toprağa geçişini ve toprakta depolanmasını kolaylaştırmıştır.

Elde edilen bulgular, aralamanın toprak ve kök karbon stokları üzerindeki ana etkisi önemsiz olsa da mevsimsel etkileşimlerin bu değişkenler özelinde belirleyici olduğunu göstermiştir. Özellikle şiddetli aralama işleminde kesim artıklarıyla sağlanan ekstra organik madde girdisine bağlı olarak ölü örtü ve toprak karbon stoklarında artış

gözlemlenmiştir. Toprak solunumu dinamikleri açısından en yüksek değerler kontrol işleminde (4,80 g C m²/gün) ölçülmüştür. Aralama müdahalelerinin meşcere kapalılığını kırarak neden olduğu evaporasyon artışı (nem kaybı) ve ağaç sayısındaki azalmaya paralel olarak kök biyokütlesindeki düşüş (ototrofik solunum), toplam toprak solunumun azaltmıştır. Mevsimsel analizler, solunumun sıcaklık ve nemin optimum olduğu ilkbahar sonu/yaz başında zirve yaptığını ancak yaz kuraklığıyla birlikte, özellikle güneşli bakılarda nemin sınırlayıcı faktör haline gelmesiyle sert bir düşüş gösterdiğini kanıtlamıştır.

Sonuç olarak benzer yetişme ortamı koşullarına sahip genç sarıçam meşcerelerinde karbon tutma kapasitesinin sürdürülebilirliği açısından, her iki bakı grubunda da mutedil aralama müdahalelerinin uygulanması önerilmektedir. Bu yaklaşım; kuraklık riskinin ve ayrışma güçlüğüne yüksek olduğu güneşli bakılarda toprak nem dengesini korurken gölgeli bakılarda yüksek karbon depolama potansiyelini riske atmadan meşcere gelişimini desteklemektedir.

Bu çalışma, aralama uygulamalarının kısa dönemli ekolojik etkilerine odaklanmış olup, karbon dinamiklerindeki uzun vadeli değişimlerin ve adaptasyon süreçlerinin izlenmesi gerekliliği araştırmanın temel kısıtını oluşturmaktadır. Gelecek araştırmalarda, toplam toprak solunumunun bileşenlerine (ototrofik ve heterotrofik) ayrıştırılması ve mikrobiyal komünite yapısının (PLFA veya DNA analizleriyle) incelenmesi, karbon döngüsü mekanizmalarının daha derinlemesine anlaşılmasını sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Aralama, Bakı, Karbon, Mevsimsellik, *Pinus sylvestris*

The Effect of Thinning Intensity on Some Litter and Soil Properties and Fine Root Biomass in Young Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Stands

Umut Bahadır SARITAŞ

This study investigates carbon dynamics in pole-stage Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands situated on upper slopes in Gümüşhane-Torul region. Using a holistic approach, the research evaluates the impacts of aspect (sunny vs. shady) and thinning intensity (control, moderate, heavy) on carbon stocks—specifically within soil, forest floor, and fine root biomass—as well as on soil respiration. Ecosystem carbon and nitrogen pools, alongside seasonal dynamics, were monitored through periodic measurements over a two-year period.

Results identified aspect as the primary environmental driver of carbon storage. While shady aspects exhibited nearly double the soil organic carbon storage capacity (79.54 t/ha) compared to sunny aspects (37.96 t/ha), an inverse trend was observed for forest floor carbon stocks, where sunny aspects (8.73 t/ha) exceeded shady ones (5.81 t/ha). The higher C/N ratio observed in sunny aspects increased resistance to decomposition; when combined with arid microclimatic conditions, this accelerated forest floor accumulation. Conversely, shady aspects facilitated mineralization and subsequent soil carbon storage due to lower C/N ratios and favorable moisture conditions.

Although thinning intensity alone did not significantly alter soil and root carbon stocks, seasonal interactions proved determinant. Notably, heavy thinning increased forest floor and soil carbon stocks via additional organic matter input from logging residues. Regarding soil respiration, values peaked in control plots (4.80 g C m⁻² day⁻¹). Thinning reduced total respiration by increasing evaporation (moisture loss) through canopy opening and decreasing root biomass (autotrophic respiration). Seasonally, respiration maximized during the optimum temperature-moisture conditions of late spring/early summer but declined sharply with the onset of summer drought, particularly in sunny aspects where moisture became a limiting factor.

Consequently, moderate thinning is recommended as the optimal strategy for sustaining carbon sequestration in similar young Scots pine stands. This approach preserves critical soil moisture in drought-prone sunny aspects while supporting stand development in shady aspects without compromising their high carbon storage potential.

A key limitation of this study is its focus on short-term ecological responses. Future research should prioritize long-term monitoring and provide a deeper mechanistic understanding of the carbon cycle by partitioning soil respiration components (autotrophic vs. heterotrophic) and analyzing microbial community structures (e.g., PLFA or DNA analysis).

Keywords: Aspect, Carbon, *Pinus sylvestris*, Seasonality, Thinning



1 GİRİŞ

Türkiye'nin yaklaşık 22,9 milyon hektarlık orman varlığı, ülke yüzölçümünün %29'unu kapsamakta olup bu alanların sürdürülebilir yönetimi ulusal ormancılık politikalarının temel öncelikleri arasında yer almaktadır (OGM, 2023; SBB, 2023). Ülkenin farklı coğrafi ve iklimsel özellikleri, zengin bir bitki örtüsü çeşitliliğinin oluşmasına olanak sağlamakta olup bu çeşitlilik, orman ekosistemlerini hem ekolojik denge hem de kırsal kalkınma açısından büyük bir değer haline getirmektedir (OGM, 2020). Türkiye'deki orman alanları, kapladıkları alan ve sahip oldukları işlevler bakımından, karbon depolama, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sosyo-ekonomik katkı sağlama açısından stratejik bir kaynak niteliği taşımaktadır.

Yüksek ekolojik uyum yeteneği ve sağladığı ekosistem hizmetleriyle sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Türkiye'nin en önemli asli orman ağaç türlerinden birisidir. Ülke ormanlarının yaklaşık %6'sını oluşturan sarıçam, yaklaşık 1,4 milyon hektarlık yayılış alanıyla ülkemizde en fazla yayılış gösteren altıncı orman ağacı türüdür (OGM, 2024). Sarıçam, geniş ekolojik toleransı sayesinde yüksek rakımlardan düşük enlemlere kadar farklı habitatlarda yetişebilmekte ve bu yönüyle Türkiye ormancılığında ekolojik istikrarın korunmasına önemli katkı sağlamaktadır. Ayrıca karbon depolama, su rejiminin düzenlenmesi, erozyonun önlenmesi ve kırsal ekonomiye hammadde temini gibi birçok ekosistem hizmeti sunarak hem çevresel hem de sosyo-ekonomik açıdan stratejik bir değere sahiptir (OGM, 2020).

Günümüzde orman ekosistemleri bir takım fonksiyonel amaçlar doğrultusunda işletilmektedir. Bu bağlamda, belirlenen fonksiyonel amaçlara ulaşılabilmesi için bir meşcerenin kuruluşundan itibaren gençlik, sıklık ve aralama gibi düzenli bakım çalışmalarının yapılması önem arz etmektedir. Ancak planlanan bakım kesiminin şiddeti ve zamanı; ağaç türüne (ışık ağacı veya yapraklı tür vb.), ormanın işletme türüne (koru veya baltalık ormanı vb.) ve yetişme ortamı koşulları gibi birtakım değişkenlere bağlıdır.

Bu nedenle ülkemizdeki orman kaynaklarının sağlamış olduğu ürün ve hizmetlerden optimal düzeyde verim alabilmek için bir meşcerenin istikbalini etkileyebilecek tüm değişkenler dikkate alınarak bakım çalışmalarının doğru zamanda ve tekniğine uygun bir şekilde yapılması oldukça önemlidir. Nitekim orman ekosistemlerinde uygulanan düzenli bakım kesimleri meşcerenin kalitesini ve sağlığını olumlu yönde etkilemekte olup sürdürülebilir orman yönetimine de katkı sağlamaktadır (Saatçioğlu, 1971; Jurgensen ve ark., 2012; Özbay, 2015)

Aralama, orman ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetiminde hem ekolojik hem de silvikültürel açıdan temel bakım uygulamalarından birisidir. Meşcerelerde fertler arası rekabetin arttığı gelişim dönemlerinde uygulanan planlı aralama müdahaleleri, ışık, sıcaklık ve nem koşullarını iyileştirerek kalan ağaçların çap ve boy gelişimini desteklemektedir (Del Río ve ark., 2017). Literatürde sistematik olarak yapılan çalışmalar, aralamanın meşcere orta çapının artışını anlamlı düzeyde hızlandırdığını göstermektedir (Deng ve ark., 2019; Özbayram ve Çiçek, 2022). Bu nedenle, aralama yalnızca bireysel ağaç sağlığını ve üretim potansiyelini artırmakla kalmamakla birlikte aynı zamanda meşcerenin tensile alınacağı döneme kadar meşcere içinde fertler arasındaki baskıyı azaltarak uzun vadeli orman yönetimine katkı sağlamaktadır (Yavruoğlu, 2025).

Aralama kesimleri, meşcerede fert sayısı ve göğüs yüzeyi alanının azaltılmasıyla birlikte meşcere içi mikroklimatik koşulları (ışık geçirgenliği, hava dolaşımı, sıcaklık ve nem düzeyleri vb.) etkilemektedir. Mikroklimatik etmenlerde meydana gelen değişimler sonucunda ölü örtü ayrışma hızı, toprak sıcaklığı ve toprak nemi değişebilmektedir. Bu değişimler ise meşcere içerisinde toprak özellikleri (pH, nem, karbon vb.) ve mikrobiyal faaliyetleri de etkilemektedir (Tolunay, 1997; Makineci, 1999). Ancak aralama gibi insan kaynaklı teknik müdahalelerin orman ekosistemlerinde ölü örtü, toprak ve kök biyokütlesi üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde inceleyen çalışmaların sayısı özellikle ülkemizde oldukça sınırlıdır. Nitekim asli orman ağacı türlerimizden; meşede (Makineci, 1999), kayında (Tüfekçioğlu ve ark., 2005; Semercioğlu ve ark., 2023), karaçamda (Bolat, 2014; Çömez ve Kaptanoğlu, 2023; Atalar ve ark., 2024), gürgen-meşede (Akburak, 2013) ve sarıçamda (sıklık bakımı) (Tolunay, 1997) tarafından yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Literatürdeki durum, ekosistem süreçlerinin daha iyi

anlaşılabilmesi için bu alanda yapılacak araştırmaların önemini ortaya koymakla birlikte günümüzde halen literatürde bazı boşluklar olduğunu göstermektedir.

Türkiye’de geniş bir yayılım gösteren ve yüksek ekolojik adaptasyon yeteneği sayesinde birçok bölgede asli tür konumunda bulunan sarıçam, gerek karbon depolama kapasitesi gerekse sağladığı ekosistem hizmetleri bakımından büyük bir öneme sahiptir. Bu ormanlarda yürütülen aralama uygulamaları, meşcere yapısını düzenleyerek büyüme dinamiklerini, karbon dengesini ve ekosistem işleyişini doğrudan etkilemektedir. Aralamanın, özellikle göğüs yüzeyi ve birey sayısını azaltarak ışık, nem ve sıcaklık koşullarını değiştirmesi; buna bağlı olarak da toprak, ölü örtü ve kök biyokütlesi üzerindeki süreçleri dolaylı biçimde şekillendirdiği bilinmektedir (Molinari ve ark., 2018; Lynikienė ve ark., 2020). Bu etkilerin büyüklüğü ve yönü ise bakı (mikroklimatik farklılıklar) ve mevsimsellik (sıcaklık ve nem değişimleri) gibi doğal kontrol faktörleriyle karmaşık biçimde değişmektedir.

Bu çalışma, aralama gibi silvikültürel bir bakım tedbirinin, ekosistemin karbon (C) ve besin döngüleri üzerindeki etkilerini bakı ve mevsimsellik faktörleriyle eş zamanlı ve bütüncül bir çerçevede inceleyerek sarıçam ekosistemlerinde bu dinamiklerin altında yatan mekanizmaları açıklamayı amaçlamasıyla literatürdeki çalışmalardan ayrılarak özgün değerini ortaya koymaktadır.

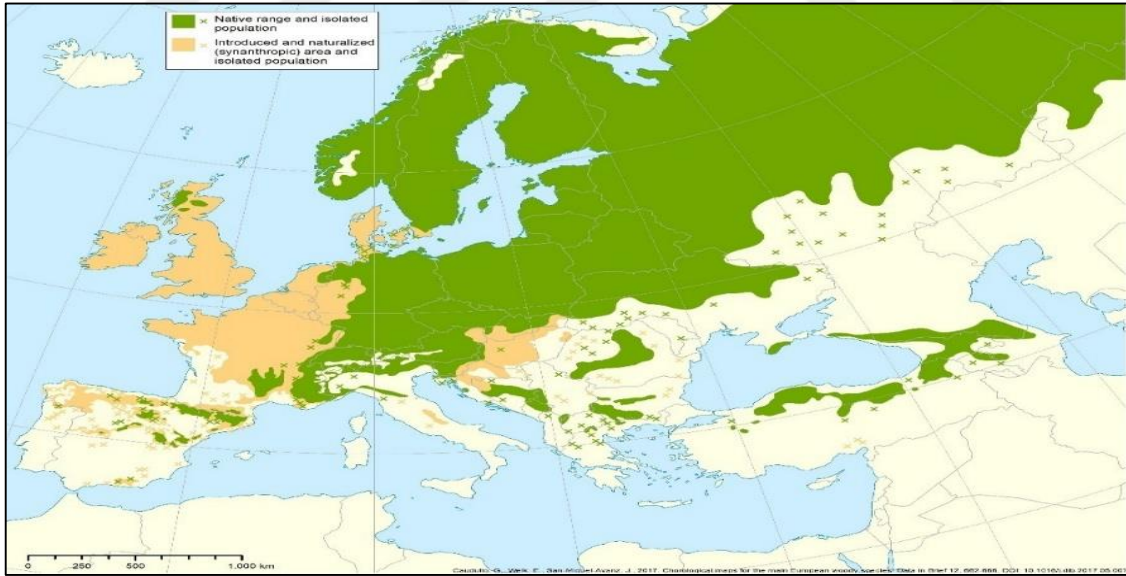
Elde edilen bulgular, bakı, aralama ve mevsim etkileşiminin toprak solunumu ve karbon depolama süreçleri üzerindeki dinamiklerini ortaya koyarak genç sarıçam ormanlarının sürdürülebilir yönetimi ve iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmeye yönelik ulusal ormancılık politikalarına bilimsel bir temel sağlamaktadır. Ayrıca, bakı, aralama ve mevsim etkileşimlerinin, toprak solunumu süreçleri üzerindeki rolünü de ortaya koyarak genç sarıçam ormanlarının net karbon yutak kapasitesini artıran sürdürülebilir silvikültürel yönetim stratejilerinin geliştirilmesine bilimsel dayanak sağlayacak bir altlık niteliğindedir. Dolayısıyla bu çalışma ile bölgesel ölçekte orman yönetimi karar süreçlerine ve ulusal iklim değişikliğiyle mücadele politikalarına doğrudan katkı sunulması hedeflenmiştir.

1.1 Kavramsal Çerçeve

1.1.1 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Orman Ekosistemleri

Pinaceae (çamgiller) familyasına ait bir tür olan sarıçam kuzey yarım kürede özellikle karasal iklim bölgelerinde yayılış gösteren açık tohumlu bir ağaç türüdür (Sağlam ve Sakıcı, 2022). Sarıçam, genel itibari ile kanaatkâr bir orman ağacı türü olup ekolojik adaptasyon kabiliyeti sayesinde farklı yetişme ortamı koşullarına uyum sağlayarak geniş bir coğrafi yayılış göstermektedir (Şekil 1.1). Sarıçam orman ekosistemleri; toprak koruma, karbon tutma ve su üretimi gibi sağladıkları ekosistem hizmetlerinden dolayı önemli asli orman ağacı türlerinden birisidir (Mısır ve ark., 2011).

Sarıçam tüm Kuzey Yarım Küre boyunca en geniş coğrafi yayılış yapabilen orman ağacı türlerinden birisi olup Asya ve Avrupa’da 37°-70° K paralelleri ile 7°-137° D boylamları arasında yayılış göstermektedir (Pamay, 1960). Dünya genelinde Kuzey sınırı Norveç’te 70° K enlemine kadar ulaşmakta iken güneyde Ural dağları ve münferit yayılışlar eşliğinde Rusya steplerinin kenar mntıkalarına ve Balkan coğrafyasını takip ederek Bulgaristan’a kadar yayılışını sürdürerek en güney sınırlarına Anadolu coğrafyasında ulaşmaktadır (Saatçioğlu, 1969; T. Güner, 2006).



Şekil 1.1 Sarıçamın dünya genelinde yayılış alanları

Ülkemizde genellikle Anadolu’nun kuzey bölgeleri boyunca yayılış göstermekle beraber Sürmene-Çamburnu mevkinde deniz seviyesine kadar inmektedir. Karadeniz ardı sıra İç Anadolu bölgesinde step bozkırlara ulaşarak geniş orman alanları kurarak doğuda

Sarıkamış-Ziyaret Tepe’de 2700 metre yükseltiye kadar çıkabilmektedir (Şekil 1.2). Ancak Türkiye’deki yayılış aralığı çoğunlukla 1000-2500 metre arasındadır (Pamay, 1960; T. Güner, 2006). Kuzey Anadolu’da çoğunlukla kuzey yamaçlarda 1000 metreden başlayarak Alpin zona kadar ulaşabilirken güney yamaçlarda 1400-1500 metre ve üstünde



Şekil 1.2 Sarıçamın ülkemizde yayılış alanları

yayılış gösterebilmektedir (Saatçioğlu, 1969)

Yüksek ekolojik adaptasyon yeteneği sayesinde geniş alanlara yayılabilen ve çok çeşitli ekosistem hizmetleri sağlayan sarıçam, ülkemizdeki en önemli asli orman ağaç türlerinden biridir. Türkiye’nin toplam orman alanı 23.363.084 hektar olup, ülke yüzölçümünün yaklaşık %29,8’i ormanlarla kaplıdır. Sarıçam, ülkemizde 1.407.090 hektarlık bir alanda yayılış göstermekte ve toplam orman alanlarının yaklaşık %6’sını saf veya karışık sarıçam ormanları oluşturmaktadır (OGM, 2024) (Şekil 1.2). Bu durum, sarıçamı Türkiye’de en geniş yayılışa sahip altıncı orman ağacı türü konumuna getirmektedir.

1.1.2 Sarıçamın Ekolojik Özellikleri

Sarıçamın ülkemizde yetiştiği bölgelerde vejetasyon süresinin 2 ile 9 ay arasında değişim gösterdiği, yıllık ortalama sıcaklığın 4-10 °C arasında olduğu belirtilmektedir. Yetiştirme alanlarında yaşanan ekstrem sıcaklık koşulları yönünden +39,4 °C ile (Bolu-Seben) ve -37,0 °C (Kars-Sarıkamış) sıcaklık şartlarında varlığını koruyabildiğinden dolayı literatürde sarıçam ormanlarının “kışlara dayanıklı/kurak ormanlar” olarak adlandırılmaktadır (Elçin, 1971).

Sarıçamın yayılış gösterdiği alanlarda yıllık yağış ortalamasının 361,7 mm (Eskişehir-Çatacak) ile 2510,3 mm (Arhavi, Hopa) arasında değişim gösterdiği belirtilmektedir. Bu

alanlarda yıl içinde Mayıs-Eylül dönemi boyunca 87,9 ile 869,2 mm arasında yağış düştüğü, kurak periyodun genel olarak Haziran ayının ortalarından Eylül ayının başına kadar sürdüğü ancak yüksek kesimlerde bu periyodun Ağustos-Eylül dönemi içerisinde gerçekleştiği ifade edilmektedir (Elçin, 1971; Çepel, 1976). Ayrıca Giresun-Hopa hattına denk gelen yetişme ortamlarında kurak periyot bulunmadığı belirlenirken Kuzeydoğu Anadolu nemli sarıçam ormanlarında yıllık ortalama yağışın 400-500 mm arasında olduğu belirtilmektedir (Atalay ve ark., 1985).

Sarıçam ormanlarının jeomorfolojik yapısı ve jeolojik temeli Paleozoik dönemden Neozoik döneme kadar çeşitli zaman periyotlarında oluştuğu bildirilmektedir. Sarıçam ormanlarında topraklar sistematik olarak kahverengi orman toprağından vertiosel ve çernezyom topraklarına kadar geniş sınırlar içerisinde değişim göstermektedir. Nitekim sarıçam meşcerelerinde gnays, kireçli ve kireçsiz kum taşı, porfirit, volkanik tüf, marn, bazalt, konglomera, kristalin şist, andezit lav, dasit, kuvarsit şist, andezit, kristalize kalker, volkan külleri şeklinde anakaya tiplerine rastlamak mümkündür (Akgül, 1969; Çepel, 1976; Akgül ve Aksoy, 1978; Atalay ve ark., 1985; Tetik, 1986).

Toprak tipi ve türü yönünden ülkemizde yapılan çalışmalarda toprak tipinin çoğunlukla esmer orman toprağı ve podsolümsü esmer orman toprağı olduğu ve çok az miktarda rendzina ve ranker toprak tipine rastlanıldığı belirtilmiştir. Üst katmanlarda toprak türünün balçıklı kum ve balçık olarak bulunduğu derinlere indikçe killeşmenin arttığı belirtilmiştir (Varol, 1969; Bozakman ve Aksoy, 1976; Akgül ve Aksoy, 1978). Bununla birlikte Kuzeydoğu Anadolu'da baskın toprak tipinin kahverengi asidik orman toprağı olduğu, hafif eğimli ve düz bölgelerde A-B-C horizonlarının oluştuğu ancak eğimli bölgelerde A-C horizonlu ve esmer koyu renkli toprakların var olduğu bildirilmiştir (Atalay ve ark., 1985). Sarıçam ormanlarının toprak özellikleri üzerine yapılan bir diğer çalışmada sarıçam ormanlarında en yaygın tekstürün %54 oranı ile kumlu killi balçık olduğu tespit edilmiştir (Alemdağ, 1967; Çepel, 1976). Ancak Kuzeydoğu Anadolu sarıçam ormanlarında üst toprakta genellikle balçık ve killi balçık tekstürün hakim olduğu ve granüler strüktürün bulunduğu bildirilmiştir (Atalay ve ark., 1985; Tetik, 1985).

Yapılan çalışmalarda ölü örtü ve humus birikmesi bakımından ekstrem derecede humuslaşmanın olmadığı bildirilmektedir. Meşcere yüzeyinde 2-3 cm kalınlığında ölü örtü (ibre, dal vb.) tabakası bu katmanın altında 1-2 cm kalınlığında çürüntü katmanı ve en alt katmanda 0,2-1 cm kalınlığında humus tabakasının varlığı belirlenmiş ve çürüntülü

mullun en yaygın humus tipi olduğu belirlenmiştir (Varol, 1969; Bozakman ve Aksoy, 1976; Çepel, 1976; Akgül ve Aksoy, 1978).

(Gücel ve ark., 2008) tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye’de sarıçam (*Pinus sylvestris*) ormanlarında dokuz farklı bitkisel birlik tespit edilmiştir. Bu birlikler sırasıyla *P. sylvestris*–*Vaccinium myrtillus*, *P. sylvestris*–*Daphne glomerata*, *P. sylvestris*–*Astragalus adzharcicus*, *P. sylvestris*–*Lilium cilicatum*, *P. sylvestris*–*Daphne pontica*, *P. sylvestris*–*Populus tremula*, *P. sylvestris*–*Othilia secunda*, *P. sylvestris* f. *lazica*–*Epimedium pinnatum* subsp. *colchicum* ve *Trisetum sylvestris* birlikleridir.

Söz konusu birliklerde toplam 245 farklı bitki taksonu belirlenmiştir. Bu taksonların yaşam formlarına göre dağılımı; %17’sinin *therophyte*, %40’ının *phanerophyte*, %44’ünün *hemicryptophyte* ve %28’inin *cryptophyte* grubunda yer aldığı şeklindedir. Taksonların fitocoğrafik kökenlerine bakıldığında ise, %24,4’ünün Avrupa-Sibirya, %6,4’ünün İran-Turan ve %1,4’ünün Akdeniz kökenli olduğu belirlenmiştir (Genç, 2011).

Ülkemizde sarıçamın asli ağaç türlerimizle oluşturduğu karışımlar incelendiğinde bu türün Doğu Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana*), Uludağ göknarı (*Abies bornmuelleriana*), Doğu ladini (*Picea orientalis*), çeşitli meşe türleri (*Quercus* spp.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis*) ile karışık meşcereler kurabildiği görülmektedir. Ayrıca, Tokat–Erbaa yöresinde Toros sediri (*Cedrus libani*) ile birlikte münferit karışık meşcerelerde de rastlanmaktadır (Genç, 2011)

1.1.3 Sarıçam Ormanlarında Bakım Yaklaşımı

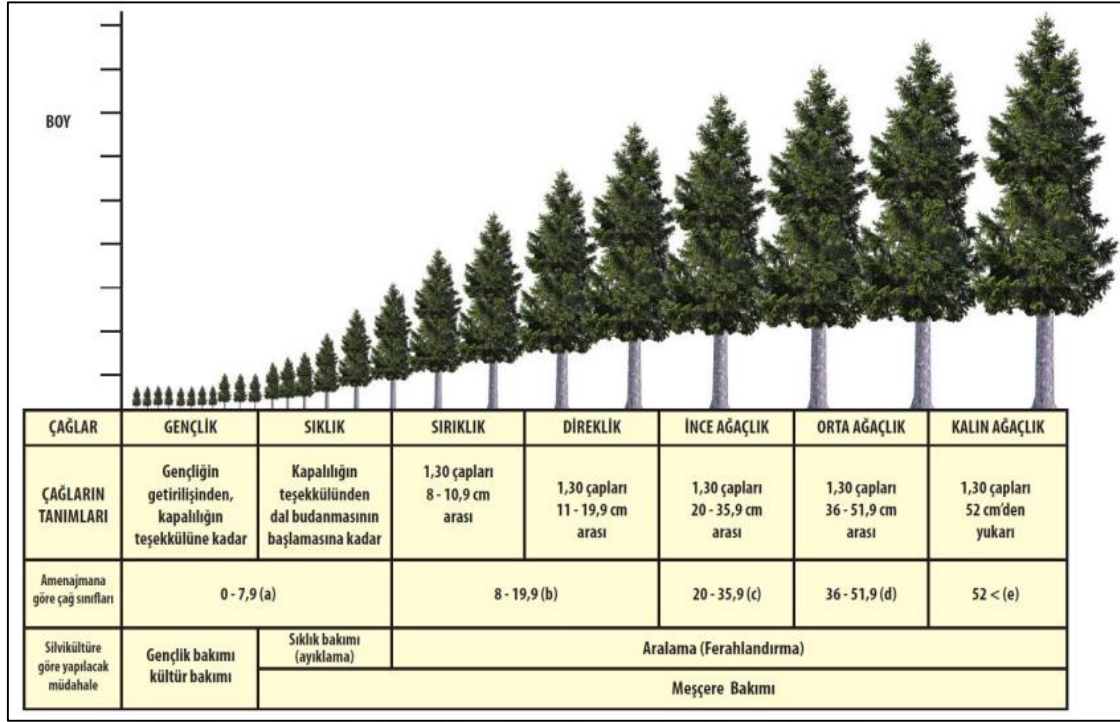
Doğal ya da yapay yöntemlerle kurulan meşcerelerde, kesim çağına ya da idare süresinin sonuna ulaşıncaya kadar gerçekleştirilen tüm silvikültürel uygulamalar “meşcere yetiştirme” veya “orman bakımı” olarak adlandırılmaktadır (Saatçioğlu, 1971; Giray, 1993). Orman ekosistemlerinin sürdürülebilirliği ve ekonomik fayda yönünden, ormancılıkta bakım çalışmaları kritik bir öneme sahiptir. Düzenli bakım uygulamalarının bir sonucu olarak meşcereler, biyotik ve abiyotik zararlılara karşı daha dirençli hale gelmektedir. Böylece ilerleyen süreçte yüksek nitelikte orman emvali üretme imkânı doğmaktadır. Bakım tedbirleri ile biyolojik çeşitliliğin korunması ve ekosistem hizmetlerinin kalitesi artmaktadır. Ormancılıkta bakım tedbirlerinin temelini aralama

uygulamaları oluşturmaktadır. Aralama kesimlerinin, karışımın düzenlenmesi ve mescere uygunluğunun belirlenmesi gibi önemli işlevleri bulunmaktadır (Güney ve ark., 2021).

Orman Genel Müdürlüğü'nün 317 sayılı "Silvikültür Uygulamalarının Teknik Esasları" tebliğine göre yapay veya doğal yollarla oluşmuş bir ormanın tesis edildiği tarihten başlayıp idare müddetinin (kesime olgunluk çağı) bitimine kadar bakım tedbirlerinin uygulanması yönünde bir politika yürütülmektedir (Şekil 1.3). Meşcerenin kuruluşu ile birlikte sırasıyla; gençlik, sıklık, aralama, ışıklandırma ve budamaya yönelik müdahaleler gerçekleştirilmekte olup bakım tedbirlerinin esas amacının meşcerelerin gelecekteki değerinin artırılması olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca herhangi bir meşcerede uygulanacak bakım tedbirine karar verilirken öncelikle meşcerenin gelişim çağının belirlenmesi ve ardından hangi orman fonksiyonuna hizmet ettiğinin bilinmesi gerekmektedir (OGM, 2024)

Gençlik bakımında amaç genel olarak genç bireylerin biyotik ve abiyotik zararlardan korunması ve karışımın düzenlenmesidir. Sıklık çağında yapılan bakım kesimlerinde temel gayeler sırasıyla; bakım patikalarının açılması, menfi seleksiyona yönelik bireylerin çıkarılması, iyi gelişim gösteren fertlere 3-5 yıl sürecek şekilde serbest yaşam alanı sağlanması, karışıma katılan türlerin korunarak karışımın düzenlenmesi ve aday istikbal ağaçlarının seçimidir. Sırlıklık-direklik çağına ulaşan meşcerelerde uygulanan bakım tedbirlerinden birisi olan aralama kesimlerinde temel amaçlar sırasıyla; istikbal ağaçlarının bakımını yapmak, meşcereyi hedeflenen fonksiyona göre istenen forma getirmek ve ara hasılat elde etmek olarak ifade edilmektedir (OGM, 2024).

Bir diğer bakım müdahalesi olan ışıklandırma kesimlerinde temel gaye istikbal ağacı olarak ayrılmış fertlerin daha fazla ışığa ulaşmasını sağlayarak çap artımlarını desteklemek olduğu belirtilmektedir. Budama özel olarak iğne yapraklı orman ağacı türlerine uygulanan özel bir bakım tedbiri olmakla birlikte I. ve II. bonitete sahip alanlarda bulunan meşcerelerde 1.sınıf kalitede orman emvalinin üretilmesinin amaçlandığı bir bakım yöntemidir (OGM, 2024).



Şekil 1.3 Meşcere gelişim çağıları

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), bir ışık ağacıdır. Büyüme ve gelişim sürecinde yetersiz ışık koşullarına karşı toleransı düşük olduğundan diğer ağaçların gölgesi veya siperi altında uzun yıllar boyunca varlığını sürdürmesi mümkün değildir (Genç, 2011). Sarıçam fidanları için %40-50 ışık şiddeti yeterli bir başlangıç sağlasa da normal gelişimi %70 ışık yoğunluğunda, en optimal gelişimini ise tam ışık (%100 entansite) altında gerçekleştirdiği belirlenmiştir (Sıvacıoğlu, 1996). Bu durum, türün fototropik karakterini açıkça ortaya koymaktadır.

Işık ihtiyacı yüksek bir tür olan sarıçamın oluşturduğu saf meşcerelerde, alt tabakada ve ara konumda bulunan bireyler, tepe kapalılığı nedeniyle yetersiz ışık almakta ve zamanla baskın ağaçların rekabeti altında kalarak yaşamlarını yitirmektedir. Bu ekolojik özellik, saf sarıçam meşcerelerinde yüksek aralama yönteminin uygulanmasını elverişsiz hale getirmektedir. Dolayısıyla, sarıçam meşcerelerinde esas olarak alçak aralama yöntemi tercih edilmektedir (Genç, 2011; OGM, 2024).

Genel bir prensip olarak, meşcereler boy büyümesinin yavaşlamaya başladığı kritik yaşlara (iyi bonitet alanlarda yaklaşık 70. yaş, orta bonitet alanlarda 75. yaş ve kötü bonitet alanlarda 80. yaş) ulaşıncaya kadar mutedil alçak aralama müdahalelerine tabi tutulması önerilmiştir. Bu kritik yaş dönemlerinden itibaren idare süresinin sonuna kadar

ise şiddetli alçak aralama uygulaması yapılabilir. Uygulanan aralama işlemleri sonucunda, hektar başına hedeflenen ağaç sayısı genellikle 200 ile 250 adet arasında belirlenmektedir (Genç, 2011; OGM, 2024).

Sarıçamın büyüme eğilimleri; meşcerenin sıklığı, rekabet seviyesi ve mikroklimatik koşullar gibi çeşitli etkenlerin karmaşık etkileşimi altında şekillenmektedir. Yapılan araştırmalar, aralama uygulamalarının, bireyler arası rekabeti hafifletmek suretiyle ağaçların ışık, su ve besin maddeleri gibi kritik kaynaklara erişimini optimize ettiğini ve bu sayede ağaç gelişimini önemli ölçüde hızlandırdığını göstermektedir (Steckel ve ark., 2020). Ayrıca, silvikültürel müdahaleler, özellikle aralama işlemleri, kuraklık stresi üzerindeki olumsuz etkileri azaltarak sarıçam meşcerelerinin iklimsel değişkenliklere karşı gösterdiği dayanıklılığı ve esnekliği artırmaktadır (ALRahahleh ve ark., 2018; Steckel ve ark., 2020). Sarıçamın dominant tür olduğu güney boreal ormanlar gibi ekosistemlerde, huş (*Betula sp.*) gibi geniş yapraklı türleri de içeren karışık meşcere yönetim stratejilerinin uygulanması, odun üretimi potansiyelini korurken aynı zamanda biyoçeşitliliği ve rekreasyonel faydaları da yükseltebilmektedir (ALRahahleh ve ark., 2018).

Sarıçamın silvikültürel özellikleri arasında giderek daha fazla önem kazanan diğer bir ekolojik boyut ise karbon tutma potansiyelidir. Hızlı büyüeyebilen bir tür olması nedeniyle sarıçam meşcereleri sürdürülebilir bir şekilde yönetildiği takdirde orman ekosistemlerindeki karbon depolama süreçlerine önemli katkılar sağlayabilmektedir (Bravo-Oviedo ve ark., 2015). Meşcerelerde tutulan karbon stokları; meşcere yaşı, ağaç yoğunluğu ve uygulanan silvikültürel müdahaleler gibi bir dizi yapısal ve yönetsel değişkenden önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu durum, meşcerenin karbon depolama kapasitesini en üst düzeye çıkarabilmek için bilimsel temelli, hedef odaklı ve optimize edilmiş orman bakımı stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Bravo-Oviedo ve ark., 2015)

1.1.4 Orman Ekosistemlerinde Karbon Döngüsü ve İklim Değişikliği

Sanayi devriminden bu yana artan fosil yakıt kullanımı ve arazi kullanımındaki radikal değişiklikler, atmosferik karbondioksit (CO₂) konsantrasyonlarını kritik eşiklerin üzerine taşıyarak küresel iklim değişikliğini çağımızın en acil çevre sorunu haline getirmiştir. Bu süreçte orman ekosistemleri, atmosfer ile biyosfer arasındaki gaz alışverişini düzenleyen

en baskın karasal bileşen olarak, küresel karbon döngüsünde hayati bir "yutak" fonksiyonu üstlenmektedir. Pan ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada dünya ormanları, biyokütle ve toprak havuzlarında depoladıkları devasa karbon stokları sayesinde insan kaynaklı fosil yakıt emisyonlarının önemli bir kısmını nötralize etme kapasitesine sahiptir. Ancak Bonan (2008), ormanların sadece karbon depolamakla kalmayıp evapotranspirasyon (buharlaştırma-terleme) süreçleri üzerinden de küresel enerji dengesini etkilediğini vurgulayarak; ormanların iklim sistemi üzerindeki etkisinin biyokimyasal ve biyofiziksel süreçlerin karmaşık bir etkileşimi olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, ormanların karbon tutma potansiyelinin sürdürülebilirliği, atmosferik sera gazı birikiminin sınırlandırılması stratejilerinin merkezinde yer almaktadır (Dixon ve ark., 1994).

Orman ekosistemlerindeki net karbon dengesi; fotosentez yoluyla atmosferden alınan karbonun (Brüt Birincil Üretim - GPP), ototrofik (bitki) ve heterotrofik (mikrobiyal ayrışma) solunum yoluyla atmosfere geri salınımı arasındaki hassas dengeye dayanmaktadır. Bu denge, iklimsel değişkenlerin yanı sıra silvikültürel müdahaleler (aralama, hasat vb.) ve doğal bozulmalarla doğrudan ilişkilidir. Özellikle orman toprakları, küresel karasal karbon havuzunun en büyük bileşenini oluşturmakta olup, Lal (2004) topraktaki karbon stoklarının atmosferik havuzdan daha büyük olduğunu ve küçük değişimlerin bile küresel iklim üzerinde önemli etkiler yaratabileceğini belirtmektedir. Bu bağlamda, Jandl ve ark. (2007), orman yönetim uygulamalarının toprak organik maddesinin stabilitesi üzerindeki etkilerini irdeleyerek; şiddetli müdahalelerin toprak solunumunu artırarak ekosistemi bir karbon yutağından karbon kaynağına dönüştürebileceği riskine dikkat çekmektedir. Sonuç olarak, iklim değişikliği ile mücadelede ormanların etkinliği, sadece mevcut biyokütlenin korunmasına değil, aynı zamanda toprak karbon havuzunu stabilize eden ve ayrışma süreçlerini (dekompozisyon) kontrol altında tutan ekosistem tabanlı yönetim anlayışına bağlıdır.

1.1.5 Aralama Uygulamalarının Toprak ve Biyolojik Süreçlere Etkisi

Aralama müdahaleleri, meşcere sıklığını optimize ederek kalan ağaçların büyüme performansını artırmayı hedefleyen temel silvikültürel işlemler olmakla birlikte, orman ekosisteminin yeraltı dinamiklerini ve toprak özelliklerini de köklü bir şekilde değiştirmektedir. Tepe çatısının açılmasıyla birlikte orman tabanına ulaşan güneş radyasyonunun artması, toprak sıcaklığı ve nem rejimlerinde belirgin değişimlere yol

açarak; mikrobiyal biyokütle, enzim aktivitesi ve organik madde ayrışma süreçlerini (dekompozisyon) doğrudan etkilemektedir (Bolat, 2014). Bu mikroklimatik değişimler, genellikle toprak sıcaklığının artmasıyla mikrobiyal solunumu ve karbon mineralizasyonunu hızlandırıcı bir etkiye neden olmaktadır. Ancak özellikle su kısıtı bulunan ekosistemlerde artan evaporasyon, toprağı kurutarak biyolojik aktiviteyi baskılayabilmekte ve toprak solunumunu azaltabilmektedir (Bautista ve ark., 2021). Bununla birlikte, aralama uygulamaları sonucu sahada bırakılan kök ve döküntü biyokütlesi, toprak biyotası için taze organik madde girdisi oluşturarak besin elementlerinin döngüsünü tetiklemektedir (Bravo-Oviedo ve ark., 2015). Sonuç olarak, aralamanın toprak üzerindeki etkisi; iyileşen ışık ve sıcaklık koşulları ile değişen nem dengesi arasındaki karmaşık etkileşim tarafından belirlenmekte ve bu etki ekosistemin direncine bağlı olarak kısa veya uzun vadeli değişiklikler gösterebilmektedir (Erkan ve ark., 2023).

1.1.6 Orman Ekolojisinde Bakı Faktörü

Bakı, bir yamaç yüzeyinin coğrafi yönelimini ifade eden topografik bir faktör olup güneşlenme süresi, sıcaklık, nem ve buharlaşma gibi mikroklimatik koşulları belirleyerek orman ekosistemlerinin yapısı ve işleyişi üzerinde önemli rol oynamaktadır (De Frenne ve ark., 2013). Orman ekolojisinde bakı, özellikle toprak sıcaklığı ve nem içeriği, ölü örtü ayrışma hızı ve mikrobiyal aktivite gibi süreçleri doğrudan etkilemekte; bu da besin döngüsü, toprak organik karbon birikimi ve bitki gelişimi üzerinde belirleyici olmaktadır (Parker ve ark., 2015). Örneğin, kuzey bakılar genellikle daha serin ve nemli koşullara sahipken, güney bakılar daha kuru ve sıcak mikroklimatik özellikler gösterdiğinden ölü örtü ayrışması ve organik madde mineralizasyon hızları arasında anlamlı farklar oluşmaktadır (Duan ve ark., 2025). Bu nedenle, bakı faktörü ormancılık çalışmalarında özellikle toprak verimliliği, karbon dinamikleri ve ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken temel bir ekolojik değişken olarak değerlendirilmektedir (Dindaroğlu ve Canbolat, 2017).

1.1.7 Orman Ekolojisinde Mevsimsel Dinamikler

Mevsimsellik, sıcaklık, yağış, ışık süresi ve nem gibi çevresel koşullarda yıl boyunca meydana gelen periyodik değişimleri ifade etmekte olup orman ekosistemlerinin

biyolojik döngülerini, üretkenliğini ve karbon dinamiklerini düzenleyen temel bir iklimsel faktör olarak değerlendirilmektedir (Richardson ve ark., 2010).

Orman ekolojisinde mevsimsel değişimler; fotosentetik aktivite, ölü örtü ayrışması, toprak solunumu ve kök büyümesi gibi ekosistem süreçlerinin ritmini belirlemektedir (Schnecker ve ark., 2023). Bu bağlamda, ilkbahar ve yaz dönemlerinde artan sıcaklık ve nem, mikrobiyal aktiviteyi ve kök biyokütlesini artırırken; sonbahar ve kış aylarında düşen sıcaklıklar, ölü örtü ayrışma hızını ve toprakta karbon dönüşümünü yavaşlatmaktadır (Baldocchi, 2020; Yan ve ark., 2025). Dolayısıyla mevsimsellik, orman ekosistemlerinde toprak, ölü örtü ve kılcal kök biyokütlesi gibi bileşenlerin işleyişinde belirleyici rol oynamakta; ormancılık çalışmalarında ekosistem süreçlerinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

1.1.8 Ölü Örtü ve Organik Madde Girdileri

Ölü örtü; orman ekosistemlerinde ağaçlardan dökülen yaprak, iğne, dal, kabuk ve üreme organları gibi biyokütle bileşenlerinden oluşan ve mineral toprağı örterek toprağı organik madde girdisi sağlayan temel katman olarak tanımlanmaktadır. Bu tabaka, ekosistemdeki enerji akışı ve madde döngüsünün başlangıç noktasını oluşturmakta; karbon (C) ve azot (N) başta olmak üzere kritik besin elementlerinin toprağı geri kazandırılmasında en önemli girdi kaynağı rolünü üstlenmektedir (Krishna ve Mohan, 2017; Giweta, 2020). Özellikle sarıçam gibi ibreli orman ekosistemlerinde, döküntü yoluyla sağlanan organik madde girdileri, iğne yaprakların kimyasal yapısı nedeniyle yavaş ayrışmakta ve bu süreç meşcere kapalılığı, nem, sıcaklık ve mikrobiyal aktivite gibi faktörlerin kontrolü altında gerçekleşmektedir. Ölü örtüden kaynaklanan bu girdiler, mineralizasyon yoluyla toprak verimliliğini artırmakta, aynı zamanda su tutma kapasitesini yükselterek erozyon riskini azaltmaktadır (Prescott, 2010). Aralama gibi silvikültürel müdahaleler ise bir yandan meşcere sıklığını azaltarak döküntü miktarını (girdi miktarını) değiştirmekte, diğer yandan meşcere tabanına ulaşan ışık ve sıcaklık koşullarını farklılaştırarak mevcut organik stokun ayrışma hızını ve toprağı karışma dinamiklerini yeniden şekillendirmektedir. Dolayısıyla, aralamanın ölü örtü dinamikleri ve organik madde girdileri üzerindeki etkilerinin anlaşılması; orman toprağının karbon depolama kapasitesi ve mikrobiyal aktivitenin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır (Giweta, 2020).

1.1.9 Toprak Solunumu

Toprak solunumu, ekosistem karbon bütçesinin en önemli çıktılarından birini oluşturmakta olup; topraktaki mikroorganizmaların ve bitki köklerinin metabolik aktiviteleri sonucu atmosfere salınan CO₂ akışını ifade etmektedir. Bu biyolojik süreç, büyük ölçüde sıcaklık, nem, organik madde miktarı ve substrat kalitesi gibi çevresel faktörlerin kontrolü altındadır (Concilio ve ark., 2005). Dolayısıyla toprak solunumu, yıl içerisindeki sıcaklık ve yağış rejimine (mevsimselliğe) bağlı olarak belirgin dalgalanmalar gösteren dinamik bir süreçtir. Toprak ekosistemi aynı zamanda karbon ve azot başta olmak üzere temel elementlerin depolandığı ve dönüştüğü ana ortamdır. Organik maddenin ölü örtü ve kök yoluyla girişi, ayrışma, mineralizasyon ve azotun biyolojik fiksasyonu gibi süreçler; bitki beslenmesini ve uzun dönemde ekosistemin karbon yutak kapasitesini belirlemektedir (Giweta, 2020; Krishna ve Mohan, 2017).

Aralama gibi silvikültürel müdahaleler, meşcere yapısını değiştirerek toprak yüzeyine ulaşan güneş radyasyonunu ve yağış miktarını farklılaştırmaktadır. Bu müdahaleler, toprak mikroklimini (sıcaklık ve nem profilini) ve organik madde girdilerini modifiye ederek; karbon-azot dönüşüm hızlarını, element erişilebilirliğini ve mikrobiyal aktiviteyi doğrudan etkileyebilmektedir (Çömez ve ark., 2019). Toprak sıcaklığı ve nemindeki bu yapay değişimler, kök ve mikrobiyal solunumu tetikleyerek toplam toprak solunumu üzerinde artış veya azalış yönünde değişimlere neden olabilmektedir (Concilio ve ark., 2005). Bu nedenle toprak solunumu, aralama uygulamalarının ekosistem karbon dengesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için hem kısa dönemli hem de mevsimsel ölçeklerde izlenmesi gereken temel bir gösterge niteliğindedir.

1.2 Literatür Özeti

Tolunay, (1997) tarafından Aladağ (Bolu) bölgesinde genç sarıçam meşcere yapılan bir çalışmada uygulanan farklı şiddetlerdeki ayıklama kesimlerinin ölü örtü ve toprak özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Özellikle sıklık bakımı sonrası ağaç sayısının azaltıldığı alanlarda, ışık miktarının artmasına bağlı olarak gelişen yoğun diri örtünün toprak azotu üzerinde düşürücü bir etkiye neden olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, andezit anakayasının kalsiyum zenginliği sayesinde sarıçam ölü örtüsünün beklenenden daha yüksek besin değerlerine ve pH seviyelerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tüfekçioğlu ve ark. (1998) tarafından Ioawa (ABD)'de yapılan bir çalışmada riparian bölgedeki farklı vejtasyonlar ile bu alanlara komşu zirai alanlar arasında kılcal kök dinamikleri, kök dağılımı, kalın kök biyokütlesi ve toplam toprak solunum hızları karşılaştırılmıştır. Çalışmada kılcal kök biyokütlesi, tarım alanlarında anlamlı ölçüde daha düşük (riperian zone: 6 Mg ha⁻¹ ve zirai alanlarda 2,3 Mg ha⁻¹) bulunmuştur. Ayrıca dere içi vejetasyonun bulunduğu alanlarda 1,5 metreden daha derinlere uzanan kök yoğunluğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar riparian bölgelerin yüksek biyoçeşitlilik nedeniyle daha zengin kılcal kök biyokütlesi içerdiği ve bu alanlarda daha yüksek toprak solunumu gerçekleştiği tespit edilmekle beraber bu alanların su kalitesinin korunması açısından da ayrıyeten korunması gerektiği belirtilmiştir.

Tüfekçioğlu ve Küçük (2004) tarafından Artvin-Genya Dağında genç ve yaşlı Doğu ladinini meşcereleri ile bu meşcerelerde bitişik çayırılık alanlarda toprak solunumunda meydana gelen değişimler arazi kullanımı ve mevsimsel değişim faktörleri özelinde araştırılmıştır. Çalışmada ortalama günlük toprak solunumu 0,26 g C m⁻² d⁻¹ ile 2,66 g C m⁻² d⁻¹ arasında değişiklik göstermiştir. Ayrıca çayırılık alanlarda yaşlı ladin meşcerelerine göre daha yüksek toprak solunumu tespit edilmiştir. Bu durum çayırılık alanlarda yaşlı meşcerelere göre daha yüksek biyolojik bir faaliyetin olduğu hipotezini desteklemektedir. Toprak solunumundaki mevsimsel değişimlerin %75'i bir arada değerlendirilen toprak sıcaklığı ve nemindeki değişimlerle güçlü bir şekilde açıklanmıştır. Ayrıca, toprak solunumu ile kılcal kök (<2 mm) biyokütlesi (R=0.91) arasında güçlü bir pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, toprak solunumunun orman ve çayır ekosistemlerindeki farklı biyolojik aktivite seviyelerinin iyi bir göstergesi olduğunu ve karbon döngüsünün kritik bir bileşeni olan solunum hızının, başta iklim ve kök biyokütlesi olmak üzere çeşitli faktörlerce kontrol edildiğini ortaya koymaktadır.

Tüfekçioğlu ve ark., (2005) tarafından Artvin, Karadağ'da genç Doğu kayını meşcerelerinde yapılan bir çalışmada farklı şiddette uygulanan aralama işlemlerinin; ağaçlarda büyüme-gelişim, kök ve bazı toprak özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Üçüncü yıl sonunda yapılan ölçüm ve analizlerde çap ve boy gelişimi en yüksek şiddetli aralama işleminde tespit edilmiştir. En fazla toprak organik karbonu şiddetli aralama işleminde tespit edilmiş ve bu durum şiddetli aralama işleminin uygulandığı alanlarda ölü köklerin ayrışarak toprağa karışmasıyla ilişkilendirilmiştir. En yüksek kılcal kök

biyokütlesi kontrol işleminde tespit edilmiş ve bu durum meşcere içi rekabetin kılcal kök biyokütle üretimini tetiklemesiyle ilişkilendirilmiştir.

Sarıyıldız ve ark., (2005) tarafından yapılan bir çalışmada dört farklı ağaç türünde (kayın, meşe, göknar, sarıçam) yapılan ölü örtü örneklemesinde topografik etmenlerin (bakı ve yamaç konumu) ölü örtü ayrışma hızına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, ölü örtü ayrışma hızları üzerinde bakı, tür ve yamaç pozisyonunun ana etkilerinin tümü istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. En hızlı ayrışma meşe türüne ait ölü örtüde gerçekleşmiş ve ölü örtünün genel olarak kuzey bakıda daha hızlı ayrıştığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, ölü örtü kalitesinin (özellikle başlangıçtaki lignin konsantrasyonlarının) ayrışma potansiyelini belirlemesine rağmen, bu sürecin gerçekleştiği biyotik ve abiyotik çevrenin (bakı ve yamaç pozisyonu) ayrışma hızını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır.

Duman, (2008) tarafından Artvin Hatila Vadisi Milli Parkında saf Doğu ladini (*Picea orientalis*) meşcerelerinde, bakı (Kuzey/Güney) ve yükseltinin meşcere ve toprak özellikleri ile kabuk böceği (*Ips typographus*) zararının ölü örtü ayrışması üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada güney bakılı ve üst yükseltilerdeki meşcerelerin toprak özelliklerinin (özellikle organik madde ve besin elementi) daha fakir olduğunu; ancak bu verimsiz alanlardaki ağaçların meşcere özelliklerinin (yaş, çap, sıklık vb.) daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Ölü örtü ayrışması ise, böceklerin zarar verdiği meşcerelerde, Kuzey bakılarda ve her iki bakımın alt yükseltilerinde daha hızlı gerçekleşmiştir. Bu araştırma, topoğrafik faktörlerin orman sağlığı ve karbon döngüsünün kritik bir bileşeni olan ölü örtü ayrışması üzerindeki karmaşık etkileşimini ortaya koymaktadır.

Güner ve ark., (2012) tarafından sarıçam meşcerelerinde bazı meşcere, iklim ve topografik değişkenleri kullanarak toprak ve ölü örtü toplam karbon stoklarını tahmin eden modeller belirlemeyi amaçlamıştır. Farklı bakı, yükselti, eğim derecesi ve meşcere büyüme koşullarına sahip 40 deneme parselinden elde edilen verilerle çoklu regresyon analizi (MRA) ile sınıflandırma ve regresyon ağacı (CART) teknikleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, toplam C stoklarının (TC), yükselti, eğim derecesi, bakı, gerçek evapotranspirasyon, ortalama yıllık yağış ve vejetasyon periyodu uzunluğu gibi değişkenlerle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yerel ölçekte TC varyansının %91'i CART tekniği ile %60'ı ise MRA ile açıklanmıştır. Bu sonuçlar, yağışın azaldığı alanlarda toprak ve ölü örtünün karbon kaynağına dönüşebileceğini ancak özellikle en kurak aydaki

yağışın arttığı verimli alanlarda ise bir karbon yutağı olarak işlev görebileceğini göstermektedir.

Akburak, (2013) tarafından İstanbul'da meşe ve gürgen meşcerelerinde iki yıl boyunca yürütülen bir çalışmada aralamanın toprak ve mikrobiyal (bazal) solunum üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada meşe türünde aralama bakımı sonrası toprak solunumu kontrol işlemine göre anlamlı şekilde artmış ancak gürgen meşceresinde aralama sonrası herhangi bir fark tespit edilememiştir. Ayrıca, toprak solunumu üzerinde diri örtü miktarı, toprak sıcaklığı ve ince kök miktarı gibi faktörler doğrusal ilişki gösterirken; toprak mikrobiyal solunumu açısından ise azot ve toprak reaksiyonunun (pH) sınırlayıcı faktörler olduğu belirlenmiştir. Toprak solunumunun iki yıllık ölçüm periyodu boyunca başlangıca göre azalma eğilimi göstermesi, bu kısa süreli çalışmanın aralamanın uzun dönemli C döngüsü üzerindeki etkilerini tam olarak açıklayamadığı yönünde bir kısıtlılık barındırdığına işaret etmektedir.

Bolat, (2014) tarafından Bolu-Mudurnu yöresinde karaçam meşceresinde yapılan aralama kesimlerinin toprak solunumu ve toprak mikrobiyal biyokütle karbon ve azot değişkenleri üzerine kısa süreli etkileri incelenmiştir. Aralama sonrası meşcere içinde toprak sıcaklığının artması nedeniyle mikrobiyal biyokütle C ve N ile toprak organik karbonunda artışlar meydana gelirken toprak nemi, bazal solunum ve metabolik katsayı (qCO_2) değişkenlerinde azalmalar tespit edilmiştir. Çalışmada toprak organik karbonu değişkeni, mikrobiyal biyokütle ve bazal solunum değişkenlerini en güçlü biçimde etkileyen değişken olarak öne çıkmıştır. Elde edilen bulgular, aralama kesimlerinin değişen mikroiklim koşulları nedeniyle biyolojik toprak özelliklerini etkilediğini göstermiştir. Çalışmada aralama faktörünün farklı mikro-klima elamanları ile etkileşiminin incelenmesi çalışmanın güçlü yönünü oluştururken toprak özelliklerinin farklı aralama şiddeti, mevsim ve topografik unsurlarla olan etkileşimlerinin olmayışı bu çalışmayı sınırlandırmıştır.

Sarıyıldız (2015) tarafından yapılan bir çalışmada; ağaç türü, topografik unsurlar (bakı ve yükselti) ve toprak derinliğinin ince ve kılcal köklerin ayrışma hızları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada ağaç türünün köklerin ayrışma hızını anlamlı şekilde etkilediği belirlenmekle birlikte kök ayrışma hızının sırasıyla kızılçam > sarıçam > ladin şeklinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu durum genel olarak köklerin C/N oranları ile ilişkilendirilmiştir. Topografik etkiler açısından güney bakıda alt yükseltilerde

ayrışmanın daha hızlı olduğu belirlenmiştir. Bu bulguya paralel olarak iklimik faktörlerin ölü örtü ayrışmasını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Ek olarak kök kalınlığı ve toprak derinliğinin arttıkça ayrışmanın yavaşladığı belirlenmiştir. Sonuçlar, orman ekosistemlerindeki besin döngüsü ve karbon (C) depolama kapasitesinin önemli bir bileşeni olan ince kök ayrışma sürecinde, tür kalitesinin yanı sıra topoğrafik faktörlerin ve mikroiklimin de kritik bir rol oynadığını ortaya koymuştur.

Bravo-Oviedo ve ark., (2015) tarafından İspanya’da saf sarıçam meşceresinde yapılan bir çalışmada tekrarlı olarak uygulanan zayıf ve mutedil şiddetli aralama kesim rejimlerinin toprak karbon stokları ile toprak koşulları üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Düzenli olarak tekrarlanan mutedil aralama kesimlerinin meşcerenin karbon stoğunu %28 oranında azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca mutedil şiddetli aralama müdahalesinin yapıldığı deneme alanlarında ölü örtü tabakasında P, K, Mg ve Mn miktarları anlamlı artışlar gösterirken mineral toprak özelliklerinde anlamlı değişimlerin olmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, odun hasılatı ile meşcere stabilitesi arasındaki dengenin korunduğu müddetçe mutedil aralama uygulamalarının kabul edilebilir olduğunu göstermiştir.

Kara ve ark., (2016) tarafından yapılan bir çalışmada farklı ağaç türleri (yalancı akasya ve sarıçam) ile yapılan ağaçlandırmaların toprak ve mikrobiyal aktivite özelliklerine olan etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre yalancı akasya türünün kullanıldığı ağaçlandırma alanlarında toprak organik karbonu ve mikrobiyal biyokütle karbon miktarı kontrol işlemine göre anlamlı ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Yalancı akasya alanlarında mikrobiyal toplulukların daha düşük metabolik katsayı ve daha yüksek toprak mikrobiyal C/ toprak organik C oranı tespit edilmiş ve dolayısıyla yalancı akasya ile ağaçlandırılan alanlarda daha yüksek mikrobiyal faaliyet olduğu teyit edilmiştir. Ancak, ağaçlandırmadan 15 yıl sonra bile mikrobiyal katsayının hala beklenen dengenin altında kalması bozulmuş arazilerin mikrobiyal aktivite açısından restorasyonunun uzun soluklu bir süreç olduğunu ortaya koymuştur.

Bautista ve ark., (2021) tarafından İspanya’da kurak ve yarı kurak alanlarda bulunan *Q.ilex* ve *P.halepensis* meşcerelerinde yapılan bir çalışmada aralamanın toprak solunumu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan ölçümlerde toprak solunumunun, aralama müdahalesi görmüş alanlarda kontrol alanlarına kıyasla anlamlı düzeyde daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar her iki alanda da toprak solunumunda meydana gelen mevsimsel değişimleri belirleyen temel unsurların toprak nemi ve toprak sıcaklığı

olduğunu ve yaz kuraklığının toprak solunumunu belirgin bir şekilde sınırlandırdığını göstermiştir. Çalışmanın güçlü yönü, iki farklı iklim tipinde ve orman ekosisteminde deneme deseninin kurularak mikro-iklim unsurlarının ölçülmesidir. Zayıf yönü ise çalışmanın kısa/orta (2-3 yıl) vadeli verilere dayanmasıdır.

Aun ve ark., (2021) tarafından Estonya’da genç ve orta yaşlı saf sarıçam meşcerelerinde yürütülen iki yıllık bir çalışmada mutedil aralamanın meşcerelerin toplam karbon stoklarında %21-24 oranında azalmalara neden olduğu ancak aralama kesimlerinden kaynaklanan bu kaybın dört yıl içinde kalan ağaç biyokütlesi tarafından telafi edilebileceği öngörülmüştür. Ayrıca aralama kesimleri sonrası meşcerelerin yıllık net birincil üretimleri %9-11 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra aralamanın toprak solunumu ve mikrobiyal solunum üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmemiştir. Ancak aralama kesimleri sonrası kök biyokütlesindeki meydana gelen değişimlere bağlı olarak mikrobiyal solunumun, toplam toprak solunumundaki payının arttığı bildirilmiştir. Çalışmada farklı yaş sınıfları ve gelişim çağlarına göre aralamanın etkilerini incelenmesi çalışmanın güçlü yönlerini oluştururken çalışmanın kısa süreli verilerle sınırlı kalması çalışmanın zayıf yönünü oluşturmaktadır.

Demir, (2021) tarafından İstanbul’da meşe baltalıklarında yürütülen bir tez çalışmasında baltalık işletmesinde tıraşlama kesiminin üst toprağın hidro-fiziksel özelliklerine etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada toprak tekstürü, permeabilite, maksimum su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı, boşluk hacmi, nem ve sıcaklık gibi önemli toprak parametrelerinin arazi kullanımlarına bağlı olarak istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar gösterdiği ortaya konulmuştur. Ayrıca meşe baltalıklarının tıraşlandığı deneme alanlarında baltalık ormanına kıyasla toprak sıcaklığının 2.1 °C daha yüksek bulunurken bu duruma paralel olarak toprak nemi azalmıştır. Bu bulgular farklı işletme metotlarının (baltalık ve tıraşlama), toprağın termal ve hidrolojik rejimini değiştirdiği yönündeki genel kanıyı desteklemiştir.

Erkan ve ark., (2023) tarafından kızılçam plantasyonlarında aralamanın uzun vadeli etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada mutedil ve şiddetli aralama uygulamalarının uzun vadede toprağın karbon stokları, besin elementleri ve diğer toprak özellikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farka neden olmadığı ortaya koyulmuştur. Elde edilen bulgular, aralama gibi silvikültürel müdahalelerin toprak karbon döngüsünü

bozduğu veya olumlu yönde etkilediğine dair literatürdeki bazı çalışmalarla çelişmektedir.

Çömez ve Kaptanoğlu, (2023) tarafından Kütahya'da karaçam meşcerelerinde farklı şiddette uygulanan ayıklama kesimlerinin toprak solunumu başta olmak üzere toprak özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. 2014-2017 yılları arasında yapılan örneklemelerde ayıklama kesimlerinin toprak solunumu ve toprak sıcaklığını arttırdığı belirlenirken toprak pH seviyesini düşürdüğü tespit edilmiştir. Ayıklama kesimlerinden 3 yıl sonra gerçekleştirilen örneklemelerde toprak organik maddesi, N ve P değişkenlerinin müdahale şiddetine bağlı olarak değiştiği ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, ayıklama kesimlerinin orman ekosistemlerindeki karbon döngüsünü etkilediğini ve topraktan kaynaklanan karbon salımının yönetiminde kesim şiddetinin önemli bir araç olabileceğini göstermektedir.

Sarıyıldız ve Savacı, (2023) tarafından Kastamonu (Daday)'da yapılan bir çalışmada dört farklı ağaç türü altındaki toprak makro ve mikro besin stoklarının yükselti, bakı ve toprak derinliğine göre değişimi incelenmiştir. Çalışmada en yüksek C, N ve P stokları kayın türünde tespit edilirken en düşük stoklar meşe türünde belirlenmiştir. Potasyum stoğu en yüksek sarıçam türünde ve Ca stoğu en yüksek karaçam türünde tespit edilmiştir. Makro besin stokları, yükselti ve bakıya bağlı olarak önemli değişiklikler göstermiş, ancak bu değişimin yönü ağaç türüne ve besin elementine göre farklılık arz etmiştir. Buna karşın mikro besin stokları (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Al) genel olarak üst rakım ve güneşli bakılarda daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, besin stoğu yönetiminde ağaç türü seçimi ile topoğrafik faktörlerin karmaşık etkileşiminin kritik rol oynadığını göstermektedir.

Semercioğlu ve ark., (2023) tarafından Trabzon'da doğu kayını meşcerea yürütülen bir çalışmada farklı aralama şiddetlerinin toprak mikrobiyal biyokütle karbonu ve toprak solunumu üzerindeki etkileri bir yıl boyunca izlenmiştir. Çalışmada %40 aralama işleminde mikrobiyal biyokütle karbon miktarı diğer işlemlere göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, yaz döneminde mikrobiyal biyokütle karbon miktarının en yüksek seviyelere çıktığı belirlenmiştir. Buna karşın bazal solunum ve toprak solunum değişkenleri açısından aralama ve kontrol işlemi arasında anlamlı bir oluşmamıştır. Solunum değerlerindeki mevsimsel değişimler ise su açığı olmaması nedeniyle, nemden ziyade sıcaklık tarafından belirlenmiştir. Sonuç olarak, %40

aralamanın mikrobiyal biyokütleyi olumlu yönde teşvik ettiği ve bir yıl sonuçlara göre toprak solunumunu anlamlı bir şekilde arttırmadığı belirlenmiştir.



2 MATERYAL VE YÖNTEM

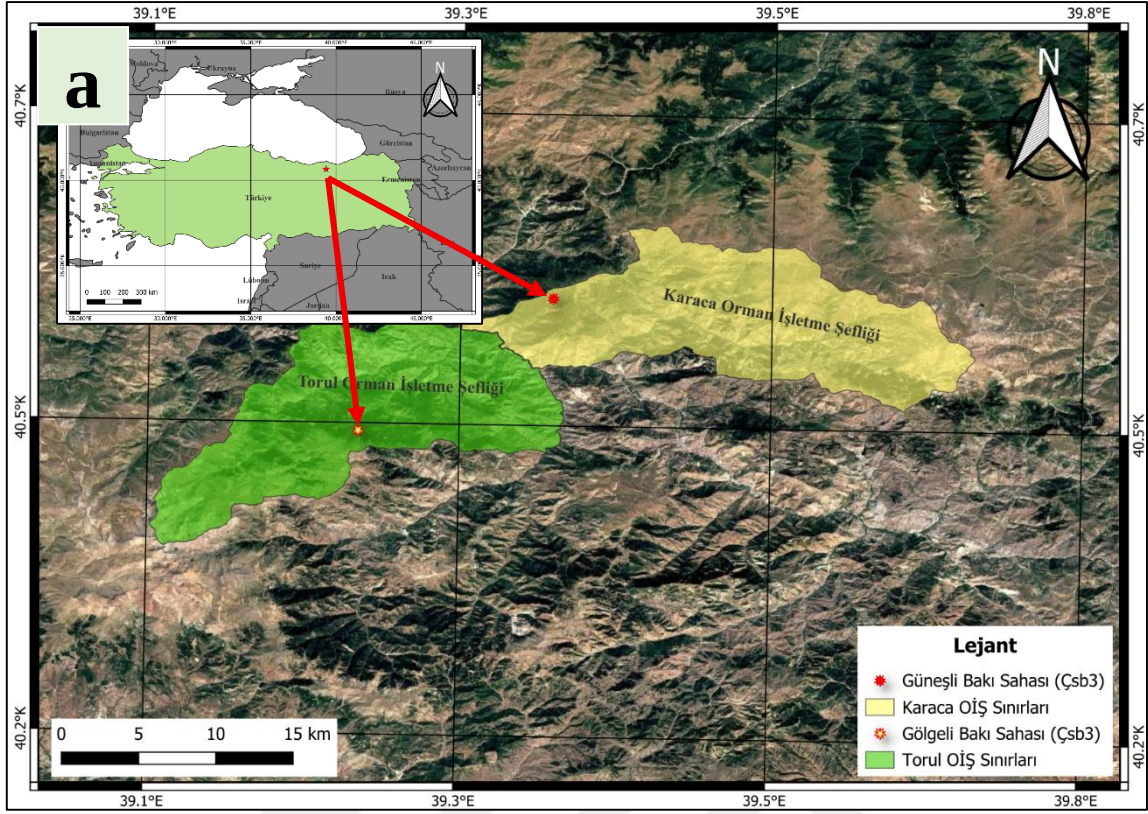
2.1 Çalışmada Kullanılan Materyaller

Çalışmada kullanılan materyaller, Gümüşhane ili Torul ilçesi sınırlarında Güvemli ve Harmancık-Gelinkaya mevkiinde yer alan sarıçam meşcerelerinden alınan ölü örtü, toprak ve kök örneklerinden oluşmaktadır. Ayrıca çalışma süresince kullanılan sarf malzemeler ve makine teçhizatlar; arazide kullanılan LICOR marka LI-8100-A model toprak solunum cihazı, el küreği, çapa, çelik silindir, balyoz, numune poşetleri, çap ölçer ve muhtelif laboratuvar malzemelerinden oluşmaktadır.

2.2 Çalışma Alanlarının Tanıtımı

Güneşli bakıda kurulan deneme alanları mülki yönden Doğu Karadeniz bölgesinde Gümüşhane ili Torul ilçesi sınırlarında yer alırken idari yönden Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Torul Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Karaca Orman İşletme Şefliği idari sınırları içerisindedir. Deneme alanlarının (40°34'30,19" K, 39°21'55,08" D) kuzeyinde Zigana Geçidi, güneyinde Harmancık Köyü-Gelinkaya mevkii, batısında Gelin Taşları mevkii ve doğusunda Doğu Karadeniz boyunca uzanan dağlardan birisi olan Kalkanlı Dağı bulunmaktadır. Topografik yönden bakıldığında deneme alanlarının kurulduğu meşcerede yükselti 1996 metre ile 2038 metre arasında değişim göstermekle birlikte deneme alanları yaklaşık 2000 metre yükseltide kurulmuştur. Arazi eğim sınıfları yönünden dik eğimli bir arazi yapısına sahip olup bakı yönünden güney ve güneybatı yönündedir (Şekil 2.1-4).

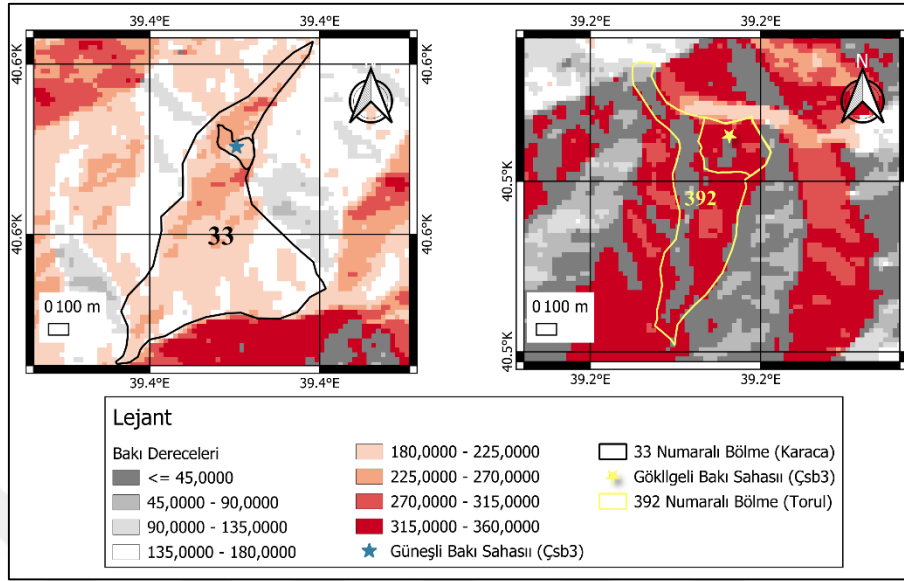
Güneşli bakıda kurulan deneme alanları, Karaca Orman İşletme Şefliği idari sınırlarında bulunan 33 numaralı bakım bölmesinde Çsb3 rumuzlu saf sarıçam meşceresinde kurulmuştur. Deneme alanlarını içeren meşcerenin hektardaki ağaç sayısı 2336 adet, hektardaki hacmi 162,03 m³, hektardaki göğüs yüzeyi 38,42 m² ve ortalama çapı 12,6 cm'dir. Meşcerenin ortalama yaşı 38 yıl olup III. bonitet sınıfındadır. Ayrıca meşcerede ölü örtü kalınlığı 3-4 cm aralığında olmakla birlikte genel olarak çürüntülü mull tipi humus mevcuttur. Meşcerenin toprak tekstür sınıfı kumlu balçıktır.



Şekil 2.1 Deneme alanlarının konumu (a), gölgeli bakı deneme alanları (b) ve güneşli bakı deneme alanları (c)

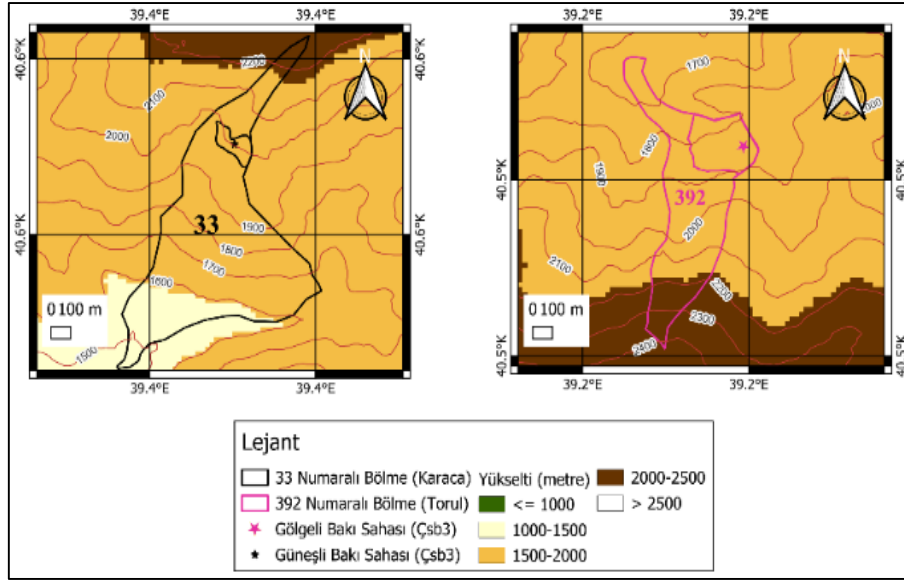
Gölgeli bakıda kurulan deneme alanları, mülki yönden Gümüşhane ili Torul ilçesi sınırlarında yer almakta olup Güvemli mevkiinde yer almaktadır. Bu alanların ($40^{\circ}28'22,02''$ K, $39^{\circ}13'4,57''$ D) kuzeyinde Angirgas Tepesi, güneyinde Kıran Yaylası, batısında Tombara mevki ve doğusunda Güvemli Yaylası bulunmaktadır. Topografik yönden bakıldığında deneme alanlarının kurulduğu meşcerede yükselti 1787 metre ile 1900 metre arasında değişim göstermekle birlikte deneme alanları yaklaşık 1850 metre

yükseltide kurulmuştur. Arazi eğim sınıfları yönünden dik eğimli bir arazi yapısına sahip olup bakı yönünden kuzey yönündedir (Şekil 2.1-4).

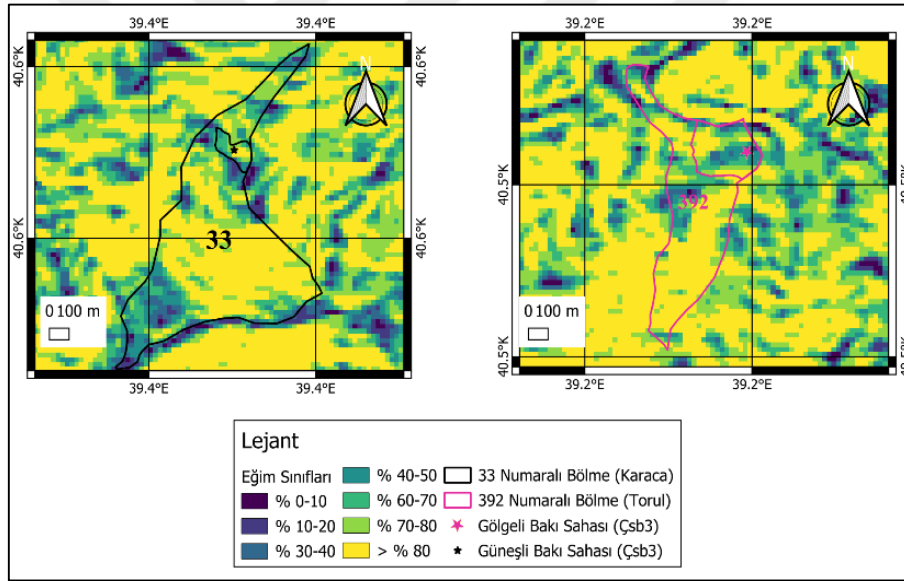


Şekil 2.2 Deneme alanlarına ait bakı haritaları

Gölgeli bakıda kurulan deneme alanları, idari yönden Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Torul Orman İşletme Müdürlüğü, Torul Orman İşletme Şefliği idari sınırlarında bulunan 392 numaralı bakım bölgesinde kurulmuştur. Deneme alanlarını içeren meşcerenin hektardaki ağaç sayısı 1931 adet, hektardaki hacmi 174,5 m³, hektardaki göğüs yüzeyi 28,6 m² ve ortalama çapı 13,5 cm'dir. Meşcerenin ortalama yaşı 27 yıl olup II. bonitet sınıfındadır. Ayrıca, meşcerenin topografik özelliklerinden kaynaklı olarak ölü örtü kalınlığı 2-3 cm aralığında olmakla birlikte genel olarak çürüntülü mull tipi humus mevcuttur. Meşcerenin toprak tekstür sınıfı killi balçıktır.



Şekil 2.3 Deneme alanlarına ait yükselti haritaları



Şekil 2.4 Deneme alanlarına ait eğim haritaları

2.2.1 İklim

Araştırmanın yürütüldüğü Gümüşhane ili Torul ilçesi, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin ardında yer alması nedeniyle kendine özgür bir iklim tipine sahiptir. Bu konumundan dolayı bu bölgede kıyı tipi Karadeniz ikliminden farklılaşan karasal iklim özelliklerinin daha belirgin olduğu bir geçiş iklimi yaşanmaktadır.

Çalışmamızda gölgeli bakıda kurulan deneme alanlarında meteoroloji istasyonu bulunmamaktadır. Ancak en yakın meteoroloji istasyonu Torul Meteoroloji (40.56 K, 39.30 D) istasyonudur. İstasyonun yükseltisi 1009 metre olup gölgeli bakıda kurulan deneme alanlarına uzaklığı kuş uçuşu yaklaşık 12,5 kilometredir (EK Tablo 1).

Çalışmamızda güneşli bakıda kurulan deneme alanlarında meteoroloji istasyonu bulunmamaktadır. Ancak en yakın istasyon Zigana-Kayak Merkezi (40.64 K, 39.40 D) istasyonudur. İstasyonun yükseltisi 2050 metre olup güneşli bakıda kurulan deneme alanlarına uzaklığı kuş uçuşu yaklaşık 8 kilometredir.

Yapılan araştırmalarda yağış miktarının denizden yükseldikçe arttığı bilinmektedir. Bu artış, denizden her 100 m yükseliş için yılda 45-55 mm kadardır (Aydınözü, 2013). Bu bilgiden yararlanarak meteoroloji istasyonu bulunmayan bir yörenin yağış miktarını bulmak için Schreiber tarafından geliştirilen aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır.

