

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI MEŞCERE GELİŞİM ÇAĞI VE BONİTETLERDEKİ DOĞU LADİNİ
(*Picea orientalis* (L.) Peterm.) MEŞCERELERİNDE KARBON VE ÇÖZÜNMÜŞ
ORGANİK AZOT BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Esengül GENÇ

KASIM 2025
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI MEŞCERE GELİŞİM ÇAĞI VE BONİTETLERDEKİ DOĞU LADİNİ
(*Picea orientalis* (L.) Peterm.) MEŞCERELERİNDE KARBON VE ÇÖZÜNMÜŞ
ORGANİK AZOT BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ

Esengül GENÇ

ORCID:

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (ORMAN MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 / 10 / 2025

Tezin Savunma Tarihi : 21 / 11 / 2025

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ömer KARA

ORCID :

Trabzon 2025

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalında
Esengül GENÇ Tarafından Hazırlanan**

**FARKLI MEŞCERE GELİŞİM ÇAĞI VE BONİTETLERDEKİ DOĞU
LADİNİ (*Picea orientalis* (L.) Peterm.) MEŞCERELERİNDE KARBON VE
ÇÖZÜNMÜŞ ORGANİK AZOT BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 30 / 10 / 2025 gün ve 2126 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Ömer KARA

Üye : Prof. Dr. İbrahim TURNA

Üye : Prof. Dr. Ali TEMİZ

Üye : Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Üye : Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

“Farklı Meşcere Gelişim Çağı ve Bonitetlerdeki Doğu Ladini (*Picea Orientalis* (L.) Peterm.) Meşcerelerinde Karbon ve Çözünmüş Organik Azot Birikiminin Belirlenmesi” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Programı’nda hazırlanmıştır. Bu araştırmaya destek sağlayan TÜBİTAK’a (122O378) teşekkür ederim.

Doktora tezimin danışmanlığını üstlenerek bana verdiği destek ve yaptığı rehberlikten dolayı Sayın Prof. Dr. Ömer KARA’ya teşekkürü borç bilirim. Doktora tez jürimde yer alan ve tezime değerli katkılar sunan çok değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. İbrahim TURNA, Prof. Dr. Ali TEMİZ, Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU ve Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ’a çok teşekkür ederim. Engin bilgileriyle desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK’e, Prof. Dr. Ahmet YAŞAR’a, Prof. Dr. Serkan GÜLSOY’a, Doç. Dr. Aydın KAHRİMAN’a, Öğr. Gör. Dr. Salih MALKOÇOĞLU’na ve Öğr. Gör. Dr. Ergün KAHVECİYE’ye teşekkür ederim. Bu çalışmanın arazi aşamasında destek olan Orman İşletme Şefi Mehmet ÇAKMAKÇI’ya, Orman Mühendisi Hasan AKTUĞ’a, Orman Mühendisi Umut Gül’e, Ali GENÇ’e, Yakup GÜNAYDIN’a, Abdullah KARAGÖZE’e ve yine bu çalışmanın laboratuvar aşamasında yardımlarını gördüğüm Orman Mühendisi Beyzanur AYDIN’a, Orman Mühendisi Numan KOYUNCU’ya, Biyolog Ali SOYDİNÇ’e teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmam süresince göstermiş oldukları ilgi ve destek için Sayın Prof. Dr. Mustafa Fehmi TÜRKER’e, Doç. Dr. Nuri BOZALİ’ye, Öğr. Gör. Dr. Canan YILMAZ’a, Arş. Gör. Dr. Emine Nur YEŞİLYURT’a ve Ayşegül ÇIKRIKÇI’ya teşekkür ederim.

Tez çalışması sürecinde en zor zamanlarımda yanımda olan ve benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen kıymetli eşim Ünal GENÇ’e, bu tez ile büyüyen sevgili oğlum Muhammed Emin GENÇ’e ve her koşulda desteklerini hissettiren değerli aileme şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Esengül GENÇ
Trabzon 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Farklı Meşcere Gelişim Çağı ve Bonitetlerdeki Doğu Ladini (*Picea Orientalis* (L.) Peterm.) Meşcerelerinde Karbon ve Çözünmüş Organik Azot Birikiminin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ömer KARA’nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 21/11/2025

Esengül GENÇ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Karbon Döngüsü.....	6
1.3. Azot Döngüsü.....	14
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	30
2.1. Materyal.....	30
2.2. Araştırma Alanının Genel Tanıtımı.....	30
2.2.1. Mevki.....	30
2.2.2. İklim Özellikleri	32
2.2.3. Bitki Örtüsü	36
2.2.4. Jeolojik Yapı.....	37
2.3. Yöntem	38
2.3.1. Örnek Alanların Seçimi ve Tanıtımı	39
2.3.2. Arazi Çalışmaları.....	42
2.3.3. Laboratuvar Çalışmaları	46
2.3.4. İstatistiksel Yöntemler.....	67
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	68
3.1. Kök Biyokütlesi.....	68
3.1.1. Kök Organik Karbon İçeriği.....	79
3.1.2. Kök Azot İçeriği.....	90
3.1.3. Kök C/N Oranı	101
3.2. Ölü Örtü Biyokütlesi	107
3.2.1. Ölü Örtü Organik Karbon İçeriği	111

3.2.2. Ölü Örtü Azot İçeriği	116
3.2.3. Ölü Örtü C/N Oranı.....	120
3.3. Toprak Özellikleri	123
3.3.1. Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	124
3.3.2. Toprakların Mekanik Bileşimi	128
3.3.3. Toprakların Nem Sabiteleri	142
3.3.4. Toprak Reaksiyonu.....	156
3.3.5. Toprak Elektriksel İletkenliği.....	166
3.3.6. Toprak Organik Karbon İçeriği	171
3.3.7. Toprak Azot İçeriği	179
3.3.8. Toprak C/N Oranı.....	190
3.3.9. Amonyum Miktarı.....	196
3.3.10. Nitrat Miktarı.....	203
3.3.11. Toplam Mineral Azot Miktarı	210
3.4. Aminoasit Miktarı	218
3.4.1. Alanin Miktarı	218
3.4.2. Arginin Miktarı.....	223
3.4.3. Asparagin Miktarı.....	228
3.4.4. Aspartik Asit Miktarı.....	232
3.4.5. Glisin Miktarı	236
3.4.6. Glutamin Miktarı	240
3.4.7. Glutamik Asit Miktarı	244
3.4.8. Histidin Miktarı	248
3.4.9. Lösin Miktarı.....	252
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	257
5. KAYNAKLAR.....	262
6. EKLER.....	299
ÖZGEÇMİŞ	

Doktora Tezi

ÖZET

FARKLI MEŞCERE GELİŞİM ÇAĞI VE BONİTETLERDEKİ DOĞU LADİNİ (*Picea orientalis* (L.) Peterm.) MEŞCERELERİNDE KARBON VE ÇÖZÜNMÜŞ ORGANİK AZOT BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ

Esengül GENÇ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ömer KARA
2025, 298 Sayfa, 40 Sayfa Ek

Karbon ve azot, orman ekosistemlerinde madde döngüsünün temel elementleri olup, bitkiler inorganik azotun yanı sıra serbest amino asitler gibi organik azot bileşiklerini de doğrudan kullanabilmektedir. Bu çalışmada, Doğu Ladini meşcerelerinde kök, ölü örtü ve topraktaki karbon, azot ve serbest amino asitlerin yükselti, bonitet ve gelişim çağlarına göre değişimi incelenmiştir. Değişkenler arası ilişkiler korelasyon ve çoklu varyans analizleriyle belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, ladin meşcerelerinde toprakta depolanan ortalama organik karbon ve azot miktarı (t/ha) sırasıyla 78.43, 4.80 olarak bulunmuştur. Ayrıca ölü örtü biyokütlesi, karbon ve azot miktarları (t/ha) sırasıyla 11.04, 3.45 ve 0.12 olarak belirlenmiştir. Kök biyokütlesi karbon ve azot stokları (t/ha) sırasıyla 14.66, 4.24, 0.09 olarak tespit edilmiştir. Toprakta depolanan amonyum, nitrat ve toplam mineral azot miktarları (kg/ha) sırasıyla, 7.23, 4.45, 11.68 olarak belirlenmiştir. Toprakta depolanan amino asit miktarı (kg/ha); alanin 0.040, arginin 0.037, asparagin 0.039, aspartik asit 0.041, glisin 0.041, glutamin 0.037, glutamik asit 0.042, histidin 0.040 ve lösin 0.041 olarak hesaplanmıştır. Doğu Ladini meşcerelerinde karbon, azot ve amino asit miktarlarının yükselti, gelişim çağı, bonitet ve toprak özelliklerine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, Karbon, Azot, Amino Asitler, Doğu Ladini

PhD. Thesis

SUMMARY

DETERMINATION OF CARBON AND DISSOLVED ORGANIC NITROGEN ACCUMULATION IN ORIENTAL SPRUCE (*Picea orientalis* (L.) Peterm.) STANDS AT DIFFERENT STAND DEVELOPMENT AGES AND SITES

Esengül GENÇ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ömer KARA
2025, 298 Pages, 40 Pages Appendix

Carbon and nitrogen are fundamental elements sustaining matter cycling in forest ecosystems, and plants can directly utilize organic nitrogen compounds such as free amino acids in addition to inorganic nitrogen. This study investigated the variation of carbon, nitrogen, and free amino acid contents stored in roots, forest floor, and soil of Oriental spruce stands in relation to elevation, site quality, and stand development stages, using correlation and multivariate analysis of variance. The mean amounts of organic carbon and nitrogen stored in the soil were 78.43 and 4.80 t/ha, respectively. Forest floor biomass, carbon, and nitrogen stocks were 11.04, 3.45, and 0.12 t/ha, while root biomass carbon and nitrogen stocks were 14.66, 4.24, and 0.09 t/ha, respectively. Soil ammonium, nitrate, and total mineral nitrogen contents were 7.23, 4.45, and 11.68 kg/ha, respectively. The soil free amino acid contents (kg/ha) were 0.040 (alanine), 0.037 (arginine), 0.039 (asparagine), 0.041 (aspartic acid), 0.041 (glycine), 0.037 (glutamine), 0.042 (glutamic acid), 0.040 (histidine), and 0.041 (leucine). Overall, carbon, nitrogen, and amino acid contents in Oriental spruce stands varied with elevation, stand development stage, site quality, and soil properties.

Key Words: Biomass, Carbon, Nitrogen, Amino Acids, Oriental Spruce

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Toprak azot döngüsü yeni paradigması (Schimel ve Bennett, 2004'ten değiştirilerek).....	3
Şekil 2. Azot döngüsü (Savacı, 2017; URL-1, 2016)	15
Şekil 3. Bitki kökleri tarafından inorganik ve organik kaynakların alınması (Hill vd., 2011a).	18
Şekil 4. Araştırma alanının genel görünümü ve örnek alanlar	31
Şekil 5. Çalışma alanındaki Doğu Ladini sahalarından görünümüler	31
Şekil 6. Tonya yöresi Thornthwaite grafiği (900 m)	33
Şekil 7. Tonya-Kalınçam yöresi Thornthwaite grafiği (1100 m)	34
Şekil 8. Düzköy yöresi Thornthwaite grafiği (622 m).....	35
Şekil 9. Düzköy-Çal yöresi Thornthwaite grafiği (1276 m).....	36
Şekil 10. Araştırma alanından bitki örtüsü örnekleri	37
Şekil 11. Araştırma alanı jeoloji haritası ve örnek alanlar.....	37
Şekil 12. Örnek alanların yükselti basamaklarına göre dağılımı	39
Şekil 13. Örnekleme alanında toprak profili, ölü örtü ve kök örnekleme şeması.....	42
Şekil 14. Kök örneklerinin silindir ile alınması.....	43
Şekil 15. Ölü örtü örneklerinin alınması.....	44
Şekil 16. Toprak profillerinin açılması ve örnek alımı	45
Şekil 17. Amonyum ve Nitrat tayini için toprak örneklerinin alınması.....	45
Şekil 18. Amino asit tayini için toprak örneklerinin alınması	46
Şekil 19. Ölü örtü örneklerinde yapılan işlemler (a: Örneklerin fırın kurusu hale getirilmesi, b: Örneklerin öğütülmesi, c: Örneklerin elekten geçirilmesi)	48
Şekil 20. Kök örnekleri üzerinde yapılan işlemler.....	49
Şekil 21. Toprak, kök ve ölü örtü örneklerinde organik C miktarının belirlenmesi	51
Şekil 22. Toprak, kök ve ölü örtü örneklerinin toplam azot miktarının belirlenmesi.....	53
Şekil 23. Toprak örneklerinin hava kurusu hale getirilmesi ve öğütülerek elekten geçirilmesi.....	54
Şekil 24. Toprak örneklerinin tane boyutlarının belirlenmesi	55
Şekil 25. Toprak örneklerinde pH belirlenmesi.....	56
Şekil 26. Toprak nem sabitlerinin tayini.....	57
Şekil 27. Hacim ağırlığının belirlenmesi	58

Şekil 28.	Toprak örneklerinde Mineral Azot miktarının belirlenmesi.....	60
Şekil 29.	Toprak örneklerinde Amino asit analizi ekstraksiyon aşaması	62
Şekil 30.	Toprak örneklerinin rotary evaporatörde buharlaştırılması	62
Şekil 31.	Toprak örneklerinin Türevlendirme aşamaları	63
Şekil 32.	Toprak örneklerinde HPLC ile amino asit tayini.....	64



TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Proteinlerde bulunan ortak amino asitler (Taiz ve Zeiger, 2006).....	21
Tablo 2. Tonya Meteoroloji İstasyonuna ait Su Bilançosu Değerleri (900 m)	32
Tablo 3. Tonya-Kalınçam Meteoroloji İstasyonuna ait Su Bilançosu Değerleri (1100 m).....	33
Tablo 4. Düzköy Meteoroloji İstasyonuna ait Su Bilançosu Değerleri (622 m).....	34
Tablo 5. Düzköy-Çal Meteoroloji İstasyonuna ait Su Bilançosu Değerleri (1276 m).....	35
Tablo 6. Gelişim çağlarının sınıf aralıkları	40
Tablo 7. Kapalılık sınıfları	40
Tablo 8. Örnek alanların yükselti basamağı, meşcere tipi ve bonitet sınıfına göre dağılımı	41
Tablo 9. Araştırma alanında belirlenen temel biyokütle bileşenleri	47
Tablo 10. Analizde uygulanan gradient programı	65
Tablo 11. Meşcere tipleri bazında kök biyokütle bileşenlerinin bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi.....	69
Tablo 12. Meşcere tiplerine göre birim alandaki kök kütle (t/ha) ait bulgular.....	70
Tablo 13. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kılcal kök (0-2 mm) biyokütlesi miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	70
Tablo 14. Meşcere tiplerine göre kılcal kök biyokütle miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	71
Tablo 15. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ince kök (2-5 mm) biyokütlesi miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	73
Tablo 16. Bonitet sınıflarına göre ince kök biyokütle miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	73
Tablo 17. Meşcere tiplerine göre ince kök biyokütle miktarlarının değişimi	74
Tablo 18. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kalın kök (>5 mm) biyokütlesi miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	76
Tablo 19. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toplam kök biyokütlesi miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	77
Tablo 20. Meşcere tipleri bazında kök bileşenlerindeki organik C stokunun bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi	79
Tablo 21. Meşcere tiplerine göre kök bileşenlerine ait organik C (%) içerikleri.....	80
Tablo 22. Meşcere tipleri bazında kök bileşenlerindeki organik C stokunun bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi	82

Tablo 23.	Meşcere tiplerine göre kök bileşenlerine ait organik C (t/ha) içerikleri.....	84
Tablo 24.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kılcal kökteki (0-2 mm) organik C miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	84
Tablo 25.	Meşcere tiplerine göre kılcal kök organik C miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	85
Tablo 26.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ince kökteki (2-5 mm) organik C miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	86
Tablo 27.	Bonitet sınıflarına göre ince kök organik C miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	87
Tablo 28.	Meşcere tiplerine göre ince kök organik C miktarlarının değişimi	87
Tablo 29.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kalın kökteki (>5 mm) organik C miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	88
Tablo 30.	Meşcere tipleri bazında kök bileşenlerindeki azot miktarının (%) bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi	90
Tablo 31.	Meşcere tiplerine göre kök bileşenlerine ait azot (%) içerikleri.....	91
Tablo 32.	Meşcere tipleri bazında kök bileşenlerindeki azot miktarının (t/ha) bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi	93
Tablo 33.	Meşcere tiplerine göre kök bileşenlerine ait azot (t/ha) içerikleri	95
Tablo 34.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kılcal kökteki (0-2 mm) azot miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	95
Tablo 35.	Meşcere tiplerine göre ince kök azot miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	96
Tablo 36.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ince kökteki (2-5 mm) azot miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	97
Tablo 37.	Bonitet sınıflarına göre ince kök azot miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	97
Tablo 38.	Meşcere tiplerine göre ince kök azot miktarlarının değişimi	98
Tablo 39.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kalın kökteki (>5 mm) azot miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	99
Tablo 40.	Yükselti basamaklarına göre kalın kök azot miktarlarının değişimi	99
Tablo 41.	Meşcere tipleri bazında kök bileşenlerindeki C/N oranının bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi	101
Tablo 42.	Meşcere tiplerine göre kök bileşenlerine ait C/N oranları.....	102
Tablo 43.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kılcal kökteki (0-2 mm) C/N oranlarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	103

Tablo 44.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ince kökteki (2-5 mm) C/N oranlarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	104
Tablo 45.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kalın kökteki (>5 mm) C/N oranlarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	106
Tablo 46.	Meşcere tipleri bazında ölü örtü biyokütle bileşenlerinin bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi	107
Tablo 47.	Meşcere tiplerine göre birim alandaki ölü örtü kütlesine (t/ha) ait bulgular	108
Tablo 48.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ölü örtü biyokütle (t/ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	108
Tablo 49.	Yükselti basamaklarına göre ölü örtü biyokütle miktarlarının değişimi	109
Tablo 50.	Meşcere tipleri bazında ölü örtü bileşenlerindeki organik C miktarının (%) bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi	111
Tablo 51.	Meşcere tiplerine göre birim alandaki ölü örtü organik C miktarına ait bulgular	113
Tablo 52.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ölü örtü organik C (t/ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	114
Tablo 53.	Meşcere tipleri bazında ölü örtü bileşenlerindeki azot stokunun bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi	116
Tablo 54.	Meşcere tiplerine göre birim alandaki ölü örtü azot miktarına ait bulgular	117
Tablo 55.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ölü örtü azot (t/ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	118
Tablo 56.	Meşcere tipleri bazında ölü örtü bileşenlerindeki C/N oranının bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi	120
Tablo 57.	Meşcere tiplerine göre ölü örtü bileşenlerine ait C/N oranları	121
Tablo 58.	Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ölü örtü C/N oranlarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	121
Tablo 59.	Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak hacim ağırlığı miktarları.....	124
Tablo 60.	Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak hacim ağırlığı miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	126
Tablo 61.	Hacim ağırlığı miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi.....	126
Tablo 62.	Derinlik kademesine göre hacim ağırlığı miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	126
Tablo 63.	Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak kum (%) miktarları	129

Tablo 64.	Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak topraktaki kum (%) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	130
Tablo 65.	Meşcere tiplerine göre toprak kum (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	131
Tablo 66.	Kum miktarının (%) yükselti basamaklarına göre değişimi	131
Tablo 67.	Derinlik kademesine göre toprak kum (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	131
Tablo 68.	Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toz (%) miktarları	134
Tablo 69.	Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak topraktaki toz (%) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	135
Tablo 70.	Bonitet sınıflarına göre toprak toz (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	136
Tablo 71.	Toz miktarının (%) yükselti basamaklarına göre değişimi.....	136
Tablo 72.	Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak kil (%) miktarları	138
Tablo 73.	Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak topraktaki kil (%) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	139
Tablo 74.	Kil (%) miktarının meşcere tiplerine göre değişimi	140
Tablo 75.	Kil miktarının (%) yükselti basamaklarına göre değişimi.....	140
Tablo 76.	Derinlik kademesine göre toprak kil (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	140
Tablo 77.	Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak tarla kapasitesi (%) miktarları.....	143
Tablo 78.	Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak tarla kapasitesi (%) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	144
Tablo 79.	Tarla kapasitesi miktarının (%) bonitet sınıflarına göre değişimi	145
Tablo 80.	Meşcere tiplerine göre tarla kapasitesi (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	145
Tablo 81.	Tarla kapasitesi miktarının (%) yükselti basamaklarına göre değişimi.....	145
Tablo 82.	Derinlik kademesine göre tarla kapasitesi miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	146
Tablo 83.	Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak solma noktası (%) miktarları	148
Tablo 84.	Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak solma noktası (%) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	149

Tablo 85.	Meşçere tiplerine göre solma noktası (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	150
Tablo 86.	Solma noktası miktarının (%) yükselti basamaklarına göre değişimi	150
Tablo 87.	Derinlik kademesine göre solma noktası miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	150
Tablo 88.	Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak faydalanılabilir su kapasitesi (%) miktarları.....	153
Tablo 89.	Bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak faydalanılabilir su kapasitesi (%) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	154
Tablo 90.	Derinlik kademesine göre FSK (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	155
Tablo 91.	Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak reaksiyonu (H ₂ O) değerleri	157
Tablo 92.	Bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak pH (H ₂ O) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	158
Tablo 93.	Meşçere tiplerine göre toprak pH (H ₂ O) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	159
Tablo 94.	Toprak pH (H ₂ O) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi.....	159
Tablo 95.	Derinlik kademesine göre toprak pH (H ₂ O) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	159
Tablo 96.	Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak pH (KCL) değerleri	162
Tablo 97.	Bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak pH (KCL) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	163
Tablo 98.	Bonitet sınıflarına göre toprak pH (KCL) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	164
Tablo 99.	Meşçere tiplerine göre toprak pH (KCL) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	164
Tablo 100.	Toprak pH (KCL) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi	164
Tablo 101.	Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak EC (µS/cm) değerleri.....	167
Tablo 102.	Bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak EC (µS/cm) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	168
Tablo 103.	Toprak EC (µS/cm) miktarının bonitet sınıflarına göre değişimi.....	169
Tablo 104.	Toprak EC (µS/cm) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi	169

Tablo 105. Derinlik kademesine göre toprak EC miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	169
Tablo 106. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak organik C (%) miktarları	172
Tablo 107. Meşcere tiplerine göre toprak derinlik kademesine ait organik C (%) içerikleri.....	173
Tablo 108. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak organik C (t/ha) miktarları.....	174
Tablo 109. Meşcere tiplerine göre toprak derinlik kademesine ait organik C (t/ha) içerikleri.....	175
Tablo 110. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak organik C (t/ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	176
Tablo 111. Toprak organik C (t/ha) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi.....	176
Tablo 112. Derinlik kademelerine göre toprak organik C miktarları Tukey testi sonuçları.....	177
Tablo 113. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak azot (%) miktarları.....	180
Tablo 114. Meşcere tiplerine göre toprak derinlik kademesine ait azot (%) içerikleri	181
Tablo 115. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak azot (t/ha) miktarları	183
Tablo 116. Meşcere tiplerine göre toprak derinlik kademesine ait azot (t/ha) içerikleri.....	185
Tablo 117. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak azot (t/ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	185
Tablo 118. Bonitet sınıflarına göre toprak azot (t/ha) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	186
Tablo 119. Meşcere tiplerine göre toprak azot (t/ha) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	186
Tablo 120. Toprak azot (t/ha) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi	186
Tablo 121. Derinlik kademelerine göre toprak azot (t/ha) miktarları Tukey testi sonuçları.....	187
Tablo 122. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak C/N oranları	190
Tablo 123. Meşcere tiplerine göre toprak derinlik kademesine ait C/N oranları.....	191
Tablo 124. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak C/N oranlarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	192
Tablo 125. Bonitet sınıflarına göre toprak C/N oranlarına ait Tukey testi sonuçları.....	193

Tablo 126. Meşçere tiplerine göre toprak C/N oranlarına ait Tukey testi sonuçları.....	193
Tablo 127. Toprak C/N oranlarının yükselti basamaklarına göre değişimi.....	193
Tablo 128. Derinlik kademesine göre toprak C/N oranlarına ait Tukey testi sonuçları.....	194
Tablo 129. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre NH_4^+ - N (mg-kg) miktarları.....	196
Tablo 130. Meşçere tiplerine göre derinlik kademesine ait NH_4^+ - N (mg-kg) içerikleri.....	198
Tablo 131. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre NH_4^+ - N (kg-ha) miktarları.....	198
Tablo 132. Meşçere tiplerine göre derinlik kademesine ait NH_4^+ - N (kg-ha) içerikleri.....	200
Tablo 133. Bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak NH_4^+ - N (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	200
Tablo 134. Derinlik kademelerine göre NH_4^+ - N (kg-ha) miktarları Tukey testi sonuçları.....	201
Tablo 135. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak NO_3^- - N (mg-kg) miktarları	203
Tablo 136. Meşçere tiplerine göre derinlik kademesine ait NO_3^- - N (mg-kg) içerikleri.....	204
Tablo 137. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak NO_3^- - N (kg-ha) miktarları.....	205
Tablo 138. Meşçere tiplerine göre derinlik kademesine ait NO_3^- - N (kg-ha) içerikleri.....	206
Tablo 139. Bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak NO_3^- - N (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	207
Tablo 140. Meşçere tiplerine göre NO_3^- - N (kg-ha) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları.....	207
Tablo 141. Toprak NO_3^- - N (kg-ha) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi.....	208
Tablo 142. Derinlik kademesine göre NO_3^- - N (kg-ha) miktarları Tukey testi sonuçları.....	208
Tablo 143. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toplam mineral azot (mg-kg) miktarları.....	210
Tablo 144. Meşçere tipleri ve derinlik kademesi toplam mineral azot (mg-kg) içerikleri.....	212

Tablo 145. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toplam mineral azot (kg-ha) miktarları.....	212
Tablo 146. Meşcere tipleri ve derinlik kademesi toplam mineral azot (kg-ha) içerikleri.....	214
Tablo 147. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprakların toplam mineral azot (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	214
Tablo 148. Derinlik kademesine göre toprakların toplam mineral azot (kg-ha) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları	215
Tablo 149. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların alanin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi	219
Tablo 150. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların alanin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi	220
Tablo 151. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak alanin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	221
Tablo 152. Toprak alanin (kg-ha) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi	221
Tablo 153. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların arginin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi.....	224
Tablo 154. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların arginin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi.....	225
Tablo 155. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak arginin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	226
Tablo 156. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların asparagin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi.....	228
Tablo 157. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların asparagin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi.....	229
Tablo 158. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak asparagin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	230
Tablo 159. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların aspartik asit (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi.....	232
Tablo 160. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların aspartik asit (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi.....	233
Tablo 161. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak aspartik asit (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	234

Tablo 162. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların glisin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi	236
Tablo 163. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların glisin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi	237
Tablo 164. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak glisin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	238
Tablo 165. Toprak glisin (kg-ha) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi.....	238
Tablo 166. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların glutamin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi.....	240
Tablo 167. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların glutamin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi.....	241
Tablo 168. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak glutamin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	242
Tablo 169. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların glutamik asit (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi.....	244
Tablo 170. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların glutamik asit (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi.....	245
Tablo 171. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak glutamik asit (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	246
Tablo 172. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların histidin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi.....	248
Tablo 173. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların histidin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi.....	249
Tablo 174. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak histidin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	250
Tablo 175. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların Lössin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi	252
Tablo 176. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların lössin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi	253
Tablo 177. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak lössin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	254
Tablo 178. Bonitet sınıflarına göre toprak lössin (kg-ha) miktarları Tukey testi sonuçları.....	254

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
AA	: Amino asitler
ACN	: Asetonitril
B	: Biyokütle
°C	: Santigrat/derece
C	: Karbon
CH ₄	: Metan
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
cm ³	: Santimetreküp
CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbondioksit
ÇON	: Çözünmüş Organik Azot
d _{1,3}	: Ağaçların göğüs yüksekliğindeki (130 cm) çapı (cm)
EC	: Elektriksel İletkenlik
FSK	: Faydalanabilir su kapasitesi
GET	: Gerçek Evapotranspirasyon
gr	: Gram
GtCO ₂	: Gigaton Karbondioksit
H	: Humus tabakası
H ₂ O	: Su
H ₃ PO ₄	: Ortofosforik asit
H ₂ SO ₄	: Sülfürik asit
ha	: Hektar
HA	: Hacim ağırlığı
HFCs	: hidro-floro-karbonlar
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel Climate Change)
KCL	: Potasyum klorür
K ₂ Cr ₂ O ₇	: Potasyum dikromat
kg	: Kilogram

MeOH	: Metanol
Mg	: Miligram
mm	: Milimetre
n	: Örnek sayısı
N	: Azot
NH ₃	: Amonyak
NH ₄ ⁺	: Amonyum
NO	: Nitrik oksit
N ₂ O	: Diazot monoksit
NO ₂ ⁻	: Nitrit
NO ₃ ⁻	: Nitrat
O ₃	: Ozon
OC	: Organik Karbon
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OM	: Organik Madde
ort.	: Ortalama
p	: Önem düzeyi
ppm	: parts per million (milyonda bir (mikro))
ppb	: parts per billion (milyarda bir (nano))
PET	: Potansiyel Evapotransprasyon
PFCs	: perfloro-karbonlar
pH	: Toprak reaksiyonu
t	: Ton
t/ha	: Ton/hektar
TK	: Tarla Kapasitesi
SF ₆	: Sülfür hegzaflorür
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
SN	: Solma Noktası

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ormanlar, yalnızca odun hammaddesi ve diğer ürünlerin kaynağı olmanın ötesinde, ekosistemler için hayati işlevler üstlenen karmaşık ve dinamik yaşam alanlarıdır. Küresel ölçekte ekosistemlerin sürdürülebilirliği ve çevresel dengenin korunmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca ormanlar, küresel biyoçeşitliliğin yaklaşık %80'ini barındıran zengin habitatlar oluşturarak hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmalar için barınma ve beslenme alanları sağlamaktadır. Bu ekosistemler, sadece biyolojik çeşitlilik açısından zengin yaşam alanları sunmakla kalmaz, aynı zamanda atmosferik, toprak ve su döngülerini düzenleyerek küresel ekosistem üzerinde temel bir rol oynar (FAO, 2020).

İnsan faaliyetleri, orman ekosistemlerini ciddi biçimde tehdit etmektedir. Özellikle tarım alanı açma, yol yapımı, madencilik ve kentleşme gibi faaliyetler, orman alanlarının azalmasına ve ekosistemlerin bozulmasına yol açmaktadır (Geist ve Lambin, 2002). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) verilerine göre, her yıl yaklaşık 10 milyon hektar orman alanı yok olmaktadır (FAO, 2020). Bu kayıp, biyolojik çeşitliliği azaltmakta ve ormanların sağladığı ekosistem hizmetlerini tehlikeye sokmaktadır. Ormanlar, karbon yutağı görevi görerek iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaktadır (Bonan, 2008). Ancak ormanların tahrip edilmesiyle atmosfere büyük miktarda karbondioksit salınmakta ve bu durum küresel ısınmayı hızlandırmaktadır. Dolayısıyla, ormanların korunması küresel iklim değişikliğiyle mücadelede ve ekosistem dengesinin sürdürülmesinde kritik bir öneme sahiptir.

Uluslararası düzeyde, ormanların karbonu tutma ve depolama kapasiteleri en önemli ekosistem hizmetlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Gibbs vd., 2007; Kocamanoğlu, 2019). Dünya yüzeyinin yaklaşık %30'unu kaplayan ormanlar, karasal brüt organik madde üretiminin %75'inden sorumludur. Karasal karbon stoklarının yaklaşık % 67'si orman ekosistemlerinde bulunmaktadır (FAO, 2000; Güner ve Makineci, 2017; Rodríguez-Veiga vd., 2017). Orman ekosistemleri fotosentez yoluyla atmosferden CO₂'yi alarak bitki örtüsü ve toprakta depolar; aynı zamanda bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından solunum yoluyla CO₂'yi atmosfere geri verirler (Templer vd., 2012; Fowler vd., 2013). FAO' nun 2020 yılında yayımladığı Orman Kaynakları Değerlendirme Raporu'na göre, küresel ölçekte orman karbon stoğunun, toprak organik maddesinde 300 Gt (ha başına 73.8 ton), canlı

biyoküttele 295 Gt (ha başına 72.6 ton) ve ölü odun ile ölü örtüde 68 Gt (ha başına 16.7 ton) olmak üzere toplam 662 Gt (ha başına 163 ton) olduğu tahmin edilmektedir (FAO, 2020). Türkiye’de ise 2015 yılından itibaren yapılan değerlendirmelere göre; topraklar 1 milyar 244 milyon ton, toprak altı bitkisel kütle 146 milyon ton, toprak üstü bitkisel kütle 497 milyon ton, ölü örtü ve ölü odun 100 milyon ton karbon stokuna sahiptir. Toplam karbon stoku ise yaklaşık 1 milyar 987 milyon ton olarak hesaplanmıştır (Tolunay vd., 2018; FAO, 2020).

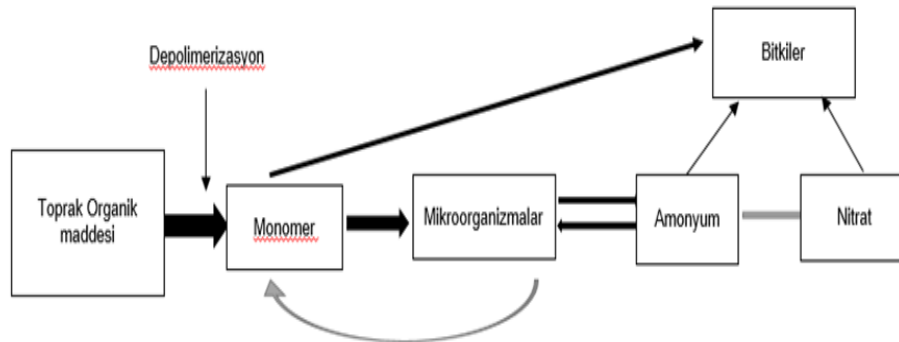
Insan faaliyetleri, fosil yakıtların aşırı kullanımı ve arazi kullanımındaki değişiklikler sonucu atmosferdeki sera gazlarının (CO_2 , H_2O , CO , CH_4 , NO , N_2O , HFCs, PFCs, SF_6 , O_3 v.b.) konsantrasyonu artmıştır (Ciais vd., 2013; NASA, 2023b). Atmosferik CO_2 seviyeleri son on yılda rekor düzeylere ulaşmış ve bu artış, iklimin ısınmasına, aşırı hava olaylarının sıklığı ile şiddetinin artmasına yol açmıştır. Sanayi devriminden günümüze, atmosferdeki CO_2 oranı yaklaşık %50 artış göstermiştir (NASA, 2023a). Yeryüzünde meydana gelen sera gazları ve sıcaklıklardaki bu değişimler tüm dünyayı etkileyen ve insanoğlunun en büyük sorunu olan küresel iklim değişikliği kavramını ortaya çıkarmıştır (Türkeş, 2001; Kocamanoğlu, 2019).

Karbon ve azot döngüleri, bitkilerin yaşamsal faaliyetlerinin devamı açısından iki temel besin döngüsüdür. Karbon, yeryüzündeki canlı organizmalarda en bol bulunan ikinci elementtir (West, 2008). Karbonun atmosfer, canlılar ve karalar ile sular arasında yer değiştirmesi olayı karbon döngüsü olarak adlandırılmaktadır. Orman ekosistemleri, karasal ekosistemlerin en önemli karbon havuzlarından birini oluşturur. Karbon, ağaçların gövde, yaprak, dal, kök, ölü örtü ve toprak bileşenlerinde depolanmaktadır (Goodale vd., 2002; Canadell vd., 2007). Bu döngü, atmosferin karbon içeriğini düzenleyerek küresel sıcaklıkların ve ekosistemlerin genel sağlığının korunmasında kritik bir rol oynamaktadır. Atmosferdeki CO_2 konsantrasyonları azaldıkça, ısıyı hapseden ve küresel sıcaklık artışına neden olan gelişmiş sera etkisi hafifletilebilir (Canadell ve Schulze 2014). Ormansızlaşma ve sürdürülebilir olmayan arazi kullanımı, CO_2 'nin atmosfere salınımını artırarak iklim değişikliğini hızlandırmıştır (Houghton ve Nassikas, 2017). Buna karşılık, sürdürülebilir orman yönetimi uygulamaları ve ormansızlaşmanın azaltılması, mevcut ormanların karbon depolama kapasitesini artırmaktadır (Cook-Patton vd., 2021).

Karbon döngüsüyle yakından ilişkili olan azot (N), karasal ekosistemlerde bitki büyümesini sınırlayan temel bir elementtir (Elser vd., 2007; Maquere vd., 2008; Gao vd., 2015; Li vd., 2016). Atmosferin yaklaşık %78'i azot gazından (N_2) oluşmaktadır. Geri kalanını ise kayaçların yapısında, suda çözülmüş olarak ve canlıların bünyesinde

bulunmaktadır (Kantarıcı, 2000). Ancak bitkiler atmosferik azotu doğrudan kullanamazlar; ihtiyaç duydukları azotu, toprakta bulunan amonyum (NH_4^+), nitrat (NO_3^-) ve amino asitler gibi azotlu bileşikler aracılığıyla karşılamaktadırlar (Nordin vd., 2001; Liu vd., 2017). Bitkilerin besin maddesi olarak azotu bünyelerine alması sırasında; toprak altında gerçekleşen mineralizasyon, amonifikasyon, fiksasyon, asimilasyon, denitrifikasyondan oluşan süreçlerin hepsine azot döngüsü denilmektedir (Haktanır ve Arcak, 1997; Cheng vd., 2010).

Yakın zamana kadar karasal azot döngüsü, bitkilerin sadece inorganik azot kullandığı ve N için toprak mikroorganizmalarına karşı zayıf rekabet ettikleri ve bitkilerin mikroorganizmalardan geriye kalan azotu kullandıkları şeklinde bilinmektedir (Owen ve Jones, 2001; Jones vd., 2005). Toprak organik maddesi polimerleri çok büyük oldukları için hemen biyolojik olarak kullanılamazlar (Chapin vd., 2002). Son yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda, mevcut N içeren polimerlerin mikrobiyal hücre dışı enzimler tarafından parçalanması sonucunda bitkiler veya mikroorganizmalar tarafından kullanılabilen organik N içeren monomerler oluşmaktadır. Böylece bitkiler polimer parçalanması sonucu ortaya çıkan organik azot için, mikroorganizmalarla etkili bir şekilde rekabet etmekte ve organik azotun bir kısmını doğrudan almaktadırlar (Schimel ve Bennett, 2004; Jones vd., 2005; Zhang vd., 2017; Noll vd., 2019). Bitkiler tarafından organik azotun doğrudan kullanılması, azot alımına engel olan mineralizasyon ihtiyacını ortadan kaldırarak azot döngüsünü kolaylaştırmaktadır (Şekil 1) (Nasholm vd., 2001; Rothstein, 2009).