(1)

$$Ph=Po\pm(54*h)$$

Burada,

Ph =Denizden yüksekliği bilinen ve üzerinde meteoroloji istasyonu bulunmayan yörenin hesaplanacak olan yıllık yağış miktarı (mm)

Po =Denizden yüksekliği belli olan meteoroloji istasyonunun ölçtüğü yıllık yağış miktarı (mm)

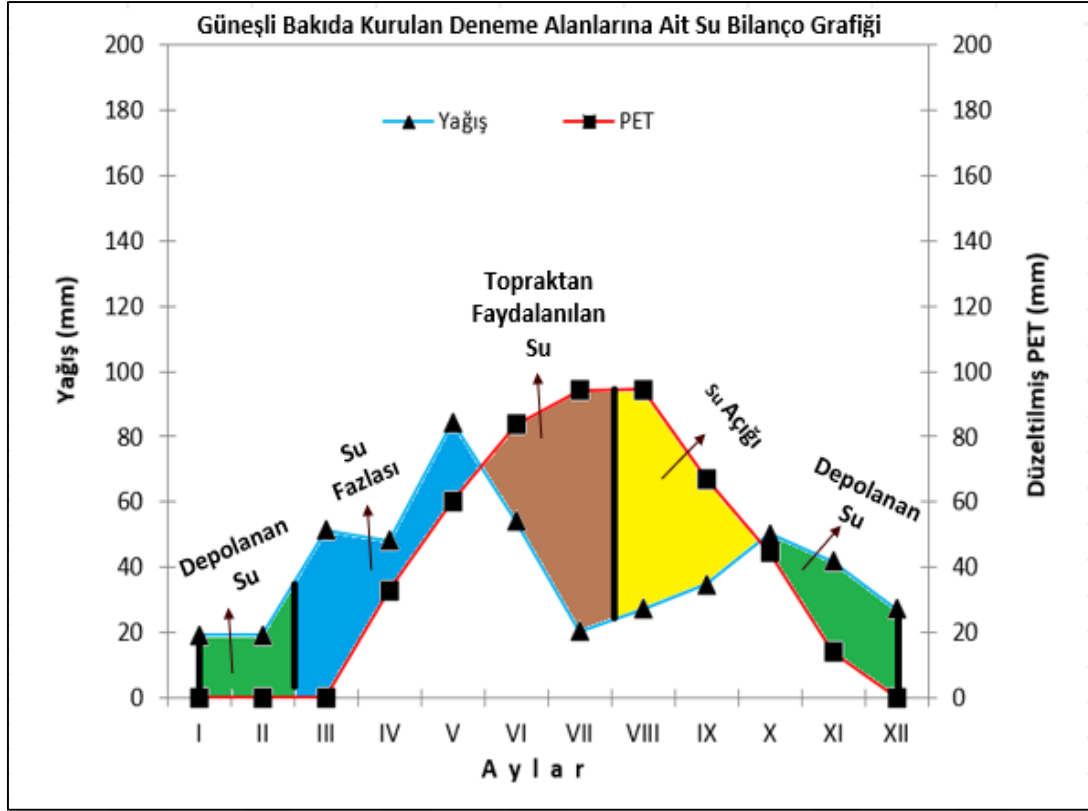
54 =Her 100 m yükseldikçe yıllık yağışın 54 mm arttığı kabul edildiği için 54 mm'ye ait katsayı

h =Meteoroloji istasyonunun denizden yüksekliği ile yağış miktarı bulunacak bölgenin ortalama yüksekliği arasındaki fark (hektometre olarak)

Yağışın aksine denizden yükseklik arttıkça sıcaklık derecesi düşmektedir. Bu düşüş miktarının her 100 m yükseklik için yaklaşık olarak 0,5 °C olduğu kabul edilmektedir (Çepel, 1988).

Güneşli bakıda kurulan deneme alanlarına ait Thornthwaite su bilançosu grafiğinde görüldüğü üzere aylık ortalama sıcaklığın +10 °C üzerinde olduğu sıcak devre dört aydır (Haziran- Eylül). Bu bakıda yıllık ortalama sıcaklık 5,1 °C iken yılın en sıcak ayı Ağustos

en soğuk ayı ise Ocak ayıdır. Bu bakıda yıllık toplam yağış 477,2 mm olup yıllık yağış miktarının 136,2 mm’lik bölümü vejetasyon döneminde gerçekleşmektedir (EK Tablo 3 ve Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Güneşli bakıda kurulan deneme alanlarının su bilanço grafiği

Gölge bakıda kurulan deneme alanlarına ait Thornthwaite su bilançosu grafiğinde görüldüğü üzere aylık ortalama sıcaklığın $+10^{\circ}\text{C}$ üzerinde olduğu sıcak devre dört aydır (Haziran- Eylül). Bu bakıda yıllık ortalama sıcaklık $6,3^{\circ}\text{C}$ iken yılın en sıcak ayı Ağustos en soğuk ayı ise Ocak ayıdır. Bu bakıda yıllık toplam yağış 794,8 mm olup yıllık yağış miktarının 241,6 mm’lik bölümü vejetasyon döneminde gerçekleşmektedir (EK Tablo 2 ve Şekil 2.6).

Her iki bakıda kurulan deneme alanlarının iklimik özellikleri Thornthwaite metoduna göre değerlendirildiğinde (Erinç, 1984; Özyuvacı, 1999) iklim tipinin, $C_1B_1db_3$ iklim sınıfında yer aldığı saptanmıştır. Thornwaite iklim sınıflandırma sisteminde:

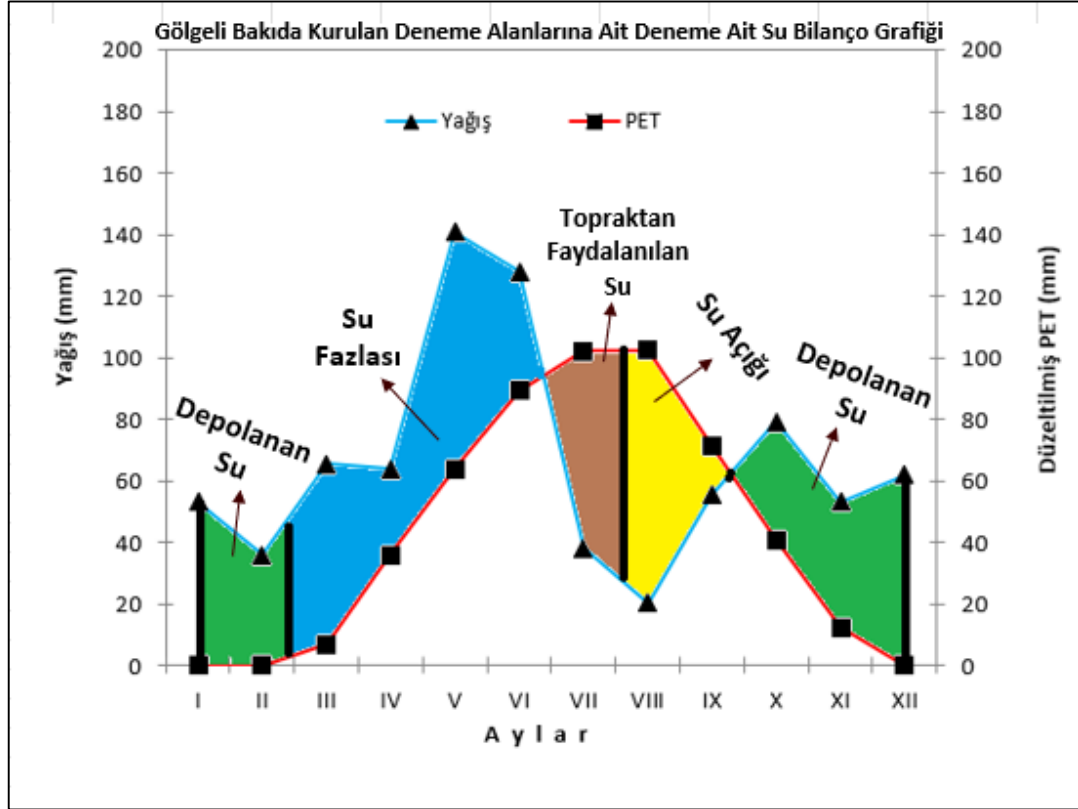
C_1 : Yarı nemli,

B_1 : Mezotermal,

d: Yaz aylarında kuraklık eğilimli veya yaz mevsiminde su açığı

b₃: Yaz aylarında buharlaşma/terleme potansiyeli yüksek

olarak tanımlanmakla birlikte Karadeniz iklimi ile Karasal iklim arasında bir geçiş iklimini yansıtmaktadır. Özellikle Karadeniz'in iç kesimleri veya Akdeniz'in iç bölgelerinde bu iklim tipine rastlanmaktadır. Bu iklim tipinde yaz kuraklığı belirgin olduğu için doğal bitki örtüsünde kuraklığa dayanıklı türler görülebilir.



Şekil 2.6 Gölge bakıda kurulan deneme alanlarına ilişkin Thornthwaite grafiği

2.2.2 Bitki Örtüsü

Deneme alanlarının kurulduğu Torul ve Karaca Orman İşletme Şefliği planlama birimleri, yükseltiye ve yetişme muhiti koşullarına bağlı olarak zengin bir ağaç türü çeşitliliğine ev sahipliği yapmaktadır. Bu alanlarda, başlıca ibreliler olan sarıçam (*Pinus sylvestris*), Doğu Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana*) ve Doğu ladini (*Picea orientalis*) ile geniş yapraklılardan Doğu kayını (*Fagus orientalis*), Sapsız meşe (*Quercus petraea* spp.) ve Adi gürgen (*Carpinus betulus*) önemli orman toplulukları oluşturmaktadır. Özellikle

sarıçam ve göknar türleri, sıklıkla aynı ekolojik nişleri paylaşarak ortak yaşam alanları sergilemektedir.

Planlama birimlerinin bitki örtüsü genelinde sarıçam (*Pinus sylvestris*) dominant tür konumundadır. Bu tür, sıklıkla göknar ve ladin ile karışık meşcereler oluşturarak homojen olmayan bir yapı sunmaktadır. Ayrıca, parçalı ve bozuk durumdaki meşe (*Quercus spp.*) koruluklarına rastlamak mümkündür. Bu orman ekosisteminin heterojen yapısı nedeniyle, işletme şeflikleri bünyesindeki ormanlık alanlar, saf sarıçam, saf göknar, sarıçam-göknar karışımı, sarıçam-ladin karışımı, göknar-sarıçam karışımı ve ladin-sarıçam karışımı koru meşcereleri şeklinde sınıflandırılmıştır.

Plan ünitelerinde yetişeme ortamı şartlarına bağlı olarak ana ağaç türleri olan sarıçam (*Pinus sylvestris*), doğu ladini (*Picea orientalis*), kayın (*Fagus orientalis*), göknar (*Abies nordmanniana*), sapsız meşe (*Quercus petraea spp.*), ardıç (*Juniperus spp.*), gürgen (*Carpinus betulus*) ve titrek kavak (*Populus tremula*) gibi türler, plan ünitelerinin ağaç türlerini oluşturmaktadır. Bu türlerin yanı sıra, orman altı florada ve çalılık katında üvez (*Sorbus sp.*), fındık (*Corylus avellana*), porsuk (*Taxus baccata*), orman sarmaşığı (*Hedera helix*), orman çileği (*Fragaria vesca*), mürver (*Sambucus nigra ve ebulus*), karayemiş (*Prunus laurocerasus*), böğürtlen (*Rubus canescens*), eğrelti (*Phyllitis scolopendrium*), kuşburnu (*Rosa canina*) ve alıç (*Crataegus orientalis*) gibi bitki türleri de bulunmaktadır.

2.2.3 Anakaya ve Toprak Özellikleri

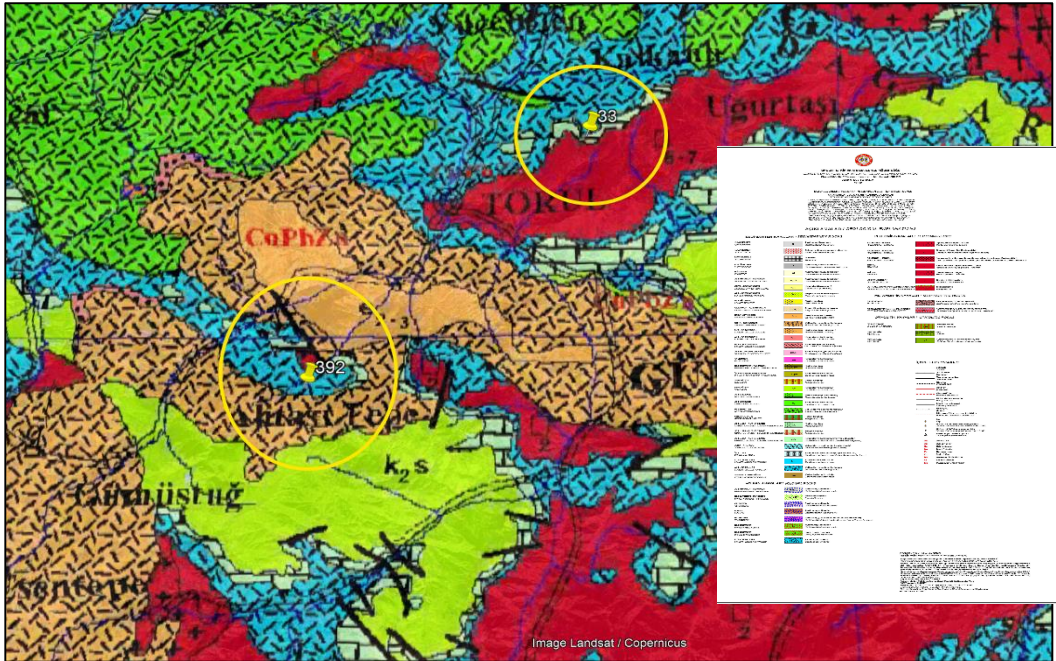
Anakaya ve toprak özelliklerinin genel değerlendirmesi yapılırken Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından basılmış 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasından yararlanılmıştır (MTA, 2002)

Güneşli bakıda (33 numaralı bölme) kurulan deneme alanlarının bulunduğu saha, jeolojik haritalara göre Üst Jura-Alt Kretase Neritik kireçtaşı, Alt-Orta Jura volkanitler-sedimanter kayalar ve Paleosen-Eosen Granitoyidler gibi üç farklı jeolojik birimin geçiş noktasında konumlanmaktadır.

Öncelikle, Üst Jura-Alt Kretase Neritik kireçtaşları, kimyasal olarak bazik bir ana kayaç olup ayrıştığında toprağın pH değerini yükselterek alkali karakter kazanmasına neden olabilen bir kayaç türüdür. Bu tür kireçtaşları üzerinde genellikle Terra Rossa veya Rendzina gibi kalsiyum karbonatça zengin topraklar gelişmektedir. Ancak, bu arazinin

yükselti farkları ve diğer jeolojik birimlerle olan ilişkisi, beklenen bu alkali ortamı değişimlere neden olmuş olabilir. Nitekim harita üzerindeki yükselti analizleri, en yüksek kotlarda Alt-Orta Jura volkanitler-sedimanter kayaların bulunduğunu göstermektedir. Bu birimlerin içerisinde yer alabilen asidik volkanitler (örneğin riyolit, dasit) ve silisli sedimanter kayaçlar (örneğin kuvarşça zengin kumtaşları veya karbonat içermeyen şeyller), ayrıştıklarında toprağın pH'sını düşürme potansiyeline sahip olabilmektedir.

Ayrıca bu alanın en kritik jeolojik unsurlarından biri, daha alçak yükseltide yer alan Paleosen-Eosen Granitoidlerin varlığıdır. Granitoidler (granit, granodiyorit gibi), silisçe zengin ve bazik katyonlarca fakir olmaları nedeniyle ayrıştıklarında toprakta serbest hidrojen ve alüminyum iyonlarını artırarak toprağın belirgin şekilde asidik hale gelmesine neden olmaktadır. Bu durumda, arazinin "geçiş noktası" olma özelliği, farklı ana kayaçlardan türeyen malzemelerin karışımına yol açmaktadır. Özellikle yüksek kotlardaki asidik volkanitlerden ve sedimanter kayaçlardan ayrılan malzemenin (kolüvyon), eğim ve kütle hareketleri yoluyla aşağı yamaçlara taşınarak kireçtaşı alanlarının üzerine veya granitoidlerle karışık bir zemin üzerine birikmesi yaygın bir durumdur. Bu kolüvyal taşıma, yüzeydeki toprağın kimyasal özelliklerinin ana kayanın doğrudan etkisi yerine, taşınan malzemenin etkisi altında kalmasına neden olabilmektedir.



Şekil 2.7 Deneme alanlarının jeoloji haritaları

Gölgeli bakıda kurulan deneme alanlarının (392 numaralı bölme) bulunduğu saha, toprak ve vejetasyon özelliklerini etkileyen belirgin jeolojik, topografik ve iklimsel faktörler barındırmaktadır. Bu saha, ana kaya olarak Alt-Orta Jura volkanitler ve sedimanter kayalar katmanı üzerinde yer almakla birlikte, yükselti olarak daha üstte konumlanan ve yaklaşık 500-600 metre mesafedeki Orta-Üst Eosen volkanitler ve sedimanter kayalar katmanının potansiyel kolüvyal etkisine de açıktır.

Sahanın temel jeolojik yapısı, Alt-Orta Jura volkanitleri (özellikle asidik bileşimdekiler) ve silisli sedimanter kayaçları (kumtaşı, şeyl gibi) içermektedir. Bu kayaçların ayrışması sonucunda, toprakta doğal olarak asidik veya nötre yakın asidik mineraller birikimi meydana gelebilmektedir. Yükseltide daha yüksekte yer alan Orta-Üst Eosen volkanitler ve sedimanter kayalar katmanından kaynaklanabilecek kolüvyal materyalin yamaç aşağı taşınımı, sahadaki toprağın asidik karakterini daha da pekiştirici bir etki yaratma potansiyeli taşımaktadır (Şekil 2.7).

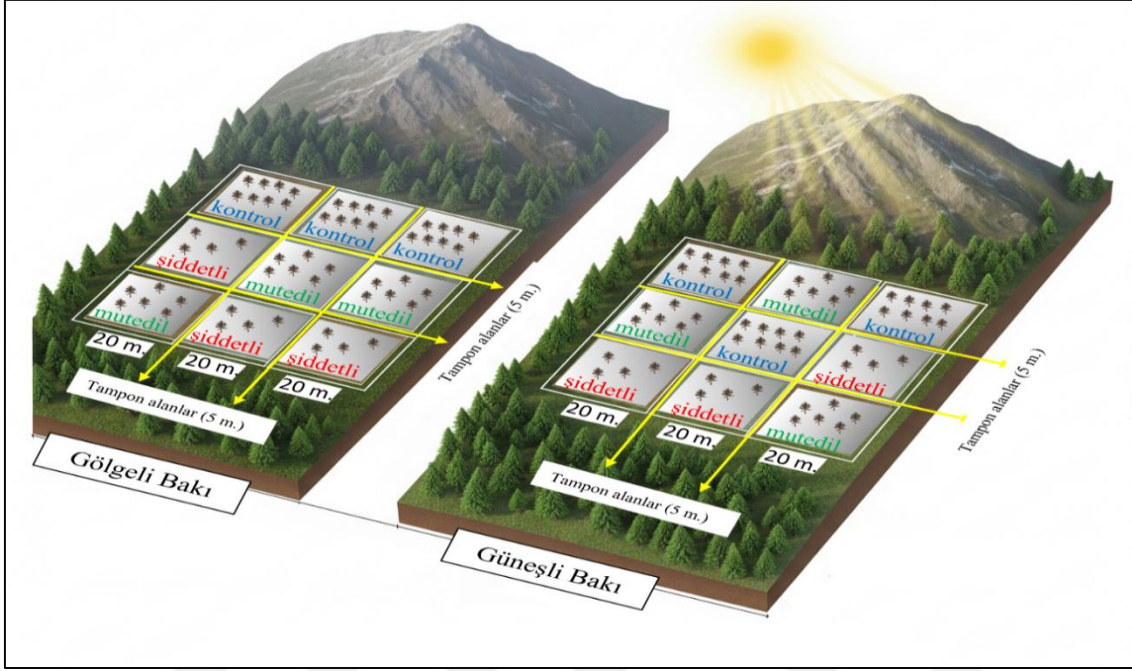
2.3 Yöntem

2.3.1 Deneme Alanlarının Belirlenmesi

Deneme alanları belirlenirken 2022 yılı Nisan-Mayıs ayı içerisinde Torul Orman İşletme Müdürlüğü, Karaca ve Torul Orman İşletme Şeflikleri ile istişarelerde bulunulmuş ve ilk aralama bakımına girecek farklı bakılarda (güneşli ve gölgeli) uygun nitelikte saf sarıçam meşcelerin bulunduğu bakım bölmeleri belirlenmiştir. Bu noktada örnekleme yapılan meşcerelerin bakı, eğim, yükselti, ağaç türü, kapalılık, gelişim çağı gibi özellikler yönünden homojen olmasına dikkat edilerek deneme alanları belirlenmiştir. Deneme alanlarının kurulacağı bölmelerin belirlenmesinin ardından söz konusu meşcerelerde 3 farklı aralama işlemi (kontrol, mutedil ve şiddetli) 3 tekrarlı olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulmuştur. Böylece güneşli bakıda 9 adet ve gölgeli bakıda 9 adet olmak üzere toplam 18 adet deneme parseli kurulmuştur. Parsellerin büyüklükleri 400 m² (20 m.*20 m.) olup aralamalar parsellerin tamamında gerçekleştirilmiştir. Deneme parselleri etrafında 5 metre genişliğinde tampon zonlar oluşturulmuş ve bu zonlarda herhangi bir örnekleme yapılmamıştır (Şekil 2.8).

Belirlenen deneme alanlarında aralama yapılırken sarıçamın ekolojik istekleri doğrultusunda selektif aralama yöntemi kullanılarak mutedil ve şiddetli düzeyde iki farklı aralama işlemi uygulanmıştır. Deneme alanlarında kalacak ve çıkacak bireylerin

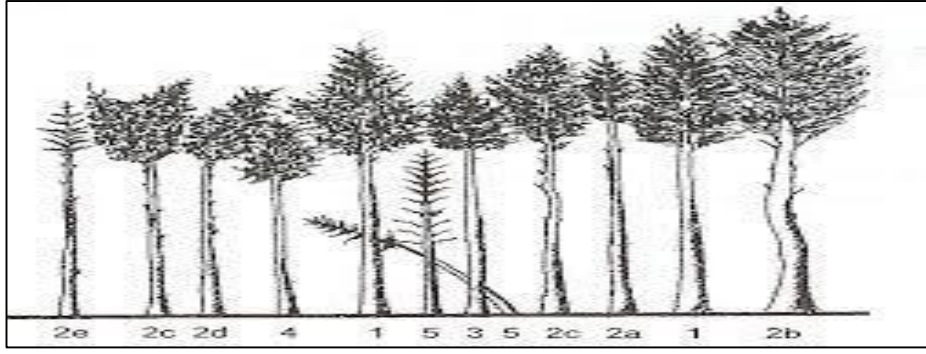
seçiminde Orman Genel M¼d¼rl¼ğ¼'n¼n y¼r¼rl¼kte olan 317 sayılı Silvik¼lt¼r Uygulamalarının Teknik Esasları tebliğinde yazılı y¼nergeler (OGM, 2024) ve Ormancılık Araştırma Kurumları Birliğı (IUFRO)'nin g¼vde sınıflandırma taksimatı dikkate alınmıştır (şekil 2.9).



şekil 2.8 Deneme deseninin şematik g¼sterimi

Bu kapsamda mutedil aralamanın uygulandığı deneme parsellerinde ılımlı bir m¼dahalede bulunulmuş ve 5. Sınıf, 2e ve 4. sınıf g¼vdeler boşluk oluşturmayacak şekilde tamamı, 3. sınıf g¼vdeler birbirini sıkıştıranlardan bazıları iyi fertler lehine, 1. sınıf g¼vdelere zarar veren 2. sınıf g¼vdelerden, öncelik sırasına g¼re 2d, 2a, 2c ve 2b sınıflarındaki g¼vdeler ise tedricen çıkarılarak deneme alanındaki g¼ğ¼s y¼zeyinin ortalama 23.3 ± 2.5 '¼ çıkarılmıştır.

şiddetli aralamanın uygulandığı deneme parsellerinde 1.sınıfa giren g¼vdelerin hâkim olduğı kaliteli bir meşcere kurmak amaçlanmıştır. Bu aralama gurubunda 5. sınıf, 2e ve 4. sınıf g¼vdeler hemen, 3. sınıf g¼vdeler ise tedricen deneme alanlarından çıkarılmakla birlikte birbirine zarar veren 1. sınıf ağaçlardan ¼st¼n vasıflı lehine ve 1. sınıf ağaçlara zarar veren 2. sınıf g¼vdelere de m¼dahalede bulunularak deneme alanındaki g¼ğ¼s y¼zeyinin ortalama 37.5 ± 1.2 'i çıkarılmıştır.



Şekil 2.9 Ormancılık Araştırma Kurumları Birliği'ne göre gövde sınıflandırma taksimatı

Ayrıca çalışmaya konu bölmedeki meşcereler ilk kez aralama bakımına girdikleri için öncelikle istikbal fertleri belirlenerek istikbal fertlerinin lehine olacak şekilde bakım müdahalesinde bulunulmuştur.

2.3.2 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında güneşli ve gölgeli bakılarda bulunan farklı aralama müdahalelerini (kontrol, mutedil ve şiddetli) temsil eden deneme alanlarından alınan toprak, ölü örtü ve kılcal kök örnekleri çalışmanın ana materyallerini oluşturmuştur.

Çalışma süresince ölü örtü ve toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi için 2023 ve 2024 yıllarında tüm deneme alanlarından tesadüfi örnekler alınarak örnekleme yapılmıştır. Örnekleme kapsamında her yıl; Haziran (vejetasyon başlangıcı), Ağustos (vejetasyon ortası) ve Ekim (vejetasyon sonu) aylarında her bir deneme alanından üç tekrarlı olacak şekilde ölü örtü (25 cm*25 cm) ve hacim silindiri aracılığıyla bozulmamış toprak (0-30 cm) örnekleri alınmıştır.

Deneme alanlarında ölü örtü örnekleme yapıldığı esnada ölü örtü tabakasında oluşan katmanların, mevsimselliğinde etkisiyle birbirinden ayırt edilmesinin güç hale geleceği ve örneklerin doğal yapısının bozulacağı düşünüldüğünden dolayı ölü örtü örneklerinde yaprak, humus ve çürüntü tabakaları arazide birbirinden ayrılmadan örnekleme yapılmıştır. Ayrıca ölü örtü örnekleme yapılırken mineral toprak katmanından örnek alınmamaya dikkat edilerek arazide alınan tüm örneklerin nem içeriklerini muhafaza etmek için örnekler çift katlı polietilen poşetlere konulmuştur (Şekil 2.10). Toprak ve ölü örtü örneklerinin bazı biyolojik özelliklerinin (bazal solunum vb.) belirlenmesi amacıyla 2023 ve 2024 yıllarında tüm deneme alanlarından örnekler alınarak örnekleme yapılmıştır. Yapılan örnekleme kapsamında her yıl; Haziran (vejetasyon başlangıcı),

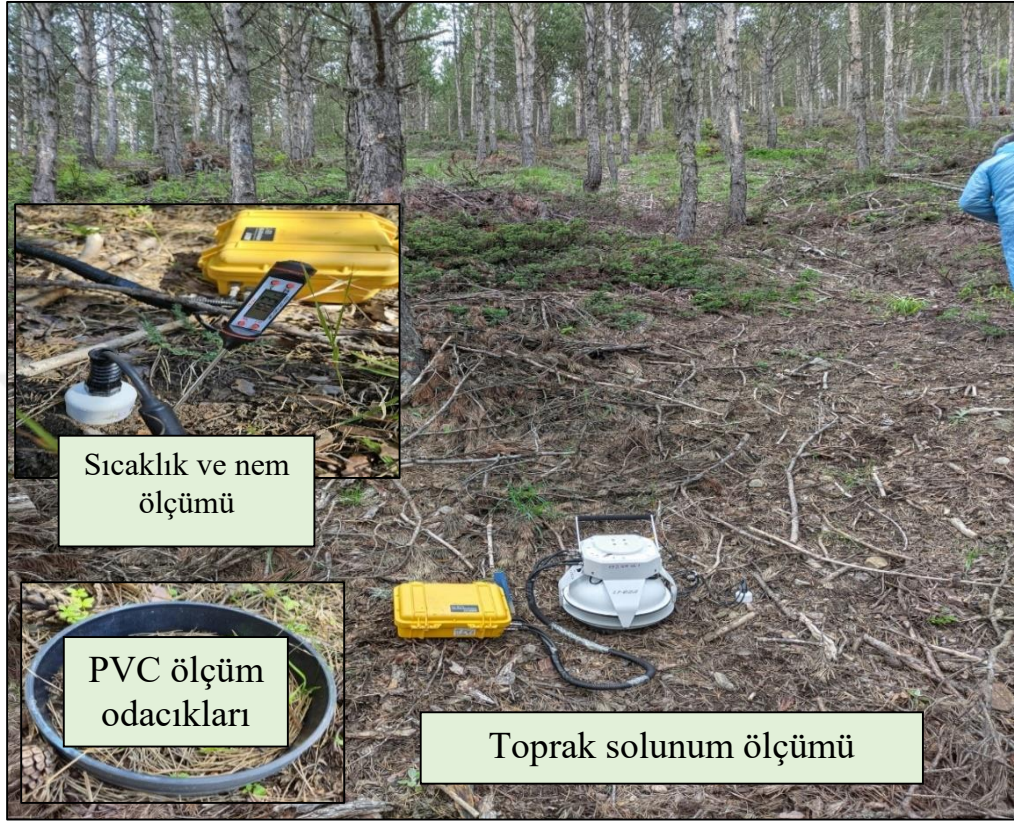
Ağustos (vejetasyon ortası) ve Ekim (vejetasyon sonu) aylarında her bir deneme alanından üç tekrarlı olacak şekilde her bir deneme alanında rastgele örnekleme yöntemiyle üçer adet olmak üzere 0-10 cm toprak derinliğinden bozulmuş toprak örnekleme ile ölü örtü örnekleme yapılmıştır. Mikrobiyolojik analizler için alınan örneklerin nem içeriklerini muhafaza etmek için örnekler çift katlı polietilen poşetlere konulmuştur.



Şekil 2.10 Ölü örtü örnekleme

Toprak solunumunu tespit etmek amacıyla her bir deneme alanında tesadüfi olarak üçer adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Akabinde belirlenen noktalara PVC menşeli geçirimsiz ve hacmi bilinen ölçüm odacıkları toprağa yerleştirilmiştir. Toprak solunumu, 2023 ve 2024 yıllarında tüm deneme alanlarında mevsimsel olarak ölçülmüştür. Mevsimsel örnekleme kapsamında her yıl; Haziran (vejetasyon başlangıcı), Ağustos (vejetasyon ortası) ve Ekim (vejetasyon sonu) ayında daha önceden toprağa yerleştirilmiş ölçüm odacıklarında topraktan salınan CO₂'in ortamdaki konsantrasyonunu anlık olarak takip edebilen LICOR marka LI-8100A model kızılötesi gaz analiz cihazı (IRGA) ile toprak solunumu ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ölçülmüştür. Ölçüm öncesinde ölçüm odacıklarının içerisinde herhangi bir canlı vejetasyon unsuru bulunmamasına dikkat edilmiştir. Eğer herhangi bir diri örtü bireyi tespit edilirse ilgili ölçüm odacığındaki otsu vejetasyon topraktan sökülüp ve ölçüm bir sonraki gün yapılmıştır. Bu ölçümler esnasında toprak sıcaklığı ve toprak nemi de anlık olarak kayıt altına alınmıştır (Şekil 2.11). Alınan düzenli

veri akışı, mevsimsel toprak solunumu dinamiklerini ayrıntılı bir şekilde ortaya koyarak karbon döngüsündeki kısa vadeli değişimleri ve çevresel faktörlerin etkileşimini daha kapsamlı bir şekilde incelenmesine olanak tnaımiştir (Liu ve ark., 2019; Akbaş ve Tüfekçioğlu, 2022).



Şekil 2.11 Toprak solunum ölçümü

Kılcal kök biyokütlesini tespit etmek için 2023 ve 2024 yıllarında tüm deneme alanlarından tesadüfî örnekler alınarak örnekleme yapılmıştır. Yapılan örnekleme kapsamında her yıl; Haziran (vegetasyon başlangıcı) ve Ekim (vegetasyon sonu) aylarında her bir deneme alanından altı tekrarlı olacak şekilde çelik silindir (6,4 cm çap ve 30 cm boy) aracılığıyla kök örnekleme yapılmıştır (Şekil 2.12). Çelik silindir, balyoz kullanılarak toprağa çakılmış ve topraktan çıkarıldıktan sonra silindirin içine giren tüm toprak ve kök kalıntıları polietilen numune poşetlerine aktarılmıştır. Çelik silindir, balyoz kullanılarak toprağa çakılmış ve topraktan çıkarıldıktan sonra silindirin içine giren tüm toprak ve kök kalıntıları polietilen numune poşetlerine aktarılmıştır. Alınan numuneler ilgili analizler yapılncaya kadar mikrobiyal faaliyeti engellemek için soğuk hava deposunda (-18 °C) muhafaza edilmiştir (Tüfekçioğlu ve ark., 1998).



Şekil 2.12 Çelik silindir ile kök örnekleme

2.3.3 Laboratuvar Çalışmaları

Toprak ve ölü örtü numuneleri laboratuvara getirildikten sonra, analitik prosedürlere uygun olmalarını sağlamak amacıyla hava kurusu hâle gelene kadar kurutma tepsilerine homojen şekilde serilmiştir. Hava kurusu duruma gelen örneklerde taş, bitki kökleri ve diğer yabancı maddeler mekanik olarak ayıklanmıştır.

Temizlenen hava kurusu toprak örnekleri, partikül boyutunun indirgenmesi amacıyla porselen havanda öğütülmüş ve homojen bir partikül dağılımı elde etmek ve standart analiz koşullarını sağlamak amacıyla sırasıyla 2 mm ve 1 mm'lik eleklerden geçirilmiştir. Analize hazır hale getirilen tüm örnekler, polietilen poşetlere aktarılmış ve serin bir ortamda muhafaza edilmiştir. Ayrıca mikrobiyolojik özelliklerin analizinde kullanılacak toprak ve ölü örtü numuneleri ilgili analizler yapılincaya kadar mikrobiyal faaliyeti engellemek için buzdolabında (+4 C°) muhafaza edilmiştir (ISO, 2009).

2.3.3.1 Ölü Örtü Kütlesi

Ölü örtü örnekleme, her deneme alanından rastgele toprak örnekleme yapıldığı esnada toprak örneğinin alındığı noktanın hemen bitişiğinde yapılmıştır. Ölü örtü örnekleme esnasında 25 cm * 25 cm boyutlarında kare örnekleme tahtası kullanılmış ve örnekleme tahtasının içine giren tüm ölü örtü örnekleri toplanmıştır. Elde edilen ölü örtü örnekleri arazide çift katlı polietilen poşetlerde muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiştir.

Laboratuvarında yaprak tabakası (O_L) ayıklanmış ve daha sonra 65 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelene kadar fırın kurusu hale getirilmiştir. Akabinde hassas terazide tartılmış ve t/ha birimi için Eşitlik (2)'de verilen gerekli dönüşüm katsayıları uygulanmıştır.

(2)

$$\text{Ölü Örtü t/ha} = \frac{(W_{\text{gram}} \times 10\,000)}{(0.0625 \times 1\,000\,000)}$$

Burada;

W_{gram} : Arazide 25*25 santimetrelik örnekleme kesitine giren fırın kurusu ölü örtü miktarı

2.3.3.2 Toprak Nemi

Ölü örtü ve toprak örneklerinin nem içeriği, gravimetrik yöntemle, belirli sıcaklık ve sürelerde kurutma esasına göre belirlenmiştir. Ölü örtü örnekleri, 70 °C sıcaklıkta 24 saat kurutulurken toprak örnekleri için bu sıcaklık 105 °C olarak belirlenmiş ve kurutma süresi 24 saat olarak uygulanmıştır. Akabinde hava kurusu ve fırın kurusu değerleri kullanılarak Eşitlik 3 ile nem değeri tespit edilmiştir (ISO 11465, 2025)

(3)

$$\text{Nem (\%)} = \frac{\text{Hava Kurusu Ağırlık (g)} - \text{Fırın Kurusu Ağırlık (g)}}{\text{Fırın Kurusu Ağırlık (g)}} \times 100$$

2.3.3.3 Toprak Tekstürü

.Toprak tekstürüne bağlı (killi topraklar için 25 g, tınlı topraklar için 50 g, kumlu topraklar için 100 g) olarak gerekli miktarda nem içeriği bilinen hava kurusu formdaki toprak örneği hassas terazide tartılarak 400 milimetrelik bir behere aktarılmıştır

Tartılan numunelere 5 ml %10'luk sodyum hekzametafosfat $\text{Na}_6[(\text{PO}_3)_6]$ çözeltisi ilave edildikten sonra yaklaşık 200 ml saf su eklenmiş ve bir baget yardımıyla iyice karıştırılmıştır. Akabinde elde edilen karışım 1 gün beklemeye bırakılmıştır. Süspansiyon, daha sonra karıştırıcı mikserin dispersiyon kabına boşaltılarak beherde kalan kalıntılar pisetle yıkanarak tüm numune dispersiyon kabına aktarılmıştır. Akabinde dispersiyon kabı, ağzında 5-6 cm boşluk kalacak şekilde saf su ile doldurularak karıştırıcıya yerleştirilerek 15 dakika boyunca mikserde karıştırılmıştır.

Karıştırma işleminin tamamlanmasının ardından kap içerisindeki süspansiyon, kapta hiç toprak zerresi kalmayacak şekilde pisetle su püskürtülerek sedimentasyon silindirine aktarılmış ve silindir, 1000 ml çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır. Akabinde hidrometre, silindire yavaşça daldırılmış ve silindir 1130 ml çizgisine kadar saf su ile tamamlandıktan sonra hidrometre silindirden çıkarılarak saf su ile yıkanıp kurulanmıştır. Daha sonra delikli el karıştırıcısı, süspansiyonun tam olarak karışmasını sağlamak amacıyla silindir içerisinde yaklaşık yirmi defa aşağı yukarı hareket ettirilmiştir. El yardımıyla karıştırma işleminin bittiği an kronometre başlatılmış ve 20 saniyede hidrometre süspansiyon içerisine yavaş ve dikkatlice bırakılmıştır. Akabinde tam 40. saniyede ilk hidrometre okuması gerçekleştirilmiş ve süspansiyonun sıcaklığı termometre ile ölçülerek kaydedilmiştir.

İlk okumaların yapıldıktan iki saat beklemeye geçilmiş ve bu sürenin bitimine yirmi saniye kala hidrometre aynı şekilde tekrar süspansiyona daldırılarak ikinci okuma yapılmıştır. Bu aşamada süspansiyon sıcaklığı tekrar ölçülerek kaydedilmiştir. Analiz esnasında 20 °C referans sıcaklık olarak kabul edilmiş ve 20 °C'den farklı yapılan her okuma için Eşitlik (4) ile düzeltme uygulanmıştır.

(4)

$$D.H.O = ((Okunan Sıcaklık - 20) \times 0.36) + Hidrometre Okuması$$

Eşitlikte;

D.H.O: Düzeltilmiş Hidrometre Okuması

Hidrometredeki düzeltilmiş okuma değerleri ve fırın kurusu toprak ağırlığı kullanılarak aşağıdaki Eşitlikler (5-8) aracılığıyla % kil, % toz ve % kum miktarları tespit edilmiştir (Bouyoucos, 1962).

(5)

$$\%Kil+Toz = \frac{\text{Düzeltilmiş 1. hidrometre okuması}}{\text{Fırın kurusu toprak ağırlığı}} * 100$$

(6)

$$\%Kil = \frac{\text{Düzeltilmiş 2. hidrometre okuması}}{\text{Fırın kurusu toprak ağırlığı}} * 100$$

(7)

$$\% \text{ Toz} = (\% \text{ kil} + \% \text{ toz}) - \% \text{ kil} \quad (8)$$

$$\% \text{ Kum} = 100 - (\% \text{ kil} + \% \text{ toz})$$

2.3.3.4 Toprakta Hacim Ağırlığı

Hacim silindirleri aracılığıyla alınan bozulmamış toprak örnekleri, 105°C sıcaklıkta 24 saat boyunca etüvde bekletilerek fırın kurusu forma getirilmiş ve silindirlerin içinden çıkan toprak örneklerinin fırın kurusu ağırlıkları hassas terazi ile tespit edilmiştir. Akabinde Eşitlik (9) ile hacim ağırlığı değerlerine ulaşılmıştır (Blake ve Hartge, 1986).

(9)

$$\text{Hacim Ağırlığı} \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{\text{Fırın kurusu toprak ağırlığı (g)}}{\text{Silindirin hacmi (cm}^3\text{)}}$$

2.3.3.5 Toprak Reaksiyonu (pH)

Tüm örneklerin pH değerleri cam elektrotlu pH metre (Jenway 3510) cihazı ile ölçülmüştür. Toprak örnekleri 1:5 (hacim:hacim) oranı kullanılarak tespit edilirken ölü örtü örnekleri 1:20 (gram/hacim) oranında saf su ile ıslatılmış ve çalkalama cihazında 180 rpm devirde 30 dakika çalkalanarak 2 saat beklemeye alındıktan sonra ölçümler gerçekleştirilmiştir (ISO, 2021).

2.3.3.6 Toprak Örneklerinde Organik Karbon

Analize başlamadan önce hava kurusu hale getirilmiş toprak örnekleri 0,250 mm'lik elekten geçirilmiş ve 0,5 gram toprak örneği 500 milimetrelik erlenlere aktarılmıştır. Akabinde ölü örtü ve toprak örneklerinde Walkley-Black yaş yakma yöntemi ile organik karbon analizi yapılmıştır. Bu yöntemde, numunelerin üzerine sırasıyla 10 ml potasyum dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), 20 ml sülfürik asit (H_2SO_4), 10 ml ortofosforik asit (H_3PO_4) ve 200 ml saf su ilave edilmiştir. Karışımın soğumasının ardından, üzerine 10 damla difenilamin indikatörü damlatılmış ve renk çivit mavisinden yeşile dönene kadar demir sülfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ile titre edilmiştir ve titrasyon sırasında harcanan demir sülfat miktarı kaydedilmiştir. Son olarak, elde edilen veriler kullanılarak Eşitlik (10) ile örneklerin organik karbon içeriği hesaplanmıştır (Walkley ve Black, 1934; Nelson ve Sommers, 1996).

(10)

$$\text{Organik Karbon (\%)} = \frac{[(B-S) \times N \times 0.003 \times 100 \times 1.32]}{W}$$

Eşitlikte;

B: Kör numune (blank) için titrasyonda harcanan ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) miktarı (ml)

S: Toprak veya ölü örtü numunesi için titrasyonda harcanan ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) miktarı (ml)

N: Demir sülfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) çözeltisinin gerçek normalitesi

0.003: 1 mL 1N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ çözeltisinin oksitlediği karbonun miligram cinsinden karşılığıdır. Bu değer, karbonun eşdeğer ağırlığından ($12/4 = 3$) gelmektedir ve bu da 3 mg karbona eşittir.

W: Analiz için kullanılan fırın kurusu toprak veya ölü örtü örneğinin ağırlığı (g)

100: Sonucu yüzdeye çevirmek için kullanılan katsayı

1.32: Walkley-Black yöntemi, toprak organik karbonunun tamamını (%100) oksitleyemez. Genellikle organik karbonun yaklaşık %77'sinin oksitlendiği kabul edilir. Bu nedenle, sonuçları daha doğru hale getirmek için genellikle 1.32'lik bir düzeltme faktörü ($100/77$) kullanılır.

Toprak organik karbon içeriğinin (%) belirlenmesinin ardından, birim alan başına organik karbon stok miktarı (t ha^{-1}) hesaplanmıştır. Toprak organik karbon stoku, organik karbon yüzdesi, hacim ağırlığı (bulk density) ve örneklenen toprak derinliği dikkate alınarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir:

(11)

$$\text{Toprak Organik Karbon Stoku (t ha}^{-1}\text{)} = \text{OC (\%)} \times \text{BD (g cm}^{-3}\text{)} \times \text{D (cm)} \times 0,1$$

Eşitlikte;

OC (%): Toprak organik karbon içeriği

BD (g cm^{-3}): Toprağın hacim ağırlığı (bulk density)

D (cm): Örnekleme derinliği

0,1: Birim dönüşüm katsayısıdır (g cm^{-2} 'den t ha^{-1} birimine dönüşüm)

2.3.3.7 Ölü Örtüde Organik Karbon

Ölü örtü örneklerinde organik madde ve buna bağlı organik karbon içeriğinin belirlenmesi amacıyla ateşte kayıp (Loss-on-Ignition, LOI) yöntemi uygulanmıştır.

Örnekler laboratuvara getirildikten sonra yabancı materyallerden arındırılmış ve 65–70 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulan örneklerden belirli miktarda (yaklaşık 5–10 g) alınarak daha önce darası alınmış porselen krozelere yerleştirilmiştir. İlk olarak örnekler 105 °C’de etüvde kurutularak higroskopik su uzaklaştırılmış ve kuru ağırlıkları kaydedilmiştir.

Bunu takiben krozelere yerleştirilen örnekler 550 °C’de 4 saat süreyle kül fırınında yakılmıştır. Yakma işlemi sonucunda organik maddenin yanmasıyla meydana gelen kütle kaybı belirlenmiş ve örnekler desikatörde soğutulduktan sonra tekrar tartılmıştır. 105 °C’deki kuru ağırlık ile 550 °C sonrası kül ağırlığı arasındaki fark, örneklerin organik madde miktarı olarak kabul edilmiştir (Heiri ve ark., 2001).

Elde edilen organik madde yüzdesi kullanılarak organik karbon içeriği, literatürde yaygın olarak kullanılan dönüşüm katsayısı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Ölü örtü örneklerinde organik karbonun belirlenmesinde ateşte kayıp (Loss-on-Ignition, LOI) yönteminin tercih edilmesinin temel nedeni, bu materyalin yüksek organik madde içeriğine ve heterojen yapıya sahip olmasıdır. Ölü örtü gibi organik fraksiyonu baskın örneklerde, Walkley–Black yaş yakma yöntemi, organik karbonun tamamını oksitleyememesi ve oksidasyon veriminin örnek bileşimine bağlı olarak değişebilmesi nedeniyle sistematik olarak karbon içeriğini düşük tahmin edebilmektedir (Nelson & Sommers, 1996).

Ayrıca LOI yöntemi, ölü örtü örneklerinde sıkça karşılaşılan yüksek lignin içeriği ve geniş C/N oranlarının neden olabileceği kimyasal oksidasyon sınırlamalarından etkilenmemekte; bu yönüyle organik madde ve buna bağlı karbon içeriğinin belirlenmesinde daha uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Heiri ve ark., 2001; Howard & Howard, 1990).

(12)

$$\text{OM (\%)} = [(W_{105} - W_{550}) / W_{105}] * 100$$

$$\text{Organik C (\%)} = \text{OM (\%)} * 0,58$$

Eşitlikte:

W_{105} : 105 °C’de kurutulmuş örnek ağırlığı (g)

W_{550} : 550 °C sonrası kül ağırlığı (g)

0.58 : Organik maddenin yaklaşık %58’inin karbon olduğu varsayımına dayanan dönüşüm katsayısıdır.

2.3.3.8 Toplam Azot

Kjeldahl yöntemi, temelinde bir yaş yakma prosedürüdür. Bu yöntemde, toprak örneğindeki azot, sülfürik asit kullanılarak yakılmak suretiyle amonyuma (NH_4^+) dönüştürülmektedir. Ardından, oluşan bu amonyum, alkali bir ortamda damıtma işlemiyle amonyak (NH_3) gazı halinde serbest bırakılmaktadır. Açığa çıkan amonyak, borik asit çözeltisinde toplanmaktadır. Son olarak, uygun bir indikatör eşliğinde sülfürik asit ile titre edilerek toprakta mevcut olan azot miktarı belirlenmektedir.

Bu analizde 1 mm’lik elekten geçirilmiş 0,5 g fırın kurusu ölü örtü veya 0,250 mm’lik elekten elenmiş 1-2 g fırın kurusu toprak örneği hassas terazide tartıldıktan sonra yakma tüplerine yerleştirilmiştir. Daha sonra yakma tüplerinin içerisine 1 adet katalizör tablet ve 10 ml sülfürik asit ilave edilmiştir. Kör (blank) için başka bir yakma tüpüne ölü örtü veya toprak örneği numunesi konulmadan 1 adet katalizör tablet ve 10 ml sülfürik asit ilave edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan yakma tüpleri Gerhardt-Kjeldatherm model blok yakma ünitesinde 30 dakika 120 °C’de, 30 dakika 170 °C’de, 45 dakika 280 °C’ de, 90 dakika 410 °C’de kademeli olarak yakılmış ve soğumaya bırakılmıştır.

Akabinde örnekler Gerhardt- Vapodest 50s model distilasyon ünitesine alınmış ve bu aşamada örnekler soğuduktan sonra %32’lik 40 ml sodyum hidroksit (NaOH), %2 lik 25 ml borik asit (H_3BO_3) ve 50 ml saf su ile dört dakika boyunca distile edilerek amonyum (NH_4) alkali ortamda amonyak (NH_3) halinde uçurulmuş ve hafif asit ortamda bağlanmıştır. Elde edilen çözeltiye 10 damla brome-kroze indikatöründen damlatılmış ve çözeltinin son rengi leylak oluncaya kadar 0,1 N (0.05 mol) sülfürik asit (H_2SO_4) ile titre edilmiş ve renk değişiminin yaşandığı an harcanan sarfiyat kayıt altına alınmıştır. Akabinde toplam azot Eşitlik (13) yardımıyla hesaplanmıştır (Bremner ve Mulvaney, 1982).

(13)

$$\text{Toplam N (\%)} = \frac{1,4007 * N * (T-B)}{W}$$

Eşitlikte;

1,4007: Azotun atom ağırlığından (14,01) ve birim dönüşümlerinden türetilmiş bir faktördür.

N: Sülfürik asitin (H₂SO₄) normalitesi

T: Ölü örtü veya toprak numunesinin titrasyonu esnasında harcanan H₂SO₄ miktarı (ml)

B: Kör (blank) numunesinin titrasyonu esnasında harcanan H₂SO₄ miktarı (ml)

W: Fırın kurusu ölü örtü veya toprak numunesinin ağırlığı

Kjeldahl yöntemi ile belirlenen toplam azot içeriği (%) kullanılarak, birim alan başına toplam azot stoku (t ha⁻¹), toprağın hacim ağırlığı ve örnekleme derinliği dikkate alınarak hesaplanmıştır.

(14)

$$\text{Toplam Azot Stoku (t ha}^{-1}\text{)} = \text{TN (\%)} \times \text{BD (g cm}^{-3}\text{)} \times \text{D (cm)} \times 0,1$$

Eşitlikte;

TN (%): Kjeldahl yöntemi ile belirlenen toplam azot içeriği

BD (g cm⁻³): Toprağın hacim ağırlığı (bulk density)

D (cm): Örnekleme derinliği

0,1: g cm⁻² biriminden t ha⁻¹ birimine dönüşüm katsayısıdır

2.3.3.9 Bazal Solunum

Bu yöntemin temel prensibi, ölü örtü ve toprak örneklerinin 7 gün süreyle kapalı kaplarda inkübasyona tabi tutulmasıdır. Bu süreçte mikrobiyal faaliyetten (solunum) kaynaklı olarak inkübasyon süresince ölü örtü ve toprak örneklerinden yayılan CO₂ miktarı, kapalı bir sistemde 10 ml 1 M sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi kullanılarak tespit edilmektedir. Sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi tarafından absorbe edilen karbon dioksit (CO₂), daha sonra hidroklorik asit (HCl) ile titre edilerek açığa çıkan CO₂ miktarı hesaplanmaktadır (Rowell, 1994; Alef ve Nannipieri, 1995).

Bu yöntemde, ölü örtü analizinde %50-55 su tutma kapasitesine sahip buzdolabında muhafaza edilen ve 1 mm'lik elekten geçirilmiş (<2 mm) 10 g ölü örtü örneği veya %50-55 su tutma kapasitesine sahip buzdolabında muhafaza edilen ve 2 mm'lik elekten geçirilmiş (<2 mm) 30 g toprak örneği tartılmış ve 500 milimetrelik cam kavanozlara aktarılmıştır. Ardından, 25 ml'lik bir beherin içeresine 10 ml 1 M NaOH ilave edilmiştir. Beherler cam kavanozun tam ortasına altında toprak veya ölü örtü kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir.

Cam kavanozun ağzı, hava giriş ve çıkışının engellendiğinden emin olacak şekilde parafilm ile sarılmış ve kapağı sıkıca kapatılmıştır. Ayrıca analiz için gerekli olan içerisinde ölü örtü veya toprak numunesi bulunmayan üç adet cam kavanozun her birisine yalnızca 10 ml 1 M sodyum hidroksit içeren beherler yerleştirilerek tanık/kör (blank) numuneler hazırlanmış ve diğer kavanozlar ile 7 gün boyunca inkübasyona alınmıştır

Hazırlanan tüm kavanozlar, 25 °C sıcaklıkta ve 7 gün boyunca inkübasyona tabi tutulmak üzere etüve yerleştirilmiştir. Belirtilen sürenin sonunda cam kavanozlar etüvden çıkarılmış ve kapakları dikkatli bir şekilde açılarak kavanozların içerisindeki beherde bulunan sodyum hidroksit çözeltisi 100 ml'lik bir erlene boşaltılmıştır. 100 ml'lik erlende bulunan sodyum hidroksit solüsyonuna 5 ml 0,5 M baryum klorit (BaCl₂) ilave edilmiştir. Elde edilen çözeltiliye 10 damla fenolftalein (C₂₀H₁₄O₄) indikatöründen damlatılarak çözeltinin rengi pembe renge dönüştürülmüştür. Daha sonra çözeltinin rengi, renksiz hale gelinceye kadar dijital büret yardımıyla 1 N hidroklorik asit ile titrasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve renksiz hale geldiği andaki harcanan sarfiyat miktarı kaydedilmiştir.

Elde edilen değerler doğrultusunda her bir numunenin toplam 7 günlük solunum miktarı hesaplanmış ve bu veri üzerinden Eşitlik (15) ile saatlik solunum hızı tespit edilmiştir.

(15)

$$CO_2-C (\mu g) t^{-1} = \frac{(V_o - V) * N * 12 * 1000}{2 * W_t * h}$$

Eşitlikte:

Vo: Titrasyonda kör için harcanan hidroklorik asitin (HCl) hacmi (ml)

V: Titrasyonda örnek için harcanan hidroklorik asitin (HCl) hacmi (ml)

N: Hidroklorik asitin (HCl) gerçek normalitesi

12: Karbonun molar kütlesi (g/mol)

1000: Miligramı mikrograma çevirme katsayısı

2: CO₂ ve NaOH arasındaki stokiometrik oran

Wt: Nemli toprak veya ölü örtü numunesinin fırın kurusu ağırlığı

h: İnkübasyon süresi (saat)

2.3.3.10 Mikrobiyal Biyokütle Karbon ve Azot Analizi

Ölü örtü ve toprak örneklerinde yapılan biyolojik analizlerden mikrobiyal C ve N analizlerine geçmeden önce örneklerin hazırlanması ve yapılması gerekli ön işlemler bu bölümde açıklanmıştır.

Kloroformun (CHCl₃) Hazırlanması

Mikrobiyal biyokütle karbon ve azot analizlerine başlanmadan önce 90–100 ml hacimde %5'lik sülfürik asit (H₂SO₄) ve kloroform (CHCl₃) bir ayırma hunisi içerisinde yıkanmıştır. Bu işlem için ilk olarak 90–100 ml sülfürik asit ayırma hunisine aktarılmış ve sülfürik asidin üzerine, 400–500 ml kloroform eklenerek ayırma hunisi dikkatli bir şekilde çalkalanmıştır. İlk çalkalama sonucunda kloroformun yoğunluğunun daha fazla olması nedeniyle asit ile yer değiştirmeye başlayarak dibe doğru hareket ettirilmiş ve böylece kloroformun ilk yıkama fazı tamamlanarak asit ile yıkama prosedürü yalnızca bir kez uygulanmıştır. Bu aşamadan sonra ayırma hunisindeki asit huniden dışarı boşaltılmıştır. Akabinde ayırma hunisinin içerisine 100 ml saf su aktarılmış ve üzerine daha önce asit ile yıkanmış olan 400–500 ml kloroform dökülmüştür. Kloroformun benzer bir yıkama prensibiyle arındırılması bu aşamada da sürdürülmüştür. Akabinde saf su ile yıkama işlemi yaklaşık olarak 8 ila 12 defa tekrarlanmıştır. Tüm bu adımlar sayesinde kloroform, sülfürik asit ve saf su ile yıkanarak alkolsüz duruma getirilmiştir

Fumigasyon-Ekstraksiyon İşlemleri

Bu yöntemde, mikrobiyal biyokütle karbon ve azot analizlerinde fumigasyonlu ve fumigasyonsuz örnekler üzerinden hesaplamalar yapıldığından dolayı her bir toprak ve ölü örtü numunesi iki kez hazırlanarak ikili örnek setleri (fumigasyonlu örnek ve fumigasyonsuz örnek) oluşturulmuştur. Oluşturulan setteki ilk örnek fumigasyon işlemine tabi tutulurken ikinci örnek fumigasyon işlemi görmeden analize alınmıştır. Aynı numuneye ait oluşturulan iki tekrarlı örneklerde, ölü örtü analizinde %50-55 su tutma kapasitesine sahip buzdolabında muhafaza edilen ve 1 mm'lik elekten geçirilmiş (<1 mm) iki adet 10 g ölü örtü örneği ve %50-55 su tutma kapasitesine sahip buzdolabında

muhafaza edilen ve 2 mm'lik elekten geçirilmiş (<2 mm) iki adet 30 g toprak örneği hassas terazi ile tartılarak 250 milimetrelik beherlere ayrı ayrı aktarılmıştır.

Fumigasyon işlemleri öncesinde nemli bir kâğıt havlunun vakumlu desikatörün içerisine yerleştirilmesinin ardından 100 milimetrelik bir behere 50 ml kloroform aktararak desikatörün içine yerleştirilmiştir. Bu noktada kloroformun daha hızlı kaynamasını sağlamak amacıyla kloroformun içerisine 10-15 adet pomza taşı ilave edilmiştir. Akabinde fumigasyon işlemi uygulanacak ölü örtü ve toprak örneklerinin bulunduğu 250 milimetrelik beherler vakumlu desikatörlere konumlandırılmıştır. Vakumlu desikatörlerin hava almasını engellemek için desikatör kapaklarına vazelin sürülerek desikatörün kapağı kapatılmış ve desikatörün ağız kısmı ile kapağın birleştiği yerler parafilm ile sarılmıştır. Akabinde desikatörün içerisinde kalan hava, vakum pompası aracılığı ile dışarı atılmıştır. Bu esnada desikatör içerisindeki kloroform 1-2 dakika boyunca kuvvetli bir şekilde kaynatıldıktan sonra vakum pompası durdurularak desikatör ile bağlantısı kesilmiş ve desikatörün musluğu kapatılmıştır.

Bu aşamadan sonra desikatör, 25 °C sabit sıcaklıktaki etüve yerleştirilmiş ve 24 saatlik beklemeye alınmıştır. 24 saatlik fumigasyon işleminin tamamlanmasının ardından desikatörlerin kapakları açılmış ve numunelerin yer aldığı beherler desikatörün içerisinden çıkarılmıştır. 250 ml'lik erlenlere alınan ölü örtü örneklerinin üzerine 1:33,3 (yani 3 g taze ölü örtüye 100 ml 0.5 M K_2SO_4 oranında, toprak örneklerinin üzerine ise 1:4 (yani 30 g taze toprağa 120 ml 0.5 M K_2SO_4 oranında 0.5 M potasyum sülfat (K_2SO_4) çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra numunelerin yer aldığı beherler dairesel yönde hareket eden bir çalkalayıcı üzerinde 150 rpm hızında 30 dakika boyunca çalkalanmıştır. Çalkalama işleminin ardından beherlerdeki çözeltiler santrifüj tüplerine aktararak 5 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve tüm numuneler Whatman No:42 filtre kağıdından süzülerek yaklaşık 70-80 ml ekstrakt elde edilmiştir. Akabinde bu ekstraktlar koyu renkli saklama şişelerine aktararak buzdolabında muhafaza edilmiştir.

umigasyon işlemi uygulanmayacak örnekler desikatör sürecine dahil olmadan 250 milimetrelik beherlere aktarıldıktan sonra ölü örtü örneklerinin üzerine 1:33,3 (yani 3 g taze ölü örtüye 100 ml 0.5 M K_2SO_4 oranında, toprak örneklerinin üzerine ise 1:4 (yani 30 g taze toprağa 120 ml 0.5 M K_2SO_4 oranında 0.5 M potasyum sülfat (K_2SO_4) çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra örnekler dairesel yönde hareket eden bir çalkalayıcı üzerinde 150 rpm hızında 30 dakika boyunca çalkalanmıştır. Çalkalama işleminin ardından

beherlerdeki çözeltiler santrifüj tüplerine aktarılarak 5 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve tüm numuneler Whatman No:42 filtre kağıdından süzülerek yaklaşık 70-80 ml ekstrakt elde edilmiştir. Akabinde bu ekstraktlar koyu renkli saklama şişelerine aktarılmıştır. Elde edilen tüm ekstraktlar, mikrobiyal biyokütle C ve N analizleri yapılncaya kadar buzdolabında (+2 °C) muhafaza edilmiştir.

Mikrobiyal Biyokütle Karbon Analizi

Fumigasyon ve ekstraksiyon işlemleri neticesinde elde edilen ekstraktan 8 milimetrelik ekstrakt, bir pipet yardımıyla yakma tüpünün içerisine aktarılmıştır. Akabinde aynı tüpün içerisine, 2 ml 0,4 N potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$), 70 mg (0,07 g) cıva oksit (HgO) ve 2:1 oranında hazırlanmış 15 ml sülfürik asit-ortofosforik asit ($H_2SO_4-H_3PO_4$) karışımı eklenmiştir. Oluşan bu karışım, 150 °C sıcaklıkta ısıtıcı tabla üzerinde 30 dakika süreyle yakılmıştır ve tüplerin oda sıcaklığına kadar soğuması beklenmiştir. Soğuyan tüplerin içerisine 20–25 ml saf su ilave edildikten sonra örnekler, titrasyon prosedürü için 250 ml'lik erlenlere aktarılmıştır. Akabinde erlenlerdeki örnekler 1,10 fenantrolin indikatöründen 10 damla damlatılmış (bu aşamada çözeltinin rengi sarıdan morumsu yeşile dönmüştür) ve örnekler 0,4 N demir amonyum sülfat çözeltisi ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) ile titre edilmiştir. Örneklerin rengi kırmızımsı kahverengiye döndüğünde titrasyona son verilmiş ve harcanan demir amonyum sülfat hacmi (ml) kaydedilmiştir. Bu aşamaların tümü fumigasyona tabii tutulmayan toprak ve ölü örtü örnekleri içinde uygulanmıştır. Son olarak toprak ve ölü örneklerinin mikrobiyal biyokütle karbon miktarları, Eşitlik (16, 17 ve 18) aracılığı ile hesaplanmıştır (Vance ve ark., 1987; Anderson ve Ingram, 1994).

(16)

$$\text{Biyokütle (C } \mu\text{g}^{-1}) = \frac{(B-V) * N * 0,003 * (120 + \theta) * 1000}{wT * V1} * 1000$$

(17)

$$Ec = (\text{Biyokütle } C_{\text{fumigasyonlu}} - \text{Biyokütle } C_{\text{fumigasyonsuz}})$$

(18)

$$\text{Mikrobiyal Biyokütle C } \mu\text{g}^{-1} = Ec * 2,64$$

Eşitliklerde;

B = Kör için harcanan demir amonyum sülfat ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) miktarı (ml)
V = Örnek için harcanan demir amonyum sülfat ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) miktarı (ml)
N = Harcanan demir amonyum sülfatın ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) normalitesi (0,3950 N)
0,003 = 3 karbonun (C) ekivalen ağırlığı
 θ = Kullanılan 30 g toprağın higroskopik nemi (%)
Wt = Nemli toprak (30 g) veya ölü örtü ağırlığı (3 g)
V1 = Yakma için kullanılan ekstrakt (8 ml)
2,64 = Karbon (C) için dönüştürme katsayısı

Mikrobiyal Biyokütle Azot Analizi

Fumigasyon ve ekstraksiyon süreçleri neticesinde elde edilen fumigasyonlu ve fumigasyonsuz ekstraktlardan 50 milimetrelilik numuneler bir pipet yardımıyla yakma tüpünün içerisine aktarılmıştır. Yakma tüpüne sırasıyla 1 ml 0,2 M bakır sülfat (CuSO_4) ve 10 ml %96'lık sülfürik asit (H_2SO_4) ilave edilmiştir. Akabinde oluşan çözelti, 100 °C'de 3 dakika, 150 °C'de 4 dakika, 260 °C'de 5 dakika ve 380 °C'de 180 dakika olacak şekilde Gerhardt-Kjeldatherm blok yakma ünitesinde kademeli olarak yakılmıştır.

Yakma işleminin ardından tüplerin soğuması beklenmiş ve soğuyan tüplerin içerisine 40–50 ml saf su ilave edilerek tüplerin tekrar soğumaları beklenmiştir. Akabinde tüplerin içerisinde bulunan örnekler 250 ml'lik erlenlere aktarılmış ve erlenlerin hacmi saf su ile 250 ml'ye tamamlanmıştır. Son olarak erlenlerde bulunan her bir örnekten 50 ml alınarak tekrar yakma tüplerine ayrı ayrı aktarılmış ve distilasyon işlemine geçilmiştir.

Destilasyon aşamasında yeniden yakma tüplerine aktarılmış her bir örnek için 10 M veya %40'lık 15 ml sodyum hidroksit (NaOH) ve %2'lik 5 ml borik asit (H_3BO_3) kullanılarak 2 dakikalık bir distilasyon işlemi uygulanmıştır.

2 dakikalık destilasyon sonucunda elde edilen bu distilata 10 damla bromkrezol indikatörü damlatılmış ve distilatın rengi mavimsi yeşil bir ton almıştır. Çözeltinin rengi, tamamen leylak rengine dönüşene kadar 0,00714 N sülfürik asit (H_2SO_4) ile titrasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve rengin değiştiği noktada harcanan sarfiyat miktarı kaydedilmiştir. Bu aşamaların tümü fumigasyona tabii tutulmayan toprak ve ölü örtü örnekleri içinde uygulanmış ve Eşitlik (19, 20 ve 21) aracılığı ile mikrobiyal biyokütle azot miktarı hesaplanmıştır (Brookes ve ark., 1985).

(19)

$$\text{Biyokütle (N } \mu\text{g}^{-1}) = \frac{(V-B) * N * 14,01 * (120 + \theta) * 250 * 1000}{wT * V1 * V2} \quad (20)$$

$$F_N = (\text{Biyokütle } N_{\text{fumigasyonlu}} - \text{Biyokütle } N_{\text{fumigasyonsuz}}) \quad (21)$$

$$\text{Mikrobiyal Biyokütle N } \mu\text{g}^{-1} = F_N / kN$$

Eşitliklerde;

V = Örnek için titrasyonda harcanan sülfürik asitin (H₂SO₄) hacmi (ml)

B = Kör için titrasyonda harcanan sülfürik asitin (H₂SO₄) hacmi (ml)

N = Harcanan sülfürik asitin (H₂SO₄) normalitesi (0,00714 N)

14.01 = Azotun atomik ağırlığı

θ = Kullanılan 30 g toprağın veya ölü örtünün higroskopik nemi (%)

Wt = Taze toprak ve ölü örtü ağırlığı (30 g)

V1 = Yakma için kullanılan ekstrakt (50 ml) miktarı

V2 = Destilasyon için kullanılan ekstrak (50 ml)

kN = Mineralize olabilen mikrobiyal biyokütle azotu için kullanılan faktör (0,54)

2.3.3.11 Mikrobiyal Katsayı (qMic)

Mikrobiyal katsayı, topraktaki toplam organik karbon havuzunun ne kadarının aktif mikrobiyal biyokütle halinde bulunduğunu gösterir. Bu nedenle toprak organik maddesinin biyolojik olarak ne kadar “aktif” olduğunu değerlendirmede kullanılmaktadır.

(22)

$$q_{\text{Mic}} = \text{MBC} / (\text{Organik C} * 10000)$$

$$q_{\text{Mic}} (\%) = q_{\text{Mic}} * 100$$

Eşitlikte:

qMic: Mikrobiyal katsayı

MBC: Toprakta veya Ölü Örtüde Mikrobiyal Biyokütle Karbon (μg g⁻¹)

Org C: Ölü Örtüde veya Toprak Organi

2.3.3.12 Kılcal Kök Biyokütlesi ve Köklerde Tutulan C Miktarı

Arazide çelik silindir aracılığıyla alınıp laboratuvara getirilen örnekler analize alınana kadar +4 C° sıcaklıkta buzdolabında muhafaza edilmiştir. Akabinde her bir örnek, 5 litrelik pet şişelere aktarılmış ve 1 gece suda bekletilmiştir. Akabinde yıkanmış kök örnekleri 2 mm'lik elek üzerinden süzülerek topraktan arındırılmış ve cımbız kullanılarak 0-2 mm kökler ayıklanmıştır. Daha sonra ayıklanan kök örnekleri 65 C° sabit sıcaklıkta 48 saat kurutulmuş ve hassas terazide tartılmıştır. Son olarak gerekli dönüşümlerin (Eşitli 23) yapılması ile hektardaki kılcal kök biyokütlesi (t/ha) hesaplanmıştır.

(23)

$$A = \pi r^2$$

A: Örneklenen silindirin taban alanı

Birim alan başına biyokütle:

$$\text{Biyokütle (kg m}^{-2}\text{)} = \text{Kuru Kök Ağırlığı (kg)} / A$$

Hektara dönüşüm:

$$\text{Biyokütle (t ha}^{-1}\text{)} = \text{kg m}^{-2} \times 10$$

Örnekleme yapılan silindirin taban alanı

Kök örneklerinin karbon analizleri, LECO marka CNS (Carbon–Nitrogen–Sulfur) analizörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde kök numuneleri laboratuvar ortamında 65 °C'de sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuş, ardından ince bir öğütücüde homojen bir toz haline getirilmiştir. Hazırlanan numunelerden yaklaşık 150–200 mg alınarak kalibrasyonu yapılmış seramik kapsüller içerisine yerleştirilmiştir. LECO CNS analizörü, yüksek sıcaklıkta ($\approx 950\text{--}1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) gerçekleşen kuru yakma (dry combustion) prensibine dayalı olarak numunelerdeki organik karbonu karbondioksit (CO_2) dönüştürmektedir. Oluşan CO_2 , cihazın infra-red (IR) dedektörleri tarafından ölçülerek karbon yüzdesi yüksek duyarlılıkla belirlenmiştir. Analiz sırasında cihaz, uluslararası sertifikalı referans materyaller kullanılarak kalibre edilmiş ve her 10–15 örnekte bir laboratuvar kontrol standardı çalışılarak ölçüm doğruluğu ve tekrarlanabilirliği sağlanmıştır.

2.3.4 İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada; bakı (gölgeli ve güneşli), aralama şiddeti (kontrol, mutedil ve şiddetli) ve mevsim (Haz23, Ağu23, Eki23, Haz24, Ağu24 ve Eki24) bağımsız değişkenlerinin ölü örtü, toprak özellikleri ve kılcal kök dinamikleri üzerindeki etkileri istatistiksel olarak incelenmiştir.

İstatistiksel analizlere başlanmadan önce tüm bağımlı değişkenlere ait verilerin normallik varsayımı, kurulan modellerin kalıntıları (residuals) üzerinden Shapiro–Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Normallik varsayımının tam olarak karşılanamadığı durumlarda veriler Box–Cox güç dönüşümüne tabi tutulmuştur (Box & Cox, 1964). Dönüşüm sonrası normallik varsayımı, model kalıntılarına ait Q–Q grafikleri ve histogramlar üzerinden yeniden kontrol edilmiştir. Ayrıca çalışmadaki görece yüksek örneklem büyüklüğü ($N = 324$) ve Doğrusal Karma Etkili Modellerin normallik varsayımındaki hafif sapmalara karşı dayanıklı yapısı dikkate alınarak kurulan modellerin istatistiksel çıkarımlar için uygun olduğu kabul edilmiştir (Zuur ve ark., 2009).

Çalışmada bakı, aralama şiddeti ve mevsim faktörlerinin ana etkilerini ve bu faktörler arasındaki etkileşimleri belirlemek amacıyla Doğrusal Karma Etkili Modeller (Linear Mixed-Effects Models, LMM) kullanılmıştır. Bakı, aralama şiddeti ve mevsim faktörleri etkileri doğrudan test edilmek istendiğinden modele sabit etki (fixed effect) olarak dahil edilmiştir. Örneklem alanlarının zaman içindeki tekrarlı ölçüm yapısını ve parseller arası varyasyonu modellemek amacıyla deneme alanı (parsel) değişkeni rastgele etki (random effect) olarak tanımlanmıştır. Her bir deneme alanı, bakı $\times$ aralama kombinasyonunu temsil edecek şekilde modele dahil edilmiştir (Bates ve ark., 2015).

Modeller R yazılımında lme4 paketi kullanılarak kurulmuştur. Sabit etkilerin ana etkileri ve etkileşimlerinin istatistiksel anlamlılığı car paketi aracılığıyla Tip III ANOVA tablosu üzerinden değerlendirilmiştir. Anlamlı farklılıkların belirlenmesi durumunda ($p < 0,05$), ortalamalar arasındaki farkların hangi gruplardan kaynaklandığını ortaya koymak amacıyla emmeans ve multcomp paketleri kullanılarak Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Toprak solunumunun çeşitli toprak özellikleri ve kılcal kök biyokütlesi ile olan ilişkilerini belirlemek amacıyla lineer regresyon modeli kullanmak yerine logaritmik regresyon (log-linear) modeli uygulanmıştır. Bu yaklaşım, toprak solunumunun sıcaklık ve biyotik

değişkenlerle genellikle üstel bir biçimde artış göstermesi ve bu ilişkinin logaritmik dönüşümle doğrusal hale getirilebilmesi nedeniyle tercih edilmiştir (Raich & Schlesinger, 1992).

Analizler R programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, regresyon modeli $\text{lm}()$ fonksiyonu aracılığıyla tanımlanmıştır. Bu fonksiyon, aşağıdaki genel formda bir doğrusal modeli (Eşitlik 24) kurmaktadır:

(24)

$$\log(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

Burada:

- Y : Bağımlı değişken (toprak solunumu),
- $X_1, X_2, \dots, X_n$: Bağımsız değişkenler (toprak özellikleri veya kılcal kök biyokütlesi),
- β_0 : Sabit terim (intercept),
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: Regresyon katsayıları,
- ε : Hata terimi.

Bu modelde logaritmik dönüşüm, veriler arasındaki üstel ilişkiyi doğrusal hale getirerek modelin varsayımlarına (örneğin normal dağılım ve sabit varyans) daha iyi uyum sağlamayı amaçlamaktadır.

Modelin uygunluğu ve açıklayıcılığı, R-kare (R^2) değeri, p-değerleri, t-istatistikleri ve Akaike Bilgi Kriteri (AIC) gibi istatistiksel ölçütler kullanılarak değerlendirilmiştir.

Modelin oluşturulması ve nihai değişken seçimi sürecinde, öncelikle Akaike Bilgi Kriteri (AIC) tabanlı adım adım model seçimi yöntemi (stepAIC) uygulanmıştır. Bu yöntem, Ayarlanmış R^2 değerini maksimuma çıkarırken aynı zamanda model karmaşıklığını (değişken sayısını) en uygun ve en sade değişken kombinasyonunu belirlemeye yönelik bir algoritmadır (Burnham & Anderson, 2002). Bu yaklaşım sayesinde, istatistiksel olarak tek başına anlamsız olsa bile modelin genel açıklayıcılığını (R^2) veya tahmin gücünü önemli ölçüde artıran değişkenler nihai modele dahil edilmiştir. Modelin açıklayıcılığı, Ayarlanmış R^2 değeri ve regresyon katsayılarının anlamlılığı ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, çoklu bağlantı sorunlarını belirlemek amacıyla Varyans Şişirme Faktörü (VIF)

hesaplanmış ve $VIF > 5$ olan değişkenler, katsayı tahminlerinin güvenilirliğini korumak amacıyla, anlamlılıklarına bakılmaksızın modelden aşamalı olarak çıkarılmıştır (Hair et al., 2010).

İstatistiksel analizler ve grafiklerin yapımında açık kaynak kodlu RStudio 4.5.1 ve tabloların yapımında Microsoft Excel 2016 programından yararlanılırken araştırma alanlarının tanıtımında kullanılan haritaların yapımında açık kaynak kodlu QGIS Desktop 3.40.7 yazılımından yararlanılmıştır.



3

BULGULAR

3.1 Ölü Örtü Kütlesi

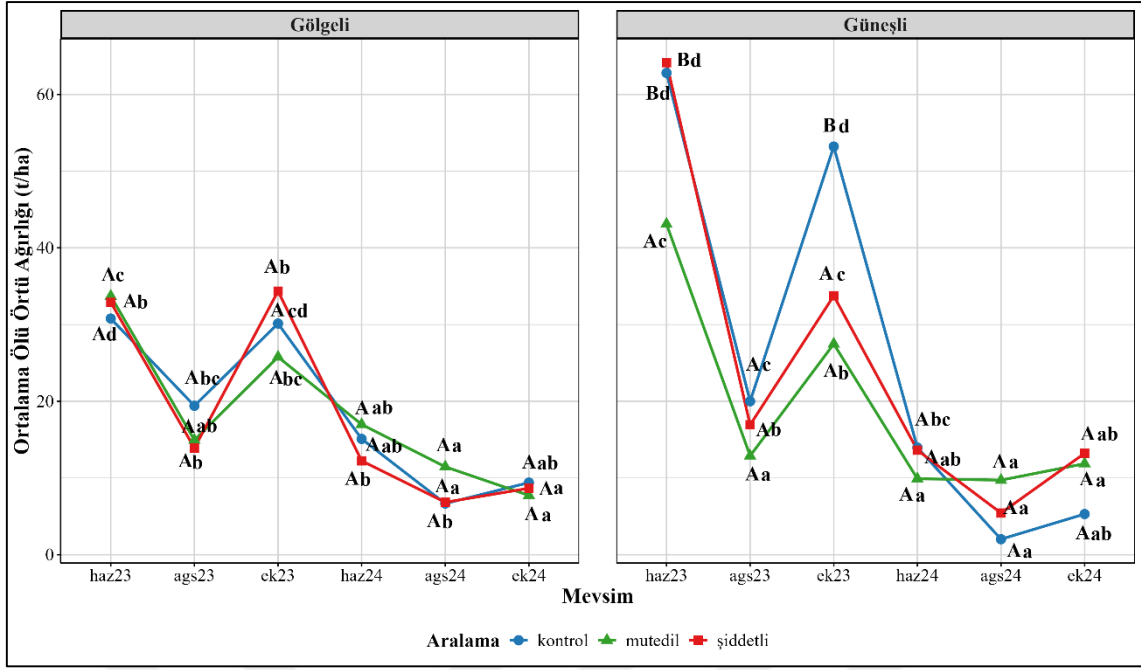
Çalışma kapsamında arazinin bakı yönü, farklı aralama işlemleri ve mevsimsel değişimlerin deneme alanlarındaki ölü örtü kütlesi üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiş ve modelden elde edilen varyans analizi (ANOVA) sonuçları aşağıda açıklanmıştır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Ölü örtü stoklarına (t/ha) ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları

İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	14,3±12,9 a		
	Mutedil	108	13,6±7,6 b		
	Şiddetli	108	14,7±12,0 ab	A	4,24*
Bakı	Gölgeli	162	11,4±6,2 a	B	39,29***
	Güneşli	162	17,0±13,8 b	M	183,93***
Mevsim	Haziran-2023	54	25,2±15,3 d	AxB	4,33**
	Ağustos-2023	54	14,5±3,7 c	AxM	8,95***
	Ekim-2023	54	24,1±9,2 d	BxM	21,37***
	Haziran-2024	54	7,4±3,4 ab	AxBxM	3,83***
	Ağustos-2024	54	6,7±4,6 a		
	Ekim-2024	54	7,2±2,0 b		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı, M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Yapılan analizler sonucunda gölgeli bakıda ortalama ölü örtü kütlesinin 11,4 t/ha olduğu belirlenirken güneşli bakıda bu miktarın 17,0 t/ha olduğu tespit edilmiş ve farklı bakı yönleri arasında oluşan bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca aralama faktörü ile AxB etkileşiminin ölü örtü kütlesi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilirken ortalamalar bakımından şiddetli > kontrol > mutedil aralama şeklinde bir trend oluşmuştur.



Şekil 3.1 Ölü örtü kütlesinin mevsimsel değişimi Büyük harfler aynı bakı ve aynı örnekleme döneminde aralama işlemleri arasındaki anlamlı farkları, küçük harfler aynı bakı ve aynı aralama grubunda farklı örnekleme dönemleri arasındaki anlamlı farkları temsil etmektedir. Mavi: Şiddetli aralama, Yeşil: Mutedil aralama, Kırmızı: Şiddetli aralama işlemini temsil eder.

Çalışma süresince en yüksek ölü örtü miktarı Haziran-2023 örnekleme döneminde belirlenirken en düşük ortalama ölü örtü miktarı Ağustos-2024 döneminde tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, mevsim faktörünün ana etkisi ile AxM, BxM ve AxBxM etkileşimlerinin ölü örtü miktarı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilirken. Bu bulgular ölü örtü miktarında gerçekleşen mevsimsel değişimlerin, arazinin bakı koşullarına göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Şekil 3.1'de verilen mevsimsel değişim grafiği incelendiğinde her iki bakıda özellikle yaz döneminde gerçekleşen dalgalanmalar oldukça belirgindir. Yaz dönemlerinde yapılan örneklemlerde tüm bakı ve aralama gruplarında ölü örtü miktarında düşüşler meydana gelmiştir. Çalışma süresince, her iki bakıda 2024 yılında yapılan örneklemlerde 2023 yılına göre ölü örtü miktarında düşüşler gerçekleşmiştir. Yaz dönemlerinde ve vejetasyon dönemi sonlarında tespit edilen ölü örtü miktarları, tüm aralama gruplarında mevsimsel olarak diğer dönemlerin ortalamalarından farklılaşmıştır.

Gölge bakıda tüm örnekleme dönemlerinde aralama grupları arasında ortalama ölü örtü miktarı açısından anlamlı farklılıklar oluşmazken güneşli bakıda Haziran-2023 ve Ekim-2023 dönemlerinde aralama grupları arasında anlamlı farklar oluşmuştur.

3.2 Ölü Örtüde Organik Karbon

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin deneme alanlarındaki ölü örtü organik karbon içeriği ve karbon stok değerleri üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.2’de sunulmuştur (Tablo 3.2).

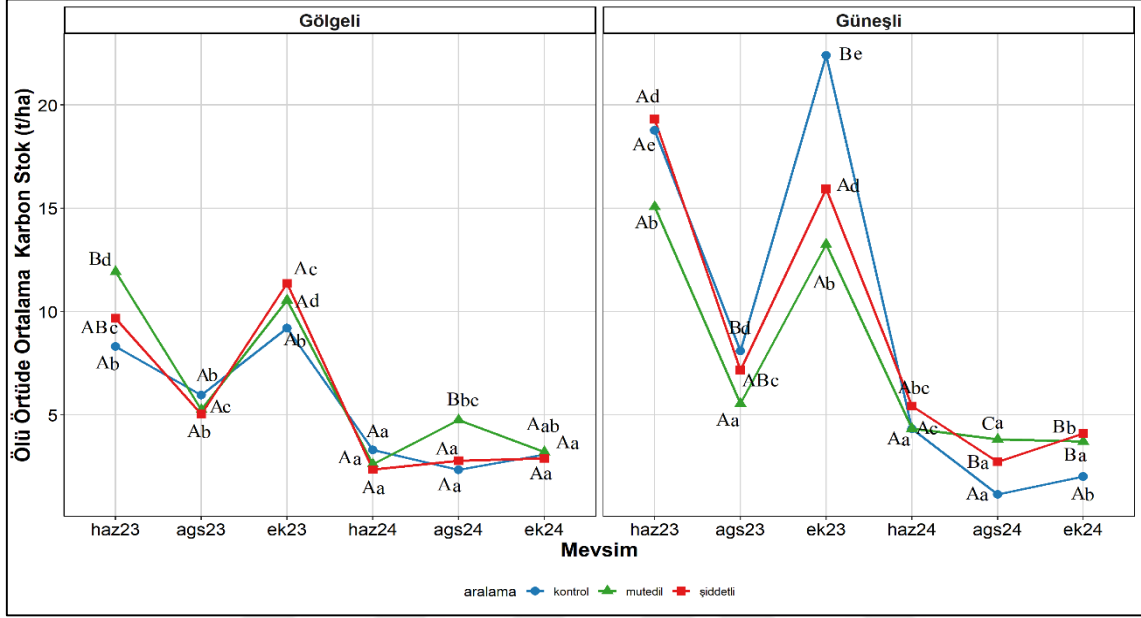
Araştırma bulguları, ölü örtü organik karbon stoklarının (t/ha) aralama şiddeti, bakı yönü ve mevsimsel dönemler ile bu faktörlere ait etkileşimler tarafından anlamlı düzeyde etkilendiğini ortaya koymuştur. Karbon stok miktarında müdahale şiddetine bağlı olarak mutedil aralamadan şiddetli aralamaya doğru artan bir trend gözlemlenmiş ve stok değerleri 7,00-7,41 t/ha arasında değişkenlik göstermiştir. Ayrıca, bakı yönünden yapılan analizlerde güneşli bakıların (8,73 t/ha C), gölgeli bakılara (5,81 t/ha C) kıyasla daha fazla karbon stokladıkları tespit edilmiş ve genel ortalama yönünden sahada ölü örtü bünyesinde ortalama 7,27 t/ha C stoklandığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.2 Ölü örtüde organik karbon içeriği (%) ve stoklarına (t/ha) ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları

İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS (stok C t/ha)	Ortalama±SS (%)	İşlem	F Testi (t/ha)	F Testi (%)
Aralama	Kontrol	108	7,41±7,3 a	49,50±8,03			
	Mutedil	108	7,00±4,7 a	49,57±8,19			
	Şiddetli	108	7,40±6,1 a	49,29±7,80	A	3,12*	0,11
Bakı	Gölgeli	162	5,81±3,8 a	49,47±9,11	B	53,92***	0,46
	Güneşli	162	8,73±7,5 b	49,44±6,69	M	264,62***	143,48***
Mevsim	Haziran-2023	54	13,85±7,1 d	57,21±6,51 c	AxB	3,37*	0,83
	Ağustos-2023	54	6,18±1,71 c	42,51±4,96 a	AxM	7,43***	1,44
	Ekim-2023	54	13,78±5,4 d	57,32±5,75 c	BxM	18,34***	18,4***
	Haziran-2024	54	3,73±1,7 b	51,1±3,62 b	AxBxM	4,26***	2,21*
	Ağustos-2024	54	2,93±1,8 a	44,52±4,58 a			
	Ekim-2024	54	3,17±1,0 ab	44,07±4,85 a			

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı, M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: p <0,05, **: p <0,01, ***: p <0,001. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Ölü örtü karbon stoklarının mevsimsel seyri incelendiğinde; yıl içinde yaz döneminde stok miktarlarında anlamlı bir azalma, vejetasyon döneminin başlangıç ve son evrelerinde ise birikim eğilimi gözlemlenmiştir. Yaz aylarındaki bu düşüşün, artan sıcaklıklarla birlikte hızlanan dekompozisyon (ayrışma) süreçlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir



Şekil 3.2 Ölü örtüde organik karbon stoklarının mevsimsel değişimi. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Mevsimsel değişim grafiği incelendiğinde (Şekil 3.2), her iki bakı yönünde de yaz dönemi örneklemelerinde ölü örtü karbon stoklarında istatistiksel olarak anlamlı düşüşler gözlenmiştir. Gölge bakıda mutedil aralama işlemi, özellikle Haziran 2023 ve Ağustos 2024 dönemlerinde diğer aralama uygulamalarından ayrılmış; bu dönemler dışında ise şiddetli aralama ile kontrol uygulamalarının benzer stok değerleri sergilediği belirlenmiştir.

Güneşli bakıda da gölge bakıya benzer bir mevsimsel eğilim izlenmiş, yaz örneklemelerinde stok değerlerinde anlamlı azalmalar meydana gelirken vejetasyon dönemi sonuna doğru karbon stoklarının yeniden arttığı saptanmıştır. Bununla birlikte, güneşli bakı grubunda gölge bakıda gözlenen ekolojik süreçlerden farklı olarak, mutedil aralama işlemi ilk örneklemelerde en düşük stok değerlerinin tespit edildiği uygulama olmuştur. Çalışma dönemi sonunda ise mutedil aralama uygulamasının aralamaya verdiği tepkinin şiddetli aralama ile benzer düzeyde olduğu, buna karşın kontrol parsellerinde stok değerlerinde anlamlı düşüşlerin gerçekleştiği belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, gölgeli bakıda ölü örtünün ortalama organik karbon içeriği %49,47 olduğu belirlenirken, güneşli bakıda bu değerin %49,44 olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bakı faktörünün ana etkisinin organik karbon (%) değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilirken aralama ana faktörü ile AxB etkileşiminin organik karbon değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Çalışma süresince en yüksek ortalama organik karbon içeriği (%) Ekim-2023 döneminde belirlenirken en düşük Ağustos-2023 döneminde tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda mevsim faktörünün ana etkisi ile BxM ve AxBxM etkileşimlerinin, organik karbon değişkeni (%) üzerinde anlamlı etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, organik karbon miktarında gerçekleşen mevsimsel değişimlerin, arazinin bakı koşullarına göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

3.3 Ölü Örtüde Toplam Azot

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin deneme alanlarındaki ölü örtü toplam azot içeriği ve azot stok değerleri üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları aşağıda sunulmuştur (Tablo 3.3).

Elde edilen bulgular ölü örtüde stoklanan (t/ha) azot yönünden değerlendirildiğinde tüm ana faktörler ve bu faktörlere bağlı etkileşimlerin ölü örtüde azot stokları üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Aralama işlemindeki trend mutedil aralama<kontrol<şiddetli aralama şeklinde gerçekleşmiştir.

Bakı yönünden yapılan analizlerde güneşli bakıların (0,142 t/ha N), gölgeli bakılara (0,112 t/ha N) kıyasla azot stok değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiş ve genel ortalama yönünden sahada ölü örtü bünyesinde ortalama 0,127 t/ha N stoklandığı sonucuna varılmıştır.

Ölü örtü azot stoklarının mevsimsel seyri incelendiğinde; karbon stoklarındaki trende paralel şekilde yaz döneminde stok miktarlarında anlamlı bir azalma, vejetasyon döneminin başlangıç ve son evrelerinde ise birikim eğilimi gözlemlenmiştir. Bu durum

yaz döneminde artan sıcaklıklarla birlikte hızlanan dekompozisyon (ayırışma) süreçlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

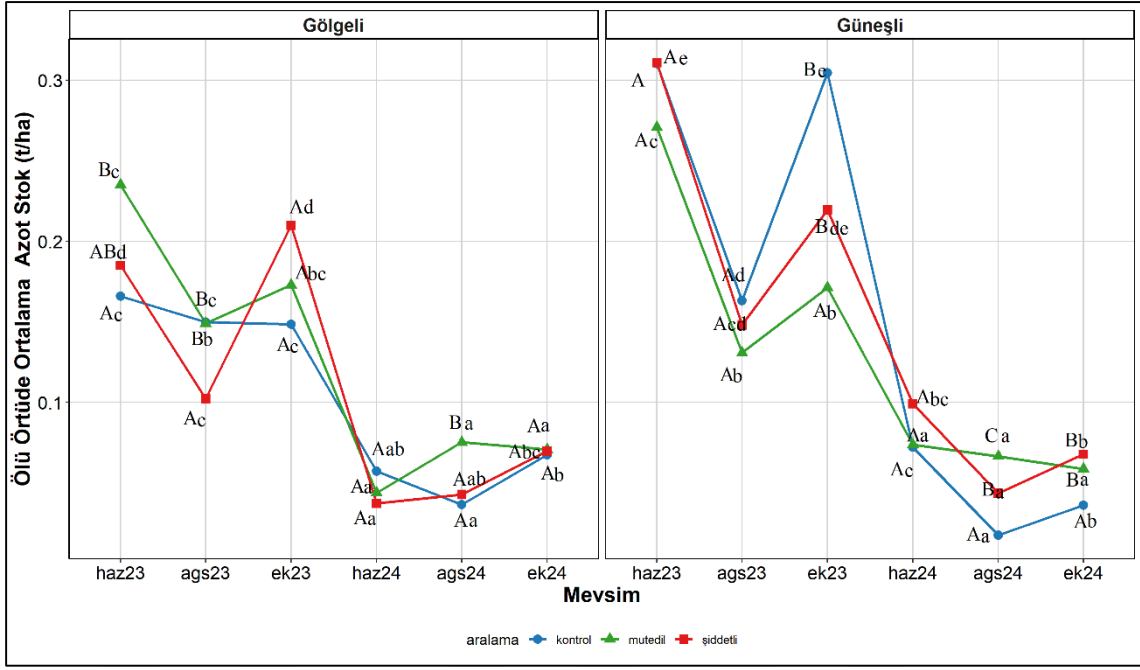
Tablo 3.3 Ölü örtüde toplam N (t/ha ve %) değişkenine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları

İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS (t/ha)	Ortalama±SS (%)	İşlem	F Testi (t/ha)	F Testi (%)
Aralama	Kontrol	108	0,127±0,108 a	0,88±0,16	A	4,04**	1,33
	Mutedil	108	0,126±0,08 b	0,90±0,19			
	Şiddetli	108	0,128±0,10 c	0,87±0,17			
Bakı	Gölgeli	162	0,112±0,07 a	0,94±0,19 b	B	13,95***	41,53***
	Güneşli	162	0,142±0,11 b	0,83±0,14 a	M	240,49***	71,36***
Mevsim	Haziran-2023	54	0,246±0,11 d	1,05±0,21 d	AxB	3,43*	0,15
	Ağustos-2023	54	0,14±0,04 c	0,97±0,18 c	AxM	7,45***	4,63***
	Ekim-2023	54	0,204±0,07 d	0,87±0,15 b	BxM	14,98***	12,00***
	Haziran-2024	54	0,064±0,03 b	0,87±0,04 b	AxBxM	4,36***	2,26**
	Ağustos-2024	54	0,047±0,03 a	0,70±0,05 a			
	Ekim-2024	54	0,062±0,02 b	0,85±0,05 b			

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı, M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: p <0,05, **: p <0,01, ***: p <0,001. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Mevsimsel değişim grafiği incelendiğinde her iki bakı yönünde de yaz dönemi örneklemelerinde ölü örtü azot stoklarında istatistiksel olarak anlamlı düşüşler gözlenmiştir. Nitekim her iki bakı yönünde de yaz örneklemelerinde aralama işlemleri arasında anlamlı farkların olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.3).

Bununla birlikte gölgeli bakıda çalışmanın ilk örneklem döneminde mutedil ve şiddetli aralama işlemlerinde daha yüksek azot depolaması belirlenmiş ancak yaz döneminde şiddetli aralama işlemi diğer aralama işlemlerin ayrılarak en düşük azot stoklarının tespit edildiği grup olmuştur. Bu durum gölgeli bakıda aralama işlemlerinin kısa süre içerisinde azot stoklarını etkileyebildiğine işaret etmektedir. Ancak son örneklem dönemi itibari ile aralama işlemleri arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir.



Şekil 3.3. Ölü örtüde toplam azot stoklarının mevsimsel değişimi. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Güneşli bakıda çalışmanın ilk dönemlerinde kontrol işlemi ile şiddetli aralama işlemi en yüksek azot stoklarının tespit edildiği işlemler olurken mutedil aralama işlemi genel olarak en düşük azot stoklarının tespit edildiği grup olmuştur. Ancak son örnekleme döneminde kontrol işlemi diğer aralama işlemlerin ayrılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda gölgeli bakıda ölü örtüde toplam azot içeriği %0,91 olarak belirlenirken güneşli bakıda bu değerin %0,79 olduğu tespit edilmiş ve arazinin bakı yönüne bağlı olarak oluşan bu farklılığın istatistiksel olarak da anlamlı olduğu görülmüştür. Bu bulgunun yanı sıra aralama gurupları arasında çalışma süresince en yüksek ortalama toplam azot içeriği sırasıyla mutedil>kontrol>şiddetli aralama işlemlerinde tespit edilmiş ve aralama faktörünün ana etkisi ile AxB etkileşiminin toplam azot değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

3.4 Ölü Örtüde C/N

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin ölü örtü C/N oranı üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.4’te sunulmuştur.

Tablo 3.4 Ölü örtüde C/N oranına ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları

İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	57,7±11,8		
	Mutedil	108	56,6±12,3		
	Şiddetli	108	58,1±11,6	A	0,43
Bakı	Gölgeli	162	54,2±11,5 a	B	24,1***
	Güneşli	162	60,7±11,4 b	M	60,6***
Mevsim	Haziran-2023	54	56,2±10,6 bc	AxB	0,06
	Ağustos-2023	54	45,4±9,7 a	AxM	3,1***
	Ekim-2023	54	67,5±11,9 d	BxM	14,0***
	Haziran-2024	54	59,1±5,2 c	AxBxM	1,64
	Ağustos-2024	54	64,4±8,3 d		
	Ekim-2024	54	52,3±9,3 b		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı, M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

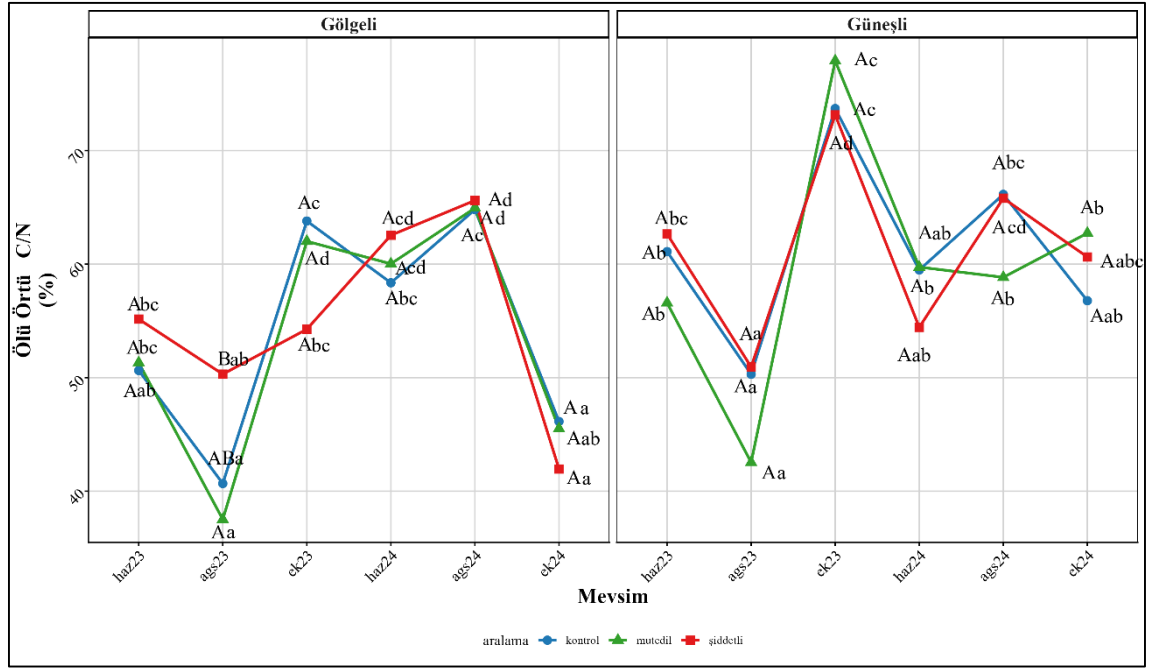
Yapılan analizler sonucunda gölgeli bakıda ortalama C/N oranı 54,2 olduğu belirlenirken güneşli bakıda bu değerin 60,7 olduğu tespit edilmiş ve farklı bakı yönleri arasında oluşan bu farklılığın istatistiksel olarak da anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra aralama işlemleri arasında çalışma süresince ortalama C/N değerleri sırasıyla şiddetli >kontrol>mutedil aralama şeklinde gerçekleşmiş ancak aralama ve AxB etkileşiminin ölü örtü C/N değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Çalışma süresince en yüksek C/N oranı Ekim-2023 örnekleme döneminde tespit edilirken en düşük C/N oranı Ağustos-2023 döneminde tespit edilmekle birlikte AxM ve BxM etkileşimlerinin C/N değişkeni üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Mevsimsel değişimin C/N değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu belirlenirken en yüksek C/N oranı Ekim-2023 örnekleme döneminde gerçekleşirken en düşük C/N oranı ilk yıl Ağustos-2023 döneminde gerçekleşmiştir. Bunun yanı sıra AxBxM etkileşimlerinin C/N oranı üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.4).

Çalışma süresince güneşli bakıda hiçbir örnekleme döneminde aralama işlemleri arasında anlamlı fark oluşmamıştır. Bu durum güneşli bakının, vejetasyon dönemi boyunca mikrobiyal faaliyet ve ayrışma bakımından stres altında olduğunu göstermektedir. Buna

karşın gölgeli bakıda Ağustos-2023 döneminde en yüksek C/N oranı şiddetli aralama işleminde tespit edilmiş ve bu farklılık istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur. Gölgeyi bakıda özellikle çalışmanın ilk dönemlerinde ve vejetasyon döneminin başlangıçlarında şiddetli aralama işlemi en yüksek C/N ortalamasının tespit edildiği işlem olmuştur. Bu durum gölgeli bakıda şiddetli aralamanın uygulandığı deneme alanlarında sıcaklığın sınırlayıcı bir unsur olarak ayrışmayı sınırlandığını göstermektedir.



Şekil 3.4. Ölü örtüde C/N oranının mevsimsel değişimi. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

3.5 Ölü Örtüde Mikrobiyal Biyokütle Karbon

Çalışma Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin mikrobiyal biyokütle karbon (Ö-MBC) üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.5’te sunulmuştur.

Yapılan analizler sonucunda gölgeli bakıda ortalama Ö-MBC miktarının $7415,8 (\mu\text{g g}^{-1} \text{C})$ olduğu belirlenirken güneşli bakıda bu değerin $7448,0 (\mu\text{g g}^{-1} \text{C})$ olduğu tespit edilmiş ancak arazinin bakı yönüne bağlı olarak oluşan bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Bu bulgunun yanı sıra aralama grupları arasında çalışma süresince en yüksek ortalama Ö-MBC değerlerinin sırasıyla şiddetli>kontrol>mutedil

aralama guruplarında tespit edilmiş ve aralama ana faktörü ile AxB etkileşiminin $\ddot{O}$ -MBC değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.5 $\ddot{O}$ -MBC ($\mu\text{g g}^{-1} \text{ C}$) değişkenine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları.

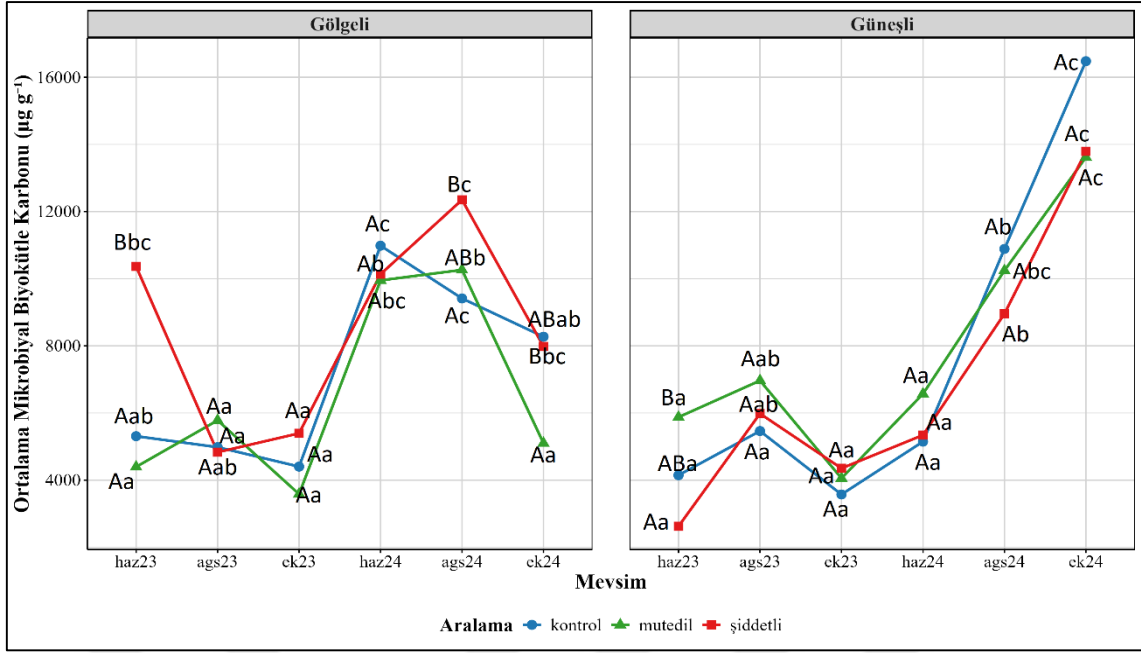
İşlem	İşlem	n	Ortalama $\pm$ SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	7421,3 $\pm$ 4421,1		
	Mutedil	108	7233,9 $\pm$ 3727,0		
	Şiddetli	108	7675,4 $\pm$ 4309,8	A	0,40
Bakı	Gölgeli	162	7439,0 $\pm$ 3851,0	B	0,05
	Güneşli	162	7448,0 $\pm$ 4449,9	M	55,8***
Mevsim	Haziran-2023	54	5522,0 $\pm$ 3357,1 ab	AxB	9,41***
	Ağustos-2023	54	5666,3 $\pm$ 2044,3 b	AxM	1,74
	Ekim-2023	54	4226,3 $\pm$ 2170,5 a	BxM	28,68***
	Haziran-2024	54	8020,5 $\pm$ 3413,9 c	AxBxM	2,61***
	Ağustos-2024	54	10351,6 $\pm$ 3104,0 d		
	Ekim-2024	54	10874,3 $\pm$ 5027,8 d		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı; M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Çalışma süresince en yüksek ortalama $\ddot{O}$ -MBC değeri Ekim-2024 döneminde belirlenirken, en düşük $\ddot{O}$ -MBC değeri Ekim-2023 örnekleme döneminde tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, mevsim faktörünün ana etkisi ile BxM, AxM ve AxBxM etkileşimlerinin, $\ddot{O}$ -MBC değişkeni üzerinde anlamlı etkilerinin olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.5'te verilen mevsimsel değişim grafiği incelendiğinde gölgeli bakıda aralama ve mevsimin ortalama $\ddot{O}$ -MBC değişkeni ile olan ilişkileri güneşli bakıya göre daha kompleks bir yapıda olduğu saptanmıştır. Gölgeli bakıda çalışmanın son örnekleme dönemlerinde tespit edilen $\ddot{O}$ -MBC değerleri ilk örnekleme dönemlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca vejetasyon dönemi sonlarında ortalama mikrobiyal biyokütle miktarı bir düşüş eğilimi göstermiş olmakla birlikte vejetasyon dönemi başlangıcındaki değerlerden istatistiksel olarak farklılaştırmıştır.

Güneşli bakıda mevsimsel değişim trendleri gölgeli bakıya göre daha stabil seyretmiş ve gölgeli bakıdan daha farklı bir trend oluşturmuştur. Güneşli bakıda tüm aralama guruplarında ortalama $\ddot{O}$ -MBC değerleri Haziran-2024 dönemine kadar istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşturmayacak şekilde dalgalanmalar oluşturmuş ve Ağustos 2024 dönemi ile ciddi oranda bir artış göstererek istatistiksel olarak diğer mevsimlerden ayrılmıştır.



Şekil 3.5 Ö-MBC değişkenine ait mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Gölge bakıda aralama grupları arasında ortalama Ö-MBC miktarı yönünden Haziran-2023 ve Ekim-2024 dönemleri hariç olmak üzere istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşmamıştır. Bu bakıda mutedil aralama genel olarak en düşük mikrobiyal biyokütle karbon miktarının tespit edildiği grup olmuştur.

Güneşli bakıda çalışmanın ilk örnekleme döneminde (Haziran-2023) aralama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşmuş ancak ilerleyen dönemlerde aralama grupları arasında anlamlı farklar bulunamamıştır.

3.6 Ölü Örtüde Mikrobiyal Biyokütle Azot

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin topraktaki mikrobiyal biyokütle azot (Ö-MBN) içeriği üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.6’da sunulmuştur.

Yapılan analizler sonucunda, gölge bakıda ortalama Ö-MBN değerinin 529,66 ($\mu\text{g g}^{-1} \text{ N}$) olduğu belirlenirken, güneşli bakıda bu değer 392,99 ($\mu\text{g g}^{-1} \text{ N}$) olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte bakı ve aralama ana faktörleri ile AxB etkileşiminin Ö-MBN değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.6 $\ddot{O}$ -MBN ($\mu\text{g g}^{-1}\text{ N}$) değişkenine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları

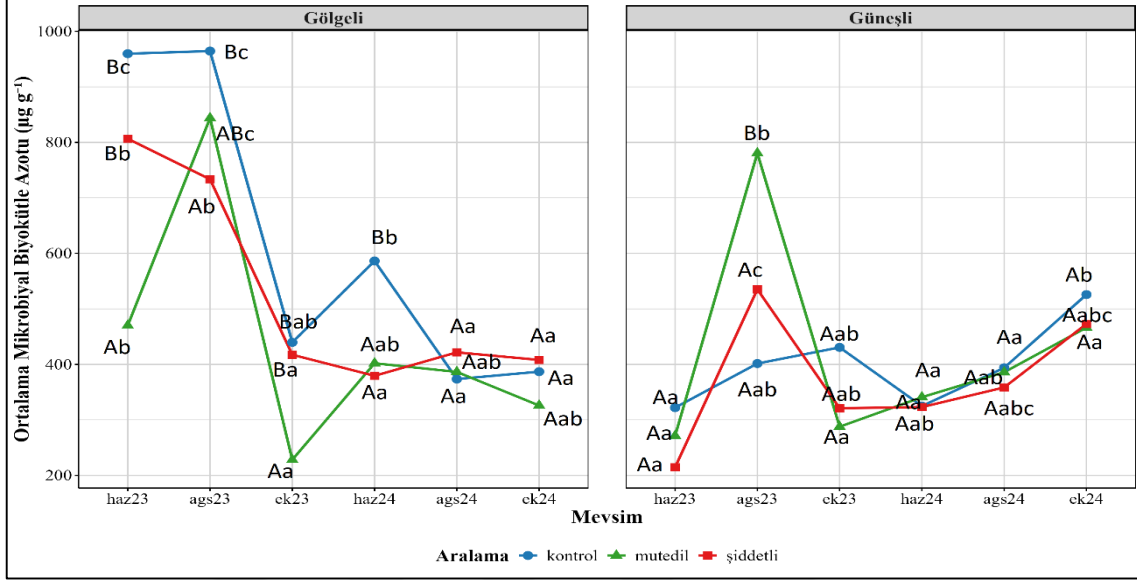
İşlem	İşlem	n	Ortalama $\pm$ SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	509,15 $\pm$ 249,02 b		
	Mutedil	108	425,48 $\pm$ 218,35 a		
	şiddetli	108	449,34 $\pm$ 225,33 ab	A	7,04**
Bakı	Gölgeli	162	529,66 $\pm$ 265,89 b	B	47,84***
	Güneşli	162	392,99 $\pm$ 170,42 a	M	35,1***
Mevsim	Haziran-2023	54	507,42 $\pm$ 312,43 c	AxB	6,63**
	Ağustos-2023	54	695,93 $\pm$ 285,29 d	AxM	3,57***
	Ekim-2023	54	354,12 $\pm$ 202,7 a	BxM	28,73***
	Haziran-2024	54	392,81 $\pm$ 136,35 ab	AxBxM	2,72***
	Ağustos-2024	54	386,68 $\pm$ 58,48 ab		
	Ekim-2024	54	430,99 $\pm$ 89,89 c		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı; M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Çalışma süresince en yüksek ortalama $\ddot{O}$ -MBN değerleri Ağustos-2023 döneminde ($695,93 \mu\text{g g}^{-1}\text{ N}$) tespit edilirken, en düşük ortalama değer Ekim-2023 döneminde ($354,12 \mu\text{g g}^{-1}\text{ N}$) kaydedilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, mevsim faktörünün ana etkisi ile AxM, BxM ve AxBxM etkileşimlerinin $\ddot{O}$ -MBN değişkeni üzerinde anlamlı etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, $\ddot{O}$ -MBN miktarında gerçekleşen mevsimsel değişimlerin, aralama müdahalesinin şiddetine ve arazinin bakı koşullarına göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

şekil 3.5'te yer alan mevsimsel değişim grafiğine göre çalışmanın ilk örnekleme dönemlerinde gölgeli bakıda $\ddot{O}$ -MBN değerleri güneşli bakıya göre daha yüksek seviyelerde seyretmiştir. Ayrıca her iki bakıda $\ddot{O}$ -MBN değerleri çalışma boyunca dalgalanmalar göstermiş, ancak bu dalgalanmalar, bakı ve aralama gruplarına göre farklılıklar göstermiştir. Her iki bakıda özellikle 2023 yılı yaz döneminde tespit edilen değerler diğer mevsimlere göre oldukça yüksek bulunurken ilerleyen dönemlerde $\ddot{O}$ -MBN miktarları her iki bakıda düşüşe geçmiştir.

Bu bulguların yanı sıra gölgeli bakıda aralama gurupları arasında ortalama $\bar{O}_{MBN}$ miktarı yönünden çalışmanın ilk dönemlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşmuş ancak son örnekleme dönemlerinde aralama gurupları arasında farklılık tespit edilememiştir.



Şekil 3.6 $\bar{O}_{MBN}$ değişkenine ait mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Güneşli bakıdaki mevsimsel değişimler daha stabil bir görüntü oluştururken çalışmanın son örnekleme dönemlerinde aralama işlemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmamıştır. Ayrıca gölgeli bakıda gerçekleşen duruma benzer olarak çalışma süresince en yüksek $\bar{O}_{MBN}$ miktarı genel olarak kontrol gurubunda tespit edilmiştir.

3.7 Ölü Örtüde Mikrobiyal Katsayı (qMic)

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin ölü örtüdeki mikrobiyal katsayı (qMic) üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.7’de sunulmuştur.

Yapılan analizlere göre aralama ve bakı işlemlerinin qMic değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı ancak AxB etkileşiminin bu değişken üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Aralama işleminde en yüksek qMic oranı şiddetli aralama (1,59) işleminde ve en düşük mutedil aralama işleminde (1,52) tespit edilmiştir.

Zamansal değişim bakımından en yüksek qMic oranı çalışma süresince Ekim-2024 döneminde tespit edilirken en düşük oran, ilk yıl vejetasyon dönemi sonu olan Ekim-2023 döneminde belirlenmiştir. Bununla birlikte çalışmanın ikinci yılında qMic oranlarında belirgin ve istatistiksel olarak anlamlı yükselişler meydana gelmiş ve çalışma dönemi boyunca yaz dönemlerinde yapılan örneklemelerde vejetasyon dönemi başlangıçlarına göre daha yüksek mikrobiyal katsayı tespit edilmiştir. Ayrıca Mevsim işleminin ana etkisinin yanı sıra Mevsim işlemine bağlı tüm etkileşimlerin metabolik katsayı değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.7).

Tablo 3.7 Ölü örtüde mikrobiyal katsayılara (%) ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları.

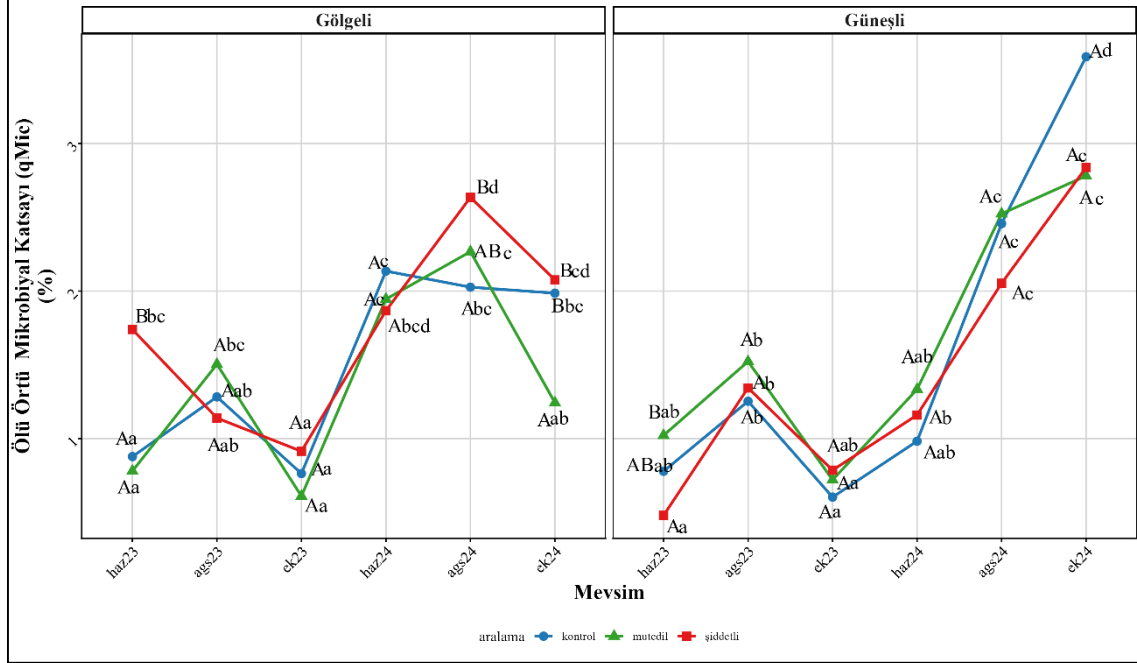
İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	1,56±1,0		
	Mutedil	108	1,52±0,8		
	Şiddetli	108	1,59±0,9	A	0,30
Bakı	Gölgeli	162	1,54±0,8	B	0,01
	Güneşli	162	1,57±1,0	M	88,84***
Mevsim	Haziran-2023	54	0,95±0,5 a	AxB	8,23**
	Ağustos-2023	54	1,34±0,5 b	AxM	2,34**
	Ekim-2023	54	0,73±0,4 a	BxM	20,06***
	Haziran-2024	54	1,57±0,7 b	AxBxM	2,8***
	Ağustos-2024	54	2,33±0,7 c		
	Ekim-2024	54	2,42±1,0 c		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı, M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: p <0,05, **: p <0,01, ***: p <0,001. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Gölgeli bakıda ilk örnekleme döneminde en yüksek qMic oranı şiddetli aralama işleminde tespit edilmiş ve bu fark anlamlı bulunmuştur. Bunun yanı sıra son örnekleme dönemlerinde şiddetli aralama işlemindeki bu etki devam etmiştir. Çalışma süresince mutedil aralama genel olarak en düşük qMic ortalamalarının tespit edildiği işlem grubu olmuştur. Ayrıca bu bakı konumunda çalışma süresince yaz dönemlerinde qMic oranlarında istatistiksel olarak anlamlı artışlar meydana gelmiştir.

Gölgeli bakıda gerçekleşen trendin aksine güneşli bakıda ilk örnekleme döneminde en yüksek qMic oranı mutedil aralama işleminde en düşük şiddetli aralama işleminde tespit edilmiş ve ilk örnekleme döneminde aralama işlemleri arasında anlamlı farklar tespit edilmiştir. Bu durum güneşli bakıda şiddetli aralama işleminin sıcaklık ve nem

koşullarıyla baskılandığını göstermektedir. Çalışmanın ilerleyen dönemlerinde aralama işlemi güneşli bakı konumunda etkisini yitirmiştir. Gölge bakıda gerçekleşen zamansal trende benzer olarak yaz dönemlerinde qMic oranlarında anlamlı yükselişler meydana gelmekle birlikte özellikle ikinci yıl qMic oranlarında belirgin artışlar meydana gelmiştir.



Şekil 3.7 Ölü örtüde mikrobiyal katsayıların (qMic) mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

3.8 Ölü Örtüde Bazal (Mikrobiyal) Solunum

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin ölü örtüdeki bazal solunum üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.8’de sunulmuştur.

Yapılan analizler sonucunda gölge bakıda ortalama bazal solunum miktarı 5,73 ($\mu\text{g CO}_2\text{-C g/saat}$) olduğu belirlenirken güneşli bakıda bu değer 4,74 ($\mu\text{g CO}_2\text{-C g/saat}$) olduğu tespit edilmiş ve bu farklılığın istatistiksel olarak da anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bu bulgunun yanı sıra çalışma süresince aralama grupları arasında en yüksek ortalama bazal solunum miktarı kontrol işleminde (5,57 $\mu\text{g CO}_2\text{-C g/saat}$) tespit edilmekle beraber AxB etkileşiminin bazal solunum değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma süresince en yüksek ortalama bazal solunum miktarı Haziran 2023 döneminde belirlenirken en düşük Ağustos-2024 döneminde tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda mevsim faktörünün ana etkisi ile tüm etkileşim kombinasyonlarının bazal solunum değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.8 Ölü örtüde bazal solunuma ($\mu\text{g CO}_2\text{-C g/saat}$) ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları.

İşlem	İşlem	n	Ortalama $\pm$ SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	5,57 $\pm$ 4,82		
	Mutedil	108	4,78 $\pm$ 4,04		
	Şiddetli	108	5,36 $\pm$ 4,47	A	2,02
Bakı	Gölgeli	162	5,73 $\pm$ 4,79 b	B	8,57**
	Güneşli	162	4,74 $\pm$ 4,05 a	M	204,36***
Mevsim	Haziran-2023	54	11,84 $\pm$ 4,87 d	AxB	4,17*
	Ağustos-2023	54	5,93 $\pm$ 2,65 c	AxM	5,93***
	Ekim-2023	54	2,2 $\pm$ 1,53 a	BxM	18,9***
	Haziran-2024	54	3,66 $\pm$ 1,57 b	AxBxM	11,27***
	Ağustos-2024	54	1,65 $\pm$ 0,69 a		
	Ekim-2024	54	6,13 $\pm$ 3,74 c		

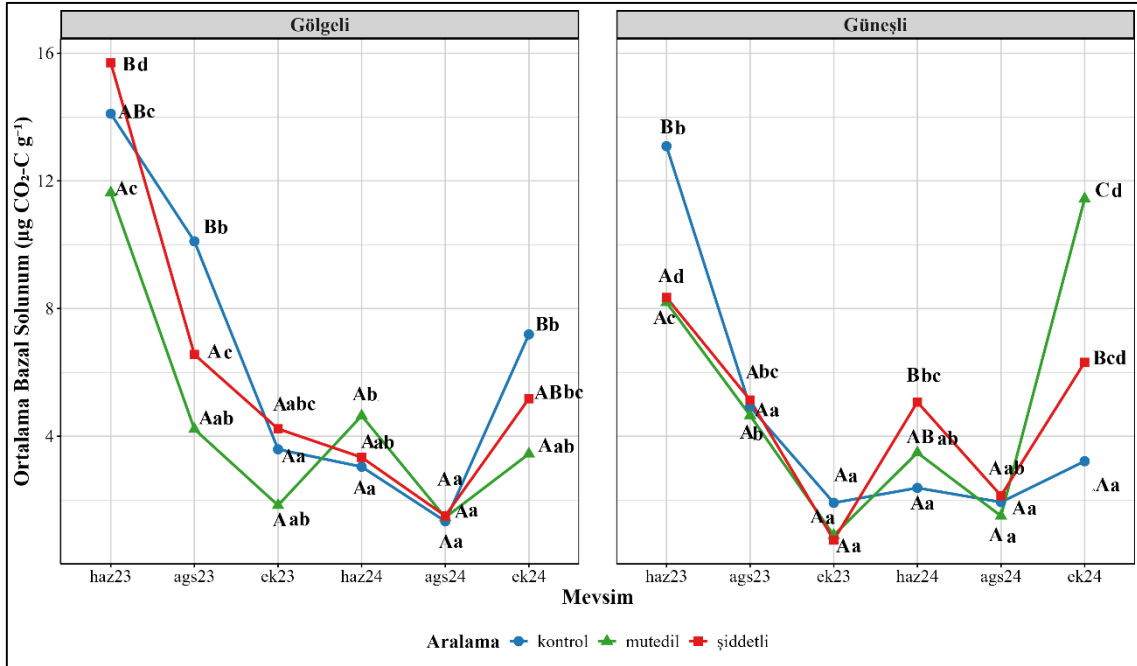
n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı: M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Şekil 3.8’de verilen mevsimsel değişim grafiği incelendiğinde, her iki bakıda mevsimselliğin etkisi benzer trendler oluşturmuştur. Nitekim her iki bakıda yapılan örneklemelerde vejetasyon dönemi başlangıçlarında ve sonlarında ölü örtü örneklerinde daha yüksek miktarda bazal solunum gerçekleşirken yaz dönemlerinde bazal solunum değerlerinde keskin düşüşler yaşanmış ve mevsimler arasında yaşanan bu farklılıklar her aralama grubu özelinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Gölgeli bakıda, ilk ve son örneklem döneminde aralama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşmuş ve en düşük ortalama bazal solunum genellikle mutedil aralama grubunda tespit edilirken son örneklem döneminde en yüksek ortalama bazal solunum kontrol işleminde tespit edilmiştir.

Güneşli bakıda bazal solunum faaliyetleri gölgeli bakı ile benzer bir trend izlemiştir. Nitekim Haziran-2023 ve Ekim-2024 dönemlerinde aralama grupları arasında anlamlı farklar oluşmuştur. En yüksek ortalama bazal solunum ilk örneklem dönemlerinde kontrol işleminde tespit edilirken Ekim-2024 döneminde aralama grupları arasında

anlamli farklar oluşmuş ve bu rneklemeye döneminde aralama gurupları arasındaki trend değişerek bazal solunum faaliyeti en yüksek mutedil ve şiddetli aralama guruplarında tespit edilmiştir.



şekil 3.8 l örtüde bazal solunumun mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler şekil 3.1’de açıklanmıştır.

3.9 Toprak Tekstürü

Deneme alanlarından alınan toprakların kum miktarları arazinin bakı yönüne göre incelendiğinde gölgeli bakıda ortalama kum yüzdesi farklı aralama gurupları arasında %37-38 aralığında seyrederken, güneşli bakıda bu oran farklı aralama gurupları arasında %57-64 aralığında olduğu belirlenmiştir (şekil 3.9).

Aralama şiddetine göre en yüksek ortalama kum miktarı sırasıyla mutedil>şiddetli>kontrol işleminde tespit edilmiştir. Ayrıca bakı ve aralama faktörlerinin ana etkisi ile AxB etkileşiminin kum değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.9).

Tablo 3.9 Kum (%) değişkenine ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları

İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	48,0±10,7 a	A	6,7**
	Mutedil	108	51,6±14 b		

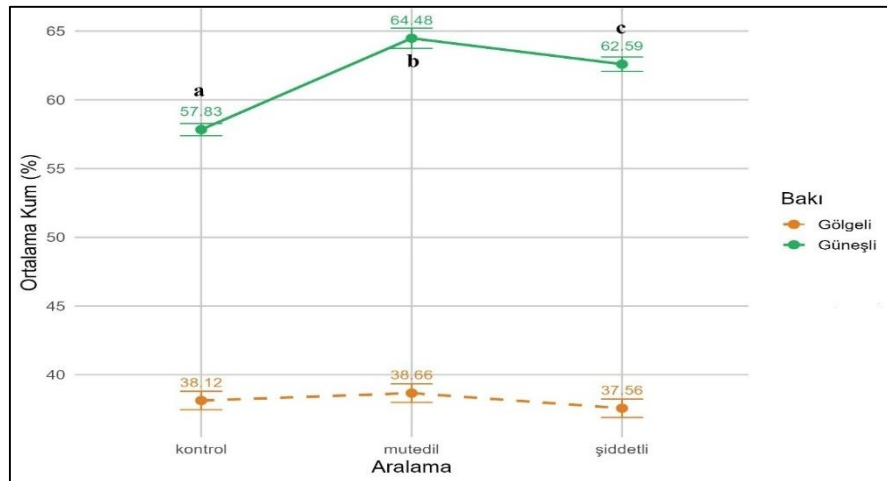
Tablo 3.9 devamı

	Şiddetli	108	50,1±13,3 ab	B	817,3***
Bakı	Gölgeli	162	38,1±4,9 a	AxB	5,7*
	Güneşli	162	61,6±5,1 b		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı; M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Şekil 3.9’da verilen AxB etkileşim grafiği incelendiğinde gölgeli bakıya sahip deneme alanlarında farklı aralama uygulamaları sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşmamıştır. Ancak güneşli bakıda kurulan deneme alanlarında aralama şiddetinin artması ile mutedil ve şiddetli arama gruplarındaki ortalama kum miktarı kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Nitekim güneşli bakıdaki aralama grupları kendi aralarında farklılaşmış ve kontrol işlemi (57.8%, a grubu), mutedil (64.5%, c grubu) ve şiddetli (62.6%, b grubu) aralama gruplarından istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

Deneme alanlarından alınan toprakların kil miktarları arazinin bakı yönüne göre incelendiğinde gölgeli bakıda ortalama kil miktarı farklı aralama grupları arasında %32-%35 aralığında değişirken güneşli bakıda ortalama kil miktarı %21-26 arasında değişim göstermiştir. Aralama şiddetine göre en yüksek ortalama kil miktarı sırasıyla kontrol>şiddetli>mutedil aralama grubunda tespit edilmiştir. Ayrıca bakı ve aralama faktörlerinin ana etkisi ile AxB etkileşiminin kil değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.10).



Şekil 3.9. Kum (%) miktarının aralama-bakı işlemlerine göre değişimi

Şekil 3.10’de verilen AxB etkileşim grafiği incelendiğinde her iki bakıda da benzer trendler gerçekleşmiştir. Nitekim mutedil aralama uygulamalarında ortalama kil miktarı

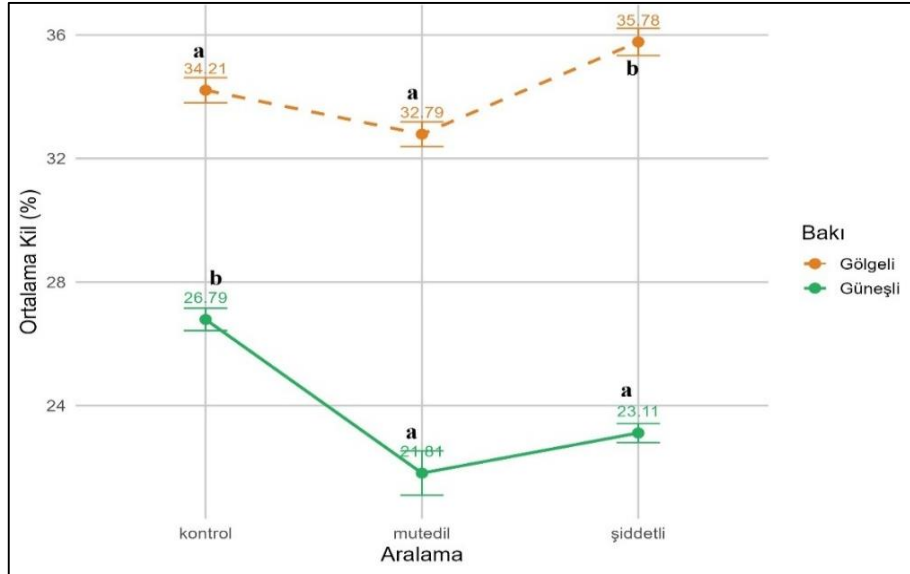
kontrol işlemine göre daha düşük bulunurken her iki bakıda kontrol işlemleri, mutedil ve şiddetli aralama gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede ayrılmıştır.

Tablo 3.10 Kil (%) değişkenine ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları

İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	30,5±4,7 b		
	Mutedil	108	27,3±7,0 a	A	7,3**
	Şiddetli	108	29,4±6,9 b	B	267***
Bakı	Gölgeli	162	34,3±3,3 b	AxB	5,6*
	Güneşli	162	23,9±4,2 a		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı; M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Deneme alanlarından alınan toprakların toz miktarları arazinin bakı yönüne göre incelendiğinde gölgeli bakıda ortalama toz miktarı farklı aralama grupları arasında %26-%28 arasında değişirken güneşli bakıda ortalama toz miktarı %13-%15 arasında değişim göstermiştir. Aralama şiddetine göre en yüksek ortalama toz miktarı sırasıyla kontrol>mutedil>şiddetli aralama grubunda tespit edilmiştir. Ayrıca bakı faktörünün ana etkisinin toz değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olmasına rağmen aralama ve aralama*bakı etkileşiminin toz değişkeni üzerinde anlamlı etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Tablo 3.11 ve Şekil 3.11).



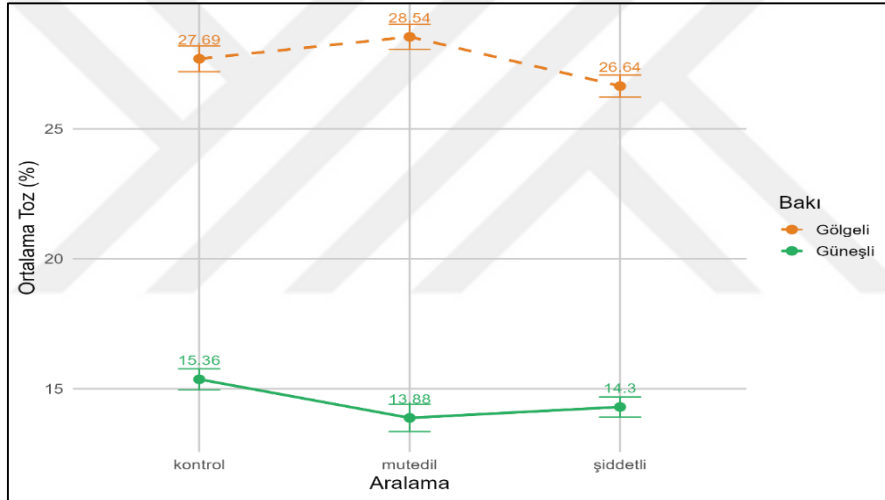
Şekil 3.10 Kil (%) miktarının aralama-bakı işlemlerine göre değişimi

Tablo 3.11 Toz (%) değişkenine ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları

İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	21,5±7,0		
	Mutedil	108	21,2±8,2	A	3,50
	Şiddetli	108	20,5±6,9	B	1394,5***
Bakı	Gölgeli	162	27,6±3,5 b	AxB	4,8*
	Güneşli	162	14,5±3,3 a		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı; M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Amerikan tekstür üçgeni baz alınarak gerçekleştirilen toprak tekstürü sınıflandırmasında, güneşli bakı ve gölgeli bakı arasında belirgin farklılıklar saptanmıştır. Güneşli bakıdaki toprakların kumlu killi balçık tekstür sınıfına girdiği belirlenirken, gölgeli bakıdan elde edilen örneklerin killi balçık grubunu oluşturduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.11 Toz (%) miktarının aralama-bakı işlemlerine göre değişimi

3.10 Hacim Ağırlığı

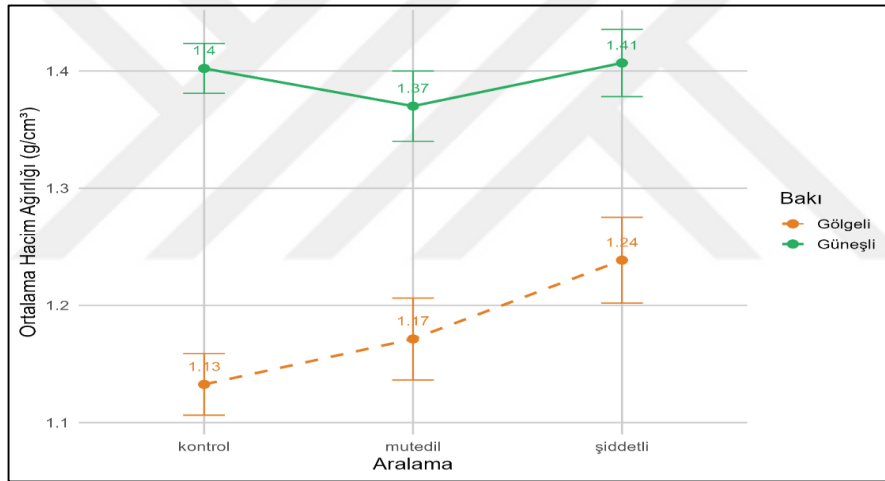
Deneme alanlarından alınan toprakların hacim ağırlıkları arazinin bakı yönüne göre incelendiğinde gölgeli bakıda ortalama hacim ağırlığı değerleri farklı aralama grupları arasında 1,13-1,24 g/cm³ aralığında seyrederken, güneşli bakıda 1,37-1,41 g/cm³ aralığında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.12).

Tablo 3.12. Hacim ağırlığı (g/cm^3) değişkenine ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları

İşlem	İşlem	n	Ortalama $\pm$ SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	1,25 $\pm$ 0,2 a		
	Mutedil	108	1,27 $\pm$ 0,3 ab	A	5,5*
	Şiddetli	108	1,32 $\pm$ 0,3 b	B	118,6***
Bakı	Gölgeli	162	1,18 $\pm$ 0,2 a	AxB	1,10
	Güneşli	162	1,38 $\pm$ 0,2 b		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı; M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Aralama şiddetine göre en yüksek ortalama hacim ağırlığı sırasıyla şiddetli>mutedil>kontrol işleminde tespit edilmiştir. Ayrıca bakı faktörünün ana etkisinin hacim ağırlığı değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olmasına rağmen aralama ve aralama*bakı etkileşiminin anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Hacim ağırlığının aralama-bakı işlemlerine göre değişimi

3.11 Toprak Reaksiyonu (pH)

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin toprağın kimyasal reaksiyonu (pH) üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.13'te sunulmuştur.

Yapılan analizler sonucunda, ortalama pH değerinin gölgeli bakıda 5,58 ve güneşli bakıda 5,73 olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte çalışma süresince en yüksek pH değeri kontrol işleminde tespit edilirken en düşük pH değeri mutedil aralama grubunda tespit

edilmekle birlikte bakı ana faktörü ile AxB etkileşiminin anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

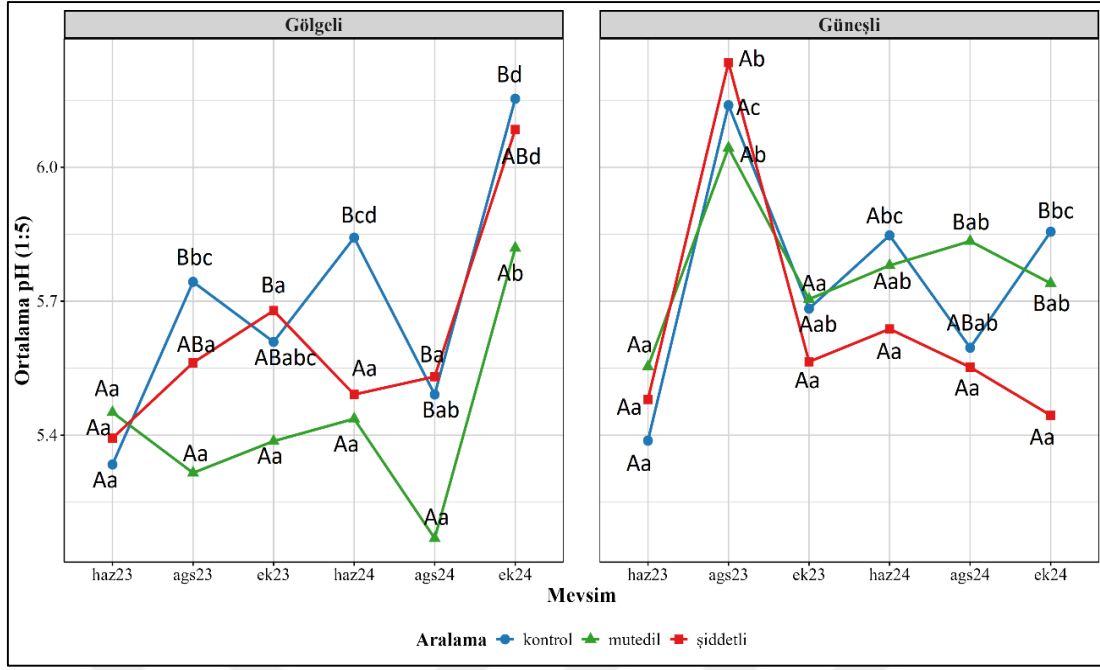
Tablo 3.13 Toprak reaksiyonu (pH) ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları

İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	5,72±0,4		
	Mutedil	108	5,60±0,3		
	Şiddetli	108	5,64±0,3	A	1,83
Bakı	Gölgeli	162	5,58±0,3 a	B	8,26**
	Güneşli	162	5,73±0,3 b	M	28,26***
Mevsim	Haziran-2023	54	5,43±0,2 a	AxB	4,4*
	Ağustos-2023	54	5,84±0,5 d	AxM	3,48***
	Ekim-2023	54	5,60±0,2 bc	BxM	23,22***
	Haziran-2024	54	5,67±0,3 c	AxBxM	2,41**
	Ağustos-2024	54	5,53±0,3 ab		
	Ekim-2024	54	5,85±0,3 d		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı, M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: p <0,05, **: p <0,01, ***: p <0,001. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Çalışma süresince en yüksek ortalama pH değeri Ekim-2024 (5.85) döneminde, en düşük ortalama pH değeri ise Haziran-2023 (5.43) döneminde ölçülmüştür. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, mevsim faktörünün ana etkisi ile AxM, BxM ve AxBxM etkileşimlerinin pH değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, pH değerindeki mevsimsel dalgalanmaların, uygulanan aralama şiddetine ve arazinin bakı koşullarına göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Şekil 3.13'te verilen mevsimsel değişim grafiği incelendiğinde gölgeli bakıda mevsimsel dalgalanmaların daha belirgin olduğu görülmüştür. Örneğin, Haziran-2023 döneminde tüm aralama gruplarında tespit edilen pH değerleri, çalışmanın son ölçüm dönemi olan Ekim 2024 dönemine gelindiğinde belirgin olarak yükselmiş ve bu değişim istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte gölgeli bakıda Haziran-2023 dönemi hariç olmak üzere örnekleme dönemlerinin tamamında aralama grupları arasında ortalama pH değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklar ortaya çıkmıştır. Çalışma süresince ortalama pH değeri mutedil aralama gurubunda diğer guruplara göre daha düşük bulunmuştur



Şekil 3.13 Toprak pH değişiminin mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

3.12 Toprak Organik Karbonu

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin toprağın organik madde içeriği ile karbon stoku üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları aşağıda sunulmuştur (Tablo 3.14).

Araştırma bulguları, toprak organik karbon stoklarının arazinin bakı yönü ve mevsimsel dönemler ile bu faktörlere ait etkileşimler (AxB hariç) tarafından anlamlı düzeyde etkilendiğini ortaya koymuştur. Toprak organik karbon stok miktarında aralamanın şiddeti arttıkça karbon stoklarında artan bir trend gözlemlenmiş ve stok değerleri 58,24-59,72 t/ha C arasında değişkenlik göstermiştir. Bakı yönünden yapılan analizlerde; gölgeli bakıların (79,54 t/ha C), güneşli bakılara (37,96 t/ha C) kıyasla toprakta daha fazla karbon stokladıkları tespit edilmiş ve genel ortalama yönünden sahada toprak bünyesinde ortalama 58,75 t/ha C stoklandığı sonucuna varılmıştır.

Ölü örtü karbon stoklarının mevsimsel değişim grafiği incelendiğinde (Şekil 3.14), her iki bakı yönünde de belirgin mevsimsel dalgalanmaların yaşandığı ve vejetasyon sonu örneklemelerinde stok değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı yükselişler gerçekleştiği

görülmektedir. Gölge bakıda, mevsimsel trendin vejetasyon dönemi sonlarında (Ekim) yükselme eğiliminde olduğu saptanmıştır. Özellikle mutedil aralama işlemi, karbon stoğu miktarı bakımından diğer deneme gruplarından istatistiksel olarak ayrılmış ve karbon stoklarının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmanın genelinde şiddetli aralama ve kontrol parsellerinde birbirine benzer stok değerleri tespit edilmiştir.

Tablo 3.14 Toprakta organik karbon içeriği (%) ve stoklarına (t/ha) ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları

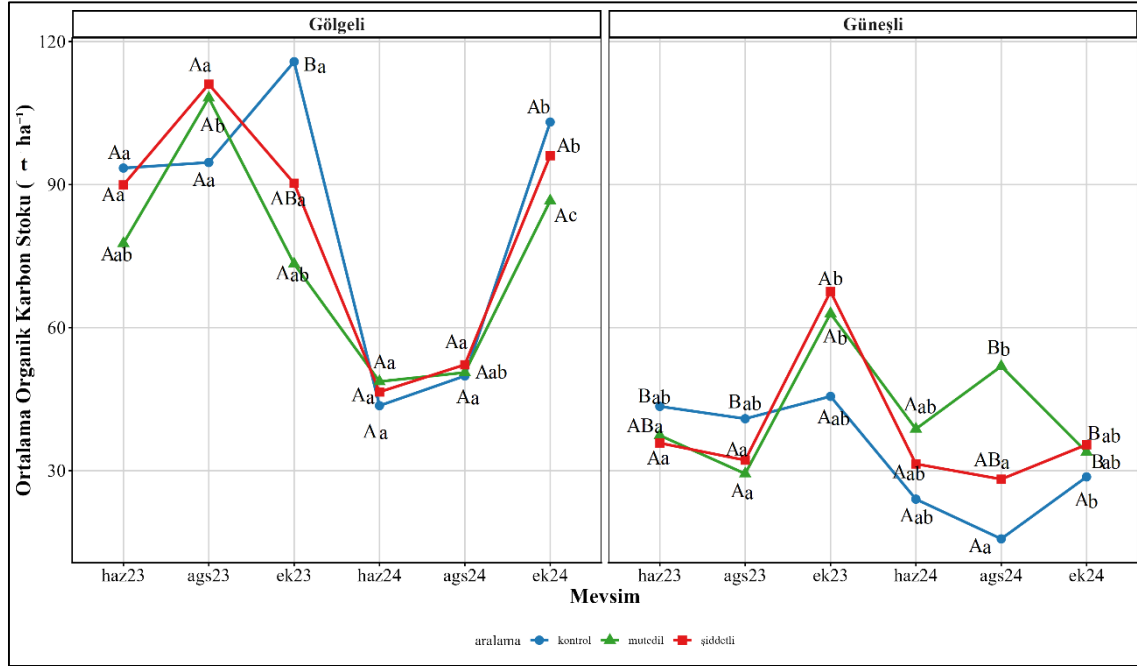
İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS (t/ha)	Ortalama±SS (%)	İşlem	F Testi (t/ha)	F Testi (%)
Aralama	Kontrol	108	58,24±39,00 a	3,78±1,89	A	0,77	2,98
	Mutedil	108	58,28±30,90 a	3,24±1,91			
	Şiddetli	108	59,72±35,28 a	3,54±2,35			
Bakı	Gölge	162	79,54±35,15 b	4,73±2,16	B	208,5***	111,2***
	Güneşli	162	37,96±19,18 a	2,32±0,98	M	32,55***	26,46***
Mevsim	Haziran-2023	54	62,96±29,17 b	2,88±1,13	AxB	3,13	0,95
	Ağustos-2023	54	69,39±46,18 b	3,16±1,71	AxM	2,59**	1,55
	Ekim-2023	54	75,92±32,55 c	3,65±1,56	BxM	10,6***	14,99***
	Haziran-2024	54	38,84±19,77 a	2,96±1,36	AxBxM	3,4***	3,45***
	Ağustos-2024	54	41,42±22,6 a	3,00±,41			
	Ekim-2024	54	63,97±37,38 b	5,48±3,23			

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı; M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: p <0,05, **: p <0,01, ***: p <0,001. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Güneşli bakıda, gölge bakıdaki mevsimsel döngüye benzer şekilde vejetasyon dönemi sonlarında taze ölü örtünün de etkisiyle karbon stok değerlerinde anlamlı artışlar belirlenmiştir. Ancak gölge bakıdaki ekolojik süreçlerin aksine, güneşli bakı grubunda çalışmanın ilk örneklem dönemlerinde en düşük karbon stok değerleri kontrol işlemine ait deneme parsellerinde kaydedilmiştir. Çalışma süreci sonunda mutedil aralamanın karbon stoğu üzerindeki etkisi şiddetli aralama ile benzer bir seviyeye ulaşırken, kontrol parsellerindeki stok değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüşler meydana geldiği ve kontrol grubunun genel olarak aralama gruplarıyla benzer veya daha düşük bir trend sergilediği gözlemlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda toprak organik karbon içeriğinin (%), gölge bakıda %4,96 ve güneşli bakıda %2,34 olduğu tespit edilmekle birlikte bu farklılık istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte çalışma süresince en yüksek organik karbon miktarı kontrol işleminde tespit edilirken en düşük organik karbon miktarı mutedil

aralama grubunda tespit edilmiştir. Ayrıca AxB etkileşimi ile aralama işleminin organik karbon değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 3.14 Toprakta organik karbon stoklarına ilişkin mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Çalışma süresince en yüksek ortalama organik karbon miktarı Ekim-2024 tespit edilirken en düşük ortalama organik karbon miktarı Haziran-2023 döneminde tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, mevsim faktörünün ana etkisi ile BxM ve AxBxM etkileşimlerinin toprakta organik karbon içeriği (%) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, organik karbon içeriğinde gerçekleşen mevsimsel trendlerin, uygulanan aralama şiddetine ve arazinin bakı koşullarına göre farklılık gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

3.13 Toprakta Toplam Azot

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin toprağın organik madde içeriği ile karbon stoku değerleri üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.15’te sunulmuştur.

Araştırma bulguları, toprak toplam azot stoklarının aralama işleminin ana etkisi hariç olmak üzere bakı yönü ve mevsimsel dönemler ile bu faktörlere ait etkileşimler (AxB hariç) tarafından anlamlı düzeyde etkilendiğini ortaya koymuştur. Toplam azot stok

miktarında aralamanın şiddeti arttıkça azot stoklarında artan bir trend gözlemlenmiş ve stok değerleri 2,30-2,60 t/ha N arasında değişkenlik göstermiştir. Bakı yönünden yapılan analizlerde; gölgeli bakıların (3,67 t/ha N), güneşli bakılara (1,16 t/ha N) kıyasla toprakta daha fazla karbon stokladıkları tespit edilmiş ve genel ortalama yönünden sahada toprak bünyesinde ortalama 2,42 t/ha N stoklandığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.15 Toprakta toplam azot içeriği (%) ve stoklarına (t/ha) ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları

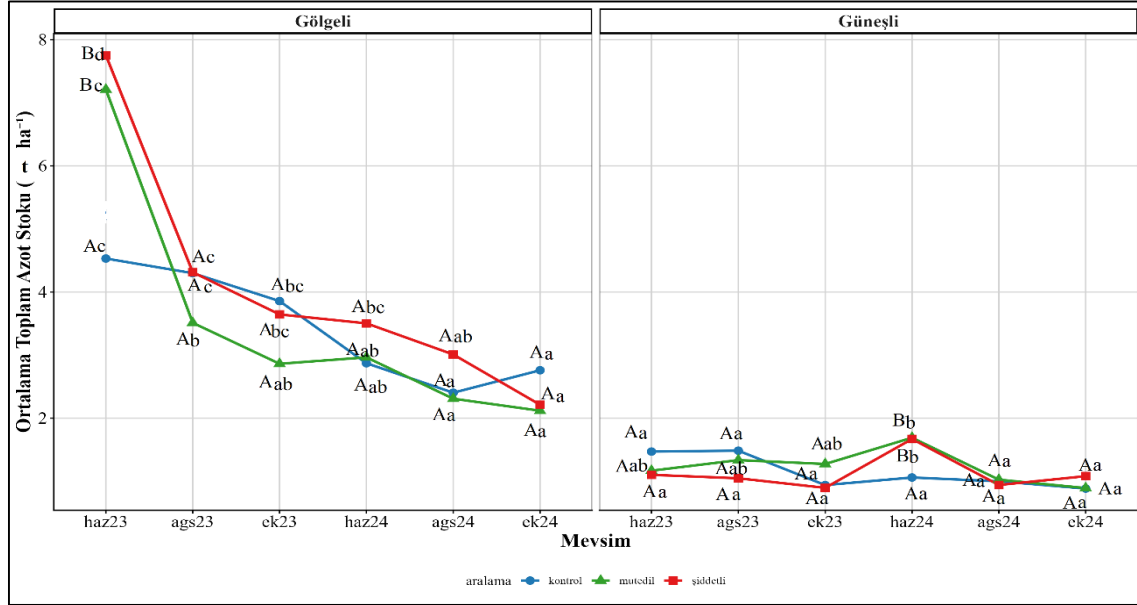
İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS (t/ha)	Ortalama±SS (%)	İşlem	F Testi (t/ha)	F Testi (%)
Aralama	Kontrol	108	2,30±1,50	0,15±0,07 b			
	Mutedil	108	2,36±1,79	0,13±0,08 a			
	Şiddetli	108	2,60±2,05	0,15±0,1 b	A	1,16	5,63*
Bakı	Gölgeli	162	3,67±1,76 b	0,21±0,07 b	B	626,42***	376,09***
	Güneşli	162	1,16±0,44 a	0,08±0,03 a	M	42,87***	45,46***
Mevsim	Haziran-2023	54	3,87±2,94 c	0,17±0,13 d	AxB	2,92	7,19**
	Ağustos-2023	54	2,66±1,67 b	0,12±0,07 b	AxM	2,47**	8,03***
	Ekim-2023	54	2,24±1,4 b	0,11±0,07 a	BxM	26,43***	25,29***
	Haziran-2024	54	2,29±1,08 b	0,17±0,07 d	AxBxM	4,59***	9,13***
	Ağustos-2024	54	1,78±0,97	0,14±0,06 c			
	Ekim-2024	54	1,66±0,94	0,14±0,07 c			

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı; M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: p <0,05, **: p <0,01, ***: p <0,001. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Mevsimsel değişim grafiği incelendiğinde (Şekil 3.15), bakı yönleri arasında azot birikimi ve dinamikleri açısından keskin bir farklılaşma olduğu görülmektedir. Gölgeli bakıdaki azot stoklarının başlangıç seviyelerinin güneşli bakıya oranla yaklaşık dört kat daha yüksek olduğu, ancak zamanla bu değerlerin tüm aralama gruplarında azalma eğilimi gösterdiği saptanmıştır.

Gölgeli bakıda, çalışmanın ilk ölçüm dönemi olan Haziran-2023 periyodunda en yüksek toplam azot stok değerleri mutedil ve şiddetli aralama işlemlerinde tespit edilmiştir. Bu dönemde söz konusu gruplar kontrol işleminde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ayrılmıştır. İzleyen örnekleme dönemlerinde tüm işlem gruplarında azot stoklarında kademeli ve istatistiksel olarak anlamlı bir azalma meydana gelmiş çalışmanın son dönemi olan Ekim-2024'e gelindiğinde tüm aralama seviyeleri başlangıca göre belirgin şekilde düşük ve birbirine yakın seviyelerde dengelenmiştir. Bu durum, gölgeli bakıdaki

azot stoklarının müdahale yoğunluğundan ziyade zamansal bir azalma trendine girdiğine işaret etmektedir.



Şekil 3.15 Toprakta toplam azot stoklarına ilişkin mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Güneşli bakıda yaşanan değişimler incelendiğinde, toplam azot stoklarının gölge bakıdaki dinamiklerin aksine oldukça düşük ve durağan bir seyir izlediği görülmektedir. Çalışma süresince azot stok değerleri genel olarak 1-2 t/ha N bandında kalmış, aralama işlemleri ve mevsimsel geçişlerin azot miktarı üzerinde geniş çaplı bir etkisi gözlemlenmemiştir. Sadece Haziran-2024 döneminde şiddetli ve mutedil aralama işlemlerinde kontrol işlemine oranla hafif bir yükseliş kaydedilmiş olsa da çalışma sonunda (Ekim-2024) tüm deneme gruplarının istatistiksel olarak benzer ve düşük değerlerde sonuçlandığı belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda gölge bakıda toprakta toplam azot içeriğinin % 0,21 olduğu belirlenirken güneşli bakıda toplam azot içeriğinin %0,08 olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte çalışma süresince en yüksek ortalama toplam azot içeriğinin kontrol ve şiddetli aralama gruplarında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca aralama ve bakı ana faktörleri ile AxB etkileşiminin toplam azot içeriği üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma süresince en yüksek ortalama toplam azot içeriği vejetasyon döneminin başlangıcında tespit edilirken en düşük toplam azot içeriği Ekim-2023 döneminde tespit

edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, mevsim faktörünün ana etkisi ile mevsime bağlı tüm etkileşimlerin toplam azot içeriği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, toprakta toplam azot içeriğinde gerçekleşen mevsimsel değişimlerin, aralama müdahalesinin şiddetine ve arazinin bakı koşullarına göre farklılık gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

3.14 Toprakta C/N

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin toprağın C/N oranı üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.16’da sunulmuştur.

Yapılan analizler sonucunda bakı işlemi ile bakı x mevsim etkileşiminin C/N oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu durum C/N oranının aralama işlemlerine farklı bakı konumlarında farklı tepkiler verdiğini işaret etmiştir. Gölge bakıda C/N oranı güneşli bakıya göre %35 daha düşük bulunmakla beraber aralama işleminde kontrol<şiddetli<mutedil aralama trendi gerçekleşmiştir.

Tablo 3.16 Toprak C/N oranına ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları

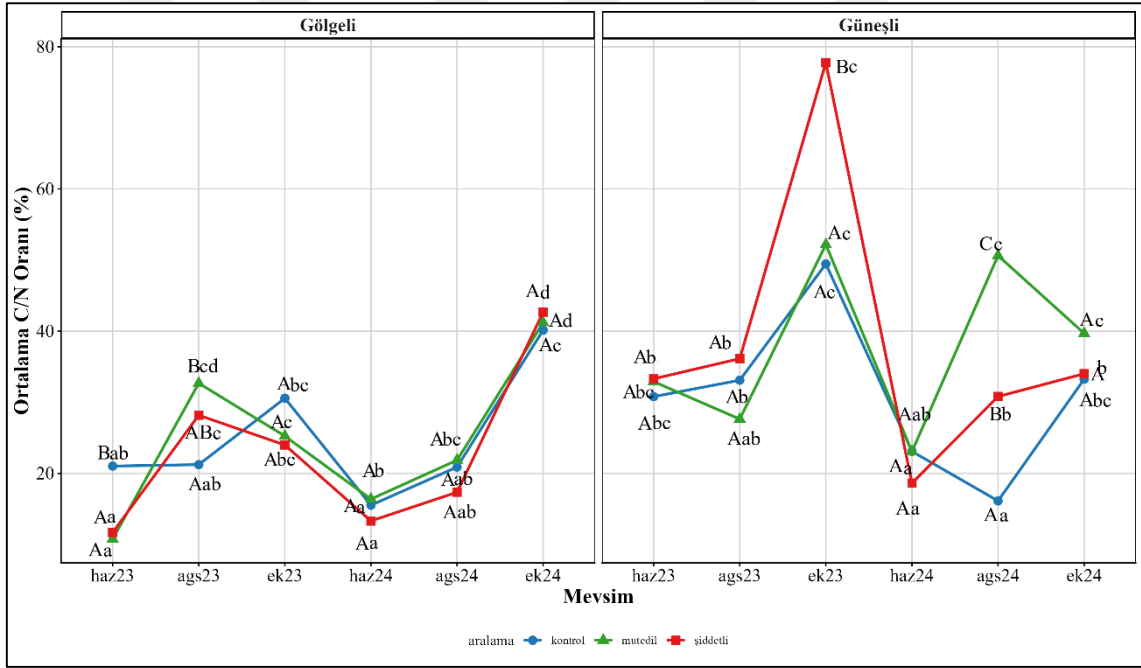
İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	27,93±13,01		
	Mutedil	108	31,19±16,66		
	Şiddetli	108	30,65±19,72	A	0,99
Bakı	Gölge	162	24,15±11,72 a	B	105,15***
	Güneşli	162	35,7±18,84 b	M	54,3***
Mevsim	Haziran-2023	54	23,41±10,69 b	AxB	6,46**
	Ağustos-2023	54	29,83±15,32 c	AxM	4,72***
	Ekim-2023	54	43,2±22,33 d	BxM	19,64***
	Haziran-2024	54	18,33±9,32 a	AxBxM	5,3***
	Ağustos-2024	54	26,28±14,17 bc		
	Ekim-2024	54	38,5±10,78 d		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı, M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: p <0,05, **: p <0,01, ***: p <0,001. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Yapılan çalışmada mevsim işlemi ve bu işleme bağlı tüm etkileşimlerin C/N değişkeni üzerinde etkisi anlamlı bulunmuştur. Ayrıca çalışma boyunca en yüksek C/N oranı Ekim-

2023 döneminde ve en düşük Haziran-2024 döneminde tespit edilmekle birlikte çalışmanın ikinci yılında yapılan örneklemelerde birinci yıla göre anlamlı düşüşlerin olduğu belirlenmiştir.