Şekil 1. Toprak azot döngüsü yeni paradigması (Schimel ve Bennett, 2004'ten değiştirilerek)

Bitkinin organik azot ile beslenmesi kavramı, büyük ölçüde amino asit çalışmalarına dayanmaktadır (Noll vd., 2019). Amino asitler, bir amin grubu, bir karboksilik asit grubu ve bir yan zincir içeren moleküllerden oluşmaktadır. Protein yapısına katılabilen yirmi amino asit, literatürde ‘standart amino asitler’ olarak adlandırılmakta ve canlıların temel biyolojik süreçlerinde önemli rol oynamaktadır (Kumar vd., 2017). Çözünmüş organik azot'un kaynağı olan başlıca amino asitler (AA): alanin, arginin, aspartik asit, glutamik asit, glisin, histidin, izolösin, lösin, lisin, fenilalanin, prolin, serin, treonin, tirosin ve valindir (Öhlund ve Nasholm, 2001; Weigelt vd., 2005). Bu çalışmada belirlenen alanin, asparagin, aspartik asit, histidin, lösin, glisin, glutamik asit, glutamin ve arginin ladin ormanlarında organik azot döngüsünde baskın rol oynayan temel amino asitlerdir. Bitkinin toplam azot alımının yaklaşık % 15.7-47.3'ünü amino asitlerden sağladığı belirlenmiştir. Bitki örtüsünden kaynaklanan protein ve peptitlerin ayrışması sonucu oluşan amino asitler; toprak enzimleri için substrat, mikroorganizmalar için enerji kaynağı ve bitkiler için azot kaynağı olarak işlev görmektedir (Cao vd., 2013).

Azot eksikliği bitkilerde farklı nedenlerle ortaya çıkmaktadır. Çevre kirliliği veya sosyoekonomik gibi nedenlerden dolayı toprağa gübre uygulanmadığında, bitkinin azot talebi yeterince karşılanamamaktadır. Çözünmüş organik azot, genellikle yaprağını döken ve iğne yapraklı ormanlarda topraktan yıkanan en baskın azot formudur (Michalzik vd., 2001). Bu bileşiklerin topraktan sızması ekosistemden besin kaybına yol açmakta ve yüzey sularının ötrofikasyonuna neden olmaktadır. Çözünmüş organik azot toprakta karbon tutulmasında önemli bir rol oynamakta (Knicker, 2011) ve aynı zamanda tarım bitkileri için önemli olan azot kaynağını temsil etmektedir (Hill vd., 2011; Soper vd., 2011). Topraktaki organik azot miktarı, çeşitli çevresel ve toprak faktörleri tarafından kontrol edilmektedir (Benbi ve Richter, 2002). Toprağın C/N oranı, sıcaklık ve nem düzeyi, havalanma koşulları, bitki örtüsünün yapısı, uygulanan tarımsal yönetim rejimleri ve gübreleme gibi faktörler bu süreci doğrudan etkilemektedir (Dilly vd., 2003).

Artan atmosferik CO₂ seviyeleri dahil olmak üzere beklenen küresel değişiklikler, topraktaki bu azot kaynağının bitki ve mikrobiyal üretimini ve tüketimini değiştirme potansiyeline sahiptir (Zhang vd., 2017). Orman ekosistemlerindeki azot miktarının artması, azot sınırlamasını hafifletebilir ve bitki büyümesini destekleyebilmektedir (LeBauer ve Treseder, 2008; Niu vd., 2016). Bununla birlikte aşırı azot birikimi; nitrat yıkanması, toprak asitleşmesi, besin dengesizliği ve ormanların bozulması gibi olumsuz etkilere de yol açabilmektedir (Aber vd., 2003; Xia ve Wan, 2008). Küresel olarak azotun artması, biyolojik

çeşitlilik, göl, dere asidifikasyonu sonucu ekosistem işlevi üzerinde olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Galloway vd., 2003; Asandei, 2014). Fosil yakıtların yanması ve gübre kullanımından kaynaklanan artan azot birikimi, organik C kaynaklarını ve bileşimini düzenleyerek toprak C dinamiklerini etkileyen önemli bir faktördür (Neff vd., 2002; Nave vd., 2009; Lu vd., 2021).

Türkiye'nin taraf olduğu uluslararası anlaşmalar çerçevesinde hazırlamakla yükümlü olduğu ulusal sera gazı envanterinde, özellikle toprak altı karbon birikimine ilişkin veri eksikliği önemli sorunlara yol açmaktadır (Tolunay ve Çömez, 2008). Aynı zamanda, orman ekosistemlerine ilişkin ekolojik, silvikültürel ve planlama süreçlerinde kullanılmak üzere kapsamlı ekosistem verilerine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır (Sargıncı, 2014). Ancak mevcut azot çalışmalarının büyük bölümü yalnızca inorganik azot formlarına odaklanmakta; orman topraklarında azot döngüsünün temel bileşenlerinden biri olan serbest amino asitler hakkında ülkemizde neredeyse hiç veri bulunmamaktadır. Organik azotun biyolojik olarak kullanılabilir formlarından biri olan amino asitlerin belirlenmesi, hem toprakta azot kullanım verimliliğinin hem de karbon–azot etkileşimlerinin anlaşılması açısından önemlidir. Bu yönüyle, çalışma sonucunda elde edilecek veriler Doğu Karadeniz Bölgesi'nde geniş yayılım gösteren saf Doğu Ladini meşcereleri için karbon ve azot envanteri oluşturulmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

Araştırma alanındaki Doğu Ladini meşcerelerinin çoğunlukla dik ve sarp topoğrafyada yer alması, yıl boyunca yüksek yağış alması ve sosyal baskı unsurları gibi nedenlerle teknik ormancılık uygulamalarının yürütülmesini güçleştirmektedir (Anonim, 2008). Bu zorlu çevresel koşullar, özellikle azot mineralizasyonunun sınırlı olduğu serin ve nemli ladin ekosistemlerinde, serbest amino asit gibi hızlı erişilebilir organik azot fraksiyonlarının bitki ve mikroorganizma beslenmesindeki önemini artırmaktadır. Bu nedenle, Doğu Ladini ormanlarında uygulanacak silvikültürel ve planlama faaliyetlerinin bilimsel verilerle desteklenmesi, özellikle amino asit temelli organik azot dinamiklerinin anlaşılması ve bu ekosistemlerin sürdürülebilir yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır (Anonim, 2008).

Bu çalışmayla ladin ormanlarında ilk kez, toplam azot (toprak, ölü örtü ve kök), topraktaki mineral azot (amonyum ve nitrat), toprak amino asitleri (alanin, arginin, asparagin, aspartik asit, glisin, glutamin, glutamik asit, histidin ve lösin) ve organik karbon (toprak, ölü örtü ve kök) depolama kapasitelerinin belirlenmesi bakımından kayda değer bir çalışma olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı, saf ve doğal Doğu Ladini meşcerelerinde iki farklı yükselti basamağı (800m-1300m ve 1300m-1900m), tek kapalılık

sınıfında (3 kapalılık), 3 farklı bonitet (2, 3 ve 4. Bonitet) ve 3 farklı meşcere gelişim çağlarına (bc, c, cd) göre toprak amino asit depolama kapasiteleri, toplam azot (toprak, kök, ölü örtü), toprak mineral azotu ve organik karbon (toprak, ölü örtü ve kök) depolama kapasitelerini belirlemektir.

Tüm bunların sonucunda çalışmanın hedefleri: Çalışma alanındaki saf ve doğal Doğu Ladini meşcerelerinde;

- 1) Orman Amenajmanı planlarına göre belirlenen örnek alanlarda ağaçların çap, boy ve yaş gibi parametreleri ölçmek,
- 2) Toprak kütlesinde depolanan organik karbon ve toplam azot miktarlarını belirlemek,
- 3) Toprak kütlesinde amonyum, nitrat miktarını belirleyerek toplam inorganik azotu hesaplamak,
- 4) Toprak kütlesinde serbest amino asit olarak bulunan alanin, arginin, asparagin, aspartik asit, glisin, glutamin, glutamik asit, histidin ve lösin miktarlarını belirleyerek ladin ormanlarında gerçekleşen azot beslenmesindeki önemini belirlemek,
- 5) Ölü örtü biyokütle miktarı ve bundaki organik karbon ve toplam azot depolama kapasitelerini belirlemek,
- 6) Kılcal (<2mm), ince (2-5mm), kalın kök (>5mm) biyokütlesi ile depoladıkları organik karbon, toplam azot miktarlarını belirlemek,
- 7) Ülkemizin uluslararası platformda taraf olduğu anlaşmalar gereği bildirmekte yükümlü olduğu ulusal sera gazı envanter düzenlenmesine yardımcı olmak,
- 8) Elde edilen sonuçlarla (özellikle amino asit belirlenmesiyle) kapalılık, bonitet ve meşcere gelişim çağlarına göre silvikültür ve amenajman planlarının düzenlenmesinde yeni veriler sağlayarak katkıda bulunmak olarak belirlenmiştir.

1.2. Karbon Döngüsü

Karbon, evrenin en zengin kimyasal elementlerinden biri olmasının yanı sıra, Dünya'daki canlı organizmalarda oksijenden sonra en bol bulunan ikinci elementtir (West, 2008). Karbon yeryüzünde element (odun kömürü vb.), inorganik (karbon dioksit, karbonatlar gibi mineraller) ve organik (karbonhidratlar, amino asitler gibi bileşikler) olmak

üzere üç formda bulunmaktadır. Bu formlar fotosentez, solunum, yanma, ayrışma gibi biyolojik ve kimyasal süreçler aracılığıyla sürekli olarak hidrosfer, biyosfer, atmosfer ve litosfer arasında döngüsel bir şekilde geri dönüştürülmektedir. Bu süreçler, ekosistemlerde karbon dolaşımını sağlayarak hem canlı organizmaların yaşamını sürdürmesine hem de küresel karbon dengesinin korunmasına katkı sağlamaktadır. Karbon döngüsü, iklim ve atmosferin karbon içeriğini düzenleyerek, küresel sıcaklıkları ve ekosistemlerin genel sağlığını etkilemektedir (West, 2008).

Karasal karbon döngüsü atmosfer, toprak ve bitki örtüsü arasında gerçekleşmektedir. Bitkiler, fotosentez yoluyla atmosferdeki CO₂'yi organik bileşiklere dönüştürerek hem enerji ihtiyaçlarını karşılamakta hem de yapısal bileşenlerini oluşturmaktadır (Kirankumar, 2016). Karasal karbon yutakları arasında olan bitkiler, özellikle de ağaçlar, fotosentez süreciyle atmosferdeki CO₂'yi doğrudan kullanarak, elde edilen karbonu yaprak, gövde, dal ve kök gibi farklı biyokütle bileşenlerinde biriktirmektedir. Bitki kökleri, atmosferik karbonun toprağa transferini kolaylaştırmada önemli bir rol oynamaktadır (Kumar ve Pandey 2006). Bu süreç, yalnızca karbon depolamanın ötesinde; erozyonun önlenmesi, su döngüsünün dengelenmesi, ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği ve kırsal kalkınmanın desteklenmesi açısından da önemli işlevler üstlenmektedir (Sert vd., 2025).

Topraklar, su ve karbon döngüsünü kolaylaştırarak orman verimliliğinin ve ekosistem işleyişinin sürdürülmesi için büyük öneme sahiptir (Crowther vd., 2019; Quesada vd., 2020). Toprak organik karbonunun (TOC) oluşumu, kalıcılığı ve uzun süreli depolanması; toprak mineral matrisinin fiziksel ve kimyasal özellikleri, organik madde girdileri ile mikrobiyal ayrıştırıcıların faaliyetleri tarafından belirlenmektedir (Cotrufo vd., 2015; Liang vd., 2017). TOC'nin besin döngüsü, su tutma ve toprak yapısı gibi temel biyolojik, kimyasal ve fiziksel toprak işlevleri üzerinde etkileri bulunmaktadır.

Toprak organik karbonu, karasal ekosistemlerdeki en büyük karbon havuzunu oluşturmaktadır (Simpson vd., 2007; Lehmann ve Kleber, 2015). Miktar açısından değerlendirildiğinde, topraklarda depolanan karbon, atmosfer ve bitki örtüsünde bulunan toplam karbon miktarının yaklaşık üç katına karşılık gelmektedir (Galloway vd., 2004; Scharlemann vd., 2014; Wang vd., 2017; Xie vd., 2020). Bu durum, toprakların küresel karbon döngüsünde kritik bir düzenleyici rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle, toprak C havuzundaki küçük bir değişiklik bile atmosferik CO₂ konsantrasyonunu değiştirerek küresel ısınmaya katkıda bulunmaktadır (Stockmann vd., 2013; Chen vd., 2021). Fosil yakıtların yanması ve gübre kullanımından kaynaklanan artan azot birikimi,

organik C kaynaklarını ve bileşimini düzenleyerek toprak C dinamiklerini etkileyen önemli bir faktördür (Neff vd., 2002; Nave vd., 2009; Lu vd., 2021).

Ana malzeme, temel kayaç ya da tortulların ayrışmasıyla oluşarak toprağın mineral bileşimi, besin içeriği ve doku özelliklerini büyük ölçüde belirleyen temel faktördür (Anderson, 1988). Toprak türü, su tutma kapasitesi, geçirgenlik, hacim ağırlığı, katyon değişim kapasitesi ve bitki büyümesi için gerekli besin elementlerinin mevcudiyeti gibi birçok fiziksel ve kimyasal özellik üzerinde belirleyici rol oynamaktadır (Osher ve Buol, 1998; Augusto vd., 2017). Sonuç olarak, anakayanın ayrıca toprağın karbon depolama kapasitesi üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri bulunmaktadır. Toprakta kil fraksiyonunun yüksek olması, organik maddelerin kil yüzeylerine adsorbe edilmesi ve kilin agregat oluşumundaki katkısı sayesinde karbon depolama kapasitesini artırmaktadır (Angst vd., 2018). Ana materyal, demir ve alüminyum oksitler gibi amorf minerallere dönüşerek yüklü yüzeyler oluşturur; bu yüzeyler, organik maddenin toprakta stabilize olmasına katkı sağlamaktadır (Mikutta vd., 2006; Rasmussen vd., 2018; Kirsten vd., 2021). Dolaylı olarak, bu minerallerin karbon tutma kapasitesi, bitki beslenmesi açısından kritik bir unsur olan katyon değişim kapasitesini etkileyerek toprağa giren C miktarını da belirlemektedir (Grigal ve Vance, 2000).

Arazinin topografik özellikleri, özellikle yükselti, eğim, bakı besin maddelerinin toprak ve ekosistem içerisindeki döngüsünü önemli ölçüde şekillendirmektedir. Yükselti gradyanları, bitki örtüsünün dağılımı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olup, benzer şekilde toprak özelliklerini de etkilemektedir. Yükseltinin artmasıyla birlikte sıcaklıkların düşmesi, toprak organik maddesinin (TOM) ayrışma hızını yavaşlatarak toprak karbonunun birikimini artırmaktadır (Liski vd., 2003). Ayrıca, yüksek rakımlarda artan yağış miktarı, toprak neminin yeterli olduğu koşullarda toprak doygunluğunu artırarak ayrışma süreçlerini baskılayıcı bir rol üstlenmektedir. Sıcaklık ve yağış rejimlerindeki bu değişimler, bitki büyümesi ve işlevselliğini dolaylı olarak etkileyerek toprak gelişimi ve karbon girdileri üzerinde belirleyici olmaktadır (Oades, 1988). Topoğrafya ve arazinin eğimi, suyun toprak içindeki hareketini ve toprağın aşınma veya birikim bölgelerini belirleyen temel faktörlerdir (Jansen ve Painter, 1974). Farklı eğim konumları bu süreçleri öngörülebilir biçimde etkiler: Tepe alanlarında su hızlı sızar ve tortu birikimi azdır; eğimin orta kısımlarında (omuz) su daha az sızar ve erozyon nedeniyle tortu kaybı yaşanır; eğimin alt kısımlarında (etek) ise su birikimi ve tortu birikimi artar (Jansen ve Painter, 1974; Liu vd., 2018). Su sızma kapasitesi ve tortu kayıp/kazançlarındaki bu değişimler, toprak derinliğini etkileyerek hem bitki ve

mikrobiyal işleyişi hem de toplam karbon depolama kapasitesini belirlemektedir (Liu vd., 2018). Yamaç yönü bitki büyümesi ve verimliliği üzerinde önemli etkilere sahiptir. Kuzey ve güneye bakan yamaçlar, toprak sıcaklığını ve nemini etkileyen farklı miktarlarda güneş radyasyonu alarak, toprak C ayrışmasını etkilemektedir.

Meşcere gelişim çağı, karbonun orman ekosisteminin farklı bileşenleri arasında nasıl dağıldığını belirleyen önemli bir ekolojik değişkendir (Walle vd., 2001). Gelişim çağları ilerledikçe, orman bileşenlerindeki karbon miktarında belirgin farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, Çömez (2010) sarıçam ekosistemlerinde yürüttüğü çalışmada, toplam ölü örtü biyokütlesi ve karbon stoklarının bc gelişim çağına kadar arttığını, bu dönemden sonra ise azalma eğilimi gösterdiğini bildirmiştir. Buna karşılık, Makineci vd. (2015) tarafından yapılan araştırmada, yalnızca a ve c gelişim çağları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Bu bulgular, karbon stoklarının dinamik bir yapıya sahip olduğunu ve ağaç türü, yetiştirme ortamı ile meşcere özelliklerindeki değişimlere duyarlı olarak önemli ölçüde farklılaşabildiğini göstermektedir.

Kara yüzeyinin yaklaşık %30'unu oluşturan ormanlar, her yıl fosil yakıt emisyonları ve arazi kullanım değişiklikleriyle salınan toplam karbonun yaklaşık %19'unu tutarak önemli bir küresel karbon yutağı işlevi görmektedirler (Bonan, 2008; Keenan ve Williams, 2018; Pugh vd., 2019; Harris vd., 2021; Friedlingstein vd., 2022). Orman ekosistemlerindeki yeraltı organik karbon miktarı, yer üstü organik karbon miktarından çok daha fazladır (Dantas vd., 2020). Yer altı karbon kaynakları arasında ağaç kökleri bir ağacın toplam biyokütlesinin yaklaşık olarak %10 ile %65'ini oluşturmaktadır (Brunner ve Godbold, 2007; Zhang vd., 2015). Çapı 10 mm'den küçük olan ince kökler, toprağa sağladıkları yüksek karbon girdisi ve bu karbonun stabilizasyon süreci nedeniyle besin döngüsü ve karbon depolanmasında kritik bir işlev üstlenmektedir (Kuzyakov ve Schneckenberger, 2004; Guo vd., 2007). Bu nedenle orman gelişiminde besin bütçelerinin anlaşılabilmesi için ince kök üretim dinamiklerinin daha ayrıntılı araştırılması gerekmektedir (Yang vd., 2010). Buna rağmen, çoğu araştırmacı çalışma kolaylığı açısından orman ekosistemlerindeki yer üstü biyokütlesi ve toprak organik maddesinin karbon kaynaklarına üzerine odaklanmıştır (Tüfekçioğlu ve Küçük, 2010; Cierjacks vd., 2011).

Orman ekosistemlerinde kök biyokütlesini belirlemek için yapılan analizlerde 0-2 mm çapındaki kökler kılcal kök, 2-5 mm çapındaki kökler ince kök ve 5 mm'den büyük olan kökler kalın kök olarak tanımlanmaktadır. İnce kök biyokütlesi üzerinde toprak özellikleri, iklim koşulları ve meşcere özellikleri (meşcere yaşı, meşcere kapallılığı) gibi hem abiyotik

hem de biyotik faktörlerin etkisi bulunmaktadır (Farfal, 2010; Jagodzinski, 2011). Literatürde kılcal kök biyokütlesinin azaldığı (Claus ve George, 2005; Yuan ve Chen, 2010) ve sürekli arttığı (Finer vd., 2007) yönünde farklı çalışmalar bildirilmiştir. Tüfekçioğlu vd. (2002), ladin meşcerelerinde kök biyokütlesinin kayına göre daha yüksek olduğunu ve özellikle güneye bakan yamaçlarda kılcal ve ince köklerin toprak organik maddesine önemli karbon girdisi sağladığını bildirmiştir. Tüfekçioğlu ve Küçük (2010), farklı yaş sınıflarındaki sarıçam meşcerelerinde en yüksek kök karbon depolamasının ince ve kılcal köklerde 2. yaş sınıfında, kaba köklerde ise 5. yaş sınıfında gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Toprak organik maddesi büyük ölçüde bitkisel artıklar ve orman ekosistemlerinde özellikle ağaçların yaprak, dal, kabuk, tohum ve kozalak gibi bileşenlerinden oluşmaktadır (Kantarcı, 2000). Bitki ve hayvan artıklarının da katılımıyla oluşan bu organik tabaka “ölü örtü” olarak tanımlanmakta olup (Kantarcı, 2000), orman ekosistemlerinde yer üstü verimliliği, besin döngüsü ve toprak organik madde birikimiyle yakından ilişkilidir (Berg ve McClaugherty, 2008; Köhler vd., 2008). Ölü örtünün ayrışması, bitki büyüme ve gelişimi üzerinde önemli etkiler oluşturmaktadır (Kantarcı, 2000). Orman ölü örtü biyokütlesi; mevki, iklim koşulları, topoğrafya, yükselti, ağaç türü, meşcere yaşı, kapalılık derecesi, toprak özellikleri ve toprak biyotasının etkisi altında değişkenlik göstermektedir (Kantarcı, 2000; Kara vd., 2014).

Orman ölü örtüsü orman biyokütlesinin önemli bir bileşenidir ve genellikle toplam bitki biyokütlesinin %6–8’ini oluşturur (Whittaker ve Likens, 1973). Ağaç türlerinin yetiştirme ortamı koşullarındaki değişiklikler, türün ölü örtü kimyasal bileşimini değiştirebilmekte ve ayrışma sürecini önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Sarıyıldız, 2000; Sarıyıldız vd., 2005). Yetiştirme ortamı özellikleri arasında özellikle toprak özellikleri (Sarıyıldız ve Anderson, 2003a), ağacın tepe çatısı (Sarıyıldız ve Anderson, 2003b) ve topografik faktörler (Sarıyıldız vd., 2005) ölü örtünün kimyasal yapısını ve ayrışma hızını belirleyen temel etmenler arasında yer almaktadır. Orman ekosistemlerinde meşcerelerin saf ya da karışık olarak bulunması, ölü örtünün ayrışma sürecini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür (Sarıyıldız vd., 2005a; Tolunay ve Çömez, 2008). Ayrıca, arazi kullanım değişiklikleri ile ormancılık ve silvikültürel uygulamalar, ölü örtü miktarını ve ayrışma hızını doğrudan etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır (Tolunay ve Çömez, 2008). Bu değişiklikler sonucunda, topraktaki organik karbon ve toplam azot miktarları ile bu elementlerin depolanma kapasitesi önemli ölçüde etkilenmektedir. Ölü örtü biyokütlesine ilişkin veriler, küresel değişimin

karbon ve besin döngüsü üzerindeki etkilerini modellemek ve orman ekosistemlerinin işleyişini anlamak açısından kritik öneme sahiptir (Malhi vd., 1999).

İklim, birçok yönden toprak oluşumu ve karbon depolamasının en etkili faktörüdür. Daha yüksek sıcaklıklar ve daha fazla yağış, ana materyalin daha hızlı ayrışmasına ve daha fazla toprak materyali birikmesine neden olmaktadır (Gislason vd., 2009). Küresel ölçekte, genellikle tropik bölgelere yakın alanlarda toprak derinliği daha fazla, boreal bölgelerde ise daha sığ topraklardan oluşmaktadır. Boreal ormanlardaki düşük sıcaklıklar ayrışmayı engelleyerek ve büyük TOC havuzları oluştururlar (Malhi vd., 1999). Tropik bölgelerde, organik madde çok daha hızlı ayrışarak besinler orman biyokütlesine dönüştürülmektedir (Dixon vd., 1994).

Birincil sera gazı olarak atmosferdeki karbondioksit (CO_2), Güneş'ten gelen kısa dalga boylu radyasyonun yeryüzüne ulaşmasına izin verirken, yüzeyden yayılan uzun dalga boylu radyasyonu tutarak doğal sera etkisini oluşturur ve bu sayede yaşanabilir sıcaklıkların devamlılığını sağlamaktadır (Pierrehumbert, 2010). Ancak, Sanayi Devrimi'nden bu yana insan faaliyetleri atmosferdeki CO_2 konsantrasyonlarında %50'lik bir artışa neden olmuş ve bu dengeyi bozarak küresel ısınmayı hızlandırmıştır (IPCC, 2021; NASA, 2023a). Son on yılda atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonlarının belirgin bir şekilde artması küresel iklimin ısınmasına yol açmış ve bunun sonucunda hava olaylarının hem sıklığında hem de büyüklüğünde artış gözlenmiştir (Field vd., 2012). Sıcaklıklardaki artış, deniz seviyesinin yükselmesi, sel ve kuraklık gibi aşırı iklim olaylarının yanı sıra biyolojik çeşitlilik kayıplarıyla sonuçlanan çok boyutlu çevresel sorunlara yol açmıştır (IPCC, 2021).

Türkiye, Akdeniz Havzası'nda yer alması ve çeşitli coğrafi özelliklere sahip olması sebebiyle iklim değişikliğinin etkileri son yıllarda giderek daha belirgin hâle gelmektedir. Artan sıcaklık eğilimleri, değişen yağış desenleri, biyolojik çeşitlilik kayıpları ve çölleşme riski bu etkilerin başlıca göstergeleridir. Eğimli arazilerde yaygın görülen toprak erozyonu ise arazi bozulmasını hızlandırmakta, toprak kaynaklı karbon kayıplarına yol açmaktadır. IPCC (2023) Raporuna göre küresel ortalama sıcaklığın endüstri öncesi döneme göre 1.1°C yükseldiği ve mevcut eğilimler devam ederse 2030–2035 yılları arasında 1.5°C eşliğinin aşılabileceği öngörülmektedir. Son 50 yılda yılda ortalama sıcaklık yaklaşık olarak 1.5°C artmıştır (IPCC, 2023).

Küresel karbon bütçesi, 1.5°C 'lik sıcaklık artışı sınırının aşılmasında için atmosfere salınabilecek karbon miktarı yaklaşık 250 GtCO_2 olup, mevcut emisyon düzeylerinde bu bütçenin 6–7 yıl içinde tükenmesi öngörülmektedir (Lamboll vd., 2023). Türkiye'nin sera

gazı emisyonları 2022 yılı itibarıyla 523.9 milyon ton CO₂ eşdeğerine ulaşmıştır (TÜİK, 2024). Bu artış, emisyon azaltımının yanı sıra karbon tutulum kapasitesini artıracak stratejilerin önemini ortaya koymaktadır. Türkiye, 2021 yılında Paris Anlaşması'nı onaylamış ve bu kapsamda 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını %41 oranında azaltma, 2053 yılına kadar ise net sıfır emisyonu ulaşma taahhüdünde bulunmuştur. Belirlenen hedefler çerçevesinde, ormanlaştırma, ağaçlandırma ve arazi rehabilitasyonu uygulamaları, iklim değişikliğiyle mücadele politikalarının temel unsurlarından birini oluşturmaktadır (Sert vd., 2025). Özellikle ağaçlandırma uygulamaları, yalnızca karbon depolanmasını artırmakla sınırlı kalmayıp; ekosistemlerin iklim değişikliğine uyum kapasitesini güçlendirmesi, biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkı sunması ve toplumsal faydayı desteklemesi bakımından da kritik öneme sahiptir (FAO, 2020).

İklim değişikliği, hem doğal hem de insan kaynaklı faktörlerin etkilediği çok yönlü bir süreçtir. Volkanik patlamalar ve güneş aktivitesindeki değişimler gibi doğal süreçler, tarih boyunca Dünya iklimini etkilemiş olsa da, son yıllarda gözlemlenen özellikle kömür ve petrol gibi fosil yakıtların yakılması gibi insan faaliyetleri iklim değişikliğinin ana nedeni haline gelmiştir (Fahad vd., 2022). Fosil yakıtlar dünyada enerji tüketiminin çoğunu oluşturmaktadır ve bunların yanması atmosfere karbondioksit salınmasına yol açmaktadır. Tarihte ilk kez 2013 yılında, kaydedilen CO₂ seviyeleri 400 ppm'i aşmıştır. Fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonların yaklaşık %60'ı atmosferde kaldığından, CO₂ seviyelerinde devam eden artış eğilimi fosil yakıtların yakılmasıyla tutarlı bir şekilde artmaktadır (NASA, 2023b).

Sera gazları, güneşten gelen enerjinin bir kısmını atmosferde tutarak yeryüzünün yaşam için elverişli bir sıcaklıkta kalmasını sağlamaktadır. Ancak bu gazların atmosferdeki birikiminde gözlenen hızlı artış, küresel ölçekte iklim sistemini olumsuz yönde etkilemektedir (Cassia vd., 2018). Karbondioksit (CO₂), insan faaliyetleri sonucunda en yüksek miktarda salınan ve iklim değişikliği ile ilgili birincil sera gazıdır. Bunun yanı sıra metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), su buharı (H₂O) ve florlu gazlar (F-gazları) daha düşük oranlarda bulunsalar da küresel ısınmaya önemli katkılar sunmaktadır. Ayrıca, florlu gazlar olarak bilinen hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler), kükürt hekzaflorür (SF₆) ve nitrojen triflorür gibi bileşikler de daha düşük atmosferik yoğunluklara sahip olmalarına karşın, yüksek küresel ısınma potansiyelleri nedeniyle iklim sistemi üzerinde dikkate değer etkiler oluşturmaktadır (Regufe vd., 2021). Ortalama karbondioksit konsantrasyonu, sanayi öncesi dönemden günümüze kadar milyonda 280 ile 400 ppm arasında artmıştır (NASA, 2023a). Karbondioksitin ardından iklim ısınmasına en fazla katkı

sağlayan sera gazı metandır ve atmosferdeki metan düzeyi, son iki yüzyılda iki katından fazla artış göstermiştir (NASA, 2022).

Küresel sıcaklıkların sanayi öncesi döneme kıyasla yüzyıl sonuna kadar 1.0–5.7 °C artabileceği bu durumun ise toprak sıcaklıklarını yükselterek karasal ekosistemlerdeki biyojeokimyasal süreçleri önemli ölçüde etkileyeceği belirtilmektedir (Davidson ve Janssens, 2006; Garcia-Palacios vd., 2021; Li vd., 2021). Toprak karbon ve azot döngülerinin ısınmaya vereceği tepki kritik öneme sahiptir; çünkü C ve N, toprak organizmalarının büyümesi ve işlevselliği için temel unsurlar olup, biyoyararlanımları sera gazı salınımını yönlendirerek iklime geri besleme oluşturabilmektedir (Allison vd., 2010; Bai vd., 2013). Toprak karbon ve azot döngüleri birbirine güçlü bir şekilde bağlı olduğundan, yalnızca bu elementlerin havuzları ve süreçleri ile aralarındaki etkileşimleri kapsamlı biçimde incelemek, orman topraklarının biyojeokimyasal dinamiklerinin küresel ısınmaya verdiği yanıtın bütüncül bir şekilde anlaşılmasını sağlayacaktır (Gruber ve Galloway, 2008; Melillo vd., 2011; Yue vd., 2017; Fuchslueger vd., 2019).

Karbon ve azot döngüleri özellikle yüksek enlem ekosistemlerinde birbirine güçlü bir şekilde bağlıdır (Schimel ve Bennett 2004; Todd-Brown vd., 2013); artan sıcaklıklar organik madde ayrışmasını hızlandırarak bitkiler için N kullanılabilirliğini artırabilir, böylece bitki verimliliği ve toprağa C girdileri artmaktadır (Dormann ve Woodin 2002; Natali vd., 2012). Ancak mikrobiyal N mineralizasyonu ile bitki N alımının tepkileri farklı olabileceğinden, N akışlarındaki dengesizlikler toprak C stoklarının ısınmaya karşı dayanıklılığını etkilemektedir (Melillo vd., 2002; Schimel ve Bennett, 2004; IPCC, 2013; Todd-Brown vd., 2013). Azot birikiminin, bitki büyümesini ve ölü örtü miktarını artırarak toprağa bitki kaynaklı karbon girişini güçlendirdiği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Nadelhoffer vd., 1999; Hyvönen vd., 2008; Zhang vd., 2023a, b). Azot birikimi, azot eksikliği bulunan topraklarda mikrobiyal büyümeyi teşvik edebilirken, azotla doygun hale gelmiş topraklarda mikrobiyal biyokütleyi azaltarak topraktaki mikrobiyal kaynaklı karbon havuzunu değiştirebilmektedir (Ye vd., 2018).

İklimin ısınması, mikrobiyal azot mineralizasyonu ile bitki N alımı arasındaki bağlantıyı bozarak soğuk ekosistemlerde N kayıplarına yol açmaktadır (Dawes vd., 2017; Maranon-Jimenez vd., 2019). Isınma, topraktaki mikrobiyal aktivite ve solunum oranlarını artırır; eğer bu artış, bitki örtüsünden sağlanan yüksek verimlilik ve karbon girdileri ile dengelenmezse, toprakta kararsız C havuzu tükenebilir ve mikrobiyal büyüme için gerekli karbon miktarı daha da kısıtlanabilir. Özellikle kış aylarındaki ısınma, topraktaki mikrobiyal

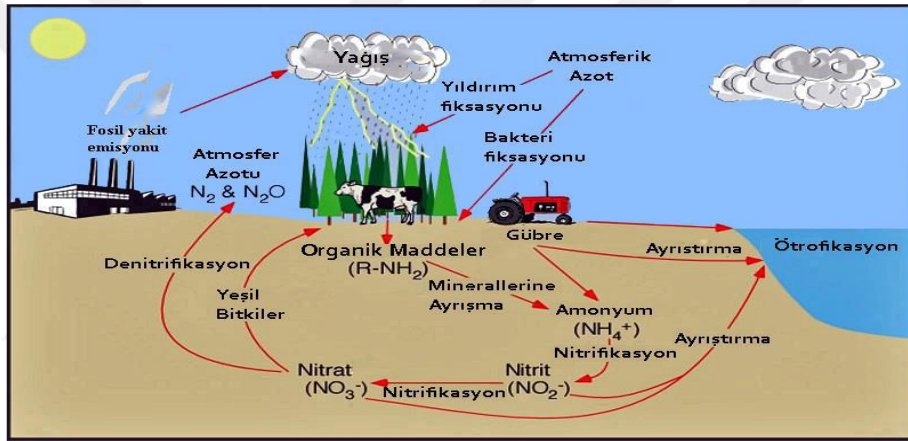
N rezervlerini olumsuz etkileyerek sonraki N salınımının zamanlamasını ve miktarını değiştirmektedir (Edwards ve Jefferies, 2013). Ayrıca, bitki N alımının düşük olduğu çözülme dönemlerinde mevcut N'nin kayıpları, yüksek enlemleri ekosistemlerde denitrifikasyon ve N sızıntısına yol açmaktadır (Turner ve Henry, 2010). Bu nedenle, sıcak kışlarda tekrarlayan düşük mikrobiyal N immobilizasyonu, topraktaki N stoklarını azaltarak bitki N bulunabilirliği ve üretkenliğini düşürebilir ve bitki örtüsünün ısınmadan kaynaklanan toprak C kayıplarını telafi etme kapasitesini sınırlamaktadır (Maranon-Jimenez vd., 2019).

Organik maddenin C/N oranları büyük değişkenlik gösterir; taze bitki örtüsünde yüksek olan bu oran, ayrışma sırasında C'nin N'den daha hızlı kaybı nedeniyle azalmaktadır (Mooshammer vd., 2014b). Toprak derinliği arttıkça organik madde giderek daha fazla ayrıştığından, C/N oranları ölü örtü tabakasından mineral toprak katmanlarına doğru düşer ve bu durum, mikrobiyal N sınırlamasının derinlikle birlikte azalmasını beraberinde getirmektedir (Rumpel ve Kögel-Knabner, 2011). Tundra ve boreal orman gibi yüksek enlemleri sistemlerde genellikle daha yüksek C/N oranları gözlemlenmektedir (Post vd., 1985; Xu vd., 2013). Bu bölgelerde, organik maddenin ayrışması düşük ölü örtü kalitesi ve mikrobiyal ayrıştırıcı aktivitenin sınırlılığı nedeniyle yavaş gerçekleşir (Hobbie vd., 2000). Yavaş ayrışma ve yüksek C/N oranları, tundra ve boreal ormanlarda bitki ve mikrobiyal büyümenin azot sınırlamasına tabi olmasına neden olmaktadır (Hobbie vd., 2002; Sistla vd., 2012).

1.3. Azot Döngüsü

Biyolojik açıdan nitrojen (N), periyodik tabloda eşsiz bir konuma sahiptir. Azot, nükleik asitlerin (DNA, RNA), hücre yapısal elemanlarının ve tüm enzimlerin yapı taşlarını temsil ettiği için yaşamın temelini oluşturmaktadır. Çoğu hücrede azot amino asitlerde, peptidlerde, proteinlerde bulunur ve karbonhidrat parçalarından sonra hücrelerin ağırlıkça en önemli biyokimyasal bileşenidir (Brady, 1984). Azot, proteinlerin, nükleik asitlerin, klorofilin, çeşitli ikincil bileşiklerin ve birçok hücresel yapının bir bileşeni olduğundan dolayı bitkiler için temel bir besin maddesidir. Bitkilerde azot, en çok bulunan dördüncü elementtir ve hücre bölünmesi, taşınması ve enzim gerektiren biyokimyasal reaksiyonlar gibi tüm bitki büyüme ve gelişme süreçlerinde önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda çoğu karasal ekosistemde bitki verimliliğinin birincil düzenleyicisidir (Rentsch vd., 2007).