Şekil 3.16 incelendiğinde farklı örneklem dönemlerinde gölgeli bakının, güneşli bakıya göre daha düşük C/N oranlarına sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca gölgeli bakıda çalışmanın ilk örneklem döneminde aralama işlemleri arasında anlamlı farklar oluşmuş ve kontrol işlemi diğer aralama gruplarından ayrılmıştır. Çalışmanın ilerleyen dönemlerinde şiddetli aralama genel olarak daha düşük bir C/N trendi oluşturmasına rağmen aralama işleminin etkisi etkisini yitirtmiştir. Bu durumun yanı sıra gölgeli bakıda yaz dönemleri ve vejetasyon periyodunun son dönemlerinde aralama işlemleri özelinde anlamlı artışlar meydana gelmiştir. Dolayısı ile vejetasyon döneminin ilk safhaları ayrışma için daha uygun şartlar sağladığı belirlenmiştir.



Şekil 3.16 Toprak C/N oranlarına ilişkin mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Güneşli bakının aralama işlemlerine tepkisi daha keskin ve dinamik bir şekilde gerçekleşmiştir. Çalışmanın ilk yılında yapılan örneklemelerde şiddetli aralama işlemi en yüksek C/N oranının olduğu işlem grubu olduğu belirlenmiştir. Nitekim Ekim-2023 döneminde bu durum istatistiksel olarak da anlamlı hale gelmiştir. Çalışmanın ikinci yılında ise mutedil aralama işleminde C/N oranları yönünden en yüksek ortalamaların tespit edildiği işlem grubu olmuştur.

3.15 Toprakta Mikrobiyal Biyokütle Karbon

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin topraktaki mikrobiyal biyokütle karbon (T_{MBC}) içeriği üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.17’de sunulmuştur.

Tablo 3.17 T_{MBC} ($\mu\text{g g}^{-1} \text{C}$) değişkenine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları

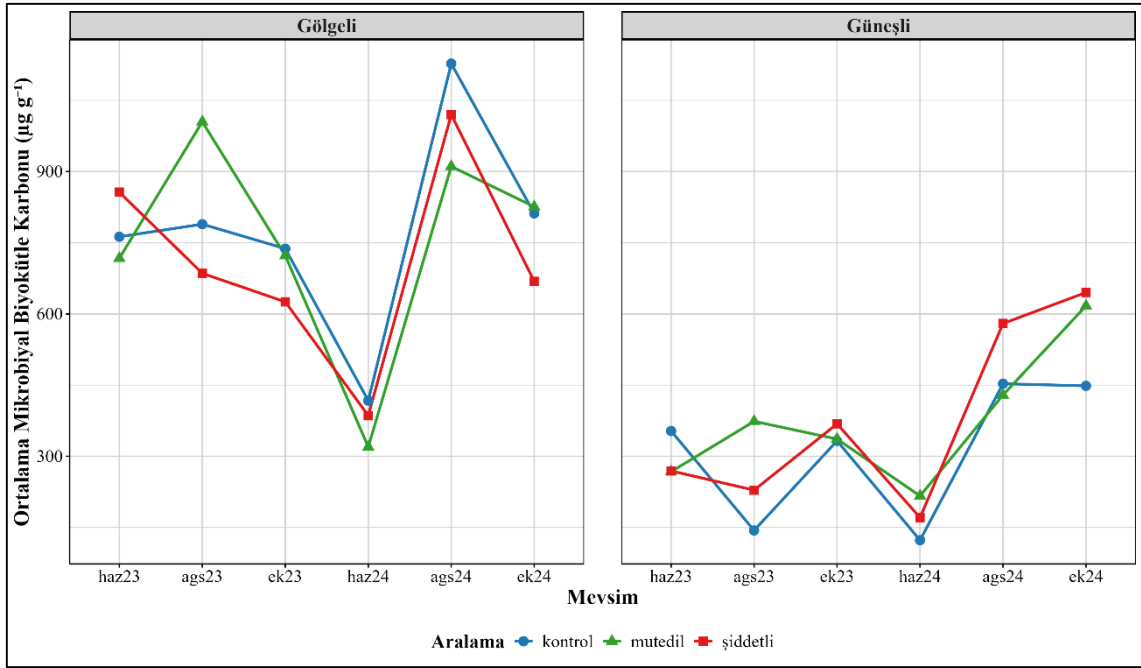
İşlem	İşlem	n	Ortalama $\pm$ SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	541,7 $\pm$ 330		
	Mutedil	108	561,9 $\pm$ 295,9		
	Şiddetli	108	542,0 $\pm$ 306	A	0,33
Bakı	Gölgeli	162	743,9 $\pm$ 272,3 b	B	198,2***
	Güneşli	162	353,2 $\pm$ 205,1 a	M	59,0***
Mevsim	Haziran-2023	54	537,8 $\pm$ 288 b	AxB	1,90
	Ağustos-2023	54	537,7 $\pm$ 369,8 b	AxM	3,3***
	Ekim-2023	54	520,6 $\pm$ 241,2 b	BxM	12,0***
	Haziran-2024	54	272,3 $\pm$ 186,9 a	AxBxM	1,79
	Ağustos-2024	54	753,4 $\pm$ 319,6 c		
	Ekim-2024	54	669,5 $\pm$ 186,7 c		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı; M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Yapılan analizler sonucunda ortalama T_{MBC} miktarının gölgeli bakıda 743,9 ($\mu\text{g g}^{-1}$) ve güneşli bakıda 353,2 ($\mu\text{g g}^{-1}$) olduğu tespit edilmiş ve bu belirgin farklılık istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur. Çalışma süresince en yüksek ortalama T_{MBC} miktarı mutedil aralama gurubunda belirlenirken en düşük ortalama T_{MBC} miktarı çok az bir farkla kontrol işleminde tespit edilmiştir. Ayrıca varyans analizi sonuçlarına göre aralama faktörünün ana etkisi ile AxB etkileşiminin T_{MBC} değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma süresince en yüksek ortalama mikrobiyal biyokütle karbon miktarı Ağustos-2024 döneminde tespit edilirken en düşük ortalama T_{MBC} miktarı Ağustos-2023 döneminde tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda mevsim faktörünün ana etkisi ile AxM, BxM etkileşimlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilirken AxBxM etkileşiminin mikrobiyal biyokütle karbon miktarı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Şekil 3.17’de yer alan mevsimsel değişim grafiği özellikle bakı, aralama ve mevsim arasındaki karmaşık ilişkileri ortaya koymaktadır. Bakı*mevsim etkileşimi incelendiğinde gölgeli bakıdaki T-MBC değerleri genel olarak daha yüksek seyredirken mevsimsel değişimler her iki bakı türünde de belirgindir. Örneğin, gölgeli bakıda T-MBC miktarı, Haziran 2024’de tüm aralama gruplarında düşüş gösterirken, Ağustos 2024’de belirgin bir artış gerçekleştirmiştir. Benzer şekilde, AxM etkileşiminde özellikle Ağustos 2023 ve Ağustos 2024 dönemlerinde aralama şiddetlerine göre farklı tepkiler tespit edilmiştir.



Şekil 3.17 T-MBC değişkenine ait mevsimsel değişim grafiği. Üçlü etkileşim anlamlı bulunmadığı için harflendirme yapılmamıştır. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

3.16 Toprakta Mikrobiyal Biyokütle Azot

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin topraktaki mikrobiyal biyokütle azot (T-MBN) içeriği üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.18’te sunulmuştur.

Tablo 3.18 T-MBN ($\mu\text{g g}^{-1}\text{ N}$) değişkenine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları

İşlem	İşlem	n	Ortalama $\pm$ SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	84,9 $\pm$ 51,3		
	Mutedil	108	74,2 $\pm$ 50,6		
	şiddetli	108	81,1 $\pm$ 58,4	A	3,46
Bakı	Gölgeli	162	107,2 $\pm$ 59,8 b	B	169,8***
	Güneşli	162	52,9 $\pm$ 26,4 a	M	62,8***
Mevsim	Haziran-2023	54	91,7 $\pm$ 61,1 c	AxB	0,91
	Ağustos-2023	54	65,6 $\pm$ 22,4 b	AxM	3,0***
	Ekim-2023	54	50,5 $\pm$ 37,2 a	BxM	33,1***
	Haziran-2024	54	53,4 $\pm$ 20,8 a	AxBxM	3,3***
	Ağustos-2024	54	86,4 $\pm$ 35,6 c		
	Ekim-2024	54	132,8 $\pm$ 73,1 d		

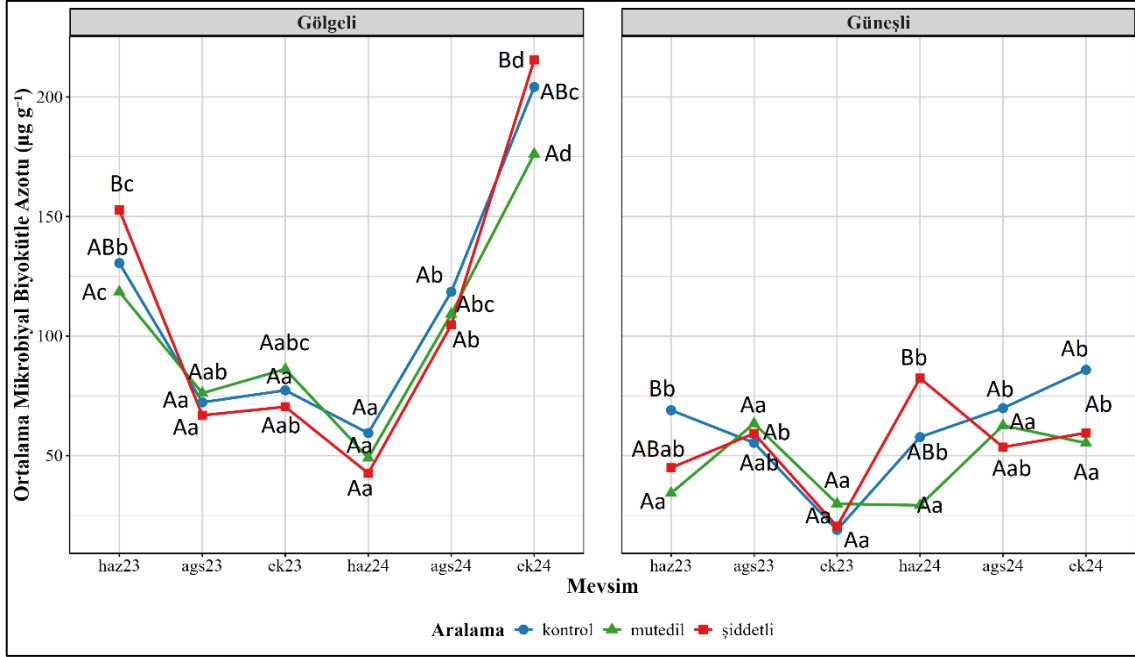
n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı; M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Yapılan analizler sonucunda gölgeli bakıda ortalama T-MBN miktarının 107,2 ($\mu\text{g g}^{-1}$) olduğu belirlenirken güneşli bakıda bu değerin 52,9 ($\mu\text{g g}^{-1}$) olduğu tespit edilmiştir. Nitekim bu belirgin farklılığın istatistiksel olarak da anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgunun yanı sıra çalışma süresince en yüksek ortalama T-MBN miktarı kontrol işlemlerine ait deneme alanlarında tespit edilmiş ve aralama faktörünün ana etkisi ile AxB etkileşiminin mikrobiyal biyokütle azot değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Çalışma süresince en yüksek ortalama mikrobiyal biyokütle azot miktarı Ekim-2024 döneminde tespit edilirken en düşük miktar Haziran-2023 döneminde tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda mevsim faktörünün ana etkisi ile işlemlerin tüm etkileşim kombinasyonlarının mikrobiyal biyokütle azot miktarı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

şekil 3.18’de verilen mevsimsel değişim grafiği incelendiğinde, gölgeli bakıda kurulan deneme alanlarında T-MBN miktarında keskin düşüşler ve yükselişler meydana gelirken, güneşli bakıda ortalama T-MBN miktarı mevsimsel olarak daha dalgalı bir seyir izlemiştir. Gölgeli bakıda Haziran-2023 örnekleme döneminde, en yüksek T-MBN miktarı şiddetli aralama grubunda tespit edilmekle birlikte Haziran-2023 döneminde şiddetli aralama grubu diğer guruplardan ayrışmıştır. Son örnekleme dönemine kadar aralama grupları arasında ortalama T-MBN miktarları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit

edilmemiş; ancak Ekim 2024'te yapılan örneklemelerde şiddetli aralama grubu tekrar diğer aralama gruplarından ayrılmıştır.



Şekil 3.18 T-MBN değişkenine ait mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

3.17 Toprakta Mikrobiyal Katsayı (qMic)

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin topraktaki mikrobiyal katsayı (qMic) üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.19’da sunulmuştur.

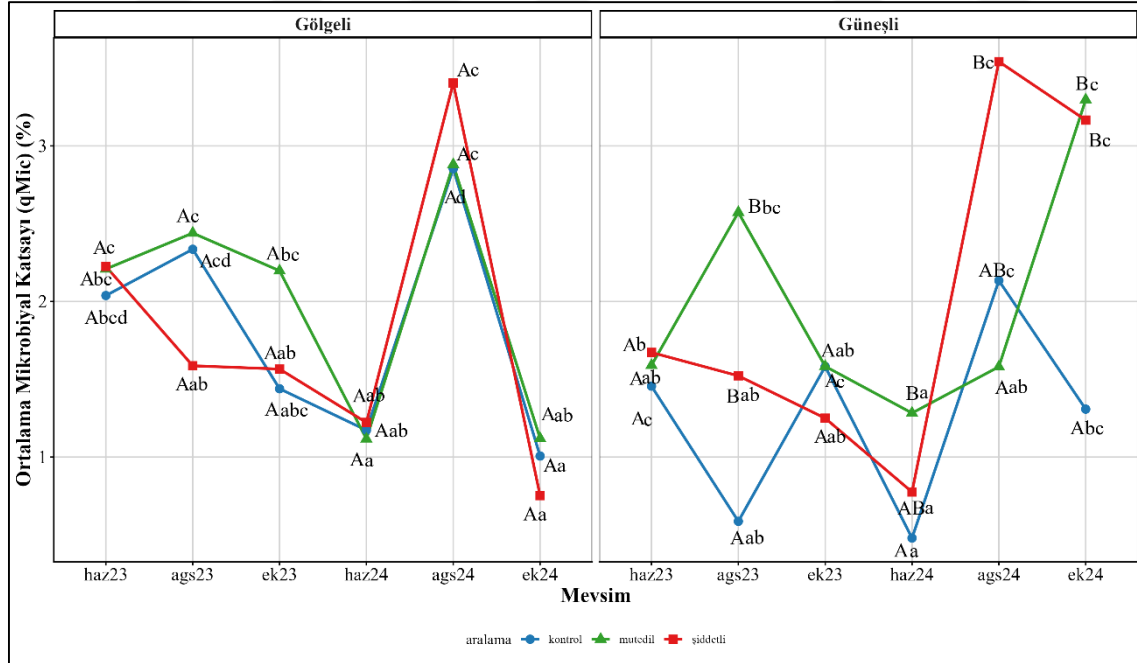
Yapılan analizler sonucunda aralama ve bakı işlemlerinin ana etkisi ve bu işlemlerin etkileşiminin mikrobiyal katsayı değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Bu işlemlere yönelik olarak istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşmasa da gölgeli bakıda mikrobiyal katsayının daha yüksek olduğu ve ayrıca aralama işlemlerinin kontrol işlemine göre daha yüksek mikrobiyal katsayı ortalamasına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.19 Toprakta mikrobiyal katsayılara (%) ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları.

İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	1,53±0,92		
	Mutedil	108	1,99±1,11		
	Şiddetli	108	1,89±1,31	A	3,23
Bakı	Gölgeli	162	1,86±1,08	B	1,96
	Güneşli	162	1,74±1,20	M	28,16***
Mevsim	Haziran-2023	54	1,86±0,81 b	AxB	2,26
	Ağustos-2023	54	1,84±1,2 b	AxM	3,28***
	Ekim-2023	54	1,6±0,89 b	BxM	15,21***
	Haziran-2024	54	1,01±0,69 a	AxBxM	3,43***
	Ağustos-2024	54	2,73±1,17 c		
	Ekim-2024	54	1,77±1,26 b		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı; M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: p < 0,05, **: p < 0,01, ***: p < 0,001. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Aralama ve bakı işlemlerinin aksine mevsim ve mevsime bağlı etkileşimler mikrobiyal katsayı oranı üzerinde anlamlı etkisi olan işlemler olduğu belirlenmiştir. Çalışma süresince en düşük mikrobiyal katsayı Haziran-2024 döneminde en yüksek metabolik katsayı Ağustos-2024 döneminde gerçekleşmiştir.



Şekil 3.19 Toprakta mikrobiyal katsayıların (qMic) mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Gölgeli bakıda çalışma süresince en yüksek metabolik katsayılar şiddetli ve mutedil aralama işlemlerinde tespit edilmiştir. Ancak bu bakı grubunda hiçbir örnekleme döneminde aralama işlemleri arasında anlamlı farklar oluşmamıştır. Bununla birlikte yaz dönemlerinde mikrobiyal katsayıda anlamlı artışların gerçekleştiği ancak vejetasyon dönemi sonlarında mikrobiyal katsayı oranında düşüşler olduğu belirlenmiştir.

Güneşli bakıda mikrobiyal katsayının tepkisi gölgeli bakıya göre daha dinamik olduğu belirlenmiştir. Nitekim özellikle yaz dönemi örneklemelerinde aralama işlemleri arasında anlamlı farklar tespit edilmekle birlikte çalışma süresince kontrol işlemi genel olarak aralama işlemlerine göre daha düşük bir seyir izlemiştir (Şekil 3.19).

3.18 Toprak Nemi

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin deneme alanlarındaki toprak nemi üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.20’de sunulmuştur.

Tablo 3.20 Toprak nemi (%) değişkenine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları

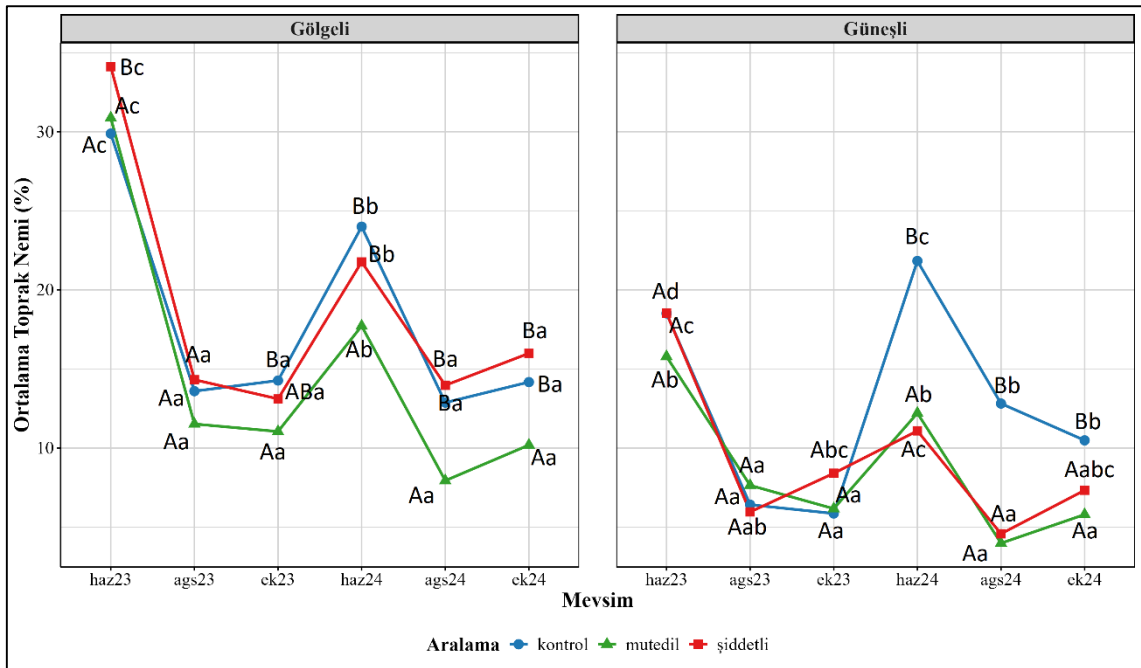
İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	15,39±7,4 c		
	Mutedil	108	11,73±7,3 a		
	Şiddetli	108	14,09±8,3 b	A	25,4***
Bakı	Gölgeli	162	17,29±8 b	B	257,4***
	Güneşli	162	10,18±5,7 a	M	253,1***
Mevsim	Haziran-2023	54	24,62±8 d	AxB	7,8**
	Ağustos-2023	54	9,9±4,6 ab	AxM	10,4***
	Ekim-2023	54	9,8±3,7 ab	BxM	4,9***
	Haziran-2024	54	18,1±5,9 c	AxBxM	6,3***
	Ağustos-2024	54	9,35±4,4 a		
	Ekim-2024	54	10,66±4,6 b		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı, M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: p <0,05, **: p <0,01, ***: p <0,001. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Yapılan analizler sonucunda gölgeli bakıda ortalama toprak neminin %17,3 olduğu belirlenirken güneşli bakıda bu değerin %10,2 olduğu tespit edilmiştir. Nitekim arazinin bakı yönüne bağlı olarak oluşan bu farklılığın istatistiksel olarak da anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgunun yanı sıra çalışma süresince en yüksek ortalama toprak nemi

kontrol işlemlerine ait deneme alanlarında tespit edilmiş ve aralama ana faktörünün toprak nemi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca AxB etkileşiminin toprak nemi değişkeni üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma süresince en yüksek ortalama toprak nemi Haziran-2023 döneminde tespit edilirken en düşük toprak nemi Ağustos-2024 döneminde tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda mevsim faktörünün ana etkisi ile tüm etkileşim kombinasyonlarının toprak nemi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.20 Toprak neminin mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Şekil 3.20 incelendiğinde her iki bakı grubunda da mevsimselliğin etkisi belirgin şekilde görülmektedir. Özellikle yaz dönemlerinde (Ağustos 2023 ve Ağustos 2024) toprak neminde keskin düşüşler gözlemlenmiştir. Yaz dönemlerindeki bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve her iki bakıda da yaz dönemlerinde ölçülen ortalama toprak nemi değerleri istatistiksel olarak diğer ölçüm dönemlerinden farklılaşmıştır. Ortalama toprak nemindeki düşüş eğilimleri, vejetasyon dönemi başlangıçlarında yükselmiştir. Nitekim, her iki bakıda da Haziran 2023 ve Haziran 2024 dönemlerinde ölçülen ortalama

toprak nemi değerleri, tüm aralama grupları içinde diğer ölçüm dönemlerinden ayrılarak istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Aralama uygulamasının etkisi, gölgeli bakıda ilk ölçüm döneminden itibaren aralama grupları arasında görölmeye başlanmıştır. Ağustos 2023 dönemi hariç olmak üzere, tüm ölçüm dönemlerinde aralama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşmuştur. Çalışma süresince, şiddetli aralama ve kontrol grubu genellikle aynı grupta yer alırken, mutedil aralama grubu bu iki gruptan ayrılmıştır.

Güneşli bakıda ise aralama grupları arasındaki anlamlı farklar, Haziran 2024 dönemi ile görölmeye başlanmıştır. Bu periyotta en yüksek ortalama toprak nemi kontrol işleminde tespit edilmiştir. Haziran-Ekim 2024 dönemi boyunca, kontrol grubu ortalama toprak nemi bakımından mutedil ve şiddetli aralama gruplarından istatistiksel olarak ayrılmıştır

3.19 Toprak Sıcaklığı

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin deneme alanlarındaki toprak sıcaklığı üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.21’de sunulmuştur.

Tablo 3.21 Toprak sıcaklığı (°C) değişkenine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları

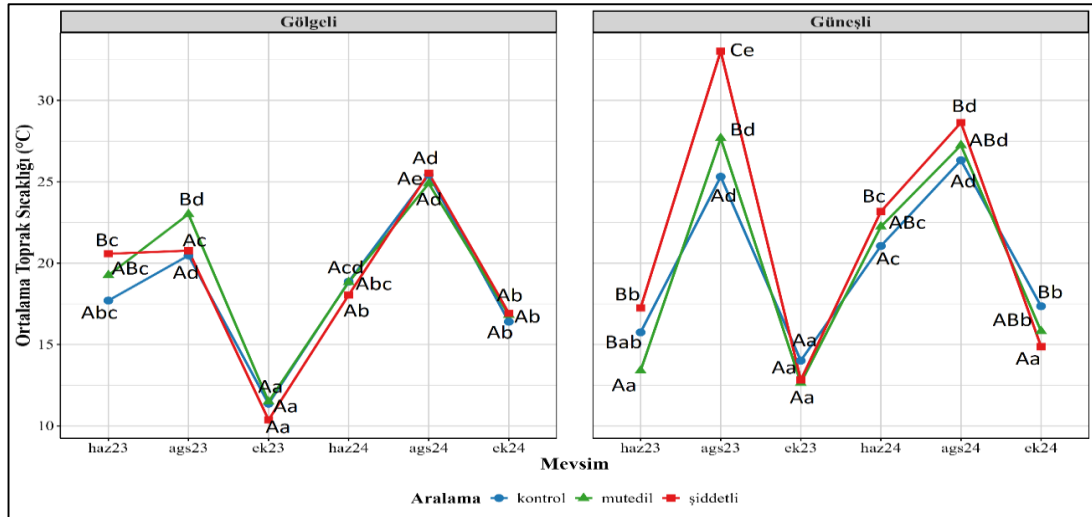
İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	19,2±4,7		
	Mutedil	108	19,4±5,8		
	Şiddetli	108	20,2±6,4	A	4,8*
Bakı	Gölgeli	162	18,7±4,6	B	36,3***
	Güneşli	162	20,5±6,5	M	1264,9***
Mevsim	Haziran-2023	54	17,3±3,9	AxB	3,7*
	Ağustos-2023	54	25,0±4,6	AxM	20,7***
	Ekim-2023	54	12,1±1,6	BxM	178,3***
	Haziran-2024	54	20,4±2,2	AxBxM	24,8***
	Ağustos-2024	54	26,3±1,5		
	Ekim-2024	54	16,4±1,4		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı, M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: p <0,05, **: p <0,01, ***: p <0,001. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Yapılan analizler sonucunda gölgeli bakıda ortalama toprak sıcaklığının 18,7 °C olduğu belirlenirken güneşli bakıda bu değerin 20,5 °C olduğu tespit edilmiştir. Nitekim arazinin bakı yönüne bağlı olarak oluşan bu farklılığın istatistiksel olarak da anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgunun yanı sıra çalışma süresince en yüksek ortalama toprak sıcaklığı şiddetli aralama grubunda tespit edilmiş ve aralama ana faktörü ile aralama*bakı etkileşiminin toprak nemi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çalışma süresince en yüksek ortalama toprak sıcaklığı Ağustos-2023 döneminde tespit edilirken en düşük ortalama toprak sıcaklığı değeri Ekim-2023 döneminde ölçülmüştür. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda mevsim faktörünün ana etkisi ile tüm etkileşim kombinasyonlarının toprak sıcaklığı değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.21 incelendiğinde, her iki bakı grubunda mevsimselliğin etkisi belirgin şekilde görülmektedir. Özellikle yaz dönemlerinde (Ağustos 2023 ve Ağustos 2024) toprak sıcaklığında keskin artışlar gözlemlenmiştir. Yaz dönemlerindeki bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve her iki bakıda yaz dönemlerinde ölçülen ortalama toprak sıcaklığı değerleri istatistiksel olarak diğer ölçüm dönemlerinden farklılaşmıştır. Bu bulguya ek olarak ortalama toprak sıcaklığındaki artış eğilimleri, vejetasyon dönemi bitişinde diğer ölçüm dönemlerine göre daha düşük bulunmuştur.



Şekil 3.21 Toprak sıcaklığının mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Nitekim, her iki bakıda Ekim 2023 ve Ekim 2024 dönemlerinde ölçülen ortalama toprak sıcaklığı değerleri, tüm aralama grupları içinde diğer ölçüm dönemlerinden ayrılarak istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Gölgeli bakıda ilk iki ölçüm döneminde aralama grupları arasında istatistiksel olarak farklar oluşmuş ancak ilerleyen dönemlerde aralamanın ortalama toprak sıcaklığı üzerindeki etkisi kaybolmuştur. Güneşli bakıda aralama uygulamalarının etkisi ilk ölçüm döneminden itibaren daha belirgin bir şekilde görülmeye başlamış ve Ekim-2023 dönemi hariç tüm ölçüm dönemlerinde aralama uygulamalarının ortalama toprak sıcaklık değerleri farklı gruplarda yer almıştır. Ayrıca son ölçüm dönemi hariç olmak üzere şiddetli aralama en yüksek ortalama toprak sıcaklığının ölçüldüğü grup olmuştur.

3.20 Toprakta Bazal (Mikrobiyal) Solunum

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin topraktaki bazal solunum üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.22’de sunulmuştur.

Tablo 3.22 Toprakta bazal solunuma ($\mu\text{g CO}_2\text{-C g/saat}$) ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları

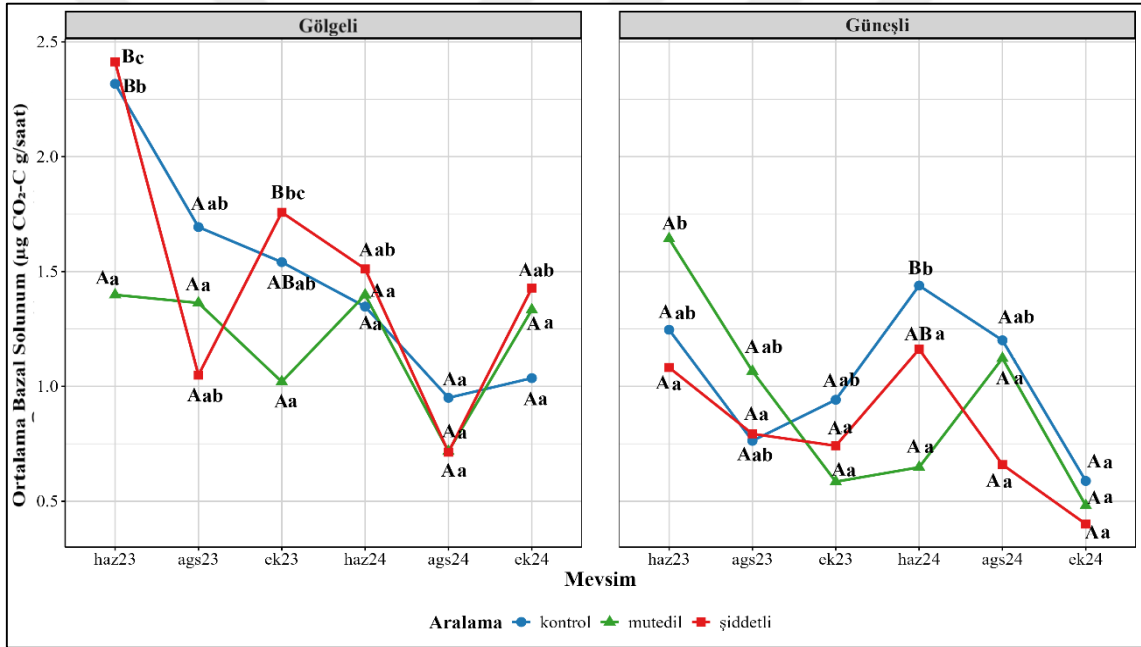
İşlem	İşlem	n	Ortalama $\pm$ SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	1,26 $\pm$ 0,78		
	Mutedil	108	1,06 $\pm$ 0,65		
	Şiddetli	108	1,14 $\pm$ 0,78	A	1,21
Bakı	Gölgeli	162	1,39 $\pm$ 0,8 b	B	21,72***
	Güneşli	162	0,92 $\pm$ 0,59 a	M	15,44***
Mevsim	Haziran-2023	54	1,68 $\pm$ 0,95 d	AxB	0,52
	Ağustos-2023	54	1,12 $\pm$ 0,61 bc	AxM	1,76
	Ekim-2023	54	1,10 $\pm$ 0,81 abc	BxM	6,46***
	Haziran-2024	54	1,25 $\pm$ 0,5 c	AxBxM	2,72***
	Ağustos-2024	54	0,89 $\pm$ 0,46 ab		
	Ekim-2024	54	0,88 $\pm$ 0,71 a		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı, M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Yapılan analizler sonucunda gölgeli bakıda ortalama bazal solunum miktarı 1,39 ($\mu\text{g CO}_2\text{-C g/saat}$) olduğu belirlenirken güneşli bakıda bu değer 0,92 ($\mu\text{g CO}_2\text{-C g/saat}$) olduğu tespit edilmiş ve farklı bakı yönleri arasında oluşan bu farklılığın istatistiksel

olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bu bulgunun yanı sıra çalışma süresince aralama grupları arasında en yüksek ortalama bazal solunum miktarı kontrol işleminde tespit edilmekle beraber aralama ana faktörü ile AxB etkileşiminin bazal solunum üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışma süresince en yüksek ortalama bazal solunum Haziran-2023 örnekleme döneminde tespit edilirken, en düşük ortalama bazal solunum Ekim-2024 örnekleme döneminde belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda mevsim faktörünün ana etkisi ile BxM ve AxBxM kombinasyonlarının bazal solunum değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, bazal solunum miktarında gerçekleşen mevsimsel değişimlerin, arazinin bakı koşullarına göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.



Şekil 3.22 Toprakta bazal solunumun mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Şekil 3.22’de verilen mevsimsel değişim grafiği incelendiğinde her iki bakıda kurulan deneme alanlarında bazal solunum vejetasyon dönemi başlangıçlarında (Haziran-2023 ve Haziran-2024) diğer dönemlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, gölge bakıda mutedil aralama ve kontrol gruplarının Haziran 2023’teki bazal solunum değerleri, aynı grupların diğer dönemlerdeki değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı şekilde ayrılmıştır. Benzer şekilde, güneşli bakıdaki mutedil aralama grubunda da Haziran 2023 döneminde benzer bir farklılaşma gözlemlenmiştir.

Gölgeli bakıda, ilk örnekleme döneminde aralama grupları arasında istatistiksel olarak farklılıklar oluşurken, çalışmanın ilerleyen dönemlerinde aralama uygulamalarının bazal solunum üzerindeki etkisi ortadan kalkmıştır. Çalışma süresince gölgeli bakıda en yüksek bazal solunum genellikle şiddetli aralama grubunda gerçekleşmiştir.

3.21 Toprak Solunumu

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin deneme alanlarındaki toprak solunumu üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.23'te sunulmuştur.

Tablo 3.23 Toprak solunumu ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) değişkenine ilişkin betimsel istatistikler ve F testi sonuçları

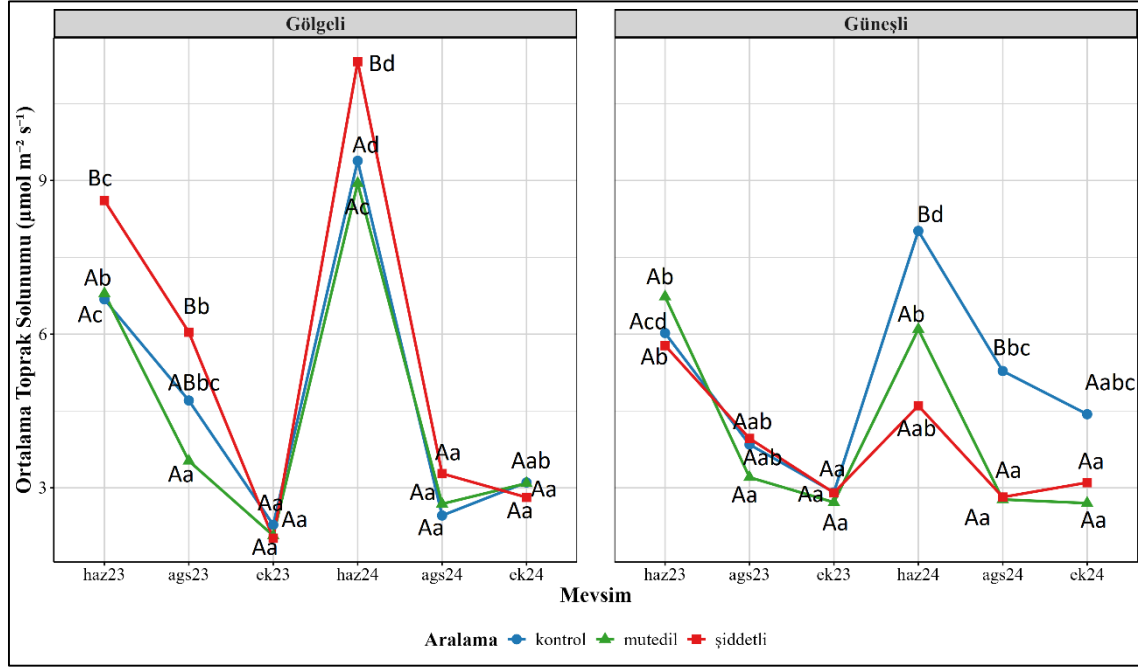
İşlem	İşlem	n	Ortalama $\pm$ SS	F Testi	
				İşlem	F Değeri
Aralama	Kontrol	108	4,63 $\pm$ 2,0		
	Mutedil	108	4,18 $\pm$ 2,1		
	Şiddetli	108	4,48 $\pm$ 2,3	A	2,60
Bakı	Gölgeli	162	4,63 $\pm$ 2,5	B	2,80
	Güneşli	162	4,18 $\pm$ 1,7	M	164,5***
Mevsim	Haziran-2023	54	6,68 $\pm$ 1,3 d	AxB	5,2*
	Ağustos-2023	54	4,21 $\pm$ 1,5 c	AxM	3,3***
	Ekim-2023	54	2,48 $\pm$ 0,9 a	BxM	17,5***
	Haziran-2024	54	6,79 $\pm$ 1,7 d	AxBxM	3,6***
	Ağustos-2024	54	3,22 $\pm$ 1,2 b		
	Ekim-2024	54	3,21 $\pm$ 1,2 b		

n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı, M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Yapılan analizler sonucunda gölgeli bakıda ortalama toprak solunum miktarının 4,63 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) olduğu belirlenirken güneşli bakıda bu değerin 4,18 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) olduğu tespit edilmiş ancak farklı bakı yönleri arasında oluşan bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Bu bulgunun yanı sıra çalışma süresince en yüksek ortalama toprak solunumu kontrol işleminde gerçekleşirken mevsim faktörü ile birlikte AxB, AxM, BxM, AxBxM etkileşimlerinin toprak solunumu anlamlı şekilde etkilediği tespit edilmiştir.

Şekil 3.23'te verilen mevsimsel değişim grafiği incelendiğinde, her iki bakıda da toprak solunumunda benzer değişim trendleri gözlemlenmiş ve özellikle vejetasyon periyodu

başlangıçlarında toprak solunumu diğer ölçüm dönemlerine kıyasla belirgin şekilde daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Gölgeyi bakıda, tüm aralama gruplarında vejetasyon dönemi başlangıçlarında (Haziran-2023 ve Haziran-2024) tespit edilen ortalama toprak solunumu miktarları, istatistiksel olarak diğer mevsimlere göre anlamlı farklılıklar göstermiştir. Bu durum, güneşli bakıda Haziran 2024 dönemi şiddetli aralama grubuna ait toprak solunumu miktarları hariç olmak üzere, gölgeyi bakıyla benzerlik göstermiştir.



Şekil 3.23 Toprak solunumuna ilişkin mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Gölgeyi bakıda, ilk iki ölçüm döneminde aralama grupları arasında istatistiksel olarak farklılıklar oluşmuştur. Ancak, ilerleyen dönemlerde aralama uygulamalarının toprak solunumu üzerindeki etkisi kaybolmuştur. Çalışma süresince en yüksek toprak solunumu genel olarak şiddetli aralamanın uygulandığı deneme alanlarında gerçekleşmiştir.

Güneşli bakıda ise ilk ölçüm dönemlerinde aralama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar görülmemiştir. Ancak, çalışmanın ilerleyen dönemlerinde kontrol işlemi diğer aralama gruplarından farklılaşmış ve bu işlem grubunda daha yüksek toprak solunumu tespit edilmiştir.

3.22 Toprak Solunumunun Tahmini Üzerine Regresyon Analizleri

Bu bölümün alt başlıklarında toprak solunumunun, aralama şiddeti ve arazi bakısı gibi çevresel faktörlere tepkisini nicel olarak belirlemek üzere çoklu regresyon modelleri

kurulmuştur. Kurulan bu modeller aracılığıyla, toprak solunumundaki varyasyonun aralama şiddeti ve arazi bakışı gibi sabit faktörler ile nem ve sıcaklık gibi değişkenler tarafından ne ölçüde açıklandığı incelenmiştir.

Aralama Şiddeti ve Bakı Koşullarının Toprak Solunumu Üzerindeki Etkisinin Modellenmesi

Bu çalışmada, toprak solunumunu etkileyen çevresel ve biyolojik faktörleri incelemek için tüm işlem guruplarında elde edilen toprak verileri birleştirilerek genel bir çoklu logaritmik regresyon modelinin oluşturulması amaçlanmış olup AIC tabanlı adım adım model seçimi (stepAIC) ve VIF analizleri kullanılarak gerçekleştirilen değişken eleme süreci sonucunda hem ekolojik olarak anlamlı hem de istatistiksel açıdan en uygun model elde edilmiştir (Eşitlik 25). Bu kapsamda modele; toprak nemi ve sıcaklığı gibi solunumu doğrudan yönlendiren fiziksel koşulların yanı sıra, mikrobiyal karbon ve mikrobiyal azot gibi mikrobiyal aktiviteyi temsil eden biyolojik bileşenler dahil edilmiştir.

(25)

$$T_{sol} = \exp \left(\frac{1.294 + 0.047(T_{NEM}) - 0.001(T_{MBC}) + 0.018(T_{SIC}) - 0.001(T_{MBN}) - 0.007(kum) - 0.028(T-OC)}{1} \right)$$

Kurulan model istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuş ($p < 0.001$) ve toprak solunumundaki toplam varyansın yaklaşık %54'ünü açıkladığı belirlenmiştir ($R^2 = 0.543$). Ayarlanmış R^2 değerinin 0.535 olması, modelin örneklem büyüklüğüyle uyumlu bir açıklayıcılık sunduğunu ve gerçek etkileri olduğundan daha yüksek göstermediğini ortaya koymaktadır (Tablo 3.24).

Tablo 3.24 Tüm toprak veri seti (N=324) kullanılarak elde edilen modelin sonuçları

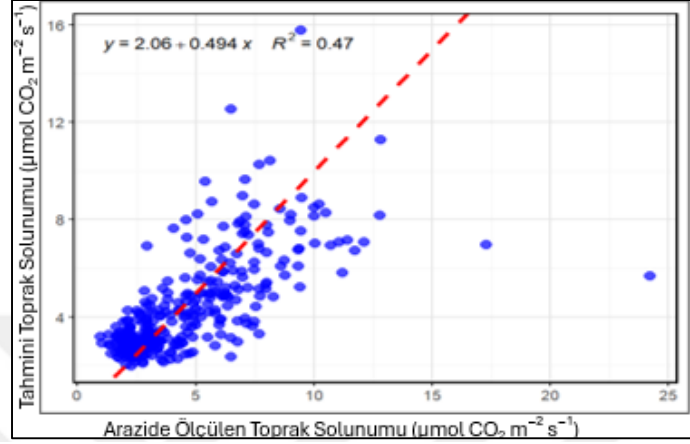
Değişken	β	Std. Hata	t	p
Sabit Katsayı	1,294	0,231	5,61	***
T-NEM	0,047	0,003	15,20	***
T-MBC	-0,001	0,0001	-6,72	***
T-SIC	0,018	0,004	4,65	***
T-MBN	-0,001	0,001	-2,57	*
kum	-0,007	0,003	-2,70	**
T-OC	-0,029	0,013	-2,18	*
Model İstatistikleri				
Artık Std. Hata	0,372			
R^2	0,543			

Tablo 3.24 devamı

Düzeltilmiş R ²	0,535
----------------------------	-------

β: Beta katsayısı, N: Örneklem büyüklüğü. *: p <0,05, **: p <0,01, ***: p <0,001.

Eşitlik 25’te tanımlanan model kullanılarak elde edilen tahmini toprak solunumu değerleri ile arazide ölçülmüş değerler arasındaki ilişki Şekil 3.24’de sunulmuştur.



Şekil 3.24 Eşitlik 25 kullanılarak hesaplanan doğrusal ilişki

Şekilde verilen doğrusal ilişkiye göre model tahminlerinin gerçek ölçümlerle anlamlı bir ilişki sergilediği belirlenmiş olup tahmin edilen ve arazide ölçülmüş değerler arasındaki varyansın yaklaşık %47’sinin açıklandığı tespit edilmiştir.

Bakı Faktörünün Toprak Solunumu Üzerindeki Etkisinin Modellenmesi

Gölge Bakı

Toprak solunumunu etkileyen çevresel ve biyolojik faktörleri incelemek için çoklu doğrusal regresyon modeli oluşturulmuştur. AIC tabanlı adım adım model seçimi (stepAIC) ve VIF analizleri kullanılarak gerçekleştirilen değişken eleme süreci sonucunda hem ekolojik olarak anlamlı hem de istatistiksel açıdan en uygun model elde edilmiştir (Eşitlik 26). Bu kapsamda modele; toprak nemi ve sıcaklığı gibi solunumu doğrudan yönlendiren fiziksel koşulların yanı sıra, mikrobiyal karbon ve mikrobiyal azot gibi mikrobiyal aktiviteyi temsil eden biyolojik bileşenler dahil edilmiştir.

(26)

$$T_{\text{sol}} = \exp \left(\frac{0,014 + 0,048(T_{\text{NEM}}) - 0,001(T_{\text{MBC}}) + 0,048(T_{\text{SIC}}) - 0,002(T_{\text{MBN}}) + 0,017(\text{toz})}{1} \right)$$

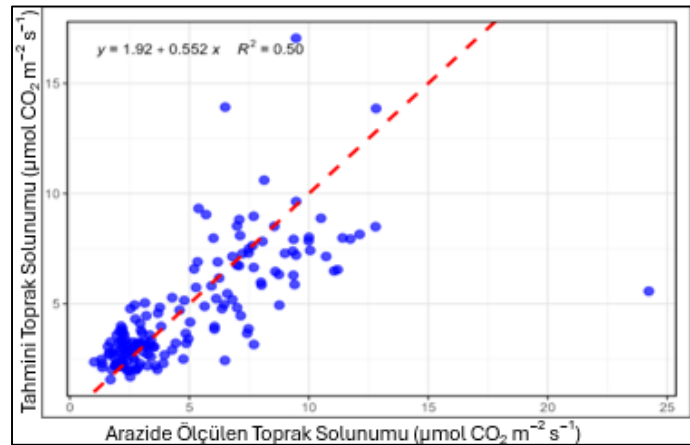
Kurulan model istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuş ($p < 0.001$) ve toprak solunumundaki toplam varyansın yaklaşık %64'ünü açıkladığı tespit edilmiştir ($R^2 = 0.641$). Ayarlanmış R^2 değerinin 0.629 olması, modelin örneklem büyüklüğüyle uyumlu bir açıklayıcılık sağladığını ve modelin gerçek etkileri olduğundan daha yüksek göstermediğini ortaya koymuştur (Tablo 3.25).

Tablo 3.25 Gölge bakı için oluşturulan regresyon modelinin sonuçları

Değişken	β	Std. Hata	t	p
Sabit Katsayı	0,014	0,312	0,05	
TNEM	0,048	0,004	10,97	***
T-MBC	-0,001	0,001	-6,44	***
TSIC	0,048	0,007	6,17	***
T-MBN	-0,002	0,001	-3,24	**
toz	0,017	0,010	1,63	
Model İstatistikleri				
Artık Std. Hata	0,379			
R^2	0,641			
Düzeltilmiş R^2	0,629			

β : Beta katsayısı, n: Örneklem büyüklüğü. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$.

Eşitlik 26'da tanımlanan model kullanılarak elde edilen tahmini toprak solunumu değerleri ile arazide ölçülmüş değerler arasındaki ilişki Şekil 3.25'de sunulmuştur. Şekilde gösterilen doğrusal uyum, model tahminlerinin gerçek ölçümlerle anlamlı bir ilişki sergilediğini göstermekte olup, tahmin edilen ve arazide ölçülmüş değerler arasındaki varyansın yaklaşık %50'sinin açıklandığı belirlenmiştir.



Şekil 3.25 Eşitlik 26 kullanılarak hesaplanan doğrusal ilişki

Güneşli Bakı

Bu çalışmada, toprak solunumunu belirleyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörleri birlikte değerlendirmek amacıyla çoklu doğrusal regresyon modeli oluşturulmuştur. AIC tabanlı adım adım model seçimi ve VIF analizleriyle desteklenen değişken eleme yaklaşımı sonucunda, ekolojik olarak anlamlı ve istatistiksel açıdan en uygun model elde edilmiştir (Eşitlik 27). Bu kapsamda modele; toprak nemi ve toprak sıcaklığı gibi solunumu doğrudan etkileyen fiziksel koşulların yanı sıra, organik karbon ve bazal solunum gibi biyolojik ve kimyasal değişkenleri dahil edilmiştir (Tablo 3.23).

(27)

$$T_{\text{SOL}} = \exp \left(0,982 + 0,041(T_{\text{NEM}}) + 1,854(T_{\text{N}}) + 0,073(T_{\text{BAZAL}}) - 0,0003(T_{\text{MBC}}) - 0,044(T_{\text{OC}}) \right)$$

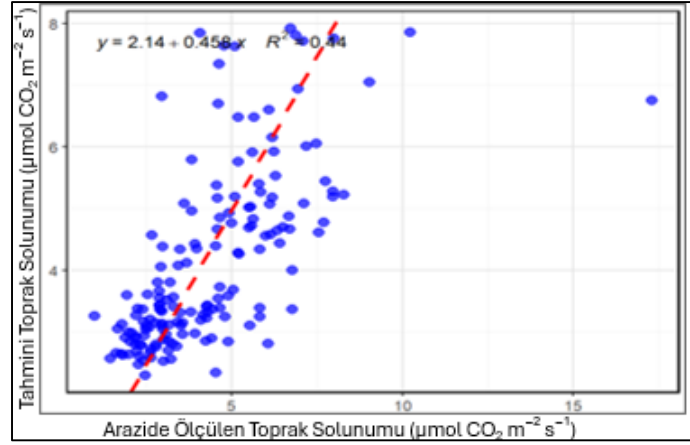
Kurulan model istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuş ($p < 0,001$) ve toprak solunumundaki varyansın yaklaşık %49'unu açıkladığı tespit edilmiştir ($R^2 = 0,495$). Ayarlanmış R^2 değerinin 0,479 olması, modelin örneklem büyüklüğüne uygun bir açıklayıcılık sağladığı belirlenmiştir.

Tablo 3.26 Güneşli bakı için oluşturulan regresyon modelinin sonuçları (n=162)

Değişken	β	Std. Hata	t	p
Sabit Katsayı	0,982	0,097	10,08	***
TNEM	0,041	0,001	7,38	***
T-MBC	-0,0003	0,0001	-2,89	**
TN	1,854	0,773	2,40	*
T-OC	-0,044	0,025	-1,77	
Bazal _{toprak}	0,073	0,047	1,54	
Model İstatistikleri				
Artık Std. Hata	0,329			
R^2	0,495			
Düzeltilmiş R^2	0,479			

β : Beta katsayısı, n: Örneklem büyüklüğü. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$.

Eşitlik 27'de tanımlanan model kullanılarak elde edilen tahmini toprak solunumu değerleri ile arazide ölçülmüş değerler arasındaki ilişki Şekil 3.26'da sunulmuştur. Şekilde gösterilen doğrusal uyum, model tahminlerinin gerçek ölçümlerle anlamlı bir ilişki sergilediğini göstermekte olup, tahmin edilen ve arazide ölçülmüş değerler arasındaki varyansın yaklaşık %44'ünün açıklandığı belirlenmiştir.



Şekil 3.26 Eşitlik 27 kullanılarak hesaplanan doğrusal ilişki

Aralama Faktörünün Toprak Solunumu Üzerindeki Etkisinin Modellenmesi

Kontrol

Bu çalışmada, gölgeli bakıda toprak solunumunu etkileyen çevresel ve biyolojik değişkenleri belirlemek amacıyla çoklu doğrusal regresyon modeli oluşturulmuştur. AIC tabanlı adım adım model seçimi ve VIF analizleri sonucunda; toprak nemi ve sıcaklığı gibi fiziksel faktörlerin yanı sıra, mikrobiyal karbon ve organik karbon gibi biyolojik ve kimyasal özellikler modele dâhil edilmiştir (Eşitlik 28). Bu değişkenlerin tamamı hem ekolojik anlamlılıkları hem de model uyumuna katkıları dikkate alınarak seçilmiştir.

(28)

$$T_{\text{SOL}} = \exp \left(\frac{0,764 + 0,043(T_{\text{NEM}}) + 1,208(T_{\text{N}}) + 0,020(T_{\text{SIC}}) - 0,001(T_{\text{MBC}}) - 0,039(T_{\text{OC}})}{1} \right)$$

Kurulan model istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuş ($p < 0,001$) ve toprak solunumundaki toplam varyansın yaklaşık %60'ını açıkladığı tespit edilmiştir ($R^2 = 0,98$). Ayarlanmış R^2 değerinin 0.579 olması, modelin örneklem büyüklüğüyle uyumlu bir açıklayıcılık sağladığını ve modelin gerçek etkileri olduğundan daha yüksek göstermediğini ortaya koymuştur (Tablo 3.27).

Tablo 3.27 Kontrol işlemine ilişkin modelinin sonuçları (n=108)

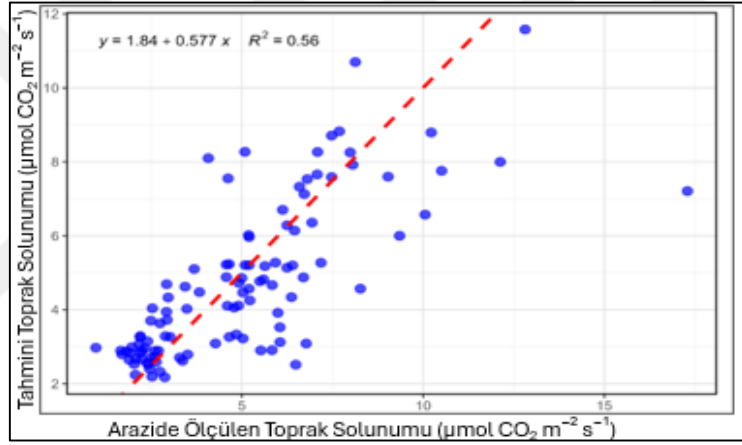
Değişken	β	Std. Hata	t	p
Sabit Katsayı	0,764	0,202	3,79	***
TNEM	0,043	0,006	7,55	***
T-MBC	-0,001	0,0001	-5,70	***
TSIC	0,020	0,008	-2,45	*

Tablo 3.27 (devamı)

T-OC	-0,039	0,019	-2,01	*
TN	1,208	0,824	1,47	
Model İstatistikleri				
Artık Std. Hata	0,349			
R ²	0,599			
Düzeltilmiş R ²	0,579			

β: Beta katsayısı, n: Örneklem büyüklüğü. *: p < 0,05, **: p < 0,01, ***: p < 0,001.

Eşitlik 28’de tanımlanan model kullanılarak elde edilen tahmini toprak solunumu değerleri ile arazide ölçülmüş değerler arasındaki ilişki Şekil 3.27’de sunulmuştur. Şekilde gösterilen doğrusal uyum, model tahminlerinin gerçek ölçümlerle anlamlı bir ilişki sergilediğini göstermekte olup, tahmin edilen ve arazide ölçülmüş değerler arasındaki varyansın yaklaşık %56’sının açıklandığı belirlenmiştir.



Şekil 3.27 Eşitlik 28 kullanılarak hesaplanan doğrusal ilişki.

Mutedil Aralama

Bu çalışmada, gölgeli bakıda toprak solunumunu etkileyen fiziksel ve biyolojik faktörleri belirlemek amacıyla çoklu doğrusal regresyon modeli kurulmuştur (Eşitlik 28). stepAIC ve VIF analizleriyle yürütülen değişken eleme süreci sonucunda; toprak nemi ve sıcaklığı gibi fiziksel koşulların yanı sıra, mikrobiyal karbon ve mikrobiyal azot gibi biyolojik göstergeler ve ayrıca kil oranı modele dâhil edilmiştir. Bu değişkenlerin tamamı hem ekolojik anlamlılıkları hem de modele yaptıkları katkılar dikkate alınarak seçilmiştir.

(29)

$$T_{\text{SOL}} = \exp \left(\frac{0,626 + 0,04(T_{\text{NEM}}) + 0,017(kil) + 0,010(T_{\text{SIC}}) + 0,101(T_{\text{BAZAL}}) - 0,001(T_{\text{MBC}}) - 0,002(T_{\text{MBN}})}{1} \right)$$

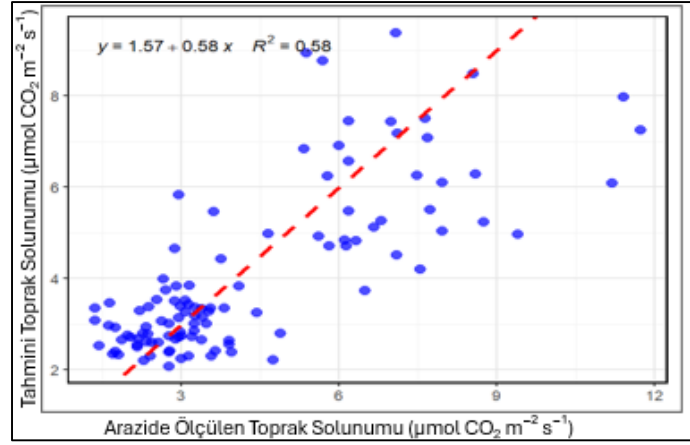
Kurulan model istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuş ($p < 0,001$) ve toprak solunumundaki varyansın yaklaşık %59'unu açıkladığı tespit edilmiştir ($R^2 = 0,586$). Ayarlanmış R^2 değerinin 0,561 olması, modelin örneklem büyüklüğüyle uyumlu bir açıklayıcılık sunduğu belirlenmiştir (Tablo 3.28).

Tablo 3.28 Mutedil aralama işlemine ilişkin modelinin sonuçları (n=108)

Değişken	β	Std. Hata	t	p
Sabit Katsayı	0,626	0,171	3,65	***
TNEM	0,040	0,005	7,74	***
T-MBC	-0,001	0,0001	-4,59	***
kil	0,016	0,007	2,39	*
T-MBN	-0,002	0,001	-2,09	*
T-BAZAL	0,101	0,054	1,86	
T-SIC	0,010	0,006	1,63	
Model İstatistikleri				
Artık Std. Hata	0,343			
R^2	0,586			
Düzeltilmiş R^2	0,561			

β : Beta katsayısı, n: Örneklem büyüklüğü. *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$.

Eşitlik 29'da tanımlanan model kullanılarak elde edilen tahmini toprak solunumu değerleri ile arazide ölçülmüş değerler arasındaki ilişki Şekil 3.28'de sunulmuştur. Şekilde gösterilen doğrusal uyum, model tahminlerinin gerçek ölçümlerle anlamlı bir ilişki sergilediğini göstermekte olup, tahmin edilen ve arazide ölçülmüş değerler arasındaki varyansın yaklaşık %58'sinin açıklandığı belirlenmiştir.



Şekil 3.28 Eşitlik 29 kullanılarak hesaplanan doğrusal ilişki.

Şiddetli Aralama

Bu çalışmada, gölgeli bakıda toprak solunumunu etkileyen fiziksel ve biyolojik faktörleri belirlemek amacıyla çoklu doğrusal regresyon modeli kurulmuştur (Eşitlik 30). stepAIC ve VIF analizleriyle yürütülen değişken eleme süreci sonucunda; toprak nemi ve sıcaklığı gibi fiziksel koşulların yanı sıra, mikrobiyal karbon ve mikrobiyal azot gibi biyolojik göstergeler ile bazal solunum, pH ve kum oranı modele dâhil edilmiştir. Bu değişkenlerin tamamı hem ekolojik anlamlılıkları hem de modele yaptıkları katkılar dikkate alınarak seçilmiştir.

(30)

$$SR = \exp \left(0,764 + 0,054(T_{NEM}) + 0,028(T_{SICK}) - 0,001(T_{MBC}) - 0,175(T_{BAZAL}) - 0,318(pH) - 0,002(T_{MBN}) \right)$$

Kurulan model istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuş ($p < 0.001$) ve toprak solunumundaki varyansın yaklaşık %54'ünü açıkladığı belirlenmiştir ($R^2 = 0.515$). Ayarlanmış R^2 değerinin 0.515 olması ise, modelin örneklem büyüklüğüyle uyumlu bir açıklayıcılık sunduğunu göstermektedir (Tablo 3.29).

Tablo 3.29 Şiddetli aralama işlemine ilişkin modelinin sonuçları. (n=108)

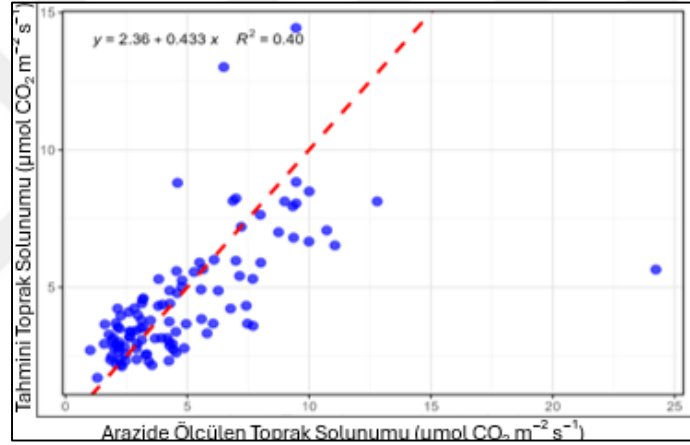
Değişken	β	Std. Hata	t	p
Sabit Katsayı	2,96	0,973	3,041	**
TNEM	0,054	0,007	7,710	***
TSIC	0,028	0,006	4,390	***
T-MBC	-0,001	0,0001	-3,787	***
TBAZAL	-0,175	0,064	-2,727	**

Tablo 3.29 (devamı)

pH	-0,318	0,150	-2,113	*
T-MBN	-0,002	0,001	-2,122	*
Model İstatistikleri				
Artık Std. Hata	0,401			
R ²	0,545			
Düzeltilmiş R ²	0,515			

β: Beta katsayısı, n: Örneklem büyüklüğü. *: p < 0,05, **: p < 0,01, ***: p < 0,001.

Eşitlik 30'da tanımlanan model kullanılarak elde edilen tahmini toprak solunumu değerleri ile arazide ölçülmüş değerler arasındaki ilişki Şekil 3.29'da sunulmuştur. Şekilde gösterilen doğrusal uyum, model tahminlerinin gerçek ölçümlerle anlamlı bir ilişki sergilediğini göstermekte olup, tahmin edilen ve arazide ölçülmüş değerler arasındaki varyansın yaklaşık %40'nın açıklandığı belirlenmiştir.



Şekil 3.29 Eşitlik 30 kullanılarak hesaplanan doğrusal ilişki.

3.23 Kılcal Kök Biyokütlesi ve Karbonu

Çalışma kapsamında; bakı, aralama şiddeti ve mevsimsel değişimlerin deneme alanlarındaki kılcal kök biyokütlesi ile kılcal kök karbon stoku değerleri üzerindeki etkileri Doğrusal Karma Etkili Modeller (LMM) kullanılarak incelenmiştir. Kurulan modele ait sabit etkilerin anlamlılık düzeylerini gösteren varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 3.30 ve Şekil 3.30'da sunulmuştur.

Yapılan analizler sonucunda, gölgeli bakıda ortalama kılcal kök biyokütlesinin 4,99 t/ha olduğu belirlenirken, güneşli bakıda bu değer 5,01 t/ha olduğu ve bakı faktörünün kılcal kök biyokütlesi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Aralama işlemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark çıkmamasına

rağmen en yüksek kılcal kök biyokütlesi şiddetli aralama gurubunda tespit edilmiştir. Bununla birlikte, aralama ve bakı faktörlerinden oluşan tüm etkileşimlerin kılcal kök biyokütlesi üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.30 Kılcal kök kütlesi (t/ha) ve C stoklarına (t/ha) ilişkin betimleyici istatistikler ve F testi sonuçları

İşlem	İşlem	n	Ortalama±SS (kütle t/ha)	Ortalama±SS (stok C t/ha)	İşlem	F Testi (kütle t/ha)	F Testi (stok C t/ha)
Aralama	Kontrol	108	5,01±3,02	2,14±1,29	A	0,14	0,16
	Mutedil	108	4,96±2,51	2,12±1,07			
	Şiddetli	108	5,04±2,3	2,15±0,98			
Bakı	Gölgeli	162	5,01±2,85	2,14±1,22	M	13,07***	14,52***
	Güneşli	162	4,99±2,93	2,13±1,01	AxB	4,0**	4,44**
Mevsim	Haziran-2023	54	5,7±2,93 b	2,43±1,25 b	AxM	3,4***	3,77***
	Ekim-2023	54	6,26±2,88 b	2,68±1,23 b	BxM	8,58***	9,54***
	Haziran-2024	54	4,3±1,9 a	1,80±0,80 a	AxBxM	2,51**	2,79**
	Ekim-2024	54	3,8±1,8 a	1,60±0,80 a			

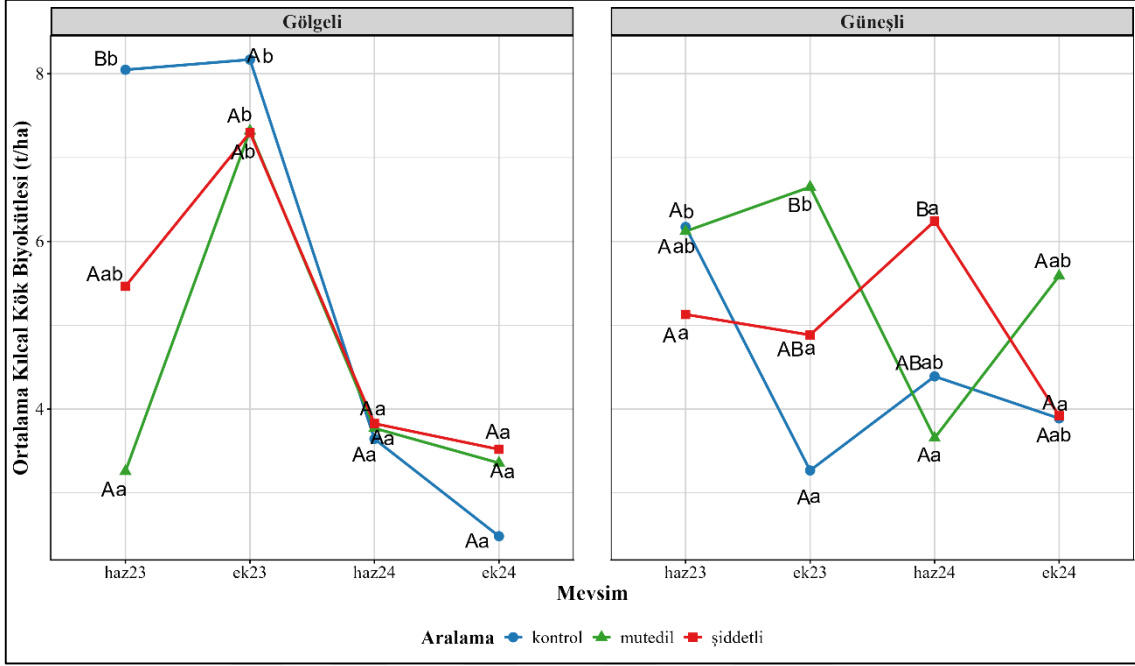
n: Örnek sayısı, A: Aralama, B: Bakı; M: Mevsim. SS: Standart sapma. *: p <0,05, **: p <0,01, ***: p <0,001. Ortalama sütunundaki harfler, Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel farkı göstermektedir.

Çalışma süresince sarıçamın vejetasyon dönemi başlangıç dönemlerinde daha fazla kılcal kök biyokütlesi ürettiği belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, mevsim faktörünün ana etkisi ile mevsim içeren tüm etkileşimlerin etkisi anlamlı bulunmuştur.

Gölgeli bakıda yapılan ilk örneklemede kontrol gurubu diğer aralama işlemlerinden anlamlı bir şekilde ayrılmış ancak çalışmanın ilerleyen dönemlerinde aralama işleminin etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra son örnekleme döneminde mutedil ve şiddetli aralama guruplarında kontrol işlemine kıyasla daha yüksek kılcal kök biyokütlesinin olduğu tespit edilmiş ancak bu kılcal kök biyokütlesi ortalamaları arasındaki bu farklılığın anlamlı olmadığı belirlenmiştir (Şekil 3.30).

Güneşli bakıda kılcal kök biyokütlesinin aralama işlemlerine tepkisinin daha dinamik olduğu görülmüştür. Nitekim Ekim-2023 ve Haziran-2024 döneminde aralama işlemleri arasında anlamlı farklar oluşmuştur. Örnekleme dönemlerinde aralama işlemlerinden en az birisi kontrol işlemine göre daha yüksek kütle ortalamasına sahip olmuştur. Bu durum

güneşli bakıda yapılan aralama uygulamalarının kılcal kök biyokütlesi üretimini tetiklediği söylenebilir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30 Kılcal kök kütlesi (t/ha) mevsimsel değişim grafiği. Renklendirmeler ve harflendirmeler Şekil 3.1’de açıklanmıştır.

Kılcal Kök Biyokütlede C Stok Durumu

Kılcal biyokütlesinde tutulan toprakaltı karbon stok durumu incelendiğinde çalışma süresince tüm deneme alanları özelinde kılcal kök biyokütlesinde ortalama 2,14 t/ha C stok varlığı tespit edilmiştir. 2024 yılı genelinde 2023 yılına göre C stoklarında %48 bir azalma olduğu görülmekle birlikte mevsim faktörünün istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilirken aralama ve bakı faktörlerinin etkileri istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur (Tablo 3.30).

4.1 Ölü Örtü Kütlesi

Ölü örtü, orman ekosistemleri için vazgeçilmez temel bir unsur olmakla birlikte topraktaki besin maddesinin döngüsü ve karbon depolaması için kritik öneme sahiptir. (Caldentey ve ark., 2001; Çömez ve ark., 2019; Sarımeahmetoğlu ve ark., 2023). Ölü örtü kütlesi, meşçere ölçeğinde ve küresel düzeyde tüm orman ekosistemlerinde karbon havuzunun %4-6'sını oluşturmaktadır (Pan ve ark., 2011; Rodríguez-Ortiz ve ark., 2012).

Orman ekosistemlerinde ölü örtünün ayrışması, küresel iklim değışikliğinde rol oynayan temel sera gazlarından karbondioksitin atmosfere salınımında önemli bir kaynaktır (Berg ve McClaugherty, 2020). Karbon döngüsündeki bu aktif rolü nedeniyle orman altı ölü örtü katmanı, karbonun depolanması ve yönetimi açısından kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca toprak yüzeyine ulaşan bu organik madde, yalnızca karbon dinamiğı açısından değil, besin döngüsünün devamlılığı ve toprağın organik madde dengesi açısından da sağlıklı orman ekosistemlerinin temel bileşenidir (Sarıyıldız, 2014).

Bu çalışma kapsamında uygulanan farklı şiddetteki aralamaların (kontrol, mutedil ve şiddetli), ölü örtü kütlesi üzerinde kısa vadede (≤ 2 yıl) anlamlı bir etkiye neden olduğu tespit edilmiştir. Bu durum; Sarımeahmetoğlu ve ark. (2023) ile Atalar ve ark. (2024) tarafından karaçam, Sarıyıldız ve Savacı (2023) tarafından kızılalağaç, Akburak (2013) tarafından ise meşe ve gürgen meşçerelerinde yapılan ve aralamanın ölü örtü miktarını anlamlı bir şekilde etkilediğini belirten çalışmalarla uyum göstermektedir. Diğer yandan literatürde, aralamanın ölü örtü kütlesi üzerindeki etkisinin yavaş ortaya çıktığını gösteren ve aralama kesimini takip eden ilk dönemlerde anlamlı bir etkinin oluşmadığını belirten çalışmalar da mevcuttur (Bravo-Oviedo ve ark., 2015; Ruiz-Peinado ve ark., 2016; Güner ve Güner, 2021). Bu durum; ağaç türü, topografik ve klimatik unsurların meşçerelerde ölü örtü stok miktarını farklı ölçeklerde etkiyebildiğini göstermektedir.

Bunun yanı sıra mevcut çalışmada ölü örtü kütlesi en fazla sırasıyla şiddetli > kontrol > mutedil aralama guruplarında gerçekleşmiştir. Mutedil aralama grubunda saptanan düşük ölü örtü kütlesi, aralama şiddetinin artmasıyla birlikte birim alandaki göğüs yüzeyinin azalacağını ve dolayısıyla ölü örtü birikiminin düşeceğini öngören literatür verileriyle uyumludur (Atalar, 2024). Ayrıca çalışmamızda en yüksek miktarın şiddetli aralama işleminde belirlenmesi aralama kesimi sonrası sahada bırakılan kesim artıklarının kısa süreli etkisi ile ilişkilendirebilir (Blanco ve ark., 2011; Bautista ve ark., 2021). Dolayısıyla mevcut çalışma, kısa vadede aralamanın ölü örtü kütlesi üzerinde belirgin bir azalma veya artıştan ziyade, aralama şiddetine bağlı doğrusal olmayan (non-linear) bir tepki oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda bakı faktörünün ana etkisi ölü örtü kütlesi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve gölgeli bakıda 11,4 t/ha, güneşli bakıda ise 17,0 t/ha ölü örtü kütlesi belirlenmiştir. Güneşli bakıda daha yüksek ölü örtü birikimi, bu alanlarda ölçülen daha yüksek sıcaklık ve düşük nem koşullarının ayrışma süreçlerini sınırlaması ile açıklanabilir (Şekil 3.20 ve Şekil 3.21). Nitekim özellikle yaz döneminde belirginleşen su kısıtının (Şekil 2.5 ve Şekil 2.6) mikrobiyal aktiviteyi azaltarak ayrışma hızını düşürebildiği ve organik maddenin birikimine yol açabildiği bildirilmektedir (Tüfekçioğlu ve ark., 2001). Ayrıca çalışmamızda güneşli bakıda ölü örtü C/N oranının daha yüksek olması, organik madde kalitesinin düşük olduğunu ve ayrışmanın yavaşlayabileceğini göstermekle birlikte yüksek C/N oranına sahip ölü örtü materyalinin mikrobiyal ayrışmaya daha dirençli olduğu literatürde de vurgulanmaktadır (Jandl ve ark., 2007). Benzer şekilde Özkan (2019) ve Duman (2008) tarafından farklı meşcere tiplerinde güneşli bakılarda, gölgeli bakılara kıyasla daha yüksek ölü örtü biyokütlesi değerlerinin rapor edilmesi, mevcut çalışmada elde edilen bulgularla uyumlu bir eğilime işaret etmektedir.

Elde edilen bulgular ışığında ölü örtü dinamiklerinin çevresel, iklimik ve kimyasal etmenler tarafından etkilenebildiği anlaşılmaktadır (Tüfekçioğlu ve ark., 2001; Jandl ve ark., 2007; Sarıyıldız ve ark., 2005)

Ölü örtü kütlesi, mevsim faktörü etkisinde anlamlı bir değişim göstermiş ve ölü örtü stoklarının vejetasyon dönemi başlangıcında ve sonunda yapılan örneklemelerde arttığı ancak yaz döneminde yapılan örneklemelerde stokların azaldığı tespit edilmiştir. Mevsimsel trende bağlı olarak oluşan bu durum, ölü örtü havuzunun sürekli olarak girdi-çıkı dinamiği içerisinde olduğunu göstermektedir (Qiu ve ark., 2011; Giweta, 2020).

Yapılan analizler sonucunda; aralama şiddeti, bakı ve mevsim faktörlerinin üçlü etkileşiminin ölü örtü kütlesi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu durum ölü örtü dinamiklerinin, planlı işletilen ormanlık alanlarda uygulanan silvikültürel müdahaleler ile mikroklimatik ve topografik unsurlarla olan karmaşık ilişkisini ortaya koymaktadır. Nitekim aralama işleminin ölü örtü stokları üzerindeki etkisi gölgeli bakıda istatistiksel olarak önemsiz bulunurken; güneşli bakıda, kesimi takip eden 2023 yılının Haziran ve Ekim dönemlerinde aralama işlemleri arasında anlamlı farklar saptanmıştır. Bu durum meşcere yüzeyinde biriken ölü örtü miktarı bakımından güneşli bakıların silvikültürel müdahalelere ilk yıl daha çabuk cevap verdiğini göstermektedir. Ancak ikinci yılda yapılan örneklemelerde her iki bakıda hiçbir örnekleme döneminde aralama işlemleri arasında anlamlı farklar oluşmamıştır. Mevsimsel ölçekte her iki bakıda aralama işlemleri kendi içerisinde değerlendirildiğinde yaz döneminde yapılan örneklemelerde ölü örtü kütlesindeki bariz düşüslere bağlı olarak yaz dönemi örneklemeleri ile vejetasyon dönemi başlangıcı (Haziran-2023) ve vejetasyon bitimi (Ekim-2023) örneklemeleri arasında anlamlı farklar oluşmuştur. Bu bulgular ışığında, orman ekosistemlerinin sürdürülebilirliği ve karbon stoklama hedefleri açısından silvikültürel uygulamaların bakı ve mevsimsel kuraklık ile etkileşimli olarak planlanması gerektiği sonucuna varılmaktadır (Kimmins, 2004).

4.2 Ölü Örtüde Organik Karbon

Ölü örtü tabakası, orman ekosistemlerinin toplam karbon stoklarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle karasal ekosistemlerde gerçekleşen karbon döngüsünün kritik bir bileşenidir (Blanco ve ark., 2005; 2008; Atalar ve ark., 2024).

Mevcut çalışmada ölü örtü karbon stokları (t/ha) bazında yapılan değerlendirmeler, müdahale şiddetinin stok miktarı üzerinde belirleyici bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Nitekim aralamanın ölü örtüde organik karbon stok miktarı üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu ve aralama işlemlerinin karbon stoklarını azalttığı (kontrol: 7,40 t/ha, mutedil: 7,00 t/ha ve şiddetli: 7,40 t/ha C) tespit edilmiştir. Benzer şekilde Atalar (2024) tarafından karaçam meşcerelerinde yürütülen araştırmada; kontrol, zayıf, mutedil ve şiddetli aralama alanlarında sırasıyla 3,34, 2,97, 2,49 ve 2,73 t/ha karbon stoğu ve Sarımehtetoğlu (2023) tarafından karaçamda yapılan bir diğer çalışmada; kontrol grubunda 11,3 t/ha olan karbon stoğunun şiddetli aralama parsellerinde 7,9 t/ha

seviyesine düştüğü belirlenmiştir. Bu durum aralama şiddeti arttıkça veya göğüs yüzeyi azaldıkça ölü örtü karbon stoklarının azaldığı konusundaki literatür bilgisiyle benzerlik göstermekle birlikte bu sonuçlar farklı ekosistemlerdeki benzer bulgularla (Kim, 2016; Segura vd., 2017; Perez-Alvarez, 2021) desteklenmiştir.

Literatürdeki diğer veriler incelendiğinde; Erkan (2023) kızılçamda 1,5 t/ha, Çömez (2019) sarıçamda 0,7-2,3 t/ha ve Lado Monserrat (2016) halep çamında 1,01 t/ha karbon stoğu bildirmiştir. Bu geniş varyasyon, sisteme dahil olan karbon girişinin coğrafi lokasyon, yetişme ortamı verimliliği ve ağaç türü gibi faktörlere bağlı olarak dinamik bir yapı sergilediğini doğrulamaktadır.

Mevcut çalışmada mevsimsel bazda en yüksek ölü örtü karbon stok miktarı ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde tespit edilmiştir. Ancak bu trendler ağaç türlerine göre farklılık gösterebilmektedir. Örneğin kurak ekosistemlerde yaz aylarında gözlemlenen döküntü ve ölü örtü kütleindeki artışı, bitkilerin kuraklık stresine karşı yaşlı ibrelerini dökerek geliştirdikleri bir savunma stratejisi olarak değerlendirilmektedir (Çepel, 1988; Pousas, 1997; Zhang, 2014).

Elde edilen bulgulara göre aralama kesimini izleyen kısa vadeli süreçte (≤ 2 yıl) aralama işleminin, ölü örtü organik karbon içeriği (%) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Bu durum çalışmada meşçere kapalılığının azaltılmasıyla oluşan yeni mikroklima koşullarının (değişen yüzey sıcaklığı ve nemi vb.), mevsim gibi daha güçlü doğal çevresel faktörlerin etkisi altında kaldığını göstermektedir (Kara ve ark., 2014; Çakır ve Akburak, 2017; Çömez ve ark., 2019).

Çalışmanın sonuçları aralamanın, ölü örtü organik karbonu üzerindeki etkisinin meşçere tipine ve yerel ekolojik koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği yönündeki literatürdeki görüşle tutarlıdır. Örneğin, Bravo-Oviedo ve ark., (2015) tarafından sarıçam meşçeresinde yapılan bir çalışmada farklı aralama işlemlerinde ortalama %53,8-%54,1 aralığında ölü örtü organik karbonu içeriği tespit edilmiş ve çalışmada aralama işleminin anlamlı bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Benzer şekilde, Sarımeahmetoğlu ve ark., (2023) tarafından karaçam meşçerelerinde yapılan çalışmada ölü örtüde %41-%45 ve Akburak, (2013) tarafından meşe ve gürgen saharlarında yapılan çalışmada gürgen sahasında ölü örtüde ortalama %42 ve meşe sahasında ortalama %44 oranında organik

karbon belirlenmiş olup bu çalışmalarda aralama işleminin ölü örtüde karbon içeriği üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir.

Orman ekosistemlerinde bakı; sıcaklık ve nem gibi mikro iklim koşullarını güçlü bir şekilde etkileyen temel topoğrafik bir faktördür (Çepel, 1988; Sarıyıldız ve Savacı, 2023). Bu farklılıklar, vejetasyonun yapısını, ölü örtü birikimini, ölü örtü kalitesini ve organik maddelerin ayrışma hızını (dolayısıyla karbon stoklarını) doğrudan etkilemektedir (Kantarcı, 1980; Çepel, 1995).

Çalışmada elde edilen bulgular, bakının ölü örtü karbon içeriği üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını ortaya koymuştur. Bu sonuç, Sarıyıldız ve ark., (2005) tarafından sarıçam meşcerelerinde razinin bakı yönünün ölü örtü organik maddesi üzerinde belirgin bir etkisinin olduğunu saptayan çalışma ile uyum göstermektedir. Ancak literatürde bakının ölü örtü karbon içeriği (%) üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğunu belirten çalışmalara da rastlamak mümkündür (Duman, 2008; Demir ve Göl, 2022). Bu tezat durum, bakı etkisinin meşcere türüne, lokal iklim koşullarına ve toprak hidrolojisine bağlı olarak önemli ölçüde varyasyon gösterebileceğini ortaya koymuştur.

Mevcut çalışmadan elde edilen bulgular, literatürdeki bakı bazlı karbon içeriği verileriyle paralellik göstermektedir. Nitekim Özkan (2019), sarıçam meşcerelerinde ölü örtü organik karbon içeriğini gölgeli bakıda %41,1, güneşli bakıda ise %43,8 olarak saptamıştır. Benzer şekilde Duman (2008) tarafından Doğu ladini meşcerelerinde gerçekleştirilen çalışmada da kuzey (%46,7) ve güney (%47,4) bakılar arasında kaydedilen değerler, bulgularımızı destekler niteliktedir.

Bu çalışmada mevsim faktörünün, ölü örtüde organik karbon içeriği üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiş ve mevsimsel değişimler incelendiğinde en yüksek organik karbon içeriği özellikle vejetasyon dönemi başlangıcında ve sonunda yapılan örneklemelerde belirlenmiştir. Bu durum; sonbaharda sisteme giren taze ölü örtünün kış sezonu boyunca düşük sıcaklıkların mikrobiyal faaliyeti yavaşlatması sonucunda, ilkbahar dönemine kadar meşcere yüzeyinde birikerek tazeliğini koruması ile ilişkilendirebilir. Benzer şekilde Kayrak, (2016) tarafından yapılan bir çalışmada en yüksek ölü örtü karbon içeriği kış mevsiminde tespit edilirken bu durumun, kış aylarında sıcaklık ve nem koşullarındaki değişimlere bağlı olarak mikrobiyal faaliyetin azalması ve buna bağlı olarak ayrışma hızının yavaşlamasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Netice itibarıyla, ölü örtü karbon stoklarının (t/ha) ve içeriğinin (%); ağaç türünün biyokimyasal bileşimi, lokal coğrafi konum, meşcere kapallılığı ve dolayısıyla bakının kontrol ettiği mikroklima koşulları gibi çoklu ekolojik kontrol faktörlerinin karmaşık etkileşimi altında değişkenlik gösterdiği açıkça belirlenmiştir. Bu durum, karbon stoklarının yönetiminde tek bir faktöre odaklanmak yerine, türe ve bölgeye özgü ekosistem modellemesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

4.3 Ölü Örtüde Toplam Azot

Orman ekosistemlerinde toplam azot döngüsü, bitki büyümesi ve toprak verimliliği açısından hayati öneme sahip makro besin elementlerinden biridir. Ölü örtü tabakası, bu kritik besin elementinin organik formda depolandığı ve mikrobiyal ayrışma yoluyla toprağa mineral formda geri kazandırıldığı ana kaynak konumundadır (Caldentey ve ark., 2001). Dolayısıyla, ölü örtü katmanında toplam azot miktarında meydana gelen değişimler orman ekosistemlerinin besin yönetim stratejileri için kilit bilgiler sunmaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre, çalışma sahasındaki ölü örtüde genel ortalama azot stoğu 0,127 t/ha (127 kg/ha) olarak tespit edilmiştir. Bakı faktörü incelendiğinde, güneşli bakıların (142 kg/ha), gölgeli bakılara (112 kg/ha) kıyasla daha yüksek azot stoğu barındırdığı belirlenmiştir. Kuzey yamaçlar (gölgeli bakı), güney yamaçlara kıyasla yıl boyunca daha ılıman, daha nemli ve sıcaklık dalgalanmalarının sınırlı olduğu mikroiklim koşullarına sahiptir. Bu nedenle gölgeli bakının sunduğu ortam koşulları, ölü örtüdeki toplam azotun mikrobiyal ayrışma ve mineralizasyon süreçlerini olumlu yönde etkileyebilmektedir (Mudrick ve ark., 1994; Gilliam ve ark., 2014). Bu bağlamda azot, gölgeli bakılardaki daha yüksek ayrışma hızı nedeniyle ölü örtü katmanında daha kısa süre tutulmaktadır (Prescott, 2005). Bu nedenle gölgeli bakılarda ölü örtüdeki azot stoğu nispeten düşük bulunurken gölgeli bakılar, besin elementinin düzenli biçimde sisteme girdiği uzun vadeli bir azot kaynağı olarak işlev görmektedir.

Mevcut çalışmada işlemler arasında istatistiksel farklılıklar belirlenmiş olsa da, değerlerin birbirine oldukça yakın seyretmesi (kontrol: 0,127 t/ha; şiddetli: 0,128 t/ha), Novák ve ark. (2020)'nın bildirdiği düşük varyasyonla örtüşmektedir. İlgili çalışmada, kontrol ve aralama sahaları arasındaki azot seviyelerinde (33,9–40 kg/ha) yüksek bir varyasyon olmadığını bildirilmiştir. Mevcut çalışmada da azot stoklarının birbirine oldukça yakın

değerlerde seyretmesi (kontrol: 0,127 t/ha; şiddetli: 0,128 t/ha), aralama müdahalesinin ölü örtüdeki toplam azot havuzunda kısa vadede belirgin bir kayba yol açmadığını göstermektedir.

Bu çalışmada tespit edilen ölü örtü azot stokları, literatür geneline göre yüksek bulunmuş, ancak Erkan (2023) gibi spesifik çalışmaların bulgularıyla tutarlılık sergilemiştir. Örneğin, Koray ve Tolunay (2020) tarafından yürütülen çalışmada ölü örtüde 10,1 kg/ha azot tespit edilmiştir. Benzer şekilde Novák ve ark. (2020), Douglas göknarı (*Pseudotsuga menziesii*) meşcerelerinde yaptıkları çalışmada, aralama ve kontrol parsellerindeki azot seviyelerinin 33,9 ile 40 kg/ha arasında değiştiğini bildirmiştir. Ancak Erkan (2023) tarafından Kızılçam (*Pinus brutia*) plantasyonlarında yürütülen çalışmada, farklı aralama şiddetlerinde ölü örtü azot stoklarının 0,154 t/ha ile 0,251 t/ha arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir. Literatürdeki bu geniş varyasyon (0,010 t/ha'dan 0,251 t/ha'ya kadar); ağaç türü, meşcere kapalılığı, döküntü miktarı ve ayrışma dinamiklerindeki (iklim ve bakı etkisiyle) farklılıklardan kaynaklanabilmektedir.

Özetle, yapılan çalışmalar şiddetli aralamanın meşcere mikro-iklimini ve organik madde dinamiklerini optimize ederek, azot döngüsünü hızlandırdığını ve mikrobiyal süreçleri olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir (Thibodeau ve ark., 2000; Bolat, 2014; Chen ve ark., 2014). Bu durum, aralamaların etkisinin çevresel ve iklimsel koşullara bağlı olarak değişkenlik gösteren silvikültürel bir müdahale olduğunu teyit etmektedir (Çömez ve ark., 2021). Sonuç olarak, aralama şiddetinin ölü örtüdeki toplam azot stoğu üzerindeki net etkisi, meşcere kapalılığı, ölü örtü stokları ve mikroklimatik koşullar tarafından belirlenen ayrışma hızı arasındaki hassas dengeye bağlı olarak şekillenebilmektedir (Sarıyıldız ve ark., 2023)

Ölü örtüde toplam azot içeriği (%) incelendiğinde aralama işleminin ölü örtü toplam azot içeriği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, farklı aralama grupları arasında toplam azot ortalamaları %0,87 ile %0,90 arasında bir dağılım göstermiş ve ortalamalar mutedil>kontrol>şiddetli aralama şeklinde gerçekleşmiştir. Literatürde Bravo-Oviedo ve ark., (2015) tarafından sarıçam meşceresinde yapılan çalışmada aralama işleminin ölü örtüde toplam azot içeriği üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı ancak aralama işlemlerinin ölü örtü kütlesini azalttığı bildirilmiştir. Buna karşın Chen ve ark. (2014) tarafından *Pinus tabulaeformis* plantasyonlarında gerçekleştirilen bir çalışmada, aralama müdahalelerinin etkisi

istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu durum ölü örtü azot içeriğinin yetiştirme ortamı ve ağaç türü gibi etkenlere bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini göstermektedir.

Yapılan analizler; gölgeli bakıda (%0,94), güneşli bakıya (%0,83) kıyasla ölü örtü toplam azot içeriğinin yaklaşık %15 daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu durum, ağaçların yetiştirme ortamındaki toprak verimliliği ile yaprak kimyası arasındaki doğrudan ilişkiden kaynaklanmaktadır. Sarıyıldız ve ark. (2005), kuzey bakıların güney bakılara oranla daha yüksek pH, kation değişim kapasitesine sahip olduğunu ve bu yüksek verimliliğin de doğrudan yaprakların başlangıç azot konsantrasyonuna yansıdığını saptamıştır. Literatüre göre, güney bakılar gibi besin maddesi açısından daha kısıtlı ve su stresi içeren ortamlarda yetişen ağaçlar, bir savunma mekanizması olarak dokularında daha az azot biriktirmekte ve buna karşılık yapısal koruyucu olan lignin miktarını artırmaktadır. Dolayısıyla gölgeli (kuzey) bakıdaki ölü örtünün daha yüksek azot konsantrasyonuna sahip olması, bu alanlardaki ağaçların besin maddesi stresine girmeden daha zengin azot içerikli dokular üretebilmesinden kaynaklanmış olabilir.

Tüm bunların yanı sıra literatürde, mevcut çalışmamızın sonuçlarını destekleyen kantitatif bulgulara rastlamak mümkündür. Sarıyıldız ve ark., (2005) tarafından sarıçam meşcerelerinde yürütülen bir çalışmada, gölgeli ve güneşli bakıda ölü örtüde toplam azot oranlarının sırasıyla. %1.1 ve %1,0 olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde Duman (2008) tarafından ladin meşcerelerinde yapılan çalışmada gölgeli bakının (%1.29), güneşli bakıya (%1.27) göre daha fazla toplam azot içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Farklı yetiştirme ortamı özelliklerine ve iğne yapraklı türlere sahip alanlarda dahi bakının toplam azot stoğu üzerinde temel bir etken olması, bu araştırmadan elde edilen bulguları destekleyen genel bir ekolojik eğilimdir

Çalışmada, mevsim faktörünün ana etkisi ile BxM etkileşiminin toplam azot içeriği üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, iki ekolojik faktörün birbirini güçlendirerek ölü örtüde toplam azot içeriğinin lokasyon ve zamana göre değişebileceğini göstermektedir.

4.4 Ölü Örtüde C/N

Ölü örtü C/N oranı, döküntü materyalinin ayrışma potansiyelini ve besin maddelerinin sisteme geri dönüş hızını kontrol eden temel göstergelerden birisidir (Manzoni ve ark., 2008). Genellikle 25-30:1 aralığında kabul edilen kritik eşik değerleri etkin bir

dekompozisyona ve azot mineralizasyonuna işaret ederken bu eşik değerin üzerindeki oranlar azot kısıtlaması nedeniyle organik madde birikimine ve ayrışma sürecinin yavaşlamasına neden olabilmektedir (Berg, 2014).

Mevcut çalışmadan elde edilen bulgular, ölü örtü C/N oranının 56–58 gibi dar bir aralıkta değiştiğini ve aralama müdahalesinin bu değişken üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, aralama faktörünün bakı ve mevsim ile olan tüm etkileşimlerinin anlamlı bulunması, silvökültürel müdahalelerin ölü örtü kalitesi üzerindeki etkisinin yerel mikro-klimatik koşullardaki değişimler aracılığıyla şekillendiğini göstermektedir. Bu durum, aralama uygulamasının tek başına belirleyici bir faktör olmaktan ziyade, çevresel faktörlerle etkileşime girerek organik madde kalitesini dolaylı yoldan etkilemesiyle ilişkilendirilebilir (Prescott, 2010).

Ekolojik süreçler açısından bakıldığında, ölü örtü ayrışması sadece sisteme dahil olan organik karbon (C) miktarına bağlı olmamakla beraber mikroorganizmaların bu karbonu parçalayabilmesi için ihtiyaç duyduğu azot (N) miktarı, yani azot kısıtı da sürecin hızını belirlemektedir (Manzoni ve ark., 2008). Mevcut çalışmada ölü örtüde organik karbon oranlarının (%49,2-49,5) oldukça dar bir aralıkta kalması, C/N oranındaki temel farklılıkların doğrudan azot konsantrasyonundaki (%0,87-0,90) değişimlerden kaynaklandığını desteklemektedir. Nitekim Sarıyıldız (2005) tarafından yapılan çalışmada ölü örtüdeki azot içeriğinin ayrışma hızını önemli ölçüde etkilediği ve C/N oranındaki değişimlerin ekosistemdeki azot döngüsündeki süreçlerle yakından ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Benzer şekilde, Akburak (2013) tarafından yapılan çalışmada farklı ağaç türlerinin ölü örtü C/N oranları üzerinde %46–70 arasında değişen geniş bir varyasyon oluşturduğu belirlenmiş ve bu bulgular doğrultusunda lokal mikroklima koşulları ile meşcere yapısının ölü örtü kimyası üzerindeki belirleyici rolünü vurgulanmıştır.

Bakı faktörünün etkisine bakıldığında, güneşli bakıda belirlenen C/N oranlarının gölgeli bakıya göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu farkın temel nedeninin, güneşli ve gölgeli bakılar arasındaki sıcaklık ve nem koşullarının farklılıkların olduğu düşünülmektedir. Güneşli bakıda saptanan daha düşük azot oranları, yüksek toprak sıcaklığı ve sınırlayıcı nem koşullarıyla birleşerek mikroorganizmaların besin maddelerini kullanma kapasitesini düşürmekte ve ayrışma sürecini yavaşlatmaktadır (Berg, 2014). Nitekim bu bakıda tespit edilen yüksek C/N oranları, ölü örtü materyalinin

biyolojik olarak daha zor parçalanabilen bir yapıda olduğunu ve azotun mikrobiyal bünyede tutulması (immobilizasyon) nedeniyle mineralizasyonun geciktiğine işaret etmektedir.

Mevsimsel etkiler de sıcaklık ve nem koşullarının yıl içindeki değişimi yoluyla mikrobiyal faaliyetin verimliliğini ve karbon kullanım etkinliğini (q_{Mic}) doğrudan kontrol etmektedir (Kara ve ark., 2014). Çalışmanın ilk yılında, özellikle gölgeli bakıda yaz döneminde yapılan örneklemelerde şiddetli aralama işleminin en yüksek C/N oranıyla diğer gruplardan ayrılması dikkat çekicidir. Bu durum, aralama müdahalesiyle birlikte sahada değişen mikro-iklimsel koşulların (artan güneş radyasyonu ve buna bağlı nem kaybı), mikrobiyal ayrışma üzerinde geçici bir stres baskısı oluşturduğunu ve ölü örtünün kimyasal bileşimini etkilediğini göstermektedir.

4.5 Ölü Örtüde Mikrobiyal Biyokütle Karbon

Bu çalışmada aralama ana faktörünün ölü örtü mikrobiyal biyokütle karbonu ($\bar{O}_{MBC}$) üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre $\bar{O}_{MBC}$ değerlerinin şiddetli aralama>kontrol> mutedil aralama şeklinde sıralanması, geleneksel beklentilerin tersine, şiddetli aralamanın mikrobiyal biyokütle karbonunu artırdığını göstermektedir. Bu durum, şiddetli aralama uygulanan alanlarda daha fazla kesim artığının ölü örtü katmanına dahil olmasıyla birlikte, mikroorganizmalar için ekstra organik madde girdisi sağlanmasıyla ilişkilendirebilir (Çömez ve ark., 2021).. Ayrıca, aralama işlemleriyle kapalılığın kırılmasına bağlı yaşanan mikroklimatik değişimler mikrobiyal aktiviteyi uyararak $\bar{O}_{MBC}$ 'nin yükselmesine katkıda bulunmuş olabilir

Öte yandan, literatürde çoğu çalışmada abiyotik kökenli etkenlerin (örn; bakım kesimleri, kar devrikleri) mikrobiyal biyokütlenin azalmasına neden olduğu vurgulanmaktadır. Nitekim Holden ve Treseder, (2013) tarafından yapılan çalışmada orman ekosistemlerinde uygulanan çeşitli silvikültürel uygulamaların, mikrobiyal biyoküttele yaklaşık %30'a varan azalmalara yol açtığı bildirilmiştir. Benzer şekilde, Lewandowski ve ark., (2016) tarafından yapılan bir çalışmada şiddetli müdahale işleminin uygulandığı deneme alanlarında kesim artıklarının sahadan çıkarılmasının mikrobiyal biyokütleyi anlamlı şekilde azalttığı ve organik madde girdisinin azalmasının bu düşüşün başlıca nedeni olduğu belirtilmiştir.

Yapılan çalışmada gölgeli bakıda aralama ve mevsim faktörlerinin $\ddot{O}$ -MBC ile ilişkileri, güneşli bakıya kıyasla daha karmaşık bir yapıda olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın son örnekleme döneminde (Ekim 2024) gölgeli bakıda $\ddot{O}$ -MBC değerlerinin ilk örnekleme dönemine (Haziran 2023) göre daha yüksek bulunması ve mutedil aralama grubunun genel olarak en düşük $\ddot{O}$ -MBC düzeylerini göstermesi, bu bakının daha stabil nem koşulları ve ılıman sıcaklık rejimi ile ilişkili olabilir. Nitekim Bolat (2011) ile Bolat ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmalarda $\ddot{O}$ -MBC değerlerinin kış ve erken ilkbahar dönemlerinde daha düşük olduğu buna karşılık gölgeli bakılarda sıcaklık ve nem koşullarının yıl ilerledikçe mikroorganizmalar için daha elverişli hâle gelmesiyle mikrobiyal aktivitenin sonbahar aylarında (özellikle Ekim'de) maksimuma ulaştığı rapor edilmiştir.

Güneşli bakıda gerçekleşen mevsimsel değişim trendleri incelendiğinde, gölgeli bakıya kıyasla daha stabil bir eğilim görülmüştür. $\ddot{O}$ -MBC değerlerinin Haziran 2024'e kadar istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık oluşturmadan dalgalanması, bu bakının yaz aylarına kadar benzer mikro-iklim koşullarını koruduğunu göstermektedir. Ancak Ağustos 2024 döneminde $\ddot{O}$ -MBC'nin belirgin bir artış göstermesi ve diğer mevsimlerden istatistiksel olarak ayrışması, güneşli bakının tipik yaz kuraklığı ve yüksek sıcaklık stresine maruz kaldığını ve buna bağlı olarak mikrobiyal aktivitenin yılın ilerleyen dönemlerinde tetiklendiğini düşündürmektedir. Nitekim Ağustos ayında meydana gelen belirgin yükseliş, yaz kuraklığı sonrası gelen kısa süreli bir nemlenme olayının (re-wetting) etkisiyle mikrobiyal topluluğun birikmiş karbon kaynağını hızla tüketerek biyokütlesini artırdığı bir "flush" olayı ile ilişkilendirebilir (Fierer ve Schimel, 2002; M. Zhang ve ark., 2022). Ayrıca bu bakı grubunda, Haziran 2023 döneminde aralama grupları arasında anlamlı farklar görülmesine karşın ilerleyen dönemlerde bu farkların kaybolması, sıcaklık ve nem gibi çevresel koşulların zaman içinde aralamanın etkisini azaltmış olabileceğini düşündürmektedir (Holden ve Treseder, 2013; Semercioğlu ve ark., 2023).

4.6 Ölü Örtüde Mikrobiyal Biyokütle Azot

Mevcut çalışmada elde edilen bulgular, mikrobiyal biyokütle azot ($\ddot{O}$ -MBN) miktarının bakı, aralama ve mevsim faktörlerinin her birinden ayrı ayrı etkilendiğini; ayrıca $A \times B \times M$ etkileşiminin de $\ddot{O}$ -MBN üzerinde anlamlı bir etki oluşturduğunu göstermiştir. Bu karmaşık etkileşim, ölü örtü katmanındaki azot döngüsünün yalnızca çevresel koşullara değil, aynı

zamanda uygulanan silvikültürel müdahalelere de duyarlı olduğunu ortaya çıkarmıştır (Kimmins, 2004). Gölgeyi bakıda tespit edilen Ö-MBN değerinin ($529.66 \mu\text{g g}^{-1}$) güneşli bakıya ($392.99 \mu\text{g g}^{-1}$) göre anlamlı derecede yüksek olması, arazinin bakı yönünün mikrobiyal biyokütle azot değişkenini etkileyen en önemli topografik unsurlardan birisi olduğunu göstermektedir. Güneşli bakılarda yaşanan yüksek sıcaklık ve hızlı nem kaybı, mikrobiyal faaliyeti engelleyen bir kuraklık stresine neden olurken gölgeyi bakıdaki düşük sıcaklık ve stabil nem koşulları, mikrobiyal biyokütle azot miktarının daha yüksek olmasına olanak sağlamış olabilir (Wardle, 1992; Bolat, 2011).

Çalışmanın genelinde en yüksek ortalama Ö-MBN miktarlarının kontrol gruplarında tespit edilmesi, meşcere kapalılığını azaltan aralama uygulamalarının mikrobiyal yaşamı baskıladığını göstermiştir. Kontrol alanlarında meşcere kapalılığının korunması, ölü örtü tabakasında nem ve sıcaklık koşullarının optimal seviyede kalmasını sağlayarak azotun immobilizasyonunu artırmış olabilir. Bu durum, Blanco ve ark., (2011) tarafından yapılan çalışmada aralama şiddetinin artmasının ayrışma hızını yavaşlattığı yönündeki bulguları ile çelişmektedir. Bununla birlikte, Chen ve ark., (2015) tarafından yapılan çalışmada vurgulandığı üzere aralamanın mikrobiyal biyokütle üzerindeki etkisinin büyük ölçüde mikroklima koşullarına bağlı olması, mevcut çalışmada elde edilen bulguların bu çerçevede değerlendirilebileceğini göstermiştir.

Çalışma süresince Ö-MBN değerlerinin mevsimsel dalgalanmalar göstermesi ve mevsim faktörünün ana etkisinin istatistiksel olarak anlamlı bulunması, Ö-MBN dinamiklerinin çevresel faktörlerin etkisi altında olduğunu göstermiştir. Çalışmada en yüksek Ö-MBN miktarları genellikle yaz örneklemelerinde tespit edilirken en düşük değerler vejetasyon dönemi başlangıcında yapılan örneklemelerde tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Bolat, (2011) tarafından göknar meşcerelerinde ve Babur, (2018) tarafından karaçam meşcerelerinde gerçekleştirilen çalışmalarda kış ve ilkbahar örneklemelerinde Ö-MBN değerlerinin diğer mevsimlere kıyasla anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum yılın erken dönemlerinde ölü örtü ve toprak sıcaklıklarının düşük olmasına olarak Ö-MBN değerlerinin sınırlı kalması, sonbaharda ise artan nem ve optimal sıcaklık koşullarının etkisiyle en yüksek seviyeye ulaşması ile açıklanabilir.

Gölgeyi bakıda Ö-MBN değerleri güneşli bakıya göre daha yüksek seviyelerde seyretmiş ve aralama grupları arasında ilk örneklemeye dönemlerinde oluşan anlamlı farkların son örneklemeye döneminde (Ekim-2024) etkisini yitirdiği belirlenmiştir. Bu durum, gölgeyi

bakının daha yüksek nem içeriği ve daha az sıcaklık stresi nedeniyle silvikültürel müdahale stresinin etkisini azalttığını göstermektedir.

Güneşli bakıda, Ağustos 2023 dönemi hariç olmak üzere, mevsimsel değişimler gölgeli bakıya kıyasla daha stabil bir seyir göstermiş ve son örnekleme dönemlerinde aralama grupları arasında anlamlı farklar gözlenmemiştir. Ayrıca, güneşli bakıda en yüksek Ö-MBN değerlerinin kontrol grubunda tespit edilmesi, meşcere kapalılığının korunmasının mikrobiyal yaşam için besin döngüsü ve su dengesi açısından kritik bir koruma mekanizması sağladığını göstermektedir

4.7 Ölü Örtüde Mikrobiyal Katsayı (qMic)

Ölü örtü katmanındaki mikrobiyal katsayı (qMic veya $C_{mic}:C_{org}$), toplam organik karbon havuzunun canlı mikrobiyal biyokütleyle dönüştürülen aktif kısmını temsil eden ve ekosistem verimliliğini yansıtan kritik bir göstergedir (Sparling, 1992). Bu oran, mikroorganizmalar tarafından asimile edilebilir karbon miktarını ve organik maddenin kimyasal kalitesini belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır (Anderson ve Domsch, 1989). Anderson ve Domsch (1993), qMic oranı ile pH arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki bulunduğunu; nötr pH seviyelerinde bu oranın genellikle %2-3 aralığında seyrettiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, ölü örtüdeki karbon dinamiklerinin takibinde hassas bir indikatör olarak kabul edilen bu katsayı, sistemdeki net karbon kaybının veya stok değişimlerinin izlenmesine olanak tanımaktadır (Bauhus ve Khanna, 1999).

Mevcut çalışmada saptanan düşük qMic değerleri (1,52-1,59), ekosistemdeki toplam karbon havuzuna kıyasla mikrobiyal biyokütlenin oransal olarak sınırlı kaldığını göstermektedir. Bu durum, sisteme dahil olan "taze" organik karbon girdisinin miktar olarak yüksek olmasına rağmen, kimyasal yapısındaki bileşikler (lignin, reçine vb.) nedeniyle mikroorganizmalar tarafından biyokütleyle dönüştürülme verimliliğinin düşük olduğu şeklinde yorumlanabilir. Literatürde, yüksek organik karbon içeriğine sahip sahalarda saptanan düşük qMic değerleri; organik madde kalitesinin düşüklüğüne veya mikrobiyal topluluk üzerindeki çevresel stres faktörlerine (kuraklık, asitlik) işaret etmektedir (Sparling, 1992; Kara ve ark., 2014).

Elde edilen bulgulara göre, aralama ve bakı faktörlerinin ölü örtü qMic değişkeni üzerinde tek başına istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi saptanmazken; mevsim faktörü ve tüm etkileşimlerin anlamlı etkisinin olduğu belirlenmiştir. Aralama işlemlerine göre qMic

oranları %1,52 ile %1,59 arasında dar bir aralıkta değişim göstermiş ve mutedil aralama < kontrol < şiddetli aralama şeklinde bir eğilim izlemiştir. Şiddetli aralama parsellerinde saptanan göreceli yüksek qMic değerleri, bu alanlarda kesim artıkları yoluyla sisteme dahil olan ek taze organik madde girdisinin mikrobiyal popülasyon gelişimini teşvik etmesiyle ilişkilendirilebilir. Dolayısıyla müdahale sonrası alanda kalan taze ölü örtü, mikroorganizmalar için hızla tüketilebilir karbon kaynakları sağlayarak birim organik karbon başına düşen biyokütle miktarını artırmış olabilir.

Çalışmada mevsimsel değişim, qMic üzerindeki en baskın faktör olarak öne çıkmış; en yüksek ortalamalar yaz ve sonbahar örneklemelerinde kaydedilmiştir. Bu durum, yaz dönemindeki sıcaklık avantajının uygun nem koşullarıyla birleştiği dönemlerde mikrobiyal biyokütle üretiminin maksimize olması ve özellikle sonbaharda vejetasyonun sona ermesiyle sisteme yoğun taze ölü örtü girişinin yaşanmasıyla açıklanabilir (Babur, 2018). Mevcut çalışmadaki bulgulara benzer olarak Babür (2018) tarafından karaçam meşcerelerinde yapılan bir çalışmada qMic oranlarının %0,73 ile %2,62 arasında değiştiği ve en yüksek verimliliğe yaz/sonbahar geçişinde ulaşıldığı bildirilmiştir. Gökner ve kayın meşcerelerinde yürütülen bir diğer çalışmada en yüksek mikrobiyal katsayının (%2,8) taze ölü örtü girdisinin yoğunlaştığı sonbahar döneminde tespit edilmiştir (Bolat, 2011).

Bu noktada, ekosisteme giren ölü örtünün kimyasal kompozisyonu, ayrışma süreçlerinin etkinliği üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır (Sarıyıldız, 2014). Mevcut çalışmada Sarıçam ibrelerinin yüksek lignin oranları ve reçinece zengin yapısı, bu materyalin mikrobiyal topluluklar tarafından daha zor ayrıştırılmasına neden olmuş olabilir. Bu durum, mikrobiyal karbon kullanım verimliliğini temsil eden qMic değerlerinin geniş yapraklı türlere kıyasla daha düşük düzeylerde seyretmesini açıklayan önemli bir mekanizma olarak değerlendirilebilir. Nitekim Sarıyıldız ve ark. (2005), ibre yapraklı türlerde gözlenen yüksek lignin/azot oranlarının mikrobiyal aktiviteyi baskılayarak ayrışma hızlarını önemli ölçüde yavaşlattığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde Sarıyıldız (2015), mikro-topoğrafya ile ağaç türü etkileşiminin ölü örtü kalitesini belirgin biçimde değiştirdiğini ve Sarıçam gibi iğne yapraklı türlerde ibrelerin fiziksel ve kimyasal direncinin mikrobiyal süreçler üzerinde sınırlayıcı bir eşik oluşturduğunu vurgulamıştır.

4.8 Ölü Örtüde Bazal (Mikrobiyal) Solunum

Bazal solunum (mikrobiyal solunum), ölü örtü ve toprak ekosistemlerindeki karbon döngüsünün ve organik madde ayrışmasının en önemli göstergelerinden birini teşkil etmektedir (Caldentey ve ark., 2001; Pan ve ark., 2011). Mikrobiyal biyokütlenin metabolik aktivitesini temsil eden CO₂ çıkışı, çevresel stres faktörlerine ve silvikültürel müdahalelere karşı ekosistem tepkisini ölçmede kritik bir parametredir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar, bazal solunum dinamiklerinin çevresel faktörler ve silvikültürel müdahalelerin karmaşık etkileşimi altında şekillendiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular, aralama işleminin ölü örtü bazal solunum değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığını ortaya koymuştur. Bu durum, kısıtlı sürede meşcere kapalılığındaki gerçekleşen değişimin, mikroorganizmaların genel metabolik aktivitesini çalışma periyodu boyunca belirgin şekilde etkileyemediğini göstermektedir. Çalışma süresince en yüksek ortalama bazal solunum değerinin kontrol işleminde (5,57 µg CO₂-C g/saat) tespit edilmesi, aralamanın mikrobiyal solunumu—dolayısıyla ayrışma hızını—baskıladığına işaret etmektedir. Bu bulgu, literatürde aralama şiddetinin artmasıyla ayrışmanın yavaşladığını rapor eden çalışmalarla örtüşmektedir (Blanco ve ark., 2011).

Farklı bakı yönleri arasında ortalama bazal solunumda meydana gelen farklılıklar (Gölge: 5,73 µg CO₂-C g⁻¹/t ve Güneşli: 4,74 µg CO₂-C g⁻¹/t) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu bulgu, arazinin bakı yönünün bazal solunum üzerinde belirleyici bir topografik faktör olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda güneşli bakıda belirlenen daha düşük nem koşulları (Tablo 3.20) ve daha yüksek C/N oranı (Tablo 3.16), sezon boyunca ayrışma hızını sınırlamış ve ölü örtü birikiminin artmasına neden olmuş olabilir. Bu durum, mikrobiyal solunum göstergeleri ile ölü örtü stokları arasında her zaman doğrudan bir ilişki bulunmayabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda elde edilen bulgular neticesinde ölü örtüde bazal solunumun büyük ölçüde mevsimsel döngüler tarafından yönetildiği belirlenmiştir. Nitekim mevsim faktörünün bazal solunum üzerindeki ana etkisinin yanı sıra, tüm ikili ve üçlü etkileşimleri de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu durum aralama ve bakı gibi silvikültürel ve topografik faktörlerin etkisinin, mevsimsel sıcaklık ve nem değişimleriyle girdiği karmaşık ilişkileri ortaya koymaktadır.

Yapılan çalışmada en yüksek ortalama bazal solunum miktarı Haziran-2023 (11,84 g CO₂-C g⁻¹/t) döneminde, en düşük miktar ise Ağustos-2024 (1,65 g CO₂-C g⁻¹/t) döneminde tespit edilmiştir. Bu keskin düşüş, çalışma alanında yaz döneminde meydana gelen nem kısıtlamalarının bazal solunumu baskılamasıyla ilişkilendirilebilir. Nitekim, tropikal orman ekosistemlerinde yapılan çalışmalarda dahi nemliliğin kısıtlayıcı bir faktör olduğu bildirilmiştir (Green, 1998; Ndakara, 2011; Zhang ve ark., 2014). Dolayısı ile yüksek sıcaklık ve düşük nemin birleştiği yaz aylarında, mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri keskin bir düşüş yaşayarak kuraklık stresi yaşamış olabilir.

Bazal solunum faaliyetlerinin Mayıs-Haziran ayları gibi ılıman mevsim geçişlerinde daha yüksek seyretmesi, ılıman sıcaklık ve yeterli nem koşullarının mikrobiyal aktiviteyi optimize ettiğini teyit etmektedir. Bu dönemlerde, artan sıcaklıklar mikrobiyal biyokütlenin sayısının artmasına ve solunumun yükselmesine neden olabilir (Babur ve ark., 2022). Ayrıca Babur, (2018) tarafından karaçam meşcerelerinde yürütülen bir çalışmada, ölü örtü bazal solunumunun yıllık ortalaması 6,94 µg CO₂-C g⁻¹ saat⁻¹ olarak belirlenmiş; en yüksek bazal solunum değerinin ilkbaharda, en düşüğünün ise kış mevsiminde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu bulgular, mevcut çalışmamızla da uyum göstermektedir. Benzer şekilde, Bolat, (2011) tarafından göknar meşcerelerinde yapılan bir çalışmada ise ölü örtüde ortalama bazal solunum miktarı 9,24 µg CO₂-C g⁻¹ saat⁻¹ olarak bildirilmiştir.

Çalışmamızda; aralama, bakı ve mevsim faktörlerinin etkileşiminin bazal solunum değişkeni üzerinde anlamlı bulunması nedeniyle aralama grupları arasında mevsimsel etkenler altında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bu sonuç, aralamanın etkisini yorumlarken hem bakı yönünü hem de mevsimsel zamanlamayı aynı anda hesaba katılması gerektiğini zorunlu kılmaktadır.

Güneşli bakıdaki bazal solunum trendi genel olarak gölgeli bakıya benzer olsa da aralama grupları arasındaki farklılıklar Haziran ve Ekim dönemlerinde (ılıman koşullar) belirginleşmiştir. En yüksek değer ilk örnekleme döneminde (Haziran-2023) kontrol grubunda görülmesi, ilkbahar sonu/yaz sezonu başında dahi güneşli bakıda kontrol işleminin nem ve sıcaklık dengesini daha iyi koruduğunu göstermektedir.

4.9 Toprak Tekstürü

Toprak tekstürü; toprağın geçirgenliği, havalanması ve su tutma kapasitesini etkilemesinden dolayı bitki gelişiminde önemli bir rol oynamakla birlikte toprağın en zor değişime uğrayan fiziksel özelliklerinden birisidir (Çepel, 1988).

Bu çalışmada, aralama ve bakı faktörlerinin ana etkileri ile bu faktörler arasındaki etkileşimin, kum ve kil değişkenleri üzerinde anlamlı etkisinin olduğu tespit edilirken toz değişkeninde ise yalnızca bakı faktörünün anlamlı bir etkiye neden olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen istatistiksel bulguların yanı sıra çalışmamızda güneşli bakıda şiddetli aralama müdahalelerinin kil miktarını düşürdüğü ve buna paralel olarak kum miktarını arttırdığı tespit edilmiştir. Güneşli bakıda gözlemlenen bu durum; şiddetli aralama müdahaleleri neticesinde meşcere göğüs yüzeyinin azalmasına bağlı olarak toprak profiline sızan net yağış miktarının artmasıyla ilişkilendirebilir. Toprak kesitine giren bu fazla suyun, ince bünyeli kil minerallerini yıkayarak alt katmanlara taşınması, üst toprak tekstüründe bu tip değişimlerin meydana gelmesine sebebiyet vermiş olabilir (Zhang ve ark., 2018; Sarıyıldız ve Savacı, 2023). Ek olarak deneme alanları içerisinde aralama kesimleri esnasında gerçekleşen ormancılık faaliyetleri (kesme, sürütme vb.), ince partiküllerin hareketliliğini tetiklemiş olabilir. Nitekim Solgi ve ark., (2014) ve Cambi ve ark., (2015) tarafından yapılan çalışmalarda ormancılık faaliyetlerinin topraktaki ince partiküllerin hareketliliğini arttırdığı belirtilmiştir.

Gölge bakıda aralamanın şiddetinin artmasıyla kontrol işlemine göre kil miktarında artış gerçekleşirken toz miktarında düşüşler meydana gelmiştir. Bu durum, kil minerallerinin adhezyon çekimlerinin toz tanelerine göre daha güçlü olmasından dolayı toz partiküllerinin topraktan daha kolay bir şekilde yıkanması ile ilişkilendirebilir (Martínez-Mena ve ark., 2020).

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, literatürle karşılaştırıldığında karaçam meşcerelerinde aralamaların toz değişkeni (Bolat, 2014), kayın meşcerelerinde aralamanın kum, kil ve toz değişkenleri üzerinde anlamlı etkisinin olduğunu belirten çalışmalar ile uyumludur. Ancak bu çalışmaların aksine meşe baltalıklarında yapılan bir çalışmada toprak tekstüründe meydana gelen değişimlerin bloklar arası farklılıklardan kaynaklandığı belirlenmiş ve toprak tekstürünün kısa süre içerisinde değişime uğrayabilecek bir toprak değişkeni olmadığı belirtilmiştir (Demir, 2021). Erkan (2023), kızılçam meşcerelerinde yürüttüğü çalışmada, aralama müdahalelerinin üzerinden 30 yıl

geçtikten sonra toprak tekstürü bileşenlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark kalmadığını tespit etmiştir.

Özetle, bu çalışma ile kum ve kil değişkenlerinin, aralama uygulamaları gibi yoğun mekanik müdahalelerden ve topografik bir faktör olan arazinin bakı yönünden etkilenebildiği ortaya konulmuş olup toprak tekstürünün statik bir özellik olmaktan ziyade, dolaylı yollardan değişime uğrayabileceği belirlenmiştir.

4.10 Hacim Ağırlığı

Toprağın hacim ağırlığı, toprağın birim hacimdeki mutlak kuru kütlesini ifade eden toprağın önemli fiziksel özelliklerinden birisidir. Hacim ağırlığı, toprağın sıkışma derecesi ile gözenekliliğini doğrudan yansıtmakla birlikte kök gelişimi, su hareketi, havalanma ve besin maddesi döngüsü gibi temel toprak fonksiyonları üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır (Çepel, 1988; Güner ve ark., 2012).

Bu çalışmada sadece bakı ana faktörünün hacim ağırlığı değişkeni üzerinde anlamlı bir etkiye neden olduğu belirlenirken hacim ağırlığının; gölgeli bakıda $1,18 \text{ g/cm}^3$ ve güneşli bakıda $1,39 \text{ g/cm}^3$ olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgunun yanı sıra; gölgeli bakıda, aralama şiddeti arttıkça hacim ağırlığında kontrole kıyasla %9,7'lik bir artış eğilimi gözlenmiştir. Buna karşın, aralama-bakı etkileşimi sonucunda ortaya çıkan bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. İstatistiksel olarak anlamlı bir farkın oluşmaması, aralama kesimleri sırasında sahada bırakılan kesim artıklarıyla ilişkilendirilebilir. Bu üretim artıkları, toprağa ek bir organik madde girdisi sağlayarak ve fiziksel bir koruma katmanı oluşturarak toprak sıkışmasını önleyerek hacim ağırlığındaki artışın, kontrol grubuna göre anlamlı bir düzeye ulaşmasını engellemiş olabilir. Bu bulgu, sarıçam meşcerelerinde (Bravo, 2015) ve Amerikan kızılçamı (*Pinus resinosa*) meşcerelerinde (Tarpey ve ark., 2008) yapılan çalışmalarda aralama sonrası oluşan kesim artıklarının toprağın üst tabakasında koruyucu bir katman oluşturarak toprak sıkışmasını önlediğini belirten bulgularla paralellik göstermektedir. Buna karşın, Akburak (2013) tarafından gürgen meşcerelerinde ve Makineci, (1999) tarafından meşe meşcerelerinde yapılan çalışmalarda şiddetli aralamanın hacim ağırlığı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Arazinin fizyografik etmenleri, orman ekosistemlerinde toprak özelliklerini etkileyen en önemli unsurlardan biridir (Sarıyıldız ve ark., 2005). Bu duruma paralel olarak

çalışmamızda arazinin bakı yönünün hacim ağırlığı üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu ve gölgeli bakıda hacim ağırlığının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum, gölgeli bakıdaki yüksek toprak nemi ve düşük toprak sıcaklığının, ayrışma süreçlerini etkileyerek toprak organik karbon stoklarını artırması ve toprağı gevşeterek hacim ağırlığını düşürmesiyle ilişkilendirilebilir. Bu bulguların yanı sıra Sarıyıldız ve Savacı, (2023) tarafından sarıçam meşcerelerinde ve Demir ve Göl, (2022) tarafından karaçam meşcerelerinde yapılan çalışmalarda bakının, hacim ağırlığı değişkeni üzerinde anlamlı etkisinin olması ve bu çalışmalarda hacim ağırlığının gölgeli bakıda daha düşük bulunması mevcut çalışmada elde edilen bulguları desteklemektedir.

Özetle; bakı faktörünün mikroklima üzerindeki etkisi, ölü örtü ayrışma hızını ve toprak organik madde miktarı üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Gölgeli bakının daha ılıman ve nemli koşulları sayesinde toprak organik karbon stoğunu muhafaza etmesi veya artırması, toprağın gözenekliliğini artırarak hacim ağırlığını düşürebilir (Sarıyıldız ve Savacı, 2023).

4.11 Toprak Reaksiyonu (pH)

Bu çalışmada, toprak reaksiyonu (pH) üzerinde bakı ve aralama ana faktörlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamış; ancak mevsim faktörü ile mevsimin diğer değişkenlerle girdiği tüm etkileşimlerin pH üzerinde belirleyici olduğu saptanmıştır. Bu bulgu, toprak pH değerlerinin mevsimsel döngülere bağlı olduğunu ve bu döngülerin yarattığı etkinin, arazinin bakısı ve uygulanan aralama şiddetine göre farklılaştığını ortaya koymaktadır.

Toprak pH değerlerinin gölgeli bakıda 5,58, güneşli bakıda ise 5,73 olarak saptanması, gölgeli bakıların daha asidik bir karakter sergilediğine işaret etmektedir. Bu durum literatürdeki çalışmalarla paralellik göstermektedir (Kutiel, 1992; Dindaroğlu ve Canbolat, 2017; Sarıyıldız ve Savacı, 2023). Güneşli bakılarda toprak reaksiyonunun nispeten yüksek olması, bu alanlardaki yüksek sıcaklık ve buharlaşma oranının, asitleşmeyi tetikleyen süreçleri yavaşlatmasıyla açıklanabilir. Ayrıca, güneşli bakıların daha kurak bir mikroklimaya sahip olması, asitleşmeye neden olan bazik katyonların yıkanma (leaching) yoluyla kaybını azaltarak pH değerinin gölgeli bakıya kıyasla daha yüksek kalmasını sağlamış olabilir (Kantarıcı, 1987; Çepel, 1988).

Çalışmamızda, aralama faktörünün toprak pH'sı üzerindeki ana etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptanmıştır. Bu bulgu, meşe ve karaçam meşcerelerinde yürütülen benzer çalışmalarla paralellik göstermektedir (Akburak, 2013; Sarımeahmetoğlu ve ark., 2023).

Buna karşılık, aralama ve bakı faktörlerinin mevsimle olan etkileşimleri anlamlı bulunmuştur. Özellikle güneşli bakıda gözlenen mevsimsel dalgalanmalar, Haziran-Ağustos 2023 dönemi hariç, çalışmanın sonlarına doğru gölgeli bakıya kıyasla daha stabil bir seyir izlemiştir. Güneşli bakıda aralamanın pH üzerindeki etkisi Haziran 2024 dönemine kadar belirginleşmezken; Ağustos 2024 itibarıyla anlamlı hale gelmiş ve şiddetli aralama grubu diğerlerinden ayrılmıştır. Başlangıçta şiddetli aralama alanlarında yüksek seyreden pH değerlerinin son dönemlerde tersine dönmesi, organik madde ayrışma hızı ve toprak kimyasındaki değişimlerin zamanla belirginleştiğine işaret etmektedir. Öte yandan Camping ve ark. (2002) ile Makineci (2005), aralama kesimlerinin pH üzerinde anlamlı etkileri olduğunu bildirmiştir. Literatürdeki bu farklılıklar; aralamanın etkisinin ağaç türü, ölü örtü özellikleri, bakı ve yükselti gibi faktörlere göre değişebileceğini ortaya koymaktadır (Demir, 2021). Mevcut çalışmanın yaklaşık 2000 m yükseltide gerçekleştirilmesi ve buna bağlı kısa vejetasyon süresi de gözlenen bu farklılaşmanın temel nedenlerinden biri olabilir.

4.12 Toprak Organik Karbonu

Toprağa intikal eden bitkisel ve hayvansal atıkların ayrışma ve birleşme ürünlerinin tamamına toprak organik maddesi olarak sınıflandırılmaktadır. Organik atıklar toprağa karıştıktan sonra mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılmaya başlayan ve mineralize oluncaya kadar çeşitli değişikliklere uğrayan bir madde olmakla birlikte toprağın verimliliğinde kritik bir rol oynamaktadır. Toprakta organik maddenin varlığı; toprağın gözenek hacmini ve su tutma kapasitesini arttırdığı, agregat yapısını koruduğu ve mikrobiyal aktiviteyi hızlandırarak toprak verimliliğini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir (Çepel, 1988).

Çalışma alanında toprak organik karbon stokları incelendiğinde; aralama müdahalelerinin uygulandığı parseller ile kontrol parselleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılaşma olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, kontrol parsellerinde

ortalama 58,24 t/ha, mutedil aralama parsellerinde 58,28 t/ha ve şiddetli aralama parsellerinde 59,72 t/ha karbon stoğu tespit edilmiştir.

Bu değerler, Sarımeahmetoğlu ve ark., (2023) tarafından İç Anadolu Bölgesi'ndeki benzer gelişim çağındaki karaçam plantasyonlarında tespit edilen ortalama 49,2 t/ha karbon stoğu ile karşılaştırıldığında, çalışma alanımızın daha yüksek bir karbon depolama kapasitesine sahip olduğu görülmektedir. Ancak çalışma kapsamında elde edilen mevcut stok değerleri, Tolunay ve Çömez (2008) tarafından Türkiye'deki sarıçam ormanları için belirlenen 78,0 (18,3-448,0) t/ha stok miktarının altında kalmaktadır. Bu durum, çalışma alanının yerel ekolojik koşulları (iklim, anakaya) ve meşcere gelişim çağı ile ilişkilendirilebilir.

Mevcut çalışmada aralama şiddetinin toprak organik karbon stokları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmaması literatürdeki birçok çalışmayla uyumludur. Örneğin, Erkan ve ark. (2023) Kızılcım (*Pinus brutia*) meşcerelerinde ve Bravo-Oviedo ve ark. (2015) İspanya'daki Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ormanlarında yürüttükleri çalışmalarda aralama işlemlerinin mineral toprak karbon stokları üzerinde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı bildirilmiştir. Toprak organik karbon havuzu, ölü örtüye kıyasla daha stabil bir yapıya sahiptir ve silvikültürel müdahalelere karşı direnç (tamponlama) gösterir (Jandl et al., 2007; Bravo-Oviedo et al., 2015). Aralama sonrası geçen sürenin kısa olması (≤ 2 yıl), toprak karbon havuzunda belirgin bir değişim gözlenmemesinin temel nedeni olarak değerlendirilebilir.

Çalışmamızda aralamanın tek başına toprak organik karbon içeriği üzerinde anlamlı bir etki oluşturmaması, literatürdeki bazı bulgularla desteklenmektedir (Tolunay, 2004; Bolat, 2014; Erkan ve ark., 2023; Çömez ve Kaptanoğlu, 2023). Bu durum, kısa vadede aralamanın etkisinin henüz oluşmaması veya artan ayrışma ve azalan organik madde girdisinin birbirini dengelemesi ile açıklanabilir (Zhang ve ark., 2018). Ancak, bazı çalışmalar (Makineci, 2005; Tian ve ark., 2010) aralamanın toprak organik karbonunu artırdığını, bazıları (Wic Baena ve ark., 2013; Clarke ve ark., 2015) ise azalttığını belirtmektedir. Bu çelişkili bulgular, toprakta organik karbon dinamiklerinin; aralama şiddetine, ağaç türüne ve toprak altı faaliyetlere bağlı olarak organik ortaya koymaktadır. Ayrıca Tüfekçioğlu ve ark., (2005), tarafından yapılan bir çalışmada şiddetli aralama uygulanan alanlarda kılcal köklerin ayrışmasıyla topraktaki organik karbonun artabileceği belirtilmektedir. Benzer şekilde çalışmamızda şiddetli aralama (%3,54-59,72

C t/ha) işleminde toprak organik karbon içeriği ve stok miktarı diğer işlem gruplarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Kuzey yarım kürede gölgeli bakılar, güneşli bakılara kıyasla nemi daha iyi muhafaza eden ve daha ılıman mikroklimatik koşullara sahiptir (Cantlon, 1953). Çalışma alanında gölgeli bakıların yaklaşık iki kat daha fazla yağış alması ve nemli-ılıman bir yapı sergilemesi, ayrışmayı teşvik ederek vejetasyon gelişimini desteklemektedir. Sonuç olarak gölgeli bakılarda saptanan yüksek toprak organik karbon içeriği hem yüksek biyokütle girdisi hem de nemli mikroklimanın sağladığı karbon depolama kapasitesi ile ilişkilendirilebilir (Yimer ve ark., 2006; Jandl ve ark., 2007). Nitekim, çalışmamızda gölgeli bakıda %4,73 (79,54 t/ha) ve güneşli bakıda %2,32 (37,96 t/ha) toprak organik karbon olduğunun tespit edilmesi kuzey yarım kürede gölgeli bakıların daha verimli olduğu görüşünü desteklemektedir.

Çalışma sonuçlarına göre, aralama faktörünün ana etkisi ile A×B etkileşiminin toprak organik karbon içeriği (%) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. Buna karşılık, mevsim faktörünün ana etkisinin ve mevsime bağlı tüm etkileşimlerin toprak organik karbon içeriği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, toprak organik karbon içeriğinin mevsimsel döngülerle yakından ilişkili olduğunu ve mevsimsel etkilerin arazinin bakı yönüne ve uygulanan aralama şiddetine göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bu sonuç orman ekosistemlerinde uygulanan silvikültürel müdahalelerin ve bakı gibi topografik etmenlerin toprak organik karbon içeriği üzerindeki etkisinin karmaşık ve değişken olduğunu belirten literatür bilgileriyle örtüşmektedir (Çepel, 1988; Selig ve ark., 2008; Nave ve ark., 2010).

Toprak organik karbon içeriğinde (%) gözlenen mevsimsel değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı bulunması, bu parametrenin zamansal açıdan dinamik bir yapı sergilediğini göstermektedir. Nitekim yaz ve sonbahar örneklemelerinde; mutedil ve şiddetli aralama alanlarında meşcere kapalılığının kırılması, toprak yüzeyinin daha fazla ısınmasını beraberinde getirmiştir. Bu durum, Barnes ve ark. (1998) ile Jandl ve ark. (2007) tarafından da belirtildiği üzere ayrışma süreçlerini hızlandırmış; sonuç olarak söz konusu alanlarda organik karbon stoklarının birbirine yakın ve görece yüksek değerler sergilemesine zemin hazırlamıştır. Aynı dönemlerde aralama şiddetleri arasında anlamlı

farkların ortaya çıkması, ekosistemin değişen çevresel ve silvikültürel koşullara kısa sürede tepki verebildiğini göstermektedir.

4.13 Toprakta Toplam Azot

Toprakta bulunan toplam azot, su ile birlikte bitki gelişimi için çoğu zaman en sınırlayıcı besin elementidir. Doğrudan topraktaki mineral kaynaklardan temin edilemeyen azotun ana kaynağını, toprağın üst ve iç kısımlarındaki organik maddeler, serbest azotu fikse edebilen bakteriler ve yağış suları oluşturmaktadır (Çepel, 1988) .

Ölü örtü gibi organik materyallerin mikroorganizmalar aracılığıyla mineralizasyonu sonucunda açığa çıkan azot; bitki artıklarının türü, iklimsel koşullar, yükselti ve toprağın reaksiyonu (pH) gibi değişkenlere bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir (Kantarıcı, 1987; Çepel, 1988; Bolat, 2011). Bu durum, toprak azot döngüsünün karmaşık ve çoklu ekolojik faktörlere duyarlı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, toprak katmanında azot döngüsünü anlamak için arazinin topografik özellikleri, uygulanan yönetimsel müdahaleler ve mevsimsel koşullar arasındaki etkileşimlerin detaylı incelenmesi gerekmektedir.

Çalışmada uygulanan farklı şiddetteki aralama müdahalelerinin (kontrol, mutedil, şiddetli) toprak toplam azot stokları üzerindeki etkisi incelendiğinde; aralama şiddeti arttıkça stok değerlerinde sayısal bir artış eğilimi (kontrol: 2,30 t/ha < şiddetli: 2,60 t/ha) gözlemlenmiş olsa da, istatistiksel olarak aralama işleminin ana etkisinin anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Bu sonuç, literatürdeki uzun dönemli aralama çalışmalarıyla güçlü bir paralellik göstermektedir. Nitekim Erkan ve ark. (2023) tarafından *Pinus brutia* plantasyonlarında yürütölen çalışmada, farklı aralama şiddetlerinin toprak azot stokları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmadığı ve stokların yaklaşık 2,7 t/ha seviyelerinde dengelendiği bildirilmiştir. Benzer şekilde Bravo-Oviedo ve ark. (2015), İspanya'daki sarıçam ormanlarında uygulanan aralama rejimlerinin, mineral toprak azot konsantrasyonu ve stoklarını değiştirmediğini rapor etmiştir. Toprak organik madde havuzunun ölü örtüye kıyasla daha stabil bir yapıya sahip olması ve silvikültürel müdahalelere karşı direnç (tamponlama) göstermesi, aralama sonrası geçen sürenin kısa (2 yıl) olmasıyla birleştğinde, stoklarda anlamlı bir değişim yaşanmamasını açıklamaktadır.

İstatistiksel fark oluşmamasına rağmen, şiddetli aralama alanlarında azot stoklarının (2,60 t/ha) kontrol grubuna göre kısmen daha yüksek olması, aralama sonrası değişen mikroklima koşulları ve sisteme dahil olan ekstra kesim artıkları ile ilişkilendirilebilir (Bautista ve ark., 2021). Bolat (2014), Karaçam ormanlarında yaptığı çalışmada, aralamanın toprak sıcaklığını artırarak mikrobiyal biyokütle azotunu ve organik karbon mineralizasyonunu teşvik ettiğini belirtmiştir. Çalışmamızda da şiddetli aralama ile toprağa ulaşan ışık miktarının artması ve kesim artıklarının (kök ve iğne yaprak) toprağa karışması, azot girdisini marjinal düzeyde desteklemiş olabilir.

Çalışmanın en çarpıcı bulgusu, bakı faktörünün azot döngüsü ve organik madde ayrışma süreçleri üzerindeki baskın etkisidir. Gölge bakıdaki toprak toplam azot stokları (3,67 t/ha), güneşli bakıya (1,16 t/ha) oranla yaklaşık üç kat daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, bakının sıcaklık ve nem rejimi üzerindeki kontrolü ve bunun sonucunda şekillenen ayrışma (dekompozisyon) dinamikleriyle açıklanmaktadır.

Mevcut çalışmada elde edilen C/N oranları ve ölü örtü kütlesi incelendiğinde; güneşli bakıda ölü örtü birikiminin fazla olduğu hem ölü örtü hem de toprak C/N oranlarının gölgeli bakıya göre daha yüksek seyrettiği görülmektedir (Tablo 3.1, Tablo 3.4 ve Tablo 3.16). Literatürde yüksek C/N oranı, organik maddenin mikrobiyal ayrışmaya karşı dirençli olduğunun ve mineralizasyon sürecinin yavaşladığının temel göstergesidir. Sarıyıldız ve ark. (2005) ve Kutiel (1992), özellikle yarı kurak iklim kuşaklarındaki orman ekosistemlerinde, güney bakıların maruz kaldığı yüksek radyasyonun toprak nemini kritik seviyelerin altına düşürdüğünü belirtmişlerdir. Bu "nem yetersizliği", sıcaklık yüksek olsa dahi mikrobiyal aktiviteyi baskılamakta ve ölü örtü ayrışmasını sınırlandırmaktadır. Çalışmamızda güneşli bakıda C/N oranının yüksek, azot stoğunun ise düşük olması bu mekanizmayı doğrulamaktadır; yetersiz nem nedeniyle organik madde tam olarak ayrışmamakta ve bünyesindeki azotu mineral toprağa verememektedir (immobilizasyon). Buna karşın gölgeli bakılarda; daha düşük C/N oranları ve daha yüksek toprak azot stokları (3,67 t/ha) kaydedilmiştir. Gölge bakıların sağladığı ılıman ve nemli mikroklima koşulları, mikrobiyal popülasyon için optimum ortamı oluşturarak ayrışma sürecini hızlandırmıştır. Sarıyıldız ve ark. (2005)'in de vurguladığı üzere, elverişli nem koşulları altında hızlanan mineralizasyon süreci, organik maddedeki karbonun tüketilmesine (C/N oranının düşmesine) ve serbest kalan azotun toprağa kazandırılmasına olanak tanımıştır.

Sonuç olarak, çalışma alanındaki toprak azot stoklarının dağılımı; kısa vadede aralama şiddetinden ziyade, bakı faktörünün kontrol ettiği ayrışma hızı ve nem rejimi tarafından şekillenmektedir. Güneşli bakılarda azot, ayrışmamış ölü örtüde (yüksek C/N ile) kilitli kalırken; gölgeli bakılarda mineral toprağa transfer edilerek yüksek stok değerlerine ulaşmıştır.

Toprak azot stoklarının mevsimsel seyri incelendiğinde; iklimsel faktörlerin (sıcaklık ve yağış) mikrobiyal aktivite ve bitki besin maddesi alımı üzerindeki dönemsel etkisi belirgin şekilde görülmektedir. Genel olarak vejetasyon döneminin aktif olduğu yaz aylarında, toprak azot stoklarında gözlemlenen dalgalanmalar veya düşüş eğilimleri, iki temel ekolojik mekanizmayla açıklanabilir.

Bolat (2014) tarafından da belirtildiği üzere, yaz aylarında artan toprak sıcaklığı potansiyel olarak mikrobiyal aktiviteyi artırsa da, mevcut çalışmada güneşli bakıdaki gibi yaz kuraklığı yaşanan bölgelerde nem yetersizliği bu aktiviteyi sınırlayabilmektedir. Bu durum, yaz döneminde organik maddeden mineral azota dönüşüm sürecini (mineralizasyon) yavaşlatarak stokların artışı engelleyebilir. Özetle, mevcut çalışmanın bulguları literatürdeki sonuçlarla birlikte değerlendirildiğinde, aralamanın etkisinin meşcere türüne, uygulamanın zamanlamasına ve alanın topografik özelliklerine bağlı olarak değişebildiğini göstermektedir.

4.14 Toprakta C/N

Toprak C/N oranı, organik maddenin ayrışma potansiyelini ve azotun bitkiler tarafından alınabilir formlara dönüşüm hızını kontrol eden temel bir elementel denge göstergesidir (Kara ve ark., 2008). Genellikle 10-12:1 aralığında kabul edilen ideal toprak C/N değerleri etkin bir azot mineralizasyonuna işaret ederken, bu eşik değerin üzerindeki oranlar azotun mikrobiyal bünyede tutulmasıyla (immobilizasyon) besin yarıyışlılığının kısıtlanmasına neden olabilmektedir (Kirkby ve ark., 2011).

Mevcut çalışmada toprak C/N oranının %27-31 aralığında değiştiği saptanmış ve aralama müdahalesinin bu değişken üzerinde tek başına (ana etki) istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. Ancak, aralama faktörünün bakı ve mevsim ile olan tüm etkileşimlerinin anlamlı bulunması, silvükültürel müdahalelerin toprak kalitesi ve besin döngüsü üzerindeki etkisinin çevresel faktörler tarafından modüle edildiğini göstermektedir (Prescott, 2010).

Literatür incelendiğinde, elde edilen C/N değerlerinin Türkiye'deki benzer çalışmalarla paralellik gösterdiği görülmektedir. Akburak (2013) meşe ve gürgen meşcerelerinde C/N oranlarını %21–26, Bolat (2011) karaçam meşcerelerinde %12–13 ve Tolunay (1999) sarıçam meşcerelerinde %22–31 aralığında belirlemiş; söz konusu bulgular, silvikültürel müdahalelerin kısa vadede C/N oranları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişime yol açmadığını göstermiştir. Buna karşın Zhang ve ark. (2018), aralamanın erken dönemde toprak sıcaklığını artırarak mikrobiyal aktiviteyi ve karbon mineralizasyonunu hızlandırdığını, bunun da toprak C ve N dinamiklerinde kısa vadeli değişimlere yol açtığını bildirmiştir. Mevcut çalışmada ise aralamanın C/N oranını kısmen yükseltme eğiliminde olduğu görülmüştür. Bu durum Bravo ve ark. (2015) tarafından sarıçam meşcerelerinde yapılan çalışmayla benzerlik göstermektedir; Nitekim söz konusu çalışmada aralama ile meşcere kapalılığının ve göğüs yüzeyinin azalması, sisteme dahil olan ölü örtü miktarını azaltırken, artan solar radyasyon azotun immobilizasyonuna yol açarak C/N oranının yükselmesine neden olduğu bildirilmiştir.

Bakı faktörünün toprak C/N oranı üzerindeki etkisi anlamlı bulunmuş ve güneşli bakıda daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Bu durum, gölgeli bakıların daha dengeli mikroklimatik koşullara (optimal sıcaklık ve yüksek nem) sahip olması ve ayrışmanın gölgeli bakıda daha hızlı olduğuna işaret etmektedir. Güneşli bakıda vejetasyon döneminin belirli evrelerinde yaşanan kuraklık stresi ve nem yetersizliği, mikrobiyal dekompozisyonu kısıtlayarak azotun mineralize olmasını engellemekte ve bu oranın yüksek kalmasına neden olabilmektedir (Bravo ve ark., 2015).

Mevsimsel açıdan, her iki bakıda da vejetasyonun erken dönemlerinde (ilkbahar) C/N oranlarının daha düşük seyrettiği belirlenmiştir. Bu bulgu, ilkbahar döneminde toprak sıcaklığı ve neminin ayrışma faaliyetleri için optimal seviyelere ulaşması ve bu dönemde toprak solunumu ile temsil edilen mikrobiyal metabolizmanın en yüksek verimliliğe ulaşmasıyla açıklanabilir. Özellikle güneşli bakıda şiddetli aralama parsellerinde yaz döneminde saptanan yüksek C/N oranları, artan sıcaklık ve azalan nemin sebep olduğu kuraklık stresinin mikrobiyal süreçler üzerindeki baskılayıcı etkisini teyit etmektedir.

4.15 Toprakta Mikrobiyal Biyokütle Karbon

Toprak mikrobiyal biyokütlesi, toprağın dinamik bir biyolojik bileşenidir. Toplam organik karbon içeriğinin nispeten küçük bir kısmını (%1-3) teşkil etmesine rağmen,

orman ekosistemlerinin besin döngülerinde kilit bir rol üstlenmekte ve toprak sağlığının hassas bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Jenkinson ve Ladd, 1980; Jenkinson ve Powlson, 1980).

Elde edilen bulgulara göre bakı ve mevsim faktörlerinin T_{MBC} üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu tespit edilirken aralama faktörünün anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bu durum, aralama uygulamasının T_{MBC} üzerinde tek başına belirleyici bir etki oluşturamadığını ancak diğer faktörlerle (bakı ve mevsim) birlikte etkileşime girdiğinde T_{MBC} dinamiklerini önemli ölçüde değiştirdiğini göstermektedir. Elde edilen bu bulgu, toprak mikroklimasının ve organik maddenin kalitesindeki değişimlerin T_{MBC} üzerindeki karmaşık etkisini vurgulayan literatürdeki birçok çalışmayla uyumludur (Olsson ve ark., 1996; Tolunay, 2004; Genç, 2011; Erkan ve ark., 2023). Çalışmada elde edilen sonuçlar, aralamanın T_{MBC} üzerindeki etkilerinin kısa vadede sınırlı kalabileceği veya etkilerin meşcere tipi, iklim ve toprak koşulları gibi yerel faktörlere bağlı olarak değişebileceği fikrini desteklemektedir.

Gölgeli bakıda T_{MBC} miktarı ($743,9 \mu\text{g g}^{-1}$), güneşli bakıya ($353,2 \mu\text{g g}^{-1}$) göre daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, gölgeli bakıların daha nemli ve ılıman koşullarının, mikrobiyal aktivite için daha elverişli bir ortam sağladığını desteklemektedir.

Şekil 3.17’de görüldüğü üzere T_{MBC} değerleri mevsimsel olarak önemli dalgalanmalar göstermektedir. Hem güneşli hem de gölgeli bakılarda T_{MBC} , en düşük değerlerine 2024 yılı ilkbahar döneminde ulaşmıştır. Bu düşük değerler, düşük toprak sıcaklığı ve literatürde belirtildiği gibi kış mevsiminin ardından toprağın hızla çözünmesi ve ilkbahar yağışlarıyla birlikte besin elementlerinin topraktan yıkanmasıyla ilişkilendirilebilir (Barbhuiya ve ark., 2004; Lull ve ark., 2020; 2023).

Gölgeli bakıda, T_{MBC} değerleri ilkbaharda en düşük seviyedeyle ilerleyen örnekleme dönemlerinde ciddi bir artış göstermiştir. Akabinde Ağustos örneklemesinde bir düşüş yaşanmış ancak son örnekleme dönemi olan Ekim ayında tekrar yükselerek zirve yapmıştır. Ağustos döneminde yaşanan düşüş yaz kuraklığı, sonbahardaki yükseliş ise sonbahar yağışları ile artan toprak nemi ile ilişkilendirilebilir. Gölgeli bakıda gerçekleşen bu mevsimsel patern, özellikle yaz aylarında toprak sıcaklığının artmasıyla mikrobiyal faaliyeti tetiklemiş olabilir (Wu ve ark., 2000; Bolat, 2014).

Aralama faaliyetinin yapıldığı ilk örnekleme dönemlerinde mutedil ve alçak aralama yapılan parsellerde T_{MBC} değerleri daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, aralama sonrasında toprağa karışan kesim artıklarının ve artan organik materyalin, mikrobiyal topluluklar için daha fazla substrat (besin) sağlamasıyla açıklanmaktadır (Goldin ve Hutchinson, 2013; Lull ve ark., 2020). Ayrıca, aralama ile meşcere içine daha fazla ışığın girmesi neticesinde artan toprak sıcaklığı da bu artışa katkı sunmuş olabilir.

Güneşli bakılarda, T_{MBC} değerleri mevsim boyunca gölgeli bakıya göre daha düşük seyretmiştir. Bu durum, yılın büyük bir bölümünde yüksek sıcaklık ve düşük nemin mikrobiyal yaşamı sınırlamasıyla ilişkilendirilebilir (Fisher ve Gosz, 1986; Barg ve Edmonds, 1999). Güneşli bakıdaki olumsuz koşullara rağmen özellikle şiddetli aralama müdahalesi, T_{MBC} değerlerinin artmasına katkıda bulunmuştur. Bu artış, aralama sonrası değişen mikroklima koşulları ve şiddetli aralama alanlarındaki ekstra organik madde girdisiyle ilişkilendirilebilir. Nitekim meşcerede kapalılığın kırılmasıyla toprağa ulaşan güneş ışığı miktarı artmış, bu da toprak sıcaklığını yükselterek belirli bir noktaya kadar mikrobiyal aktiviteyi teşvik etmiş olabilir. Ancak bu etkinin kalıcılığı yaz dönemlerinde nemin sınırlayıcı bir faktör haline gelmesiyle azalmış olabilir (Thibodeau ve ark., 2000).

4.16 Toprakta Mikrobiyal Biyokütle Azot

Mikrobiyal biyokütle azot (T_{MBN}), toprak mikrobiyotasının azot döngüsündeki rolünü anlamak için kritik bir parametredir. Azotun mobil (toprakta ve bitkide taşınabilen) bir element olması nedeniyle, T_{MBN} değerleri de çevresel koşullardaki değişimlere karşı hassas bir erken gösterge işlevi görmektedir (Balota ve ark., 2003).

Yapılan analizler T_{MBN} değerlerinin; aralama şiddeti, bakı ve mevsim faktörlerinden istatistiksel olarak anlamlı şekilde etkilendiğini göstermektedir. Bu bulgu, T_{MBN} dinamiklerinin tek bir faktörden ziyade, farklı çevresel koşulların karmaşık etkileşimi altında şekillendiğini göstermektedir. Gölgeli bakıda ($107,2 \mu\text{g g}^{-1}$) ölçülen T_{MBN} değerleri, güneşli bakının ($52,9 \mu\text{g g}^{-1}$) neredeyse iki katıdır. Bu durum, gölgeli bakıların daha nemli ve daha dengeli mikro iklimi sayesinde azotun organik maddede daha uzun süre tutulduğunu ve mikrobiyal toplulukların daha fazla azot stokladığını göstermektedir (Fisher ve Gosz, 1986; Barg ve Edmonds, 1999). Gölgeli bakıda mikrobiyal biyokütle azotun daha yüksek olmasının, bu bakıdaki daha fazla organik madde girişi ve dolayısıyla daha yüksek organik karbon ve toplam azot içeriği ile ilişkili olabileceği düşünülebilir.

T_{-MBN} değerlerinin mevsimsel değişimi incelendiğinde T_{-MBC} 'den farklı bir seyir izlediği gözlemlenmiştir. T_{-MBN}, güneşli bakıda Ekim ayında en düşük değerine ulaşırken gölgeli bakı en düşük seviyelerine Haziran ayında ulaşmıştır. Gölge bakıda Ekim-2024 döneminde şiddetli aralamanın yapıldığı deneme alanlarında T_{-MBN} değeri 200,00 µg g⁻¹ üzerinde bulunmuş ve diğer gruplardan anlamlı şekilde ayrılmıştır. Bu durum, şiddetli aralama sonrası toprağa karışan organik maddenin azot mineralizasyonunu ve mikrobiyal topluluklar tarafından azot tutulumunu hızlandırdığını göstermekle birlikte aralamanın toprağa daha fazla organik madde (substrat) sağlamasıyla, mikrobiyal toplulukların azot tutma kapasitesinin arttığı yönündeki hipotezi desteklemektedir (Bolat, 2014; Li vd., 2004).

Güneşli bakıdaki T_{-MBN} değerleri çalışma süresi boyunca gölgeli bakıya göre genel olarak düşük kalmıştır. Bu durum, yılın büyük bir bölümünde yüksek sıcaklık ve düşük nemin mikrobiyal yaşamı kısıtlamasıyla ilişkili olabilir. Mikrobiyal aktivitenin bu koşullar altında sınırlı olması, azotun biyokütle içinde tutulmasını da engellemektedir. Buna rağmen, aralama şiddetinin T_{-MBN} üzerindeki etkisi daha belirgin gerçekleşmiştir. Bu artış, aralama müdahalesi ile meşcere kapalılığın düşürülmesinin toprak mikroklimasını değiştirerek organik madde ayrışmasını artırmasıyla açıklanabilir (Thibodeau ve ark., 2000). Ancak, bu olumlu etkinin kalıcılığı, nemin sınırlayıcı bir faktör haline gelmesiyle azalmış olabilir.

4.17 Toprakta Mikrobiyal Katsayı (qMic)

Toprak mikrobiyal katsayısı (qMic), toplam organik karbon havuzunun mikrobiyal biyokütleyle dönüştürülen aktif kısmını ifade eden ve toprağın biyolojik kalitesini yansıtan temel bir parametredir (Sparling, 1992). Bu oran, toprak ekosistemindeki karbon kullanım etkinliğini ve organik madde stabilitesini belirlemek amacıyla hassas bir biyogösterge (indikatör) olarak kullanılmaktadır (Anderson ve Domsch, 1989). Genellikle orman topraklarında çevre koşullarına bağlı olarak %0,5 ile %2,5 aralığında seyreden qMic değerleri; bu eşiklerin altına düştüğünde mikrobiyal topluluk üzerinde çevresel stresin arttığına veya organik madde kalitesinin yetersizliğine işaret etmektedir (Bauhus ve Khanna, 1999).

Mevcut çalışmada toprak qMic değerleri üzerinde aralama ve bakı faktörlerinin tek başına (ana etki) istatistiksel olarak anlamlı bir etkilerinin olmadığı tespit edilmiştir. Ancak,

mevsim ve mevsimle ilişkili tüm etkileşimlerin anlamlı bulunması, silvökültürel müdahalelerin toprak mikrobiyal verimliliği üzerindeki etkisinin çevresel dinamikler tarafından güçlü bir şekilde etkilendiğini göstermektedir. Aralama işleminin etkisi istatistiksel olarak anlamsız olsa da aralama işlemlerinin kontrol grubuna göre sayısal olarak daha yüksek q_{Mic} değerlerine sahip olması, müdahale sonrası sahada kalan kesim artıkları ve kök eksüdasyonu (rizosferdeki taze karbon salımı) yoluyla sisteme dahil olan taze karbon girdisinin mikrobiyal popülasyonu teşvik ettiğini düşündürmektedir. Nitekim Bolat (2014), karaçam meşcerelerinde yaptığı çalışmada aralamanın, mikrobiyal biyokütlenin organik karbona oranını (C_{mic}/C_{org}) artırma eğiliminde olduğunu (aralamada %1,82; kontrolde %1,52) ve bu artışın taze substrat girdisi ile daha verimli bir mikrobiyal biyokütle üretimi sonucu geliştiğini vurgulamıştır.

Mevsimsel dinamikler incelendiğinde, q_{Mic} değerlerinin çalışma süresince en yüksek seviyesine Ağustos 2024 döneminde ulaştığı görülmektedir. Bu bulgu, Bolat (2011) ve Babür (2018) tarafından vurgulanan; yaz dönemindeki sıcaklık avantajının mikrobiyal metabolizmayı hızlandırarak organik maddeyi mikrobiyal biyokütleye dönüştürme verimliliğini arttıran literatürdeki bulgularla paralellik göstermektedir. Öte yandan, yaz döneminde mikrobiyal biyokütle karbondaki artışa karşı toprak solunumu değerlerinde saptanan düşüş, mikrobiyal topluluğun kuraklık stresine karşı geliştirdiği özgün bir hayatta kalma stratejisine işaret etmektedir. Bu durum, mikroorganizmaların yüksek sıcaklık ve düşük nem kısıtı altında enerjilerini metabolik aktiviteye (stres solunumu) harcamak yerine, bir çeşit "dormansi" veya "streslen kaçınma" mekanizmasıyla karbonu hücre bünyesinde stabilize ettiklerini göstermektedir. Dormansi halindeki toplulukların metabolik hızlarını minimuma indirerek karbonu biyokütle havuzunda korumaları, yaz döneminde saptanan yüksek q_{Mic} oranlarının temel ekolojik gerekçesi olarak değerlendirilebilir.