Dünya atmosferinin yaklaşık %78.8'ini azot (N_2) gazı oluşturmaktadır. Geriye kalan azot ise suda çözülmüş halde, kayalar ve canlı organizmaların yapısında yer almaktadır. Canlılar, özellikle bitkiler, atmosferdeki azot gazını doğrudan besin maddesi olarak kullanamazlar; ihtiyaç duydukları azotu, topraktaki azotlu bileşiklerden sağlarlar. Bu bileşikler, genellikle bitkiler tarafından nitrat (NO_3^-) ve amonyum (NH_4^+) iyonları şeklinde alınır. Azotun toprağa geçişi, kısmen yıldırımlar ve yağış yoluyla gerçekleşse de büyük kısmı mikroorganizmaların faaliyetleri aracılığıyla sağlanır. Bitkilerin bu azotu besin maddesi olarak kullanabilmesi sırasında, toprakta gerçekleşen mineralizasyon, amonifikasyon, fiksasyon, asimilasyon ve denitrifikasyon süreçlerinin tümü bir arada azot döngüsü olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2) (Haktanır ve Arcak, 1997; Savacı, 2017).



Şekil 2. Azot döngüsü (Savacı, 2017; URL-1, 2016)

Azot mineralizasyonu: Bitki ve hayvan kalıntılarının (proteinler, nükleik asitler, amino şekerler ve üre) ayrışmasından elde edilen organik azotun, inorganik azota (NH_3^- ve NH_4^+) dönüştürülmesidir. Organik bileşiklerin amonyum iyonlarını ortaya çıkarma sürecine amonifikasyon denir. Amonyum iyonlarının nitrifikasyon bakterileri tarafından önce nitrite sonra nitrata dönüştürülmesi sürecine nitrifikasyon denilmektedir (Haktanır ve Arcak, 1997). Büyüme mevsimi boyunca topraktaki organik azot mineralizasyonu, ürün büyümesi için gerekli olan azotun sağlanması açısından hayati önem taşır (Appel ve Mengel, 1992). Azot mineralizasyonu, organik materyalin bileşimi veya kalitesi, sıcaklık, nem, toprak pH'ı, havalandırma ve toprak yapısı ve dokusu dahil olmak üzere çok sayıda faktör tarafından düzenlenir (Jarvis vd., 1996).

Bitki kalıntılarının kimyasal özellikleri (C/N oranı) ve fiziksel yapısı, mineralizasyon hızlarının düzenlenmesinde önemli kabul edilmektedir. Bitki artıklarının başlangıçtaki N içeriği ve bunların ayrışmasından sorumlu toprak mikrobiyal biyokütlesi, artıkların ayrışmasını hem hızlandırabilen hem de kısıtlayabilen iki önemli faktördür (Heal vd., 1997). Bitki artıklarının N içeriği genellikle N mineralizasyon miktarı ile pozitif ilişkilidir. Tarımsal toprakların C/N oranı genel olarak 12 civarında iken mikroorganizmaların C/N oranı 8 civarındadır. Mikroorganizmaların gelişimini sürdürebilmeleri için bitki artıklarında bulunması gereken ideal C/N oranı yaklaşık olarak 25 düzeyindedir. C/N oranı 25/1'den büyükse mikroorganizmalar azot açığını kapatmak için toprak azotundan yararlanırlar. Bu bağlamda, ürün artıklarının C/N oranı genellikle 20 ile 500 arasında değişir ve büyük ölçüde bitkinin büyüklüğü ve türene bağlıdır. C/N oranı >40 sahip bitki artıkları, C/N oranı <40 olan bitki artıklarından çok daha yavaş mineralize olmaktadır (Baldock, 2007).

Mikrobiyal fizyoloji ve mineral çözünürlüğü üzerindeki doğrudan etkisi nedeniyle, toprak pH'ı bitki kalıntılarının ayrışma süreçlerini, besin çözünürlüğünü, mikrobiyal topluluk bileşimini güçlü bir şekilde etkilemektedir. Mikrobiyal aktivite genellikle nötr toprak pH değerlerinde en yüksek düzeydedir (Fierer ve Jackson, 2006; Griffiths vd., 2011; Seuradje vd., 2017). Nötr pH ve yüksek N konsantrasyonları bakterilerin çoğalmasını desteklerken, düşük pH ve N konsantrasyonları mantarların büyümesini desteklemektedir (Allison, 1973). Marschner vd. (2005), mikrobiyal topluluk bileşiminin diğer toprak özelliklerine göre toprak pH'ından daha güçlü bir şekilde etkilendiğini göstermiştir. Bu nedenle, mikrobiyal türlerin hayatta kalma ve rekabet yeteneği toprak pH'ı tarafından değişebilmektedir.

Fiksasyon: Atmosferde bol miktarda bulunan N_2 gazı, çoğu organizma tarafından doğrudan kullanılamadığı için, biyolojik olarak kullanılabilir forma dönüştürülmesi gerekir. Bazı mikroorganizmalar tarafından indirgenerek amonyum formuna dönüştürülmesi süreci olarak tanımlanmaktadır. Bu dönüşüm, nitrojenaz enzimi aracılığıyla gerçekleşir ve özellikle simbiyotik, serbest yaşayan veya siyanobakteri türleri tarafından gerçekleştirilir. Bitkiler bu mikroorganizmalarla oluşturdıkları simbiyotik ilişkiler sayesinde atmosferik azottan dolaylı olarak faydalanabilmektedirler. Bunun yanında, yıldırım, volkanik faaliyetler ve endüstriyel Haber-Bosch süreci gibi abiyotik yollarla da azot fiksasyonu gerçekleşmekte olup, böylece atmosferik azot nitrat (NO_3^-) veya nitrit (NO_2^-) gibi kullanılabilir formlara dönüştürülmektedir. Fiksasyon, ekosistemlerde biyolojik üretkenliğin sürdürülebilmesi için

temel süreçlerden biri olup, azot döngüsünün en kritik aşamalarından birini oluşturmaktadır (Haktanır ve Arcak, 1997; Galloway vd., 2008).

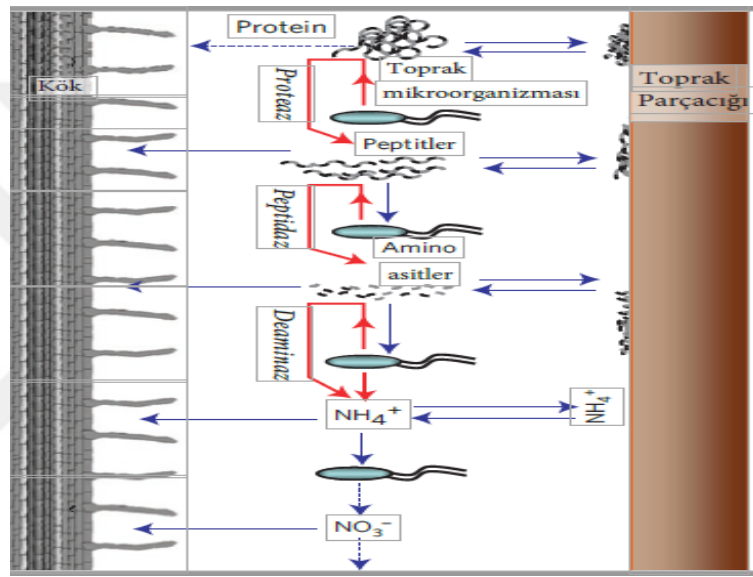
Asimilasyon: Azot fiksasyonu ve nitrifikasyonu ile ortaya çıkan nitrat ve amonyum bitki kökleri tarafından absorbe edilerek, protein, amino asit, nükleik asit ve klorofile bağlanması asimilasyon olarak tanımlanmaktadır. Hayvanlar bitkileri yediğinde bitkisel proteinlerdeki azotu tekrar asimile edip hayvansal bileşiklere dönüştürmesidir. Bu süreç sayesinde azot, üreticilerden tüketicilere ve ayrıştırıcılara kadar ekosistemdeki bütün canlılara aktarılmaktadır (Haktanır ve Arcak, 1997).

Denitrifikasyon: Bu aşamada nitrat, nitrite ve daha sonra da azot oksitler aracılığıyla mikrobiyel indirgenmeyle moleküler azota dönüştürülme sürecidir (Haktanır ve Arcak, 1997). Saha koşullarında, orta gaz halindeki ürünlerin tümü, redüktaz enzimlerinden biri tarafından her zaman N_2 'ye dönüştürülmez, çünkü bunların bir kısmı atmosfere kaçmaktadır. Topraktaki denitrifikasyon oranının önemli belirleyicileri, nitratın varlığı, metabolize edilebilir karbon kaynağı, toprak nemi, toprağın havalandırılması, toprak pH'ı ve sıcaklığıdır (Brady, 1984). Çoğu denitrifikasyon heterotrofik bakteriler tarafından gerçekleştirilir ve bu nedenle süreç, karbon varlığına büyük ölçüde bağlıdır. Denitrifikasyon 1900 ve 2000 yılları arasında artmış ve 2050 yılına kadar tekrar artması beklenmektedir (Bouwman vd., 2013).

Karasal azot döngüsünde, bitkilerin sadece inorganik azot formlarını ve mikroorganizmalar tarafından geride bırakılan azotu kullanabildiği uzun süredir kabul edilmektedir (Owen ve Jones, 2001; Jones vd., 2005). Organik azotun öncelikli olarak mikroorganizmalar tarafından kullanılması, bitkilerin bu substratlar için zayıf rakipler olacağı inancına yol açmıştır (Lipson ve Nasholm, 2001). Bu nedenle, düşük azot içeriğine sahip sistemlerde, bitkilerin azot alımının mikrobiyal mineralizasyonla açığa çıkan çözünmüş organik azotun (ÇON) amonyum ve nitrat formlarına oksidasyonu ile sınırlı olduğu varsayılmıştır (Chapin, 1995; Hill vd., 2011b).

Ancak bazı çalışmalarda bitkilere verilen inorganik N bitkilerin azot ihtiyacını karşılamada yetersiz kalmıştır (Jones vd., 2005b; Näsholm vd., 2009). Son yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda, polimerlerin mikrobiyal hücre dışı enzimler tarafından parçalanması sonucunda ortaya çıkan organik azotun bir kısmı doğrudan bitkiler tarafından alınmaktadır (Schimel ve Bennett, 2004; Jones vd., 2005; Zhang vd., 2017; Noll vd., 2019). Protein depolimerizasyonu, toprak N döngüsünün en kısıtlayıcı aşaması olarak kabul edilmektedir (Schimel ve Bennett, 2004). Toprak azotunun büyük bir kısmı proteinlere bağlıdır, yalnızca hücre dışı enzimler tarafından depolimerizasyondan sonra bitkiler ve

mikroorganizmalar tarafından kullanılabilir (Jones ve Kielland, 2002). Protein depolimerizasyonu (amino asitler) yoluyla kullanılabilir hale gelen azot, toprak mikroorganizmaları tarafından hızla alınır (Jones ve Kielland, 2002; Kielland vd., 2007; Farrell vd., 2013) ve yeni biyokütle üretiminde kullanılmaktadır (Şekil 3). Azot alımı mikrobiyal N ihtiyacını aşarsa, mikroorganizmalar fazla N'yi amonyum olarak salar (N mineralizasyonu), bu da nitrifikasyon için substrat görevi görmektedir (Schimel ve Bennett, 2004). Protein depolimerizasyonu, N mineralizasyonu ve nitrifikasyon arasındaki denge, mikrobiyal N sınırlamasının derecesini yansıtmaktadır.



Şekil 3. Bitki kökleri tarafından inorganik ve organik kaynakların alınması (Hill vd., 2011a).

Geleneksel N döngüsüne göre, mineral N, bitkiler tarafından emilen birincil N formudur (Schimel ve Bennett, 2004). Ancak son çalışmalar, çeşitli ekosistemlerdeki birçok bitki türünün, mikorizal tiplerine rağmen, özellikle topraktan amino asitler olmak üzere, çözünür organik N'yi doğrudan alabildiğini göstermiştir (Jones vd., 2005; Nasholm vd., 2009). Bu ekosistemler arasında arktik tundra (Chapin vd., 1993; Schimel ve Chapin, 1996), boreal orman (Nasholm vd., 1998; Nordin vd., 2001; Persson vd., 2003; Kielland vd., 2006), alpin çayır (Lipson vd., 1999a; Raab vd., 1999), ılıman çayır (Harrison vd., 2007; Streeter vd., 2000; Weigelt vd., 2005) bulunmaktadır. Bu bölgelerin çoğunda, yüksek rakım ve düşük sıcaklık koşulları, toprak organik maddesinin mikrobiyal ayrışmasını ve N mineralizasyonu önemli ölçüde yavaşlatır. Sonuç olarak, bitki büyümesi sınırlı kalmakta ve mevcut inorganik

azot formları bitkilerin toplam azot ihtiyacını karşılamada yetersiz olmaktadır (Raab vd., 1999). Bu bağlamda, bitkiler azot ihtiyaçlarını karşılamak üzere organik azot bileşiklerine, özellikle amino asitlere yönelmektedir.

Çözünmüş organik azot, 0.45 µm filtreden geçen maddeler olarak tanımlanan çözünmüş organik maddenin (ÇOM) bir parçasıdır (Thurman, 1985). Ekosistemlerin azot döngüsünde önemli bir bileşen olan çözünmüş organik azot (ÇON); bitki büyümesi, mikrobiyal metabolizma ve topraklardaki azot taşınımı açısından büyük önem taşımaktadır. ÇON'un bulunabilirliği ve biyolojik olarak parçalanabilirliği, bu süreçlerin işleyişinde belirleyici rol oynamaktadır (Schmidt vd., 2011). Çözünmüş organik azot, özellikle düşük N birikimine sahip orman topraklarının N döngüsünde önemli bir rol oynamaktadır (Perakis ve Hedin, 2002). Genellikle çözültideki baskın N formunu temsil etmektedir (Van Breemen, 2002; Park ve Matzner, 2006). Çözünmüş organik N esas olarak serbest amino asitler, peptitler ve proteinler, amidler, heterosiklik bileşikler, nükleik asit bazları ve amino şekerlerden oluşur ve ÇON'un büyük çoğunluğu hidrofiliktir (Qualls ve Haines, 1991; Westerhoff ve Mash, 2002; Yu vd., 2002). Yapılan çalışmalar sonucunda, ÇON'un büyük bir kısmı (%78'e kadar) amino asitlerden oluşmakta ve bunların çoğunluğunu proteinler oluşturmaktadır. ÇON'daki toplam amino asitlerin yalnızca küçük bir kısmı (%5'ten az) serbest formdadır. Diğer bileşikler arasında amidler (%20) ve pirol, pirolidin, piridin, pirin ve pirazol gibi heterosiklik bileşikler (%25) yer almaktadır (Westerhoff ve Mash, 2002; Yu vd., 2002). Toprak azot döngüsünde önemli bir havuz, bitkiler için doğrudan bir N kaynağı ve besin değeri azalmış topraklardaki baskın kullanılabilir N formu olarak giderek daha fazla kabul görmektedir (Delgado-Baquerizo vd., 2011; Hill vd., 2011a; Soper vd., 2011). Ayrıca ÇON'un, toprak C tutulumu üzerinde de önemli bir etkisi bulunmaktadır (Knicker, 2011).

Yükselti, yerel sıcaklık ve yağış rejimlerini belirleyerek çözünmüş organik azotun biyolojik üretimi, taşınımı ve birikimi üzerinde dolaylı fakat belirleyici bir rol oynamaktadır. Yükseltinin artmasıyla birlikte sıcaklık düşer, dolayısıyla mikrobiyal ayrışma ve organik azotun mineralizasyonu yavaşlar, böylece organik azot birikimi artar (Jiang vd., 2021). Aynı zamanda, yüksek rakımlarda artan yağış miktarı, birincil üretkenliği destekleyerek ölü örtü birikimini ve kök kaynaklı karbon sızıntısını artırmakta; bu da çözünmüş organik azotun temel öncüllerinin toprak sistemine girişini teşvik etmektedir (Shedayi vd., 2016). Bitki örtüsü çeşitleri, ölü örtü ve kök kalıntılarının miktarını ve kimyasal kalitesini, ayrıca nemlenme ve mikrobiyal dönüşüm hızını değiştirerek organik azot seviyelerini daha da etkilemektedir (Zhou vd., 2015; Liu vd., 2022). Ana materyaller, farklı mineral bileşimleri

aracılığıyla toprağın adsorpsiyon kapasitesini kontrol ederek, organik N'nin tutulmasını ve dönüşümünü etkilemektedir (Rani, 2021).

Çözünmüş organik N, kuru ve ıslak birikim, kök ve mikrobiyal sızıntılar, ölü örtü dökülmesi, kök ve organizmaların dönüşümü ile toprağa eklenen organik gübreler gibi çeşitli kaynaklardan üretilebilmektedir (Kalbitz vd., 2000). ÇON, amino şekerler, amino asitler, üre ve purinler gibi düşük molekül ağırlıklı bileşiklerden; proteinler, DNA ve klorofil gibi yüksek molekül ağırlıklı kompleks organik yapı taşlarına kadar çeşitlilik göstermektedir (Antia vd., 1991). Çoğu ÇON toprağa protein ve peptitler şeklinde polimerler olarak girer, ancak amino asitler gibi monomer birimleri olarak bulunurlar (Jones vd., 2004a). Mikorizal birliktelikleri olan veya olmayan birçok bitki türü, özellikle azotun sınırlı olduğu ekosistemlerde, çözünmüş organik azotu doğrudan alabilmektedirler (Nasholm vd., 2009; Rothstein, 2014; Ichihashi vd., 2020; Farzadfar vd., 2021). Bazı çalışmalara göre, amino asitlerin emilim hızı, çözünmüş inorganik azot formlarının emilim hızına eşit ya da onlardan daha yüksek olabilmektedir (Kielland, 1994; Persson vd., 2003). Bu nedenle, bu tür ekosistemlerdeki bitkilerin azot ihtiyaçlarını karşılamak için mikroorganizmalar tarafından ÇON'un ÇIN'e mineralizasyonuna güvenmelerine gerek yoktur.

Orman topraklarındaki organik azotun kimyasal bileşimi ağaç türlerine ve ayrışma derecesine göre değişebilmektedir (Kuiters ve Denneman, 1987; Hobbie, 1996; Gallet ve Keller, 1999; Suominen vd., 2003; Wardle vd., 2003; Don ve Kalbitz, 2005). Yapraklı ağaçların ölü örtüsünde şekerler, amino asitler ve alifatik asitler gibi daha kolay parçalanabilen hidrofilik bileşikler bulunurken (Hongve vd., 2000), iğne yapraklı ağaçlarda daha yüksek tanen ve diğer fenolik konsantrasyonlar bulunmaktadır (Gallet ve Lebreton, 1995; Kraus vd., 2004). Bu kimyasal farklılıklar, farklı substratlar arasında ayrışma oranlarında farklılıklara yol açmaktadır. Biyolojik bozunma sırasında suda çözünen bileşiklerin konsantrasyonları azalırken, yavaş ayrışan bileşiklerin konsantrasyonları artmaktadır (Berg, 2000; McTiernan vd., 2003). Orman tabanının katmanları ayrışmanın farklı aşamalarını temsil ettiğinden, suda çözünebilen bileşiklerin konsantrasyonları da organik katmanlarda derinliğe bağlı olarak azalmaktadır (Qualls ve Haines, 1992; Fröberg vd., 2003). En büyük çözünmüş organik azot konsantrasyonları genellikle yağışta ve orman tabanı sızıntılarında görülür (Michalzik vd., 2001) ve genellikle biyotik ve abiyotik süreçler nedeniyle toprak derinliğiyle azalmaktadır (Möller vd., 2005; Schwendenmann ve Veldkamp, 2005; Jones vd., 2008).

Amino asitler, bir amin grubu, bir karboksilik asit grubu ve bir yan zincir içeren moleküllerdir (Tablo 1). Tüm amino asitler H, C, O ve N içerir, ancak S gibi başka elementler de içerebilirler. Yirmi amino asit, proteinlere kolaylıkla dahil edilir, bunlar standart amino asitler olarak adlandırılmaktadır (Kumar vd., 2017). Amino asitlerin toprak parçacıklarına adsorpsiyonu, bileşik üzerindeki yüke bağlıdır. Pozitif yüklü amino asitler, nötr amino asitlerden daha güçlü bağlanır ve bu da negatif yüklü olanlardan daha güçlü bir şekilde adsorbe edilmektedir (Jones ve Hodge, 1999).

Tablo 1. Proteinlerde bulunan ortak amino asitler (Taiz ve Zeiger, 2006)

Amino Asit	Kısaltılmış	Molekül Formülü	Özellik / Yan Zincir Özelliği
Alanin	Ala	C ₃ H ₇ NO ₂	Küçük, apolar
Arginin	Arg	C ₆ H ₁₄ N ₄ O ₂	Bazik, pozitif yüklü
Asparagin	Asn	C ₄ H ₈ N ₂ O ₃	Polar, amid grubu
Aspartik asit	Asp	C ₄ H ₇ NO ₄	Asidik, negatif yüklü
Sistein	Cys	C ₃ H ₇ NO ₂ S	Polar, kükürt içerir
Glutamin	Gln	C ₅ H ₁₀ N ₂ O ₃	Polar, amid grubu
Glutamik asit	Glu	C ₅ H ₉ NO ₄	Asidik, negatif yüklü
Glisin	Gly	C ₂ H ₅ NO ₂	Polar, en küçük amino asit
Histidin	His	C ₆ H ₉ N ₃ O ₂	Bazik, imidazol halkası
İzolösin	Ile	C ₆ H ₁₃ NO ₂	Hidrofobik, dallı zincir
Lösin	Leu	C ₆ H ₁₃ NO ₂	Hidrofobik, dallı zincir
Lizin	Lys	C ₆ H ₁₄ N ₂ O ₂	Bazik, pozitif yüklü
Metiyonin	Met	C ₅ H ₁₁ NO ₂ S	Hidrofobik, kükürt içerir
Fenilalanin	Phe	C ₉ H ₁₁ NO ₂	Aromatik, hidrofobik
Prolin	Pro	C ₅ H ₉ NO ₂	Halkalı yapı, heliks kırıcı
Serin	Ser	C ₃ H ₇ NO ₃	Polar, hidroksil içerir
Treonin	Thr	C ₄ H ₉ NO ₃	Polar, hidroksil içerir
Triptofan	Trp	C ₁₁ H ₁₂ N ₂ O ₂	Aromatik, büyük yan zincir
Tirozin	Tyr	C ₉ H ₁₁ NO ₃	Aromatik, hidroksil içerir
Valin	Val	C ₅ H ₁₁ NO ₂	Hidrofobik, dallı zincir

Bitkiler sahip oldukları moleküler kütle (Kielland, 1994; Harrison vd., 2007), N içeriği (Lipson vd., 1999; Bonde vd., 2001) ve yük özellikleri (Jones ve Hodge, 1999; Gonod vd., 2006) gibi içsel özelliklerine bağlı olarak, inorganik N formları ile çeşitli serbest amino asitleri farklı oranlarda alabilmektedir. Amino asitlerin moleküler ağırlıkları glisin için en düşük 75'ten triptofan için en yüksek 204'e kadar büyük ölçüde değişmektedir (McMurry, 1988). Düşük moleküler ağırlıklı amino asitlerin bitki alımı için daha elverişli olduğu (Kielland, 1994) ve düşük C içeriği nedeniyle mikrobiyal büyüme için potansiyel olarak zayıf bir substrat olduğu düşünülmektedir (Lipson vd., 1999). Küçük molekülü amino asitler daha az hacimsel kısıtlamaya maruz kaldıklarından toprak partiküllerine daha etkin bir şekilde bağlanabilmektedir. Daha büyük moleküler yapıya sahip amino asitler, artan sterik (molekülün hacimli yapısı nedeniyle yüzeye sığamaması) engel nedeniyle yüzeylere

daha zor tutunmakta, bu da onların adsorpsiyon kapasitesini sınırlamaktadır. Topraktaki serbest amino asitlerin içerdiği N miktarı, onların mineralizasyona ne kadar yatkın olduğunu belirlemektedir. Özellikle, C:N oranı düşük olan amino asitler toprakta daha kolay ve hızlı bir şekilde mineralize olmaktadır. Buna karşılık, C:N oranı yüksek olan amino asitler mineralizasyona daha az eğilimlidir (Bonde vd., 2001; Roberts vd., 2009). Birçok çalışma, pozitif yüklü amino asitlerin (lizin ve histidin) toprak katılarına güçlü bir şekilde tutunduğunu; nötr ve negatif yüklü amino asitlerin ise tutunamadığını göstermiştir (Kumari vd., 1987; Jones ve Hodge, 1999; Gonod vd., 2006).

Bitkinin organik azot ile beslenmesi kavramı, büyük ölçüde amino asit çalışmalarına dayanmaktadır. Bu nedenle, amino asit azot birçok durumda organik azot ile eşanlamı olarak kullanılmaktadır (Noll vd., 2019). Bitkinin toplam azot alımının yaklaşık % 15.7-47.3'ünü amino asitlerden sağladığı bildirilmiştir (Cao vd., 2013). Alpin (Xu vd., 2006, 2011) ve boreal (Kielland vd., 2006; Leduc ve Rothstein, 2010; Zhang vd., 2015) gibi sıcaklığın düşük toprak neminin yüksek olduğu ekosistemlerde, ölü örtü girdisindeki farklılıklar, topraktaki çözünme ve donma olayları, kök salgısı ve mikrobiyal varlıktaki değişimler nedeniyle amino asit azot üretim oranları azot mineralizasyonundan çok daha yüksek olduğu görünmektedir (Warren, 2006). Kuzey ormanlarındaki amino asitlerin, özellikle mineral N'nin bitkiler için yeterli olmadığı yüksek rakımlarda ve yüksek enlemlerde N döngüsünde önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir (Fischer vd., 2010). ÇON'un kaynağı olan başlıca amino asitler (AA): alanin, arginin, aspartik asit, glutamik asit, glisin, histidin, izolösin, lösin, lisin, fenilalanin, prolin, serin, treonin, tirosin ve valindir (Öhlund ve Nasholm, 2001; Weigelt vd., 2005). Aspartik asit, alanin ve glisin, yüksek bölge ekosistemlerinde yaygın amino asitlerdir (Henry ve Jefferies 2002; Werdin, 2006). Yapılan çalışmalar, toprak amino asit havuzuna, alanin, asparagin, aspartik asit, glutamin, glutamik asit ve histidin dahil olmak üzere az sayıda (genellikle 6) amino asidin hakim olduğunu göstermektedir (Werdin vd., 2009; Warren ve Taranto, 2010; Warren, 2012). Arginin, toprak pH'ında pozitif yüklü olması, yüksek N içeriğine sahip olması, toprakta bol miktarda bulunması nedeniyle, boreal ile ılıman orman ağaçları tarafından hızlı bir biçimde alınabilmektedir (Öhlund ve Nasholm, 2001; Persson ve Nasholm, 2001).

Toprak amino asitleri genellikle bitkiler için önemli bir nitrojen kaynağıdır. Artan atmosferik CO₂ seviyeleri dahil olmak üzere beklenen küresel değişiklikler, topraktaki bu azot kaynağının bitki ve mikrobiyal üretimini ve tüketimini değiştirme potansiyeline sahiptir (Zhang vd., 2017). Yüksek CO₂ ve ısınmanın nitrojen varlığı üzerindeki etkilerinin

anlaşılması, ekosistem yapısı ve işlevinin küresel değişime ne ölçüde tepki verebileceğini tahmin etmek açısından önemlidir (Rustad vd., 2001; Reich vd., 2006; Chen vd., 2015). Yapılan bazı çalışmalarda amino asit formundaki azotun, topraktaki inorganik nitrojen ile aynı düzeyde olduğu hatta daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu ifade edilmekte, aynı zamanda bitkiler için önemli bir azot kaynağı olarak belirtilmektedir (Schimel ve Bennett, 2004; Inselsbacher ve Nasholm, 2012). Bu nedenle, bitkilerin amino asit alımı, ekosistem işlevinde ve bitki örtüsü oluşumunda birincil faktör olma potansiyeline sahiptir (Warren, 2006).

Bitki için önemli bir azot kaynağı olan toprak amino asitlerinin, çevresel koşullar, zamansal değişim ve bileşimlerini kontrol eden mekanizmalar hakkında çok az şey bilinmektedir. Toprak amino asitlerinin üretim ve tüketim oranları, sıcaklık ve nemdeki farklılıklara karşı duyarlıdır ve muhtemelen diğer çevresel faktörlerdeki değişimlerden etkilenmektedir (Conant vd., 2011; Cheng vd., 2014; Chen vd., 2015). Ek olarak, iklimdeki değişiklikler, bitki verimliliğini ve ölü örtü girdisini, mevsimsel donma çözülme ve kurumayeniden ıslanma olayları, kök salgısı ve mikrobiyal aktivite (Read ve Perez, 2003) gibi toprak özelliklerini önemli ölçüde etkiler ve bu da toprak amino asit bileşimini büyük ölçüde etkilemektedir (Xiong vd., 2014). Arktik arazide (Weintraub ve Schimel, 2005) ve ılıman otlaklarda (Warren ve Taranto, 2010) bireysel amino asit miktarında zamansal değişimin etkisinin olduğu bildirilmektedir. Bu değişim yükseltiyle birlikte iklim elemanlarının toprak özellikleri üzerindeki etkilerini incelemek için kullanılmaktadır (Lemenih ve Itanna, 2004). Toprak amino asitleri, kuzey ekosistemlerinin önemli organik N kaynaklarıdır (Lipson ve Nasholm, 2001; Nasholm vd., 2009). Toprak serbest amino asit konsantrasyonunun, iğne yapraklı ormanlarda, yaprak döken ormandan daha yüksek olduğu ifade edilmektedir (Werdin vd., 2009). Kielland ve McFarland, (2006), iğne yapraklı ladin ormanlarının toprak çözeltisinde daha yüksek amino asit konsantrasyonlarına ve yaprağını döken ormanların toprak çözeltisinde daha fazla amonyum+nitrat oranına sahip olduğunu bulmuşlardır. İğne yapraklı Ladin ormanları tarafından amino asit alımı, amonyum alımından yaklaşık olarak 4 kat daha fazla bulunmuştur. Ilıman iğne yapraklı ağaçlandırmalar altında toprak çözeltisindeki çözünmüş organik karbon'un yalnızca % 44'ü ve ÇON'un % 47'si, toplam serbest amino asit azot, protein azotu ve toplam fenolik karbon açısından kimyasal olarak tanımlanabilir (Jones vd., 2008). Magthab, (2014), üst toprak ve alt toprak üzerine yaptığı çalışmada, karbon sınırlamasının düşük kök uzunluğu yoğunluğu ve düşük karbon girdisi oranlarından kaynaklanarak mikrobiyal süreçleri derinlemesine sınırladığını bildirmektedir.

Toprak derinliği arttıkça topraktaki karbon ve azot miktarı ve dolayısıyla amino asit miktarı azalmaktadır (Kantarcı, 2000). Bu tür bilgiler, bitki azot alımı için mevcut olan toprak amino asitlerinin formlarını ve miktarlarını aynı zamanda amino asit varlığının bitkilerin küresel iklim değişimine verdiği tepkilere nasıl aracılık ettiğini tahmin etmek için önemlidir (Williams ve Miller, 2001; Luo vd., 2004).

Guo ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, büyüme mevsimi dışında amino asitlerin subalpin bir ormandaki bitkiler tarafından alınan toplam azotun %33'ünü oluşturduğunu belirlemişlerdir. Amino asitlerin alımı ve dönüşümü, toprak mikrobiyal topluluğunun bileşimi ve çeşitliliği, bitki örtüsü, çevre koşulları ve toprak besin durumu dahil olmak üzere çok sayıda biyotik ve abiyotik faktör tarafından kontrol edilmektedir (Feng vd., 2018; Zhang vd., 2019a). Bu faktörler, arazi kullanımındaki değişikliklerden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenmektedir. Örneğin, meşcere tipindeki değişiklikler, organik madde girdisinin kimyasal kalitesindeki değişiklikler nedeniyle toprak organik azot havuzunu ve dönüşüm oranını etkilemektedir (Burton vd., 2007a; Yan vd., 2008; Zhang vd., 2017). Arazi kullanımındaki değişiklik, kesim ve saha hazırlığı yoluyla toprak koşullarını da bozabilir; bu da toprak mikrobiyal topluluğunu ve bunun sonucunda toprak N durumu üzerindeki bitki-toprak etkileşimlerini etkilemektedir (Burton vd., 2007b; Zhang vd., 2019b). Topraktaki amino asitler; hücre dışı enzimler tarafından toprak proteinlerinin ve peptitlerinin hidrolizi, bitki köklerinden eksüdasyon ve sızıntı, ölü örtü yıkanması ve ayrışması ve mikrobiyal atılım ve dönüşüm gibi birçok kaynaktan gelmektedir (Kielland, 1995, Lipson ve Nasholm, 2001, Nasholm ve Persson, 2001). Amino asitler genellikle toprak mikroorganizmaları ve bitki kökleri tarafından alınır (Lipson vd., 1999a; Bardgett vd., 2003; Harrison vd., 2007) ya da toprak koloidlerinin yüzeyine adsorbe olmaktadır (Jones ve Hodge, 1999).

Nitrat, gübrelerin yoğun olarak kullanıldığı tarım alanlarına yakın orman ekosistemlerinde başlıca N kaynağıdır (Rennenberg vd., 2009). Ancak amonyum, nitrifikasyonun sınırlı olduğu orman boreal ekosistemlerinde genellikle bulunan baskın inorganik azot formudur (Rennenberg vd., 2009; Canas vd., 2016). Toprak organik N havuzunun bileşimi ekosisteme bağlı olarak değişir ve serbest amino asitler, peptitler ve proteine bağlı amino asitler dahil olmak üzere çeşitli bileşiklerden oluşur (Lipson ve Nasholm, 2001; Andersson ve Berggren, 2005). Bu havuzun karmaşık bileşenleri, üre, amino asitler veya küçük peptitler gibi daha basit moleküllere işlenebilir ve bunlar, genellikle ektomikorizalarla simbiyoz halinde ağaç kökleri tarafından yakalanıp verimli bir

şekilde N kaynağı olarak kullanılmaktadır (Becquer vd., 2019). Aslında, serbest amino asitler, ağaçların beslenmesi için toprakta bulunan toplam organik N'nin %80'ine kadarını temsil etmektedirler (Inselsbacher ve Näsholm, 2012). Genel olarak, inorganik bir N kaynağının seçimi büyük ölçüde amonyum/nitrat oranına, iklim koşullarına ve orman ağaçlarının doğal yaşam alanlarına uyum sağlama stratejilerine bağlıdır (Chapin vd., 2011; Britto ve Kronzucker, 2013b; Canas vd., 2016). Bu tercih, bitkinin gelişim aşamasına veya fizyolojik durumuna bağlı olarak da değişebilmektedir (Daryanto vd., 2019). Ancak, diğer birçok bitkinin aksine, iğne yapraklılar inorganik ve organik N kaynakları olarak nitrat yerine amonyum ve amino asitleri tercih etmektedirler (Canovas vd., 2007; Gruffman vd., 2014; Valderrama-Martin vd., 2024). Ladin ağaçlarının nitrata kullanma yeteneği azalmıştır ve bu nedenle amonyumu tercih etmektedir (Clarke vd., 2003; Britto ve Kronzucker, 2013; Chen vd., 2022). Buna karşılık, birçok otsu bitki ve hızlı büyüyen ağaçlar, katyon-anyon dengelerini daha kolay kurmalarını sağlayan nitrata tercih etmektedir (Guo vd., 2007; Nacry vd., 2013). Ağaçlarda N alımı üzerine yapılan çalışmaların çoğu inorganik N alımına odaklanırken, odunsu bitkilerde amino asit taşıyıcılarının karakterizasyonu henüz erken aşamalarda bulunmaktadır (Castro-Rodriguez vd., 2017).

Azot, orman ekosistemlerinde ağaç büyümesini ve biyokütle üretimini belirleyen temel makro besindir (Canovas vd., 2018). Ancak orman topraklarındaki N bulunabilirliği genellikle son derece düşüktür ve bu da azotu ağaç büyümesi ve gelişimi için sınırlayıcı bir faktör haline getirmektedir. Orman verimliliği için belirleyici bir faktör olmasının yanı sıra N, endüstriyel faaliyetler ve aşırı gübre kullanımı nedeniyle bir kirletici de olabilmektedir (Hirt vd., 2023). Son yıllarda, küresel N döngüleri endüstriyel yanma süreçleri ve gübre uygulamaları gibi antropojenik faaliyetler tarafından önemli ölçüde değiştirilmiştir (Vitousek vd., 1997; Gruber ve Galloway, 2008). Artan atmosferik N birikimi daha yüksek nitrifikasyon oranlarına ve daha yüksek nitrat sızıntı kayıplarına neden olmuştur (Fenn vd., 1998; Gundersen vd., 1998). Azot miktarındaki bu artış karasal ekosistemdeki C ve N azot döngüsünü etkilemektedir (Jiang vd., 2010). Küresel olarak azotun bu kadar artması, biyolojik çeşitlilik, göl ve dere asidifikasyonu sonucu ekosistem üzerinde olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Asandei, 2014). Orman ekosistemleri, ortamdaki fazla azotun tutulmasında etkilidir (Templer vd., 2012; Fowler vd., 2013). Sonuç olarak, biyojeokimyasal çalışmalar çözünmüş inorganik azot dinamikleri, toprak N mineralizasyonu, nitrifikasyon, bitkilerin çözünmüş inorganik azot alımı ve NO_3^- kayıpları gibi süreçlere odaklanmıştır (Van Breemen vd., 2002). Ekosistemlerdeki küresel N

döngüsünün insan tarafından bozulması, küresel iklim değişikliğinin önemli bir faktörü olarak kabul edilmektedir (Fowler vd., 2015). N ekonomisi, uzun yaşam döngülerine sahip ve uzun yıllar boyunca tekrarlayan mevsimsel büyüme ve gelişme dönemleriyle karakterize edilen ağaç türlerinde özellikle önemlidir (Canovas vd., 2018).

Son yıllarda iklimin ısınması, değişen yağış düzenleri, atmosferik azot birikimi (Moreno-Garcia vd., 2024) ve çeşitli tarımsal yönetim uygulamaları (Li vd., 2019, Zhou vd., 2023) gibi insan kaynaklı küresel değişim faktörleri, karasal ekosistemleri giderek daha fazla etkilemektedir; bu etkiler genellikle önemli yollarla gerçekleşmektedir (Hu vd., 2022, Zuccarini vd., 2023). Bu bozulmalar, mikrobiyal aktiviteyi, organik madde ayrışmasını ve azot bulunabilirliğini değiştirerek organik azot dönüşümünü etkilemektedir. İklimin ısınması, mikroorganizmaların dengeyi korumak amacıyla mevcut karbonun ayrışmasını hızlandırmasına ve bunun sonucunda toprak organik azotunun birikmesine neden olmaktadır (Dai vd., 2020; Ren vd., 2025). Artan yağış, toprak organik azotun su kütlelerine sızmasını şiddetlendirebilirken, kuraklık mikrobiyal aktiviteyi sınırlayarak organik azot oluşumunu baskılamaktadır (Filep ve Rekasi, 2011; Han vd., 2022). Atmosferik azot birikimi, toprak azot girdilerini değiştirerek organik azot birikimini artırmaktadır (Treseder, 2008; Filep ve Rekasi, 2011). Azot ve organik gübrelerin uygulanması potansiyel azot arzını artırarak doğrudan toprak organik azot birikimini yükseltirken (Li vd., 2019; Abagandura vd., 2023), sıfır toprak işleme uygulamaları toprak bozulmasını azaltarak organik azot kaybını azaltmaya yardımcı olmaktadır (Li vd., 2019). Mikrobiyal C:N dengesi ve ayrışma geri bildirimlerinin bir aracı olarak organik azot ayrıca toprak karbon tutulumuna ve iklim-karbon etkileşimlerine de katkıda bulunmaktadır.

Beklenen iklim değişiklikleri, bitkiler için azot mevcudiyetini etkileyecektir. Atmosferik CO₂ konsantrasyonunun, içinde bulunduğumuz yüzyılın sonunda 790 ile 1.140 ppm arasına ulaşacağı ve küresel sıcaklıklarda 1.9-3.7°C artışa neden olacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2013). Atmosferik CO₂ yükseldikçe, artan biyotik hareketsizlik nedeniyle Azotun birincil üretim için daha sınırlayıcı hale geleceği tahmin edilmektedir (Luo vd., 2004). Deneysel çalışmalar, toprak inorganik Azot havuzlarının, yüksek atmosferik CO₂'ye tepki olarak karasal ekosistemlerde sıklıkla azaldığını doğrulamaktadır (Hungate vd., 1999; Zak vd., 2000; Dijkstra vd., 2010). Azot toprakta daha az bulunur hale geldikçe, bitkiler organik azot için mikroorganizmalarla giderek daha fazla rekabet edecek (Schimel ve Bennett 2004) ve böylece toprak amino asit havuzları azalacaktır. Bazı ekosistemlerde biyotik toprak amino asit alımında artışlar ve deneysel olarak yükseltilmiş atmosferik CO₂

altında amino asit havuzlarında düşüşler gözlenmektedir (Jin ve Evans 2010). Toprağın ısınması, azot içeren bileşiklerin ayrışmasını hızlandırarak toprak amino asit havuzlarını artırmaktadır (Sowden vd., 1977; Melillo vd., 2002), ancak ısınma ile birlikte bitki ve mikrobiyal amino asit tüketimindeki artışlar ters yönde etkilenmektedir (Jones 1999; Jin ve Evans, 2010). Yüksek CO₂ ve ısınma da doğrudan ve dolaylı olarak toprak nemini etkiler (Dai vd., 2004; Morgan vd., 2004), bu da amino asit üretimini ve tüketim oranlarını değiştirmektedir (Lipson ve Monson 1998, 2001). Toprak amino asit yapısının küresel değişimden nasıl etkileneceğinin belirlenmesi önemlidir çünkü bitkilerin amino asit alımı, amino asit formunun yanı sıra bitki türüne özgü alım kapasitesine bağlıdır (Raab vd., 1999). Toprak amino asit yapısındaki geleceğe yönelik değişimler, azotun bitkiler tarafından kullanılabilirliğini doğrudan etkileyerek, ekosistem düzeyinde bitki verimliliğini ve yapısını değiştirebilir.

Dünyadaki enerji tüketimi; nüfus artışı ve sanayi gelişmelerinin sonucuna bağlı olarak sürekli artmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, ihtiyaçları gidermek için kullanılan fosil yakıtların aşırı ve bilinçsizce tüketilmesi sonucunda oluşan karbondioksit (CO₂) ve diğer çevreye zararlı gazlar (metan, diazot oksit, vd.) çevre kirliliğinin yanı sıra sera etkisi oluşturarak küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır (Karayılmazlar vd., 2011; Solarin, 2020). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (BMİDÇS) 1. maddesinde, çevreye zararlı bu gazlar; doğal yada insan kaynaklı olup, atmosferdeki kızıl ötesi radyasyonu soğurup yeniden yayan gazlar olarak tanımlanmıştır. Karbondioksit (CO₂), diazot oksit (N₂O), metan (CH₄), ozon (O₃), su buharı (H₂O) atmosferdeki kızılötesi radyasyonu soğurup yeniden yadıkları için temel sera gazları olarak kabul edilmektedir (United Nations-UN, 1998).

Sera gazlarından olan ve küresel ısınmaya neden olan atmosferdeki diazot oksit (N₂O) konsantrasyonu son 30 yılda yaklaşık olarak 0.73±0.03 ppb yr⁻¹ artmıştır. 1750'den 2011 yılına kadar diazot oksit (N₂O) konsantrasyonu 271 ppb'den 324.2 ppb'ye yükselmiş ve bu süreçte yaklaşık %20 oranında artış kaydedilmiştir (Ciais vd., 2013). Atmosfere N₂O salınımı büyük ölçüde topraklar ve okyanuslarda gerçekleşen nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerinden kaynaklanmaktadır. Ancak, fosil yakıt kullanımı ve azotlu gübrelerin yoğun biçimde uygulanması gibi insan faaliyetleri nedeniyle son 150 yılda azot birikimi yaklaşık olarak 10 kat artmıştır (Hobbie, 2008; Jiao vd., 2012). Ayrıca, son on yıl içinde azot depolama kapasitesinin yükseldiği bildirilmektedir (Galloway vd., 2004). Antropojenik N₂O emisyonlarının ise özellikle son 20 yılda hızla arttığı görülmektedir. 2006

yılı verilerine göre küresel N₂O emisyonları 6.9 Tg N (N₂O) yr⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Ciais vd., 2013). İnsan kaynaklı N₂O salınımlarında en büyük pay tarımsal gübreleme uygulamalarına aittir ve yılda 1.7 ile 4.8 Tg N (N₂O) yr⁻¹ atmosfere karışmaktadır. Fosil yakıtların yakılması ve sanayi faaliyetleri sırasında yıllık 0.2-1.8 Tg N (N₂O) yr⁻¹, biyokütle yanması (biyoyakıtlar dahil) sonucunda 0.2-1.0 Tg N (N₂O) yr⁻¹ ve arazi kaynaklı emisyonlar sonucunda ise 0.4-1.3 Tg N (N₂O) yr⁻¹ değerleri arasında değiştiği farklı çalışmalarda benzer şekilde rapor edilmiştir (Ciais vd., 2013).

Azot birikimi, atmosferden Dünya yüzeyine reaktif azot girişi olarak tanımlanmaktadır (IPCC, 2013). Azot birikimine en çok azot oksit ve amonyak (NH₃) emisyonları neden olmaktadır. Karasal ekosistemlerde insan faaliyetleri tarafından reaktif azot üretilmekte ve ekosistemlere teslim edilmektedir (Asandei, 2014). Reaktif azotun üç ana antropojenik kaynağı vardır. Bunlar; (1) bakliyat ve diğer mahsullerin yetiştirilmesi, (2), N₂den NH₃ yapmak, (3) fosil yakıtların yanmasıdır (IPCC, 2013). Atmosferik N birikiminin artması, tarım ve orman topraklarını asitleştirerek, besin maddelerinin ve organik maddenin (OM) tükenmesine neden olmaktadır. Artan N birikiminin ekosistemler üzerindeki olası etkilerini belirlemek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (Thornton vd., 2009).

Doğu Ladini [*Picea orientalis* (L.) Peterm.], Kafkasya ile Kuzeydoğu Anadolu arasında, 40° 23'–43° 50' enlemleri ve 37° 40'–44° 13' boylamları arasında doğal olarak yayılmaktadır (Kayacık, 1960). Türkiye'de doğuda Gürcistan sınırından başlayıp batıda Ordu ili yakınlarındaki Melet Irmağı'na kadar uzanan bir alanda bulunur (Anşin, 2001). Ülkemizde toplam orman alanının %1,60'ına karşılık gelen yaklaşık 365.845 hektarlık sahada yer almaktadır (OGM, 2020). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ise, orman yetişme alanlarının yaklaşık beşte biri ve toplam ormanlık alanın üçte biri ladin ya da ladin karışık ormanlarla kaplıdır (Eroğlu vd., 2005). Ekolojik gereksinimleri bakımından Doğu Ladini, yüksek nem oranı, düzenli yağış rejimi, sisli ve su açığı bulunmayan iklim koşullarında optimum gelişim göstermektedir. Bu özellikleri nedeniyle daha çok kuzeye bakan yamaçlarda saf meşcereler halinde bulunurken, bazı bölgelerde Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve Doğu Göknaarı (*Abies nordmanniana*) ile karışık orman toplulukları da oluşturmaktadır (Atalay, 1983). Yükselti dağılımı açısından bakıldığında, saf ladin ormanları genellikle 900 m'den itibaren görülmekte ve uygun koşullarda 1500–1650 m'lere kadar çıkabilmektedir. Bununla birlikte, türün yayılış gösterdiği sahaların çoğunlukla dik ve sarp araziler üzerinde bulunması, yıl boyunca yüksek yağış alması ve erozyon riski, ormancılık faaliyetlerinin uygulanmasını güçleştirmektedir. Ayrıca, kırsal alanlardaki yakacak odun talebi, tarla açma,

aşırı otlatma ve plansız kesim gibi antropojen baskılar da Doğu Ladini ormanlarının sürdürülebilirliği üzerinde tehdit oluşturmaktadır (Anonim, 2008).

Ormanlar tarafından depolanan Küresel karbonun yaklaşık yarısı, büyük ölçüde ladin gibi iğne yapraklı türlerin baskın olduğu boreal ormanlarda depolanmaktadır (Tüfekçioğlu, 2008; Stendahl vd., 2010). Bu ormanların, Türkiye'deki ladin ormanlarıyla büyük ölçüde benzer özellikler taşıdığı belirtilmektedir (Tüfekçioğlu, 2008; Tüfekçioğlu vd., 2008). Ladin ormanları ile boreal ormanlar, özellikle yaklaşık 2000 m yükseltilerde yıllık ortalama 5 °C sıcaklık değerlerinin gözlenmesi ve toprak yüzeyinde 5–10 cm kalınlığında ham humus birikimi göstermesi bakımından ortak özellikler taşımaktadırlar (Tüfekçioğlu, 2008).

Sıcaklık artışı ve yağış azalması, ladin ekosistemlerinde böcek salgınları ve büyüme ve artımın azalması gibi olumsuz etkilere yol açmaktadır. Küresel ısınmanın devam etmesi durumunda, ladin zonunun yukarı çekilmesi, ağaç sınırlarının değişmesi, orman yangınları ve böcek zararlarının artması, büyüme ve artımın azalması ve tür karışımının değişmesi beklenmektedir. Ayrıca, düşük toprak sıcaklığı, yüksek nem, yüksek organik madde içeriği ve düşük pH, mineralizasyon oranını düşürmekte ve amonyumun baskın olmasına neden olmaktadır (Klingensmith ve Van Cleve, 1993). Böylece, Ladin ormanlarının özellikle mineral N'nin bitkiler için yeterli olmadığı yüksek rakımlarda ve yüksek enlemlerde N döngüsünde amino asitlerin önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir (Fischer vd., 2010). Ülkemizde, küresel iklim değişiminin ladin ekosistemleri üzerine etkilerini inceleyen çalışmaların sınırlı olması, bu alanda daha fazla araştırma yapılmasını gerekli kılmaktadır (Tüfekçioğlu, 2008; Tüfekçioğlu vd., 2008).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

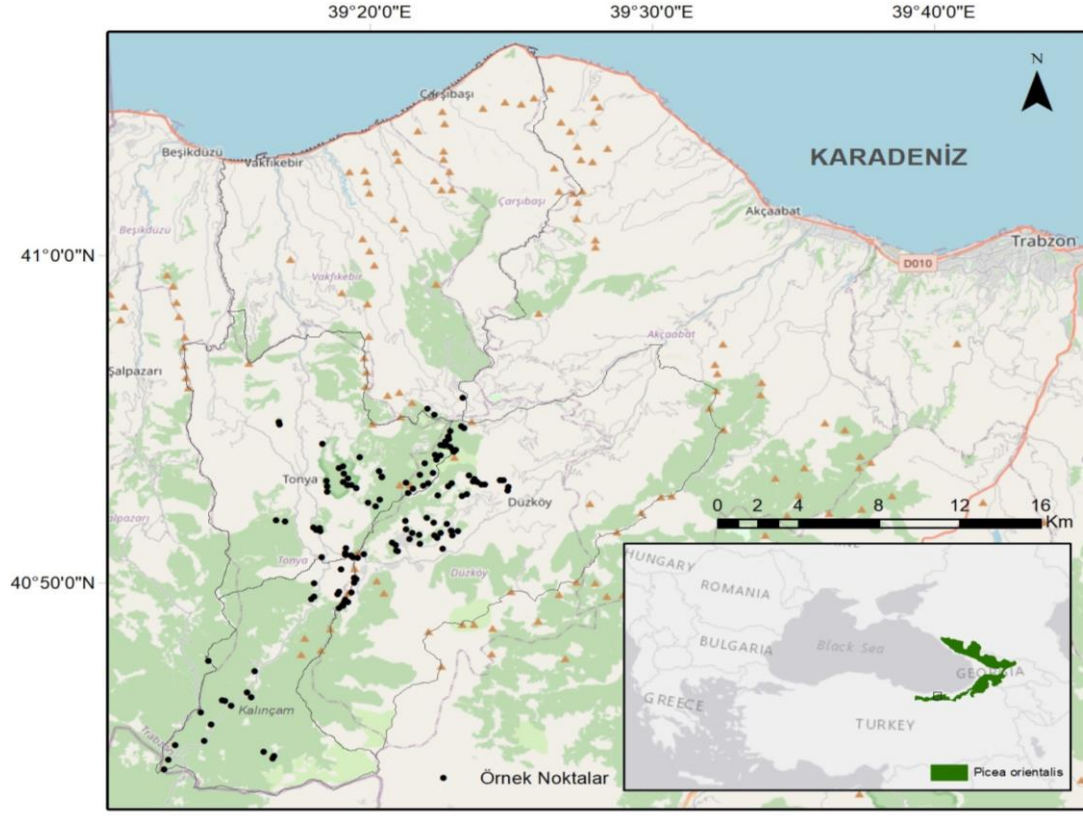
Araştırma materyalini 1/25000 ölçekli topografik haritalar, anakaya haritaları ve amenajman planları oluşturmuştur. Ayrıca aynı kapalılık, farklı yükselti, bonitet ve meşcere tipleri altındaki 133 adet örnek alandan alınan 1330 adet toprak örneği (399 adet bozulmuş, 399 adet bozulmamış, 399 adet mineral azot ve 133 adet aminoasit), 532 adet ölü örtü örneği ve 532 adet kök silindiri örneği arazide toplanan materyalleri oluşturmaktadır. Bunlara ek olarak her bir örnek alandaki ağaçlarda ölçülen çap değerleri, 532 adet ağaçta ölçülen yaş ve boy ölçüm değerleri araziden toplanan diğer materyalleri oluşturmaktadır.

2.2. Araştırma Alanının Genel Tanıtımı

2.2.1. Mevki

İdari yönden araştırma alanı Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Trabzon Orman İşletme Müdürlüğü, Tonya, Kalınçam ve Düzköy Orman İşletme Şeflikleri sınırları içerisinde bulunmaktadır. Araştırma alanı olan Tonya ve Kalınçam Orman İşletme Şefliği sınırları Ekvator'a göre 39° 15' 29" - 39° 16' 36" kuzey enlemleri ile Greenwich'e göre; 40° 54' 55" - 40° 44' 13" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Düzköy Orman İşletme Şefliği sınırı ise Ekvatora göre; 40° 44' 46" - 40° 57' 13" kuzey enlemleri Greenwich'e göre; 39° 20' 5" - 39° 30' 06" doğu boylamları arasında yer alır.

Örneklemenin yapıldığı alanların yükseltisi 800-1870 m'ler arasında değişmektedir. Arazi çalışmaları sonucunda her bir örnek alana ait yerel mevki özellikleri belirlenmiştir. Her bir örnek alana ait yerel mevki özellikleri Ek Tablo 1'de verilmiştir. Çalışma alanının konumu ve sınırları, çalışma alanından görünüm Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4. Araştırma alanının genel görünümü ve örnek alanlar



Şekil 5. Çalışma alanındaki Doğu Ladini sahalarından görünüm

2.2.2. İklim Özellikleri

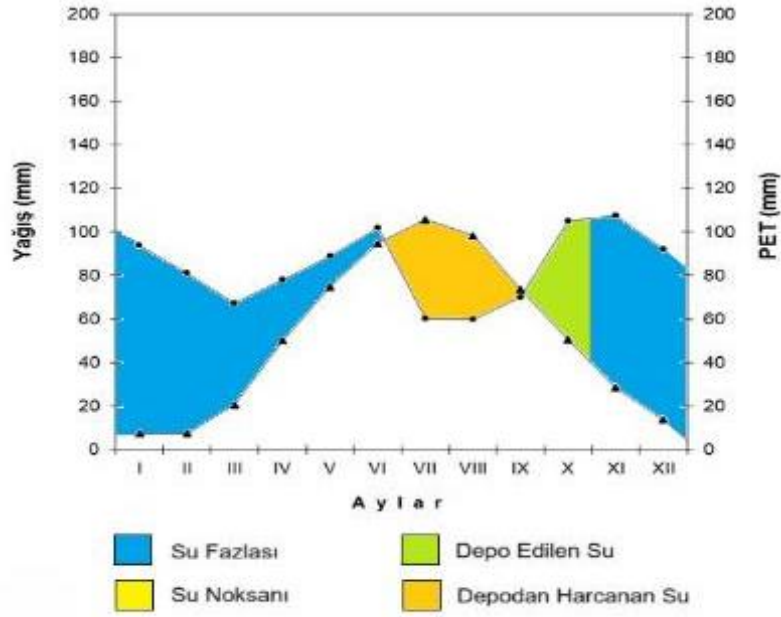
Trabzon ilinde Karadeniz İklimi hakimdir. Karadeniz iklimi, düzenli yağış alan, ılıman ve nemli bir iklim tipidir. Trabzon'nun batısında yer alan Düzköy ve Tonya ilçeleri, Karadeniz Bölgesi'nin iklim özelliklerini sergilemekle birlikte, iç kesimlerde bulunmaları nedeniyle bazı mikroklimatik farklılıklar göstermektedir. Düzköy ve Tonya ilçeleri, dağlık alanlarda bulunduklarından dolayı, yaz ayları serin, kış ayları ise ılıman geçmekte olup, ancak bazen don olayları yaşanmaktadır. Bu ilçeler de, özellikle denizden gelen nemin dağlık alanlarda yoğunlaşması sonucunda yağış miktarları kıyıya oranla daha fazladır. Bu nedenle özellikle yaz aylarının büyük bir bölümü sisli geçmektedir. Yaz aylarında ortalama sıcaklık 20 derece, kış aylarında 6-7 derece civarındadır.

Çalışmada, Tonya (1976-1995), Tonya-Kalınçam (2012-2024), Düzköy (2012-2024), Düzköy-Çal Köyü (2018-2024) meteoroloji istasyonlarına ait yıllık yağış (ortalama) ve yıllık sıcaklık (maksimum ve ortalama) verileri kullanılarak Thornthwaite iklim analizi yapılmıştır.

Thornthwaite iklim analizine göre, Tonya yöresi araştırma alanının iklim tipi “B3 B'1 r a” sembolü ile ifade edilen “Nemli, orta sıcaklıkta (Mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, okyanus (deniz) iklimine yakın iklim” olarak belirlenmiştir (Thornthwaite, 1948) (Şekil 6).

Tablo 2. Tonya Meteoroloji İstasyonuna ait Su Bilançosu Değerleri (900 m)

İklim Ölçmeleri	AYLAR												Büyüme Dönemi		Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İç	Dış	
Sıcaklık °C	2.2	2.2	4.6	9.7	12.6	15.5	17.0	16.9	14.7	11.2	7.6	4.0			9.9
Sıcaklık İndisi	0.3	0.3	0.9	2.7	4.1	5.5	6.4	6.3	5.1	3.4	1.9	0.7			37.6
Düzeltilmiş PET	7.4	7.4	20.6	50.1	74.8	94.8	105.7	98.2	73.7	50.5	28.5	13.7	497.7	127.7	625.4
Yağış (mm)	93.8	81.3	67.1	77.9	88.9	101.7	60.4	59.7	70.0	104.9	107.5	92.2	485.5	519.8	1005.3
Depo Değişikliği	-	-	-	-	-	-	-25.7	-26.1	-1.8	50.4	3.3	-			
Depolama	100	100	100	100	100	100	74.3	48.2	46.4	96.7	100	100			100
GET	9.2	8.7	21.4	45.1	62.5	76.1	86.1	85.8	71.8	54.5	34.7	17.8	436.9	137.0	573.9
Su Noksanı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0
Su Fazlası	84.5	72.6	45.7	32.8	26.3	25.6	-	-	-	-	69.5	74.3	51.9	379.5	431.4
Yüzeysel Akış 1	79.4	78.6	59.1	39.3	29.6	25.9	12.8	-	-	-	34.8	71.9	68.3	363.1	431.4
Yüzeysel Akış 2	69.8	71.2	58.4	45.6	36.0	30.8	15.4	7.7	3.8	1.9	35.7	55.0	0.0	431.4	431.4
Nemlilik Oranı	11.6	10.0	2.3	0.6	0.2	0.1	-0.4	-0.4	0.0	1.1	2.8	5.7			
Kuraklık İndisi						26.7	30.7	36.2	36.1	30.4	25.5				15.5

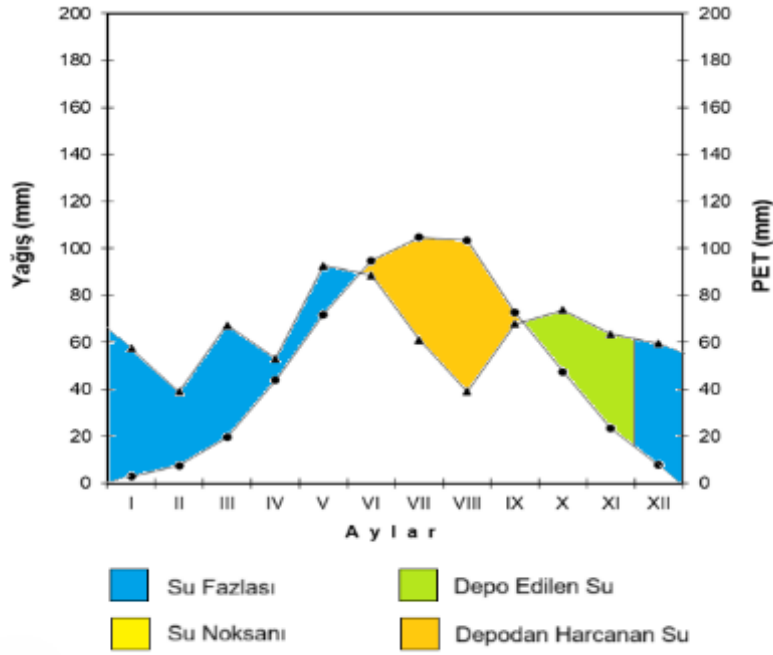


Şekil 6. Tonya yöresi Thornthwaite grafiği (900 m)

Thornthwaite iklim analizine göre, Tonya-Kalınçam yöresi araştırma alanının iklim tipi “B1 C'2 r a” sembolü ile ifade edilen “Nemli, düşük sıcaklıkta (Mikrotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, okyanus (deniz) iklimine yakın iklim” olarak belirlenmiştir (Thornthwaite, 1948) (Şekil 7).

Tablo 3. Tonya-Kalınçam Meteoroloji İstasyonuna ait Su Bilançosu Değerleri (1100 m)

İklim Ölçmeleri	AYLAR												Büyüme Dönemi		Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık °C	0.8	2.0	4.0	8.1	11.7	15.1	16.5	17.4	14.1	10.1	5.9	2.1			9.0
Sıcaklık İndisi	0.1	0.2	0.7	2.1	3.6	5.3	6.1	6.6	4.8	2.9	1.3	0.3			34.0
Düzeltilmiş PET	3.0	7.7	19.5	43.8	71.9	94.9	104.7	103.6	72.7	47.5	23.4	7.8	495.3	105.1	600.4
Yağış (mm)	57.4	39.0	67.3	53.1	92.7	88.6	61.2	39.1	67.9	73.7	63.6	59.6	423.2	340.0	763.2
Depo Değişikliği	-	-	-	-	-	-	-24.1	-51.5	-2.9	22.6	31.9	24.0			
Depolama	100	100	100	100	100	100	75.9	24.4	21.5	44.1	76.0	100			100
GET	3.9	8.7	19.4	39.5	59.8	75.3	85.3	90.5	70.9	51.1	31.7	11.0	432.9	114.2	547.1
Su Noksanı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0
Su Fazlası	53.6	30.3	47.9	13.6	32.9	13.2	-	-	-	-	-	24.5	46.2	169.9	216.1
Yüzeysel Akış 1	39.1	41.9	39.1	30.8	23.3	23.1	6.6	-	-	-	-	12.3	53.0	163.1	216.1
Yüzeysel Akış 2	33.1	31.7	39.8	26.7	29.8	21.5	10.8	5.4	2.7	1.3	0.7	12.6	0.0	216.1	216.1
Nemlilik Oranı	18.4	4.1	2.5	0.2	0.3	-0.1	-0.4	-0.6	-0.1	0.6	1.7	6.7			
Kuraklık İndisi					25.2	31.7	32.7	36.7	28.7	23.9					14.9

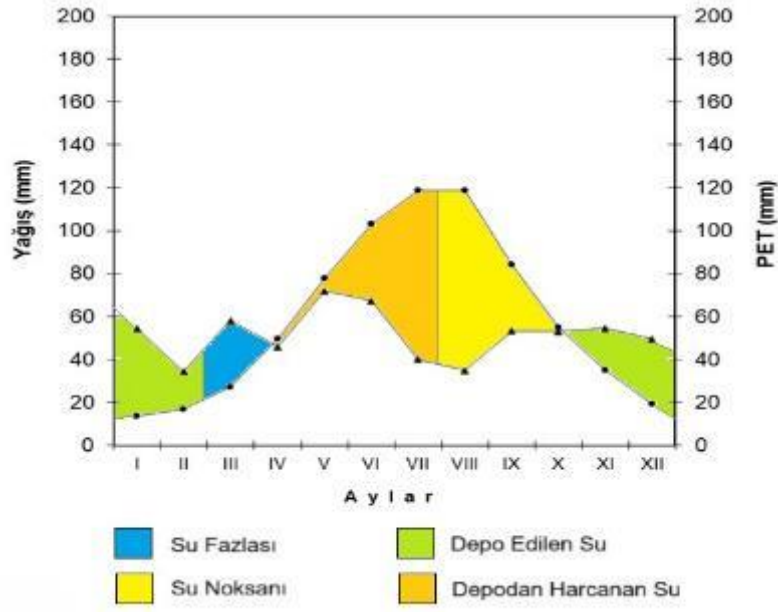


Şekil 7. Tonya-Kalınçam yöresi Thorntwaite grafiği (1100 m)

Thorntwaite iklim analizine göre, Düzköy yöresi araştırma alanının iklim tipi “C1 B’1 d a” sembolü ile ifade edilen “Yarı nemli-yarı kurak, orta sıcaklıkta (Mezotermal), su fazlası yok veya pek az olan, okyanus (deniz) iklimine yakın iklim” olarak belirlenmiştir (Thorntwaite, 1948) (Şekil 8).

Tablo 4. Düzköy Meteoroloji İstasyonuna ait Su Bilançosu Değerleri (622 m)

İklim Ölçmeleri	AYLAR												Büyüme Dönemi		Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık °C	5.6	6.5	7.9	11.7	15.0	18.3	20.2	21.2	18.2	14.1	11.3	7.4			13.1
Sıcaklık İndisi	1.2	1.5	2.0	3.6	5.3	7.1	8.3	8.9	7.1	4.8	3.4	1.8			55.0
Düzeltilmiş PET	13.7	16.7	26.9	49.5	77.8	103.1	118.7	118.6	84.2	55.0	35.1	19.2	641.9	76.4	718.3
Yağış (mm)	54.5	34.3	58.0	46.0	71.9	67.4	40.1	34.9	53.2	53.0	54.4	49.5	420.8	196.3	617.1
Depo Değişikliği	37.4	15.5	11.0	-	-	-14.9	-56.8	-28.3	-	-	11.6	24.5			
Depolama	73.5	89.0	100	100	100	85.1	28.3	-	-	-	11.6	36.1			100.0
GET	17.1	18.7	27.3	45.0	64.9	82.2	96.9	63.2	53.2	53.0	42.8	25.0	501.1	88.2	589.3
Su Noksanı	-	-	-	-	-	-	-	39.2	29.3	6.7	-	-	75.2	0.0	75.2
Su Fazlası	-	-	19.7	1.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	8.1	19.7	27.8
Yüzeysel Akış 1	-	-	9.8	10.4	4.0	3.5	-	-	-	-	-	-	17.9	9.8	27.8
Yüzeysel Akış 2	0.0	0.0	9.9	5.4	6.2	3.1	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	27.8	27.8
Nemlilik Oranı	3.0	1.1	1.2	-0.1	-0.1	-0.3	-0.7	-0.7	-0.4	0.0	0.6	1.6			
Kuraklık İndisi				18.9	26.7	33.9	37.4	25.9	20.1	22.5	21.9				17.3

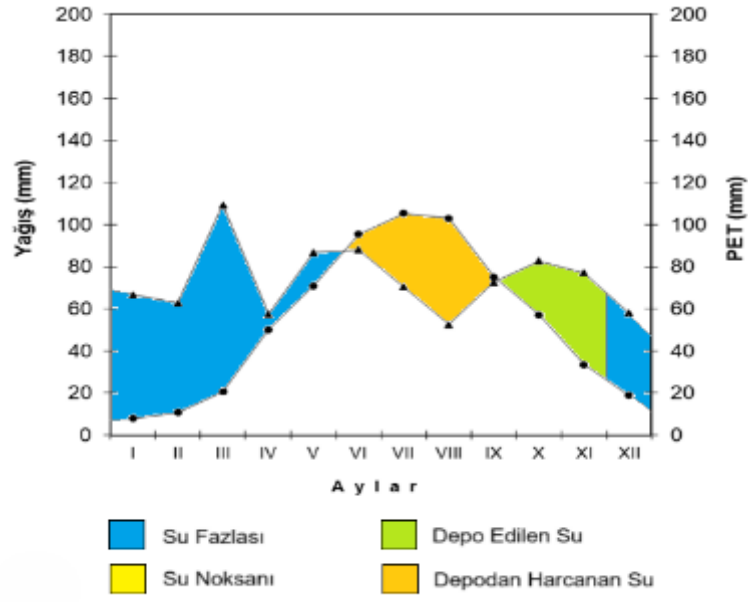


Şekil 8. Düzköy yöresi Thorntwaite grafiği (622 m)

Thorntwaite iklim analizine göre, Düzköy-Çal yöresi araştırma alanının iklim tipi “B2 B'1 r a” sembolü ile ifade edilen “Nemli, orta sıcaklıkta (Mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, okyanus (deniz) iklimine yakın iklim” olarak belirlenmiştir (Thorntwaite, 1948) (Şekil 9).

Tablo 5. Düzköy-Çal Meteoroloji İstasyonuna ait Su Bilançosu Değerleri (1276 m)

İklim Ölçmeleri	AYLAR												Büyüme Dönemi		Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık °C	2.7	3.5	5.1	10.3	12.6	16.1	17.4	18.1	15.5	13.1	9.4	5.9			10.8
Sıcaklık İndisi	0.4	0.6	1.0	3.0	4.1	5.9	6.6	7.0	5.5	4.3	2.6	1.3			42.3
Düzeltilmiş PET	7.9	10.7	20.5	50.1	71.0	95.5	105.3	103.1	75.2	57.1	33.4	18.9	557.4	91.4	648.8
Yağış (mm)	66.7	62.8	109.5	57.5	86.9	88.1	70.3	52.5	72.6	82.7	77.0	58.0	510.6	374.0	884.6
Depo Değişikliği	-	-	-	-	-	-	-15.5	-37.4	-0.6	20.8	32.7	-			
Depolama	100	100	100	100	100	100	84.5	47.1	46.4	67.3	100	100			100
GET	10.0	11.9	20.9	45.5	59.2	76.3	85.3	89.9	73.2	61.9	40.9	24.6	491.9	108.2	600.1
Su Noksanı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0
Su Fazlası	56.7	50.9	88.6	12.0	27.7	11.7	-	-	-	-	3.4	33.4	51.4	233.0	284.4
Yüzeysel Akış 1	45.0	53.8	69.8	50.3	19.8	19.7	5.9	-	-	-	1.7	18.4	95.7	188.7	284.4
Yüzeysel Akış 2	37.3	44.1	66.4	39.2	33.4	22.6	11.3	5.6	2.8	1.4	2.4	17.9	0.0	284.4	284.4
Nemlilik Oranı	7.4	4.9	4.3	0.1	0.2	-0.1	-0.3	-0.5	0.0	0.4	1.3	2.1			
Kuraklık İndisi				22.0	26.5	34.7	37.1	41.1	34.9	30.0					18.9



Şekil 9. Düzköy-Çal yöresi Thornthwaite grafiği (1276 m)

2.2.3. Bitki Örtüsü

Dünya flora bölgelerinden Holarktık bölgenin Euro – Siberian (Euxine – Colchis) flora alanının Kolşik (Colchis) kesiminin kuzeyinde bulunan çalışma alanı, Davis (Davis, 1965-1988)’in grid sistemine göre A7 karesi içerisinde yer almaktadır (Davis, 1965-1988). Araştırma alanı çevresinde ise ana ağaç türleri yapılan amenajman planına (2018-2037) göre; Ladin (*Picea orientalis* (L.) Peterm.), Kayın (*Fagus orientalis*) ve Kızılağaç (*Alnus glutinosa*) türleri saf veya karışık meşcereler halinde yayılış göstermektedir (OGM, 2018).

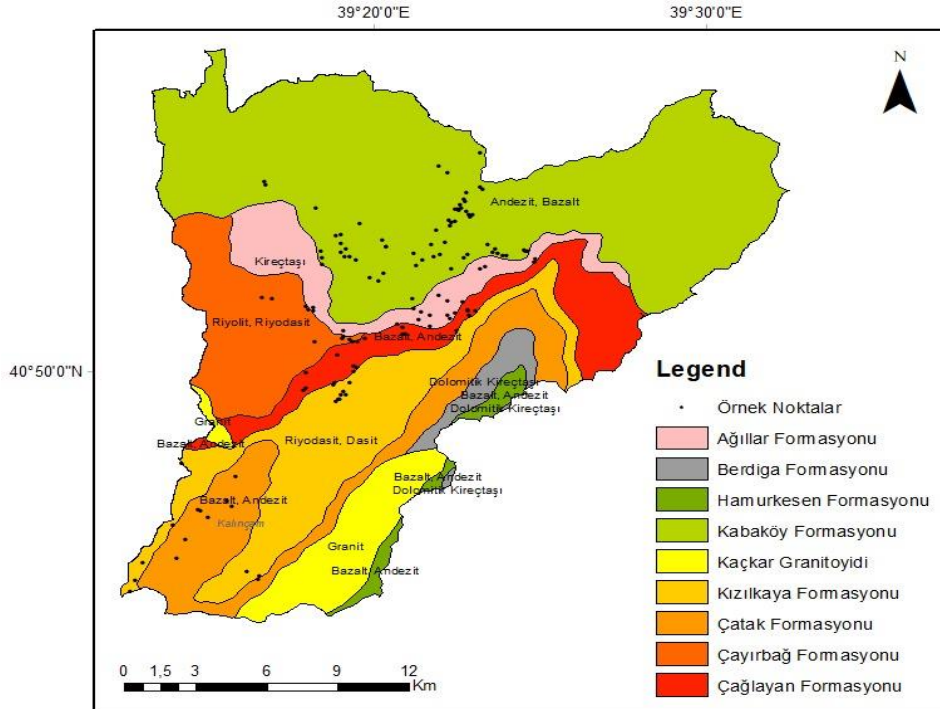
İklim şartlarına bağlı olarak zengin bir bitki örtüsüne sahiptir. Asli ağaç türlerinin yanında Gürgen (*Carpinus betulus*), Gökmar (*Abies nordmanniana*), Kestane (*Castanea sativa*), Meşe (*Quercus*), Akcağaç (*Acer*) diğer ağaç türleri amenajman planı içerisinde yer almaktadır. Ağaççık, çalı ve ot tabakasında ise Ormangülü (*Rhododendron ponticum-Rhododendron luteum*), Adi Fındık (*Corylus avellana*), Yabani Çilek (*Fragaria vesca*), Isırgan Otu (*Urtica dioica*), Orman Sarmaşığı (*Hedera helix*), Böğürtlen (*Rubus canescens*), Yabani Üvez (*Sorbus torminalis*), Ayı Üzümü (*Vaccinium*), Çobanpüskülü (*Ilex aquifolium*), Kızılcık (*Cornus mas*), Karayemiş (*Prunus lauracerasus*), Eğrelti Otu (*Pteridium aquilinum*), Çayır otları yaygındır (OGM, 2018) (Şekil 10).



Şekil 10. Araştırma alanından bitki örtüsü örnekleri

2.2.4. Jeolojik Yapı

Araştırma alanı Trabzon ilinin güneybatısında yer alan Tonya, Kalınçam ve Düzköy Orman İşletme Şeflikleri sınırlarını içine alan bölgeyi kapsamaktadır.