Güneşli bakıda q_{Mic} oranlarının gölgeli bakıya kıyasla daha dinamik ve değişken bir seyir izlediği tespit edilmiştir. Özellikle yaz dönemi örneklemelerinde aralama işlemleri arasında saptanan anlamlı farklar ve kontrol işleminin genel olarak daha düşük bir seyir izlemesi, güneşli bakıdaki kapalılığın mikrobiyal toplulukları çevresel streslerden korumada yetersiz kalabildiğini veya aralamanın yarattığı "taze girdi" etkisinin bu bakıda daha belirgin olduğunu düşündürmektedir. Sarıçamda ölü örtünün zor ayrışan yapısı dikkate alındığında, güneşli bakıdaki kuraklık stresinin bu zor substratın işlenmesini daha

da güçleştirerek qMic oranlarını baskılayabildiği, ancak aralama müdahalesinin sisteme dahil ettiği taze karbonun bu baskıyı geçici olarak kırdığı söylenebilir (Sarıyıldız ve ark., 2005).

4.18 Toprak Nemi

Toprak nemi hem bitki gelişimi hem de toprak ekosistem işleyişi açısından temel bir bileşendir. Bitkiler için suyun ana kaynağını oluşturarak fotosentez, besin alımı ve transpirasyon süreçlerini doğrudan etkilemektedir (Weil ve Brady, 2017). Ayrıca toprak nem düzeyi, mikrobiyal aktivite ve organik madde mineralizasyon hızını belirleyerek ekosistemdeki karbon ve azot döngülerinin düzenlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Shu ve ark., 2023).

Bu çalışmada; bakı, aralama ve mevsim ana faktörleri ile bu faktörler arasındaki tüm etkileşimlerin toprak nemi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Gölge bakının ortalama toprak nem değeri (%17,3) güneşli bakıya göre (%10,2) daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, gölge bakıların daha nemli ortamların oluşmasına neden olduğu ve bu durumun toprak organik karbon stoklarını ve bitki örtüsü gelişimini desteklediği yönündeki literatür bilgileri ile örtüşmektedir.

Çalışmamızda gölge bakılarda daha yüksek toprak nemi ve buna paralel olarak daha yüksek toprak organik karbon değerleri belirlenmiştir. Buna karşın güneşli bakıda ölü örtü stokunun daha yüksek bulunması, yüzeydeki organik maddenin ayrışma hızının düşük nem ve yüksek C/N oranı nedeniyle sınırlanmasıyla açıklanabilir. Bu durum, bakı yönünün organik madde dinamiklerini farklı karbon havuzlarında farklı biçimlerde etkileyebildiğini; gölge bakılarda organik maddenin daha hızlı ayrışarak toprağa taşındığını, güneşli bakılarda ise ayrışmanın sınırlanması nedeniyle ölü örtü formunda birikimin arttığını göstermektedir (Rawlik ve ark., 2019; Demir ve Göl, 2022).

Mevsimsel değişim grafiğine bakıldığında her iki bakıda da ilk örnekleme döneminde şiddetli aralama gruplarında tespit edilen nem miktarının en yüksek düzeyde olduğu görülmüştür (Şekil 3.20). Bu durum, literatürde ki bazı çalışmalar (Son ve ark., 1999; Makineci, 1999) ile örtüşmektedir. Bu çalışmalarda aralama yapılan alanlar, başlangıçta daha yüksek toprak nemine sahip bulunmuştur. Bu durum, şiddetli aralama alanlarında transpirasyon ve intersepsiyonun azalması sonucu su varlığının artmasıyla ilişkilendirilebilir (Son ve ark., 2004). Ancak, aralamanın nem üzerindeki etkisi bakılara

göre farklılık göstermiştir. Gölge bakıda, aralamanın bu olumlu etkisi devam etmiş ve son örnekleme döneminde şiddetli aralama alanları en yüksek neme sahip olmuştur. Güneşli bakıda ise bu etki son örnekleme dönemlerinde kaybolmuş ve kontrol alanları aralama gruplarından daha nemli bulunmuştur. Bu durum, güneşli bakıdaki yüksek solar radyasyon ve evapotranspirasyon seviyeleri nedeniyle (Li ve ark., 2025), aralamanın başlangıçta neden olduğu pozitif nem etkisinin kısa sürede ortadan kalkması ve hatta kontrol alanlarına göre nem seviyesinin daha düşük hale gelmesiyle açıklanabilir.

Mevsimsel olarak en düşük toprak neminin Ağustos-2024'te güneşli bakıda, en yüksek nemin ise Haziran-2023'te gölgeli bakıda şiddetli aralama alanında görülmesi, mevsimsel kuraklık ve güneşlenme süresinin ve şiddetinin toprak nemi üzerindeki belirleyici etkisini vurgulamaktadır. Dolayısıyla toprak neminin; mevsime, bakıya ve aralamaya bağlı olarak karmaşık dinamikler sergilediğini göstermektedir.

4.19 Toprak Sıcaklığı

Toprak sıcaklığı, bitki gelişimi, organik madde oluşumu ve nem içeriği gibi birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreç üzerinde doğrudan etkili olan en önemli toprak değişkenlerinden birisidir (Keenan ve Kimmins, 1993).

Bu çalışmada toprak sıcaklığı üzerinde; bakı, aralama, mevsim ve bu faktörlere bağlı tüm etkileşimlerin anlamlı etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Güneşli bakıların (20,5°C), gölgeli bakılara göre (18,7°C) daha yüksek sıcaklığa sahip olması, güneş radyasyonunun topografik faktörlerle olan doğrudan ilişkisini göstermektedir (Çepel ve Irmak, 1968; Jasińska ve ark., 2019).

Aralama faktörünün toprak sıcaklığı üzerindeki anlamlı etkisi, özellikle şiddetli aralama alanlarında sıcaklık artışlarının daha belirgin olmasıyla ilişkilendirilebilir. Nitekim Zhang ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada aralamaların toprak sıcaklığını yaklaşık %8,7 oranında artırdığını bildirmiştir. Ayrıca Liu ve ark., (2019) ile Parmenter ve Losleben, (2023) tarafından yapılan çalışmalarda aralama sonrası toprak yüzeyinde 2-15 °C arasında belirgin sıcaklık artışlarının olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte aralama yapılan alanlarda toprak sıcaklığının yükseldiği ve bu yükselişin özellikle yaz aylarında daha belirgin hale geldiği tespit edilmiştir (Son ve ark., 2004; Akburak, 2013). Literatürdeki çalışmalara benzer şekilde mevcut çalışmada özellikle şiddetli aralamanın uygulandığı deneme alanlarında kapalılığın kırılması ve göğüs yüzeyinin azalmasına

bağlı olarak meşcere tabanı daha fazla güneş ışığına maruz kalmış ve kontrol işlemi ile istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşmuştur.

Mevsimsel olarak en yüksek sıcaklığın Ağustos-2023 döneminde, en düşük sıcaklığın ise Ekim-2023 döneminde ölçülmesi, toprak sıcaklığının mevsimsel döngülerle uyumlu olduğunu göstermektedir. BxM ve AxM etkileşimlerinin anlamlı çıkması, toprak sıcaklığındaki mevsimsel değişimlerin, bakı ve aralama uygulamalarına bağlı olarak farklı desenler sergilediğini ortaya koymaktadır. Güneşli bakıda aralama etkisinin ilk ölçümden itibaren belirginleşmesi, bu alanlarda aralama sonrası oluşan mikroklima değişimlerinin etkisinin daha hızlı ve kalıcı olduğunu göstermektedir.

4.20 Toprakta Bazal (Mikrobiyal) Solunum

Toprak bazal solunumu, toprak mikroorganizmalarının metabolik aktivitesini ve toprak kalitesini doğrudan yansıtan önemli bir göstergedir. Genellikle, toprağa organik bir madde eklenmeden ölçülen bazal solunum (Alef ve Nannipieri, 1995), toprağın organik madde ayrışma hızını ve besin döngüsünün etkinliğini anlamak için kullanılan kritik göstergelerden birisidir. Bu nedenle bazal solunum, T-MBC ve T-MBN gibi, toprağın mevcut çevresel koşullara ne kadar hızlı tepki verdiğini göstererek toprak sağlığının ve kalitesinin iyi birer göstergesi olarak kabul edilmektedir (Sparling ve ark., 1997; Tüfekçioğlu ve Küçük, 2004).

Analiz sonuçları, toprak bazal solunum değerlerinin bakı ve mevsim faktörlerinden ile bunların etkileşimlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkilendiğini göstermiştir. Aralama faktörünün ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmasa da, rakamsal değerler incelendiğinde kontrol işlemindeki ortalama bazal solunumun (1,26), aralama uygulanan alanlara (mutedil: 1,06; şiddetli: 1,14) kıyasla nispeten yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuç, Aralama müdahalesinin kısa vadede bazal solunum hızını baskılama eğiliminde olduğuna işaret etmektedir.

Bazal solunumun tek bir faktörden ziyade toprak mikrokliması ve organik madde kalitesindeki değişimlerin ortak etkisi altında şekillendiği bilinmektedir (Bautista ve ark., 2021). Nitekim literatürde aralamanın bazal solunum üzerindeki etkisine dair bulgular çeşitlilik göstermektedir. Örneğin Bolat (2014) ile Semercioğlu ve ark. (2023) aralamanın bazal solunum üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını bildirirken; Wic Baena ve ark. (2013) ile Goncharova ve ark. (2020) aralama alanlarında kontrol parsellerine göre

anlamalı farklılıklar tespit etmiştir. Bu varyasyonlar, bazal solunumun; toprak sıcaklığı, nem içeriği, organik madde miktarı ve mikrobiyal kompozisyon gibi birçok çevresel ve biyotik faktörün karmaşık etkileşimiyle değişebildiğini göstermektedir. (Tüfekçioğlu ve ark., 2001; Nilsen ve Strand, 2008; Cregger ve ark., 2012; Akburak ve Makineci, 2013; Akbaş ve Tüfekçioğlu, 2022).

Zhang ve ark. (2018) tarafından yapılan bir meta-analiz çalışmasında, bazal solunum üzerindeki etkinin aralama sonrası ilk yıllarda (<2 yıl) pozitif ve anlamlı olduğu (+%32,5), ancak ilerleyen süreçte değerlerin aralama öncesi seviyelere döndüğü bildirilmiştir. Bu bulguyla uyumlu olarak; çalışmamızda özellikle gölgeli bakıda, ilk örnekleme dönemlerinde (Haziran ve Ekim 2023) şiddetli aralama grubundaki bazal solunum ortalamaları, kontrol ve mutedil aralama gruplarından daha yüksek bulunmuş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Ancak güneşli bakıda ikinci yıldan itibaren bazal solunum değerlerinde düşüş eğilimi gözlenmiştir.

Her iki bakıda da ilkbahar döneminde (Haziran-2023), özellikle şiddetli aralama grubunda yüksek bazal solunum tespit edilmiştir. Bu artış; aralama sonrası sahada bırakılan kesim artıkları (substrat girdisi) ve kapalılığın kırılmasıyla artan toprak sıcaklığının mikrobiyal faaliyeti teşvik etmesiyle ilişkilendirilebilir. Gölge bakıda yaz aylarında (Ağustos) görülen düşüşün ardından, Ekim ayında değerlerin tekrar yükselmesi; heterotrofik solunumun iklimsel koşullara verdiği tepkiyle açıklanabilir (Davidson ve ark., 2006; Moyano ve ark., 2012). Sonbaharda azalan sıcaklıklar ve artan yağışlarla (nem) birlikte, mikroorganizmaların yaz kuraklığı stresinden kurtularak aktivitelerini artırdığı düşünülmektedir.

Güneşli bakıdaki bazal solunum değerlerinin gölgeli bakıya göre daha düşük seyretmesi; bu bakının yıl boyunca maruz kaldığı yüksek sıcaklık ve düşük nem koşullarıyla ilişkilidir. Nitekim mikrobiyal faaliyet, kuru ve sıcak koşullar altında sınırlanmaktadır. Bahar aylarındaki geçici artışlar mevsimsel yağışlarla açıklanabilse de; güneşli bakıdaki yüksek solar radyasyon ve evapotranspirasyon nedeniyle nemin hızla sınırlayıcı faktör haline gelmesi, bu etkinin kısa süreli olmasına yol açmıştır (Thibodeau ve ark., 2000).

Tüm bunlara ek olarak, mevcut çalışmada bazal solunum ile mikrobiyal biyokütle karbon (T-MBC) arasında gözlenen ters yönlü ilişki dikkat çekicidir. Yaz döneminde bazal solunumun düşmesine rağmen T-MBC ve T-MBN miktarlarının yüksek kalması, toprak

mikroorganizmalarının çevresel strese karşı geliştirdiği bir adaptasyon stratejisi olabilir. Metabolik katsayı (qCO_2) verileriyle birlikte değerlendirildiğinde; yaz aylarındaki elverişsiz koşulların (düşük nem, yüksek sıcaklık), mikroorganizmaları "stres altında çok enerji harcama" yerine, kütle yi koruyarak metabolik hızı minimuma indirme (Pasifleşme/Dormansi) stratejisine yönelttiği söylenebilir (de Nijs ve ark., 2019; Brangari ve ark., 2020; Tomar ve Baishya, 2020). Dolayısıyla mikrobiyal topluluk, stres koşulları hafifleyene kadar hayati fonksiyonlarını sürdürebilmek adına solunum hızını baskılamış olabilir.

4.21 Toprak Solunumu

Toprak solunumu, temelde canlı köklerin (ototrofik) ve organik maddeyi parçalayan mikroorganizmaların (heterotrofik) faaliyetlerinin toplamını yansıtmaktadır (Olajuyigbe ve ark., 2012; Akbaş ve Tüfekçioğlu, 2022). Atmosferik karbondioksit döngüsünde yaptığı katkı nedeniyle toprak solunumu son yıllarda küresel iklim değişikliği çalışmalarında dikkatle takip edilen bir toprak değişkenidir. Yeryüzünün 1/3'ünü kaplayan orman ekosistemleri, küresel ölçekte toprak solunumunda önemli bir paya sahip olan karasal ekosistemlerdir (Laganière ve ark., 2012).

Planlı olarak işletilen orman ekosistemlerinde uygulanan silvikültürel müdahaleler, toprak solunumu üzerinde kilit rol oynayan ekosistem bileşenlerini (kök biyokütlesi, toprak sıcaklığı ve nemi vb.) doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Bu nedenle orman ekosistemlerinde toprak solunumunda meydana gelen değişikliklerin takip edilmesi modern ormancılıkta önem arz etmektedir (Burton ve ark., 2002; Ryu ve ark., 2009).

Bu çalışmada toprak solunumu değerleri birim alana dönüştürüldüğünde; kontrol alanında $4,80 \text{ g C m}^{-2}/\text{gün}$, mutedil aralama alanında $4,34 \text{ g C m}^{-2}/\text{gün}$ ve şiddetli aralama alanında $4,65 \text{ g C m}^{-2}/\text{gün}$ toprak solunumu gerçekteştiği belirlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, bakı ve aralama ana faktörlerinin toprak solunumu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmazken; mevsim faktörünün ana etkisi ve tüm faktörlerin birbirleriyle olan etkileşimlerinin ($A \times B$, $A \times M$ vb.) anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Ana etkilerin istatistiksel olarak anlamsız çıkmasına karşın etkileşimlerin anlamlı bulunması; toprak solunumunun bakı ve aralama uygulamalarına verdiği tepkinin sabit

olmadığını, bu tepkinin mevsimsel koşullara (sıcaklık ve nem rejimine) bağlı olarak yön değiştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuç, heterotrofik solunumun özellikle mevsimsel dinamiklerin ve çevresel faktörlerin karmaşık etkileşimi altında şekillendiğini bildiren Davidson ve ark. (2006) ve Moyano ve ark. (2012) çalışmalarıyla örtüşmektedir.

Çalışmamızda gölgeli bakıda ($4,65 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) güneşli bakıya ($4,21 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) göre %10,5 oranında daha fazla toprak solunumu gerçekleşmiş ancak farklı bakı yönleri arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bakı yönleri arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı olmasa da çalışmanın önceki bölümlerinde de vurgulandığı üzere, gölgeli bakının daha ılıman ve nemli (%17,3) koşullara sahip olması, güneşli bakıya kıyasla önemli bir avantaj sağlamaktadır. Güneşli bakıda ise yıl boyu yüksek solar radyasyona maruz kalma ve toprak yüzeyinin daha fazla ısınması, toprak nemini kritik seviyelere (%10,2) düşürmektedir. Özellikle yaz aylarında gözlenen bu aşırı nem kaybı, mikrobiyal faaliyeti baskılayarak organik maddenin parçalanma ve toprak profiline karışma süreçleri üzerinde sınırlayıcı bir faktör haline gelmiş olabilir.

Bu çalışmada, aralama faktörünün toprak solunumu üzerindeki ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış olsa da; mevsim ve bakı ile girdiği anlamlı etkileşimler, bu uygulamanın orman içi karbon dinamiklerini değiştirebilme potansiyelini ortaya koymaktadır. Aralama işlemi ile meşcerenin kapalılığı kırılarak göğüs yüzeyi azaltılırken, kesimden kaynaklanan organik kalıntılar (dal, gövde vb.) ekosisteme dâhil olmaktadır. Bu organik madde girdisi, Bautista ve ark. (2021), Lull ve ark. (2020) ve Goldin ve Hutchinson (2013) tarafından da belirtildiği üzere, özellikle şiddetli aralama alanlarında mikrobiyolojik aktiviteyi (heterotrofik solunumu) tetikleyebilir. Nitekim, gölgeli bakıda şiddetli aralama grubunun Haziran-2023, Ağustos-2023 ve Haziran-2024 dönemlerinde diğer gruplardan istatistiksel olarak ayrılarak yüksek değerler göstermesi, artan substrat girdisinin ve sıcaklığın bir yansıması olabilir. Ayrıca Zhang ve ark. (2018), aralama müdahalelerinin özellikle ilk yıllarda toprak solunumunu artırabileceğini (%29,4'e varan oranlarda) belirtmiştir.

Ancak çalışmanın genel ortalamalarına bakıldığında, aralama alanlarındaki toprak solunumu değerlerinin kontrol grubuna kıyasla daha düşük kaldığı görülmektedir. Bu durum, aralama sonrası ağaç sayısının azalmasına bağlı olarak kök yoğunluğunun ve

dolayısıyla kök solunumunun (ototrofik bileşenin) azalması ile açıklanabilir (Lloyd ve Taylor, 1994; Tüfekçioğlu ve Küçük, 2004; Tang ve ark., 2005; Inclán ve ark., 2010).

Toprak solunumuna ilişkin mevsimsel değişim grafiği (Şekil 3.23) incelendiğinde; toprak sıcaklığı ve neminin belirleyici etkisi açıkça görülmektedir (Tüfekçioğlu ve Küçük, 2004). Toprak solunumu; toprak neminin %18-24 ve sıcaklığının 17,3 °C – 20,4 °C aralığında olduğu ılıman ilkbahar sonu/yaz başlangıcı döneminde optimum seviyeye ulaşmıştır. Buna karşın, yaz ortası ve vejetasyon sonu ölçümlerinde; yüksek sıcaklık ve yetersiz yağış nedeniyle oluşan su açığı (potansiyel evapotranspirasyonun karşılanamaması), mikrobiyal ve kök faaliyetlerini baskılayarak solunum değerlerini düşürmüştür (Kowalenko ve ark., 1978; Semercioğlu ve ark., 2023).

Benzer şekilde Tang ve ark. (2005), yaz kuraklığının mikroorganizmaları strese sokarak solunumu azalttığını tespit etmiştir. Semercioğlu ve ark. (2023) ise genç kayın meşcerelerinde toprak solunumunun yaz döneminde en yüksek seviyeye ulaştığını bildirmiştir. Ancak mevcut çalışmamızda yaz aylarında görülen düşüş, bu bulguyla farklılık göstermektedir. Bu çelişki; çalışma alanımızın topografik özellikleri (yüksek rakım, bakı) ve yarı kurak geçiş kuşağı özellikleri nedeniyle, yaz aylarında nemin sıcaklıktan daha sınırlayıcı bir faktör haline gelmesiyle açıklanabilir (Raich ve Schlesinger, 1992; Boone ve ark., 1998; Wang ve ark., 2014).

Çalışma süresince güneşli bakıda Haziran-2024 ve Ağustos-2024 dönemlerinde yüksek solar radyasyon ve şiddetli buharlaşma nedeniyle toprak neminin kritik seviyelere düşmesi, toprak solunumunu baskılamıştır. Bu dönemde hem mutedil hem de şiddetli aralama alanlarındaki değerlerin kontrol grubundan anlamlı derecede düşük olması; aralamanın başlangıçta sağladığı nem avantajının, aşırı buharlaşma ile hızla kaybolduğunu göstermektedir (Ciais ve ark., 2005; Wan ve ark., 2007; Oyonarte ve ark., 2012; Selsted ve ark., 2012).

Tüm bunlara ek olarak, çalışmada saptanan ortalama toprak solunumu değerleri (4,34–4,80 g g C m⁻²/gün), literatürde soda-kireç (alkali absorpsiyon) yöntemiyle elde edilen verilerden (Akburak, 2013; Çömez ve Kaptanoğlu, 2023; Semercioğlu ve ark., 2023) daha yüksektir. Bu fark, metodolojik bir nedene dayanmaktadır; zira statik yöntemler (soda-kireç), çalışmamızda kullanılan modern IRGA (Kızılötesi Gaz Analizörü) tabanlı

dinamik yöntemlere kıyasla toprak solunumunu olduğundan daha düşük tahmin etme (underestimate) eğilimindedir (Ewel ve ark., 1987; Haynes ve Gower, 1995)."

4.22 Toprak Solunumu Tahmin Modelleri

Bu çalışmada toprak solunumu, çevresel (sıcaklık, nem) ve biyolojik (T_{MBC} , T_{MBN}) değişkenler aracılığıyla çoklu regresyon modelleri kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen modellerin açıklayıcılık katsayıları ($R^2=0,49-0,64$), orman ekosistemlerinde toprak solunumunun tahmininde abiyotik ve biyotik faktörlerin entegre edilmesinin kritik önemini teyit etmektedir. Raich ve Tufekcioglu (2000) tarafından yapılan kapsamlı incelemelerde vurgulandığı üzere, toprak solunumu ekosistem tipine, vejetasyon yapısına ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmekte ve bu varyasyonun modellenmesi ise ancak çevresel değişkenlerin doğru entegrasyonu ile mümkün olabilmektedir.

Modellerin tamamında toprak neminin (T_{NEM}) ve toprak sıcaklığının (T_{SIC}) pozitif katsayılara sahip olması, bu iki abiyotik değişkenin, solunumu değişkenini etkileyen temel değişkenler olduğunu göstermektedir. Raich ve Schlesinger (1992) ise, sıcaklığın global karbon döngüsünde solunumu kontrol eden birincil faktör olduğunu, nemin ise bu süreci kısıtlayıcı veya teşvik edici bir işlev gördüğünü vurgulamıştır. Özellikle gölgeli bakı modelinde açıklayıcılığın ($R^2=0,64$) en yüksek seviyeye ulaşması, Davidson ve ark. (1998) tarafından tanımlanan "optimal nem ve sıcaklık etkileşimi" ile açıklanabilir; zira gölgeli alanlarda nem kısıtı daha az yaşandığı için solunumun sıcaklığa olan bağımlılığı regresyon modellerinde daha kararlı bir yapı sergilemiş olabilir.

Güneşli bakıda açıklayıcılığın %49'a düşmesi, Sariyildiz ve ark. (2005) tarafından vurgulanan topografik kısıtlarla uyumludur. Bakı ve eğim gibi topoğrafik faktörler, özellikle kurak dönemlerde toprak neminin biyolojik süreçleri sınırlayan kritik eşiklerin altına düşmesine yol açmakta; bu durum sıcaklığın toprak solunumu üzerindeki etkisini zayıflatarak sıcaklık–solunum ilişkisinin doğrusal yapısını bozmakta ve buna bağlı olarak modellerin tahmin gücünü düşürebilmektedir.

Elde edilen modellerde T_{MBC} ve T_{MBN} değişkenlerine ait negatif katsayıların varlığı, mikrobiyal biyokütle artışının mutlak surette solunum artışı ile sonuçlanacağı yönündeki genel literatür beklentisiyle tezat oluşturmaktadır. Bu bulgu, ekosistem işleyişinde mevcut biyokütle stoklarının nicel büyüklüğünden ziyade metabolik verimlilik ve stres

yanıtı gibi daha kompleks mekanizmaların belirleyici olduğuna işaret etmektedir. Raich ve Potter (1995), küresel ölçekte yaptıkları analizlerde, toprak CO₂ emisyonlarının toprak karbon ve azot havuzları ile anlamlı bir korelasyon göstermediğini belirterek, toprakta biyokütle miktarının, toprak solunum hızı ile paralel bir şekilde artmadığını ifade etmiştir. Bu bağlamda mevcut çalışmada toprak solunumu ile azot ve karbon havuzları arasındaki negatif ilişki, iğne yapraklı ormanların düşük kaliteli (yüksek C:N oranlı) ölü örtünün yapısı yapısı altında mikroorganizmaların izlediği "karbon kullanım etkinliği" stratejisi ile açıklanabilir.

Rustad ve ark. (2001) tarafından yapılan meta-analizler, toprak azot dinamiklerindeki değişimlerin (özellikle mineralizasyon ve immobilizasyon dengesinin) solunum üzerindeki etkisinin doğrusal olmadığını ve bazı durumlarda azot mevcudiyetinin organik maddenin odunsu ve zor ayrışan kısımlarını parçalayan enzimlerin çalışmasını yavaşlatarak solunumu düşürebileceğini ifade etmiştir.

Nitekim Bolat (2014), mikrobiyal orandaki (qMic) artışın, toprak mikroorganizmalarının organik karbonu enerji üretimi (solunum) için harcamaktan ziyade, kendi hücresel yapılarına katarak biyokütleye dönüştürme (asimilasyon) kapasitelerinin arttığına işaret ettiğini vurgulamıştır. Çalışma alanındaki negatif regresyon katsayıları da bu mekanizmayı doğrular niteliktedir; mikroorganizmalar mevcut karbonu solunum yoluyla atmosfere vermek yerine, biyokütlelerinde depolayarak sistemde tutma (immobilizasyon) stratejisi izlemektedir.

Neticede, kurulan regresyon modelleri; Sarıçam meşcerelerindeki silvükültürel işlemlerin toprak solunumu üzerindeki etkisini, Raich ve Tufekcioglu (2000) tarafından öne sürülen vejetasyon, mikro iklim ve toprak özelliklerinden oluşan etkileşim ağı çerçevesinde, bütüncül bir yaklaşımla değerlendirmenin önemini ortaya koymaktadır.

4.23 Kılcal Kök Biyokütlesi

Ağaç kökleri, orman ekosistemlerinin en dinamik ve işlevsel bileşenlerinden birini temsil etmektedir (Zou ve Binkley, 1995). Bitki besin döngüsü ve ekosistemin karbon akışı için önemli bir kaynak oluşturmakla birlikte toprak üstü canlı biyokütlenin su ve besin alımında önemli rol oynamaktadır (Vogt ve ark., 1995; Tüfekçioğlu ve ark., 1998; Leppälammi-Kujansuu ve ark., 2014).

Elde edilen bulgulara göre bakı ve aralama faktörlerinin kılcal kök biyokütlesi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, Tüfekçioğlu ve ark., (2005) tarafından Doğu kayını meşcerelerinde yapılan çalışmada 2-5 mm ve toplam kök biyokütlesi değişkenlerinde aralama gurupları arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir. Ancak elde ettiğimiz bulguların aksine Aun ve ark., (2021) tarafından sarıçamda ve Tian ve ark., (2010) tarafından Masson çamı plantasyonlarında yapılan aralama kesimlerinin 0-2 mm kılcal kök biyokütlesi üzerinde anlamlı etkisinin olduğu bildirilmiştir. Bu farklılıklar; kök biyokütlesinin; meşcere yaşı, meşcere tipi, iklim ve toprak özelliklerinin farklılaşmasıyla ilişkilendirilebilir (Nadelhoffer ve Raich, 1992; Vogt ve ark., 1995; Clark ve ark., 2001; Yuan ve ark., 2018; Yavuz, 2022).

Mevcut çalışmada elde edilen kök biyokütlesi değerlerini tartışmak için literatürde çeşitli ibreli ağaç türlerinde tespit edilen kantitatif sonuçlar incelenmiştir. Özellikle çalışmanın ana türü olan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) üzerine yoğunlaşan araştırmalar, kılcal (0–2 mm) kök biyokütlesinin belirli bir aralıkta dalgalandığını göstermektedir. Aun (2021) tarafından Sarıçam’da 2,72 t/ha ile 4,68 t/ha arasında kılcal kök biyokütlesi aralığı saptanırken Persson, (1980) ise çalışmasında kılcal kök biyokütle miktarını 2,58 t/ha olarak tespit etmiştir. Benzer şekilde McKay ve Malcolm, (1988) Sitka ladini’nde kılcal kök biyokütlesini 5,69 t/ha olarak bildirmiştir. Tüfekçioğlu ve ark., (2005) tarafından Artvin’de kayın (*Fagus orientalis* L.) meşcerelerinde yürütülen farklı bir çalışmada ise kılcal kök biyokütlesinin 8,8 t/ha ile 9,5 t/ha arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Türkiye’deki saf Ladin (*Picea orientalis*) meşcerelerinde yürütülen çalışmalar ise daha geniş bir değişkenlik aralığına ve genellikle daha yüksek biyokütle miktarlarına işaret etmektedir. Örneğin, Tüfekçioğlu ve ark., (2002), Artvin’de saf ladin ormanlarında kılcal kök biyokütlesini 11,56 t/ha gibi yüksek bir değerde belirlemiş; farklı çap sınıfları için ise 2–5 mm kök biyokütlesi 3,153 t/ha ve >5 mm kök biyokütlesi 10,20 t/ha olarak tespit edilmiştir. Kök biyokütlesindeki bu farklılıklar, yetiştirme ortamı özellikleri veya genetik etmenler ile ilişkilendirilmiştir (Tüfekçioğlu ve ark., 2002). Bu kantitatif bulgular ışığında, mevcut tez çalışmasında elde edilen kök biyokütlesi değerlerinin, literatürde özellikle sarıçam ve ladin için rapor edilen ibreli türlerdeki aralıklarla genel bir uyum içinde olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada bakı faktörünün kılcal kök biyokütlesi üzerinde anlamlı bir etkisi olmamasına rağmen güneşli bakıda daha fazla kılcal kök biyokütlesi olduğu tespit

edilmiştir. Bu durumun temel nedeni, bitkilerin kuraklık dönemlerinde su alımını maksimize etmek amacıyla normalin dışında birtakım fizyolojik aktiviteler sergilemesi ve kök sistemlerini hem derinlemesine hem de yanlamasına çok daha geniş alanlara yaymasıyla ilişkilendirilebilir (Çepel, 1988). Bu fizyolojik tepkiyi destekler biçimde Tüfekçioğlu ve ark., (2005) tarafından Artvin Genya Dağı yöresindeki ladin meşcerelerinde yürütülen çalışmada, kök biyokütlesinin güneşli bakılarda (güney) gölgeli bakılara (kuzey) göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu ve bu farklılığın nedeni olarak güney bakılara gidildikçe su ve bitki besin ekonomisinin zayıflaması sebebiyle kök yüzey alanını artırarak bu maddeleri sağlama çabası gösterilmiştir (Tüfekçioğlu ve ark., 2005; Yavuz, 2022)

Kılcal kök biyokütlesi dinamiklerinin en güçlü belirleyicisi, istatistiksel olarak anlamlı bulunan mevsim değişkenidir. Kılcal kökler, yıl boyunca sürekli bir ölüm ve yenilenme (turnover) süreci geçirmekte olup bu süreç doğrudan o yılın sıcaklık ve nem koşullarına bağlı olarak şekillenmektedir (Liu ve ark., 2019). Çalışmamızda en yüksek ortalama kılcal kök biyokütle miktarı, vejetasyon dönemi sonuna denk gelen Ekim 2023 döneminde belirlenmiştir. Bu durum orman ekosistemlerinde mevsim sonunda kılcal kök biyokütlesinin yükselmesiyle ilgili yaygın olarak görülen ekolojik bir süreçtir (Du ve ark., 2019; Garthen ve ark., 2025; Tüfekçioğlu ve Küçük, 2010). Ağaçlar, vejetasyon döneminin bitimine doğru toprak besin stoğunu en üst düzeye çıkarmak için ya da kök nekroması (ölü kök biyokütlesi) birikiminin bu dönemde yüksek olması nedeniyle kılcal kök biyokütle miktarını zirveye taşımaktadır (Tüfekçioğlu ve ark., 1998; Leppälampi-Kujansuu ve ark., 2014).

Bakı*mevsim etkileşiminin anlamlı bulunması, mevsimsel değişim rejiminin farklı bakı koşullarında tamamen ayrıştığını göstermektedir. Gölgeli bakıda kılcal kök biyokütlesinde belirgin zirve ve ardından gelen keskin düşüş (Ekim 2023'ten Ekim 2024'e) gölgeli bakıdaki dinamizmin göstergesidir. Gölgeli bakıda optimal nem koşulları, yüksek bir üretim ve dolayısıyla yüksek bir ölüm/yenilenme (turnover) döngüsüne sahip olduğunu göstermektedir (Zhiyanski, 2014).

Kılcal kök biyokütlesi, canlı köklerin yanı sıra ölü(nekromas) kılcal kök biyokütlesini de içermektedir. Ölü kök biyokütlesi, toprak organik karbonuna önemli bir kaynak oluşturmaktadır (Makkonen ve Helmisaari, 1998). AxM ve AxBxM gibi yüksek dereceli etkileşimlerin istatistiksel olarak anlamsız bulunması, aralama müdahalesinin kılcal

köklerin ölüm/yenilenme hızını (nekromas girdisini) mevsimsel olarak anlamlı ölçüde değiştirmedini göstermektedir. Benzer şekilde, Leppälammi-Kujansuu ve ark. (2014), aralamanın ince kök nekromasını artırmadığını bildirmiştir. Bu bulgu, üst toprak katmanındaki karbon girdisinin öncelikle köklerin doğrudan üretimi ve çevresel kısıtlamalar tarafından belirlendiğini; aralamanın etkisinin ise topografik koşullar (özellikle bakı) ile birlikte daha karmaşık bir etkileşim içinde ortaya çıktığını göstermektedir.

Kök biyokütlesinde depolanan organik karbon miktarlarının farklı bakılar arasında birbirine oldukça yakın olduğu belirlenmiş; ancak güneşli bakıda kılcal kök biyokütle karbonunun diğer bakıya göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, bakı faktörünün etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Bitkilerin kuraklık koşullarında su alımını artırmak amacıyla kök sistemlerini daha geniş alanlara yaydığına ilişkin teorik çerçeve (Çepel, 1988) dikkate alındığında, güneşli bakıda daha yüksek buharlaşma ve daha düşük toprak nemi koşullarının, sarıçamın yer altı biyokütlesine öncelik vererek uyum sağlamasını teşvik etmiş olabileceği düşünülmektedir.

5 SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma; Gümüşhane-Torul yöresinde, yarı-nemli iklim kuşağında (C1B1db3), 2000 m rakımda ve üst yamaç konumunda yer alan b çağındaki sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlar, bu ve benzeri yetiştirme ortamı koşullarına sahip ekosistemler için geçerli olup; silvikültürel müdahalelerin karbon dinamikleri üzerindeki etkisinin tek yönlü olmadığını, aralama-bakı-mevsim etkileşimleri ekseninde şekillendiğini ortaya koymuştur.

Aralama Müdahalesinin Karbon Havuzlarına Etkisi

- **Toprak ve Kök Karbonu:** Çalışmada uygulanan aralama müdahalelerinin (Mutedil ve Şiddetli), mineral toprak karbon stokları ve kılcal kök biyokütlesi üzerinde kısa vadede (2 yıl) istatistiksel olarak anlamlı bir ana etkisi bulunmamıştır. Bu durum, toprak organik maddesinin silvikültürel müdahalelere karşı tamponlama kapasitesinin yüksek olduğunu ve kısa vadede stabil kaldığını göstermektedir.
- **Ölü Örtü Dinamiği:** Şiddetli aralama işlemi, kesim artıkları vasıtasıyla sahaya giren ekstra organik madde girdisi nedeniyle ölü örtü karbon stoklarını geçici olarak artırmıştır. Ancak güneşli bakı gibi kuraklığın baskın olduğu alanlarda bu materyalin ayrışmadan birikme eğiliminde olduğu (Yüksek C/N oranı) tespit edilmiştir.
- **Toprak Solunumu:** Beklenenin aksine, en yüksek toprak solunumu değerleri Kontrol parsellerinde kaydedilmiştir. Aralama ile meşcere kapalılığının kırılması (artan toprak sıcaklığı) heterotrofik solunumu teşvik etme potansiyeli taşısa da ağaç sayısının azalmasına bağlı olarak kök biyokütlesinin ve dolayısıyla ototrofik (kök) solunumun azalması, toplam toprak solunumunu düşürmüştür.

Bakı Faktörünün Belirleyici Rolü (Fizyografik Kontrol)

- **Gölgeli Bakı (Depolama Alanı):** Nemli ve ılıman mikroklima koşulları sayesinde ayrışma (dekompozisyon) süreçleri hızlıdır. Bu sayede karbon, ölü örtüden

mineral toprağa etkili bir şekilde transfer edilmiş ve toprak organik karbon stokları (79,5 t/ha) güneşli bakının yaklaşık iki katına ulaşmıştır.

- **Güneşli Bakı (Birikim ve Stres Alanı):** Yüksek radyasyon ve su kısıtı, mikrobiyal aktiviteyi baskılamıştır. Organik materyalin C/N oranının yüksekliği ve kuraklık stresi, ayrışmayı sınırlandırarak karbonun mineral toprağa geçişini engellemiş; bunun sonucunda karbonun büyük kısmı toprak yerine ölü örtü katmanında (8,7 t/ha) birikmiştir.

Mevsimsel Döngüler ve Mikroklimatik Kısıtlar

- **Yaz Kuraklığı Stresi:** Her iki bakıda da toprak solunumu, sıcaklık ve nemin optimum olduğu ilkbahar sonu/yaz başında (Haziran) zirve yapmıştır. Ancak yaz aylarında (Ağustos) sıcaklık artmasına rağmen solunumun düşmesi, çalışma alanında suyun sıcaklıktan daha sınırlayıcı bir faktör olduğunu kanıtlamıştır.
- **Dormansi Stratejisi:** Yaz döneminde mikrobiyal biyokütle (C_{mic}) artarken solunumun düşmesi, mikroorganizmaların kuraklık stresi altında enerji harcamak (solunum) yerine karbonu bünyelerinde tutarak (dormansi/pasifleşme) hayatta kalma stratejisi izlediğini göstermektedir.

Yönetim Önerileri

Elde edilen bulgular ışığında, benzer yetiştirme ortamındaki sarıçam meşcerelerinin karbon ve besin döngüsü sürdürülebilirliği için şu öneriler geliştirilmiştir:

1. **Mutedil Aralama Tercihi:** Şiddetli aralamalar, güneşli bakıda toprak nemini kritik seviyenin altına düşürme (kuruma), gölgeli bakıda ise aşırı ayrışma ile karbon kaybı riski taşımaktadır. Bu nedenle hem meşcere gelişimini destekleyen hem de ekolojik dengeyi (nem ve karbon stoku) koruyan Mutedil Aralama müdahaleleri her iki bakı grubu için de en uygun seçenek olarak önerilmektedir.
2. **Bakıya Özgü Kesim Artığı Yönetimi:** Güneşli bakılarda Ayrışmanın yavaş ve su kısıtının yüksek olması nedeniyle, kesim artıkları mutlaka sahada bırakılmalıdır. Bu materyal, toprak yüzeyinde "malç" etkisi yaratarak evaporasyonu (buharlaşmayı) azaltacak ve toprak nemini koruyacaktır.
3. **Müdahale Zamanlaması:** Toprak solunumunun ve mikrobiyal aktivitenin minimum olduğu, dolayısıyla karbon emisyonu riskinin en az olduğu geç

sonbahar (Ekim sonu) veya erken ilkbahar (Mart-Nisan) dönemleri, aralama müdahaleleri için en uygun zaman aralığıdır. Yaz aylarında yapılacak müdahalelerden, su dengesini bozabileceği için kaçınılmalıdır.

4. Gelecek Çalışmalar İçin Öneri: Bu çalışma aralamanın kısa dönemli (2 yıl) etkilerini ortaya koymuştur. Ekosistemin yeni dengeye ulaşma sürecini anlamak için uzun dönemli izleme çalışmalarına ihtiyaç vardır. Ayrıca, gelecekteki çalışmalarda toplam toprak solunumunun ototrofik (kök) ve heterotrofik (mikrobiyal) bileşenlerine ayrılarak ölçülmesi, aralamanın hangi solunum kaynağını daha çok etkilediğinin netleştirilmesi açısından kritik önem taşımaktadır.



KAYNAKLAR

- Akbaş, M., & Tüfekçioğlu, A. (2022). Contribution of the root component to soil respiration in Oriental beech stands in Artvin, Turkey. *Forest Science*, 68(4), 399–409. <https://doi.org/10.1093/forsci/fxac022>
- Akburak, S. (2013). *Meşe ve gürgen meşcerelerinde aralamanın toprak solunumu ve mikrobiyal solunum üzerine etkileri* [Doktora tezi]. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akburak, S., & Makineci, E. (2013). Temporal changes of soil respiration under different tree species. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(4), 3349–3358. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2795-6>
- Akgül, E. (1969). Çamkoru araştırma ormanında muhtelif bonitetlerde topraktaki başlıca besin maddelerinin derinliklere göre tespiti ve bunlar arasındaki münasebetlerin araştırılması. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15(1).
- Akgül, E., & Aksoy, C. (1978). *Bolu-Şerif Yüksel Araştırma Ormanı'nın genel toprak karakterleri ve toprak haritaları* (Teknik Bülten No. 85). Ormancılık Araştırma Enstitüsü.
- Alef, K., & Nannipieri, P. (1995). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press.
- Alemdağ, Ş. (1967). *Türkiye'deki sarıçam ormanlarının kuruluşu, verim gücü ve bu ormanların işletilmesinde takip edilecek esaslar* (Teknik Bülten No. 20). Ormancılık Araştırma Enstitüsü.
- ALRahahleh, L., Kilpeläinen, A., Ikonen, V.-P., Strandman, H., Venäläinen, A., & Peltola, H. (2018). Effects of CMIP5 projections on volume growth, carbon stock and timber yield in managed Scots pine, Norway spruce and Silver birch stands under southern and northern boreal conditions. *Forests*, 9(4), 208. <https://doi.org/10.3390/f9040208>
- Anderson, J., & Ingram, J. (1994). Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. *Soil Science*, 157, 265. <https://doi.org/10.2307/2261129>

Anderson, T. H., & Domsch, K. H. (1989). Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 21(4), 471–479.

Anderson, T. H., & Domsch, K. H. (1993). The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 25(3), 393–395.

Atalar, F., Güner, Ş. T., Karataş, R., Güner, D., & Sarımehtetoğlu, A. (2024). The effects of thinning on carbon and nutrient fluxes input into forest floor via litterfall in black pine afforestation sites. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(7), 639. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12783-z>

Atalay, İ., Tetik, M., & Yılmaz, Ö. (1985). *Kuzeydoğu Anadolu'nun ekosistemleri* (Teknik Bülten No. 147). Doğu Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.

Aun, K., Kukumägi, M., Varik, M., Becker, H., Aosaar, J., Uri, M., ... & Uri, V. (2021). Short-term effect of thinning on the carbon budget of young and middle-aged Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *Forest Ecology and Management*, 492, 119241. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119241>

Aydınöz, D. (2013). Yükseldikçe bölgelerimize göre her 100 m'deki yağış artışı üzerine bir deneme. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (17), 174–186.

Babur, E. (2018). *Karstik orman ekosistemlerinde aynı yaşlı karaçam, sedir ve kayın ormanlarının ölü örtü ve topraklarında depolanan karbon-azot miktarlarının belirlenmesi; bazı mikrobiyal özelliklerinin mevsimsel değişimlerinin izlenmesi* [Doktora tezi]. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Babur, E., Dindaroğlu, T., Riaz, M., & Uslu, O. S. (2022). Seasonal variations in litter layers' characteristics control microbial respiration and microbial carbon utilization under mature pine, cedar, and beech forest stands in the Eastern Mediterranean karstic ecosystems. *Microbial Ecology*, 84(1), 153–167. <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01842-4>

Baldocchi, D. D. (2020). How eddy covariance flux measurements have contributed to our understanding of global change biology. *Global Change Biology*, 26(1), 242–260. <https://doi.org/10.1111/gcb.14807>

- Balota, E., Colozzi Filho, A., Andrade, D., & Dick, R. (2003). Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. *Biology and Fertility of Soils*, 38, 15–20. <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0590-9>
- Barbhuiya, A. R., Arunachalam, A., Pandey, H. N., Arunachalam, K., Khan, M. L., & Nath, P. C. (2004). Dynamics of soil microbial biomass C, N and P in disturbed and undisturbed stands of a tropical wet-evergreen forest. *European Journal of Soil Biology*, 40(3), 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.02.003>
- Barg, A. K., & Edmonds, R. L. (1999). Influence of partial cutting on site microclimate, soil nitrogen dynamics, and microbial biomass in Douglas-fir stands in Western Washington. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(6), 705–713. <https://doi.org/10.1139/x99-045>
- Barnes, B., Donald, Z., Shirley, D., & Stephen, S. (1998). *Forest ecology* (4th ed.). Wiley.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bauhus, J., & Khanna, P. K. (1999). The significance of microbial biomass in forest soils. In *Going underground-ecological studies in forest soils* (pp. 77–110). Research Signpost.
- Bautista, I., Lidón, A., Lull, C., González-Sanchis, M., & Del Campo, A. D. (2021). Thinning decreased soil respiration differently in two dryland Mediterranean forests with contrasted soil temperature and humidity regimes. *European Journal of Forest Research*, 140(6), 1469–1485. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01413-9>
- Berg, B. (2014). Decomposition patterns for foliar litter—a theory for influencing factors. *Soil Biology and Biochemistry*, 78, 222–232.
- Berg, B., & McClaugherty, C. (1987). Nitrogen release from litter in relation to the disappearance of lignin. *Biogeochemistry*, 4(3), 219–224. <https://doi.org/10.1007/BF02187367>
- Berg, B., & McClaugherty, C. (2020). *Plant litter: Decomposition, humus formation, carbon sequestration*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-59631-6>

- Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Bulk density. In *Methods of soil analysis* (pp. 363–375). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c13>
- Blanco, J. A., Imbert, J. B., & Castillo, F. J. (2008). Nutrient return via litterfall in two contrasting *Pinus sylvestris* forests in the Pyrenees under different thinning intensities. *Forest Ecology and Management*, 256(11), 1840–1852.
- Blanco, J. A., Imbert, J. B., & Castillo, F. J. (2011). Thinning affects *Pinus sylvestris* needle decomposition rates and chemistry differently depending on site conditions. *Biogeochemistry*, 106(3), 397–414. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9518-2>
- Blanco, J. A., Zavala, M. A., Imbert, J. B., & Castillo, F. J. (2005). Sustainability of forest management practices: Evaluation through a simulation model of nutrient cycling. *Forest Ecology and Management*, 213(1), 209–228. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.03.042>
- Bolat, İ. (2011). *Kayın, göknar ve göknar-kayın meşcerelerinde üst toprak ve ölü örtüdeki mikrobiyal biyokütle karbon (C_{mic}), azot (N_{mic}), fosfor (P_{mic}) ve mikrobiyal solunumun mevsimsel değişimi* [Doktora tezi]. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bolat, İ. (2014). The effect of thinning on microbial biomass C, N and basal respiration in black pine forest soils in Mudurnu, Turkey. *European Journal of Forest Research*, 133(1), 131–139. <https://doi.org/10.1007/s10342-013-0752-8>
- Bolat, İ., Kara, Ö., & Tunay, M. (2015). Effects of seasonal changes on microbial biomass and respiration of forest floor and topsoil under Bornmullerian fir stand. *Eurasian Journal of Forest Science*, 3(1), 1–13. <https://doi.org/10.31195/ejejfs.70190>
- Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320(5882), 1444–1449. <https://doi.org/10.1126/science.1155121>
- Boone, R. D., Nadelhoffer, K. J., Canary, J. D., & Kaye, J. P. (1998). Roots exert a strong influence on the temperature sensitivity of soil respiration. *Nature*, 396(6711), 570–572. <https://doi.org/10.1038/25119>
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5), 464–465.

- Box, G. E., & Cox, D. R. (1964). An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 26(2), 211–243.
- Bozakman, İ., & Aksoy, C. (1976). Bolu-Aladağ orman işletmesi Kartalkaya serisinin bazı doğal gençleştirme sahalarında yapılan toprak ve flora etütleri. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22(1).
- Brangarí, A. C., Manzoni, S., & Rousk, J. (2020). A soil microbial model to analyze decoupled microbial growth and respiration during soil drying and rewetting. *Soil Biology and Biochemistry*, 148, 107871. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107871>
- Bravo-Oviedo, A., Ruiz-Peinado, R., Modrego, P., Alonso, R., & Montero, G. (2015). Forest thinning impact on carbon stock and soil condition in Southern European populations of *P. sylvestris* L. *Forest Ecology and Management*, 357, 259–267. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.08.005>
- Bremner, J. M., & Mulvaney, C. S. (1982). Nitrogen—Total. In *Methods of soil analysis*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c31>
- Brookes, P. C., Landman, A., Pruden, G., & Jenkinson, D. S. (1985). Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 17(6), 837–842. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(85\)90144-0](https://doi.org/10.1016/0038-0717(85)90144-0)
- Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002). *Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach* (2nd ed.). Springer-Verlag.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s00442-002-0931-7>
- Caldentey, J., Ibarra, M., & Hernández, J. (2001). Litter fluxes and decomposition in *Nothofagus pumilio* stands in the region of Magallanes, Chile. *Forest Ecology and Management*, 148(1), 145–157. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00532-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00532-6)
- Cambi, M., Certini, G., Neri, F., & Marchi, E. (2015). The impact of heavy traffic on forest soils: A review. *Forest Ecology and Management*, 338, 124–138. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.022>

- Camping, T. J., Dahlgren, R. A., Tate, K. W., & Horwath, W. R. (2002). Change in soil quality due to grazing and oak tree removal in California blue oak woodlands. In *Proceedings of the Fifth Symposium on Oak Woodlands: Oaks in California's Challenging Landscape* (Gen. Tech. Rep. 184).
- Cantlon, J. E. (1953). Vegetation and microclimates on north and south slopes of Cushetunk Mountain, New Jersey. *Ecological Monographs*, 23(3), 241–270. <https://doi.org/10.2307/1943593>
- Chen, X., Page-Dumroese, D., Lv, R., Wang, W., Li, G., & Liu, Y. (2014). Interaction of initial litter quality and thinning intensity on litter decomposition rate, nitrogen accumulation and release in a pine plantation. *Silva Fennica*, 48(4). <https://doi.org/10.14214/sf.1211>
- Chen, X.-L., Wang, D., Chen, X., Wang, J., Diao, J.-J., Zhang, J., & Guan, Q.-W. (2015). Soil microbial functional diversity and biomass as affected by different thinning intensities in a Chinese fir plantation. *Applied Soil Ecology*, 92, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.01.018>
- Chen, Y., Liu, Y., Zhang, J., Yang, W., He, R., & Deng, C. (2018). Microclimate exerts greater control over litter decomposition and enzyme activity than litter quality in an Alpine forest-tundra ecotone. *Scientific Reports*, 8(1), 14998. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33186-4>
- Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogée, J., Allard, V., ... & Valentini, R. (2005). Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437(7058), 529–533. <https://doi.org/10.1038/nature03972>
- Clark, D., Brown, S., Kicklighter, D., Chambers, J., Thomlinson, J., & Ni, J. (2001). Measuring net primary production in forests: Concepts and field methods. *Ecological Applications*, 11, 356–370. <https://doi.org/10.2307/3060894>
- Clarke, N., Gundersen, P., Jönsson-Belyazid, U., Kjønaas, O. J., Persson, T., Sigurdsson, B. D., ... & Vesterdal, L. (2015). Influence of different tree-harvesting intensities on forest soil carbon stocks in boreal and northern temperate forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 351, 9–19.

- Concilio, A., Ma, S., Li, Q., LeMoine, J., Chen, J., North, M., ... & Jensen, R. (2005). Soil respiration response to prescribed burning and thinning in mixed-conifer and hardwood forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(7), 1581–1591. <https://doi.org/10.1139/x05-091>
- Cregger, M. A., Schadt, C. W., McDowell, N. G., Pockman, W. T., & Classen, A. T. (2012). Response of the soil microbial community to changes in precipitation in a semiarid ecosystem. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(24), 8587–8594. <https://doi.org/10.1128/AEM.02050-12>
- Çakır, M., & Akburak, S. (2017). Saf ve karışık meşe, kayın meşcerelerinde ölü örtü dökümü ve bu yolla toprağa verilen besin maddeleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 67(2), 1–1. <https://doi.org/10.17099/jffiu.301602>
- Çepel, N. (1976). Türkiye'nin önemli yetişme bölgelerindeki saf sarıçam ormanlarının gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik etkenler arasındaki ilişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 26(2), 25–64. <https://doi.org/10.17099/jffiu.19182>
- Çepel, N. (1988). *Toprak ilmi: Ders kitabı: Orman topraklarının karakteristikleri, toprakların oluşumu, özellikleri ve ekolojik bakımdan değerlendirilmesi*. İstanbul Üniversitesi.
- Çepel, N., & Irmak, A. (1968). Belgrad Ormanı'nda seçilen birer kayın, meşe ve karaçam meşceresinde yıllık yaprak dökümü miktarı ve bu yolla toprağa verilen besin maddelerinin tespiti üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. <https://doi.org/10.17099/jffiu.60312>
- Çömez, A., Güner, Ş. T., & Tolunay, D. (2021). The effect of stand structure on litter decomposition in *Pinus sylvestris* L. stands in Turkey. *Annals of Forest Science*, 78(1), 19. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-01023-2>
- Çömez, A., & Kaptanoğlu, A. S. (2023). Effects of pre-commercial thinning on soil respiration and some soil properties in Black pine (*Pinus nigra* Arnold) stands. *Ağaç ve Orman*, 4(1).
- Çömez, A., Tolunay, D., & Güner, Ş. T. (2019). Litterfall and the effects of thinning and seed cutting on carbon input into the soil in Scots pine stands in Turkey. *European Journal of Forest Research*, 138(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10342-018-1148-6>

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. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01065.x>

De Frenne, P., Rodríguez-Sánchez, F., Coomes, D. A., Baeten, L., Verstraeten, G., Vellend, M., ... & Verheyen, K. (2013). Microclimate moderates plant responses to macroclimate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(46), 18561–18565. <https://doi.org/10.1073/pnas.1311190110>

de Nijs, E. A., Hicks, L. C., Leizeaga, A., Tietema, A., & Rousk, J. (2019). Soil microbial moisture dependences and responses to drying-rewetting: The legacy of 18 years drought. *Global Change Biology*, 25(3), 1005–1015. <https://doi.org/10.1111/gcb.14508>

Del Río, M., Bravo-Oviedo, A., Pretzsch, H., Löf, M., & Ruiz-Peinado, R. (2017). A review of thinning effects on Scots pine stands: From growth and yield to new challenges under global change. *Forest Systems*, 26(2), eR03S. <https://doi.org/10.5424/fs/2017262-11325>

Demir, K., & Göl, C. (2022). Anadolu karaçam ormanlarında bakının ölü örtü ve üst toprak özelliklerine etkileri. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 89–97. <https://doi.org/10.53516/ajfr.1180853>

Demir, R. (2021). *Baltalık işletmesinde tıraşlama kesiminin üst toprağın bazı hidro-fiziksel özellikleri ve otsu vejetasyon üzerindeki etkisi* [Doktora tezi]. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Deng, C., Zhang, S., Lu, Y., Froese, R. E., Ming, A., & Li, Q. (2019). Thinning effects on the tree height–diameter allometry of Masson pine (*Pinus massoniana* Lamb.). *Forests*, 10(12), 1129. <https://doi.org/10.3390/f10121129>

Dindaroğlu, T., & Canbolat, M. Y. (2017). Investigation of change in soil properties due to physiographic characteristics and land use. *Turkish Journal of Forest Science*, 1(1), 10–24. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.294930>

- Dixon, R. K., Solomon, A. M., Brown, S., Houghton, R. A., Trexler, M. C., & Wisniewski, J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263(5144), 185–190. <https://doi.org/10.1126/science.263.5144.185>
- Du, H., Liu, L., Su, L., Zeng, F., Wang, K., Peng, W., ... & Song, T. (2019). Seasonal changes and vertical distribution of fine root biomass during vegetation restoration in a karst area, Southwest China. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.02001>
- Duan, W., Duan, J., Qu, M., Wang, Y., Zhu, S., Wang, H., & Mu, M. (2025). The influence of slope aspect on the spatial heterogeneity of soil nutrients and seedling regeneration in *Pinus sylvestris* var. *mongolica* plantation forests. *Forests*, 16(7), 1100. <https://doi.org/10.3390/f16071100>
- Duman, A. (2008). *Artvin Hatila yöresindeki saf doğu ladini meşcerelerinde yükselti ve bakı etmenlerine göre ölü örtü ayrışması ve bazı toprak özelliklerinin değişiminin araştırılması* [Yüksek lisans tezi]. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Elçin, G. (1971). *Türkiye sarıçamlarında morfogenetik araştırmalar*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Erinç, S. (1984). *Klimatoloji ve metodları* (3. bs.). İstanbul Üniversitesi.
- Erkan, N., Güner, Ş. T., & Aydın, A. C. (2023). Thinning effects on stand growth, carbon stocks, and soil properties in Brutia pine plantations. *Carbon Balance and Management*, 18(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s13021-023-00226-0>
- Ewel, K. C., Cropper Jr., W. P., & Gholz, H. L. (1987). Soil CO₂ evolution in Florida slash pine plantations. *Canadian Journal of Forest Research*, 17(4), 325–329. <https://doi.org/10.1139/x87-054>
- Fierer, N., & Schimel, J. P. (2002). Effects of drying–rewetting frequency on soil carbon and nitrogen transformations. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(6), 777–787. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00007-X](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00007-X)
- Fisher, F. M., & Gosz, J. R. (1986). Effects of trenching on soil processes and properties in a New Mexico mixed-conifer forest. *Biology and Fertility of Soils*, 2(1), 35–42. <https://doi.org/10.1007/BF00638959>

- Garthen, A., Brandt, K., Klisz, M., Malyshev, A. V., Peters, B., Weigel, R., & Kreyling, J. (2025). Seasonal dynamics of fine root length in European beech: Unveiling unexpected winter peaks and summer declines. *Oecologia*, 207(2), 31. <https://doi.org/10.1007/s00442-025-05670-y>
- Genç, M. (2011a). *Silvikültürün temel esasları*. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Genç, M. (2011b). *Orman bakımı asli orman ağacı türlerimizin saf ve karışık meşcerelerinin bakımı* (3. bs.). Süleyman Demirel Üniversitesi.
- George, D., & Mallery, P. (2010). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference* (11th ed.). Pearson Education.
- Gilliam, F. S., Hédli, R., Chudomelová, M., McCulley, R. L., & Nelson, J. A. (2014). Variation in vegetation and microbial linkages with slope aspect in a montane temperate hardwood forest. *Ecosphere*, 5(5), art66. <https://doi.org/10.1890/ES13-00379.1>
- Giray, N. (1993). *Sarıçam* (Muhtelif Yayınlar Serisi No. 67). Ormancılık Araştırma Enstitüsü.
- Giweta, M. (2020). Role of litter production and its decomposition, and factors affecting the processes in a tropical forest ecosystem: A review. *Journal of Ecology and Environment*, 44(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s41610-020-0151-2>
- Goldin, S. R., & Hutchinson, M. F. (2013). Coarse woody debris modifies surface soils of degraded temperate eucalypt woodlands. *Plant and Soil*, 370(1), 461–469. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1642-z>
- Goncharova, O., Matyshak, G., Udovenko, M., Semenyuk, O., Epstein, H., & Bobrik, A. (2020). Temporal dynamics, drivers, and components of soil respiration in urban forest ecosystems. *CATENA*, 185, 104299. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104299>
- Green, P. T. (1998). Litterfall in rain forest on Christmas Island, Indian Ocean: Quantity, seasonality, and composition. *Biotropica*, 30(4), 671–676. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1998.tb00108.x>
- Gücel, S., Özkan, K., Sezgin, Ç., Yücel, E., & Öztürk, M. (2008). An overview of the geobotanical structure of Turkish *Pinus sylvestris* and *Carpinus betulus* forests. *Pakistan Journal of Botany*, 40(4).

Güner, Ş., Çömez, A., & Özkan, K. (2012). Predicting soil and forest floor carbon stocks in Western Anatolian Scots pine stands, Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 7, 4075–4083.

Güner, Ş. T., & Güner, D. (2021). Changes in carbon stocks of soil and forest floor in black pine plantations in Turkey. *Journal of Forestry Research*, 32(1), 339–347. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-01073-x>

Güner, Ş. T., Kiracıoğlu, Ö., & Sarımehtetoğlu, A. (2024). Changes in carbon stocks according to stand development stages in Oriental beech forests in the Marmara region of Türkiye. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(6), 571. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12727-7>

Güner, T. (2006). *Türkmen Dağı (Eskişehir, Kütahya) sarıçam (Pinus sylvestris ssp.hamata) ormanlarının yükseltiye bağlı büyüme beslenme ilişkilerinin belirlenmesi* [Doktora tezi]. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Güney, D., Atar, F., Turna, İ., Bayraktar, A., & Günlü, A. (2021). *Fraxinus angustifolia* Vahl. plantasyonlarında büyüme parametreleri üzerine sıklık bakımının etkisi. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 339–351. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.883791>

Hair, J. F., Jr., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Pearson.

Haynes, B. E., & Gower, S. T. (1995). Belowground carbon allocation in unfertilized and fertilized red pine plantations in Northern Wisconsin. *Tree Physiology*, 15(5), 317–325. <https://doi.org/10.1093/treephys/15.5.317>

Heiri, O., Lotter, A. F., & Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: Reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25(1), 101–110. <https://doi.org/10.1023/A:1008119611481>

Helmisaari, H. (1990). Temporal variation in nutrient concentrations of *Pinus sylvestris* needles. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 5(1-4), 177–193. <https://doi.org/10.1080/02827589009382604>

Holden, S. R., & Treseder, K. K. (2013). A meta-analysis of soil microbial biomass responses to forest disturbances. *Frontiers in Microbiology*, 4, 163. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00163>

- Howard, P. J. A., & Howard, D. M. (1990). Use of organic carbon and loss-on-ignition to estimate soil organic matter in different soil types and horizons. *Biology and Fertility of Soils*, 9, 306–310. <https://doi.org/10.1007/BF00634106>
- Hu, P., Zhang, W., Chen, H., Li, D., Zhao, Y., Zhao, J., ... & Wang, K. (2021). Soil carbon accumulation with increasing temperature under both managed and natural vegetation restoration in calcareous soils. *Science of the Total Environment*, 767, 145298. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145298>
- Inclán, R., Uribe, C., Llorente, D., Sánchez Ledesma, D., Clavero, M., Fernández, A., ... & Rubio, A. (2010). Carbon dioxide fluxes across the Sierra de Guadarrama, Spain. *European Journal of Forest Research*, 129, 93–100. <https://doi.org/10.1007/s10342-008-0247-1>
- International Organization for Standardization. (2009). *Soil quality—Sampling—Part 6: Guidance on the collection, handling and storage of soil under aerobic conditions for the assessment of microbial processes, biomass and diversity in the laboratory* (ISO Standard No. 10381-6:2009).
- International Organization for Standardization. (2021). *Soil, treated biowaste and sludge — Determination of pH* (ISO Standard No. 10390:2021).
- International Organization for Standardization. (2025). *Sludge and solid environmental matrices—Determination of dry residue or water content and calculation of the dry matter fraction on a mass basis* (ISO Standard No. 11465:2025).
- Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., & Byrne, K. A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, 137(3), 253–268. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.09.003>
- Jasińska, J., Sewerniak, P., & Markiewicz, M. (2019). Links between slope aspect and rate of litter decomposition on inland dunes. *CATENA*, 172, 501–508. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.09.025>
- Jenkinson, D. S., & Ladd, J. N. (1980). Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In E. A. Paul & J. N. Ladd (Eds.), *Soil biochemistry* (Vol. 5, pp. 415–471). Marcel Dekker.

- Jenkinson, D. S., & Powlson, D. S. (1980). Measurement of microbial biomass in intact soil cores and in sieved soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 12(6), 579–581. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(80\)90040-1](https://doi.org/10.1016/0038-0717(80)90040-1)
- Jurgensen, M., Tarpey, R., Pickens, J., Kolka, R., & 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. <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0257>
- Kantarıcı, M. D. (1987). *Toprak ilmi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Kara, Ö., Bolat, İ., Çakıroğlu, K., & Öztürk, M. (2008). Plant canopy effects on litter accumulation and soil microbial biomass in two temperate forests. *Biology and Fertility of Soils*, 45(2), 193–198.
- Kara, Ö., Bolat, İ., Çakıroğlu, K., & Senturk, M. (2014). Litter decomposition and microbial biomass in temperate forests in Northwestern Turkey. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14, 31–41. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162014005000003>
- Kayrak, Z. (2016). *Farklı meşcere tipleri altında gelişen ölü örtünün hidrolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması* [Yüksek lisans tezi]. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Keenan, R. J., & Kimmins, J. P. (1993). The ecological effects of clear-cutting. *Environmental Reviews*, 1(2), 121–144.
- Kim, C. (2016). Basal area effects on a short-term nutrient status of litter fall and needle litter decomposition in a *Pinus densiflora* stand. *Journal of Ecology and Environment*, 39(1), 51–60. <https://doi.org/10.5141/ecoenv.2016.006>
- Kimmins, J. P. (2004). *Forest ecology: A foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry*. Prentice Hall.
- Kirkby, C. A., Kirkegaard, J. A., Richardson, A. E., Wade, L. J., Blanchard, C., & Batten, G. (2011). Stable soil organic matter: A comparison of C: N: P: S ratios in Australian and other world soils. *Geoderma*, 163(3-4), 197–208.
- Koray, E. Ş., & Tolunay, D. (2020). Nutrient inputs by litterfall into ecosystems in Anatolian black pine stands at Türkmendağı. *Turkish Journal of Forestry*, 21(3), 201–214.

- Kouki, J., & Hokkanen, T. (1992). Long-term needle litterfall of a Scots pine (*Pinus sylvestris*) stand: Relation to temperature factors. *Oecologia*, 89(2), 176–181. <https://doi.org/10.1007/BF00317216>
- Kowalenko, C. G., Ivarson, K. C., & Cameron, D. R. (1978). Effect of moisture content, temperature and nitrogen fertilization on carbon dioxide evolution from field soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 10(5), 417–423. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(78\)90068-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(78)90068-8)
- Krishna, M. P., & Mohan, M. (2017). Litter decomposition in forest ecosystems: A review. *Energy, Ecology and Environment*, 2(4), 236–249. <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0064-9>
- Kutiel, P. (1992). Slope aspect effect on soil and vegetation in a Mediterranean ecosystem. *Israel Journal of Botany*, 41(4-6), 243–250. <https://doi.org/10.1080/0021213X.1992.10677231>
- Lado-Monserrat, L., Lidón, A., & Bautista, I. (2016). Erratum to: Litterfall, litter decomposition and associated nutrient fluxes in *Pinus halepensis*: Influence of tree removal intensity in a Mediterranean forest. *European Journal of Forest Research*, 135(1), 203–214. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0923-x>
- 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 quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 53, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.04.024>
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623–1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>
- Leppälammi-Kujansuu, J., Aro, L., Salemaa, M., Hansson, K., Kleja, D. B., & Helmisaari, H.-S. (2014). Fine root longevity and carbon input into soil from below- and aboveground litter in climatically contrasting forests. *Forest Ecology and Management*, 326, 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.039>
- Lewandowski, T. E., Forrester, J. A., Mladenoff, D. J., D’Amato, A. W., & Palik, B. J. (2016). Response of the soil microbial community and soil nutrient bioavailability to

- biomass harvesting and reserve tree retention in Northern Minnesota aspen-dominated forests. *Applied Soil Ecology*, 99, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.11.001>
- Li, Y., Zheng, S., Meng, X., Wang, L., Yu, Y., Zhang, Y., & Luo, C. (2025). Climatic and topographic controls on soil organic carbon distribution across continents. *CATENA*, 260, 109435. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2025.109435>
- Liu, X., Chen, S., Yang, Z., Lin, C., Xiong, D., Lin, W., ... & Yang, Y. (2019). Will heterotrophic soil respiration be more sensitive to warming than autotrophic respiration in subtropical forests? *European Journal of Soil Science*, 70(3), 655–663. <https://doi.org/10.1111/ejss.12758>
- Lloyd, J., & Taylor, J. A. (1994). On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology*, 8(3), 315–323. <https://doi.org/10.2307/2389824>
- Lull, C., Bautista, I., Lidón, A., Del Campo, A. D., González-Sanchis, M., & García-Prats, A. (2020). Temporal effects of thinning on soil organic carbon pools, basal respiration and enzyme activities in a Mediterranean Holm oak forest. *Forest Ecology and Management*, 464, 118088. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118088>
- Lull, C., Gil-Ortiz, R., Bautista, I., & Lidón, A. (2023). Seasonal variation and soil texture-related thinning effects on soil microbial and enzymatic properties in a semi-arid pine forest. <https://riunet.upv.es/handle/10251/210787>
- Lynikienė, J., Marčiulynienė, D., Marčiulynas, A., Gedminas, A., Vaičiukynė, M., & Menkis, A. (2020). Managed and unmanaged *Pinus sylvestris* forest stands harbour similar diversity and composition of the phyllosphere and soil fungi. *Microorganisms*, 8(2), 259. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020259>
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2002). *1:500.000 ölçekli Trabzon jeoloji haritası*. MTA Yayınları.
- Makineci, E. (1999). *İ.Ü. Orman Fakültesi araştırma ormanındaki baltalıkların koruya dönüştürülmesi işlemlerinin ölü örtü ve topraktaki azot değişimine etkileri* [Doktora tezi]. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Makineci, E. (2005). Long term effects of thinning on soil and forest floor in a sessile oak (*Quercus petraea* (Matlusch) Lieb.) forest in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 26(2), 257–263.

- Makkonen, K., & Helmisaari, H.-S. (1998). Seasonal and yearly variations of fine-root biomass and necromass in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stand. *Forest Ecology and Management*, 102(2), 283–290. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00169-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00169-2)
- Manzoni, S., Jackson, R. B., Trofymow, J. A., & Porporato, A. (2008). The global stoichiometry of litter nitrogen mineralization. *Science*, 321(5889), 684–686.
- Martínez-Mena, M., Carrillo-López, E., Boix-Fayos, C., Almagro, M., García Franco, N., Díaz-Pereira, E., ... & de Vente, J. (2020). Long-term effectiveness of sustainable land management practices to control runoff, soil erosion, and nutrient loss and the role of rainfall intensity in Mediterranean rainfed agroecosystems. *CATENA*, 187, 104352. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104352>
- McKay, H. M., & Malcolm, D. C. (1988). A comparison of the fine root component of a pure and a mixed coniferous stand. *Canadian Journal of Forest Research*, 18(11), 1416–1426. <https://doi.org/10.1139/x88-220>
- Mısır, N., Mısır, M., & Ülker, C. (2011). Karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi. *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu* içinde. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Molinari, C., Lehsten, V., Blarquez, O., Carcaillet, C., Davis, B. A. S., Kaplan, J. O., ... & Bradshaw, R. H. W. (2018). The climate, the fuel and the land use: Long-term regional variability of biomass burning in boreal forests. *Global Change Biology*, 24(10), 4929–4945. <https://doi.org/10.1111/gcb.14380>
- Moyano, F. E., Vasilyeva, N., Bouckaert, L., Cook, F., Craine, J., Curiel Yuste, J., ... & Chenu, C. (2012). The moisture response of soil heterotrophic respiration: Interaction with soil properties. *Biogeosciences*, 9(3), 1173–1182. <https://doi.org/10.5194/bg-9-1173-2012>
- Mudrick, D. A., Hoosein, M., Hicks, R. R., & Townsend, E. C. (1994). Decomposition of leaf litter in an Appalachian forest: Effects of leaf species, aspect, slope position and time. *Forest Ecology and Management*, 68(2), 231–250. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(94\)90048-5](https://doi.org/10.1016/0378-1127(94)90048-5)

- Nadelhoffer, K., & Raich, J. (1992). Fine root production estimates and belowground carbon allocation in forest ecosystems. *Ecology*, 73, 1139. <https://doi.org/10.2307/1940664>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.12.009>
- Ndakara, O. E. (2011). Litterfall and nutrient returns in isolated stands of *Persea gratissima* (Avocado pear) in the rainforest zone of Southern Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 4(3), 42–50. <https://doi.org/10.4314/ejesm.v4i3.6>
- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In *Methods of soil analysis*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c34>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.04.001>
- Novák, J., Kacálek, D., & Dušek, D. (2020). Litterfall nutrient return in thinned young stands with Douglas fir. *Central European Forestry Journal*, 66(2), 78–84. <https://doi.org/10.2478/forj-2020-0006>
- OGM. (2020). *Ormancılıkta iklim değişikliğine uyum stratejik planı*. Orman Genel Müdürlüğü.
- OGM. (2023). *Orman Genel Müdürlüğü stratejik plan (2024-2028)*. Orman Genel Müdürlüğü.
- OGM. (2024a). *Ormancılık istatistikleri-2024*. Orman Genel Müdürlüğü.
- OGM. (2024b). *Silvikültürel uygulamaların teknik esasları tebliği* (No. 317). Orman Genel Müdürlüğü.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.01.016>

- Oleksyninst, J., Reich, P. B., Zytowski, R., Karolewski, P., & Tjoelker, M. G. (2002). Needle nutrients in geographically diverse *Pinus sylvestris* L. populations. *Annals of Forest Science*, 59(1), 1–18. <https://doi.org/10.1051/forest:2001001>
- Olsson, B. A., Staaf, H., Lundkvist, H., Bengtsson, J., & Kaj, R. (1996). Carbon and nitrogen in coniferous forest soils after clear-felling and harvests of different intensity. *Forest Ecology and Management*, 82(1-3), 19–32. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(95\)03697-0](https://doi.org/10.1016/0378-1127(95)03697-0)
- Oyonarte, C., Rey, A., Raimundo, J., Miralles, I., & Escibano, 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. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.08.013>
- Özbay, E. (2015). *Adapazarı-Karasu yöresindeki saf doğu kayını (Fagus orientalis Lipsky.) ormanlarında sıklık bakımının çap ve boy gelişimi üzerindeki etkileri* [Yüksek lisans tezi]. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özbayram, A., & Cicek, E. (2022). Influence of thinning on the stem shape of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) trees. *Forestist*, 73. <https://doi.org/10.5152/forestist.2022.22047>
- Özkan, M. (2019). *Ardahan yöresi saf sarıçam meşcerelerinin altındaki ölü örtüye ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin ekolojik faktörlere bağlı değişiminin araştırılması* [Yüksek lisans tezi]. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özyuvacı, N. (1999). *Meteoroloji ve klimatoloji*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Pamay, B. (1960). Türkiye’de sarıçam (*P. sylvestris* L.)’ın tabii gençleşmesi üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. <https://doi.org/10.17099/jffiu.41662>
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world’s forests. *Science*, 333(6045), 988–993. <https://doi.org/10.1126/science.1201609>
- Parker, T. C., Subke, J.-A., & Wookey, P. A. (2015). Rapid carbon turnover beneath shrub and tree vegetation is associated with low soil carbon stocks at a subarctic treeline. *Global Change Biology*, 21(5), 2070–2081. <https://doi.org/10.1111/gcb.12793>

- Parmenter, R. R., & Losleben, M. V. (2023). Influence of mixed conifer forest thinning and prescribed fire on soil temperature and moisture dynamics in proximity to forest logs: A case study in New Mexico, USA. *Forests*, 14(6), 1117. <https://doi.org/10.3390/f14061117>
- Pérez-Alavez, Y., Rodríguez-Ortiz, G., Santiago-García, W., Campos-Angeles, G. V., Enríquez-del Valle, J. R., & Martín, M. P. (2021). Effect of thinning intensity on litterfall biomass and nutrient deposition in a naturally regenerated *Pinus pseudostrobus* Lind. forest in Oaxaca, Mexico. *Journal of Sustainable Forestry*, 42(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/10549811.2021.1946410>
- Persson, H. (1980). Death and replacement of fine roots in a mature Scots pine stand. *Ecological Bulletins*, (32), 251–260.
- Prescott, C. E. (2005). Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? *Forest Ecology and Management*, 220(1), 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.005>
- Prescott, C. E. (2010). Litter decomposition: What controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils? *Biogeochemistry*, 101(1), 133–149. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9439-0>
- Prescott, C. E., Vesterdal, L., Preston, C. M., & Simard, S. W. (2004). Influence of initial chemistry on decomposition of foliar litter in contrasting forest types in British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, 34(8), 1714–1729. <https://doi.org/10.1139/x04-040>
- Qiu, S., Bell, R., Hobbs, R., & McComb, A. (2011). Estimating nutrient budgets for prescribed thinning in a regrowth Eucalyptus forest in South-West Australia. *Forestry*, 85, 51–61. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpr054>
- Raich, J. W., & Potter, C. S. (1995). Global patterns of terrestrial soil respiration. *Global Biogeochemical Cycles*, 9(1), 23–36.
- 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. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0889.1992.t01-1-00001.x>

- Raich, J. W., & Tufekcioglu, A. (2000). Vegetation and soil respiration: Correlations and controls. *Biogeochemistry*, 48(1), 71–90.
- Rawlik, M., Kasprowicz, M., Jagodziński, A. M., Rawlik, K., & Kaźmierowski, C. (2019). Slope exposure and forest stand type as crucial factors determining the decomposition rate of herbaceous litter on a reclaimed spoil heap. *CATENA*, 175, 219–227. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.12.008>
- Richardson, A. D., Andy Black, T., Ciais, P., Delbart, N., Friedl, M. A., Gobron, N., & Varlagin, A. (2010). Influence of spring and autumn phenological transitions on forest ecosystem productivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1555), 3227–3246. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0102>
- Rodríguez-Ortiz, G., De Los Santos-Posadas, H. M., González-Hernández, V. A., Aldrete, A., Gómez-Guerrero, A., & Fierros-González, A. M. (2012). Modelos de biomasa aérea y foliar en una plantación de pino de rápido crecimiento en Oaxaca. *Madera y Bosques*, 18(1), 25–41.
- Rowell, D. (1994). *Soil science: Methods and applications*. Longman.
- Ruiz-Peinado, R., Bravo-Oviedo, A., Montero, G., & Del Río, M. (2016). Carbon stocks in a Scots pine afforestation under different thinning intensities management. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 21(7), 1059–1072. <https://doi.org/10.1007/s11027-014-9585-0>
- Rustad, L. E., Campbell, J. L., Marion, G. M., Norby, R. J., Mitchell, M. J., Hartley, A. E., ... & Gurevitch, J. (2001). A meta-analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming. *Oecologia*, 126, 543–562.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.11.033>
- Saatçioğlu, F. (1969). *Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.

Saatçioğlu, F. (1971). *Orman bakımı, meşcere yetiştirmesine ait tedbirler* (4. bs.). Sermet Matbaası.

Sağlam, F., & Sakıcı, O. E. (2022). Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcereleri için ekorejyon tabanlı çap artım modeli. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(1), 95–110. <https://doi.org/10.24011/barofd.1084545>

Sarımehmetoğlu, A., Karataş, R., Ş.Teoman, G., Güner, D., & Atalar, F. (2023). *Karaçam ağaçlandırmalarında aralamaların karbon stoklarına etkisi* (Sonuç Raporu). Orman Genel Müdürlüğü-Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü.

Sarıyıldız, T. (2008). Effects of tree canopy on litter decomposition rates of *Abies nordmanniana*, *Picea orientalis* and *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23(4), 330–338. <https://doi.org/10.1080/02827580802275816>

Sarıyıldız, T. (2014). Biochemical and environmental controls of litter decomposition. *Forest Research: Open Access*, 3(2). <https://doi.org/10.4172/2168-9776.1000e109>

Sarıyıldız, T. (2015). Effects of tree species and topography on fine and small root decomposition rates of three common tree species (*Alnus glutinosa*, *Picea orientalis* and *Pinus sylvestris*) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 335, 71–86. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.09.030>

Sarıyıldız, T., Anderson, J. M., & Kucuk, M. (2005). Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality, and decomposition in Northeast Turkey. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(9), 1695–1706. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.02.004>

Sarıyıldız, T., Parlak, S., Gönültaş, O., & Savacı, G. (2023). Effects of thinning on litterfall production and leaf litter decomposition rates of Karacabey forested wetlands, Bursa, Türkiye. *European Journal of Forest Engineering*, 9(1), 26–33. <https://doi.org/10.33904/ejfe.1317805>

Sarıyıldız, T., & Savacı, G. (2023). Farklı orman ağaç türleri altındaki toprak özelliklerinin ve besin stoklarının yükselti, bakı ve toprak derinliğine göre değişimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(2), 279–294. <https://doi.org/10.24011/barofd.1256500>

SBB. (2023). *XII. Kalkınma Planı (2024-2028)*. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.

Schnecker, J., Baldaszti, L., Gündler, P., Pleitner, M., Sandén, T., Simon, E., ... & Richter, A. (2023). Seasonal dynamics of soil microbial growth, respiration, biomass, and carbon use efficiency in temperate soils. *Geoderma*, 440, 116693. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116693>

Segura, C., Fernández-Ondoño, E., Jiménez, M. N., & Navarro, F. B. (2017). Thinning affects the needlefall nutrient return to soil in a semiarid Aleppo pine afforestation while the nutrient dynamics remain unchanged. *Forest Ecology and Management*, 405, 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.022>

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. <https://doi.org/10.1093/forestscience/54.1.58>

Selsted, M. B., van der Linden, L., Ibrom, A., Michelsen, A., Larsen, K. S., Pedersen, J. K., & 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 (CLIMITE). *Global Change Biology*, 18(4), 1216–1230. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02634.x>

Semercioğlu, A., Yüksek, F., Kara, Ö., Aygün, A., Saylam, A., & Yılmaz, S. (2023). Dikimle yetiştirilmiş kayın meşcerelerinde, aralamanın mikrobiyal biyokütle karbon ve toprak solunumuna etkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(2), 265–278. <https://doi.org/10.24011/barofd.1232571>

Shu, X., Hu, Y., Liu, W., Xia, L., Zhang, Y., Zhou, W., & Zhang, Y. (2023). Linking between soil properties, bacterial communities, enzyme activities, and soil organic carbon mineralization under ecological restoration in an Alpine degraded grassland. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1131836>

Sıvacıoğlu, A. (1996). *Pinus silvestris* L. (sarıçam) *Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (karaçam), *Abies bornmülleriana* Mattf. (Uludağ göknarı), *Fagus orientalis* Lipsky (Doğu kayını) ve meşe türlerinin ışık ihtiyacı [Yüksek lisans tezi]. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Singh, S. (2018). Understanding the role of slope aspect in shaping the vegetation attributes and soil properties in montane ecosystems. *Tropical Ecology*, 59, 417–430.
- Solgi, A., Najafi, A., & Sadeghi, S. H. (2014). Effects of traffic frequency and skid trail slope on surface runoff and sediment yield. *International Journal of Forest Engineering*, 25. <https://doi.org/10.1080/14942119.2014.955699>
- 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. <https://doi.org/10.1081/CSS-120030593>
- 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 and Plant Analysis*, 30(19-20), 2539–2550. <https://doi.org/10.1080/00103629909370393>
- Sparling, G. P. (1992). Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal of Soil Research*, 30(2), 195–207.
- Sparling, G. P., Pankhurst, C., Doube, B. M., & Gupta, V. (1997). Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In *Biological indicators of soil health* (pp. 97–119). CAB International.
- Steckel, M., Moser, W. K., Del Río, M., & Pretzsch, H. (2020). Implications of reduced stand density on tree growth and drought susceptibility: A study of three species under varying climate. *Forests*, 11(6), 627. <https://doi.org/10.3390/f11060627>
- 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. <https://doi.org/10.1093/treephys/25.1.57>
- Tarpey, R. A., Jurgensen, M. F., Palik, B. J., & Kolka, R. K. (2008). The long-term effects of silvicultural thinning and partial cutting on soil compaction in Red pine (*Pinus resinosa* Ait.) and Northern hardwood stands in the Northern Great Lakes Region of the United States. *Canadian Journal of Soil Science*, 88(5), 849–857. <https://doi.org/10.4141/CJSS08001>

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2024). *Türkiye yağış değerlendirme raporu (1970–2024)*. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2024-yagis.pdf>

Tetik, M. (1985). *Sarıçam Karanlıkdere araştırma ormanının anakaya ve toprak özellikleri ile toprak tipleri* (Teknik Bülten No. 145). Ormancılık Araştırma Enstitüsü.

Tetik, M. (1986). *Kuzeydoğu Anadolu'daki saf sarıçam (Pinus sylvestris L.) ormanlarının ekolojik şartları* (Teknik Bülten No. 177). Ormancılık Araştırma Enstitüsü.

Thibodeau, L., Raymond, P., Camiré, C., & Munson, A. D. (2000). Impact of precommercial thinning in balsam fir stands on soil nitrogen dynamics, microbial biomass, decomposition, and foliar nutrition. *Canadian Journal of Forest Research*, 30(2), 229–238. <https://doi.org/10.1139/x99-202>

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. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(10\)60038-0](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(10)60038-0)

Tolunay, D. (1997). *Aladağ'da (Bolu) sıklık çağındaki sarıçam (Pinus sylvestris L.) meşcerelerinde bakımların madde dolaşımına etkileri* [Doktora tezi]. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Tolunay, D. (2004). Aladağ'da (Bolu) sıklık çağındaki sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde bakımların madde dolaşımına etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 53(1), 47–74. <https://doi.org/10.17099/jffiu.68108>

Tolunay, D., & Çömez, A. (2008). Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 750-765.

Tomar, U., & Baishya, R. (2020). Seasonality and moisture regime control soil respiration, enzyme activities, and soil microbial biomass carbon in a semi-arid forest of Delhi, India. *Ecological Processes*, 9(1), 50. <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00252-7>

Tüfekçioğlu, A., Güner, S., Altun, L., Kalay, H. Z., & Yener, İ. (2002). Kayın ve ladin meşcerelerinde ince ve kılcal kök biyokütlelerinin karşılaştırılması. *II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi* içinde, Artvin.

Tüfekçioğlu, A., Güner, S., & Tilki, F. (2005). Thinning effects on production, root biomass and some soil properties in a young Oriental beech stand in Artvin, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 26(1), 91–95.

Tüfekçioğlu, A., & Küçük, M. (2004). Soil respiration in young and old Oriental spruce stands and in adjacent grasslands in Artvin, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(6), 429–434.

Tüfekçioğlu, A., & Küçük, M. (2010). Saf sarıçam meşcerelerinde kök kütlesi, kök üretimi ve kök karbon depolama miktarlarının yaş sınıflarına göre değişimi. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi* içinde, Trabzon.

Tüfekçioğlu, A., Raich, J. W., Isenhardt, T. M., & Schultz, R. C. (1998). Fine root dynamics, coarse root biomass, root distribution, and soil respiration in a multispecies riparian buffer in Central Iowa, USA. *Agroforestry Systems*, 44(2-3), 163–174. <https://doi.org/10.1023/A:1006221921806>

Tüfekçioğlu, A., Raich, J. W., Isenhardt, T. M., & Schultz, R. C. (2001). Soil respiration within riparian buffers and adjacent crop fields. *Plant and Soil*, 229(1), 117–124. <https://doi.org/10.1023/A:1004818422908>

Tüfekçioğlu, A., Sarıyıldız, T., Güner, S., & Küçük, M. (2005). Artvin Genya Dağı yöresi doğu ladini meşcerelerinde kök kütlesi, yıllık ibre dökümü ve toprak solunumu miktarlarının değişimleri. *Ladin Sempozyumu Bildiriler Kitabı* içinde (ss. 123–129).

Vance, E. D., Brookes, P. C., & Jenkinson, D. S. (1987). Microbial biomass measurements in forest soils: The use of the chloroform fumigation-incubation method in strongly acid soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 19(6), 697–702. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90051-4](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90051-4)

Varol, M. (1969). *Büyükdüz araştırma ormanında sarıçam, göknar, kayın karışık meşcerelerinde sarıçamın doğal gençleştirilmesi* (Teknik Bülten No. 40). Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.

- Vogt, K. A., Vogt, D. J., Palmiotto, P. A., Boon, P., O'Hara, J., & Asbjornsen, H. (1995). Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. *Plant and Soil*, 187(2), 159–219. <https://doi.org/10.1007/BF00017088>
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29.
- Wan, S., Norby, R., Ledford, J., & Weltzin, J. (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, 2411–2424. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01433.x>
- Wang, B., Zha, T. S., Jia, X., Wu, B., Zhang, Y. Q., & Qin, S. G. (2014). Soil moisture modifies the response of soil respiration to temperature in a desert shrub ecosystem. *Biogeosciences*, 11(2), 259–268. <https://doi.org/10.5194/bg-11-259-2014>
- Wardle, D. A. (1992). A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. *Biological Reviews*, 67(3), 321–358. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1992.tb00728.x>
- Weil, R., & Brady, N. (2017). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
- Wic Baena, C., Andrés-Abellán, M., Lucas-Borja, M. E., Martínez-García, E., García-Morote, F. A., Rubio, E., & López-Serrano, F. R. (2013). Thinning and recovery effects on soil properties in two sites of a Mediterranean forest, in Cuenca Mountain (South-eastern of Spain). *Forest Ecology and Management*, 308, 223–230. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.065>
- Wiesmeier, M., Urbanski, L., Hobbey, E., Lang, B., von Lützow, M., Marin-Spiotta, E., ... & Kögel-Knabner, I. (2019). Soil organic carbon storage as a key function of soils - a review of drivers and indicators at various scales. *Geoderma*, 333, 149–162. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.026>
- Wu, J., He, Z.-L., Wei, W.-X., O'Donnell, A. G., & Syers, J. K. (2000). Quantifying microbial biomass phosphorus in acid soils. *Biology and Fertility of Soils*, 32(6), 500–507. <https://doi.org/10.1007/s003740000284>

- Yan, Y., Wang, X., Wohlfahrt, G., & Huang, N. (2025). Seasonal and interannual variations of soil heterotrophic respiration and autotrophic respiration in subtropical forests of Southeast China: Independent process-based models. *Geoscience Letters*, 12(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s40562-025-00399-1>
- Yavruoğlu, S. (2025). *Bazı sarıçam (Pinus sylvestris L.) popülasyonlarında aralamaların ve iklim değişikliğinin meşcere gelişimi üzerine etkilerinin analizi* [Doktora tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yavuz, O. K. (2022). *Karadağ kütlesi doğu ladini (Picea orientalis (L.) Link) ağaçlandırmalarında kök, toprak ve ölü örtüdeki karbon ve azot birikiminin ekolojik olarak değerlendirilmesi* [Doktora tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yimer, F., Ledin, S., & Abdelkadir, A. (2006). Soil organic carbon and total nitrogen stocks as affected by topographic aspect and vegetation in the Bale Mountains, Ethiopia. *Geoderma*, 135, 335–344. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.01.005>
- Yuan, Z. Y., Shi, X. R., Jiao, F., & Han, F. (2018). Changes in fine root biomass of *Picea abies* forests: Predicting the potential impacts of climate change. *Journal of Plant Ecology*, 11, 595–603. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtx032>
- Zhang, D., Hui, D., Luo, Y., & Zhou, G. (2008). Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: Global patterns and controlling factors. *Journal of Plant Ecology*, 1(2), 85–93. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtn002>
- Zhang, H., Yuan, W., Dong, W., & Liu, S. (2014). Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide. *Ecological Complexity*, 20, 240–247. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2014.01.003>
- Zhang, M., Sayer, E. J., Zhang, W., Ye, J., Yuan, Z., Lin, F., & Wang, X. (2022). Seasonal influence of biodiversity on soil respiration in a temperate forest. *Plants*, 11(23), 3391. <https://doi.org/10.3390/plants11233391>
- Zhang, X., Guan, D., Li, W., Sun, D., Jin, C., Yuan, F., ... & Wu, J. (2018). The effects of forest thinning on soil carbon stocks and dynamics: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 429, 36–43. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.06.027>

Zhiyanski, M. (2014). Seasonal dynamics of fine root biomass in selected forest stands. *Silva Balcanica*, 15, 5–15.

Zou, X., & Binkley, D. (1995). Effects of dinitrogen-fixing trees on phosphorus biogeochemical cycling in contrasting forests. *Soil Science Society of America Journal*, 59. <https://doi.org/10.2136/sssaj1995.03615995005900050035>

Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer.



Ek Tablo 1. Deneme alanlarına en yakın meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler

İstasyon Adı	Torul (MGM)		Zigana (MGM)	
Konum	40.56 K, 39.29 D		40.64 K, 39.40 D	
Rakım	1009 m.		2050 m.	
Veri Kapsamı	2013-2024		2009-2024	
Ay	Aylık Ort. Sıcaklık C	Aylık Ort.Yağış (mm)	Aylık Ort. Sıcaklık C	Aylık Ort.Yağış (mm)
1	2,4	23,5	-4,3	20,8
2	3,7	15,8	-2,3	21,6
3	6,5	28,9	-0,5	54,6
4	11	28,2	4,6	51,1
5	14,7	62,1	8,1	89,6
6	18,6	56,5	11,7	57,4
7	20,6	16,8	13,3	27,2
8	21,8	8,9	14,4	21,5
9	18,2	24,4	11,3	37,9
10	13	34,9	7,7	58,6
11	7,8	23,5	2,5	39,0
12	3,3	27,2	-1,3	28,9
Aylık Ort. Sıc: 11,8 C		Yıllık Top. Yağış: 350,7 mm	Aylık Ort. Sıc: 5,4 C	Yıllık Top. Yağış: 508,2 mm

Ek Tablo 2. Gölgele bakıda kurulan deneme alanlarının enterpolasyon yöntemi ile oluşturulan su bilançosu

Bilanço elemanları		A Y L A R												Vejetasyon Dönemi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	-3,1	-1,8	1,0	5,6	9,2	13,2	15,1	16,3	12,7	7,5	2,4	-2,2			6,3
Sıcaklık indisi	i	0,0	0,0	0,1	1,2	2,5	4,3	5,3	6,0	4,1	1,9	0,3	0,0			25,7
Düzeltilmemiş PE	mm.	0,0	0,0	6,8	32,4	51,3	71,1	80,6	86,5	69,0	42,7	14,9	0,0			
Düzeltilmiş PE	PET	0,0	0,0	7,0	36,0	63,8	89,4	102,1	102,5	71,5	40,9	12,3	0,0	365,5	159,9	525,5
Yağış	y	53,2	35,8	65,5	63,9	140,7	128,0	38,1	20,2	55,3	79,1	53,3	61,9	241,6	553,2	794,8
Depo Değişikliği	Dd	36,0	0,3	-	-	-13,2	-54,5	-32,3	-	-	-	25,3	38,4			
Depolama	D	99,7	100,0	100,0	100,0	86,8	32,3	-	-	-	-	25,3	63,7			100,0
Gerçek Evapot.	GET	-	-	16,1	43,8	81,2	102,5	45,3	4,0	22,0	43,0	16,7	2,6	298,0	79,2	377,2
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	79,0	112,4	56,9	4,6	-	-	252,8	0,0	252,8
Su Fazlası	Sf	-	30,7	27,9	14,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	72,8	72,8
Nemlilik Oranı	Ne	53,2	35,8	8,4	0,8	1,2	0,4	-0,6	-0,8	-0,2	0,9	3,3	61,9			
İklim Tipi	C1 B'1 d b'3 : Yarı nemli-Yarı kurak, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan, Okyanus iklimine yakın iklim															

Ek Tablo 3. Gölge bakıda kurulan deneme alanlarının interpolasyon yöntemi ile oluşturulan su bilançosu

Bilanço elemanları		A Y L A R												Vejetasyon Dönemi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	-4,6	-2,6	-0,8	4,3	7,8	11,4	13,0	14,1	11,0	7,4	2,2	-1,6			5,1
Sıcaklık indisi	i	0,0	0,0	0,0	0,8	2,0	3,5	4,2	4,8	3,3	1,8	0,3	0,0			20,7
Düzeltilmiş PE	PET	0,0	0,0	0,0	32,8	60,4	83,8	94,2	94,4	67,1	44,5	13,9	0,0	339,5	151,5	491,0
Yağış	y	19,1	19,2	51,4	48,1	84,3	54,0	20,2	27,2	34,8	50,1	41,7	27,2	136,2	341,0	477,2
Depo Değişikliği	Dd	36,0	0,3	-	-	-	-54,5	-	-	-	-	25,3	38,4			
Depolama	D	99,7	100,0	100,0	100,0	86,8	32,3	-	-	-	-	25,3	63,7			0,0
Gerçek Evapot.	GET	-	-	16,1	43,8	81,2	102,5	45,3	4,0	22,0	43,0	16,7	2,6	298,0	79,2	377,2
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	79,0	112,4	56,9	4,6	-	-	252,8	0,0	252,8
Su Fazlası	Sf	-	30,7	27,9	14,2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	72,8	72,8
Nemlilik Oranı	Ne	19,1	19,2	51,4	0,5	0,4	-0,4	-0,8	-0,7	-0,5	0,1	2,0	27,2			
İklim Tipi	C1 B'1 d b'3 : Yarı nemli-Yarı kurak, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan, Okyanus iklimine yakın iklim															

Ek Tablo 4. Araziden alınan ölü örtü örneklerine ilişkin ham veriler

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
1	Haz.23	Gölgeli	kontrol	1	14,2	60,6	1,15	16,89	3401,66	940,32	8,64	0,1640	52,7	0,56
2	Haz.23	Gölgeli	kontrol	1	17,6	59,4	1,16	12,10	4839,06	1262,83	10,47	0,20	51,3	0,82
3	Haz.23	Gölgeli	kontrol	1	16,6	57,9	1,11	7,04	4000,0	1000,00	9,61	0,18	52,1	0,69
4	Haz.23	Gölgeli	kontrol	2	7,2	62,4	1,20	18,02	3440,95	1008,83	4,48	0,09	52,0	0,55
5	Haz.23	Gölgeli	kontrol	2	9,1	58,0	1,13	13,70	4511,08	981,44	5,26	0,10	51,4	0,78
6	Haz.23	Gölgeli	kontrol	2	18,9	62,3	1,39	12,40	3900,0	1010,00	11,77	0,26	45,0	0,63
7	Haz.23	Gölgeli	kontrol	3	17,7	59,5	1,19	13,64	10585,82	716,00	10,56	0,21	50,2	1,78
8	Haz.23	Gölgeli	kontrol	3	7,5	62,5	1,22	17,35	5594,24	918,19	4,69	0,09	51,2	0,90
9	Haz.23	Gölgeli	kontrol	3	15,0	62,1	1,25	15,81	7500,0	800,00	9,34	0,19	49,7	1,21
10	Haz.23	Gölgeli	mutedil	1	15,2	62,7	1,26	9,58	5000,0	656,24	9,54	0,19	49,8	0,80
11	Haz.23	Gölgeli	mutedil	1	20,8	61,8	1,30	13,59	4090,00	298,32	12,82	0,27	47,5	0,66
12	Haz.23	Gölgeli	mutedil	1	18,3	59,9	1,33	14,79	3500,0	400,00	10,95	0,24	45,0	0,58
13	Haz.23	Gölgeli	mutedil	2	19,1	62,0	1,40	9,64	3448,82	488,72	11,83	0,27	44,3	0,56
14	Haz.23	Gölgeli	mutedil	2	23,4	62,9	1,34	13,92	4170,30	354,60	14,72	0,31	46,9	0,66
15	Haz.23	Gölgeli	mutedil	2	22,1	59,4	1,00	6,88	2800,0	350,00	13,15	0,22	59,4	0,47
16	Haz.23	Gölgeli	mutedil	3	13,6	62,8	1,12	6,67	8312,51	485,14	8,53	0,15	56,2	1,32
17	Haz.23	Gölgeli	mutedil	3	25,3	59,8	0,97	15,15	5476,29	698,03	15,13	0,25	61,6	0,92
18	Haz.23	Gölgeli	mutedil	3	17,4	61,8	1,21	14,47	6500,0	500,00	10,74	0,21	51,1	1,05
19	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	1	9,6	62,3	1,00	11,54	17425,94	800,00	6,01	0,10	62,3	2,80
20	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	1	21,6	62,8	0,90	8,24	14180,64	762,96	13,53	0,19	69,7	2,26
21	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	1	14,2	62,6	0,80	20,31	15500,0	700,00	8,92	0,11	78,3	2,48
22	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	2	12,7	59,0	1,40	19,10	8405,43	1157,85	7,48	0,18	42,1	1,42
23	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	2	15,5	59,1	0,95	14,91	9533,33	884,34	9,14	0,15	62,2	1,61
24	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	2	13,0	61,5	1,26	20,60	9000,0	1000,00	8,00	0,16	48,8	1,46
25	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	3	13,7	58,3	1,21	22,35	6836,21	629,65	7,98	0,17	48,2	1,17
26	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	3	17,2	52,7	1,30	15,83	6021,28	674,03	9,05	0,22	40,5	1,14

Tablo 4. devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solumum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
27	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	3	34,6	49,0	1,11	8,46	6400,0	650,00	16,96	0,38	44,4	1,31
28	Haz.23	Güneşli	kontrol	1	33,6	43,4	0,61	15,32	1505,59	104,88	14,58	0,21	70,8	0,35
29	Haz.23	Güneşli	kontrol	1	25,3	61,2	0,81	13,42	3620,52	324,67	15,48	0,20	75,6	0,59
30	Haz.23	Güneşli	kontrol	1	41,2	47,5	0,60	9,94	2000,0	200,00	19,57	0,25	79,3	0,42
31	Haz.23	Güneşli	kontrol	2	27,2	57,4	1,00	10,66	4863,70	379,16	15,62	0,27	57,4	0,85
32	Haz.23	Güneşli	kontrol	2	10,4	53,6	0,99	19,93	6984,49	484,06	5,56	0,10	54,3	1,30
33	Haz.23	Güneşli	kontrol	2	44,5	58,8	1,07	4,54	5500,0	340,00	26,19	0,48	54,9	0,93
34	Haz.23	Güneşli	kontrol	3	83,1	50,5	0,70	14,09	4140,11	357,07	41,94	0,58	72,0	0,82
35	Haz.23	Güneşli	kontrol	3	37,9	46,9	1,10	18,31	4900,0	359,28	17,78	0,42	42,6	1,05
36	Haz.23	Güneşli	kontrol	3	22,5	54,5	1,27	11,59	3800,0	350,00	12,25	0,29	42,9	0,70
37	Haz.23	Güneşli	mutedil	1	34,5	44,0	0,78	3,36	3200,0	111,81	15,19	0,27	56,8	0,73
38	Haz.23	Güneşli	mutedil	1	19,5	62,2	0,93	10,39	5147,05	84,49	12,11	0,18	66,9	0,83
39	Haz.23	Güneşli	mutedil	1	32,3	45,6	0,81	6,97	4000,0	95,00	14,75	0,26	56,2	0,88
40	Haz.23	Güneşli	mutedil	2	29,4	59,1	1,27	8,21	5290,02	515,40	17,39	0,37	46,7	0,89
41	Haz.23	Güneşli	mutedil	2	18,9	56,9	1,16	10,74	10449,64	197,16	10,75	0,22	49,1	1,84
42	Haz.23	Güneşli	mutedil	2	21,3	60,6	1,08	8,87	7500,0	320,00	12,92	0,23	56,0	1,24
43	Haz.23	Güneşli	mutedil	3	42,8	62,1	1,10	6,52	5367,36	254,73	26,61	0,47	56,6	0,86
44	Haz.23	Güneşli	mutedil	3	19,1	62,1	0,96	12,29	6423,76	513,48	11,87	0,18	64,7	1,03
45	Haz.23	Güneşli	mutedil	3	23,1	61,1	1,09	6,38	5500,0	350,00	14,09	0,25	56,3	0,90
46	Haz.23	Güneşli	şiddetli	1	79,0	43,0	0,58	8,59	1601,04	197,75	33,96	0,45	74,7	0,37
47	Haz.23	Güneşli	şiddetli	1	31,5	59,5	0,93	12,42	3988,14	192,93	18,74	0,29	64,0	0,67
48	Haz.23	Güneşli	şiddetli	1	29,8	60,8	0,86	6,05	2700,0	190,00	18,15	0,26	70,9	0,44
49	Haz.23	Güneşli	şiddetli	2	35,8	54,3	0,91	4,95	3578,31	192,88	19,45	0,33	59,4	0,66
50	Haz.23	Güneşli	şiddetli	2	47,3	55,4	0,75	6,74	879,37	151,93	26,21	0,35	73,9	0,16
51	Haz.23	Güneşli	şiddetli	2	34,0	38,9	0,82	5,85	1900,0	170,00	13,22	0,28	47,5	0,49
52	Haz.23	Güneşli	şiddetli	3	51,5	41,4	0,96	2,60	932,41	238,16	21,32	0,49	43,2	0,23
53	Haz.23	Güneşli	şiddetli	3	12,9	62,3	1,16	18,91	4942,70	318,49	8,01	0,15	53,8	0,79

Tablo 4 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solumum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
54	Haz.23	Güneşli	şiddetli	3	24,0	61,2	0,80	9,00	3100,0	280,00	14,71	0,19	76,5	0,51
55	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	1	14,9	27,9	0,63	6,60	4719,16	926,48	4,15	0,09	44,5	1,69
56	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	1	14,6	38,2	1,12	8,45	4016,89	805,68	5,59	0,16	34,1	1,05
57	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	1	16,3	39,7	1,00	9,57	4300,0	850,00	6,46	0,16	39,7	1,08
58	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	2	14,6	41,2	1,07	13,45	6969,88	1020,89	6,01	0,16	38,7	1,69
59	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	2	18,7	38,1	0,93	13,76	5000,0	1195,19	7,13	0,17	41,0	1,31
60	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	2	9,4	49,7	0,99	14,02	5200,0	1050,00	4,67	0,09	50,2	1,05
61	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	3	19,9	39,5	1,00	9,57	5991,26	547,26	7,87	0,20	39,6	1,52
62	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	3	16,5	41,9	1,16	6,93	3833,82	1384,78	6,90	0,19	36,1	0,92
63	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	3	12,5	38,8	0,92	8,62	4800,0	900,00	4,85	0,12	42,2	1,24
64	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	1	12,3	41,4	0,76	4,52	7253,87	877,57	5,08	0,09	54,2	1,75
65	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	1	12,6	36,2	1,00	3,75	5195,55	820,69	4,56	0,13	36,2	1,44
66	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	1	7,3	37,8	1,20	6,65	6000,00	840,00	2,76	0,09	31,5	1,59
67	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	2	13,6	45,1	1,13	4,65	4443,24	806,47	6,11	0,15	39,7	0,99
68	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	2	13,9	41,5	0,74	3,96	5910,06	1021,65	5,77	0,10	56,4	1,42
69	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	2	19,8	37,1	1,30	2,86	5000,00	900,00	7,36	0,26	28,5	1,35
70	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	3	17,7	33,6	0,94	3,25	5994,44	672,15	5,95	0,17	35,8	1,78
71	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	3	11,0	44,2	1,44	3,63	6218,00	904,16	4,87	0,16	30,8	1,41
72	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	3	14,4	33,1	1,35	4,75	6000,00	750,00	4,78	0,19	24,5	1,81
73	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	1	10,2	37,3	0,81	7,26	5450,99	900,00	3,81	0,08	46,0	1,46
74	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	1	8,7	37,9	0,79	4,64	2011,34	1175,53	3,28	0,07	47,9	0,53
75	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	1	7,3	42,0	0,80	7,71	3500,00	600,00	3,07	0,06	52,5	0,83
76	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	2	15,7	40,0	0,99	5,08	4400,00	457,66	6,27	0,15	40,5	1,10
77	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	2	15,3	49,0	1,08	7,55	8129,72	1113,50	7,50	0,17	45,4	1,66
78	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	2	10,9	48,0	1,00	4,88	6000,00	750,00	5,24	0,11	48,0	1,25
79	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	3	13,0	47,5	0,70	4,31	6153,69	446,07	6,18	0,09	67,9	1,30
80	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	3	11,5	35,4	0,76	9,57	3326,29	658,80	4,08	0,09	46,4	0,94

Tablo 4 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solumum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
81	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	3	15,6	37,9	0,65	8,05	4500,00	500,00	5,93	0,10	58,3	1,19
82	Ağu.23	Güneşli	kontrol	1	16,9	56,0	0,89	3,41	4045,59	441,44	9,47	0,15	63,3	0,72
83	Ağu.23	Güneşli	kontrol	1	16,4	37,3	0,93	5,80	7686,17	380,99	6,13	0,15	40,3	2,06
84	Ağu.23	Güneşli	kontrol	1	20,7	45,4	0,91	1,93	5500,00	400,00	9,38	0,19	49,9	1,21
85	Ağu.23	Güneşli	kontrol	2	22,4	43,2	0,80	2,80	6361,92	226,96	9,66	0,18	53,8	1,47
86	Ağu.23	Güneşli	kontrol	2	19,2	47,8	1,08	4,01	6559,97	528,51	9,19	0,21	44,1	1,37
87	Ağu.23	Güneşli	kontrol	2	13,4	43,8	0,90	6,31	6400,00	350,00	5,88	0,12	48,7	1,46
88	Ağu.23	Güneşli	kontrol	3	22,4	41,8	0,68	6,75	3605,87	512,63	9,36	0,15	61,6	0,86
89	Ağu.23	Güneşli	kontrol	3	18,2	42,8	1,12	5,90	4000,00	373,70	7,80	0,20	38,2	0,93
90	Ağu.23	Güneşli	kontrol	3	14,2	42,3	0,80	7,36	5000,00	400,00	5,99	0,11	52,8	1,18
91	Ağu.23	Güneşli	mutedil	1	12,5	43,7	1,06	5,40	2476,73	519,14	5,48	0,13	41,1	0,57
92	Ağu.23	Güneşli	mutedil	1	10,0	44,9	1,09	4,08	9863,48	756,33	4,48	0,11	41,1	2,20
93	Ağu.23	Güneşli	mutedil	1	11,5	43,0	1,08	4,24	5500,00	600,00	4,93	0,12	39,9	1,28
94	Ağu.23	Güneşli	mutedil	2	12,1	51,0	1,22	4,29	6799,08	516,52	6,18	0,15	42,0	1,33
95	Ağu.23	Güneşli	mutedil	2	10,0	45,0	1,01	5,16	6000,00	1040,03	4,51	0,10	44,6	1,33
96	Ağu.23	Güneşli	mutedil	2	16,4	47,0	1,10	3,39	3500,00	750,00	7,70	0,18	42,7	0,75
97	Ağu.23	Güneşli	mutedil	3	10,4	48,3	1,02	5,07	10500,00	1153,49	5,01	0,11	47,3	2,17
98	Ağu.23	Güneşli	mutedil	3	12,2	43,3	1,06	5,33	9537,45	938,78	5,29	0,13	40,6	2,20
99	Ağu.23	Güneşli	mutedil	3	14,0	45,4	1,04	4,88	8500,00	0,00	6,37	0,15	43,7	1,87
100	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	1	12,7	47,2	0,75	4,34	1930,71	744,22	6,02	0,10	63,2	0,41
101	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	1	17,3	45,2	0,65	4,19	3287,20	363,47	7,82	0,11	69,6	0,73
102	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	1	14,8	45,4	0,70	5,63	2100,00	500,00	6,72	0,10	64,9	0,46
103	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	2	16,6	42,0	1,09	5,44	5000,00	189,38	6,98	0,18	38,5	1,19
104	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	2	23,0	43,9	1,05	3,61	9301,51	813,17	10,11	0,24	41,8	2,12
105	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	2	18,7	42,3	1,00	8,67	7000,00	450,00	7,91	0,19	42,3	1,66
106	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	3	13,4	47,6	0,97	5,63	7126,66	587,21	6,36	0,13	49,1	1,50
107	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	3	14,9	44,3	0,93	4,21	10078,22	583,84	6,61	0,14	47,9	2,27

Tablo 4 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solumum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
108	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	3	13,0	45,4	1,10	4,46	8000,00	586,00	5,90	0,14	41,3	1,76
109	Eki.23	Gölgeli	kontrol	1	24,2	57,2	0,85	2,44	4055,23	338,02	13,86	0,21	67,5	0,71
110	Eki.23	Gölgeli	kontrol	1	17,8	54,4	0,72	3,33	3425,02	160,67	9,65	0,13	75,2	0,63
111	Eki.23	Gölgeli	kontrol	1	20,0	63,3	0,80	2,50	3500,00	230,00	12,65	0,16	79,1	0,55
112	Eki.23	Gölgeli	kontrol	2	13,8	56,3	0,82	3,94	10162,75	499,43	7,74	0,11	68,7	1,81
113	Eki.23	Gölgeli	kontrol	2	12,1	59,2	0,81	5,90	6222,09	500,36	7,15	0,10	73,5	1,05
114	Eki.23	Gölgeli	kontrol	2	12,0	63,3	0,90	4,00	8000,00	450,00	7,59	0,11	70,3	1,26
115	Eki.23	Gölgeli	kontrol	3	18,3	25,7	1,00	2,69	525,91	690,06	4,69	0,18	25,7	0,20
116	Eki.23	Gölgeli	kontrol	3	16,2	54,1	1,04	4,51	2326,83	539,07	8,77	0,17	52,1	0,43
117	Eki.23	Gölgeli	kontrol	3	17,0	63,3	1,02	3,00	1400,00	550,00	10,75	0,17	62,0	0,22
118	Eki.23	Gölgeli	mutedil	1	21,5	58,8	0,91	1,35	4094,26	228,81	12,63	0,20	64,6	0,70
119	Eki.23	Gölgeli	mutedil	1	24,8	53,9	1,00	1,26	2530,74	117,46	13,38	0,25	53,9	0,47
120	Eki.23	Gölgeli	mutedil	1	22,0	63,3	1,10	1,30	3000,00	150,00	13,92	0,24	57,5	0,47
121	Eki.23	Gölgeli	mutedil	2	14,3	61,1	1,01	2,70	4651,59	251,45	8,74	0,14	60,4	0,76
122	Eki.23	Gölgeli	mutedil	2	15,4	57,1	0,93	3,74	4993,76	150,25	8,81	0,14	61,4	0,87
123	Eki.23	Gölgeli	mutedil	2	15,0	63,3	0,80	3,00	4700,00	200,00	9,49	0,12	79,1	0,74
124	Eki.23	Gölgeli	mutedil	3	17,0	53,3	0,88	1,08	3597,24	215,00	9,04	0,15	60,6	0,67
125	Eki.23	Gölgeli	mutedil	3	16,3	53,9	0,95	1,02	2182,38	440,65	8,77	0,15	56,7	0,40
126	Eki.23	Gölgeli	mutedil	3	16,0	63,3	0,99	1,05	2500,00	300,00	10,12	0,16	63,9	0,40
127	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	1	19,3	53,1	1,20	4,80	2310,13	240,00	10,24	0,23	44,1	0,44
128	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	1	26,4	59,3	1,04	3,36	1300,00	134,91	15,64	0,27	57,1	0,22
129	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	1	22,0	63,3	1,10	4,00	1300,00	90,00	13,92	0,24	57,5	0,21
130	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	2	13,7	57,3	1,37	5,79	8506,75	242,47	7,87	0,19	41,9	1,48
131	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	2	9,9	55,8	1,04	5,38	6811,95	1021,31	5,53	0,10	53,7	1,22
132	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	2	11,0	63,3	1,00	5,00	7000,00	600,00	6,96	0,11	63,3	1,11
133	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	3	20,0	58,7	1,19	3,25	9820,03	609,58	11,75	0,24	49,4	1,67
134	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	3	27,1	58,3	1,00	3,51	4993,76	368,11	15,82	0,27	58,3	0,86

Tablo 4 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solumum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
135	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	3	23,0	63,3	1,00	3,00	6500,00	450,00	14,55	0,23	63,3	1,03
136	Eki.23	Güneşli	kontrol	1	34,4	61,3	0,89	2,08	4753,67	547,08	21,12	0,30	69,3	0,78
137	Eki.23	Güneşli	kontrol	1	40,3	61,2	0,85	1,63	4511,45	522,19	24,70	0,34	72,0	0,74
138	Eki.23	Güneşli	kontrol	1	37,0	61,1	0,75	1,80	4600,00	532,00	22,59	0,28	81,4	0,75
139	Eki.23	Güneşli	kontrol	2	41,4	60,7	0,70	2,07	2242,28	388,07	25,12	0,29	86,6	0,37
140	Eki.23	Güneşli	kontrol	2	44,0	61,1	0,88	1,16	2456,05	241,40	26,87	0,39	69,4	0,40
141	Eki.23	Güneşli	kontrol	2	42,0	61,1	0,78	1,50	2300,00	300,00	25,64	0,33	78,3	0,38
142	Eki.23	Güneşli	kontrol	3	35,9	54,5	0,82	3,22	3048,22	64,31	19,55	0,29	66,8	0,56
143	Eki.23	Güneşli	kontrol	3	31,0	57,8	0,77	1,77	4744,90	830,88	17,93	0,24	75,0	0,82
144	Eki.23	Güneşli	kontrol	3	33,0	54,8	0,85	2,00	3500,00	450,00	18,08	0,28	64,5	0,64
145	Eki.23	Güneşli	mutedil	1	21,5	60,8	0,80	1,60	5327,58	405,60	13,11	0,17	76,0	0,88
146	Eki.23	Güneşli	mutedil	1	37,8	51,9	0,73	0,56	4988,85	258,07	19,62	0,28	71,1	0,96
147	Eki.23	Güneşli	mutedil	1	29,0	56,4	0,65	1,00	5100,00	310,00	16,34	0,19	86,7	0,90
148	Eki.23	Güneşli	mutedil	2	21,7	58,8	0,77	1,48	3704,93	222,30	12,77	0,17	76,4	0,63
149	Eki.23	Güneşli	mutedil	2	20,9	57,4	0,74	0,83	2881,14	112,63	11,99	0,15	77,7	0,50
150	Eki.23	Güneşli	mutedil	2	20,0	56,4	0,66	1,10	3200,00	170,00	11,27	0,13	85,4	0,57
151	Eki.23	Güneşli	mutedil	3	22,8	53,0	0,70	0,59	3070,12	258,64	12,08	0,16	75,8	0,58
152	Eki.23	Güneşli	mutedil	3	19,5	57,0	0,73	0,47	4721,00	502,31	11,14	0,14	78,1	0,83
153	Eki.23	Güneşli	mutedil	3	20,0	54,8	0,74	0,45	3500,00	350,00	10,96	0,15	74,0	0,64
154	Eki.23	Güneşli	şiddetli	1	21,9	54,3	0,77	1,62	3090,87	98,95	11,86	0,17	70,5	0,57
155	Eki.23	Güneşli	şiddetli	1	31,7	53,8	0,77	0,60	3932,02	347,82	17,07	0,24	69,9	0,73
156	Eki.23	Güneşli	şiddetli	1	26,0	53,2	0,80	1,00	3500,00	235,00	13,84	0,21	66,5	0,66
157	Eki.23	Güneşli	şiddetli	2	35,4	57,6	0,85	0,24	9158,26	232,81	20,40	0,30	67,8	1,59
158	Eki.23	Güneşli	şiddetli	2	42,5	49,1	0,60	0,44	3596,70	157,23	20,86	0,25	81,9	0,73
159	Eki.23	Güneşli	şiddetli	2	37,0	51,7	0,75	0,30	6000,00	190,00	19,11	0,28	68,9	1,16
160	Eki.23	Güneşli	şiddetli	3	18,1	58,2	0,72	1,19	834,27	355,32	10,54	0,13	80,8	0,14
161	Eki.23	Güneşli	şiddetli	3	27,1	61,4	0,81	0,56	5849,58	772,30	16,63	0,22	75,9	0,95

Tablo 4 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solumum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
162	Eki.23	Güneşli	şiddetli	3	22,0	59,5	0,78	0,80	3200,00	500,00	13,09	0,17	76,3	0,54
163	Haz.24	Gölgeli	kontrol	1	4,1	55,4	0,87	4,01	10909,38	790,16	2,26	0,04	63,7	1,97
164	Haz.24	Gölgeli	kontrol	1	5,9	54,7	0,87	2,56	10172,78	527,86	3,23	0,05	63,1	1,86
165	Haz.24	Gölgeli	kontrol	1	6,9	51,7	0,91	2,80	7804,92	600,00	3,57	0,06	56,8	1,51
166	Haz.24	Gölgeli	kontrol	2	7,0	54,8	0,86	2,53	7170,46	499,20	3,82	0,06	63,9	1,31
167	Haz.24	Gölgeli	kontrol	2	6,2	52,7	0,92	3,24	11225,20	604,44	3,27	0,06	57,5	2,13
168	Haz.24	Gölgeli	kontrol	2	10,0	50,1	0,90	2,71	14329,67	500,00	5,01	0,09	55,8	2,86
169	Haz.24	Gölgeli	kontrol	3	4,0	54,3	0,90	3,94	10827,42	476,18	2,16	0,04	60,4	1,99
170	Haz.24	Gölgeli	kontrol	3	7,3	46,4	0,88	2,74	14713,75	729,34	3,40	0,06	52,5	3,17
171	Haz.24	Gölgeli	kontrol	3	6,1	48,5	0,94	2,87	11697,84	550,00	2,98	0,06	51,6	2,41
172	Haz.24	Gölgeli	mutedil	1	2,9	53,3	0,85	5,45	10917,77	530,54	1,56	0,02	62,9	2,05
173	Haz.24	Gölgeli	mutedil	1	3,5	53,7	0,91	6,03	9189,05	534,74	1,89	0,03	59,1	1,71
174	Haz.24	Gölgeli	mutedil	1	3,4	50,1	0,90	5,99	6341,74	532,00	1,69	0,03	55,8	1,27
175	Haz.24	Gölgeli	mutedil	2	4,3	51,9	0,85	5,01	12666,40	641,53	2,22	0,04	60,7	2,44
176	Haz.24	Gölgeli	mutedil	2	6,4	46,7	0,88	3,93	18078,47	174,36	2,99	0,06	52,8	3,87
177	Haz.24	Gölgeli	mutedil	2	6,4	47,0	0,93	4,08	8274,85	350,00	2,99	0,06	50,6	1,76
178	Haz.24	Gölgeli	mutedil	3	7,8	55,0	0,85	1,73	5052,27	211,49	4,29	0,07	65,0	0,92
179	Haz.24	Gölgeli	mutedil	3	6,8	54,2	0,81	3,60	8032,18	353,80	3,71	0,06	66,9	1,48
180	Haz.24	Gölgeli	mutedil	3	4,0	54,8	0,82	5,94	11000,98	290,00	2,19	0,03	66,4	2,01
181	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	1	6,4	56,5	0,86	1,18	9908,47	160,67	3,61	0,05	65,7	1,75
182	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	1	6,3	53,3	0,84	0,82	5329,56	294,34	3,34	0,05	63,5	1,00
183	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	1	4,7	54,8	0,86	3,04	7286,81	220,00	2,57	0,04	63,6	1,33
184	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	2	2,7	54,5	0,84	4,24	12759,33	491,72	1,45	0,02	64,6	2,34
185	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	2	2,0	52,7	0,90	5,61	7770,27	300,74	1,04	0,02	58,8	1,47
186	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	2	3,4	51,7	0,89	4,06	14203,11	330,00	1,78	0,03	57,9	2,75
187	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	3	4,1	53,3	0,88	3,54	10910,66	427,02	2,20	0,04	60,4	2,05
188	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	3	4,0	55,9	0,90	4,10	13384,14	640,53	2,21	0,04	62,3	2,39

Tablo 4 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solumum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
189	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	3	5,2	56,4	0,85	3,46	9656,56	550,00	2,95	0,04	65,9	1,71
190	Haz.24	Güneşli	kontrol	1	5,4	52,7	0,87	5,85	7022,96	356,57	2,84	0,05	60,9	1,33
191	Haz.24	Güneşli	kontrol	1	12,9	57,0	0,86	0,49	2842,33	275,71	7,35	0,11	66,6	0,50
192	Haz.24	Güneşli	kontrol	1	9,4	53,2	0,85	1,74	5729,88	329,09	4,98	0,08	62,7	1,08
193	Haz.24	Güneşli	kontrol	2	9,6	51,8	0,87	1,36	6446,96	347,10	4,98	0,08	59,3	1,25
194	Haz.24	Güneşli	kontrol	2	3,2	51,4	0,87	3,35	3308,48	288,08	1,65	0,03	58,7	0,64
195	Haz.24	Güneşli	kontrol	2	11,8	51,7	0,89	1,40	3057,22	286,46	6,09	0,11	57,9	0,59
196	Haz.24	Güneşli	kontrol	3	7,2	56,2	0,87	3,20	7186,36	360,43	4,02	0,06	64,6	1,28
197	Haz.24	Güneşli	kontrol	3	5,2	48,3	0,97	2,49	6571,87	366,85	2,49	0,05	49,9	1,36
198	Haz.24	Güneşli	kontrol	3	9,0	50,9	0,93	1,55	4149,39	314,41	4,59	0,08	54,7	0,82
199	Haz.24	Güneşli	mutedil	1	9,4	48,9	0,84	2,63	5436,61	322,45	4,60	0,08	57,9	1,11
200	Haz.24	Güneşli	mutedil	1	10,6	46,9	0,89	3,13	6603,38	353,35	4,96	0,09	52,7	1,41
201	Haz.24	Güneşli	mutedil	1	12,5	48,5	0,87	4,22	6395,25	345,18	6,08	0,11	55,9	1,32
202	Haz.24	Güneşli	mutedil	2	8,7	48,0	0,83	2,20	5652,05	324,84	4,17	0,07	57,5	1,18
203	Haz.24	Güneşli	mutedil	2	8,7	50,9	0,80	3,40	4322,16	294,15	4,42	0,07	63,3	0,85
204	Haz.24	Güneşli	mutedil	2	8,2	51,7	0,78	3,90	7690,91	353,89	4,21	0,06	66,0	1,49
205	Haz.24	Güneşli	mutedil	3	8,1	52,2	0,85	3,71	8626,82	383,90	4,25	0,07	61,5	1,65
206	Haz.24	Güneşli	mutedil	3	5,9	49,6	0,76	3,41	5587,48	308,97	2,91	0,04	65,7	1,13
207	Haz.24	Güneşli	mutedil	3	7,3	47,0	0,82	4,74	8795,18	381,63	3,44	0,06	57,3	1,87
208	Haz.24	Güneşli	şiddetli	1	11,5	44,5	0,88	6,02	6958,73	357,84	5,13	0,10	50,6	1,56
209	Haz.24	Güneşli	şiddetli	1	13,5	47,6	0,85	3,63	3450,73	286,90	6,42	0,12	55,7	0,73
210	Haz.24	Güneşli	şiddetli	1	14,9	45,4	0,84	4,50	3019,98	277,01	6,78	0,13	53,8	0,67
211	Haz.24	Güneşli	şiddetli	2	12,6	45,0	0,85	5,38	4485,72	306,00	5,67	0,11	52,9	1,00
212	Haz.24	Güneşli	şiddetli	2	9,6	43,5	0,92	7,30	7480,66	374,82	4,18	0,09	47,4	1,72
213	Haz.24	Güneşli	şiddetli	2	6,1	43,0	0,89	6,95	6545,08	352,11	2,62	0,05	48,4	1,52
214	Haz.24	Güneşli	şiddetli	3	7,3	51,8	0,82	3,01	6095,59	329,98	3,81	0,06	63,5	1,18
215	Haz.24	Güneşli	şiddetli	3	18,4	50,4	0,84	2,85	4232,94	298,19	9,27	0,15	60,4	0,84

Tablo 4 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solumum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
216	Haz.24	Güneşli	şiddetli	3	10,5	47,0	0,82	6,00	5800,15	325,03	4,94	0,09	57,3	1,24
217	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	1	5,5	47,4	0,70	2,44	12194,06	423,09	2,63	0,04	67,9	2,57
218	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	1	3,8	50,1	0,73	0,85	12890,87	442,39	1,89	0,03	68,5	2,58
219	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	1	4,0	48,5	0,63	1,60	12450,00	415,96	1,94	0,03	76,6	2,57
220	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	2	3,2	47,2	0,82	1,11	11905,02	439,93	1,51	0,03	57,7	2,52
221	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	2	8,3	43,6	0,71	0,88	10125,81	386,08	3,62	0,06	61,5	2,32
222	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	2	5,0	45,4	0,70	1,00	1100,00	213,86	2,27	0,04	64,8	0,24
223	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	3	5,8	44,6	0,77	1,34	10697,26	407,95	2,58	0,04	58,1	2,40
224	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	3	5,5	43,9	0,70	1,53	12250,09	424,90	2,42	0,04	62,6	2,79
225	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	3	5,0	43,8	0,67	1,25	1100,00	208,32	2,19	0,03	65,4	0,25
226	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	1	11,5	47,4	0,68	1,82	14838,14	469,76	5,43	0,08	69,7	3,13
227	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	1	7,7	43,1	0,73	2,53	4140,88	276,29	3,31	0,06	59,4	0,96
228	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	1	9,0	44,6	0,63	2,20	9000,00	350,33	4,02	0,06	70,7	2,02
229	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	2	14,3	43,3	0,73	1,30	12134,55	428,33	6,19	0,10	59,2	2,80
230	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	2	4,1	47,7	0,68	1,79	10083,64	380,03	1,96	0,03	70,1	2,11
231	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	2	9,0	45,4	0,66	1,50	11000,00	394,26	4,09	0,06	68,4	2,42
232	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	3	19,4	42,5	0,77	0,69	8971,90	376,55	8,24	0,15	54,9	2,11
233	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	3	8,0	46,9	0,72	0,66	12194,06	426,78	3,74	0,06	65,4	2,60
234	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	3	13,0	44,6	0,67	0,60	10000,00	375,94	5,80	0,09	66,9	2,24
235	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	1	8,5	37,8	0,72	2,01	10667,00	399,21	3,22	0,06	52,1	2,82
236	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	1	7,8	50,6	0,72	2,38	10254,55	390,32	3,96	0,06	70,4	2,03
237	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	1	7,0	42,3	0,66	0,46	10000,00	374,34	2,96	0,05	64,2	2,37
238	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	2	7,1	47,6	0,71	0,78	10767,27	398,93	3,37	0,05	66,8	2,26
239	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	2	3,8	46,8	0,72	0,83	15355,75	487,69	1,78	0,03	64,7	3,28
240	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	2	7,0	47,0	0,60	0,79	12500,00	411,36	3,29	0,04	77,8	2,66
241	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	3	4,2	46,9	0,70	1,75	11042,34	402,42	1,95	0,03	66,7	2,35
242	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	3	4,8	52,7	0,75	2,50	16563,50	496,90	2,52	0,04	70,3	3,14

Tablo 4 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solumum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
243	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	3	4,0	50,1	0,87	2,05	14000,00	434,01	2,00	0,03	57,6	2,79
244	Ağu.24	Güneşli	kontrol	1	1,7	50,2	0,66	1,99	13206,76	435,69	0,86	0,01	75,8	2,63
245	Ağu.24	Güneşli	kontrol	1	1,6	43,3	0,73	1,47	9741,82	383,14	0,68	0,01	59,1	2,25
246	Ağu.24	Güneşli	kontrol	1	1,6	47,0	0,62	1,99	11000,00	386,37	0,75	0,01	75,6	2,34
247	Ağu.24	Güneşli	kontrol	2	1,8	43,3	0,68	1,80	12414,27	423,68	0,79	0,01	63,8	2,87
248	Ağu.24	Güneşli	kontrol	2	7,4	44,2	0,70	1,85	7788,60	339,62	3,28	0,05	63,5	1,76
249	Ağu.24	Güneşli	kontrol	2	4,0	43,8	0,60	2,31	10000,00	363,10	1,75	0,02	73,3	2,28
250	Ağu.24	Güneşli	kontrol	3	2,5	43,1	0,72	2,27	12582,03	434,78	1,07	0,02	59,7	2,92
251	Ağu.24	Güneşli	kontrol	3	1,2	41,8	0,69	1,39	10254,55	385,42	0,49	0,01	60,4	2,45
252	Ağu.24	Güneşli	kontrol	3	1,5	42,3	0,66	2,32	11000,00	393,24	0,63	0,01	64,2	2,60
253	Ağu.24	Güneşli	mutedil	1	8,1	42,3	0,70	1,53	5866,24	303,25	3,44	0,06	60,7	1,39
254	Ağu.24	Güneşli	mutedil	1	8,8	41,2	0,69	1,78	10596,36	392,39	3,64	0,06	59,2	2,57
255	Ağu.24	Güneşli	mutedil	1	8,0	41,5	0,64	1,59	7500,00	324,32	3,32	0,05	64,4	1,81
256	Ağu.24	Güneşli	mutedil	2	13,2	26,7	0,74	0,99	7349,09	339,22	3,53	0,10	36,2	2,75
257	Ağu.24	Güneşli	mutedil	2	8,8	43,2	0,68	1,46	13843,64	451,48	3,82	0,06	63,3	3,20
258	Ağu.24	Güneşli	mutedil	2	10,0	34,4	0,71	1,81	10000,00	383,56	3,44	0,07	48,6	2,90
259	Ağu.24	Güneşli	mutedil	3	8,8	44,8	0,71	1,51	14248,19	464,97	3,96	0,06	62,7	3,18
260	Ağu.24	Güneşli	mutedil	3	10,7	47,6	0,70	1,49	10767,27	397,06	5,11	0,08	67,8	2,26
261	Ağu.24	Güneşli	mutedil	3	9,0	45,4	0,68	1,36	12000,00	416,51	4,09	0,06	66,6	2,64
262	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	1	0,9	48,7	0,66	1,45	11174,95	396,16	0,45	0,01	74,3	2,29
263	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	1	3,7	48,0	0,69	2,09	5984,53	304,53	1,78	0,03	69,5	1,25
264	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	1	2,5	47,0	0,60	4,50	8000,00	326,31	1,17	0,02	77,8	1,70
265	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	2	2,4	43,0	0,70	3,00	14259,64	461,71	1,04	0,02	61,9	3,31
266	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	2	8,0	48,9	0,67	1,41	8454,29	346,84	3,93	0,05	73,2	1,73
267	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	2	5,0	45,4	0,63	2,09	11000,00	387,54	2,27	0,03	72,3	2,42
268	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	3	7,9	46,7	0,69	1,49	7743,05	337,30	3,71	0,05	67,7	1,66
269	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	3	2,1	31,1	0,78	1,43	6981,95	345,24	0,65	0,02	40,1	2,24

Tablo 4 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solumum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
270	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	3	25,4	37,6	0,68	1,78	7000,00	321,16	9,56	0,17	55,5	1,86
271	Eki.24	Gölgeli	kontrol	1	7,3	42,2	0,88	6,05	8240,60	383,15	3,07	0,06	47,6	1,96
272	Eki.24	Gölgeli	kontrol	1	6,0	43,0	0,96	4,57	12868,13	484,40	2,56	0,06	44,9	2,99
273	Eki.24	Gölgeli	kontrol	1	9,8	40,7	0,98	6,29	10000,00	433,28	3,97	0,10	41,7	2,46
274	Eki.24	Gölgeli	kontrol	2	7,4	40,0	0,92	11,17	6793,33	362,75	2,96	0,07	43,4	1,70
275	Eki.24	Gölgeli	kontrol	2	7,5	40,9	0,89	12,37	4749,40	318,45	3,06	0,07	45,9	1,16
276	Eki.24	Gölgeli	kontrol	2	7,2	40,3	0,85	6,82	5000,00	315,22	2,90	0,06	47,5	1,24
277	Eki.24	Gölgeli	kontrol	3	7,8	41,3	0,88	6,43	9415,23	404,00	3,23	0,07	47,0	2,28
278	Eki.24	Gölgeli	kontrol	3	8,7	41,5	0,91	5,69	8881,90	399,09	3,63	0,08	45,9	2,14
279	Eki.24	Gölgeli	kontrol	3	5,4	43,7	0,85	5,34	8500,00	381,88	2,34	0,05	51,3	1,95
280	Eki.24	Gölgeli	mutedil	1	8,7	46,6	0,86	3,82	8887,27	391,36	4,04	0,07	54,0	1,91
281	Eki.24	Gölgeli	mutedil	1	7,2	41,9	0,90	1,56	8973,83	399,52	3,02	0,06	46,7	2,14
282	Eki.24	Gölgeli	mutedil	1	5,2	43,6	0,86	3,97	8850,00	390,26	2,27	0,04	50,6	2,03
283	Eki.24	Gölgeli	mutedil	2	9,9	44,6	0,91	2,78	1994,84	269,64	4,43	0,09	49,1	0,45
284	Eki.24	Gölgeli	mutedil	2	8,0	40,2	0,89	9,44	997,42	246,39	3,21	0,07	45,4	0,25
285	Eki.24	Gölgeli	mutedil	2	7,1	40,6	0,92	3,18	1500,00	262,64	2,90	0,07	44,0	0,37
286	Eki.24	Gölgeli	mutedil	3	8,8	36,7	0,90	0,75	6531,44	352,94	3,23	0,08	40,9	1,78
287	Eki.24	Gölgeli	mutedil	3	7,2	36,5	0,89	2,10	3657,21	297,75	2,62	0,06	40,9	1,00
288	Eki.24	Gölgeli	mutedil	3	8,7	35,7	0,94	3,43	4500,00	322,98	3,09	0,08	37,9	1,26
289	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	1	6,9	36,1	0,90	3,34	2013,13	267,61	2,51	0,06	40,3	0,56
290	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	1	7,5	36,4	0,91	3,27	9394,58	408,92	2,72	0,07	40,2	2,58
291	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	1	7,9	35,9	0,95	6,51	5500,00	344,11	2,84	0,08	37,6	1,53
292	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	2	6,5	43,5	0,87	2,73	6374,90	345,20	2,85	0,06	50,0	1,47
293	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	2	9,6	31,6	0,93	6,63	6665,45	361,61	3,03	0,09	34,0	2,11
294	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	2	7,7	44,8	0,88	8,20	6400,00	556,00	3,46	0,07	50,8	1,43
295	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	3	7,4	39,4	0,96	4,32	12077,55	469,51	2,91	0,07	41,0	3,07
296	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	3	6,6	39,5	0,98	2,23	11910,99	469,62	2,62	0,06	40,5	3,02

Tablo 4 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solumum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
297	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	3	7,9	39,4	0,91	9,39	11500,00	450,20	3,09	0,07	43,1	2,92
298	Eki.24	Güneşli	kontrol	1	6,6	42,9	0,86	4,81	15924,75	524,10	2,82	0,06	49,8	3,71
299	Eki.24	Güneşli	kontrol	1	5,2	47,1	0,78	3,28	18905,53	564,59	2,46	0,04	60,6	4,02
300	Eki.24	Güneşli	kontrol	1	3,2	46,8	0,77	2,71	16500,00	517,63	1,48	0,02	60,9	3,52
301	Eki.24	Güneşli	kontrol	2	6,5	47,1	0,79	2,52	11014,04	417,12	3,08	0,05	59,9	2,34
302	Eki.24	Güneşli	kontrol	2	3,6	48,0	0,79	2,56	23002,72	643,65	1,74	0,03	61,2	4,79
303	Eki.24	Güneşli	kontrol	2	3,6	49,2	0,81	2,92	17000,00	534,35	1,75	0,03	60,9	3,45
304	Eki.24	Güneşli	kontrol	3	5,2	43,5	0,94	5,87	13820,10	498,99	2,28	0,05	46,3	3,17
305	Eki.24	Güneşli	kontrol	3	3,1	48,5	0,77	1,82	16658,94	521,74	1,51	0,02	62,6	3,44
306	Eki.24	Güneşli	kontrol	3	2,6	40,4	0,83	2,47	15500,00	509,92	1,03	0,02	48,7	3,84
307	Eki.24	Güneşli	mutedil	1	4,2	47,6	0,86	19,08	15042,43	506,94	2,00	0,04	55,4	3,16
308	Eki.24	Güneşli	mutedil	1	4,9	49,4	0,88	11,13	14640,70	502,36	2,42	0,04	56,5	2,96
309	Eki.24	Güneşli	mutedil	1	5,7	47,9	0,78	15,79	15000,00	492,15	2,75	0,05	61,1	3,13
310	Eki.24	Güneşli	mutedil	2	11,8	47,1	0,77	9,31	16055,86	510,02	5,54	0,09	61,0	3,41
311	Eki.24	Güneşli	mutedil	2	8,0	50,7	0,75	9,46	11018,78	411,47	4,05	0,06	67,2	2,17
312	Eki.24	Güneşli	mutedil	2	6,5	48,1	0,76	7,29	12000,00	431,59	3,12	0,05	63,1	2,49
313	Eki.24	Güneşli	mutedil	3	10,0	49,4	0,77	8,25	10669,85	407,15	4,94	0,08	64,5	2,16
314	Eki.24	Güneşli	mutedil	3	9,1	51,0	0,75	13,41	15631,27	497,08	4,62	0,07	68,3	3,07
315	Eki.24	Güneşli	mutedil	3	7,8	50,6	0,75	9,23	12500,00	438,52	3,95	0,06	67,5	2,47
316	Eki.24	Güneşli	şiddetli	1	8,5	48,9	0,80	7,58	21338,41	615,23	4,16	0,07	61,0	4,36
317	Eki.24	Güneşli	şiddetli	1	10,4	48,3	0,80	9,51	14303,29	481,40	5,02	0,08	60,6	2,96
318	Eki.24	Güneşli	şiddetli	1	9,3	48,1	0,82	4,50	17500,00	546,98	4,47	0,08	58,3	3,64
319	Eki.24	Güneşli	şiddetli	2	7,0	50,3	0,81	4,84	14748,05	491,66	3,51	0,06	62,3	2,93
320	Eki.24	Güneşli	şiddetli	2	9,6	48,5	0,83	4,99	8344,29	374,62	4,64	0,08	58,6	1,72
321	Eki.24	Güneşli	şiddetli	2	6,6	49,8	0,83	8,31	11000,00	424,54	3,30	0,05	60,2	2,21
322	Eki.24	Güneşli	şiddetli	3	9,7	48,9	0,80	7,79	10618,10	411,59	4,74	0,08	61,5	2,17
323	Eki.24	Güneşli	şiddetli	3	6,6	47,6	0,78	3,70	13798,01	469,00	3,13	0,05	60,9	2,90

Tablo 4 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Ölü Örtü Stok (t/ha)	Org. C (%)	Top. N (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	C/N	qMic (%)
324	Eki.24	Güneşli	şiddetli	3	8,3	47,3	0,76	5,61	12500,00	440,64	3,91	0,06	62,2	2,64

Ek Tablo 5. Deneme alanlarından alınan toprak örneklerine ilişkin ham verileri

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Kum	Kil	Toz	Hacim Ağ.	Toprak Nemi	Toprak Sıcaklığı	pH	Org. C (%)	Top. N (%)	C/N
1	Haz.23	Gölgeli	kontrol	1	36,9	40,1	23,0	0,89	28,56	17,70	5,41	3,32	0,196	16,93
2	Haz.23	Gölgeli	kontrol	1	40,9	36,1	23,0	0,79	23,72	17,50	5,24	4,45	0,181	24,58
3	Haz.23	Gölgeli	kontrol	1	41,9	34,1	24,0	0,96	32,26	17,90	5,45	4,01	0,193	20,82
4	Haz.23	Gölgeli	kontrol	2	40,9	36,1	23,0	1,05	35,87	18,00	5,22	2,61	0,109	23,96
5	Haz.23	Gölgeli	kontrol	2	45,9	33,1	21,0	0,86	27,33	18,10	5,23	3,48	0,153	22,80
6	Haz.23	Gölgeli	kontrol	2	42,9	36,1	21,0	0,94	34,61	16,50	5,14	4,12	0,218	18,94
7	Haz.23	Gölgeli	kontrol	3	46,9	30,1	23,0	0,95	29,36	17,30	5,3	5,21	0,207	25,18
8	Haz.23	Gölgeli	kontrol	3	41,9	36,1	22,0	1,07	30,63	18,70	5,38	3,98	0,211	18,91
9	Haz.23	Gölgeli	kontrol	3	44,9	32,1	23,0	0,84	26,61	17,60	5,64	3,91	0,228	17,13
10	Haz.23	Gölgeli	mutedil	1	48,9	27,1	24,0	0,92	31,20	18,80	5,88	3,39	0,298	11,39
11	Haz.23	Gölgeli	mutedil	1	43,9	32,1	24,0	0,93	32,58	18,80	5,57	2,79	0,322	8,66
12	Haz.23	Gölgeli	mutedil	1	40,9	33,1	26,0	0,76	34,65	18,44	5,52	3,92	0,346	11,33
13	Haz.23	Gölgeli	mutedil	2	51,9	28,1	20,0	1,00	29,06	18,80	5,37	3,71	0,274	13,56
14	Haz.23	Gölgeli	mutedil	2	46,9	32,1	21,0	0,76	36,12	19,10	5,6	3,29	0,338	9,73
15	Haz.23	Gölgeli	mutedil	2	48,9	34,1	17,0	0,96	28,65	19,76	5,49	3,52	0,280	12,60
16	Haz.23	Gölgeli	mutedil	3	37,9	38,1	24,0	1,11	26,86	19,70	5,25	3,22	0,300	10,72
17	Haz.23	Gölgeli	mutedil	3	36,9	36,1	27,0	1,02	29,12	19,70	5,17	3,55	0,319	11,11
18	Haz.23	Gölgeli	mutedil	3	38,9	32,1	29,0	1,21	29,60	20,21	5,21	2,46	0,317	7,77
19	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	1	39,9	37,1	23,0	0,75	33,03	23,85	5,48	3,36	0,337	9,94
20	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	1	41,9	36,1	22,0	0,83	30,83	21,76	5	3,83	0,316	12,11
21	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	1	44,9	32,1	23,0	0,99	30,18	20,41	5,34	2,93	0,303	9,68
22	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	2	38,9	36,1	25,0	1,30	34,65	19,50	5,38	4,00	0,352	11,37
23	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	2	36,9	38,1	25,0	1,10	33,88	19,48	5,33	4,54	0,352	12,87
24	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	2	31,9	42,1	26,0	1,17	29,32	19,07	5,39	5,09	0,336	15,16
25	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	3	34,9	39,1	26,0	1,01	34,99	18,90	5,53	4,77	0,366	13,03
26	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	3	30,9	38,1	31,0	0,91	43,88	21,50	5,5	3,55	0,440	8,06
27	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	3	35,9	37,1	27,0	1,13	36,31	20,70	5,59	4,84	0,372	12,99

Tablo 5 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Kum	Kil	Toz	Hacim Ağ.	Toprak Nemi	Toprak Sıcaklığı	pH	Org. C (%)	Top. N (%)	C/N
28	Haz.23	Güneşli	kontrol	1	60,1	25,0	15,0	1,59	19,58	18,45	5,47	2,84	0,108	26,39
29	Haz.23	Güneşli	kontrol	1	61,1	27,0	12,0	1,16	16,49	17,48	5,59	2,15	0,079	27,08
30	Haz.23	Güneşli	kontrol	1	58,1	33,0	9,0	1,30	18,02	16,67	5,51	1,48	0,044	33,85
31	Haz.23	Güneşli	kontrol	2	59,1	32,0	9,0	1,42	22,58	15,87	5,21	3,14	0,111	28,18
32	Haz.23	Güneşli	kontrol	2	58,1	27,0	15,0	1,19	20,34	15,10	5,29	2,95	0,104	28,31
33	Haz.23	Güneşli	kontrol	2	57,1	24,0	19,0	1,31	16,94	15,00	5,34	2,67	0,076	35,27
34	Haz.23	Güneşli	kontrol	3	56,1	27,0	17,0	1,24	16,26	14,67	5,3	1,89	0,075	25,21
35	Haz.23	Güneşli	kontrol	3	60,1	26,0	14,0	1,19	19,26	14,38	5,32	3,14	0,086	36,33
36	Haz.23	Güneşli	kontrol	3	57,1	25,0	18,0	1,32	17,15	14,10	5,46	3,03	0,083	36,53
37	Haz.23	Güneşli	mutedil	1	56,9	23,1	20,0	1,04	16,00	16,30	5,7	1,89	0,068	27,80
38	Haz.23	Güneşli	mutedil	1	59,9	24,1	16,0	1,27	18,17	16,30	5,66	1,77	0,061	29,08
39	Haz.23	Güneşli	mutedil	1	61,9	26,1	12,0	1,40	15,60	16,37	5,56	2,07	0,062	33,64
40	Haz.23	Güneşli	mutedil	2	63,1	27,0	10,0	1,70	17,49	16,70	5,51	1,73	0,040	43,14
41	Haz.23	Güneşli	mutedil	2	58,1	28,0	14,0	1,30	16,39	18,00	5,58	1,64	0,056	29,35
42	Haz.23	Güneşli	mutedil	2	66,1	22,0	12,0	1,28	16,46	18,20	5,63	1,87	0,047	39,53
43	Haz.23	Güneşli	mutedil	3	64,1	21,0	15,0	1,27	15,46	18,31	5,5	1,29	0,033	38,87
44	Haz.23	Güneşli	mutedil	3	67,1	20,0	13,0	1,28	11,93	0,26	5,37	1,48	0,054	27,22
45	Haz.23	Güneşli	mutedil	3	64,1	21,0	15,0	1,55	14,55	0,15	5,47	0,91	0,033	27,53
46	Haz.23	Güneşli	şiddetli	1	63,1	23,0	14,0	1,40	15,11	16,70	5,34	1,68	0,037	45,98
47	Haz.23	Güneşli	şiddetli	1	61,1	24,0	15,0	1,54	25,87	16,99	5,54	2,88	0,072	39,90
48	Haz.23	Güneşli	şiddetli	1	58,1	26,0	16,0	1,23	22,91	17,00	5,61	1,25	0,037	34,23
49	Haz.23	Güneşli	şiddetli	2	57,1	25,0	18,0	1,39	21,45	17,06	5,52	2,00	0,079	25,19
50	Haz.23	Güneşli	şiddetli	2	62,1	23,0	15,0	1,31	20,83	17,27	5,61	2,63	0,076	34,70
51	Haz.23	Güneşli	şiddetli	2	61,1	24,0	15,0	1,23	15,10	17,35	5,5	1,46	0,065	22,42
52	Haz.23	Güneşli	şiddetli	3	62,1	25,0	13,0	1,31	14,31	17,50	5,23	1,45	0,037	39,67
53	Haz.23	Güneşli	şiddetli	3	60,1	23,0	17,0	1,36	13,11	17,70	5,44	1,21	0,052	23,14
54	Haz.23	Güneşli	şiddetli	3	63,1	22,0	15,0	1,43	18,11	17,70	5,53	1,38	0,040	34,45
55	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	1	32,3	39,0	28,8	0,99	11,91	23,36	6,65	2,68	0,230	11,64

Tablo 5 devamı

No	Mevsim	Baki	Aralama	Parsel	Kum	Kil	Toz	Hacim Ağ.	Toprak Nemi	Toprak Sıcaklığı	pH	Org. C (%)	Top. N (%)	C/N
56	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	1	38,6	31,6	29,8	1,10	15,04	22,13	6,1	2,39	0,161	14,87
57	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	1	38,6	32,6	28,7	1,15	11,43	21,32	6,5	3,00	0,220	13,64
58	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	2	37,0	34,3	29,0	1,06	22,60	20,59	5,62	2,69	0,142	18,90
59	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	2	34,0	37,0	29,0	1,15	10,23	20,11	5,5	4,22	0,200	21,08
60	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	2	33,0	38,0	29,0	1,25	12,98	19,62	5,3	6,00	0,190	31,58
61	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	3	36,0	35,0	29,0	0,87	13,43	19,34	5,44	6,25	0,221	28,26
62	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	3	34,0	36,0	30,0	1,10	12,42	18,98	5,38	2,84	0,152	18,65
63	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	3	31,0	38,0	31,0	1,21	12,30	18,74	5,2	6,50	0,200	32,50
64	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	1	39,0	31,4	29,6	1,20	11,45	26,58	5,29	3,12	0,088	35,38
65	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	1	38,6	31,6	29,8	1,13	10,59	25,23	5,15	3,30	0,125	26,41
66	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	1	36,6	32,7	30,7	1,40	11,90	24,77	5,1	6,00	0,120	50,00
67	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	2	40,0	33,6	26,0	1,15	11,09	22,97	5,38	3,49	0,127	27,54
68	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	2	38,0	31,9	30,1	1,08	10,03	22,31	5,6	3,12	0,095	32,82
69	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	2	31,0	38,0	31,0	1,25	12,41	21,92	5	6,30	0,130	48,46
70	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	3	34,0	34,0	32,1	0,59	11,33	21,79	5,47	3,66	0,151	24,24
71	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	3	32,0	35,0	33,0	1,31	12,99	20,90	5,45	4,82	0,279	17,30
72	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	3	36,5	35,0	28,0	1,19	11,86	20,62	5,4	6,40	0,200	32,00
73	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	1	42,8	32,6	24,6	1,45	11,50	21,03	5,57	3,56	0,111	31,98
74	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	1	36,4	35,8	27,8	1,33	12,48	21,63	5,7	3,30	0,142	23,25
75	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	1	32,1	37,0	31,0	1,23	14,52	22,36	5,5	6,80	0,120	56,67
76	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	2	40,0	37,7	22,0	1,26	17,85	23,30	5,59	4,41	0,225	19,63
77	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	2	39,0	36,8	24,0	1,04	14,86	23,50	5,39	4,54	0,242	18,80
78	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	2	39,0	36,8	24,0	1,04	17,55	19,39	5,3	6,50	0,180	36,11
79	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	3	38,0	35,8	26,0	1,35	11,13	18,93	5,6	3,85	0,242	15,92
80	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	3	39,0	36,8	24,0	1,31	11,95	18,54	5,61	2,83	0,194	14,61
81	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	3	31,0	39,0	30,0	1,26	17,01	18,22	5,8	6,23	0,170	36,65
82	Ağu.23	Güneşli	kontrol	1	57,4	26,4	16,3	1,43	4,91	27,83	6	2,76	0,095	28,92
83	Ağu.23	Güneşli	kontrol	1	59,7	26,2	14,1	1,45	1,79	26,73	6,26	2,04	0,108	18,82

Tablo 5 devamı

No	Mevsim	Baki	Aralama	Parsel	Kum	Kil	Toz	Hacim Ağ.	Toprak Nemi	Toprak Sıcaklığı	pH	Org. C (%)	Top. N (%)	C/N
84	Ağu.23	Güneşli	kontrol	1	55,5	30,4	14,1	1,42	6,88	25,65	6,32	1,35	0,100	13,53
85	Ağu.23	Güneşli	kontrol	2	58,0	25,0	17,0	1,48	7,54	24,98	6,5	3,05	0,118	25,79
86	Ağu.23	Güneşli	kontrol	2	60,0	25,0	15,0	1,45	7,37	24,70	6,67	2,86	0,100	28,64
87	Ağu.23	Güneşli	kontrol	2	61,0	26,0	13,0	1,52	8,03	24,70	6,68	2,58	0,050	51,67
88	Ağu.23	Güneşli	kontrol	3	61,0	25,0	14,0	1,18	6,61	24,84	6	2,48	0,100	24,85
89	Ağu.23	Güneşli	kontrol	3	63,0	24,0	12,8	1,29	6,11	24,62	5,45	3,06	0,095	32,11
90	Ağu.23	Güneşli	kontrol	3	60,0	26,0	13,9	1,47	8,46	23,74	5,37	2,94	0,040	73,61
91	Ağu.23	Güneşli	mutedil	1	61,3	24,4	14,3	1,32	5,01	27,13	5,6	1,78	0,050	35,53
92	Ağu.23	Güneşli	mutedil	1	63,5	22,3	14,2	1,13	5,28	27,54	5,78	1,65	0,061	27,26
93	Ağu.23	Güneşli	mutedil	1	59,4	26,4	14,2	1,40	4,59	27,59	5,51	1,96	0,041	47,47
94	Ağu.23	Güneşli	mutedil	2	60,0	23,7	16,0	1,04	12,12	27,80	6	1,62	0,090	17,98
95	Ağu.23	Güneşli	mutedil	2	62,0	24,5	13,0	1,61	3,15	27,80	6,21	1,52	0,110	13,82
96	Ağu.23	Güneşli	mutedil	2	59,0	24,0	17,0	0,97	22,03	27,80	6,4	1,76	0,122	14,38
97	Ağu.23	Güneşli	mutedil	3	59,5	25,0	16,0	1,38	4,94	27,80	6,1	1,16	0,060	19,30
98	Ağu.23	Güneşli	mutedil	3	60,5	26,0	13,0	1,37	8,46	27,80	6,69	1,36	0,100	13,58
99	Ağu.23	Güneşli	mutedil	3	61,5	24,3	14,3	1,41	3,14	27,80	6,1	0,77	0,013	59,37
100	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	1	61,2	22,4	16,4	1,07	6,55	31,58	6	1,57	0,050	31,35
101	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	1	59,5	24,3	16,3	1,38	5,01	32,70	6,17	2,80	0,050	55,97
102	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	1	64,6	20,8	14,6	0,98	5,97	33,10	6,31	1,12	0,014	80,33
103	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	2	60,0	23,0	17,0	1,23	6,46	33,80	6,4	1,89	0,050	37,78
104	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	2	61,0	20,0	19,0	1,37	5,41	33,80	6,28	2,54	0,068	37,14
105	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	2	62,0	22,5	15,7	1,34	6,35	33,10	6,67	1,34	0,060	22,26
106	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	3	58,0	25,0	17,5	1,46	6,13	33,34	6,5	1,33	0,080	16,63
107	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	3	64,0	21,0	14,7	1,43	6,58	33,12	6,18	1,08	0,050	21,59
108	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	3	63,0	20,0	17,0	1,26	5,13	32,70	5,6	1,26	0,057	22,17
109	Eki.23	Gölgeli	kontrol	1	37,5	34,8	27,8	1,26	11,54	14,52	5,66	6,32	0,221	28,66
110	Eki.23	Gölgeli	kontrol	1	49,0	28,5	22,5	1,05	20,69	13,44	5,91	6,05	0,286	21,19
111	Eki.23	Gölgeli	kontrol	1	40,7	32,6	26,7	1,12	15,00	12,15	5,8	6,50	0,168	38,78