Şekil 11. Araştırma alanı jeoloji haritası ve örnek alanlar

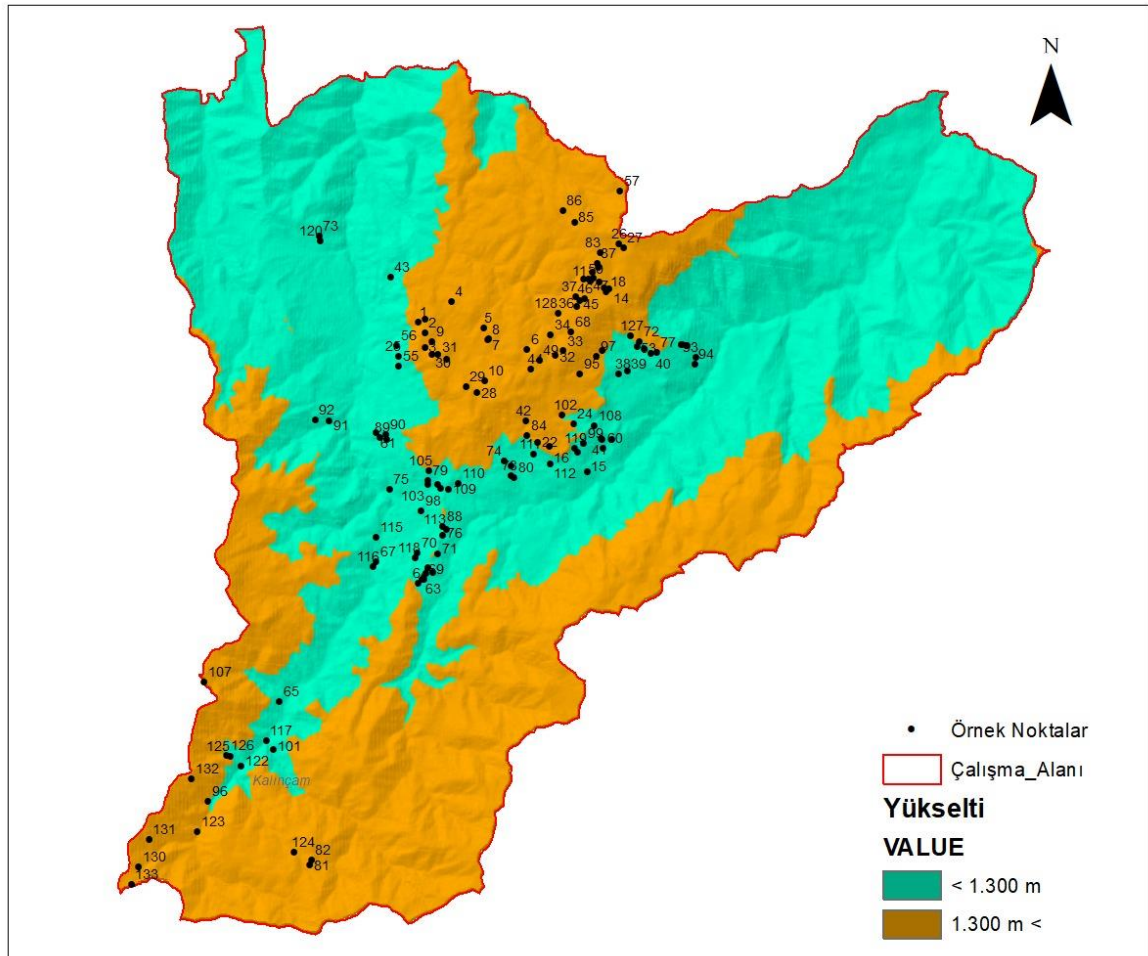
Doğu Pontidler yapısal ve magmatik özellikleriyle eski bir magmatik yay ortamını temsil etmektedir (Okay ve Şahintürk, 1997). Tonya, Kalınçam ve Düzköy bölgesi Doğu Pontidlerin (Eastern Pontides) kuzey kenarında, Pontid tektonik kuşağı içerisinde yer almaktadır. Bu kuşak Doğu Karadeniz sahil şeridinin temel jeodinamik birimidir ve bölgedeki kayaçların yaşları ile özelliklerini yansıtır (Hamilton, 1842). Örnek alanlar Kabaköy, Ağıllar, Çağlayan, Çayırbağ, Çatak ve Kızılkaya formasyonları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 11). Araştırma alanında içinde bulunduğu Kabaköy Formasyonu, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara tabakaları içeren andezit, bazalt ve piroklastitlerden oluşmaktadır (Aydın, 2003). Formasyon Yomra'dan Görele'nin batı sınırına kadar uzanan kıyı şeridi boyunca, güneyde Tonya ve Sisdağı yörelerinde örtü kayacı olarak bulunmaktadır (Güven, 1993). Kızılkaya Formasyonu dasit, riyodasitik-dasitik lav ve onların piroklastlarından meydana gelmiştir. Formasyonun kalınlığı 200–500 m arasında değişmektedir. Kızılkaya Formasyonu bazaltik andezitik volkanizmanın baskın olduğu ve bu volkanizmanın duraksamasıyla tortul kayaçların çökeldiği denizel ortamda oluşmuştur (Güven vd., 1998). Kumtaşı, marn, killi kireçtaşı ve tuf ara katkılı riyolit-riyodasitik lav ve plajiyoklaslardan oluşan Çayırbağ Formasyonu, genellikle Kızılkaya Formasyonu üzerine uyumlu bir şekilde gelmektedir. Plajiyoklaslar kayacın yaklaşık % 55-65'ini oluşturmakla birlikte, mineralleri iri ve ince taneli olup karbonatlaşma, silisleşme göstermektedir (Sipahi, 2017). Ağıllar Formasyonu kumlu kireçtaşı ve kayalık kireçtaşı bileşiminden oluşmakta, Çayırbağ Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Kaygusuz vd., 2006). Çağlayan Formasyonu ise bazik karakterli volkanit, volkanoklastik ve tortul kayaçlardan oluşan ve genel olarak Doğu Pontidlerin kuzey kesiminde Tonya Formasyonu altında yaygın olarak izlenebilen bir formasyondur (Güven, 1993). Çatak formasyonu bazalt, andezit lav, piroklastlar ile kumtaşı, marn, silttaşı, şeyl ve kırmızı bordo renkli killi kireçtaşı tabakalarından oluşmaktadır.

2.3. Yöntem

Bu çalışma, örnek alanların seçimi ve tanıtımı, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve değerlendirme çalışmaları olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır.

2.3.1. Örnek Alanların Seçimi ve Tanıtımı

Çalışmanın bu aşamasında, araştırmaya altlık sağlayacak olan eşyüksekti eğrili memleket haritaları ve araştırma alanına ait meşcere haritası kullanılarak araştırma alanının sınırları belirlenmiştir. Memleket haritaları ile araştırma alanına ait jeoloji haritaları sayısallaştırıldıktan sonra alanın sayısal jeoloji haritası ve arazi modeli haritası elde edilmiştir. Alana ait amenajman planı ve sayısal arazi modeli haritasından yararlanılarak alınacak örnek alanlar belirlenmiştir (Şekil 4). Araştırmamızda, saf ve doğal Doğu Ladininin hakim olduğu meşcere tiplerinden (Lbc3, Lc3 ve Lcd3), iki farklı yükselti basamağı (800m-1300m ve 1300m-1900m) ve üç farklı bonitet sınıfı (2, 3 ve 4. bonitet) olmak üzere toplam 133 adet örnek alan seçilmiştir. Örnek alanlar 800m-1300m ve 1300m-1900m olacak şekilde iki farklı yükselti basamağından alınmıştır. Örnek alanların yükselti basamaklarına göre dağılımı Şekil 12’de gösterilmiştir.



Şekil 12. Örnek alanların yükselti basamaklarına göre dağılımı

Örnek alanlar farklı meşcere gelişme çağılarından (bc, c, cd) seçilmiş olup b, d ve e çağıları araştırma alanında yeterli sayıda bulunmadığından araştırmaya konu edilmemiştir. Meşcere tipi, ormanı oluşturan aynı veya farklı türlerin bir araya gelmesi, içinde bulundukları gelişim çağılarını ve kapalılık durumunu ifade eden bir kavramdır. Gelişim çağıları ağaç gövdesinin 1.3 m yükseklikteki çaplarına (göğüs çapı) göre sınıflandırılmakta ve bu sınıflar a, b, c, d, e harfleri ile ifade edilmektedir. Gelişim çağılarının sınıf aralıkları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Gelişim çağılarının sınıf aralıkları

Gelişim çağı rumuzu	1.30 m yükseklikteki çap (cm)
a	0.0-7.9
b	8.0-19.9
c	20.0-35.9
d	36.0-51.9
e	>51.9

Meşceredeki tüm ağaçların tepe çatılarının toprağı örtme derecesi kapalılık olarak ifade edilmektedir. Kapalılık üç (3) gruba ayrılarak Tablo 7’de gösterilmiştir (Eraslan, 1971). Araştırma alanları kapalılık sınıfı bakımından 3 (Tam, sık) kapalı meşcerelerin hakim olduğu noktalardan seçilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında örnek alanlarda ölçülen bakı derece, eğim ise yüzde biriminden ölçülerek daha sonra istatistiksel analizlerde bu değerler kullanılmıştır.

Tablo 7. Kapalılık sınıfları

Kapalılıklar	Kapalılık Oranları
(3) Tam kapalı (Sık)	%71-100
(2) Gevşek kapalı (Aralanmış)	%41-70
(1) Seyrek kapalı (Seyrek)	%11-40
Boşluklu kapalı (Çok seyrek)	%0-10

Ormancılıkta yetiştirme ortamı verimliliği, belirli bir tür ve işletme rejimi kapsamında elde edilebilecek üretim miktarı olarak tanımlanabilir (Skowsgaard ve Vanclay, 2008). Meşcere verim gücünün belirlenmesinde, kolay ve güvenilir bir yaklaşım olarak, dolaylı yöntemlerden “yaş–üst boy” yöntemi yaygın şekilde kullanılmaktadır. Üst boy çevresel faktörlerin etkisini ve türün gelişim seyrini en iyi şekilde yansıtmakta olup, uygulanan silvikültürel müdahalelerden en az etkilenmektedir (Çepel vd., 1977). Bu yöntemde,

hektardaki 100 ağaç esas alınarak meşcereden seçilen belirli sayıdaki baskın ağaçların boy ortalaması hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre yaş–boy eğrisi oluşturulmuş ve standart yaşlarda (50, 100 vb.) ulaşılan boy değerleri, meşcerenin “bonitet endeksi” olarak tanımlanmıştır (Burger, 2004). Bonitet tayini için her örnek alanda 4 (400 m²) ağaçta artım burgusu ile göğüs yüksekliğinden artım kalemleri alınmış ve aynı ağaçların boyları boy ölçer ile ölçülmüştür. Her örnek alandan alınan yaş ve boy değerleriyle birlikte bonitet sınıfları belirlenmiştir. Örnek alan belirleme sürecinde, amenajman planlarındaki mevcut bonitet sınıfları dikkate alınmamış; bunun yerine, arazi çalışmaları sonucunda elde edilen verilerle yeniden hesaplanan bonitet sınıfları kullanılmıştır (Alemdağ, 1967). Araştırma alanında 1 ve 5. bonitet sınıfında yeterli sayıda örnek alan bulunmadığından dolayı 2, 3 ve 4. bonitet sınıflarından örnek alınmıştır. Çalışma alanında, II. Bonitet için en düşük boy 30 m, en yüksek boy değeri ise 32 m; III. Bonitet için en düşük boy değeri 26 m, en yüksek boy değeri ise 28 m; IV. Bonitet için en düşük boy değeri 22 m, en yüksek boy değeri ise 24 m olarak hesaplanmıştır.

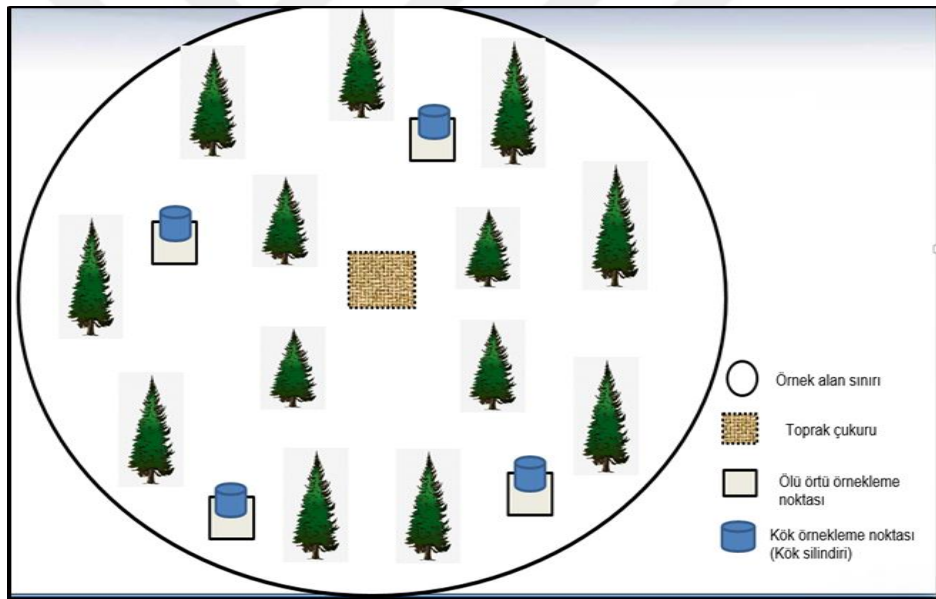
Örnek alanlar yol kenarlarından, kazı veya dolgu şevlerinden, bozulmuş arazilerden, aşırı taşlı alanlardan, ağaçlandırma sahalarından ve belirtilmiş olan meşcere tipleri, bonitet sınıfları ve yükselti basamakları dışındaki yerlerden kaçınılarak belirlenmiştir. Örnek alanlarda ölü örtü, kök silindiri ve toprak örnekleri alınmıştır. Örnek alanların belirtilen faktörlere göre sayısal dağılımı Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Örnek alanların yükselti basamağı, meşcere tipi ve bonitet sınıfına göre dağılımı

Tonya, Kalınçam ve Düzköy Orman İşletme Şeflikleri					
Yükselti Basamakları	Meşcere Tipi	Bonitet 2	Bonitet 3	Bonitet 4	Örnek Alan Sayısı
800-1300	Lbc3	9	6	9	24
1300-1900	Lbc3	5	9	5	19
	Toplam	14	15	14	43
800-1300	Lc3	8	7	4	19
1300-1900	Lc3	4	6	7	17
	Toplam	12	13	11	36
800-1300	Lcd3	7	10	5	22
1300-1900	Lcd3	12	11	9	32
	Toplam	19	21	14	54
Genel Toplam		45	49	39	133

2.3.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, saf ve doğal Doğu Ladininin hakim olduğu meşcere tiplerinde (Lbc3, Lc3 ve Lcd3), iki farklı yükselti basamağı (800m-1300m ve 1300m-1900m), üç farklı bonitet sınıfı (2, 3 ve 4) ve 3 (400 m²) kapalılığa sahip olan sahalarda gerçekleştirilmiştir. Örnek alanlardaki tüm ağaçların göğüs çapları ($d_{1.3}$) ve meşcereyi temsil eden 4-6 ağacın yaşları ve boyları ölçülmüştür. Ağaç boyları, elektronik boy ölçer kullanılarak ölçülmüştür. Ağaç yaşının hesaplanmasında artım burgusu kullanılmıştır. Her örnek alanın yerel konum özellikleri (yeryüzü şekli, yamaç konumu, eğimi (%), bakısı, yükseltisi (m) ve komşu çevresi), koordinatları, ağaçların çap ve boy verileri envanter karnelerine kaydedilmiştir (Kantarıcı, 2005). Örnek alan bilgileri toplandıktan sonra toprak, kök silindiri ve ölü örtü örnekleri alınmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Örneklem alanında toprak profili, ölü örtü ve kök örneklem şeması

- Kök Örneklemesi

Kök biyokütlesinin belirlenmesi amacıyla, tüm örnek alanların her birinden tahrip edilmemiş ve yeri rasgele yöntemle belirlenen 4 noktada kök örneklemesi yapılmıştır (Şekil 14). Bu amaçla 6.4 cm çapında ve 30 cm boyunda çelik borular kullanılmıştır. Araştırmalara göre 0-30 cm derinlik kademesi mevcut kök kütlesinin yaklaşık %70-85'lik bir kısmını temsil edebilmektedir (Eissenstat ve Yanai, 1997; Tüfekçioğlu vd., 2002). Çelik borular, ölü

örtü örneklerinin alındığı yerlere çakılarak ölü örtü örneklerinin kök örneklerine karışması engellenmiştir.



Şekil 14. Kök örneklerinin silindir ile alınması

- Ölü Örtü Örnekleme

Ölü örtü biyokütlesi ve depolanan azot ile organik C miktarının belirlenmesi amacıyla örnek alan içerisinde 25x25 cm'lik quadratlar ile 4 farklı noktadan örnekler alınmıştır (Şekil 15). Meşcerelerde ölü örtü tabaka ayrımının zor olması ve doğal yapılarını bozmamak için ölü örtü örneklerinde yaprak, çürüntü ve humus tabakası ayrımı yapmadan, karışık olarak toplamda 532 adet örnek alınmıştır. Ölü örtü örneklerini alırken üst toprak horizonu (Ah) ile ölü örtünün karışmamasına dikkat edilmiştir.



Şekil 15. Ölü örtü örneklerinin alınması

- Toprak Örnekleme

Toprak örnekleri toplam 133 adet deneme alanında açılan toprak çukurlarından derinlik esasına göre alınmıştır. Toprak derinlikleri 0-5 cm 5-15 cm ve 15-30 cm olmak üzere 3 kademe olarak belirlenmiştir. Toprak çukuru açıldıktan sonra örnek alınacak kesit duvarları düzeltilip bu kısımda bulunan kökler, el makası ile kesilmiş ve çukurun dışına atılmıştır. Toprak örnekleri hem torba (yaklaşık 1 kg kadar) hem de hacim örneği olacak şekilde ayrı alınmıştır (Kantarcı, 2005). Hacim örnekleri 500 cm³'lük silindirler kullanılarak alınmıştır. Her derinlik kademesinden ortaya yakın yerden silindir düşey yönde çakılarak toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örnekleri iç içe geçirilmiş polietilen torbalara konulmuştur. Toprak profil numarası ve derinlik kademelerine ilişkin tanıtım etiketleri bu iki torbanın arasına yazılar dışa dönük şekilde yerleştirilmiştir. Örnek sahalardan toplam 399 adet bozulmuş (torba), 399 adet bozulmamış (hacim) toprak örneği alınmış ve KTÜ Toprak İlmî ve Ekolojisi Laboratuvarına getirilmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. Toprak profillerinin açılması ve örnek alımı

Açılan toprak çukurunun her derinlik kademesinden amonyum ve nitrat belirlenmesi için yaklaşık olarak 300-400 gr toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örnekleri arazi koşullarında 4 mm lik elekten elendikten sonra etiketlenerek plastik poşetlere konulmuştur. Toprak örneği plastik poşetlere konulduktan sonra laboratuvara getirilip işlem yapılincaya kadar derin dondurucuda saklanmıştır (Şekil 17).



Şekil 17. Amonyum ve Nitrat tayini için toprak örneklerinin alınması



Şekil 18. Amino asit tayini için toprak örneklerinin alınması

Topraktaki serbest amino asit miktarlarının belirlenmesi için, her örnek alandan 0-5 cm toprak derinliğinden ölü örtü tabakası çıkarıldıktan sonra toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örnekleri arazi koşullarında 2 mm elekten elendikten sonra etiketlenerek plastik poşetlere konulmuştur. Toprak örneği plastik poşetlere konulduktan sonra ısı ve nem etkisini bertaraf etmek için soğuk taşıma kaplarında laboratuvara getirilip işlem yapılincaya kadar derin dondurucuda saklanmıştır (Şekil 18).

2.3.3. Laboratuvar Çalışmaları

- Biyokütle, Organik Karbon ve Azot Depolama Miktarlarının Belirlenmesi

Biyokütle çalışması, toprak, topraküstü ve toprakaltı olmak üzere üç aşamadan oluşmuştur. Topraküstü biyokütlerde sadece ölü örtü bileşeni belirlenmiştir. Toprakaltı biyokütleyi ise kökler oluşturmakta ve kılcal, ince, kalın kök olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Tablo 9).

Tablo 9. Araştırma alanında belirlenen temel biyokütle bileşenleri

Toprak	Toprak	Bileşenler
		0-5, 5-15, 15-30 cm
Topraküstü	Ölü Örtü	Sürgün, kabuk, dal, yaprak, tohum, kozalak vb. her türlü döküntü ile çapı 2.5 cm'den küçük ölü odunsu artıklar
Toprak Altı	Kök	Kılcal kök (0-2 mm)
		İnce kök (2-5 mm) Kalın kök (> 5 mm)

- Toprak Kütlesinin Belirlenmesi

Toprak kütlesini belirlemek için hacim ağırlığı kullanılmıştır. Araziden alınan hacim (1 litre) örnekleri ince kısım ($\emptyset \leq 2$ mm) ve kaba kısım ($\emptyset > 2$ mm) olmak üzere ayrılmıştır. Bir litre hacim değeri 1 m² yüzeye sahip 1 mm kalınlığındaki toprak hacmini temsil ettiğinden dolayı, litredeki ince toprak miktarları (kg) ilişkin oldukları katmanların mm cinsinden kalınlıkları ile çarpılarak her katmanda 1 m² alandaki ince toprak miktarları hesaplanmıştır (Kantarıcı, 1980).

- Ölü Örtü Biyokütlesinin Belirlenmesi

Ölü örtü örnekleri toprak laboratuvarında bulunan kurutma raflarına serilerek hava kurusu hale getirilmiştir. Hava kurusu hale geldikten sonra hassas terazide tartılarak kurutma fırınına (etüve) konulmuştur. Ölü örtü örneklerinin biyokütlesini belirlemek için, kurutma fırınında 65±3 °C'de 48 saat süre ile değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 19). Fırın kurusu ağırlıklarından gerekli dönüşümler yapılarak hektardaki ölü örtü biyokütlesi hesaplanmıştır (1).

$$\text{ÖÖB}(t \text{ ha}^{-1}) = \sum \frac{m \cdot 10^4}{0,0625 \cdot 10^6} \quad (1)$$

Burada;

ÖÖB = Hektardaki ölü örtü biyokütlesi (t/ha)

m = Ölü örtü fırın kurusu ağırlığı (gr) ifade etmektedir.

0.0625 = Ölü örtü kafes alanı (m²/ha)

10⁶= Dönüşüm Katsayısı (gr/t)

10^4 = Dönüşüm Katsayısı (m^2/ha)



Şekil 19. Ölü örtü örneklerinde yapılan işlemler (a: Örneklerin fırın kurusu hale getirilmesi, b: Örneklerin öğütülmesi, c: Örneklerin elekten geçirilmesi)

- Kök Biyokütlesinin Belirlenmesi

Araziden laboratuvara getirilen kök silindir örnekleri 5 litrelik kovalara konularak üzerine bir miktar su ve %5'lik 25 ml kalgon çözeltisi eklenmiştir. Bir gece toprakların köklerden ayrılması için çözeltide bekletilen örnekler ertesi gün yıkanarak 5, 2 ve 0.3 mm'lik eleklerden topraklar tamamen ayrılana kadar süzölmüştür. Toprakta temizlenen kökler küçük kaplarda su içerisinde konarak yüzdürme metodu ile ölü örtü parçaları ve varsa toprak kalıntılarından ayıklanmıştır. Ayıklanan kökler kılcal (0-2 mm), ince (2-5 mm) ve kaba kök (>5mm) olarak üç sınıfa ayrılarak etüvde 65 °C' de sabit ağırlığa erişene dek kurutulmuş ve 0.01 gr hassasiyetindeki terazide tartılmıştır (Anderson ve Ingram, 1993). Gerekli dönüşümler yapıldıktan sonra hektardaki kök biyokütlesi belirlenmiştir (2). Daha sonra örnekler toz haline gelinceye kadar öğütölmüştür (Şekil 20).

$$KB(t\ ha^{-1}) = \sum \frac{300 \cdot m}{V \cdot 10^6 \cdot 10^4} \quad (2)$$

Burada;

KB = Hektardaki kök biyokütlesi (t/ha)

m = Silindirden çıkan fırın kurusu kök ağırlığı (gr)

V = Silindirin hacmi (0.964608 lt) ifade etmektedir.

10^6 = Dönüşüm Katsayısı (gr/t)

10^4 = Dönüşüm Katsayısı (m^2/ha)



Şekil 20. Kök örnekleri üzerinde yapılan işlemler

(a: Kök örneklerinin yıkanması, b: kök örneklerinin yüzdürülmesi, c: kök örneklerinin çap kademelerine ayrılması ve fırın kurusu ağırlıklarının belirlenmesi, d: kök örneklerinin öğütülmesi)

- Organik Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi

Laboratuvara getirilen toprak üstü (ölü örtü), toprak (hacim) ve toprak altı (kılcal, ince ve kalın kök) kısımlara ait örneklerin hava kurusu ve fırın kurusu ağırlıkları tartılmıştır.

Toprak üstü kısmı olan ölü örtü örnekleri öğütme cihazında öğütülerek toz haline getirilmiştir. Daha sonra toprak altı kısmı olan kök örnekleri makasla küçültülerek kök öğütme cihazında her biri ayrı ayrı öğütülerek toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen kök ve ölü örtü örnekleri 1 mm'lik elekten geçirilip ayrı ayrı polietilen poşetlere konularak numaralandırılmış ve analize hazır hale getirilmiştir. Elekten geçirilmiş ($\emptyset \leq 2$ mm) olan toprak örnekleri ise havanda tekrar öğütülerek 0.5 mm'lik elekten geçirilerek polietilen poşetlere konulmuş ve numaralandırılarak analize hazır hale getirilmiştir.

Organik Karbon analizi, 1 mm'lik elekten geçirilmiş 0.15 gr ölü örtü, kılcal kök, ince kök, kalın kök numuneleri ile 0.5 mm'lik elekten geçirilmiş 0.5 gr toprak numuneleri kullanılarak Walkley-Black ıslak yakma yöntemi ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 21). Bu işlem sırasında, tartılan örnekler erlenlere dökülmüş, üzerine 10 ml potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$), 20 ml sülfürik asit (H_2SO_4) ilave edildikten sonra ısınan örneklerin soğuması beklenmiştir. Soğuyan örneklere 10 ml ortofosforik asit (H_3PO_4) ile 150 ml saf su konulmuştur. Daha sonra örneklere 5-8 damla difenilamin indikatörü damlatıldıktan sonra renk çivit mavisinden yeşile dönünceye kadar 0.5 N demir sülfat ile titre edilip harcanan sarfiyat kaydedilmiştir. Elde edilen sarfiyat ve gerçek normaliteleri belirlenen çözeltilerin normalite değerleri yardımıyla örneklerin organik C içerikleri belirlenmiştir (Walkley ve Black 1934; Gülçur, 1974).

$$\%Organik\ C = [(N_1 \times A) - (N_2 \times B)] \times 0,003 \times 200 \times f \quad (3)$$

Burada;

N_1 = Potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) çözeltisinin gerçek normalitesi

A = Analizde kullanılan potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) çözeltisinin miktarı (ml)

N_2 = Demir sülfat çözeltisinin gerçek normalitesi

B = Titrasyonda harcanan demir sülfat çözeltisinin miktarı (ml)

0,003 = 3 karbonun (C) ekivalen ağırlığı

200 = 100 g ölü örtü veya toprağa yükseltme çarpanı

$f_1 = 100/77 = 1,30$ (bu yöntem ile toprak örneğinde bulunan organik C'un % 77'sinin yükseltgenebildiği varsayılır).



Şekil 21. Toprak, kök ve ölü örtü örneklerinde organik C miktarının belirlenmesi

- Toplam Azot Depolama Miktarlarının Belirlenmesi

Toplam azot tayini için modifiye Kjeldahl yaş yakma yöntemi (Kaçar, 1995) kullanılmıştır. Toz haline getirilen kök ve ölü örtü örneklerinden 0.2 gr, toprak örneklerinden ise 1 gr tartılarak yakma tüplerinin içerisine dökülmüştür. Yakma tüpünün içerisine 15 ml sülfürik asit, 1 spatül potasyum sülfat ve bakır sülfat karışımından eklenmiştir. Yakma tüpü yakma ünitesine yerleştirilerek 420 °C de 180 dakika yakılmıştır. Yakma işleminden sonra soğuyan örnekler destilasyon ünitesinde 10 M 50 ml sodyum hidroksit, % 2 lik 25 ml borik asit ve 50 ml saf su kullanılarak 3 dakika boyunca destilasyon yapılarak, amonyum alkali ortamda amonyak halinde uçurulmuş ve hafif asit ortamda bağlanmıştır. Elde edilen çözeltiye 15 damla karışık indikatörden damlatılmış ve çözeltinin rengi mavimsi yeşil olmuştur. Çözeltinin son rengi leylak oluncaya kadar 1/140 N sülfürik asit ile titrasyon yapılmış ve harcanan sarfiyat kaydedilmiştir (Şekil 22). Bu yöntemle organik formda bulunan azot ile amonyum formunda bulunan inorganik azotu sülfürik asitle yaş yakmak

sureti ile amonyum sülfata dönüşmekte ve amonyum sülfattan alkali ortamda oluşan amonyak, borik asitle amonyum borat olarak yakalanmaktadır. Amonyum borat 0,1 N H_2SO_4 ile geri titre edilerek harcanan H_2SO_4 hacminden toplam azot miktarı hesaplanmıştır (4).

$$Total\ N\ (\%) = \frac{14.01 \times N \times (T - B)}{1000} \times 100 \quad (4)$$

14.01= Azotun atom ağırlığı

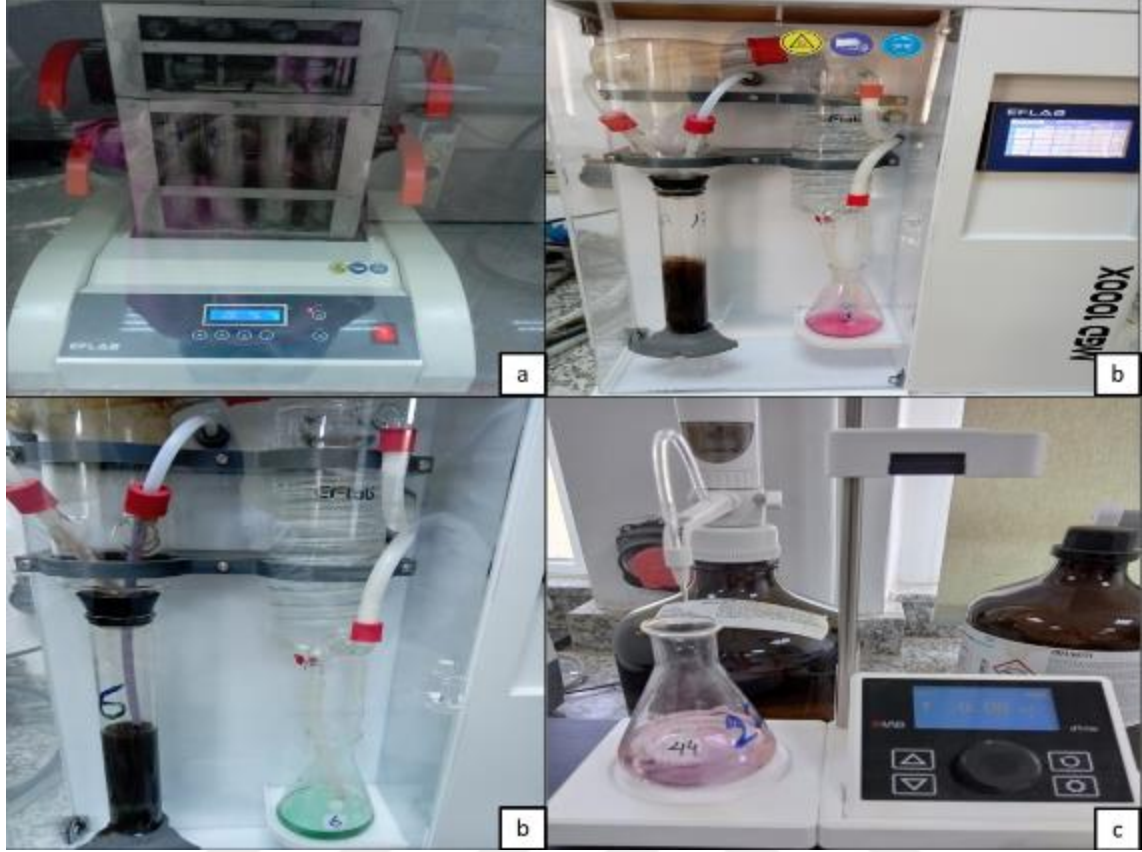
N= Sülfürik asitin (H_2SO_4) normalitesi

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

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

1000= miligram olarak toprak ağırlığı

100= Yüzdeye (%) çevirme katsayısı



Şekil 22. Toprak, kök ve ölü örtü örneklerinin toplam azot miktarının belirlenmesi
(a: Örneklerin yakma ünitesinde yanma aşaması, b: örneklerin destilasyon cihazında destile edilmesi, c: Çözeltinin sülfürik asit ile titrasyon aşaması)

- Toprak Örneklerinin Analize Hazır Hale Getirilmesi

Araziden getirilen toprak örnekleri laboratuvarında kurutma raflarına serilerek hava kurusu hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Hava kurusu hale gelmiş olan bozulmuş toprak örnekleri porselen havanda öğütüldükten sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve polietilen torbalara konularak analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 23).



Şekil 23. Toprak örneklerinin hava kurusu hale getirilmesi ve öğütülerek elekten geçirilmesi

- Mekanik Analiz ve Toprak Türünün Belirlenmesi

Toprakların mekanik analizi Bouyoucos'un hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir. Analize hazır hale getirilmiş (2 mm'den ince kısım) toprak örneklerinde tane boyutları (kum, toz, kil) % olarak tespit edilmiştir (Şekil 24). Analiz sonucunda bulunan tane boyutları (%) toprak türü sınıflarının ayrımı için hazırlanmış olan Amerikan tekstür üçgeni üzerine yerleştirilerek toprak türü belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951; Irmak, 1954; Gülçur, 1974).



Şekil 24. Toprak örneklerinin tane boyutlarının belirlenmesi

- Toprak Reaksiyonunun (pH) Belirlenmesi

Toprak örneklerinin reaksiyonları Orion 5 Star (aktüel ve potansiyel) markalı cihaz yardımıyla cam elektrot yöntemiyle belirlenmiştir (Şekil 25). Aktüel asitlik için topraklar $\frac{1}{2.5}$ oranında saf su, potansiyel asitlik için ise $\frac{1}{2.5}$ oranında 0,1 N KCl ile ıslatılarak bir gece bekledikten sonra ölçülerek bulunmuştur (Gülçur, 1974).



Şekil 25. Toprak örneklerinde pH belirlenmesi

- Elektriksel İletkenliğin (EC) Belirlenmesi

Toprakların elektriksel iletkenliği (EC), Orion 5 Star marka cihaz yardımıyla cam elektrot yöntemiyle belirlenmiştir (Şekil 25). Toprakların EC değerleri 1/2.5 toprak-saf su karışımı ile bir gece bekletilmiş, dijital EC metre ile ölçülmüş ve milisimens/cm olarak kaydedilmiştir (Gülçur, 1974).

- Toprak Nem Sabitlerinin Belirlenmesi

Toprakların su tutma kapasitesini belirlemek amacıyla yapılan tarla kapasitesi ve solma noktası analizleri seramik levhali basınç cihazı kullanılarak yapılmıştır. Analize hazır hale getirilmiş (2 mm'den ince kısım) toprak örnekleri basınca dayanıklı seramik levhalar üzerindeki lastik halkalara doldurularak, saf su ile doygün hale getirilmiştir. Seramik levhalar bir süre serbest drenaj koşullarında bekletildikten sonra basınç kaplarına yerleştirilmiş ve tarla kapasitesi için 1/3 atm, solma noktası için ise 15 atm basınç uygulanmıştır. Basınç uygulamasına su çıkışı durduğu anda son verilmiştir. Basınç kaplarından çıkarıldıktan sonra toprak örnekleri hızla tartılıp etüvde 105 °C' de 24 saat bekletilmiştir (Şekil 26). Kaybolan nem, mutlak kuru toprağın tarla kapasitesi ve solma noktasında tuttuğu nem olarak % cinsinden ayrı ayrı hesaplanmıştır. Faydalanabilir su kapasitesi ise aynı toprak örneklerinin tarla kapasitesi miktarından solma noktasındaki miktarı çıkartılarak % cinsinden hesaplanmıştır (Özyuvacı, 1971).



Şekil 26. Toprak nem sabitlerinin tayini

- Hacim Ağırlığının Belirlenmesi

Araziden getirilen hacim örnekleri laboratuvarında hava kurusu hale geldikten sonra tartılmış ve hava kurusu hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Hacim ağırlıkları belirlenen topraklar usulüne uygun öğütüldükten sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. 2 mm'lik eleğin üzerinde kalan kısımlar (iskelet kısmı) ve kökler ayrılarak tartılmıştır. Hava kurusu hacim ağırlığından iskelet kısım ve kök ağırlıkları çıkarılarak ince toprak ($\text{çap} < 2 \text{ mm}$) ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 27). Daha sonra ince kısma ait toprağın ($< 2 \text{ mm}$) higroskopik nem içeriği belirlenerek ince toprak kısmının mutlak kuru hacim ağırlığı hesaplanmıştır. İnce toprak hacim ağırlığı, bulundukları katmanların kalınlıkları (mm cinsinden) ile çarpılarak 1 m^2 alandaki ince toprak miktarları bulunmuştur (1 lt hacim değeri, 1 m^2 yüzeye sahip 1 mm kalınlığındaki toprak hacmini temsil eder) (Kantarıcı, 1980). Toprağın hacim ağırlığı; toprağın fırın kurusu ağırlıklarının silindir örneğine hacmine oranıdır (İrmak, 1954; Gülçur, 1974).



Şekil 27. Hacim ağırlığının belirlenmesi

- Toprakta Mineral Azot Belirlenmesi

Toprak örneklerinin her derinlik kademesinden (0-5, 5-15, 15-30 cm) amonyum ve nitrat tayini amacıyla yaklaşık 300-400 gr toprak örneği alınmış ve analiz yapılincaya kadar derin dondurucuda bekletilmiştir. Analiz öncesinde örnekler çözündürülerek oda sıcaklığına getirilmiştir. Toprak örneklerinde Mineral azot tayini iki aşamadan oluşmaktadır; birinci aşamada topraktaki amonyum ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) miktarı, ikinci aşamada nitrat ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) miktarı belirlenmiştir (Gerlach, 1973; Öztürk vd., 1997). Her bir derinlikten alınan 40 gr taze toprak örneği, 500 ml erlen içerisine konulmuş ve üzerine 100 ml % 1'lik KCL çözeltisi ilave edilmiştir. Toprak örnekleri çalkalama cihazında 140 dakika/devir hızda 30 dakika boyunca çalkalanmış ve Whatman süzme kağıdından süzülerek buzdolabına kaldırılmıştır. Herbir toprak süzüntüsünden 20'şer ml alınarak mikro-kjeldahl destilasyon cihazına yerleştirilmiştir. Çözeltinin bazikleşmesi için 0,2 gr magnezyum oksit ilave edilmiş, daha sonra cihazın kapağı kapatılarak çözelti ortamına buhar gönderilip ve çözeltideki amonyumun amonyağa dönüşmesi, bunda geri soğutucudan geçirilerek 200 mikrolitre karışık indikatör bulunan % 2'lik 5 ml borik asit tarafından amonyum borat olarak tutulması sağlanmıştır. Bu damıtma işleminde 100 ml'lik erlen mayerde 50 ml amonyum borat çözeltisi biriktikten sonra bu çözeltiden amonyum ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) tayin edilmiştir. Tüpteki aynı çözeltiye 0,2 gr metal tuzu (Devardas Reagnez: % 50 Cu, % 45 Al, % 5 Zn) konulmuştur. Bazikleşen bu ortamda azot dioksit (NO_2^-) ve nitrat (NO_3^-) şeklindeki azotun amonyağa

dönüşmesi sağlanmıştır. Metal ilavesinden azot dioksit (NO_2^-) ve nitrat (NO_3^-) tayini için damıtma işlemi yapıp ve içinde 200 mikrolitre karışık indikatör ile % 2'lik 5 ml borik asit bulunan altlıkta amonyum borat şeklinde tutulması sağlanmıştır. Geri soğutucunun altındaki 100 ml'lik altlıkta biriken (50 ml) ve azot miktarına göre yeşilden turuncuya dönüşen solüsyonlar 0,005 N sülfürik asit (H_2SO_4) ile geri titre edilip ve titrasyon sırasında harcanan miktardan hareketle mineral azot tayini hesaplamaları yapılmıştır (Şekil 28). Elde edilen sonuçlar hektara dönüştürme katsayıları ile çarpılarak hektardaki mineral azot miktarı belirlenmiştir. (5).

$$\text{Mineral Azot (X)} = A \times f [(1,225) \times (S-K)] / K + (0,875) \quad (5)$$

$$X = A \times f$$

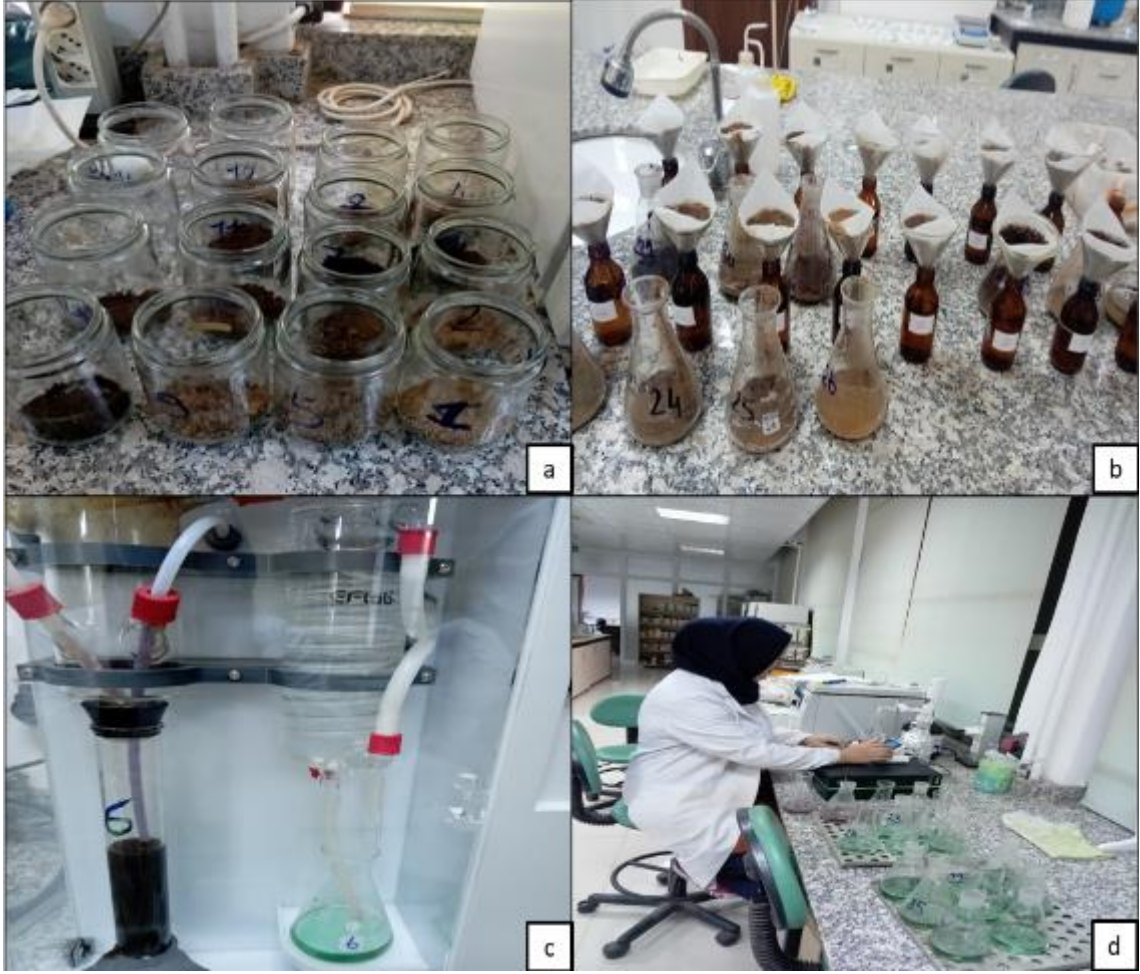
X= Mineral azot (mg $\text{N}_{\min}$ /100 g kuru toprak)

A= Titrasyonda harcanan 0.005 N H_2SO_4 (ml)

F= Değişken faktörü

S= Nemli toprak ağırlığı

K= Kuru toprak ağırlığı



Şekil 28. Toprak örneklerinde Mineral Azot miktarının belirlenmesi (a: Toprak örneklerinin tartılması, b: Toprak numunelerinin süzdürülme işlemi, c: Örneklerin destilasyon cihazında destile edilmesi, d: Destile edilen örnekler üzerinde titrasyon yapılması)

- Toprakta Serbest Aminoasitlerin Belirlenmesi

Topraktaki serbest amino asit miktarlarının belirlenmesi amacıyla, her örnek alanın 0-5 cm derinliğinden alınan topraklar arazi koşullarında 2 mm elekten elendikten sonra analiz yapılmaya kadar derin dondurucuda bekletilmiştir. Toprakta amino asit analizi iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada 2 gr toprak örneği ekstrakte edilmiş, ikinci aşamada ise türevleme ve kantitatif tayini gerçekleştirilmiştir. Orman toprağındaki alanin, arginin, asparagin, aspartik asit, glisin, glutamin, glutamik asit, histidin ve lösin amino asitlerinin tayini Warman ve Bishop (1985) tarafından geliştirilen toprakta amino asit belirleme yöntemi kullanılarak Yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) ile tespit edilmiştir.

Analizin ilk aşaması olan ekstrasyon sürecinde 2 mm elekten elenmiş 2 gr nemli toprak örneği 50 ml'lik santrifüj tüplerine tartılarak konulmuştur. Santrifüj tüplerinin içerisine silikat minerallerinin çözülmesi için 35 ml 0.05 M Hidrojen florür-Hidrojen klorür çözeltisi eklenerek 2 saat boyunca çalkalama cihazıyla çalkalanmıştır. Ardından karışım 4500 rpm ve 30 dakika süreyle santrifüj edilmiş ve santrifüj sonrası üstte kalan sıvı kısım (süpernatant) atılmıştır. Kalan karışıma 25 ml ultra saf su eklenerek tekrar 4500 rpm ve 30 dakika süreyle santrifüj edilmiş ve tekrar süpernatant atılmıştır. Santrifüjden kalan karışıma 0,25 gr Chelex 100 kimyasalı ve 25 ml ultra saf su ilave edilmiş ve 16 saat boyunca çalkalama cihazıyla çalkalanmıştır. Chelex 100, çözeltideki metalleri gidermek için kullanılmıştır (Thomas ve Bowman, 1966). Çalkalama işlemi bittikten sonra 4500 rpm ve 30 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası üstte kalan sıvı kısım (süpernatant) 100 ml ayrı bir tüpe konulmuştur. Buna ek olarak toprak ve Chelex karışımı ultra saf su ile 2 kez yıkanarak 4500 rpm ve 30 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüjden kalan sıvı kısımlar 100 ml tüpün içerisindeki süpernatant ile birleştirilerek 1-3 saat sedimentasyon için bekletildikten sonra Whatman 1 filtre kâğıdından süzölmüştür (Şekil 29). Elde edilen süzöntü rotary evaporatörde 30-45 °C sıcaklık aralığında buharlaştırılarak uçucu bileşenlerden arındırılmış ve amino asit içeriği konsantre hale getirilmiştir. Bu işlem, amino asitlerin ısıya duyarlı yapılarının korunması ve türevlendirme için uygun formda hazırlanması amacıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 30).



Şekil 29. Toprak örneklerinde Amino asit analizi ekstraksiyon aşaması (a: Toprak örneklerinin tartılması, b: Toprak çözeltisinin santrifüj edilmesi, c: Örneklerin çalkalanma aşaması, d: Örneklerin filtre kâğıdından süzülmesi)



Şekil 30. Toprak örneklerinin rotary evaporatörde buharlaştırılması

Toprak örneklerinden elde edilen ekstratlarda aminoasit tayini yapılabilmesi için öncelikle mikrodalgada türevlendirme işlemi yapılmıştır. Kuruyan amino asit kalıntısı, türevlendirme işlemine tabi tutulmadan önce, çözünür hale getirilerek mikrodalga destekli türevlendirme aşamasına geçilmiştir. Her örneğe sırasıyla 10 mL metanol, 0.1 mL phthalic anhydride, ve 2 mL 6 N hidroklorik asit eklenmiştir. Bu karışım, laboratuvar tipi mikrodalga reaktörde 400 Watt güçte 71°C sıcaklıkta 13 dakika boyunca işleme tabi tutulmuştur. Türevlendirme işlemi tamamlandıktan sonra örnekler oda sıcaklığında soğutulmuş ve ardından 0.45 µm por çapına sahip membran filtrelerden süzülerek 20 ppm'lik vial şişelere doldurulmuştur. Bu işlem sonucunda amino asitlerin yapısı değiştirilerek, HPLC sisteminde daha kolay tespit edilebilir hale getirilmiştir. Türevlendirme, özellikle düşük konsantrasyonda bulunan amino asitlerin daha hassas şekilde analiz edilmesini sağlamıştır (Şekil 31).



Şekil 31. Toprak örneklerinin Türevlendirme aşamaları

HPLC analizinde kullanılmak üzere amino asitlerden, her biri 100 µg/mL derişime sahip stok standart çözeltiler hazırlanmıştır. Bu amaçla, her bir amino asitten 1.0 mg tartılmış ve 10 mL’lik balon joje içerisine aktarılmıştır. Amino asitler sırasıyla metanol (MeOH) ile çözüldürülmüş, ardından yine MeOH ile hacim tamamlanarak stok çözeltiler hazırlanmıştır. Hazırlanan amino asit çözeltileri: Alanin, arginin, asparagin, aspartik asit, glisin, glutamin, glutamik asit, histidin ve lösindir. Bütün stok çözeltiler ışıktan korunacak şekilde alüminyum folyo ile sarılarak +4 °C’de saklanmıştır. Kalibrasyon ve kalite kontrol çözeltileri stok çözeltilerin MeOH ile seyreltilmesi ile günlük olarak hazırlanmıştır. 6.121 gr sodyum asetatın tartılarak hacmi 1000 ml’ye tamamlanmasıyla 50 mM asetat çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözücü HPLC ile analizlerde yürütme çözücüsü olarak kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

Amino asit analizleri, yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 32). Hareketli faz, sodyum asetat (50 mM), metanol (MeOH) ve asetonitril’den (ACN) oluşmuştur. Enjeksiyon hacmi 10 µL ve akış hızı 1.0 mL/dk’dır. Kolon fırını sıcaklığı 25 °C’ye ayarlanmıştır. Analitik kolon olarak Poroshell 120 PFP (100 mm x 4.6 mm, 2.7 µm) kullanılmıştır. UVD 280 nm’ye ayarlanmıştır. Analitlerin UV spektrumları 190-400 nm aralığında kaydedilmiştir. UVD için örnek alma hızları sırası ile 10 ve 40 Hz olarak belirlenmiştir. Yöntem validasyonu ve Kromatografik şartların optimizasyonu sırasında sadece UVD kullanılmıştır.



Şekil 32. Toprak örneklerinde HPLC ile amino asit tayini

Analize başlamadan önce, ilk olarak 15 dk boyunca 1 mL/dk akış hızında deiyonize su: ACN karışımı (88.5:11.5, h/h) sistemden geçirilmiş, daha sonra zemin düzeline kadar asetat tamponu (50 mM):MeOH:ACN karışımı (97:1:2 h/h) ile şartlama yapılmıştır. Hareketli faz 0.45 µm por çaplı membran filtreden süzölmüş ve ultrasonik banyoda 15 dk bekletilerek çözünmüş gazların uzaklaştırılması sağlanmıştır.

Tablo 10. Analizde uygulanan gradient programı

Zaman (dk)	ACN (%)	Sodyum Asetat (%) (50 mM)	MeOH(%)
0	2	97	1
6	9	89	2
10	25	67	8
12	30	25	45
15	30	25	45
17	15	80	5
19	2	97	1

Sistem Uygunluk Testi: Validasyon aşamasına geçmeden önce, sistemin yeterli ölçüde çalıştığını kanıtlamak için sistem uygunluk testi yapılmıştır.

Doğrusallık: Amino asitlerin toprak analizinde, doğrusallık çalışmaları kapsamında amino asitler için beş konsantrasyon seviyesinde üçer örnek hazırlanmış ve analiz edilmiştir. Her bir amino asit için elde edilen pik alanı değerleri amino asit derişimine karşı grafiğe geçirilerek ayrı ayrı kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Elde edilen r değerleri incelenerek yöntem doğrusallığı değerlendirilmiştir.

Seçicilik: Olası bozucu bileşiklerin varlığında geliştirilen yöntemin sadece amino asitlere cevap verdiğini kanıtlamak amacıyla seçicilik deneyleri yürütölmüştür. Bu kapsamda, örnekler analiz edilmiş ve analitlerin alıkonma zamanlarında kolonu terk eden bozucu bileşenlerin olup olmadığı incelenmiştir.

UVD Dalga Boyu Seçimi: Bütün amino asitler için optimum cevabın alındığı en uygun dalga boyunun 280 nm olduğuna karar verilmiştir.

Yöntem Geliştirilmesi: Bu kapsamda, üç farklı kolonun Poroshell 120 EC-C₁₈ (100 mm x 4.6 mm, 2.7 µm), Raptor C₁₈ (100 mm x 4.6 mm, 2.7 µm) ve Inertsil ODS-3 (150 mm x 4.6 mm, 5 µm) aminoasitlerin ayırımındaki etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Organik çözücü

yüzdesi ve pH'ın ayırma etkisi bütün kolonlarda değerlendirilmiştir. Sıcaklık ve gradient şekli parametreleri sadece en yüksek performansı gösteren kolonda optimize edilmiştir.

Ayırım Üzerine pH'ın Etkisinin Araştırılması: Alıkonma ve ayırım üzerine pH'ın etkisi 2-7 aralığında izokratik şartlar altında incelenmiştir. En uygun pH değerinin sodyum asetat ve Poroshell 120 EC-C18 Kolon ile 4.88 pH'da maximum ayırım kalitesine ulaştığı görülmüştür.

Organik Çözücü Yüzdesinin Ayırım Üzerine Etkisinin İncelenmesi: Bu çalışmada, hareketli faz bileşiminde organik çözücü olarak MeOH ve ACN kullanılmıştır. ACN yüzdesinin ayırım üzerine etkisi bütün kolonlarda incelenmiştir. Hareketli faz bileşiminde sulu çözelti olarak 50 mM asetat çözeltisi kullanılmıştır. Analizler UVD kullanılarak 280 nm'de, 1 mL/dk akış hızında ve 25 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir.

Gradient Şartlarının Belirlenmesi: Amino asitlerin ayırımının gradient analizin yapılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla, çalışmada kullanılan bütün kolonların etkinlikleri gradient şartlar altında incelenmiştir. Kuvvetli organik çözücü olarak ACN, MeOH ve sulu faz olarak 50 mM asetat çözeltisi kullanılarak farklı gradient eğimlerde yürütmeler gerçekleştirilmiştir. 0 dk, %1 ACN, %2 MeOH; 15 dk %30 ACN gradienti uygulandığında optimum ayırımın sağlandığı gözlemlenmiştir. Analiz süresi ve MOX-GEM pik çifti için elde edilen R değeri göz önünde bulundurulduğunda Poroshell 120 EC-C18 kolon ile yöntem geliştirme çalışmalarına devam edilmesine karar verilmiştir.

Sıcaklığın Ayırım Üzerine Etkisinin Araştırılması: Sıcaklığın Poroshell 120 EC-C18 kolonda ayırım üzerine etkisi 25-50 °C aralığında incelenmiştir. Beklendiği şekilde sıcaklığın artırılması ile analitlerin alıkonmasında azalma gözlemlenmiştir. Sıcaklık 25 °C'de analizin yapılmasına karar verilmiştir.

Kolon Temizleme ve Kolon Şartlandırma Basamaklarının Gradient Programa Eklenmesi: Kromatografik şartların optimizasyonunda son olarak, sistemin ölü hacmi göz önünde bulundurularak, gradiente 0 dk, %11.5 ACN; 7 dk, %20 ACN şekli verilmiştir. Ayırımdan sonra 3 dk boyunca %80 ACN geçirilecek şekilde kolon temizleme basamağı ve 8 dk % 11.5 ACN geçirilecek şekilde kolon şartlandırma basamağı gradient programa eklenmiştir. Deneyler sonucu optimum olduğu belirlenen ACN ve asetat tamponu (50 mM) gradienti Tablo 10'da verilmiştir. Poroshell 120 EC-C18 kolon kullanılarak akış hızı ve kolon sıcaklığı sırasıyla 1 mL/dk ve 25 °C'ye ayarlandığında en iyi ayırımın sağlandığı gözlemlenmiştir.

2.3.4. İstatistiksel Yöntemler

Elde edilen veriler üzerinde SPSS 27 paket programı kullanılarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Yükselti, bonitet ve meşcere tipleri gibi faktörlerin; ölçülen toprak özellikleri (fiziksel-kimyasal özellikler, organik karbon, toplam azot, amonyum, nitrat, aminoasit miktarları), kök (biyokütle, organik karbon ve azot miktarları) ve ölü örtü (biyokütle, organik karbon ve azot miktarları) bakımından anlamlı farklılık oluşturup oluşturmadığı Çoklu Varyans analizi (MANOVA) ile belirlenmiştir. Tüm istatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak alınmıştır. Belirlenen anlamlı farklılıkların hangi gruplar arasında meydana geldiğini belirlemek amacıyla Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Ayrıca topoğrafik faktörler (yükselti, eğim, bakı, üst boy) ile toprak, kök ve ölü örtü bileşenlerine ait değişkenler arasındaki ilişkiler, Pearson korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Kök Biyokütlesi

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde birim alandaki kök biyokütlelerine (t/ha) ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 11’de verilmiştir. Tablo 11 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi sırasıyla, 4.82 t/ha, 4.59 t/ha ve 4.76 t/ha; ince kök kütlesi sırasıyla, 1.70 t/ha, 2.97 t/ha ve 1.84 t/ha; kalın kök kütlesi sırasıyla, 5.48 t/ha, 5.37 t/ha ve 6.57 t/ha; toplam kök kütlesi ise sırasıyla, 12.0 t/ha, 12.92 t/ha ve 13.16 t/ha olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi sırasıyla, 5.33 t/ha, 6.13 t/ha ve 4.34 t/ha; ince kök kütlesi sırasıyla, 2.82 t/ha, 2.19 t/ha ve 2.22 t/ha; kalın kök kütlesi sırasıyla, 6.51 t/ha, 10.02 t/ha ve 6.47 t/ha; toplam kök kütlesi ise sırasıyla, 14.66 t/ha, 18.34 t/ha ve 13.04 t/ha olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi sırasıyla, 6.79 t/ha, 6.10 t/ha ve 5.04 t/ha; ince kök kütlesi sırasıyla, 3.19 t/ha, 2.69 t/ha ve 2.36 t/ha; kalın kök kütlesi sırasıyla, 5.39 t/ha, 4.69 t/ha ve 8.55 t/ha; toplam kök kütlesi ise sırasıyla, 15.36 t/ha, 13.48 t/ha ve 15.09 t/ha olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi sırasıyla, 5.56 t/ha, 6.48 t/ha ve 4.66 t/ha; ince kök kütlesi sırasıyla, 2.77 t/ha, 2.70 t/ha ve 3.04 t/ha; kalın kök kütlesi sırasıyla, 5.29 t/ha, 7.92 t/ha ve 7.50 t/ha; toplam kök kütlesi ise sırasıyla, 13.62 t/ha, 17.09 t/ha ve 15.20 t/ha olarak bulunmuştur (Tablo 11).

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi sırasıyla, 6.91 t/ha, 6.33 t/ha ve 3.54 t/ha; ince kök kütlesi sırasıyla, 3.89 t/ha, 2.92 t/ha ve 1.52 t/ha; kalın kök kütlesi sırasıyla, 9.13 t/ha, 6.20 t/ha ve 3.68 t/ha; toplam kök kütlesi ise sırasıyla, 19.93 t/ha, 15.44 t/ha ve 8.74 t/ha olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi sırasıyla, 5.57 t/ha, 5.28 t/ha ve 4.87 t/ha; ince kök kütlesi sırasıyla, 3.60 t/ha, 2.79 t/ha ve 2.82 t/ha; kalın kök kütlesi sırasıyla, 6.55 t/ha, 6.22 t/ha ve 8.83 t/ha; toplam kök kütlesi ise sırasıyla, 15.72 t/ha, 14.28 t/ha ve 15.39 t/ha olarak bulunmuştur (Tablo 11).

Tablo 11. Meşcere tipleri bazında kök biyokütle bileşenlerinin bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	Kök Biyokütlesi (t/ha)	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	Kılcal Kök (0-2 mm)	4.82± 1.97 ⁽¹⁾	4.59±1.56	4.76±1.33	5.33±1.38	6.13±1.66	4.34±1.19
		2.33-8.77 ⁽²⁾	2.61-6.62	2.61-6.47	3.79-7.43	4.79-8.40	2.24-6.72
	İnce Kök (2-5 mm)	1.70±0.92	2.97±1.52	1.84±0.61	2.82±0.34	2.19±0.08	2.22±0.88
		0.65-3.86	1.24-6.38	1.18-2.86	2.61-3.42	2.12-2.30	0.40-3.61
	Kalın Kök (> 5 mm)	5.48±3.41	5.37±5.26	6.57±4.86	6.51±5.00	10.02±6.82	6.47±3.11
		0.96-10.29	0.78-16.73	1.28-12.60	0.90-12.01	3.92-19.22	1.34-11.45
3	Toplam Kök	12.0±4.35	12.92±5.16	13.16±4.84	14.66±5.40	18.34±6.48	13.04±3.19
		3.95-18.72	8.55-24.01	8.18-19.47	8.21-22.21	10.85-26.44	7.03-18.01
	Kılcal Kök (0-2 mm)	6.79±1.92	6.1±2.49	5.04±2.44	5.56±1.93	6.48±2.09	4.66±1.22
		4.35-9.02	2.58-10.20	2.96-9.95	2.89-9.27	4.76-9.52	2.36-6.87
	İnce Kök (2-5 mm)	3.19±0.83	2.69±1.39	2.36±1.53	2.77±1.18	2.70±1.54	3.04±1.22
		2.18-4.54	0.84-4.54	0.78-5.75	1.28-4.67	1.09-5.60	1.15-4.73
4	Kalın Kök (> 5 mm)	5.39±2.45	4.69±3.32	8.55±5.36	5.29±3.98	7.92±5.32	7.50±5.27
		2.89-9.24	1.40-11.45	3.73-21.86	0.47-13.96	2.33-17.57	2.46-17.42
	Toplam Kök	15.36±3.34	13.48±3.87	15.09±6.84	13.62±6.11	17.09±7.07	15.20±5.20
		11.20-20.43	9.86-20.99	5.23-26.47	5.23-23.42	10.14-29.27	9.18-24.85
	Kılcal Kök (0-2 mm)	6.91±2.99	6.33±2.67	3.54±0.68	5.57±1.03	5.28±2.01	4.87±1.15
		2.77-10.89	3.76-10.08	2.89-4.32	4.11-6.66	3.76-9.39	3.02-6.28
4	İnce Kök (2-5 mm)	3.89±2.28	2.92±0.78	1.52±1.08	3.60±0.68	2.79±0.74	2.82±1.14
		0.84-7.12	2.21-3.98	0.56-2.89	2.96-4.70	1.62-3.64	1.28-4.60
	Kalın Kök (> 5 mm)	9.13±4.42	6.20±4.15	3.68±1.87	6.55±3.91	6.22±4.08	8.83±6.77
		1.59-16.17	2.27-11.69	1.99-5.88	3.48-13.22	1.18-13.44	0.16-18.97
	Toplam Kök	19.93±8.60	15.44±6.41	8.74±1.92	15.72±4.60	14.28±5.39	15.39±8.53
		5.38-31.13	8.52-21.68	6.00-11.23	11.45-23.54	6.66-21.34	0-28.05

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Meşçere tiplerine göre birim alandaki kök kütlesine ait ortalama değerler Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Meşçere tiplerine göre birim alandaki kök kütlesine (t/ha) ait bulgular

Meşçere Tipi	Kılcal kök (0-2 mm)	İnce kök (2-5 mm)	Kalın kök (>5 mm)	Toplam
Lbc3	5.83±2.12 ⁽¹⁾	2.94±1.46	6.43±3.96	15.21±6.21
	2.33-10.89 ⁽²⁾	0.65-7.12	0.47-16.17	3.95-31.13
Lc3	5.69±2.06	2.74±1.15	6.44±4.75	14.87±5.54
	2.58-10.20	0.84-6.38	0.78-19.22	6.66-29.27
Lcd3	4.60±1.48	2.40±1.18	7.19±4.90	13.87±5.73
	2.24-9.95	0.40-5.75	0.16-21.86	0.10-28.05

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma, ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 12 incelendiğinde; Lbc3 meşçerelerinde birim alandaki ortalama kök kütleleri; kılcal kökte 5.83 t/ha, ince kökte 2.94 t/ha, kalın kökte 6.43 t/ha ve toplam kökte ise 15.21 t/ha olarak bulunmuştur. Lc3 meşçerelerinde birim alandaki ortalama kök kütleleri; kılcal kökte 5.69 t/ha, ince kökte 2.74 t/ha, kalın kökte 6.44 t/ha ve toplam kökte ise 14.87 t/ha olarak bulunmuştur. Lcd3 meşçerelerinde birim alandaki ortalama kök kütleleri; kılcal kökte 4.60 t/ha, ince kökte 2.40 t/ha, kalın kökte 7.19 t/ha ve toplam kökte ise 13.87 t/ha olarak bulunmuştur (Tablo 12).

Ladin meşçerelerinde kök biyokütlesine ait kılcal kök, ince kök, kalın kök ve toplam kök miktarlarının (t/ha), bonitet sınıfları, meşçere tipleri ve yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 13-16’da gösterilmiştir.

Tablo 13. Bonitet, meşçere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kılcal kök (0-2 mm) biyokütlesi miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	12.723	2	6.362	1.834	0.164
Meşçere tipi	49.194	2	24.597	7.091	0.001
Yükselti basamağı	0.158	1	0.158	0.046	0.831
Bonitet*meşçere tipi	8.365	4	2.091	0.603	0.661
Bonitet*yükselti basamağı	5.748	2	2.874	0.829	0.439
Meşçere tipi*yükselti basamağı	5.669	2	2.834	0.817	0.444
Bonitet*meşçere tipi*yükselti basamağı	18.928	4	4.732	1.364	0.251

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre kılcal kök (0-2 mm) biyokütle miktarının meşcere tiplerine ($F=7.091$, $p=0.001<0.05$) göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 13).

Tablo 14. Meşcere tiplerine göre kılcal kök biyokütle miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Kök Biyokütlesi (t/ha)	Meşcere Tipi	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Kılcal Kök (0-2 mm)	Lbc3	43	5.835	b
	Lc3	36	5.695	b
	Lcd3	54	4.602	a

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre kılcal kök biyokütle miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, Lbc3 ve Lc3 meşcereleri en yüksek, Lcd3 meşcereleri ise düşük kılcal kök biyokütle ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 14).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde kılcal kök (0–2 mm) biyokütlesiyle anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre kılcal kök kütlesiyle; üst boy ($r=-0.248$), amonyum ($r=-0.204$), nitrat ($r=-0.237$), toplam mineral N ($r=-0.243$) ve toprak N ($r=-0.172$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık kılcal kök kütlesiyle; kılcal kök N ($r=0.912$), kılcal kök organik C ($r=0.956$), ince kök kütlesi ($r=0.411$), ince kök N ($r=0.370$), ince kök organik C ($r=0.399$) ve toplam kök kütlesi ($r=0.508$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Kök biyokütlesinin miktarı ve dağılımı; ekosistem tipi, meşcere yaşı, toprak özellikleri ve iklim koşulları gibi çevresel etmenlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Clark vd., 2001; Yuan ve Chen, 2010 ve 2012). Varyans analizi sonuçlarına göre, gelişim çağıının ilerlemesiyle birlikte kılcal kök biyokütlesi azalmaktadır. Genç ve orta yaşlı meşcerelerde kılcal kök biyokütlesinin daha yüksek olması, kök sisteminin aktif gelişim sürecinde bulunması ve besin alım kapasitesinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Korelasyon analizi sonucuna göre üst boy arttıkça kılcal kök biyokütlesi azalmaktadır. Kılcal kökler, özellikle su ve mineral alımında etkin rol oynayan köklerdir. Düşük bonitete sahip ormandaki ağaçlar, topraktan yeterli besin ve su teminini sağlamak için kılcal kök gelişimini artırmaktadır. Kılcal köklerin yoğunluğu arttıkça, ağacın toprak çözeltisinden besin

elementlerini etkin bir şekilde alabilme kapasitesi yükselmekte ve böylece zorlu çevresel koşullara rağmen hayatta kalma ve büyüme olasılığı artmaktadır. Kılcal kök kütlesi ile amonyum, nitrat, toplam mineral azot ve toprak azotu arasındaki negatif yönlü ilişkiler, ladin orman ekosistemlerinde besin kısıtlılığına karşı gelişen fizyolojik bir kök durumudur. Yüksek dağlık alanlara özgü soğuk, asidik ve organik madde bakımından fakir toprak koşullarında, *Picea orientalis* gibi türler besin alımını artırmak amacıyla kılcal kök üretimini yoğunlaştırmakta ve kök yüzey alanını genişleterek besin emilimini optimize etmektedir. Kılcal kök kütlesi ile kılcal kök N, organik C, ince kök kütlesi ve toplam kök kütlesi arasındaki pozitif korelasyonlar, kök sisteminin ladin ormanlarında karbon ve azot alımında merkezi rol oynadığını ve besin sınırlı koşullarda kök yüzey alanının artırılarak kaynak kullanımının optimize edildiğini göstermektedir.

Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen kılcal kök kütlesi bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Bülbül (2012), orta yaşlı ve yaşlı saf Doğu Ladini meşcerelerinde yaptığı çalışmada, 0–2 mm çap aralığındaki kök biyokütlesinin 0.57–4.67 t/ha arasında değiştiğini belirlemiştir. Ladin üzerine yapılan bir çalışmada, kılcal kök kütlesi 11.56 t/ha olarak tespit edilmiştir (Tüfekçioğlu vd., 2002). Kocamanoğlu (2022) tarafından Doğu Ladini meşcerelerinde yapılan bir araştırmada 0–2 mm çap aralığındaki kılcal köklerin ortalama biyokütleleri, a meşcere gelişim çağında 12.14 t/ha, b meşcere gelişim çağında 15.15 t/ha ve bc meşcere gelişim çağında 15.50 t/ha olarak belirlenmiştir. Tufekcioglu vd. (2005) Artvin yöresinde Doğu Kayını ve Doğu Ladini meşcerelerinde yaptıkları çalışmada kılcal kök kütlesinin ladin meşceresinde 3.52 t/ha ile 15.01 t/ha arasında; kayın meşceresinde 4.11 t/ha ile 14.52 t/ha arasında değişmekte olduğunu belirtmişlerdir. Tüfekçioğlu vd. (2004a), saf Doğu Ladini meşcerelerinde yaptıkları çalışmada, 0–2 mm çaplı kök biyokütlesinin kuzeye bakan yamaçlarda ortalama 20,16 t/ha, güneye bakan yamaçlarda ise 17.14 t/ha olduğunu belirlemiştir. Akburak vd. (2013), Belgrad Ormanları'ndaki Doğu Ladini ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmada kılcal kök biyokütlesini 6.54 t/ha olarak belirlemiştir. Tüfekçioğlu ve Küçük (2004) Ekim ayında yaptıkları ölçümlerde, kılcal kök kütlesinin diri örtülü 90 yaşındaki ladin meşceresinde 4.04 t/ha, diri örtüsüz 90 yaşındaki meşcerede 4.98 t/ha ve 15 yaşındaki genç meşcerede 5.64 t/ha olduğunu belirlemiştir. Yuan vd. (2018), 50 yaşın üzerindeki Avrupa Ladini meşcerelerine ait verileri derleyerek yaptıkları analizde, kılcal kök biyokütlesinin ortalama 4 t/ha olduğunu ve değerlerin 1.5–10.5 t/ha arasında değiştiğini bildirmiştir. Jackson vd. (1997) tarafından dünya genelindeki

verilerin derlenmesiyle yapılan çalışmada, ılıman yaprak döken ormanlarda ortalama kılcal kök kütlesi 4.4 t/ha olarak bildirilmiştir. Yalancı akasya türü üzerinde yapılan bir çalışmada kılcal kök kütlesi 4.02 t/ha olarak belirlenmiştir (Tüfekçioğlu ve Güner, 2008). Kahveci (2024) tarafından yapılan çalışmada kılcal köklerin ortalama biyokütle miktarları Çk meşceresinde 9.52 t/ha, ÇkÇs meşceresinde 8.76 t/ha ve ÇkM meşceresinde 11.14 t/ha olarak belirlenmiştir. Mısır ve Mısır (2013), Kayın meşcerelerinde yaptıkları çalışmada kılcal kök biyokütlesinin yaşla birlikte azaldığını bildirmiştir. Ayrıca literatürde, 0–2 mm kök biyokütlesinin 1–12.6 t/ha (Fogel, 1983) aralığında değiştiğini bildiren çalışmalar mevcuttur. Bu kapsamda, mevcut çalışmada elde edilen değerlerin literatürde bildirilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 15. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ince kök (2-5 mm) biyokütlesi miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	8.644	2	4.322	2.897	0.049
Meşcere tipi	10.850	2	5.425	3.636	0.029
Yükselti basamağı	1.313	1	1.313	0.880	0.350
Bonitet*meşcere tipi	9.594	4	2.399	1.607	0.177
Bonitet*yükselti basamağı	0.234	2	0.117	0.079	0.925
Meşcere tipi*yükselti basamağı	6.180	2	3.090	2.071	0.131
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	7.073	4	1.768	1.185	0.321

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre ince kök (2-5 mm) biyokütle miktarının bonitet ($F=2.897$, $p=0.049<0.05$) ve meşcere tiplerine ($F=3.636$, $p=0.029<0.05$) göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 15).

Tablo 16. Bonitet sınıflarına göre ince kök biyokütle miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Kök Biyokütlesi (t/ha)	Bonitet Sınıfı	n	Ortalama	Homojen Gruplar
İnce Kök (2-5 mm)	2	45	2.254	a
	3	49	2.778	ab
	4	39	3.00	b

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre ince kök biyokütle miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 4. bonitet sınıfındaki meşcereler en yüksek, 2. bonitet sınıfındaki meşcereler ise en

düşük ince kök biyokütle ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 16).

Tablo 17. Meşcere tiplerine göre ince kök biyokütle miktarlarının değişimi

Kök Biyokütlesi (t/ha)	Meşcere Tipi	n	Ortalama
İnce Kök (2-5 mm)	Lbc3	43	2.942
	Lc3	36	2.740
	Lcd3	54	2.400

Meşcere tiplerine göre farklılıklar incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinin (2.942 t/ha), Lcd3 meşcerelerine (2.400 t/ha) göre daha yüksek ince kök biyokütle miktarına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 17).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde ince kök (2–5 mm) biyokütlesiyle anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre ince kök kütlesiyle ve üst boy ($r=-2.333$) arasında negatif yönlü bir korelasyon saptanmıştır. Buna karşılık ince kök kütlesiyle; kılcal kök kütlesi ($r=0.411$), kılcal kök N ($r=0.392$), kılcal kök organik C ($r=0.391$), ince kök N ($r=0.891$), ince kök organik C ($r=0.972$), kalın kök kütlesi ($r=0.211$), kalın kök N ($r=0.301$), kalın kök organik C ($r=0.193$) ve toplam kök kütlesi ($r=0.535$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, ince kök biyokütlesinin bonitet sınıflarına göre anlamlı düzeyde farklılık göstermesi, meşcerelerin yetiştirme ortamı koşullarına verdikleri ekolojik tepkilerin bir göstergesidir. En yüksek ince kök biyokütlesinin 4. bonitet sınıfındaki meşcerelerde belirlenmesi, bu alanlarda besin ve nemin sınırlı olduğu koşullarda ağaçların toprak çözeltisinden besin elementlerini daha etkin şekilde alabilmek amacıyla ince kök üretimini artırdıklarını göstermektedir. Buna karşın, 2. bonitet sınıfındaki meşcerelerde düşük ince kök biyokütlesi değerlerinin saptanması, daha elverişli toprak koşullarında besin ve su erişiminin kolay olması nedeniyle kök sistemine duyulan gereksiniminin azalmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, ince kök biyokütlesindeki bu farklılıklar, Doğu Ladini meşcerelerinde toprak verimliliği ve kök gelişimi arasındaki güçlü ekolojik ilişkiyi yansıtmaktadır. Varyans analizi sonuçlarına göre ince kök biyokütlesinin meşcere gelişim çağlarına bağlı olarak azaldığı gözlemlenmiştir; bc, c ve cd meşcere gelişim çağında sırasıyla 2.94 t/ha, 2.74 t/ha, 2.40 t/ha olarak belirlenmiştir. Genç ve orta yaşlı meşcerelerde kılcal

kök biyokütlesinin daha yüksek olması, kök sisteminin aktif gelişim sürecinde bulunması ve besin alım kapasitesinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. İnce kök biyokütlesinin meşcere gelişim çağlarına bağlı olarak azalması, meşcere yaşlandıkça kök sisteminin daha kalın köklere yönelmesi ve ince kök yenilenme oranlarının düşmesiyle açıklanabilir. İnce kökler, toprakta su ve besin alımında yüksek ara yüzey alanı sağlayarak bitkilerin çevresel stres koşullarına karşı direncini artırmaktadır. Korelasyon analizi sonucuna göre üst boy arttıkça ince kök biyokütlesi azalmaktadır. Düşük bonitete sahip orman ağaçları, topraktan yeterli besin ve su teminini sağlamak için ince kök gelişimini artırmaktadır. İnce kök kütlesi ile kılcal, kalın ve toplam kök biyokütlesi ile birlikte kök N ve organik C içerikleri arasındaki pozitif korelasyonlar, kök sisteminin ladin ormanlarında karbon ve azot alımında merkezi bir rol oynadığını göstermektedir. Bu durum, besin içeriği bakımından kısıtlı ortamlarda bitkilerin kök yüzey alanını artırarak kaynak kullanımını optimize etmesine ve fizyolojik olarak uyum sağladığını göstermektedir.

Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen ince kök kütlesi bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Bülbül (2012), orta yaşlı ve yaşlı saf Doğu Ladini meşcerelerinde yaptığı çalışmada, 2–5 mm çap aralığındaki kök biyokütlesinin 0.87–9.56 t/ha arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Ladin üzerine yapılan bir çalışmada, ince kök kütlesi 3.15 t/ha olarak tespit edilmiştir (Tüfekçioğlu vd., 2002). Akburak vd. (2013), Belgrad Ormanları'ndaki Doğu Ladini ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmada ince kök biyokütlesini 3.16 t/ha olarak belirlemiştir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan araştırmada 2–5 mm çap aralığındaki ince köklerin ortalama biyokütleleri, a meşcere gelişim çağında 2.68 t/ha, b meşcere gelişim çağında 3.57 t/ha ve bc meşcere gelişim çağında 3.08 t/ha olarak belirlenmiştir. Yalancı akasya türü üzerinde yapılan bir çalışmada ince kök kütlesi 0.39 t/ha olarak belirlenmiştir (Tüfekçioğlu ve Güner, 2008). Kahveci (2024) tarafından yapılan çalışmada ince köklerin ortalama biyokütle miktarları Çk meşceresinde 2.54 t/ha, ÇkÇs meşceresinde 2.16 t/ha ve ÇkM meşceresinde 2.36 t/ha olarak belirlenmiştir. Ayrıca literatürde, ince kök biyokütlesinin 1.8–2.2 t/ha aralığında değiştiğini bildiren çalışmalar mevcuttur (Keyes ve Grier, 1981). Bu kapsamda, mevcut çalışmada elde edilen değerlerin literatürde bildirilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 18. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kalın kök (>5 mm) biyokütlesi miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	1.089	2	0.545	0.026	0.974
Meşcere tipi	6.565	2	3.283	0.156	0.856
Yükselti basamağı	38.784	1	38.784	1.845	0.177
Bonitet*meşcere tipi	91.328	4	22.832	1.086	0.367
Bonitet*yükselti basamağı	8.103	2	4.051	0.193	0.825
Meşcere tipi*yükselti basamağı	47.456	2	23.728	1.129	0.327
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	125.762	4	31.44	1.496	0.208

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre kalın kök (>5 mm) biyokütle miktarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 18’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde kalın kök (>5 mm) biyokütlesiyle anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre kalın kök kütlesiyle; EC ($r=-0.290$) ve solma kapasitesi ($r=-0.170$) arasında negatif yönlü bir korelasyon saptanmıştır. Buna karşılık kalın kök kütlesiyle; ince kök kütlesi ($r=0.211$), ince kök organik C ($r=0.217$), kalın kök N ($r=0.880$), kalın kök organik C ($r=0.976$), kalın kök C/N oranı ($r=0.288$), toplam kök kütlesi ($r=0.881$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Kalın kök kütlesi ile toprak elektriksel iletkenlik ve solma kapasitesi arasındaki negatif korelasyon, düşük nem ve besin koşullarında köklerin daha yoğun geliştiğini ve ağacın su ile mineral alımını optimize ettiğini göstermektedir. Düşük EC’ye sahip topraklar genellikle mineralce fakir topraklar oldukları için, bitkiler besin alımını artırmak için kalın ve derin kökler geliştirmektedir. Solma kapasitesinin düşük olduğu koşullar, toprağın su tutma kapasitesinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu durumda kalın kökler, suyun daha derin toprak katmanlarından alınmasına yardımcı olarak ağacın su stresine karşı direncini artırır.

Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen kalın kök kütlesi bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Bülbül (2012), orta yaşlı ve yaşlı saf Doğu Ladini meşcerelerinde yaptığı çalışmada, kalın kök biyokütlesinin 1.36–13.19 t/ha arasında değiştiğini belirlemiştir. Ladin üzerine yapılan bir çalışmada, kalın kök kütlesi 10.20 t/ha olarak tespit edilmiştir (Tüfekçioğlu vd., 2002). Akburak vd. (2013), Belgrad Ormanları’ndaki Doğu Ladini

ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmada kalın kök biyokütlesini 4.53 t/ha olarak belirlemiştir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan araştırmada >5 mm çap sınıfına ait kalın kök biyokütlesi, OT alanında 6.35 t/ha, a meşcere gelişim çağında 8.41 t/ha, b meşcere gelişim çağında 4.77 t/ha ve bc meşcere gelişim çağında 6.60 t/ha olarak belirlenmiştir. Yalancı akasya türü üzerinde yapılan bir çalışmada kalın kök kütlesi ise 1.45 t/ha olarak belirlenmiştir (Tüfekçioğlu ve Güner, 2008). Kahveci (2024) tarafından yapılan çalışmada kalın köklerin ortalama biyokütle miktarları Çk meşceresinde 8.72 t/ha, ÇkÇs meşceresinde 9.08 t/ha ve ÇkM meşceresinde 11.94 t/ha olarak belirlenmiştir. Tüfekçioğlu vd. (2010) yaptıkları çalışmada, 0–15 cm derinlikte kalın kök biyokütlesinin 2. bonitet ve 5. yaş sınıfındaki sarıçam meşcerelerinde en yüksek, 2. bonitet ve 3. yaş sınıfındaki sarıçam+gökmar meşcerelerinde en düşük olduğunu ve biyokütlenin meşcere yaşıyla birlikte arttığını bildirmiştir. Yavuz vd. (2010), yaptıkları çalışmada meşcere yaşının ilerlemesiyle birlikte kalın kök biyokütlesinin genel olarak arttığını bildirmiştir. Yanai vd. (2006), yaptıkları çalışmada kalın kök biyokütlesinin yaşlı meşcerelerde genç meşcerelere kıyasla yaklaşık 2,7 kat daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Mısır ve Mısır (2013), Kayın meşcerelerinde yaptıkları çalışmada kalın kök biyokütlesinin arttığını bildirmiştir.

Tablo 19. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toplam kök biyokütlesi miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	22.953	2	11.476	0.348	0.707
Meşcere tipi	95.403	2	47.702	1.448	0.239
Yükselti basamağı	46.494	1	46.494	1.411	0.237
Bonitet*meşcere tipi	195.177	4	48.794	1.481	0.212
Bonitet*yükselti basamağı	29.386	2	14.693	0.446	0.641
Meşcere tipi*yükselti basamağı	82.271	2	41.136	1.249	0.291
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	225.778	4	56.444	1.713	0.152

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre toplam kök biyokütle miktarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 19’da görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde toplam kök biyokütlesiyle anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre toplam kök kütlesiyle; EC ($r=-0.257$) ve solma kapasitesi ($r=-0.173$) ve toprak N ($r=-0.193$) arasında negatif yönlü bir korelasyon saptanmıştır. Buna

karşılık toplam kök kütlesiyle; kılcal kök kütlesi ($r=0.508$), kılcal kök N ($r=0.420$), kılcal kök organik C ($r=0.491$), ince kök kütlesi ($r=0.535$), ince kök N ($r=0.454$), ince kök organik C ($r=0.530$), kalın kök kütlesi ($r=0.881$), kalın kök N ($r=0.808$), kalın kök organik C ($r=0.866$) ve kalın kök C/N oranı ($r=0.210$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Doğu Ladininin sığ kök yapması nedeniyle kök biyokütlesinin büyük bölümü toprak yüzeyine yakın katmanlarda yoğunlaşmaktadır (Anonim, 1989). Bitkiler, topraktaki su miktarına göre bir denge sağlayarak köklerini nem şartlarına uygun geliştirmektedir (Sevim, 1961). Doğu Ladini organik madde bakımından zengin olan üst toprak horizonlarında yeterli besin temin edebildiği için köklerini derinlere doğru fazla geliştirme gereksinimi duymamaktadır (Akgül, 1975). Ek olarak, Doğu Ladininin köklerinin genellikle 1–1,5 m derinliğe kadar uzandığı, ancak kök yoğunluğunun en fazla toprağın ilk 10–15 cm'lik kısmında yoğunlaştığı belirtilmiştir (Akgül, 1975).

Toplam kök kütlesi ile toprak elektriksel iletkenlik (EC), solma kapasitesi ve toprak N arasındaki negatif korelasyon, kök sisteminin düşük besin ve su tutulumu koşullarında daha yoğun geliştiğini ve ağacın kaynak sınırlılığına yanıt olarak kök üretimini artırdığını göstermektedir. Araştırma alanındaki toplam kök biyokütle miktarları bc meşcere gelişim çağında 3.95 ile 31.13 t/ha arasında, c meşcere gelişim çağında 6.66 ile 29.27 t/ha arasında, cd meşcere gelişim çağında 0.00 ile 28.05 t/ha arasında olduğu belirlenmiştir. Doğu Ladininin saf ve karışık meşcerelerinde elde edilen kök kütlesi bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan araştırmada toplam kök biyokütlesi, a meşcere gelişme çağında 18.93 t/ha, b meşcere gelişme çağında 23.04 t/ha ve bc meşcere gelişme çağında 24.70 t/ha olarak belirlenmiştir. Kahveci (2024) tarafından yapılan çalışmada toplam köklerin ortalama biyokütle miktarları Çk meşceresinde 19.96 t/ha, ÇkÇs meşceresinde 19.67 t/ha ve ÇkM meşceresinde 24.58 t/ha olarak belirlenmiştir.

3.1.1. Kök Organik Karbon İçeriği

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde birim alandaki kök (kılcal kök, ince kök, kalın kök) biyokütlelerindeki organik C (%) içerikleri Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. Meşcere tipleri bazında kök bileşenlerindeki organik C stokunun bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	Kök Biyokütlesi OC %	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	Kılcal Kök (0-2 mm)	24.72±2.43 ⁽¹⁾	24.92±2.90	25.10±1.97	27.37±2.60	27.18±3.40	26.72±1.87
		22.4-29.32 ⁽²⁾	20.75-29.97	22.73-28.68	24.21-30.97	22.23-29.97	24.35-29.61
	İnce Kök (2-5 mm)	28.44±3.39	29.58±1.75	30.14±2.61	30.37±2.42	26.71±3.90	28.13±2.52
		23.42-34.01	26.80-31.54	24.40-31.80	26.68-32.18	21.18-30.28	24.37-32.28
	Kalın Kök (> 5 mm)	28.38±1.67	29.36±3.67	31.71±0.70	30.25±3.09	27.96±5.92	29.70±3.26
		25.77-30.06	24.87-34.97	30.85-33.04	26.70-33.92	19.70-33.59	22.74-34.20
3	Kılcal Kök (0-2 mm)	24.70±2.56	25.06±3.38	24.60±2.88	28.02±2.13	29.07±1.34	28.23±3.66
		21.77-28.89	19.99-29.87	19.51-30.18	25.78-31.61	27.68-31.63	22.01-34.75
	İnce Kök (2-5 mm)	25.57±3.03	28.43±4.66	29.17±2.76	30.30±2.82	31.95±2.73	30.98±1.87
		25.30-33.30	22.58-36.04	26.49-35.20	23.01-32.73	28.35-36.23	28.68-34.20
	Kalın Kök (> 5 mm)	30.75±3.77	30.17±4.05	26.49±10.61	31.74±1.19	34.77±2.93	32.03±3.75
		25.18-36.87	25.23-37.78	21.15-36.30	29.97-33.32	31.89-40.06	24.70-36.36
4	Kılcal Kök (0-2 mm)	24.52±2.46	26.43±3.53	25.65±2.92	26.28±1.68	27.78±1.38	28.03±3.05
		21.42-28.87	21.66-30.06	22.58-29.80	24.99-29.04	24.78-29.09	23.04-32.05
	İnce Kök (2-5 mm)	30.45±3.04	29.36±6.07	28.28±3.00	29.20±2.07	29.79±1.98	30.01±3.15
		24.97-33.82	21.73-36.59	25.77-32.26	26.70-31.70	26.06-31.98	25.13-34.85
	Kalın Kök (> 5 mm)	31.82±4.37	33.75±6.52	28.98±2.47	30.13±2.20	29.82±3.44	29.17±5.79
		23.47-37.85	25.61-40.94	25.32-31.27	27.16-32.63	24.94-34.71	16.61-34.11

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 20 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi organik C içerikleri sırasıyla, %24.72, %24.92 ve %25.10; ince kök kütlesi sırasıyla, %28.44, %29.58 ve %30.14; kalın kök kütlesi sırasıyla, %28.38, %29.36 ve %31.71 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi organik C içerikleri sırasıyla, %27.37, %27.18 ve %26.72; ince kök kütlesi sırasıyla, %30.37, %26.71 ve %28.13; kalın kök kütlesi sırasıyla, %30.25, %27.96 ve %29.70 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi organik C içerikleri sırasıyla %24.70, %25.06 ve %24.60; ince kök kütlesi sırasıyla, %25.57, %28.43 ve %29.17; kalın kök kütlesi sırasıyla, %30.75, %30.17 ve %26.49 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi organik C içerikleri sırasıyla, %28.02 , %29.07 ve %28.23; ince kök kütlesi sırasıyla, %30.30, %31.95 ve %30.98; kalın kök kütlesi sırasıyla, %31.74, %34.77 ve %32.03 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi organik C içerikleri sırasıyla, %24.52, %26.43 ve %25.65; ince kök kütlesi sırasıyla, %30.45, %29.36 ve %28.28; kalın kök kütlesi sırasıyla, %31.82, %33.75 ve %28.98 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi organik C içerikleri sırasıyla, %26.28 , %27.78 ve %28.03; ince kök kütlesi sırasıyla, %29.20, %29.79 ve %30.01; kalın kök kütlesi sırasıyla, %30.13, %29.82 ve %29.17 olarak bulunmuştur.

Tablo 21. Meşcere tiplerine göre kök bileşenlerine ait organik C (%) içerikleri

Meşcere Tipi	Kılcal kök (0-2 mm)	İnce kök (2-5 mm)	Kalın kök (>5 mm)
Lbc3	25.85±2.64 ⁽¹⁾	26.61±2.96	26.54±3.03
	21.42-31.61 ⁽²⁾	19.99-31.63	19.51-34.75
Lc3	29.44±2.95	29.45±3.56	29.49±2.71
	23.01-34.01	21.18-36.59	24.37-35.20
Lcd3	30.55±3.03	30.84±4.56	29.69±5.77
	23.47-37.85	19.70-40.94	23.64-36.36

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 21 incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinde kök bileşenlerindeki organik C içerikleri; kılcal kökte %25.85, ince kökte %26.61, kalın kökte %26.54 olarak bulunmuştur.

Lc3 meşcerelerinde kök bileşenlerindeki organik C içerikleri; kılcal kökte %29.44, ince kökte %29.45, kalın kökte %29.49 olarak bulunmuştur. Lcd3 meşcerelerinde kök bileşenlerindeki organik C içerikleri; kılcal kökte %30.55, ince kökte %30.84, kalın kökte %29.69 olarak bulunmuştur (Tablo 21).

Kılcal köklerin ortalama organik C içerikleri (%) bc, c ve cd meşcere gelişim çağında sırasıyla 25.85, 29.44 ve 30.55 olarak belirlenmiştir. İnce köklerin ortalama organik C içerikleri (%) bc, c ve cd meşcere gelişim çağında sırasıyla 26.61, 29.45 ve 30.84 olarak belirlenmiştir. Kalın köklerin ortalama organik C içerikleri (%) bc, c ve cd meşcere gelişim çağında sırasıyla 26.54, 29.49 ve 29.69 olarak belirlenmiştir. Kök bileşenlerindeki organik karbon içerikleri, meşcere tipi, bonitet ve yükseltiye bağlı olarak değişim göstermiştir. Lcd3 meşcerelerinde tüm kök fraksiyonlarında en yüksek, Lbc3 meşcerelerinde ise en düşük değerler elde edilmiştir. Meşcere gelişim çağı ile % C değerleri arasında çıkan pozitif ilişki kök çapı arttıkça kökte artan lignin ve selüloz içeriğinin artması ile ilişkilendirilebilir. Odunsu yapı arttıkça içerdiği karbon içeriğinde artış göstermektedir.

Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen kök kütlesi organik C (%) bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Tüfekçioğlu vd. (2004), Artvin Genya Dağı'ndaki Ladin meşcerelerinde yürüttükleri çalışmada kök biyokütlesinin organik C içeriklerini incelemiş; 0–2 mm çaplı köklerde %36.91, 2–5 mm çaplı köklerde %41.51 ve 5 mm'den büyük köklerde %42.72 olarak belirlemişlerdir. Bülbül (2012) tarafından yapılan çalışmada, köklerde depolanan C miktarının, kılcal köklerde %43–55, ince köklerde %36–51, kalın köklerde ise %32–47 arasında değiştiğini ifade etmiştir. Kocamanoğlu (2022) ise meşcere gelişim çağına göre kök bileşenlerinde organik C miktarlarının kılcal köklerde %31.47–45.91, ince köklerde %37.94–50.67, kalın köklerde ise %37.08–52.87 aralığında değiştiğini ortaya koymuştur. Sarıyıldız (2015) Ladin meşcerelerinde yaptığı çalışmada, ince köklerin karbon miktarlarının üst yamaçta kuzey bakıda %48,3, güney bakıda %48,7 ve alt yamaçta kuzey bakıda %49,4 olarak tespit etmiştir. Kahveci (2024) tarafından Samsun yöresinde yürütülen çalışmada, saf karaçam meşcerelerinde kılcal, ince ve kalın köklerde sırasıyla %37.99, %43.37 ve %44.92; karaçam–sarıçam karışık meşcerelerinde %35.93, %40.17 ve %41.79; karaçam–meşe karışık meşcerelerinde ise %31.98, %36.45 ve %39.35 olduğu bildirilmiştir. Bu kapsamda, mevcut çalışmada elde edilen değerlerin literatürde bildirilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 22. Meşcere tipleri bazında kök bileşenlerindeki organik C stokunun bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	Kök Biyokütlesi OC (t/ha)	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	Kılcal Kök (0-2 mm)	1.17±0.44 ⁽¹⁾	1.15±0.43	1.21±0.38	1.46±0.43	1.63±0.29	1.16±0.34
		0.68-2.07 ⁽²⁾	0.60-1.99	0.59-1.63	0.99-2.14	1.36-1.89	0.64-1.90
	İnce Kök (2-5 mm)	0.48±0.27	0.88±0.47	0.55±0.19	0.86±0.15	0.58±0.07	0.62±0.23
		0.22-1.09	0.37-1.94	0.37-0.86	0.71-1.09	0.49-0.67	0.11-0.95
	Kalın Kök (> 5 mm)	1.55±0.95	1.71±1.88	2.07±1.53	2.06±1.62	3.02±2.51	1.94±1.03
		0.29-2.91	0.19-5.85	0.42-4.02	0.25-3.93	1.11-6.46	0.40-3.92
3	Kılcal Kök (0-2 mm)	1.69±0.56	1.56±0.73	1.24±0.65	1.53±0.48	1.88±0.59	1.32±0.38
		0.98-2.61	0.56-2.76	0.73-2.58	0.91-2.51	1.38-2.72	0.52-1.96
	İnce Kök (2-5 mm)	0.87±0.22	0.73±0.32	0.69±0.46	0.86±0.39	0.88±0.53	0.94±0.39
		0.65-1.28	0.24-1.10	0.21-1.56	0.29-1.53	0.31-1.88	0.37-1.54
	Kalın Kök (> 5 mm)	1.71±0.96	1.37±0.87	2.25±1.72	1.67±1.23	2.87±2.21	2.42±1.73
		0.73-3.41	0.41-3.04	0.40-6.47	0.14-4.35	0.74-7.04	0.76-5.21
4	Kılcal Kök (0-2 mm)	1.69±0.78	1.66±0.76	0.92±0.26	1.47±0.34	1.47±0.61	1.36±0.35
		0.69-3.14	1.13-2.78	0.71-1.26	1.05-1.93	1.07-2.73	0.83-1.82
	İnce Kök (2-5 mm)	1.16±0.66	0.83±0.12	0.44±0.32	1.05±0.18	0.84±0.25	0.84±0.33
		0.28-2.08	0.66-0.91	0.15-0.89	0.79-1.29	0.42-1.16	0.44-1.35
	Kalın Kök (> 5 mm)	2.80±1.27	1.98±1.11	1.06±0.54	1.96±1.11	1.95±1.43	2.71±2.07
		0.60-4.95	0.83-3.00	0.62-1.76	0.95-3.80	0.30-4.66	0.03-6.37

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 22 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 1.17 t/ha, 1.15 t/ha ve 1.21 t/ha; ince kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 0.48 t/ha, 0.88 t/ha ve 0.55 t/ha; kalın kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 1.55 t/ha, 1.71 t/ha ve 2.07 t/ha olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 1.46 t/ha, 1.63 t/ha ve 1.16 t/ha; ince kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 0.86 t/ha, 0.58 t/ha ve 0.62 t/ha; kalın kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 2.06 t/ha, 3.02 t/ha ve 1.94 t/ha olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 1.69 t/ha, 1.56 t/ha ve 1.24 t/ha; ince kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 0.87 t/ha, 0.73 t/ha ve 0.69 t/ha; kalın kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 1.71 t/ha, 1.37 t/ha ve 2.25 t/ha olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 1.53 t/ha, 1.88 t/ha ve 1.32 t/ha; ince kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 0.86 t/ha, 0.88 t/ha ve 0.94 t/ha; kalın kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 1.67 t/ha, 2.87 t/ha ve 2.42 t/ha olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 1.69 t/ha, 1.66 t/ha ve 0.92 t/ha; ince kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 1.16 t/ha, 0.83 t/ha ve 0.44 t/ha; kalın kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 2.80 t/ha, 1.98 t/ha ve 1.06 t/ha olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 1.47 t/ha, 1.47 t/ha ve 1.36 t/ha; ince kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 1.05 t/ha, 0.84 t/ha ve 0.84 t/ha; kalın kök kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 1.96 t/ha, 1.95 t/ha ve 2.71 t/ha olarak bulunmuştur.

Meşcerelerde birim alandaki kök kütlesi organik C miktarına ait ortalama değerler Tablo 23’de verilmiştir. Tablo 23 oluşturulurken Tablo 22’deki kök bileşenlerine ait organik C miktarı ortalamaları verilmiştir. Tablo 23’de farklı meşcerelerde birim alandaki kök bileşenlerinin organik C miktarları belirlenirken yükselti basamakları ve bonitet sınıfları dikkate alınmamıştır.

Tablo 23. Meşçere tiplerine göre kök bileşenlerine ait organik C (t/ha) içerikleri

Meşçerele Tipi	Kılcal kök (0-2 mm)	İnce kök (2-5 mm)	Kalın kök (>5 mm)
Lbc3	1.50±0.55 ⁽¹⁾	1.52±0.60	1.23±0.42
	0.68-3.14 ⁽²⁾	0.56-2.78	0.52-2.58
Lc3	0.87±0.44	0.81±0.35	0.71±0.36
	0.22-2.08	0.24-1.94	0.11-1.56
Lcd3	1.97±1.21	2.06±1.70	2.16±1.56
	0.14-4.95	0.19-7.04	0.25-6.47

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 23 incelendiğinde; Lbc3 meşçerelerinde birim alandaki ortalama kök kütlesi organik C içerikleri; kılcal kökte 1.50 t/ha, ince kökte 1.52 t/ha, kalın kökte 1.23 t/ha olarak bulunmuştur. Lc3 meşçerelerinde birim alandaki ortalama kök kütlesi organik C içerikleri; kılcal kökte 0.87 t/ha, ince kökte 0.81 t/ha, kalın kökte 0.71 t/ha olarak bulunmuştur. Lcd3 meşçerelerinde birim alandaki ortalama kök kütlesi organik C içerikleri; kılcal kökte 1.97 t/ha, ince kökte 2.06 t/ha, kalın kökte 2.16 t/ha olarak bulunmuştur (Tablo 23).

Ladin meşçerelerinde toprak altı küttelede kılcal kök, ince kök ve kalın kökteki organik C miktarlarının (t/ha), bonitet sınıfları, meşçere tipleri ve yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 24-29'da gösterilmiştir.

Tablo 24. Bonitet, meşçere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kılcal kökteki (0-2 mm) organik C miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	1.239	2	0.620	2.373	0.098
Meşçere tipi	3.193	2	1.596	6.112	0.003
Yükselti basamağı	0.379	1	0.379	1.452	0.231
Bonitet*meşçere tipi	0.442	4	0.110	0.423	0.792
Bonitet*yükselti basamağı	0.275	2	0.137	0.526	0.592
Meşçere tipi*yükselti basamağı	0.291	2	0.145	0.556	0.575
Bonitet*meşçere tipi*yükselti basamağı	1.480	4	0.370	1.416	0.233

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre kılcal kökteki (0-2 mm) organik C miktarının meşçere tiplerine (F=6.112, p=0.003<0.05) göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 24).

Tablo 25. Meşcere tiplerine göre kılcal kök organik C miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Kılcal Kök Organik C Miktarı (t/ha)	Meşcere Tipi	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Kılcal Kök (0-2 mm)	Lbc3	43	1.496	b
	Lc3	36	1.524	b
	Lcd3	54	1.227	a

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre kılcal kök organik karbon miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, Lbc3 ve Lc3 meşcereleri en yüksek, Lcd3 meşcereleri ise düşük kılcal kök organik karbon ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 25).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde kılcal kök organik C miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre kılcal kök organik C miktarıyla; üst boy ($r=-0.253$), hacim ağırlığı ($r=-0.201$), toz (%) ($r=-0.191$), amonyum ($r=-0.213$), nitrat ($r=-0.244$), toplam mineral N ($r=-0.252$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık kılcal kök organik C miktarıyla; kum (%) ($r=0.187$), kılcal kök kütlesi ($r=0.956$), kılcal kök N ($r=0.879$), ince kök kütlesi ($r=0.391$), ince kök N ($r=0.355$), ince kök organik C ($r=0.411$) ve toplam kök kütlesi ($r=0.491$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre ortalama kılcal kök organik C miktarları meşcere gelişim çağlarına göre değişim göstermiş olup; bc meşcere gelişim çağında ortalama 1.50 t/ha, c meşcere gelişim çağında 1.52 t/ha ve cd meşcere gelişim çağında 1.23 t/ha olarak belirlenmiştir. Genç ve orta yaşlı meşcerelerde (bc ve c), kök büyümesi ve yenilenmesi daha aktif olduğundan kılcal kök üretimi ve dolayısıyla organik C birikimi daha yüksek olmaktadır. Korelasyon analizi sonuçları, üst boy arttıkça topraktaki besin ve nem miktarının yükselmesinin kök sistemine yapılan karbon depolama ihtiyacını azaltarak mikrobiyal ayrışmayı hızlandırdığını ve bunun sonucunda kılcal köklerde biriken organik karbon miktarının azaldığını göstermektedir. Kılcal köklerdeki organik C miktarı, toprak hacim ağırlığı ve toz oranı arttıkça azaldığı görülmektedir. Hacim ağırlığının artması ve toprağın ince taneli olması ile köklerin karbon biriktirme kapasitesi düşmektedir; bu durum köklerin büyüme ve gelişmesinin sınırlanmasıyla ilişkilendirilebilir. Analiz sonuçları, kılcal köklerdeki organik C miktarının amonyum, nitrat ve toplam mineral azot ile negatif ilişki

gösterdiğini ve topraktaki mineral azotun artmasının kılcal köklerdeki organik C birikimini azalttığını ortaya koymaktadır.

Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen kılcal kök organik C bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada kılcal kök C miktarı a, b ve bc meşcere gelişim çağına sırasıyla 2.17-7.91 t/ha, 3.64-8.59 t/ha, 2.51-10.55 t/ha arasında olduğunu belirlemiştir. Ladinle ilgili yapılan bir çalışmada, kuzeye bakan yamaçlarda kılcal kök C miktarı 7.86 t/ha, güneye bakan yamaçlarda 17.14 t/ha olarak tespit edilmiştir (Tufekcioglu vd., 2004). Kayın meşcerelerinde kılcal kök C miktarları 2.72 t/ha olarak bulunmuştur (Mısır ve Mısır, 2013). Saf karaçam meşcerelerinde kılcal köklerde depolanan organik C miktarı 0.72 t/ha; karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde bu değer 0.75 t/ha olarak belirlenmiştir (Öztürk, 2022). Tufekcioğlu vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada 25 yaşındaki meşcerede 2.8 t/ha olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, çalışmamızda elde edilen verilerle farklılık göstermektedir. Bu farklılık, çalışma alanlarının ekolojik koşulları, meşcere özellikleri ve kullanılan örnekleme yöntemlerindeki değişikliklerden kaynaklanabilir.

Tablo 26. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ince kökteki (2-5 mm) organik C miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.859	2	0.430	3.222	0.044
Meşcere tipi	0.871	2	0.435	3.265	0.042
Yükselti basamağı	0.248	1	0.248	1.857	0.176
Bonitet*meşcere tipi	0.851	4	0.213	1.595	0.180
Bonitet*yükselti basamağı	0.032	2	0.016	0.122	0.886
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.424	2	0.212	1.589	0.209
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.906	4	0.227	1.699	0.155

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre ince kökteki (2-5 mm) organik C miktarının bonitet ($F=3.222$, $p=0.044<0.05$) ve meşcere tiplerine ($F=3.265$, $p=0.042<0.05$) göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 26).

Tablo 27. Bonitet sınıflarına göre ince kök organik C miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

İnce Kök Organik C Miktarı (t/ha)	Bonitet Sınıfı	n	Ortalama	Homojen Gruplar
İnce Kök (2-5 mm)	2	45	0.653	a
	3	49	0.829	ab
	4	39	0.887	b

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre ince kök organik karbon miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 4. bonitet sınıfındaki meşcereler en yüksek, 2. bonitet sınıfındaki meşcereler ise en düşük ince kök organik karbon ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 27).

Tablo 28. Meşcere tiplerine göre ince kök organik C miktarlarının değişimi

İnce Kök Organik C Miktarı (t/ha)	Meşcere Tipi	n	Ortalama
İnce Kök (2-5 mm)	Lbc3	43	0.866
	Lc3	36	0.805
	Lcd3	54	0.711

Meşcere tiplerine göre farklılıklar incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinin (0.866 t/ha), Lcd3 meşcerelerine (0.711 t/ha) göre daha yüksek ince kök organik C miktarına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 28).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde ince kök organik C miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre ince kök organik C miktarı ile üst boy ($r=-0.235$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık ince kök organik C miktarıyla; kılcal kök kütlesi ($r=0.399$), kılcal kök N ($r=0.372$), kılcal kök organik C ($r=0.411$), ince kök kütle ($r=0.972$), ince kök N ($r=0.849$), kalın kök kütlesi ($r=0.217$), kalın kök N ($r=0.307$), kalın kök organik C ($r=0.223$) ve toplam kök kütlesi ($r=0.530$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçları, ince köklerdeki organik karbon miktarının meşcere gelişim çağları ilerledikçe azaldığını ortaya koymaktadır. Genç meşcerelerde kök üretimi ve karbon birikimi yüksek iken, orta ve yaşlı meşcerelerde ağacın dal ve gövde kısımlarında meydana gelen karbon birikimi nedeniyle köklerde biriken C miktarı azalmaktadır. Varyans analizi sonuçları, ince kök organik C miktarının bonitet iyileştikçe azaldığını göstermektedir.

Bonitet verimi düşük meşcerelerde bitkiler sınırlı besin ve su koşulları nedeniyle ince köklerde daha fazla karbon depolarken, yüksek bonitetli meşcerelerde karbon üst organlara yönlendirilmekte ve ince köklerdeki birikim azalmaktadır. Korelasyon analizine göre, üst boyun artmasıyla birlikte ince köklerde biriken organik C miktarında azalma gözlemlenmiştir; bu bulgu, bitkilerin karbon depolamalarını kök sisteminden gövde ve dallar gibi üst organlara yönlendirdiğini göstermektedir.

Araştırma alanındaki ince köklerin organik C miktarları (t/ha) bc meşcere gelişim çağında 0.56 ile 2.78 t/ha arasında, c meşcere gelişim çağında 0.24 ile 1.94 t/ha arasında, cd meşcere gelişim çağında 0.19 ile 7.04 t/ha arasında olduğu belirlenmiştir. Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen ince kök organik C bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada ince kök C miktarı a, b ve bc meşcere gelişim çağında sırasıyla 0.45-2.61 t/ha, 0.52-2.92 t/ha, 0.34-2.94 t/ha arasında olduğunu belirlemiştir. Saf karaçam meşcerelerinde ince köklerde depolanan organik C miktarı 1.65 t/ha; karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde ise bu değer 1.65 t/ha olarak belirlenmiştir (Öztürk, 2022). Kayın meşcerelerinde ince kök C miktarı 1.02 t/ha olarak bulunmuştur (Mısır ve Mısır, 2013). Sonuçlar çalışmamızda elde edilen verilerle benzerlik göstermektedir.

Tablo 29. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kalın kökteki (>5 mm) organik C miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.012	2	0.006	0.003	0.997
Meşcere tipi	0.696	2	0.348	0.154	0.857
Yükselti basamağı	6.205	1	6.205	2.752	0.100
Bonitet*meşcere tipi	6.278	4	1.570	0.696	0.596
Bonitet*yükselti basamağı	0.526	2	0.263	0.117	0.890
Meşcere tipi*yükselti basamağı	5.310	2	2.655	1.178	0.312
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	13.077	4	3.269	1.450	0.222

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre kalın kökteki (>5 mm) organik karbon miktarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 29'da görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde kalın kök organik C miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre kalın kök organik C miktarı ile EC ($r=-0.301$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık kalın kök organik C miktarıyla; ince kök kütlesi ($r=0.193$), ince kök organik C ($r=0.223$), kalın kök kütlesi ($r=0.976$), kalın kök N ($r=0.866$), kalın kök C/N oranı ($r=0.337$) ve toplam kök kütlesi ($r=0.866$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre kalın kök organik C miktarı ile elektriksel iletkenlik arasında negatif bir ilişki vardır. Bu, EC değeri arttıkça yani topraktaki tuzluluk yükseldikçe, kalın köklerde biriken organik karbon miktarının azaldığını göstermektedir.

Araştırma alanındaki kalın köklerin organik C miktarları (t/ha) bc meşcere gelişim çağında 0.52 ile 2.58 t/ha arasında, c meşcere gelişim çağında 0.11 ile 1.56 t/ha arasında, cd meşcere gelişim çağında 0.25 ile 6.47 t/ha arasında olduğu belirlenmiştir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada kalın kök C miktarı a, b ve bc meşcere gelişim çağında sırasıyla 1.42-9.64 t/ha, 0.95-3.83 t/ha, 0.81-8.36 t/ha arasında olduğunu belirlemiştir. Saf karaçam meşcerelerinde kalın köklerde depolanan organik C miktarı 14.01 t/ha; karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde bu değer 13.10 t/ha olarak belirlenmiştir (Öztürk, 2022).

3.1.2. Kök Azot İçeriği

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde birim alandaki kök (kılcal kök, ince kök, kalın kök) biyokütlelerindeki azot (%) içerikleri Tablo 30’da verilmiştir.

Tablo 30. Meşcere tipleri bazında kök bileşenlerindeki azot miktarının (%) bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	Kök Biyokütlesi Azot %	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	Kılcal Kök (0-2 mm)	0.559±0.065 ⁽¹⁾	0.570±0.107	0.691±0.056	0.644±0.101	0.643±0.118	0.699±0.117
		0.470-0.660 ⁽²⁾	0.420-0.770	0.630-0.770	0.550-0.810	0.470-0.740	0.470-0.900
	İnce Kök (2-5 mm)	0.348±0.061	0.344±0.073	0.431±0.086	0.444±0.140	0.388±0.061	0.450±0.078
		0.210-0.440	0.230-0.440	0.320-0.600	0.320-0.680	0.310-0.450	0.320-0.560
	Kalın Kök (> 5 mm)	0.228±0.057	0.214±0.079	0.263±0.062	0.364±0.143	0.255±0.055	0.310±0.082
		0.130-0.310	0.130-0.340	0.190-0.360	0.240-0.610	0.190-0.310	0.190-0.470
3	Kılcal Kök (0-2 mm)	0.607±0.076	0.686±0.085	0.604±0.088	0.617±0.086	0.682±0.088	0.662±0.082
		0.480-0.680	0.530-0.740	0.480-0.770	0.470-0.690	0.530-0.770	0.550-0.840
	İnce Kök (2-5 mm)	0.422±0.070	0.451±0.130	0.349±0.061	0.411±0.122	0.407±0.072	0.411±0.046
		0.360-0.520	0.290-0.610	0.270-0.440	0.240-0.610	0.320-0.500	0.340-0.500
	Kalın Kök (> 5 mm)	0.288±0.049	0.299±0.076	0.192±0.093	0.282±0.091	0.300±0.087	0.301±0.051
		0.230-0.360	0.180-0.370	0.150-0.360	0.110-0.420	0.190-0.370	0.230-0.370
4	Kılcal Kök (0-2 mm)	0.569±0.074	0.605±0.060	0.552±0.109	0.602±0.099	0.674±0.146	0.651±0.126
		0.450-0.660	0.550-0.690	0.470-0.740	0.530-0.770	0.500-0.920	0.530-0.900
	İnce Kök (2-5 mm)	0.386±0.052	0.388±0.133	0.304±0.128	0.360±0.096	0.437±0.144	0.420±0.052
		0.310-0.470	0.290-0.580	0.210-0.520	0.270-0.470	0.310-0.650	0.360-0.500
	Kalın Kök (> 5 mm)	0.283±0.066	0.223±0.130	0.202±0.068	0.256±0.094	0.321±0.127	0.250±0.117
		0.190-0.370	0.030-0.310	0.150-0.310	0.180-0.420	0.190-0.520	0.140-0.370

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 30 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi azot içerikleri sırasıyla, %0.559, %0.570 ve %0.691; ince kök kütlesi sırasıyla, %0.348, %0.344 ve %0.431; kalın kök kütlesi sırasıyla, %0.228, %0.214 ve %0.263 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi azot içerikleri sırasıyla, %0.644, %0.643 ve %0.699; ince kök kütlesi sırasıyla, %0.444, %0.388 ve %0.450; kalın kök kütlesi sırasıyla, %0.364, %0.255 ve %0.310 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi azot içerikleri sırasıyla %0.607, %0.686 ve %0.604; ince kök kütlesi sırasıyla, %0.422, %0.451 ve %0.349; kalın kök kütlesi sırasıyla, %0.288, %0.299 ve %0.192 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi azot içerikleri sırasıyla, %0.617, %0.682 ve %0.662; ince kök kütlesi sırasıyla, %0.411, %0.407 ve %0.411; kalın kök kütlesi sırasıyla, %0.282, %0.300 ve %0.301 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi azot içerikleri sırasıyla, %0.569, %0.605 ve %0.552; ince kök kütlesi sırasıyla, %0.386, %0.388 ve %0.304; kalın kök kütlesi sırasıyla, %0.283, %0.223 ve %0.202 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi azot içerikleri sırasıyla, %0.602, %0.674 ve %0.651; ince kök kütlesi sırasıyla, %0.360, %0.437 ve %0.420; kalın kök kütlesi sırasıyla, %0.256, %0.321 ve %0.250 olarak bulunmuştur.