Tablo 5 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Kum	Kil	Toz	Hacim Ağ.	Toprak Nemi	Toprak Sıcaklığı	pH	Org. C (%)	Top. N (%)	C/N
112	Eki.23	Gölgeli	kontrol	2	40,0	36,0	24,5	1,19	15,60	11,24	5,67	7,01	0,200	35,08
113	Eki.23	Gölgeli	kontrol	2	40,0	36,0	24,5	1,64	15,11	11,00	5,62	4,70	0,146	32,16
114	Eki.23	Gölgeli	kontrol	2	45,0	33,0	22,4	1,04	15,30	10,68	5,4	5,50	0,180	30,56
115	Eki.23	Gölgeli	kontrol	3	38,0	35,0	27,0	1,64	11,59	10,41	5,6	3,26	0,143	22,84
116	Eki.23	Gölgeli	kontrol	3	48,0	31,7	20,0	1,31	11,56	9,60	5,52	5,45	0,146	37,27
117	Eki.23	Gölgeli	kontrol	3	39,0	36,0	25,0	0,96	12,00	9,20	5,3	4,00	0,140	28,57
118	Eki.23	Gölgeli	mutedil	1	43,1	30,4	26,5	1,74	10,55	10,27	5,37	2,33	0,102	22,74
119	Eki.23	Gölgeli	mutedil	1	42,8	30,6	26,7	1,85	9,24	10,57	5,3	2,65	0,122	21,72
120	Eki.23	Gölgeli	mutedil	1	43,7	28,5	27,8	1,51	9,50	10,70	5,2	2,50	0,110	22,73
121	Eki.23	Gölgeli	mutedil	2	45,0	29,0	26,4	1,32	11,11	11,54	5,41	3,41	0,149	22,90
122	Eki.23	Gölgeli	mutedil	2	44,0	27,0	29,0	1,50	12,96	11,41	5,39	3,32	0,132	25,08
123	Eki.23	Gölgeli	mutedil	2	43,0	31,0	26,0	1,23	12,00	11,63	5,6	3,38	0,140	24,14
124	Eki.23	Gölgeli	mutedil	3	48,0	27,0	24,6	1,11	12,45	12,58	5,62	5,88	0,207	28,40
125	Eki.23	Gölgeli	mutedil	3	41,0	31,0	28,0	1,50	10,56	12,64	5,19	4,52	0,143	31,70
126	Eki.23	Gölgeli	mutedil	3	43,0	33,0	24,0	1,74	11,00	12,07	5,4	5,00	0,180	27,78
127	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	1	40,7	33,7	25,6	1,87	9,93	11,27	5,75	1,81	0,102	17,72
128	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	1	38,5	36,9	24,6	1,70	14,16	10,77	5,77	4,09	0,170	24,10
129	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	1	41,5	34,9	23,7	1,58	12,00	10,42	5,7	2,50	0,150	16,67
130	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	2	42,0	35,0	23,0	1,29	12,80	10,12	5,91	7,65	0,224	34,18
131	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	2	41,0	37,0	22,0	1,86	13,85	10,10	5,64	4,98	0,192	25,97
132	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	2	41,0	32,0	27,0	1,61	11,00	10,20	5,3	5,50	0,200	27,50
133	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	3	41,0	36,0	23,0	1,69	12,22	10,30	5,84	5,05	0,219	23,08
134	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	3	43,0	34,0	23,0	1,67	17,99	10,18	5,7	5,32	0,232	22,91
135	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	3	43,0	36,0	21,0	1,95	14,00	9,94	5,5	5,00	0,210	23,81
136	Eki.23	Güneşli	kontrol	1	61,5	26,4	12,1	1,35	7,29	16,81	5,68	1,43	0,037	38,60
137	Eki.23	Güneşli	kontrol	1	59,7	26,2	14,1	1,52	6,16	15,64	5,62	1,90	0,052	36,26
138	Eki.23	Güneşli	kontrol	1	57,5	27,3	15,2	1,54	6,00	14,99	5,5	2,10	0,030	70,00
139	Eki.23	Güneşli	kontrol	2	61,0	25,0	14,0	1,50	5,48	14,70	5,79	2,57	0,057	45,45

Tablo 5 devamı

No	Mevsim	Baki	Aralama	Parsel	Kum	Kil	Toz	Hacim Ağ.	Toprak Nemi	Toprak Sıcaklığı	pH	Org. C (%)	Top. N (%)	C/N
140	Eki.23	Güneşli	kontrol	2	59,0	28,0	13,0	1,43	5,38	13,86	5,94	3,39	0,049	69,32
141	Eki.23	Güneşli	kontrol	2	63,0	26,0	11,0	1,53	5,00	13,70	6	2,30	0,040	57,50
142	Eki.23	Güneşli	kontrol	3	60,0	24,0	16,0	1,57	4,61	12,70	5,49	3,46	0,061	56,47
143	Eki.23	Güneşli	kontrol	3	59,0	23,0	18,0	1,45	6,77	12,07	5,43	1,58	0,050	31,50
144	Eki.23	Güneşli	kontrol	3	63,0	29,0	8,0	2,07	6,00	11,60	5,7	2,00	0,050	40,00
145	Eki.23	Güneşli	mutedil	1	71,7	21,3	7,0	1,56	6,37	12,60	5,76	1,60	0,060	26,64
146	Eki.23	Güneşli	mutedil	1	74,9	18,1	7,0	1,89	4,55	12,51	6,13	1,43	0,050	28,66
147	Eki.23	Güneşli	mutedil	1	76,0	16,0	8,0	1,75	5,00	12,30	5,9	1,50	0,020	75,00
148	Eki.23	Güneşli	mutedil	2	70,0	19,0	11,0	1,28	5,86	12,93	5,25	5,13	0,060	85,57
149	Eki.23	Güneşli	mutedil	2	74,0	17,0	9,0	1,74	6,44	12,76	5,3	3,19	0,070	45,58
150	Eki.23	Güneşli	mutedil	2	73,0	20,0	7,0	1,54	6,00	12,95	5,4	4,00	0,080	50,00
151	Eki.23	Güneşli	mutedil	3	71,0	16,0	13,0	1,91	6,36	12,80	5,54	2,65	0,060	44,11
152	Eki.23	Güneşli	mutedil	3	68,0	18,0	14,0	1,76	7,86	12,62	5,96	2,85	0,041	69,01
153	Eki.23	Güneşli	mutedil	3	69,0	17,0	14,0	1,64	7,00	12,24	6,1	2,70	0,060	45,00
154	Eki.23	Güneşli	şiddetli	1	69,6	20,3	10,1	1,82	7,95	12,54	5,76	2,29	0,024	93,85
155	Eki.23	Güneşli	şiddetli	1	67,7	20,2	12,1	2,05	10,91	12,62	5,27	3,57	0,053	67,93
156	Eki.23	Güneşli	şiddetli	1	60,3	24,0	15,7	1,63	9,00	12,93	5,5	3,00	0,050	60,00
157	Eki.23	Güneşli	şiddetli	2	65,0	19,0	16,0	1,61	9,41	12,78	5,78	3,52	0,053	67,04
158	Eki.23	Güneşli	şiddetli	2	67,0	22,0	11,0	1,78	9,31	13,00	5,6	3,79	0,042	90,39
159	Eki.23	Güneşli	şiddetli	2	69,0	21,0	10,0	1,63	9,20	13,30	5,4	3,65	0,040	91,25
160	Eki.23	Güneşli	şiddetli	3	71,0	20,0	9,0	1,86	5,95	13,01	5,47	2,67	0,036	74,83
161	Eki.23	Güneşli	şiddetli	3	70,0	23,0	7,0	1,84	6,85	12,70	5,6	2,64	0,040	65,97
162	Eki.23	Güneşli	şiddetli	3	66,0	24,0	10,0	1,67	7,00	12,50	5,7	2,66	0,030	88,67
163	Haz.24	Gölgeli	kontrol	1	46,7	26,5	26,8	1,21	23,92	22,08	5,86	5,00	0,353	14,18
164	Haz.24	Gölgeli	kontrol	1	39,6	32,6	27,8	1,35	27,55	21,22	6,31	3,20	0,234	13,64
165	Haz.24	Gölgeli	kontrol	1	43,0	31,0	26,0	1,26	27,23	19,58	6,39	4,10	0,290	14,12
166	Haz.24	Gölgeli	kontrol	2	36,5	34,7	28,8	1,25	21,36	17,94	5,78	2,53	0,187	13,53
167	Haz.24	Gölgeli	kontrol	2	40,0	33,0	27,0	1,24	17,37	17,68	5,21	3,16	0,213	14,85

Tablo 5 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Kum	Kil	Toz	Hacim Ağ.	Toprak Nemi	Toprak Sıcaklığı	pH	Org. C (%)	Top. N (%)	C/N
168	Haz.24	Gölgeli	kontrol	2	42,0	33,0	25,0	1,09	16,28	17,10	5,81	5,24	0,200	26,20
169	Haz.24	Gölgeli	kontrol	3	40,0	28,3	31,7	1,17	25,63	18,20	5,69	3,32	0,187	17,77
170	Haz.24	Gölgeli	kontrol	3	43,8	27,4	28,8	1,20	24,53	18,03	5,53	5,37	0,323	16,64
171	Haz.24	Gölgeli	kontrol	3	43,0	29,0	28,0	1,41	32,10	17,91	6	2,20	0,250	8,78
172	Haz.24	Gölgeli	mutedil	1	41,6	26,4	32,0	1,15	20,77	17,72	5,56	4,26	0,280	15,23
173	Haz.24	Gölgeli	mutedil	1	37,5	32,6	29,9	1,20	14,42	17,50	5,54	2,57	0,189	13,65
174	Haz.24	Gölgeli	mutedil	1	40,0	30,0	30,0	1,23	19,33	17,10	5,71	3,60	0,240	15,01
175	Haz.24	Gölgeli	mutedil	2	39,6	30,5	29,8	1,23	17,37	19,68	5,29	3,29	0,197	16,71
176	Haz.24	Gölgeli	mutedil	2	38,5	29,6	32,0	1,24	15,34	20,65	5,52	2,43	0,171	14,21
177	Haz.24	Gölgeli	mutedil	2	39,0	32,0	29,0	0,93	20,77	20,70	5,26	4,45	0,180	24,74
178	Haz.24	Gölgeli	mutedil	3	36,2	34,9	29,0	1,53	15,08	18,86	5,4	1,91	0,132	14,48
179	Haz.24	Gölgeli	mutedil	3	42,7	33,2	24,1	1,48	20,34	18,60	5,31	1,83	0,130	14,08
180	Haz.24	Gölgeli	mutedil	3	40,0	34,0	26,0	1,43	16,01	18,61	5,34	2,32	0,120	19,35
181	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	1	39,3	34,9	25,8	1,21	15,21	18,87	5,48	1,67	0,240	6,97
182	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	1	39,4	34,8	25,8	1,22	21,21	17,75	5,65	2,23	0,207	10,76
183	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	1	39,0	36,0	25,0	1,06	19,90	17,23	5,4	4,38	0,220	19,92
184	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	2	38,7	31,5	29,8	1,34	20,48	18,79	5,52	4,71	0,300	15,73
185	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	2	38,0	36,5	25,5	1,04	21,51	18,25	5,44	4,23	0,287	14,75
186	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	2	37,0	36,0	27,0	1,40	21,80	17,77	5,6	2,77	0,290	9,57
187	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	3	35,8	36,6	27,6	1,16	20,19	17,90	5,25	5,31	0,320	16,58
188	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	3	40,2	30,3	29,6	1,17	27,71	17,90	5,44	3,65	0,260	14,01
189	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	3	35,0	35,0	30,0	1,40	27,88	17,90	5,64	3,22	0,280	11,49
190	Haz.24	Güneşli	kontrol	1	53,0	23,0	24,0	1,44	21,21	22,55	5,94711	2,18	0,122	17,81
191	Haz.24	Güneşli	kontrol	1	57,0	27,0	16,0	1,28	17,65	22,06	5,75874	1,73	0,121	14,27
192	Haz.24	Güneşli	kontrol	1	55,0	23,0	22,0	0,79	24,22	21,30	5,8305	4,00	0,100	40,00
193	Haz.24	Güneşli	kontrol	2	57,0	28,0	15,0	1,36	21,95	21,10	5,73183	3,38	0,129	26,18
194	Haz.24	Güneşli	kontrol	2	59,0	26,0	15,0	1,35	22,70	21,01	5,71389	3,25	0,129	25,17
195	Haz.24	Güneşli	kontrol	2	58,0	28,0	14,0	1,35	22,70	20,70	5,82153	2,44	0,110	22,14

Tablo 5 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Kum	Kil	Toz	Hacim Ağ.	Toprak Nemi	Toprak Sıcaklığı	pH	Org. C (%)	Top. N (%)	C/N
196	Haz.24	Güneşli	kontrol	3	59,0	28,0	13,0	0,91	21,21	20,43	6,05475	2,31	0,126	18,36
197	Haz.24	Güneşli	kontrol	3	61,0	26,0	13,0	1,32	21,95	20,30	5,94711	2,85	0,126	22,60
198	Haz.24	Güneşli	kontrol	3	60,0	27,0	13,0	1,39	22,85	20,01	5,82153	1,92	0,090	21,29
199	Haz.24	Güneşli	mutedil	1	74,1	19,7	6,2	1,16	9,65	23,50	5,96	3,82	0,125	30,46
200	Haz.24	Güneşli	mutedil	1	58,3	24,3	17,4	1,35	12,61	23,30	5,97	1,68	0,110	15,28
201	Haz.24	Güneşli	mutedil	1	65,0	22,0	13,0	1,50	12,11	22,80	6,13	0,90	0,120	7,46
202	Haz.24	Güneşli	mutedil	2	59,4	26,3	14,3	1,48	12,49	22,44	6	7,99	0,118	67,97
203	Haz.24	Güneşli	mutedil	2	67,4	25,7	6,9	1,52	13,38	21,97	5,6	2,21	0,113	19,56
204	Haz.24	Güneşli	mutedil	2	63,0	26,0	11,0	1,67	11,86	21,35	5,65	1,42	0,100	14,16
205	Haz.24	Güneşli	mutedil	3	65,3	21,7	13,0	1,44	13,51	21,94	5,69	1,25	0,090	13,88
206	Haz.24	Güneşli	mutedil	3	62,3	21,7	16,0	1,36	11,73	21,54	5,67	1,72	0,114	15,04
207	Haz.24	Güneşli	mutedil	3	63,0	23,0	14,0	1,58	12,49	21,31	5,35	1,90	0,080	23,76
208	Haz.24	Güneşli	şiddetli	1	58,1	23,8	18,1	1,28	11,73	21,99	5,4	3,20	0,125	25,63
209	Haz.24	Güneşli	şiddetli	1	61,2	23,8	15,0	1,02	8,70	22,42	6,07	3,98	0,128	31,18
210	Haz.24	Güneşli	şiddetli	1	60,0	25,0	15,0	1,23	12,99	22,80	5,55	2,94	0,130	22,64
211	Haz.24	Güneşli	şiddetli	2	65,3	25,8	8,9	1,42	14,94	23,90	5,74	2,26	0,121	18,70
212	Haz.24	Güneşli	şiddetli	2	66,4	21,7	11,9	1,42	8,70	23,63	5,89	1,28	0,110	11,66
213	Haz.24	Güneşli	şiddetli	2	66,0	24,0	10,0	1,50	18,34	23,00	5,68	2,13	0,100	21,33
214	Haz.24	Güneşli	şiddetli	3	69,4	20,7	9,9	1,58	8,70	23,41	5,61	1,15	0,112	10,29
215	Haz.24	Güneşli	şiddetli	3	69,4	19,7	10,9	1,47	7,53	23,70	5,75	1,51	0,110	13,80
216	Haz.24	Güneşli	şiddetli	3	68,0	19,0	13,0	1,58	8,11	23,70	5,05	1,61	0,130	12,35
217	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	1	33,4	37,3	29,3	0,99	10,13	25,60	5,67	6,09	0,185	32,95
218	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	1	35,4	36,3	28,3	1,02	14,16	25,60	5,58	5,36	0,206	25,98
219	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	1	34,0	35,0	31,0	1,13	12,00	25,43	5,61	5,30	0,196	27,05
220	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	2	31,5	38,2	30,3	1,32	14,16	25,40	5,32	3,13	0,220	14,26
221	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	2	33,8	37,1	29,1	1,01	12,36	25,38	5,37	4,43	0,199	22,25
222	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	2	33,0	36,0	31,0	0,99	13,00	25,09	5,34	4,00	0,206	19,38
223	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	3	37,6	35,2	27,2	1,29	14,16	25,49	5,64	3,13	0,199	15,75

Tablo 5 devamı

No	Mevsim	Baki	Aralama	Parsel	Kum	Kil	Toz	Hacim Ağ.	Toprak Nemi	Toprak Sıcaklığı	pH	Org. C (%)	Top. N (%)	C/N
224	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	3	31,8	35,0	33,2	1,21	12,87	25,40	5,39	3,16	0,210	15,08
225	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	3	36,0	33,0	31,0	1,22	13,00	25,40	5,5	3,00	0,196	15,29
226	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	1	36,0	37,0	27,1	1,00	6,16	25,10	5,22	3,27	0,148	22,09
227	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	1	33,8	37,1	29,1	1,26	10,62	24,90	5,19	2,25	0,187	12,06
228	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	1	35,0	36,0	29,0	1,06	8,00	24,70	5,21	2,87	0,164	17,48
229	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	2	35,0	34,9	30,1	1,19	7,76	24,70	5,12	2,52	0,163	15,51
230	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	2	35,7	34,1	30,2	1,06	6,16	24,70	5,12	3,70	0,149	24,89
231	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	2	37,0	33,0	30,0	1,02	6,50	24,62	5,1	2,00	0,147	13,63
232	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	3	33,3	36,3	30,4	0,63	11,61	25,10	5,25	7,87	0,196	40,22
233	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	3	32,7	37,1	30,2	1,07	6,61	25,10	5,12	3,60	0,162	22,18
234	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	3	32,0	38,0	30,0	0,77	8,00	25,10	5,19	5,00	0,174	28,67
235	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	1	47,6	27,1	25,3	1,00	15,74	25,86	5,4	3,00	0,176	17,02
236	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	1	43,9	30,0	26,1	1,10	16,28	25,60	5,5	2,00	0,193	10,37
237	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	1	46,0	29,0	25,0	1,15	15,00	25,60	5,6	2,50	0,176	14,17
238	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	2	39,7	34,2	26,2	1,24	11,86	25,60	5,26	3,09	0,176	17,56
239	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	2	31,4	37,6	31,1	0,93	10,38	25,60	5,31	5,26	0,193	27,19
240	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	2	37,0	36,0	27,0	0,90	11,00	25,52	5,29	4,00	0,179	22,39
241	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	3	26,7	41,7	31,6	0,87	14,94	25,60	5,9	5,84	0,242	24,17
242	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	3	27,4	42,3	30,3	1,31	15,47	25,25	5,72	2,23	0,243	9,17
243	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	3	25,0	40,0	35,0	0,89	15,00	25,10	5,8	3,50	0,248	14,12
244	Ağu.24	Güneşli	kontrol	1	50,0	32,0	18,0	1,39	12,61	28,47	5,1425	2,16	0,146	14,80
245	Ağu.24	Güneşli	kontrol	1	57,0	28,0	15,0	1,36	11,36	27,85	5,6525	2,52	0,113	22,27
246	Ağu.24	Güneşli	kontrol	1	55,0	31,0	14,0	1,47	12,00	27,46	5,355	2,20	0,125	17,65
247	Ağu.24	Güneşli	kontrol	2	51,0	30,0	19,0	1,47	12,36	27,00	5,865	2,28	0,141	16,21
248	Ağu.24	Güneşli	kontrol	2	57,0	28,0	15,0	1,34	12,11	26,13	5,933	2,02	0,119	17,01
249	Ağu.24	Güneşli	kontrol	2	56,0	29,0	15,0	1,40	12,00	25,56	5,9075	1,95	0,121	16,09
250	Ağu.24	Güneşli	kontrol	3	53,0	31,0	16,0	1,48	15,21	25,00	5,4315	1,96	0,154	12,69
251	Ağu.24	Güneşli	kontrol	3	50,0	30,0	20,0	1,43	13,64	24,69	5,593	2,30	0,153	15,03

Tablo 5 devamı

No	Mevsim	Baki	Aralama	Parsel	Kum	Kil	Toz	Hacim Ağ.	Toprak Nemi	Toprak Sıcaklığı	pH	Org. C (%)	Top. N (%)	C/N
252	Ağu.24	Güneşli	kontrol	3	52,0	29,0	19,0	1,37	14,00	24,70	5,4825	2,00	0,149	13,42
253	Ağu.24	Güneşli	mutedil	1	76,5	2,6	20,9	1,20	2,46	27,50	5,91	2,31	0,040	57,80
254	Ağu.24	Güneşli	mutedil	1	69,6	5,6	24,8	1,28	4,82	27,20	5,86	1,56	0,060	26,06
255	Ağu.24	Güneşli	mutedil	1	75,0	4,0	21,0	1,26	3,00	25,50	5,88	1,90	0,050	38,00
256	Ağu.24	Güneşli	mutedil	2	62,5	25,6	11,9	1,29	5,04	25,60	6,13	4,46	0,070	63,76
257	Ağu.24	Güneşli	mutedil	2	65,5	23,7	10,9	1,25	3,31	28,60	5,68	1,33	0,027	48,57
258	Ağu.24	Güneşli	mutedil	2	64,0	25,0	21,0	1,36	3,00	28,37	5,9	2,50	0,050	50,00
259	Ağu.24	Güneşli	mutedil	3	56,5	26,6	16,9	1,14	3,95	28,00	5,62	3,70	0,062	59,29
260	Ağu.24	Güneşli	mutedil	3	57,5	26,6	15,9	1,08	5,71	27,20	5,83	4,26	0,072	59,56
261	Ağu.24	Güneşli	mutedil	3	57,0	28,0	15,0	1,06	4,50	27,20	5,7	3,40	0,065	52,58
262	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	1	58,3	25,7	16,0	1,28	4,82	26,54	6,05	1,66	0,062	26,53
263	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	1	56,5	27,6	15,9	1,20	6,38	27,68	5,82	1,57	0,080	19,72
264	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	1	59,0	25,0	16,0	1,31	5,00	28,60	5,9	1,45	0,061	23,61
265	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	2	60,6	27,6	11,8	1,19	3,52	28,35	5,52	1,65	0,045	36,35
266	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	2	60,7	26,5	12,8	1,36	4,00	28,30	5,24	1,60	0,049	32,94
267	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	2	60,0	29,0	11,0	1,24	4,00	30,51	5,3	1,10	0,051	21,60
268	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	3	60,4	23,7	15,9	1,24	4,38	30,23	5,39	1,73	0,052	33,16
269	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	3	60,5	23,7	15,8	1,20	5,04	28,60	5,37	2,41	0,057	42,59
270	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	3	62,0	23,0	15,0	1,44	4,00	28,90	5,38	1,80	0,044	40,78
271	Eki.24	Gölgeli	kontrol	1	31,6	35,5	33,0	1,22	16,82	17,53	6,08	7,41	0,238	31,09
272	Eki.24	Gölgeli	kontrol	1	31,3	35,6	33,1	0,78	29,20	17,11	6,13	8,26	0,327	25,25
273	Eki.24	Gölgeli	kontrol	1	31,9	37,9	30,2	0,87	13,90	16,47	6,06	9,18	0,216	42,44
274	Eki.24	Gölgeli	kontrol	2	34,9	31,7	33,4	1,01	11,04	16,22	6,43	5,78	0,186	31,08
275	Eki.24	Gölgeli	kontrol	2	32,6	32,4	35,0	1,42	11,61	16,00	5,97	7,90	0,198	39,91
276	Eki.24	Gölgeli	kontrol	2	39,0	30,7	30,3	1,37	11,86	16,27	6,21	9,45	0,178	53,11
277	Eki.24	Gölgeli	kontrol	3	31,8	36,4	31,8	1,44	11,36	16,20	6,2	8,10	0,199	40,73
278	Eki.24	Gölgeli	kontrol	3	33,8	35,4	30,8	1,04	11,36	16,00	6,08	9,12	0,192	47,44
279	Eki.24	Gölgeli	kontrol	3	35,8	34,4	29,8	1,20	10,38	15,80	6,22	8,95	0,178	50,20

Tablo 5 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Kum	Kil	Toz	Hacim Ağ.	Toprak Nemi	Toprak Sıcaklığı	pH	Org. C (%)	Top. N (%)	C/N
280	Eki.24	Gölgeli	mutedil	1	35,1	33,2	31,7	1,31	9,17	17,00	5,7	7,69	0,172	44,63
281	Eki.24	Gölgeli	mutedil	1	34,9	32,3	32,8	1,07	9,89	16,82	5,92	6,23	0,178	35,00
282	Eki.24	Gölgeli	mutedil	1	36,0	33,2	30,7	1,11	9,89	16,91	5,97	8,97	0,174	51,51
283	Eki.24	Gölgeli	mutedil	2	32,5	34,5	33,0	0,97	10,62	16,79	5,67	8,46	0,191	44,21
284	Eki.24	Gölgeli	mutedil	2	33,2	34,1	32,7	1,28	11,61	16,70	5,92	7,45	0,196	38,00
285	Eki.24	Gölgeli	mutedil	2	35,0	31,2	33,8	1,16	10,13	16,70	5,81	8,01	0,179	44,68
286	Eki.24	Gölgeli	mutedil	3	32,8	34,3	32,8	1,29	13,12	16,80	5,71	7,27	0,208	34,95
287	Eki.24	Gölgeli	mutedil	3	32,0	35,2	32,7	1,13	10,62	16,80	5,82	8,07	0,193	41,81
288	Eki.24	Gölgeli	mutedil	3	36,2	32,1	31,7	1,00	6,61	16,80	5,85	5,43	0,150	36,14
289	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	1	38,0	33,0	29,0	1,35	13,64	16,29	5,95	7,60	0,194	39,16
290	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	1	41,5	31,0	27,5	1,22	11,36	16,30	6,04	8,74	0,166	52,64
291	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	1	42,8	32,4	24,8	1,30	18,20	16,28	6	6,56	0,210	31,25
292	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	2	33,3	34,6	32,1	1,15	16,55	16,20	6,15	6,00	0,231	26,01
293	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	2	33,9	37,4	28,7	0,90	17,65	16,20	5,84	10,47	0,236	44,31
294	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	2	31,4	36,6	32,0	1,23	16,82	19,90	5,95	11,80	0,239	49,40
295	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	3	31,8	38,4	29,8	1,11	16,55	17,19	6,15	11,04	0,236	46,83
296	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	3	28,7	43,6	27,8	1,26	16,55	17,03	6,35	11,00	0,246	44,65
297	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	3	35,0	35,9	29,2	1,29	16,55	16,91	6,33	11,19	0,225	49,75
298	Eki.24	Güneşli	kontrol	1	54,0	28,0	18,0	1,36	11,86	23,23	5,8735	3,81	0,127	29,99
299	Eki.24	Güneşli	kontrol	1	57,0	25,0	18,0	1,28	9,41	17,93	5,8225	2,79	0,099	28,10
300	Eki.24	Güneşli	kontrol	1	58,0	23,8	18,0	1,21	10,62	17,00	5,695	1,82	0,105	17,40
301	Eki.24	Güneşli	kontrol	2	54,0	29,0	17,0	1,46	12,11	16,70	5,95	4,23	0,129	32,84
302	Eki.24	Güneşli	kontrol	2	55,0	29,0	16,0	1,29	13,64	16,50	6,205	3,96	0,136	29,07
303	Eki.24	Güneşli	kontrol	2	63,5	20,9	15,0	1,29	10,13	16,27	5,7545	3,57	0,083	43,19
304	Eki.24	Güneşli	kontrol	3	60,0	23,1	17,0	1,24	7,76	16,20	6,1625	2,42	0,078	31,18
305	Eki.24	Güneşli	kontrol	3	61,9	21,4	17,0	1,40	9,89	16,20	5,7375	4,24	0,086	49,13
306	Eki.24	Güneşli	kontrol	3	54,0	28,0	18,0	1,08	8,93	16,15	5,4995	4,08	0,106	38,34
307	Eki.24	Güneşli	mutedil	1	58,3	22,8	18,9	1,15	5,71	15,71	5,37	2,42	0,069	35,29

Tablo 5 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Kum	Kil	Toz	Hacim Ağ.	Toprak Nemi	Toprak Sıcaklığı	pH	Org. C (%)	Top. N (%)	C/N
308	Eki.24	Güneşli	mutedil	1	64,4	22,8	12,8	1,38	7,07	15,27	5,6	2,25	0,058	38,86
309	Eki.24	Güneşli	mutedil	1	66,6	22,7	10,7	1,26	6,61	14,40	5,89	2,69	0,047	57,22
310	Eki.24	Güneşli	mutedil	2	62,6	20,6	16,7	1,28	5,49	16,00	5,81	2,20	0,053	41,91
311	Eki.24	Güneşli	mutedil	2	64,5	21,7	13,7	1,09	6,16	16,11	6,25	2,06	0,051	40,58
312	Eki.24	Güneşli	mutedil	2	60,6	24,7	14,7	1,38	6,61	16,50	5,74	2,40	0,067	35,55
313	Eki.24	Güneşli	mutedil	3	58,6	24,7	16,7	1,27	4,82	16,50	5,4	1,55	0,062	25,10
314	Eki.24	Güneşli	mutedil	3	66,5	20,7	12,8	1,16	3,95	16,17	5,94	1,83	0,028	64,24
315	Eki.24	Güneşli	mutedil	3	62,6	23,7	13,7	1,26	5,71	15,74	5,66	1,00	0,054	18,47
316	Eki.24	Güneşli	şiddetli	1	58,5	25,8	15,8	1,41	8,93	13,78	5,95	2,13	0,091	23,36
317	Eki.24	Güneşli	şiddetli	1	60,5	22,7	16,8	1,38	8,23	14,00	5,51	3,87	0,079	48,96
318	Eki.24	Güneşli	şiddetli	1	62,5	22,7	14,8	1,41	8,46	14,08	5,39	1,50	0,074	20,28
319	Eki.24	Güneşli	şiddetli	2	59,0	24,0	17,0	1,19	5,49	14,90	5,08	2,58	0,065	39,83
320	Eki.24	Güneşli	şiddetli	2	56,4	24,8	18,8	1,50	7,99	15,00	5,45	3,50	0,091	38,30
321	Eki.24	Güneşli	şiddetli	2	61,0	22,0	17,0	1,43	6,38	15,00	5,53	1,80	0,064	27,94
322	Eki.24	Güneşli	şiddetli	3	62,6	20,6	16,7	1,40	2,25	15,45	5,31	1,79	0,030	60,60
323	Eki.24	Güneşli	şiddetli	3	64,6	22,7	12,7	1,43	6,84	15,94	5,36	1,44	0,055	25,89
324	Eki.24	Güneşli	şiddetli	3	66,6	20,7	12,7	1,24	11,36	15,72	5,42	1,69	0,081	20,97

Ek Tablo 6. Toprak örneklerine ilişkin diğer ham veriler

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
1	Haz.23	Gölgeli	kontrol	1	84,11	4,97	6,46	2,78	2,5	923,7	147,3
2	Haz.23	Gölgeli	kontrol	1	109,68	4,46	5,64	1,74	2,8	773,0	92,0
3	Haz.23	Gölgeli	kontrol	1	89,59	4,30	7,08	1,99	1,5	800,0	150,0
4	Haz.23	Gölgeli	kontrol	2	57,71	2,41	7,69	2,91	1,1	758,6	100,0
5	Haz.23	Gölgeli	kontrol	2	69,79	3,06	6,25	2,14	1,1	744,0	69,9
6	Haz.23	Gölgeli	kontrol	2	98,61	5,21	7,48	1,84	3,0	760,0	120,0
7	Haz.23	Gölgeli	kontrol	3	131,46	5,22	6,59	1,20	1,2	625,7	242,5
8	Haz.23	Gölgeli	kontrol	3	99,86	5,28	6,81	1,96	5,5	778,8	86,2
9	Haz.23	Gölgeli	kontrol	3	100,37	5,86	6,13	1,79	2,2	700,0	167,0
10	Haz.23	Gölgeli	mutedil	1	81,98	7,20	7,13	2,07	1,1	701,7	89,8
11	Haz.23	Gölgeli	mutedil	1	51,36	5,93	6,19	2,95	0,9	823,6	157,8
12	Haz.23	Gölgeli	mutedil	1	97,33	8,59	5,39	1,86	1,3	730,0	100,0
13	Haz.23	Gölgeli	mutedil	2	89,45	6,60	5,34	1,68	1,3	624,8	117,5
14	Haz.23	Gölgeli	mutedil	2	82,15	8,44	7,09	2,68	1,8	880,7	70,0
15	Haz.23	Gölgeli	mutedil	2	87,24	6,93	6,99	1,96	1,1	690,0	85,0
16	Haz.23	Gölgeli	mutedil	3	72,20	6,74	8,77	2,38	0,9	767,7	239,3
17	Haz.23	Gölgeli	mutedil	3	82,85	7,45	8,56	1,65	1,6	586,4	112,3
18	Haz.23	Gölgeli	mutedil	3	54,53	7,02	5,70	2,64	2,5	650,0	95,0
19	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	1	75,82	7,62	7,00	4,19	1,5	1405,8	223,0
20	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	1	94,29	7,78	9,47	2,33	2,6	890,7	116,6
21	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	1	61,26	6,33	8,00	3,75	1,3	1100,0	80,0
22	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	2	88,32	7,77	7,50	2,11	3,6	842,1	161,0

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
23	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	2	84,23	6,54	9,00	2,00	2,3	906,0	152,0
24	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	2	117,15	7,73	8,50	1,71	2,8	870,0	110,0
25	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	3	100,26	7,69	7,00	1,21	2,4	576,7	240,2
26	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	3	81,21	10,08	9,47	1,60	2,9	567,6	216,0
27	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	3	106,89	8,23	6,50	1,14	2,2	550,0	76,0
28	Haz.23	Güneşli	kontrol	1	56,75	2,15	5,19	1,04	1,6	295,1	79,9
29	Haz.23	Güneşli	kontrol	1	37,32	1,38	5,60	1,78	2,9	382,0	65,0
30	Haz.23	Güneşli	kontrol	1	23,13	0,68	5,09	2,16	0,4	320,0	55,0
31	Haz.23	Güneşli	kontrol	2	58,68	2,08	6,94	1,02	1,0	319,4	114,5
32	Haz.23	Güneşli	kontrol	2	55,98	1,98	7,18	1,43	1,0	422,9	82,6
33	Haz.23	Güneşli	kontrol	2	53,92	1,53	5,84	1,31	1,2	350,0	35,0
34	Haz.23	Güneşli	kontrol	3	42,83	1,70	3,83	2,11	0,6	399,6	52,8
35	Haz.23	Güneşli	kontrol	3	30,39	0,84	6,25	1,06	1,4	331,9	91,2
36	Haz.23	Güneşli	kontrol	3	32,33	0,88	8,27	1,19	1,1	360,0	45,0
37	Haz.23	Güneşli	mutedil	1	46,84	1,69	7,74	2,29	2,4	433,1	24,0
38	Haz.23	Güneşli	mutedil	1	41,63	1,43	7,48	0,86	1,3	152,3	59,5
39	Haz.23	Güneşli	mutedil	1	51,76	1,54	5,79	1,21	1,8	250,0	15,0
40	Haz.23	Güneşli	mutedil	2	41,01	0,95	7,97	2,21	1,5	382,4	7,6
41	Haz.23	Güneşli	mutedil	2	45,47	1,55	6,19	2,87	1,8	469,5	44,0
42	Haz.23	Güneşli	mutedil	2	32,41	0,82	5,62	2,14	0,8	400,0	20,0
43	Haz.23	Güneşli	mutedil	3	29,12	0,75	6,19	0,91	3,3	116,9	8,1
44	Haz.23	Güneşli	mutedil	3	28,75	1,06	6,50	0,67	1,0	99,5	90,6
45	Haz.23	Güneşli	mutedil	3	19,54	0,71	7,10	1,15	0,9	105,0	40,0

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
46	Haz.23	Güneşli	şiddetli	1	35,78	0,78	5,51	0,60	0,7	100,2	32,6
47	Haz.23	Güneşli	şiddetli	1	65,25	1,64	6,88	0,85	1,3	246,1	50,2
48	Haz.23	Güneşli	şiddetli	1	22,31	0,65	4,60	1,52	0,5	190,0	18,0
49	Haz.23	Güneşli	şiddetli	2	38,32	1,52	4,77	1,13	2,7	225,4	80,9
50	Haz.23	Güneşli	şiddetli	2	57,95	1,67	5,64	0,99	1,4	260,4	72,1
51	Haz.23	Güneşli	şiddetli	2	29,69	1,32	5,56	1,99	0,9	290,0	42,0
52	Haz.23	Güneşli	şiddetli	3	27,20	0,69	6,78	4,27	0,6	619,8	57,6
53	Haz.23	Güneşli	şiddetli	3	21,83	0,94	7,69	1,26	0,7	152,0	22,0
54	Haz.23	Güneşli	şiddetli	3	23,77	0,69	4,56	2,46	1,0	340,0	29,0
55	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	1	50,37	4,33	6,37	2,40	1,3	644,8	61,4
56	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	1	55,48	3,73	6,05	4,16	1,4	994,6	78,5
57	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	1	57,91	4,25	6,06	2,33	1,5	700,0	70,0
58	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	2	47,89	2,53	5,20	2,32	2,1	622,7	107,6
59	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	2	101,29	4,80	4,85	1,63	1,8	687,5	60,0
60	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	2	148,32	4,70	5,03	1,08	1,2	650,0	65,0
61	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	3	165,96	5,87	2,53	0,82	2,7	513,1	57,1
62	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	3	68,21	3,66	2,88	4,89	1,9	1389,6	71,2
63	Ağu.23	Gölgeli	kontrol	3	156,32	4,81	3,37	1,38	1,3	900,0	80,0
64	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	1	72,47	2,05	2,71	2,50	1,2	779,6	62,0
65	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	1	79,72	3,02	4,75	4,46	1,3	1472,5	62,1
66	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	1	151,71	3,03	3,82	1,67	1,3	1000,0	55,0
67	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	2	81,89	2,97	3,25	3,01	0,6	1050,9	64,9
68	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	2	76,30	2,32	3,48	3,01	1,9	940,7	110,3

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
69	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	2	157,25	3,24	3,40	1,59	0,5	1000,0	90,0
70	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	3	91,27	3,77	3,76	1,52	1,5	556,4	70,0
71	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	3	111,51	6,44	3,39	2,79	1,4	1343,5	79,0
72	Ağu.23	Gölgeli	mutedil	3	151,66	4,74	3,15	1,41	2,6	900,0	92,0
73	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	1	71,37	2,23	7,42	1,90	0,1	677,1	80,0
74	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	1	87,92	3,78	7,70	2,78	0,3	917,0	123,2
75	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	1	174,15	3,07	7,15	1,32	0,2	900,0	45,0
76	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	2	106,06	5,40	8,02	1,28	1,1	566,0	77,5
77	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	2	114,03	6,06	7,47	2,26	2,1	1028,4	37,9
78	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	2	138,75	3,84	3,20	1,15	2,1	750,0	50,0
79	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	3	88,90	5,58	3,14	0,73	1,6	282,0	34,0
80	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	3	69,94	4,79	4,96	2,12	1,0	600,0	94,1
81	Ağu.23	Gölgeli	şiddetli	3	148,33	4,05	5,28	0,72	1,1	450,0	60,0
82	Ağu.23	Güneşli	kontrol	1	59,94	2,07	3,49	0,77	0,5	211,7	13,5
83	Ağu.23	Güneşli	kontrol	1	38,76	2,06	2,92	0,39	1,0	79,4	63,2
84	Ağu.23	Güneşli	kontrol	1	23,04	1,70	2,93	1,04	0,8	140,0	45,0
85	Ağu.23	Güneşli	kontrol	2	41,53	1,61	3,44	0,39	1,0	120,0	52,4
86	Ağu.23	Güneşli	kontrol	2	45,20	1,58	4,79	0,35	0,6	99,6	61,7
87	Ağu.23	Güneşli	kontrol	2	21,11	0,41	5,03	0,39	0,7	100,0	55,0
88	Ağu.23	Güneşli	kontrol	3	30,90	1,24	2,49	0,86	0,7	214,6	50,4
89	Ağu.23	Güneşli	kontrol	3	68,69	2,14	4,60	0,49	0,6	150,0	87,3
90	Ağu.23	Güneşli	kontrol	3	38,93	0,53	4,91	0,61	1,0	180,0	70,0
91	Ağu.23	Güneşli	mutedil	1	42,08	1,18	3,15	2,25	0,7	400,0	26,5

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
92	Ağu.23	Güneşli	mutedil	1	33,98	1,25	2,92	0,97	0,8	160,0	54,7
93	Ağu.23	Güneşli	mutedil	1	42,39	0,89	3,00	1,91	0,5	375,0	45,0
94	Ağu.23	Güneşli	mutedil	2	32,40	1,80	2,66	2,98	1,7	482,2	122,8
95	Ağu.23	Güneşli	mutedil	2	18,88	1,37	4,45	3,27	2,1	497,7	61,2
96	Ağu.23	Güneşli	mutedil	2	27,61	1,92	2,95	2,79	0,9	490,0	90,0
97	Ağu.23	Güneşli	mutedil	3	22,88	1,19	2,88	0,14	0,8	16,3	21,6
98	Ağu.23	Güneşli	mutedil	3	29,22	2,15	3,57	4,44	1,3	602,8	88,9
99	Ağu.23	Güneşli	mutedil	3	14,85	0,25	3,27	4,41	0,8	340,0	60,0
100	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	1	37,44	1,19	2,59	1,79	0,4	280,4	71,1
101	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	1	46,59	0,83	6,06	0,93	0,6	260,7	67,6
102	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	1	22,10	0,28	5,81	2,40	1,0	270,0	65,0
103	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	2	37,42	0,99	3,82	0,26	0,6	49,5	63,4
104	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	2	49,86	1,34	2,91	1,48	1,9	376,0	62,4
105	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	2	22,63	1,02	3,09	1,57	0,6	210,0	61,0
106	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	3	26,80	1,61	2,83	0,62	0,6	82,2	44,2
107	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	3	19,62	0,91	4,27	3,06	0,7	330,0	50,9
108	Ağu.23	Güneşli	şiddetli	3	27,37	1,23	4,29	1,59	0,9	200,0	48,0
109	Eki.23	Gölgeli	kontrol	1	135,43	4,73	2,20	0,60	1,3	381,5	42,7
110	Eki.23	Gölgeli	kontrol	1	124,46	5,87	2,89	1,45	2,1	876,0	76,7
111	Eki.23	Gölgeli	kontrol	1	139,29	3,59	1,70	0,92	2,6	600,0	55,0
112	Eki.23	Gölgeli	kontrol	2	157,26	4,48	2,70	1,16	1,8	812,3	79,2
113	Eki.23	Gölgeli	kontrol	2	90,28	2,81	2,53	2,56	2,3	1203,5	89,9
114	Eki.23	Gölgeli	kontrol	2	115,82	3,79	2,40	1,82	1,8	1000,0	75,0

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
115	Eki.23	Gölgeli	kontrol	3	70,89	3,10	2,20	2,08	0,6	676,7	116,1
116	Eki.23	Gölgeli	kontrol	3	119,77	3,21	1,92	0,99	0,3	537,8	71,4
117	Eki.23	Gölgeli	kontrol	3	88,75	3,11	1,97	1,38	1,0	550,0	90,0
118	Eki.23	Gölgeli	mutedil	1	47,42	2,09	1,70	3,76	1,1	876,2	161,2
119	Eki.23	Gölgeli	mutedil	1	52,01	2,39	1,36	2,62	1,1	695,7	55,3
120	Eki.23	Gölgeli	mutedil	1	50,17	2,21	1,76	2,80	1,7	700,0	105,0
121	Eki.23	Gölgeli	mutedil	2	68,99	3,01	3,25	2,13	1,2	725,4	94,8
122	Eki.23	Gölgeli	mutedil	2	65,80	2,62	3,26	2,38	1,0	791,3	20,7
123	Eki.23	Gölgeli	mutedil	2	71,72	2,97	2,38	2,19	1,0	740,0	55,0
124	Eki.23	Gölgeli	mutedil	3	120,71	4,25	1,87	1,13	0,5	664,8	165,8
125	Eki.23	Gölgeli	mutedil	3	90,41	2,85	1,65	1,44	0,7	652,9	27,9
126	Eki.23	Gölgeli	mutedil	3	93,10	3,35	1,36	1,32	1,0	660,0	90,0
127	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	1	32,77	1,85	2,93	3,31	1,4	597,8	84,3
128	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	1	83,64	3,47	2,21	1,74	1,1	711,7	100,9
129	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	1	52,22	3,13	2,18	2,40	1,0	600,0	90,0
130	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	2	158,38	4,63	2,48	1,15	0,6	877,8	60,3
131	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	2	94,01	3,62	1,62	1,14	0,7	567,6	48,6
132	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	2	111,71	4,06	1,02	1,18	1,8	650,0	55,0
133	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	3	91,42	3,96	1,31	1,14	4,0	576,1	60,0
134	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	3	97,43	4,25	2,14	0,97	1,9	518,1	69,8
135	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	3	90,77	3,81	2,25	1,06	3,3	530,0	65,0
136	Eki.23	Güneşli	kontrol	1	28,65	0,74	5,52	3,38	0,4	483,4	14,9
137	Eki.23	Güneşli	kontrol	1	38,09	1,05	0,98	1,82	0,8	346,5	14,7

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
138	Eki.23	Güneşli	kontrol	1	42,95	0,61	2,49	1,90	1,0	400,0	14,8
139	Eki.23	Güneşli	kontrol	2	50,48	1,11	4,66	0,45	0,9	114,8	20,8
140	Eki.23	Güneşli	kontrol	2	70,79	1,02	2,75	1,50	2,7	507,9	10,8
141	Eki.23	Güneşli	kontrol	2	43,16	0,75	2,60	1,30	1,6	300,0	15,0
142	Eki.23	Güneşli	kontrol	3	64,47	1,14	2,03	0,94	0,5	325,5	13,5
143	Eki.23	Güneşli	kontrol	3	31,96	1,01	1,67	1,69	0,1	265,4	41,1
144	Eki.23	Güneşli	kontrol	3	39,71	0,99	3,51	1,25	0,6	250,0	25,0
145	Eki.23	Güneşli	mutedil	1	41,81	1,57	4,89	3,21	0,6	512,4	16,4
146	Eki.23	Güneşli	mutedil	1	32,75	1,14	1,81	3,18	0,2	455,4	46,9
147	Eki.23	Güneşli	mutedil	1	32,91	0,44	2,78	3,00	0,3	450,0	30,0
148	Eki.23	Güneşli	mutedil	2	114,31	1,34	1,62	0,58	0,4	296,2	27,8
149	Eki.23	Güneşli	mutedil	2	70,96	1,56	2,34	1,24	0,4	396,9	49,2
150	Eki.23	Güneşli	mutedil	2	94,29	1,89	2,64	0,63	0,3	250,0	35,0
151	Eki.23	Güneşli	mutedil	3	53,21	1,21	2,96	0,56	0,4	148,8	35,5
152	Eki.23	Güneşli	mutedil	3	64,66	0,94	2,88	1,12	1,3	318,3	8,3
153	Eki.23	Güneşli	mutedil	3	61,74	1,37	2,53	0,74	1,3	200,0	20,0
154	Eki.23	Güneşli	şiddetli	1	49,14	0,52	2,32	3,14	0,6	721,1	13,8
155	Eki.23	Güneşli	şiddetli	1	72,59	1,07	4,18	1,69	0,6	603,4	20,0
156	Eki.23	Güneşli	şiddetli	1	67,91	1,13	3,42	2,17	1,6	650,0	17,0
157	Eki.23	Güneşli	şiddetli	2	80,07	1,19	2,95	1,11	0,5	390,9	16,8
158	Eki.23	Güneşli	şiddetli	2	82,37	0,91	2,89	0,45	0,7	169,8	11,7
159	Eki.23	Güneşli	şiddetli	2	79,27	0,87	1,92	0,68	1,4	250,0	13,0
160	Eki.23	Güneşli	şiddetli	3	58,46	0,78	4,26	0,37	0,4	98,8	39,8

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
161	Eki.23	Güneşli	şiddetli	3	58,51	0,89	1,99	1,07	0,4	282,2	21,9
162	Eki.23	Güneşli	şiddetli	3	59,73	0,67	2,20	0,56	0,4	150,0	30,0
163	Haz.24	Gölgeli	kontrol	1	76,35	5,38	7,48	1,27	2,7	637,8	83,0
164	Haz.24	Gölgeli	kontrol	1	30,06	2,20	7,60	0,42	1,6	134,6	58,5
165	Haz.24	Gölgeli	kontrol	1	37,70	2,67	8,06	1,59	1,3	652,5	65,0
166	Haz.24	Gölgeli	kontrol	2	29,09	2,15	8,70	0,73	0,3	184,3	39,3
167	Haz.24	Gölgeli	kontrol	2	34,68	2,34	9,35	0,96	1,1	304,4	43,3
168	Haz.24	Gölgeli	kontrol	2	63,75	2,43	5,93	0,51	0,7	266,5	41,0
169	Haz.24	Gölgeli	kontrol	3	32,04	1,80	6,70	1,95	1,5	645,4	73,4
170	Haz.24	Gölgeli	kontrol	3	61,13	3,67	8,90	0,77	1,6	414,5	66,6
171	Haz.24	Gölgeli	kontrol	3	27,90	3,18	8,13	2,35	1,2	515,5	65,0
172	Haz.24	Gölgeli	mutedil	1	65,86	4,32	6,01	0,65	1,7	275,3	65,1
173	Haz.24	Gölgeli	mutedil	1	44,44	3,26	6,80	1,57	1,1	403,0	47,7
174	Haz.24	Gölgeli	mutedil	1	58,84	3,92	8,60	1,11	1,4	399,6	50,0
175	Haz.24	Gölgeli	mutedil	2	45,24	2,71	7,00	1,25	1,6	411,9	52,3
176	Haz.24	Gölgeli	mutedil	2	41,25	2,90	9,40	2,18	1,3	529,3	50,5
177	Haz.24	Gölgeli	mutedil	2	86,28	3,49	8,20	0,95	1,7	422,1	51,0
178	Haz.24	Gölgeli	mutedil	3	34,65	2,39	9,00	0,09	1,5	17,6	33,4
179	Haz.24	Gölgeli	mutedil	3	24,95	1,77	7,69	2,10	1,4	384,2	51,8
180	Haz.24	Gölgeli	mutedil	3	36,78	1,90	7,64	0,15	0,9	35,5	40,0
181	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	1	27,76	3,98	9,00	2,32	1,2	387,7	35,1
182	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	1	30,27	2,81	7,22	1,49	1,3	331,3	43,6
183	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	1	61,29	3,08	8,75	0,87	1,3	383,0	40,0

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
184	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	2	55,49	3,53	9,36	0,66	1,8	311,3	52,0
185	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	2	52,72	3,58	7,00	0,87	1,8	368,9	54,2
186	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	2	34,92	3,65	7,50	0,67	1,4	184,8	53,0
187	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	3	72,93	4,40	9,33	0,58	1,4	310,7	39,0
188	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	3	47,71	3,40	9,47	1,32	2,1	481,4	31,9
189	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	3	35,52	3,09	8,10	2,22	1,4	713,2	35,0
190	Haz.24	Güneşli	kontrol	1	17,61	0,99	5,00	0,17	1,2	36,8	50,3
191	Haz.24	Güneşli	kontrol	1	18,26	1,28	6,00	0,62	1,3	107,7	38,4
192	Haz.24	Güneşli	kontrol	1	36,68	0,92	6,80	0,05	2,1	18,8	44,0
193	Haz.24	Güneşli	kontrol	2	32,66	1,25	7,09	0,22	1,3	74,0	71,4
194	Haz.24	Güneşli	kontrol	2	30,66	1,22	6,72	1,03	2,5	334,8	92,9
195	Haz.24	Güneşli	kontrol	2	18,08	0,82	7,99	0,53	1,1	130,2	80,0
196	Haz.24	Güneşli	kontrol	3	25,65	1,40	4,08	0,40	1,5	92,0	53,9
197	Haz.24	Güneşli	kontrol	3	25,35	1,12	4,62	0,71	1,0	203,5	44,1
198	Haz.24	Güneşli	kontrol	3	11,28	0,53	5,09	0,58	0,9	111,7	45,0
199	Haz.24	Güneşli	mutedil	1	81,06	2,66	5,82	0,22	0,7	84,5	18,7
200	Haz.24	Güneşli	mutedil	1	32,28	2,11	6,67	1,65	0,8	276,6	8,9
201	Haz.24	Güneşli	mutedil	1	10,36	1,39	7,97	2,31	0,8	206,7	13,0
202	Haz.24	Güneşli	mutedil	2	97,91	1,44	4,66	0,32	0,6	259,1	33,6
203	Haz.24	Güneşli	mutedil	2	26,03	1,33	3,62	0,63	0,4	139,1	30,4
204	Haz.24	Güneşli	mutedil	2	23,35	1,65	6,33	1,33	0,2	189,1	32,0
205	Haz.24	Güneşli	mutedil	3	21,06	1,52	6,11	2,09	1,0	261,0	46,2
206	Haz.24	Güneşli	mutedil	3	29,32	1,95	7,55	1,90	0,7	326,3	38,4

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
207	Haz.24	Güneşli	mutedil	3	27,30	1,15	6,14	1,09	0,5	207,2	42,0
208	Haz.24	Güneşli	şiddetli	1	45,28	1,77	3,69	2,14	1,7	686,9	80,2
209	Haz.24	Güneşli	şiddetli	1	55,33	1,77	3,93	0,25	1,7	100,7	61,5
210	Haz.24	Güneşli	şiddetli	1	46,39	2,05	6,28	0,29	1,5	86,7	70,0
211	Haz.24	Güneşli	şiddetli	2	32,64	1,75	3,83	0,39	0,9	88,0	100,8
212	Haz.24	Güneşli	şiddetli	2	19,13	1,64	4,53	1,57	0,9	201,3	86,2
213	Haz.24	Güneşli	şiddetli	2	26,88	1,26	6,10	0,42	1,3	90,2	93,0
214	Haz.24	Güneşli	şiddetli	3	18,95	1,84	5,59	0,44	1,0	50,3	90,4
215	Haz.24	Güneşli	şiddetli	3	18,10	1,31	3,49	0,22	0,7	33,2	79,7
216	Haz.24	Güneşli	şiddetli	3	20,06	1,62	3,98	1,25	0,8	200,4	80,0
217	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	1	63,01	1,91	2,41	1,81	0,9	1102,6	156,6
218	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	1	70,68	2,72	2,08	2,51	0,7	1346,6	141,2
219	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	1	58,23	2,15	2,24	2,26	0,8	1200,0	137,9
220	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	2	26,40	1,85	2,94	3,24	1,4	1014,3	103,1
221	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	2	65,84	2,96	2,33	2,53	0,9	1121,5	125,3
222	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	2	52,76	2,72	3,02	2,63	1,1	1050,0	115,4
223	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	3	29,21	1,85	2,16	4,02	1,0	1259,1	97,7
224	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	3	40,48	2,68	2,75	3,01	0,8	952,6	98,0
225	Ağu.24	Gölgeli	kontrol	3	42,22	2,76	2,20	3,67	0,9	1100,0	91,4
226	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	1	45,36	2,05	2,37	2,47	0,5	805,8	103,4
227	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	1	39,55	3,28	2,21	4,08	0,9	919,4	84,6
228	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	1	37,47	2,14	2,34	2,96	0,7	850,0	94,3
229	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	2	27,92	1,80	2,89	3,77	0,5	949,3	85,9

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
230	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	2	50,61	2,03	3,00	2,18	0,9	805,8	106,4
231	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	2	29,98	2,20	2,04	4,35	0,7	870,0	72,7
232	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	3	107,75	2,68	2,78	1,22	0,9	960,7	188,2
233	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	3	49,67	2,24	3,96	2,94	0,7	1056,3	109,9
234	Ağu.24	Gölgeli	mutedil	3	66,95	2,34	2,57	1,96	0,8	980,0	137,6
235	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	1	37,80	2,22	2,68	4,78	1,0	1433,2	81,0
236	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	1	36,00	3,47	2,14	5,86	0,9	1172,5	67,4
237	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	1	37,50	2,65	2,64	5,20	0,9	1300,0	74,9
238	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	2	38,86	2,21	3,12	3,51	0,8	1082,9	95,0
239	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	2	72,28	2,66	2,98	1,58	0,7	832,8	141,7
240	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	2	54,65	2,44	2,27	2,25	0,7	900,0	115,4
241	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	3	102,36	4,23	4,59	1,38	0,1	809,2	160,0
242	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	3	20,38	2,22	4,79	3,73	0,7	830,0	93,5
243	Ağu.24	Gölgeli	şiddetli	3	70,19	4,97	4,28	2,34	0,7	820,0	113,1
244	Ağu.24	Güneşli	kontrol	1	18,41	1,24	6,70	2,56	1,0	553,2	73,9
245	Ağu.24	Güneşli	kontrol	1	22,71	1,02	6,40	1,15	0,7	291,1	73,6
246	Ağu.24	Güneşli	kontrol	1	14,74	0,84	4,58	1,59	2,2	350,0	72,9
247	Ağu.24	Güneşli	kontrol	2	9,94	0,61	4,65	1,66	1,0	379,6	72,6
248	Ağu.24	Güneşli	kontrol	2	14,55	0,86	5,50	2,22	1,4	447,7	64,1
249	Ağu.24	Güneşli	kontrol	2	9,35	0,58	4,58	2,05	1,0	400,0	64,7
250	Ağu.24	Güneşli	kontrol	3	19,48	1,53	5,20	2,79	2,0	546,4	68,4
251	Ağu.24	Güneşli	kontrol	3	12,66	0,84	4,92	2,42	1,1	557,4	73,0
252	Ağu.24	Güneşli	kontrol	3	19,47	1,45	5,00	2,76	0,3	551,0	65,6

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
253	Ağu.24	Güneşli	mutedil	1	45,59	0,79	3,00	1,66	0,9	383,1	24,6
254	Ağu.24	Güneşli	mutedil	1	32,00	1,23	2,99	1,56	0,7	244,1	16,0
255	Ağu.24	Güneşli	mutedil	1	37,58	0,99	1,75	1,35	0,4	256,0	19,3
256	Ağu.24	Güneşli	mutedil	2	79,85	1,25	4,10	0,84	3,0	374,9	105,6
257	Ağu.24	Güneşli	mutedil	2	24,06	0,50	3,08	2,29	1,3	305,4	43,6
258	Ağu.24	Güneşli	mutedil	2	46,52	0,93	3,39	1,32	1,2	330,0	67,8
259	Ağu.24	Güneşli	mutedil	3	50,64	0,85	3,21	1,48	0,6	549,4	93,2
260	Ağu.24	Güneşli	mutedil	3	88,31	1,48	1,44	1,81	1,0	770,2	103,6
261	Ağu.24	Güneşli	mutedil	3	62,49	1,19	1,98	1,91	1,0	650,0	90,0
262	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	1	28,89	1,09	1,89	3,64	1,0	602,0	53,4
263	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	1	23,08	1,17	1,79	3,77	0,6	593,1	55,2
264	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	1	25,94	1,10	4,40	4,14	0,7	600,0	48,2
265	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	2	27,01	0,74	4,54	5,16	0,5	853,4	56,6
266	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	2	27,14	0,82	3,17	1,06	0,4	169,4	53,8
267	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	2	18,38	0,85	2,08	4,09	1,0	450,0	48,8
268	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	3	31,02	0,94	2,22	3,56	0,5	616,1	51,2
269	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	3	38,81	0,91	2,62	2,84	0,7	684,6	63,7
270	Ağu.24	Güneşli	şiddetli	3	33,67	0,83	2,65	3,61	0,6	650,0	51,2
271	Eki.24	Gölgeli	kontrol	1	89,48	2,88	4,28	1,37	1,9	1016,6	178,1
272	Eki.24	Gölgeli	kontrol	1	146,10	5,79	3,69	1,27	1,6	1050,2	231,6
273	Eki.24	Gölgeli	kontrol	1	166,39	3,92	2,46	1,12	0,9	1030,0	215,5
274	Eki.24	Gölgeli	kontrol	2	73,85	2,38	2,61	1,24	0,9	717,4	141,1
275	Eki.24	Gölgeli	kontrol	2	90,85	2,28	2,64	1,02	1,0	806,3	181,7

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
276	Eki.24	Gölgeli	kontrol	2	98,46	1,85	6,49	0,79	1,0	750,0	207,8
277	Eki.24	Gölgeli	kontrol	3	89,08	2,19	2,07	0,95	1,1	770,5	267,3
278	Eki.24	Gölgeli	kontrol	3	73,70	1,55	1,82	0,62	0,5	565,1	209,8
279	Eki.24	Gölgeli	kontrol	3	100,06	1,99	1,89	0,67	0,4	600,0	204,8
280	Eki.24	Gölgeli	mutedil	1	81,55	1,83	2,78	1,25	0,2	959,8	179,2
281	Eki.24	Gölgeli	mutedil	1	78,79	2,25	2,28	1,09	0,6	677,3	150,4
282	Eki.24	Gölgeli	mutedil	1	99,60	1,93	3,91	0,85	1,0	760,0	203,2
283	Eki.24	Gölgeli	mutedil	2	103,35	2,34	3,58	1,09	0,5	919,4	196,0
284	Eki.24	Gölgeli	mutedil	2	75,30	1,98	3,08	0,94	1,8	703,4	176,4
285	Eki.24	Gölgeli	mutedil	2	84,13	1,88	2,19	1,00	1,7	800,0	181,7
286	Eki.24	Gölgeli	mutedil	3	89,66	2,57	3,54	0,98	1,1	711,5	173,4
287	Eki.24	Gölgeli	mutedil	3	94,75	2,27	3,66	1,27	1,4	1021,6	189,9
288	Eki.24	Gölgeli	mutedil	3	72,34	2,00	2,77	1,62	3,8	880,0	135,1
289	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	1	109,08	2,79	3,12	0,80	0,6	609,7	177,2
290	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	1	128,34	2,44	2,07	0,86	0,8	753,4	195,1
291	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	1	55,76	1,78	1,96	0,99	1,7	650,0	156,8
292	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	2	42,40	1,63	2,08	1,10	1,9	658,6	150,3
293	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	2	102,26	2,31	1,85	0,74	2,6	771,5	238,5
294	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	2	129,48	2,62	3,34	0,59	2,3	700,0	262,0
295	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	3	108,38	2,31	1,60	0,63	0,8	694,2	251,0
296	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	3	97,06	2,17	4,87	0,52	1,2	569,6	259,5
297	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	3	91,78	1,84	4,43	0,55	1,0	610,0	249,3
298	Eki.24	Güneşli	kontrol	1	32,92	1,10	5,20	0,86	0,5	326,6	97,6

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
299	Eki.24	Güneşli	kontrol	1	25,66	0,91	5,22	0,48	0,9	135,0	73,3
300	Eki.24	Güneşli	kontrol	1	17,22	0,99	2,97	1,21	0,4	220,0	52,9
301	Eki.24	Güneşli	kontrol	2	30,85	0,94	3,29	2,08	0,3	878,3	107,2
302	Eki.24	Güneşli	kontrol	2	23,42	0,81	6,00	1,19	1,0	470,3	102,2
303	Eki.24	Güneşli	kontrol	2	35,41	0,82	5,83	1,68	0,7	600,0	80,5
304	Eki.24	Güneşli	kontrol	3	23,35	0,75	2,25	2,13	1,0	516,3	62,9
305	Eki.24	Güneşli	kontrol	3	32,82	0,67	2,40	1,04	0,2	440,2	94,0
306	Eki.24	Güneşli	kontrol	3	36,69	0,96	6,78	1,10	0,2	450,0	102,6
307	Eki.24	Güneşli	mutedil	1	35,89	1,02	2,45	2,10	0,4	508,0	62,5
308	Eki.24	Güneşli	mutedil	1	21,59	0,56	2,95	2,95	1,4	662,5	59,3
309	Eki.24	Güneşli	mutedil	1	54,72	0,96	2,17	2,05	0,2	550,0	67,3
310	Eki.24	Güneşli	mutedil	2	33,88	0,81	3,14	2,83	0,3	621,6	54,5
311	Eki.24	Güneşli	mutedil	2	44,04	1,09	2,79	3,27	0,6	674,3	53,8
312	Eki.24	Güneşli	mutedil	2	40,70	1,14	3,92	2,67	0,8	640,0	65,4
313	Eki.24	Güneşli	mutedil	3	25,74	1,03	2,29	4,73	0,1	732,2	49,5
314	Eki.24	Güneşli	mutedil	3	31,48	0,49	2,42	3,09	0,3	565,5	47,8
315	Eki.24	Güneşli	mutedil	3	17,15	0,93	2,16	5,99	0,2	600,0	37,5
316	Eki.24	Güneşli	şiddetli	1	28,76	1,23	3,30	2,37	0,5	504,2	62,2
317	Eki.24	Güneşli	şiddetli	1	70,70	1,44	4,25	1,90	0,4	735,4	89,3
318	Eki.24	Güneşli	şiddetli	1	16,69	0,82	4,28	4,00	0,4	600,0	45,1
319	Eki.24	Güneşli	şiddetli	2	41,84	1,05	2,26	3,55	0,5	916,0	67,6
320	Eki.24	Güneşli	şiddetli	2	49,25	1,29	2,42	1,52	0,4	533,9	86,1
321	Eki.24	Güneşli	şiddetli	2	27,88	1,00	3,55	3,89	0,9	700,0	49,4

Tablo 6 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Org. C (t/ha)	Top.N (t/ha)	Toprak Solunumu	qMic (%)	Bazal Solunum	Mic. Bio. C	Mic. Bio. N
322	Eki.24	Güneşli	şiddetli	3	29,90	0,49	2,46	3,29	0,0	589,6	46,9
323	Eki.24	Güneşli	şiddetli	3	21,40	0,83	2,19	4,72	0,3	677,9	43,9
324	Eki.24	Güneşli	şiddetli	3	32,65	1,56	3,20	3,25	0,2	550,0	45,1

Ek Tablo 7 Kök örneklerine ilişkin ham verileri

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Kılcal Kök (t/ha)	Kılcal Kök C (t/ha)
1	Haz.23	Gölgeli	kontrol	1	6,28	2,79
2	Haz.23	Gölgeli	kontrol	1	7,83	3,49
3	Haz.23	Gölgeli	kontrol	1	6,84	3,04
4	Haz.23	Gölgeli	kontrol	2	4,04	1,80
5	Haz.23	Gölgeli	kontrol	2	4,94	2,20
6	Haz.23	Gölgeli	kontrol	2	4,35	1,94
7	Haz.23	Gölgeli	kontrol	3	10,16	4,52
8	Haz.23	Gölgeli	kontrol	3	15,54	6,92
9	Haz.23	Gölgeli	kontrol	3	12,43	5,53
10	Haz.23	Gölgeli	mutedil	1	6,28	2,79
11	Haz.23	Gölgeli	mutedil	1	3,02	1,34
12	Haz.23	Gölgeli	mutedil	1	4,66	2,07
13	Haz.23	Gölgeli	mutedil	2	0,78	0,35
14	Haz.23	Gölgeli	mutedil	2	3,82	1,70
15	Haz.23	Gölgeli	mutedil	2	2,18	0,97
16	Haz.23	Gölgeli	mutedil	3	2,95	1,31
17	Haz.23	Gölgeli	mutedil	3	1,12	0,50
18	Haz.23	Gölgeli	mutedil	3	4,51	2,01
19	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	1	3,33	1,48
20	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	1	6,22	2,77
21	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	1	7,77	3,46
22	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	2	3,54	1,58
23	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	2	4,82	2,14
24	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	2	4,04	1,80
25	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	3	5,91	2,63
26	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	3	6,22	2,77
27	Haz.23	Gölgeli	şiddetli	3	7,34	3,26
28	Haz.23	Güneşli	kontrol	1	9,33	4,15
29	Haz.23	Güneşli	kontrol	1	4,35	1,94
30	Haz.23	Güneşli	kontrol	1	7,06	3,14
31	Haz.23	Güneşli	kontrol	2	6,09	2,71
32	Haz.23	Güneşli	kontrol	2	3,95	1,76
33	Haz.23	Güneşli	kontrol	2	2,92	1,30
34	Haz.23	Güneşli	kontrol	3	2,86	1,27
35	Haz.23	Güneşli	kontrol	3	6,65	2,96
36	Haz.23	Güneşli	kontrol	3	12,34	5,49
37	Haz.23	Güneşli	mutedil	1	4,85	2,16
38	Haz.23	Güneşli	mutedil	1	6,22	2,77
39	Haz.23	Güneşli	mutedil	1	6,84	3,04
40	Haz.23	Güneşli	mutedil	2	2,24	1,00
41	Haz.23	Güneşli	mutedil	2	8,61	3,83
42	Haz.23	Güneşli	mutedil	2	5,53	2,46
43	Haz.23	Güneşli	mutedil	3	10,44	4,65
44	Haz.23	Güneşli	mutedil	3	3,51	1,56

Ek Tablo 7 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Kılcal Kök (t/ha)	Kılcal Kök C (t/ha)
45	Haz.23	Güneşli	mutedil	3	6,84	3,04
46	Haz.23	Güneşli	şiddetli	1	3,85	1,72
47	Haz.23	Güneşli	şiddetli	1	1,77	0,79
48	Haz.23	Güneşli	şiddetli	1	5,56	2,48
49	Haz.23	Güneşli	şiddetli	2	3,05	1,36
50	Haz.23	Güneşli	şiddetli	2	5,10	2,27
51	Haz.23	Güneşli	şiddetli	2	5,60	2,49
52	Haz.23	Güneşli	şiddetli	3	9,67	4,30
53	Haz.23	Güneşli	şiddetli	3	7,86	3,50
54	Haz.23	Güneşli	şiddetli	3	3,70	1,65
109	Eki.23	Gölgeli	kontrol	1	11,50	5,12
110	Eki.23	Gölgeli	kontrol	1	4,48	1,99
111	Eki.23	Gölgeli	kontrol	1	10,20	4,54
112	Eki.23	Gölgeli	kontrol	2	11,00	4,90
113	Eki.23	Gölgeli	kontrol	2	6,50	2,89
114	Eki.23	Gölgeli	kontrol	2	8,39	3,73
115	Eki.23	Gölgeli	kontrol	3	9,33	4,15
116	Eki.23	Gölgeli	kontrol	3	6,22	2,77
117	Eki.23	Gölgeli	kontrol	3	5,91	2,63
118	Eki.23	Gölgeli	mutedil	1	6,71	2,99
119	Eki.23	Gölgeli	mutedil	1	9,48	4,22
120	Eki.23	Gölgeli	mutedil	1	6,22	2,77
121	Eki.23	Gölgeli	mutedil	2	12,03	5,35
122	Eki.23	Gölgeli	mutedil	2	4,57	2,03
123	Eki.23	Gölgeli	mutedil	2	3,54	1,58
124	Eki.23	Gölgeli	mutedil	3	9,82	4,37
125	Eki.23	Gölgeli	mutedil	3	6,93	3,08
126	Eki.23	Gölgeli	mutedil	3	6,56	2,92
127	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	1	11,19	4,98
128	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	1	2,33	1,04
129	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	1	4,54	2,02
130	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	2	11,69	5,20
131	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	2	6,59	2,93
132	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	2	6,96	3,10
133	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	3	8,52	3,79
134	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	3	6,22	2,77
135	Eki.23	Gölgeli	şiddetli	3	7,65	3,40
136	Eki.23	Güneşli	kontrol	1	3,36	1,49
137	Eki.23	Güneşli	kontrol	1	3,11	1,38
138	Eki.23	Güneşli	kontrol	1	7,62	3,39
139	Eki.23	Güneşli	kontrol	2	3,11	1,38
140	Eki.23	Güneşli	kontrol	2	0,56	0,25
141	Eki.23	Güneşli	kontrol	2	1,87	0,83
142	Eki.23	Güneşli	kontrol	3	5,88	2,61
143	Eki.23	Güneşli	kontrol	3	1,90	0,84
144	Eki.23	Güneşli	kontrol	3	2,02	0,90

Ek Tablo 7 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Kılcal Kök (t/ha)	Kılcal Kök C (t/ha)
145	Eki.23	Güneşli	mutedil	1	7,77	3,46
146	Eki.23	Güneşli	mutedil	1	9,26	4,12
147	Eki.23	Güneşli	mutedil	1	3,08	1,37
148	Eki.23	Güneşli	mutedil	2	5,50	2,45
149	Eki.23	Güneşli	mutedil	2	4,23	1,88
150	Eki.23	Güneşli	mutedil	2	9,36	4,16
151	Eki.23	Güneşli	mutedil	3	7,24	3,22
152	Eki.23	Güneşli	mutedil	3	6,56	2,92
153	Eki.23	Güneşli	mutedil	3	6,84	3,04
154	Eki.23	Güneşli	şiddetli	1	3,42	1,52
155	Eki.23	Güneşli	şiddetli	1	3,23	1,44
156	Eki.23	Güneşli	şiddetli	1	8,27	3,68
157	Eki.23	Güneşli	şiddetli	2	5,22	2,32
158	Eki.23	Güneşli	şiddetli	2	2,70	1,20
159	Eki.23	Güneşli	şiddetli	2	2,39	1,07
160	Eki.23	Güneşli	şiddetli	3	7,65	3,40
161	Eki.23	Güneşli	şiddetli	3	6,22	2,77
162	Eki.23	Güneşli	şiddetli	3	4,85	2,16
163	Haz.24	Gölgeli	kontrol	1	4,23	1,88
164	Haz.24	Gölgeli	kontrol	1	4,01	1,78
165	Haz.24	Gölgeli	kontrol	1	2,55	1,13
166	Haz.24	Gölgeli	kontrol	2	3,11	1,38
167	Haz.24	Gölgeli	kontrol	2	2,80	1,24
168	Haz.24	Gölgeli	kontrol	2	4,04	1,80
169	Haz.24	Gölgeli	kontrol	3	7,03	3,13
170	Haz.24	Gölgeli	kontrol	3	1,21	0,54
171	Haz.24	Gölgeli	kontrol	3	3,82	1,70
172	Haz.24	Gölgeli	mutedil	1	0,81	0,36
173	Haz.24	Gölgeli	mutedil	1	5,60	2,49
174	Haz.24	Gölgeli	mutedil	1	5,60	2,49
175	Haz.24	Gölgeli	mutedil	2	3,11	1,38
176	Haz.24	Gölgeli	mutedil	2	3,11	1,38
177	Haz.24	Gölgeli	mutedil	2	4,66	2,07
178	Haz.24	Gölgeli	mutedil	3	3,73	1,66
179	Haz.24	Gölgeli	mutedil	3	4,66	2,07
180	Haz.24	Gölgeli	mutedil	3	2,67	1,19
181	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	1	3,08	1,37
182	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	1	6,62	2,95
183	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	1	4,10	1,83
184	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	2	4,97	2,21
185	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	2	4,17	1,85
186	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	2	2,80	1,24
187	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	3	3,42	1,52
188	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	3	2,80	1,24
189	Haz.24	Gölgeli	şiddetli	3	2,49	1,11
190	Haz.24	Güneşli	kontrol	1	5,60	2,49

Ek Tablo 7 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Kılcal Kök (t/ha)	Kılcal Kök C (t/ha)
191	Haz.24	Güneşli	kontrol	1	4,97	2,21
192	Haz.24	Güneşli	kontrol	1	4,41	1,96
193	Haz.24	Güneşli	kontrol	2	4,66	2,07
194	Haz.24	Güneşli	kontrol	2	4,35	1,94
195	Haz.24	Güneşli	kontrol	2	4,48	1,99
196	Haz.24	Güneşli	kontrol	3	4,38	1,95
197	Haz.24	Güneşli	kontrol	3	5,04	2,24
198	Haz.24	Güneşli	kontrol	3	1,62	0,72
199	Haz.24	Güneşli	mutedil	1	3,64	1,62
200	Haz.24	Güneşli	mutedil	1	2,80	1,24
201	Haz.24	Güneşli	mutedil	1	2,33	1,04
202	Haz.24	Güneşli	mutedil	2	4,13	1,84
203	Haz.24	Güneşli	mutedil	2	5,25	2,34
204	Haz.24	Güneşli	mutedil	2	3,11	1,38
205	Haz.24	Güneşli	mutedil	3	3,17	1,41
206	Haz.24	Güneşli	mutedil	3	7,30	3,25
207	Haz.24	Güneşli	mutedil	3	1,15	0,51
208	Haz.24	Güneşli	şiddetli	1	6,96	3,10
209	Haz.24	Güneşli	şiddetli	1	6,22	2,77
210	Haz.24	Güneşli	şiddetli	1	7,15	3,18
211	Haz.24	Güneşli	şiddetli	2	7,77	3,46
212	Haz.24	Güneşli	şiddetli	2	9,95	4,43
213	Haz.24	Güneşli	şiddetli	2	5,28	2,35
214	Haz.24	Güneşli	şiddetli	3	0,96	0,43
215	Haz.24	Güneşli	şiddetli	3	4,01	1,78
216	Haz.24	Güneşli	şiddetli	3	7,86	3,50
271	Eki.24	Gölgeli	kontrol	1	0,81	0,36
272	Eki.24	Gölgeli	kontrol	1	2,14	0,95
273	Eki.24	Gölgeli	kontrol	1	3,11	1,38
274	Eki.24	Gölgeli	kontrol	2	3,64	1,62
275	Eki.24	Gölgeli	kontrol	2	3,79	1,69
276	Eki.24	Gölgeli	kontrol	2	3,11	1,38
277	Eki.24	Gölgeli	kontrol	3	1,87	0,83
278	Eki.24	Gölgeli	kontrol	3	1,40	0,62
279	Eki.24	Gölgeli	kontrol	3	2,49	1,11
280	Eki.24	Gölgeli	mutedil	1	3,61	1,60
281	Eki.24	Gölgeli	mutedil	1	3,11	1,38
282	Eki.24	Gölgeli	mutedil	1	4,23	1,88
283	Eki.24	Gölgeli	mutedil	2	1,68	0,75
284	Eki.24	Gölgeli	mutedil	2	4,26	1,90
285	Eki.24	Gölgeli	mutedil	2	2,33	1,04
286	Eki.24	Gölgeli	mutedil	3	3,85	1,72
287	Eki.24	Gölgeli	mutedil	3	2,92	1,30
288	Eki.24	Gölgeli	mutedil	3	4,23	1,88
289	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	1	1,31	0,58
290	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	1	4,60	2,05

Ek Tablo 7 devamı

No	Mevsim	Bakı	Aralama	Parsel	Kılcal Kök (t/ha)	Kılcal Kök C (t/ha)
291	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	1	3,11	1,38
292	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	2	3,54	1,58
293	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	2	3,48	1,55
294	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	2	3,14	1,40
295	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	3	2,18	0,97
296	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	3	4,85	2,16
297	Eki.24	Gölgeli	şiddetli	3	5,47	2,43
298	Eki.24	Güneşli	kontrol	1	4,13	1,84
299	Eki.24	Güneşli	kontrol	1	3,23	1,44
300	Eki.24	Güneşli	kontrol	1	3,73	1,66
301	Eki.24	Güneşli	kontrol	2	5,66	2,52
302	Eki.24	Güneşli	kontrol	2	2,98	1,33
303	Eki.24	Güneşli	kontrol	2	4,35	1,94
304	Eki.24	Güneşli	kontrol	3	4,66	2,07
305	Eki.24	Güneşli	kontrol	3	0,65	0,29
306	Eki.24	Güneşli	kontrol	3	5,60	2,49
307	Eki.24	Güneşli	mutedil	1	4,60	2,05
308	Eki.24	Güneşli	mutedil	1	2,80	1,24
309	Eki.24	Güneşli	mutedil	1	5,28	2,35
310	Eki.24	Güneşli	mutedil	2	3,11	1,38
311	Eki.24	Güneşli	mutedil	2	3,67	1,63
312	Eki.24	Güneşli	mutedil	2	7,93	3,53
313	Eki.24	Güneşli	mutedil	3	6,50	2,89
314	Eki.24	Güneşli	mutedil	3	4,94	2,20
315	Eki.24	Güneşli	mutedil	3	11,47	5,10
316	Eki.24	Güneşli	şiddetli	1	2,86	1,27
317	Eki.24	Güneşli	şiddetli	1	1,87	0,83
318	Eki.24	Güneşli	şiddetli	1	5,66	2,52
319	Eki.24	Güneşli	şiddetli	2	5,78	2,57
320	Eki.24	Güneşli	şiddetli	2	4,45	1,98
321	Eki.24	Güneşli	şiddetli	2	3,79	1,69
322	Eki.24	Güneşli	şiddetli	3	3,11	1,38
323	Eki.24	Güneşli	şiddetli	3	3,73	1,66
324	Eki.24	Güneşli	şiddetli	3	4,04	1,80

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

Umut Bahadır SARITAŞ Tez Son Teslim

ORJİNALLIK RAPORU

%6	%5	%4	%2
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
2	acikerisim.bartın.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
3	Submitted to Artvin Ėoruh Ėniversitesi Öğrenci Ödevi	<%1
4	Submitted to Karadeniz Teknik University Öğrenci Ödevi	<%1
5	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<%1
6	isletmecilik.org İnternet Kaynağı	<%1
7	flamboyan.co.id İnternet Kaynağı	<%1
8	www.megep.meb.gov.tr İnternet Kaynağı	<%1
9	Emir, Tuna. "Bölmeden Çıkarma Çalışmalarında ATV'lerin çevreye duyarlı ve verimli kullanım imkânlarının araştırılması", Bartın University (Turkey), 2024 Yayın	<%1
10	Submitted to Çankırı Karatekin University Öğrenci Ödevi	<%1
11	www.1bilgi.com İnternet Kaynağı	<%1
12	nek.istanbul.edu.tr:4444 İnternet Kaynağı	<%1
13	doi.org İnternet Kaynağı	<%1
14	Cavus, Gulsen. "Finansal Raporlama Kalitesini Etkileyen Faktörler ve Finansal Raporların	<%1