Tablo 31. Meşcere tiplerine göre kök bileşenlerine ait azot (%) içerikleri

Meşcere Tipleri	Kılcal kök (0-2 mm)	İnce kök (2-5 mm)	Kalın kök (>5 mm)
Lbc3	0.595±0.082 ⁽¹⁾	0.392±0.092	0.278±0.087
	0.450-0.810 ⁽²⁾	0.210-0.680	0.110-0.610
Lc3	0.643±0.110	0.403±0.108	0.271±0.098
	0.420-0.920	0.230-0.650	0.030-0.520
Lcd3	0.651±0.106	0.402±0.083	0.260±0.091
	0.470-0.900	0.210-0.600	0.100-0.470

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 31 incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinde kök bileşenlerindeki azot içerikleri; kılcal kökte %0.595, ince kökte %0.392, kalın kökte %0.278 olarak bulunmuştur. Lc3 meşcerelerinde kök bileşenlerindeki azot içerikleri; kılcal kökte %0.643, ince kökte %0.403,

kalın kökte %0.271 olarak bulunmuştur. Lcd3 meşcerelerinde kök bileşenlerindeki azot içerikleri; kılcal kökte %0.651, ince kökte %0.402, kalın kökte %0.260 olarak bulunmuştur (Tablo 31).

Kılcal köklerin ortalama azot içerikleri (%) bc, c ve cd meşcere gelişim çağında sırasıyla 0.595, 0.643 ve 0.651 olarak belirlenmiştir. İnce köklerin ortalama N içerikleri (%) bc, c ve cd meşcere gelişim çağında sırasıyla 0.392, 0.403 ve 0.402 olarak belirlenmiştir. Kalın köklerin ortalama N içerikleri (%) bc, c ve cd meşcere gelişim çağında sırasıyla 0.278, 0.271 ve 0.260 olarak belirlenmiştir. Kök bileşenlerindeki N içerikleri, meşcere tipi, bonitet ve yükseltiye bağlı olarak değişim göstermiştir. Kılcal köklerde N oranının ince ve kalın köklere göre daha yüksek olması, bu köklerin besin alımında daha etkin rol oynamalarından kaynaklanmaktadır. Buna karşılık kök çapı arttıkça azot içeriğinin azalması, kök dokularındaki lignin ve selüloz düzeyinin artmasıyla birlikte yaşlı meşcerelerde besin depolamanın azaldığını göstermektedir.

Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen kök kütlesi azot (%) bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, kök bileşenlerindeki N (%) miktarları a, b ve bc meşcere gelişim çağlarında sırasıyla kılcal köklerde; 0.96, 1.02, 1.10; ince köklerde 0.62, 0.58, 0.62; kalın köklerde ise 0.44, 0.44, 0.53 olarak belirlenmiştir. Sarıyıldız (2015) tarafından yapılan çalışmada, ladin ince köklerinin azot içeriği (%) üst yamaçta kuzey bakıda 0.56 güney bakıda 0.57; alt yamaçta kuzey bakıda 0.56 güney bakıda 0.69 olarak belirlenmiştir. Akburak vd. (2013), ladin ağaçlandırma alanlarında köklerin ortalama azot içeriğini %0.56 olarak tespit etmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar büyük ölçüde bizim elde ettiğimiz sonuçlarla örtüşmektedir.

Tablo 32. Meşcere tipleri bazında kök bileşenlerindeki azot miktarının (t/ha) bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	Kök Biyokütlesi Azot (t/ha)	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	Kılcal Kök (0-2 mm)	0.027±0.010 ⁽¹⁾	0.026±0.011	0.033±0.009	0.034±0.009	0.039±0.012	0.030±0.008
		0.010-0.040 ⁽²⁾	0.010-0.040	0.020-0.040	0.020-0.050	0.030-0.060	0.020-0.040
	İnce Kök (2-5 mm)	0.006±0.004	0.010±0.005	0.008±0.003	0.012±0.004	0.009±0.002	0.010±0.004
		0.002-0.015	0.003-0.019	0.004-0.011	0.008-0.018	0.006-0.010	0.002-0.020
	Kalın Kök (> 5 mm)	0.012±0.007	0.011±0.012	0.016±0.011	0.020±0.015	0.023±0.014	0.020±0.011
		0.003-0.023	0.002-0.038	0.003-0.030	0.006-0.039	0.012-0.043	0.005-0.042
3	Kılcal Kök (0-2 mm)	0.041±0.010	0.042±0.019	0.031±0.015	0.035±0.015	0.043±0.010	0.031±0.008
		0.030-0.060	0.020-0.070	0.010-0.060	0.020-0.060	0.030-0.060	0.010-0.040
	İnce Kök (2-5 mm)	0.013±0.003	0.012±0.007	0.008±0.005	0.012±0.008	0.012±0.008	0.012±0.005
		0.008-0.018	0.003-0.022	0.003-0.016	0.005-0.029	0.005-0.028	0.006-0.019
	Kalın Kök (> 5 mm)	0.015±0.007	0.013±0.008	0.016±0.006	0.014±0.010	0.021±0.010	0.022±0.016
		0.009-0.027	0.004-0.026	0.007-0.028	0.001-0.029	0.009-0.034	0.006-0.048
4	Kılcal Kök (0-2 mm)	0.040±0.019	0.038±0.014	0.019±0.004	0.034±0.011	0.035±0.013	0.032±0.009
		0.010-0.070	0.020-0.060	0.010-0.020	0.020-0.050	0.020-0.060	0.020-0.040
	İnce Kök (2-5 mm)	0.015±0.010	0.012±0.007	0.004±0.003	0.013±0.005	0.012±0.003	0.012±0.006
		0.003-0.029	0.008-0.023	0.001-0.009	0.009-0.021	0.007-0.018	0.005-0.023
	Kalın Kök (> 5 mm)	0.025±0.013	0.013±0.012	0.008±0.006	0.016±0.010	0.017±0.007	0.023±0.017
		0.006-0.045	0.002-0.030	0.003-0.017	0.007-0.032	0.006-0.026	0.007-0.047

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 32 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.027 t/ha, 0.026 t/ha ve 0.033 t/ha; ince kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.006 t/ha, 0.010 t/ha ve 0.008 t/ha; kalın kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.012 t/ha, 0.011 t/ha ve 0.016 t/ha olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.034 t/ha, 0.039 t/ha ve 0.030 t/ha; ince kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.012 t/ha, 0.009 t/ha ve 0.010 t/ha; kalın kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.020 t/ha, 0.023 t/ha ve 0.020 t/ha olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.041 t/ha, 0.042 t/ha ve 0.031 t/ha; ince kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.013 t/ha, 0.012 t/ha ve 0.008 t/ha; kalın kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.015 t/ha, 0.013 t/ha ve 0.016 t/ha olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.035 t/ha, 0.043 t/ha ve 0.031 t/ha; ince kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.012 t/ha, 0.012 t/ha ve 0.012 t/ha; kalın kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.014 t/ha, 0.021 t/ha ve 0.022 t/ha olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.040 t/ha, 0.038 t/ha ve 0.019 t/ha; ince kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.015 t/ha, 0.012 t/ha ve 0.004 t/ha; kalın kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.025 t/ha, 0.013 t/ha ve 0.008 t/ha olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.034 t/ha, 0.035 t/ha ve 0.032 t/ha; ince kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.013 t/ha, 0.012 t/ha ve 0.012 t/ha; kalın kök kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.016 t/ha, 0.017 t/ha ve 0.023 t/ha olarak bulunmuştur.

Meşcerelerde birim alandaki kök kütlesi azot miktarına ait ortalama değerler Tablo 33’de verilmiştir. Tablo 33 oluşturulurken Tablo 32’deki kök bileşenlerine ait azot miktarı ortalamaları verilmiştir. Tablo 33’de farklı meşcerelerde birim alandaki kök bileşenlerinin azot miktarları belirlenirken yükselti basamakları ve bonitet sınıfları dikkate alınmamıştır.

Tablo 33. Meşcere tiplerine göre kök bileşenlerine ait azot (t/ha) içerikleri

Meşcere Tipleri	Kılcal kök (0-2 mm)	İnce kök (2-5 mm)	Kalın kök (>5 mm)
Lbc3	0.035±0.014 ⁽¹⁾	0.012±0.007	0.017±0.011
	0.010-0.070 ⁽²⁾	0.002-0.029	0.001-0.045
Lc3	0.037±0.014	0.011±0.006	0.016±0.010
	0.010-0.070	0.003-0.028	0.002-0.043
Lcd3	0.030±0.010	0.010±0.005	0.019±0.013
	0.010-0.060	0.001-0.023	0.005-0.048

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 33 incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinde birim alandaki ortalama kök kütlesi azot içerikleri; kılcal kökte 0.035 t/ha, ince kökte 0.012 t/ha, kalın kökte 0.017 t/ha olarak bulunmuştur. Lc3 meşcerelerinde birim alandaki ortalama kök kütlesi azot içerikleri; kılcal kökte 0.037 t/ha, ince kökte 0.011 t/ha, kalın kökte 0.016 t/ha olarak bulunmuştur. Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ortalama kök kütlesi azot içerikleri; kılcal kökte 0.030 t/ha, ince kökte 0.010 t/ha, kalın kökte 0.019 t/ha olarak bulunmuştur (Tablo 33).

Ladin meşcerelerinde toprak altı küttelede kılcal kök, ince kök ve kalın kökteki azot miktarlarının (t/ha), bonitet sınıfları, meşcere tipleri ve yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 34-40'da gösterilmiştir.

Tablo 34. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kılcal kökteki (0-2 mm) azot miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.001	2	0.000	2.217	0.114
Meşcere tipi	0.002	2	0.001	5.208	0.007
Yükselti basamağı	0.000	1	0.000	0.754	0.387
Bonitet*meşcere tipi	0.001	4	0.000	1.341	0.259
Bonitet*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	0.939	0.394
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	0.581	0.561
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.001	4	0.000	1.747	0.144

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre kılcal kökteki (0-2 mm) azot miktarının meşcere tiplerine (F=5.208, p=0.007<0.05) göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 34).

Tablo 35. Meşcere tiplerine göre ince kök azot miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Kılcal Kök Azot Miktarı (t/ha)	Meşcere Tipi	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Kılcal Kök (0-2 mm)	Lbc3	43	0.035	ab
	Lc3	36	0.037	b
	Lcd3	54	0.030	a

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre ince kök azot miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, Lc3 meşcereleri en yüksek, Lcd3 meşcereleri ise en düşük ince kök azot ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 35).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde kılcal kök azot miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre kılcal kök azot miktarıyla; üst boy ($r=-0.199$), hacim ağırlığı ($r=-0.300$), amonyum ($r=-0.244$), nitrat ($r=-0.253$), toplam mineral azot ($r=-0.277$) kılcal kök C/N oranı ($r=-0.295$), ince kök C/N oranı ($r=-0.233$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık kılcal kök azot miktarıyla; kılcal kök kütlesi ($r=0.912$), kılcal kök organik C ($r=0.879$), ince kök kütlesi ($r=0.392$), ince kök N ($r=0.446$), ince kök organik C ($r=0.372$) ve toplam kök kütlesi ($r=0.420$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre kılcal köklerin ortalama N miktarı (t/ha) meşcere gelişim çağlarına bağlı olarak değişmiş olup, bc, c ve cd gelişim çağlarında sırasıyla 0.035 t/ha, 0.037 t/ha ve 0.030 t/ha olarak belirlenmiştir. Kılcal köklerdeki N miktarının meşcere gelişim çağına bağlı olarak değişmesi, genç ve orta yaşlı meşcerelerde besin alımı ve kök işlevselliğinin daha aktif olmasından, daha yaşlı meşcerelerde ise azot birikiminin azalmasından kaynaklanabilir. Korelasyon analizine göre, kılcal kök azot miktarının üst boy, hacim ağırlığı ve mineral azot ile negatif ilişki göstermesi, besince zengin ve sıkışık topraklarda bulunan köklerde azot birikiminin azaldığını ortaya koymaktadır. Yüksek hacim ağırlığı, köklerin havalandırmasını ve su geçirgenliğini azaltarak, ince köklerin azot biriktirme kapasitesini düşürmektedir. Buna karşılık, kök kütlesi ve organik karbonla pozitif ilişki göstermesi, kök azot birikiminin kök gelişimi ve topraktaki besin döngüsüyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

Araştırma alanındaki kılcal köklerin N miktarları bc meşcere gelişim çağında 0.010-0.070 t/ha, c meşcere gelişim çağında 0.010-0.070 t/ha, cd meşcere gelişim çağında 0.010-0.060 t/ha arasında olduğu belirlenmiştir. Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen kök

N miktarı bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Doğu Ladini türünde kök azot miktarları (t/ha) üzerine yapılmış çok az çalışma bulunmaktadır. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan araştırmada, kılcal köklerin ortalama azot miktarları (t/ha) a, b ve bc meşcere gelişim çağında sırasıyla 0.12 t/ha, 0.16 t/ha, 0.17 t/ha olarak belirlenmiştir. Akburak vd. (2013), Belgrad Ormanlarındaki Doğu Ladini ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmada kılcal köklerde azot miktarını 0.059 t/ha olarak belirlemişlerdir. Daha önce yapılan çalışmaların, araştırma sonucunda elde edilen bulgularla uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 36. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ince kökteki (2-5 mm) azot miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.000	2	0.000	2.391	0.047
Meşcere tipi	0.000	2	0.000	3.174	0.046
Yükselti basamağı	0.000	1	0.000	2.556	0.113
Bonitet*meşcere tipi	0.000	4	0.000	0.994	0.414
Bonitet*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	0.274	0.761
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	3.142	0.047
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.000	4	0.000	1.680	0.159

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre ince kökteki (2-5 mm) azot miktarının bonitet ($F=2.391$, $p=0.047<0.05$), meşcere tipleri ($F=3.174$, $p=0.046<0.05$) ve meşcere tipi*yükselti basamağı ($F=3.142$, $p=0.047<0.05$) faktörüne göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 36).

Tablo 37. Bonitet sınıflarına göre ince kök azot miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

İnce Kök Azot Miktarı (t/ha)	Bonitet Sınıfı	n	Ortalama	Homojen Gruplar
İnce Kök (2-5 mm)	2	45	0.009	a
	3	49	0.011	ab
	4	39	0.012	b

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre ince kök azot miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 4. bonitet sınıfındaki meşcereler en yüksek, 2. bonitet sınıfındaki meşcereler ise en düşük ince kök azot ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 37).

Tablo 38. Meşcere tiplerine göre ince kök azot miktarlarının değişimi

İnce Kök Azot Miktarı (t/ha)	Meşcere Tipi	n	Ortalama
İnce Kök (2-5 mm)	Lbc3	43	0.012
	Lc3	36	0.111
	Lcd3	54	0.010

Meşcere tiplerine göre farklılıklar incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinin (0.012 t/ha), Lcd3 meşcerelerine (0.010 t/ha) göre daha yüksek ince kök azot miktarına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 38).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde ince kök Azot miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre ince kök azot miktarıyla; eğim ($r=-0.180$), üst boy ($r=-0.234$), hacim ağırlığı ($r=-0.210$), kil (%) ($r=-0.209$), amonyum ($r=-0.189$), nitrat ($r=-0.190$), toplam mineral N ($r=-0.213$), kılcal kök C/N oranı ($r=-0.203$), ince kök C/N oranı ($r=-0.419$) ve kalın kök ($r=-0.302$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık ince kök azot miktarıyla; yükselti ($r=0.174$), kum % ($r=0.227$), kılcal kök kütlesi ($r=0.370$), kılcal kök N ($r=0.446$), kılcal kök organik C ($r=0.355$), ince kök kütlesi ($r=0.891$), ince kök organik C ($r=0.849$) ve kalın kök N ($r=0.335$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonucuna göre ince köklerin ortalama N miktarı (t/ha) meşcere gelişim çağlarına bağlı olarak değişmiş olup, bc, c ve cd gelişim çağlarında sırasıyla 0.012 t/ha, 0.111 t/ha ve 0.010 t/ha olarak belirlenmiştir. İnce kök azot miktarları bonitet sınıflarına bağlı olarak farklılık göstermektedir; özellikle düşük bonitetli meşcerelerde besin sınırlılığı nedeniyle ince köklerde azot birikiminin daha yüksek olduğu, yüksek bonitetli meşcerelerde ise ince köklerde azot birikiminin azaldığı görülmektedir. Yüksek bonitetli meşcerelerde artan toprak besin düzeyi ve nem mevcudiyeti, bitkilerin azotu köklerden çok gövde, yaprak gibi üst organlara yönlendirmesine neden olmakta, bu durum ise ince köklerde azot birikiminin azalmasıyla sonuçlanmaktadır. Korelasyon analizi sonucuna göre ince kök N miktarı, eğim, ağaç boyu, toprak hacim ağırlığı, kil, amonyum, nitrat, toplam mineral N ve kök C/N oranları ile negatif olarak ilişkilidir. Eğimli ve sıkı toprak koşullarında bitkiler azotu kökler yerine gövde ve yaprak gibi üst organlara yönlendirmektedir. Eğim arttıkça suyun toprak profili boyunca alt kısımlara yönelmesi, kılcal ve ince köklerin aşağıya doğru hareket etmesine yol açar; bu durum, üst topraktaki besin alımını sınırlayarak ince köklerde N birikiminin azalmasına neden olur. Kil oranı arttıkça toprak daha sıkı hâle gelir ve ince

köklerin besin alımı sınırlanır. İnce köklerin N miktarı, yüksek rakımlarda ve kumlu topraklarda köklerin daha iyi gelişmesi ve besin alımını artırması nedeniyle artmaktadır.

Araştırma alanındaki ince köklerin N miktarları bc meşcere gelişim çağında 0.002-0.029 t/ha, c meşcere gelişim çağında 0.003-0.028 t/ha, cd meşcere gelişim çağında 0.001-0.023 t/ha arasında olduğu belirlenmiştir. Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen kök N miktarı bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoğlu (2022) tarafından Doğu Ladini ağaçlandırma alanında yapılan araştırmada, ince köklerin ortalama azot miktarları (t/ha) a, b ve bc meşcere gelişim çağında sırasıyla 0.01 t/ha, 0.02 t/ha, 0.02 t/ha olarak tespit edilmiştir. Akburak vd. (2013), Belgrad Ormanlarındaki Doğu Ladini ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmada ince köklerde azot miktarını 0.017 t/ha olarak bulmuşlardır. Daha önce yapılan çalışmaların sonuçları, araştırma sonucunda elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir.

Tablo 39. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kalın kökteki (>5 mm) azot miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.000	2	0.002	0.001	0.999
Meşcere tipi	0.000	2	0.000	0.161	0.852
Yükselti basamağı	0.001	1	0.000	6.352	0.013
Bonitet*meşcere tipi	0.000	4	0.001	0.764	0.551
Bonitet*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	0.528	0.591
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.001	2	0.000	2.044	0.134
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.001	4	0.000	1.623	0.173

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre kalın kökteki (>5 mm) azot miktarının yükselti basamağı (F=6.352, p=0.013<0.05) faktörüne göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 39).

Tablo 40. Yükselti basamaklarına göre kalın kök azot miktarlarının değişimi

Kalın Kök Azot Miktarı (t/ha)	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
Kalın Kök (>5 mm)	800-1300 m	65	0.015
	1300-1900 m	68	0.020

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (0.020 t/ha), 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcelere

(0.015 t/ha) göre daha yüksek kalın kök azot miktarına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 40).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde kalın kök azot miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre kalın kök azot miktarı ile EC ($r=-0.210$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık kalın kök azot miktarıyla; yükselti ($r=0.205$), kum (%) ($r=0.194$), ince kök kütlesi ($r=0.301$), ince kök N ($r=0.335$), ince kök organik C ($r=0.307$), kalın kök kütlesi ($r=0.880$) ve kalın kök organik C ($r=0.866$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, 1300–1900 m yükselti basamağındaki meşcerelerde kalın köklerin ortalama azot miktarı (t/ha), 800–1300 m basamağına göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, yükseltinin artmasıyla düşük sıcaklık ve yavaş organik madde ayrışmasının köklerde azot birikimini artırmasından kaynaklanabilir. Korelasyon sonucuna göre, kalın köklerin N miktarı toprak elektriksel iletkenliği ile negatif, yükselti, kum oranı, ince kök kütlesi ve N, ince kök organik C ile kalın kök kütlesi ve organik C ile pozitif yönlü ilişki göstermektedir. Bu sonuç, EC değerlerinin yükselmesiyle köklerin besin alımını sınırlayabileceğini, buna karşılık yüksek rakım ve sıkışık olmayan toprak koşullarının kök gelişimini ve azot birikimini desteklediğini göstermektedir.

Araştırma alanındaki kalın köklerin N miktarları bc meşcere gelişim çağında 0.001-0.045 t/ha, c meşcere gelişim çağında 0.002-0.043 t/ha, cd meşcere gelişim çağında 0.005-0.048 t/ha arasında olduğu belirlenmiştir. Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen kök N miktarı bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoglu (2022) tarafından yapılan araştırmada, kalın köklerin ortalama azot miktarları (t/ha) a, b ve bc meşcere gelişim çağında sırasıyla 0.03 t/ha, 0.02 t/ha, 0.03 t/ha olarak tespit edilmiştir. Akburak vd. (2013), Belgrad ormanlarındaki Doğu Ladini ağaçlandırmalarında yaptıkları çalışmada kalın köklerde azot miktarını 0.019 t/ha olarak belirlemişlerdir. Daha önce yapılan çalışmaların, araştırma sonucunda elde edilen bulgularla uyumlu olduğu görülmektedir.

3.1.3. Kök C/N Oranı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde birim alandaki kök (kılcal kök, ince kök, kalın kök) biyokütlelerindeki ortalama C/N oranı içerikleri Tablo 41’de verilmiştir.

Tablo 41. Meşcere tipleri bazında kök bileşenlerindeki C/N oranının bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	Kök Biyokütlesi C/N Oranı	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	Kılcal Kök (0-2 mm)	44.82±7.43 ⁽¹⁾	44.78±7.66	36.48±3.79	43.25±7.31	44.04±13.62	39.10±6.37
		37.20-56.39 ⁽²⁾	30.26-50.21	30.71-42.09	32.97-53.39	32.69-63.76	31.76-52.46
	İnce Kök (2-5 mm)	85.94±29.15	89.57±20.35	71.90±14.51	73.64±20.76	69.86±12.99	64.09±11.37
		60.46-158.01	69.68-128.12	53.00-98.89	39.23-91.04	57.25-88.06	43.52-90.53
	Kalın Kök (> 5 mm)	132.08±36.74	156.13±62.20	126.49±29.61	92.97±34.99	116.11±43.49	103.43±33.27
		95.90-217.19	73.43-251.95	88.60-167.79	45.57-141.33	67.95-159.09	51.80-163.60
3	Kılcal Kök (0-2 mm)	41.71±10.01	37.31±8.42	41.88±9.41	46.47±8.93	43.21±5.63	43.25±7.66
		33.06-60.20	27.01-49.78	25.34-58.03	37.84-61.79	37.49-53.93	29.81-56.97
	İnce Kök (2-5 mm)	67.32±15.77	67.75±21.68	86.11±17.63	80.74±28.45	81.34±20.34	76.21±9.52
		48.65-90.00	43.42-94.37	61.56-106.83	47.95-128.99	64.43-113.21	65.07-95.01
	Kalın Kök (> 5 mm)	109.74±24.21	107.33±32.63	137.33±72.43	129.86±68.46	129.14±55.54	109.00±20.89
		69.95-136.35	68.19-171.78	64.14-227.75	76.62-302.95	86.20-210.85	77.20-142.31
4	Kılcal Kök (0-2 mm)	43.98±8.49	44.35±9.27	47.50±8.57	44.22±4.64	42.79±9.14	44.15±8.02
		32.45-55.64	31.39-51.83	35.70-59.59	37.71-48.47	30.89-56.47	32.69-57.23
	İnce Kök (2-5 mm)	80.71±15.76	84.30±34.84	103.79±33.10	86.42±26.23	75.31±25.65	72.51±12.57
		53.12-103.10	37.46-118.02	50.07-134.41	61.03-117.42	40.10-103.15	52.74-96.80
	Kalın Kök (> 5 mm)	116.76±27.27	115.98±17.97	155.60±47.90	126.71±33.02	109.29±50.77	109.03±41.30
		79.51-161.60	98.50-136.46	89.06-208.43	77.70-168.99	47.97-182.66	47.45-189.49

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 41 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi C/N oranı sırasıyla, 44.82, 44.78 ve 36.48; ince kök kütlesi sırasıyla, 85.94, 89.57 ve 71.90; kalın kök kütlesi sırasıyla, 132.08, 156.13 ve 126.49 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi C/N oranı sırasıyla, 43.25, 44.04 ve 39.10; ince kök kütlesi sırasıyla, 73.64, 69.86 ve 64.09; kalın kök kütlesi sırasıyla, 92.97, 116.11 ve 103.43 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi C/N oranı sırasıyla 41.71, 37.31 ve 41.88; ince kök kütlesi sırasıyla, 67.32, 67.75 ve 86.11; kalın kök kütlesi sırasıyla, 109.74, 107.33 ve 137.33 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi C/N oranı sırasıyla 46.47, 43.21 ve 43.25; ince kök kütlesi sırasıyla, 80.74, 81.34 ve 76.21; kalın kök kütlesi sırasıyla, 129.86, 129.14 ve 109.00 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi C/N oranı sırasıyla, 43.98, 44.35 ve 47.50; ince kök kütlesi sırasıyla, 80.71, 84.30 ve 103.79; kalın kök kütlesi sırasıyla, 116.76, 115.98 ve 155.60 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde kılcal kök kütlesi C/N oranı sırasıyla, 44.22, 42.79 ve 44.15; ince kök kütlesi sırasıyla, 86.42, 75.31 ve 72.51; kalın kök kütlesi sırasıyla, 126.71, 109.29 ve 109.03 olarak bulunmuştur.

Meşcerelerdeki kök kütlesi C/N oranına ait ortalama değerler Tablo 42’de verilmiştir. Tablo 42 oluşturulurken Tablo 41’deki kök bileşenlerine ait C/N oranı ortalamaları verilmiştir. Tablo 42’de farklı meşcerelerde birim alandaki kök bileşenlerinin C/N oranı belirlenirken yükselti basamakları ve bonitet sınıfları dikkate alınmamıştır.

Tablo 42. Meşcere tiplerine göre kök bileşenlerine ait C/N oranları

Meşcere Tipleri	Kılcal kök (0-2 mm)	İnce kök (2-5 mm)	Kalın kök (>5 mm)
Lbc3	44.30±7.79 ⁽¹⁾	79.79±23.24	120.12±41.75
	32.45-61.79 ⁽²⁾	39.23-158.01	45.57-302.95
Lc3	42.55±8.57	78.41±22.82	124.13±48.81
	27.01-63.76	37.46-128.12	47.97-251.95
Lcd3	41.74±7.83	76.73±18.84	119.59±44.97
	25.34-59.59	43.52-134.41	44.25-227.75

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 42 incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinde kök bileşenlerindeki C/N oranları; kılcal kökte 44.30, ince kökte 79.79, kalın kökte 120.12 olarak bulunmuştur. Lc3

meşcerelerinde kök bileşenlerindeki C/N oranları; kılcal kökte 42.55, ince kökte 78.41, kalın kökte 124.13 olarak bulunmuştur. Lcd3 meşcerelerinde kök bileşenlerindeki C/N oranları; kılcal kökte 41.74, ince kökte 76.73, kalın kökte 119.59 olarak bulunmuştur (Tablo 42).

Ladin meşcerelerinde toprak altı küttelede kılcal kök, ince kök ve kalın kökteki C/N oranlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri ve yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 43-45’de gösterilmiştir.

Tablo 43. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kılcal kökteki (0-2 mm) C/N oranlarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	133.589	2	66.794	1.025	0.362
Meşcere tipi	90.691	2	45.346	0.696	0.501
Yükselti basamağı	21.694	1	21.694	0.333	0.565
Bonitet*meşcere tipi	442.708	4	110.677	1.698	0.155
Bonitet*yükselti basamağı	170.713	2	85.357	1.310	0.274
Meşcere tipi*yükselti basamağı	6.723	2	3.362	0.052	0.950
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	98.306	4	24.577	0.377	0.825

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre kılcal kökteki (0-2 mm) C/N oranının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 43’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde kılcal kök C/N oranıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre kılcal kök C/N oranıyla; kılcal kök N ($r=-0.295$), ince kök N ($r=-0.203$), ölü örtü N ($r=-0.259$) ve ölü örtü organik C ($r=-0.193$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık kılcal kök C/N oranıyla; hacim ağırlığı ($r=0.252$), FSK (%) ($r=0.185$), ince kök C/N oranı ($r=0.535$), kalın kök C/N oranı ($r=0.351$), toprak C/N oranı ($r=0.235$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, kılcal köklerin C/N oranı ile bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir. Korelasyon analizi sonuçları, ölü örtüdeki N ve organik karbon miktarı ile kılcal kök C/N oranı arasında gözlenen negatif ilişkinin, azot döngüsünün daha aktif ve ayrışmanın daha hızlı gerçekleştiği ekosistem koşullarını yansıttığını göstermektedir. Bu durum, artan ayrışma ve azot mineralizasyonu ile birlikte köklerin daha az C, ancak daha fazla N içeren bir bileşime sahip

olduğu ve dolayısıyla daha düşük C/N oranı sergilediğini düşündürmektedir. Korelasyon sonuçlarına göre, kılcal köklerin C/N oranı ile toprak hacim ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki gözlenmiştir. Hacim ağırlığı arttıkça toprağın sıkışıklığı ve gözenek hacmi azalmakta, bu da kılcal köklerin toprakta yayılımını sınırlandırmaktadır. Sıkışık ortamda bulunan kökler tarafından mineral azot alımı sınırlanır; bu durum, kılcal kök C/N oranında artışa neden olabilir. Toprakta faydalanılabilir su kapasitesinin artması, kılcal köklerin su stresinden bağımsız olarak daha aktif besin alımına yönelmesini sağlamak ve köklerde karbon/azot dengesinin düzenlenmesiyle C/N oranının artmasına katkıda bulunmaktadır.

Araştırma alanındaki kılcal köklerin C/N oranları bc meşcere gelişim çağında 32.45-61.79, c meşcere gelişim çağında 27.01-63.76, cd meşcere gelişim çağında 25.34-59.59 arasında olduğu belirlenmiştir. Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen kılcal kök C/N oranları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, kılcal köklerin ortalama C/N oranları a, b ve bc meşcere gelişim çağında sırasıyla; 40.66, 38.76 ve 40.15 olarak tespit edilmiştir. Akburak vd. (2013) yaptıkları çalışmada, kılcal kök C/N oranını 49 olarak hesaplamışlardır.

Tablo 44. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ince kökteki (2-5 mm) C/N oranlarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	1462.524	2	731.262	1.720	0.184
Meşcere tipi	29.087	2	14.543	0.034	0.966
Yükselti basamağı	1212.383	1	1212.383	2.852	0.094
Bonitet*meşcere tipi	2335.953	4	583.988	1.374	0.247
Bonitet*yükselti basamağı	2368.451	2	1184.225	2.785	0.066
Meşcere tipi*yükselti basamağı	1967.131	2	983.565	2.313	0.104
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	2195.538	4	548.885	1.291	0.278

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre ince kökteki (2-5 mm) C/N oranının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 44’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde ince kök C/N oranıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre ince kök C/N oranıyla; kum (%) ($r=-0.235$), tarla ($r=-0.193$), solma ($r=-0.283$), kılcal kök N ($r=-0.233$), ince kök N ($r=-0.419$) arasında negatif yönlü

anlamli korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık ince kök C/N oranıyla; hacim ağırlığı ($r=0.365$), kil (%) ($r=0.273$), FSK ($r=0.265$), amonyum ($r=0.208$), nitrat ($r=0.251$), toplam mineral N ($r=0.252$), toprak organik C ($r=0.182$), kılcal kök C/N oranı ($r=0.535$), kalın kök C/N oranı ($r=0.619$), toprak C/N oranı ($r=0.343$) arasında pozitif yönlü anlamli korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, ince köklerin C/N oranı ile bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı arasında istatistiksel olarak anlamli bir ilişki belirlenmemiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, kumlu topraklarda su ve besin maddesi tutma kapasitesi düşüktür. Bu nedenle azot bu topraklarda daha kolay yıkanmakta ve bitkiler tarafından alınan azot miktarı azalmaktadır. Azotun azalması ise ince köklerde C/N oranının artmasına yol açmaktadır. İnce kök C/N oranı ile tarla kapasitesi ve solma noktası arasında negatif ilişki gözlenmiştir. Bu durum, su ve besin açısından uygun topraklarda köklerin daha fazla N içerdiğini ve C:N oranının düştüğünü; su stresi arttığında ise C:N oranının yükseldiğini göstermektedir. Toprakta karbon ve besin maddelerinin yüksek, hacim ağırlığının fazla ve kil açısından zengin olduğu alanlarda köklerin C/N oranının arttığı görülmektedir.

Araştırma alanındaki ince köklerin C/N oranları bc meşcere gelişim çağında 39.23-158.01, c meşcere gelişim çağında 37.46-128.12, cd meşcere gelişim çağında 43.52-134.41 arasında olduğu belirlenmiştir. Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen ince kök C/N oranları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, ince köklerin ortalama C/N oranları a, b ve bc meşcere gelişim çağında sırasıyla; 74.17, 83.89 ve 76.98 olarak tespit edilmiştir. Wang vd. (2002) yaptıkları çalışmada, tropikal ormanlarda ince köklerin ortalama C:N oranını 42.29 olarak bulmuşlardır. Çin bitkilerinin ince köklerinin ortalama C:N oranı 59.15 olarak belirlenmiştir (Ma vd., 2015). Zhang ve Wang (2015) tarafından yapılan çalışmaya göre ince köklerde C/N oranı 55.11 olarak hesaplanmıştır. Akburak vd. (2013) yaptıkları çalışmada, ince kök C/N oranını 111 olarak belirlemişlerdir.

Tablo 45. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak kalın kökteki (>5 mm) C/N oranlarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	67.084	2	33.542	0.017	0.983
Meşcere tipi	699.679	2	349.840	0.175	0.839
Yükselti basamağı	6429.888	1	6429.888	3.225	0.075
Bonitet*meşcere tipi	5824.155	4	1456.039	0.730	0.573
Bonitet*yükselti basamağı	7938.889	2	3969.444	1.991	0.141
Meşcere tipi*yükselti basamağı	5603.926	2	2801.963	1.405	0.249
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	7549.124	4	1887.281	0.947	0.440

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre kalın kökteki (>5 mm) C/N oranının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 45’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde kalın kök C/N oranıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre kalın kök C/N oranıyla; kum (%) ($r=-0.260$), EC ($r=-0.259$), tarla kapasitesi (%) ($r=-0.251$), solma noktası (%) ($r=-0.348$) ve ince kök N ($r=-0.302$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık kalın kök C/N oranıyla; eğim ($r=0.196$), hacim ağırlığı ($r=0.332$), kil (%) ($r=0.274$), FSK (%) ($r=0.295$), amonyum ($r=0.250$), nitrat ($r=0.278$), toplam mineral N ($r=0.292$), kılcal kök C/N oranı ($r=0.351$), ince kök C/N oranı ($r=0.619$), kalın kök kütlesi (0.288), kalın kök organik C ($r=0.337$) ve toprak C/N oranı ($r=0.283$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, kalın köklerin C/N oranı ile bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, kalın köklerin C/N oranı, kum, EC, tarla kapasitesi, solma noktası ve ince kök N ile negatif korelasyon göstermektedir. Bu bulgu, Doğu Ladini’nin kök kaynak dağılımının çevresel koşullara göre şekillendiğini ve besin ile su açısından elverişli alanlarda karbon birikimini kalın köklerden ince köklere ve üst organlara yönlendirdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle, su ve besin tutma kapasitesi yüksek, kil ve organik madde açısından zengin topraklarda kalın kökler daha fazla karbon ve azot biriktirmekte; bu da bitkinin besin depolama kapasitesini artırmaktadır. Kalın köklerin düşük azot içeriği, yüksek C/N oranlarına ve buna bağlı olarak daha yavaş ayrışma hızlarına neden olmakta; bu durum, uzun süreli karbon depolama kapasitesini artırmaktadır (Zhang ve Wang, 2015).

Araştırma alanındaki kalın köklerin C/N oranları bc meşcere gelişim çağında 45.57-302.95, c meşcere gelişim çağında 47.97-251.95, cd meşcere gelişim çağında 44.25-227.75 arasında olduğu belirlenmiştir. Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen kalın kök C/N oranları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, kalın köklerin ortalama C/N oranları a, b ve bc meşcere gelişim çağında sırasıyla; 116.51, 107.12 ve 96.92 olarak tespit edilmiştir. Zhang ve Wang (2015) tarafından yapılan çalışmaya göre kalın köklerde C/N oran 115.80 olarak belirlenmiştir. Akburak vd. (2013) yaptıkları çalışmada, kalın kök C/N oranını 143 olarak hesaplamıştır.

3.2. Ölü Örtü Biyokütlesi

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde birim alandaki ölü örtü biyokütlerine (t/ha) ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 46’da verilmiştir.

Tablo 46. Meşcere tipleri bazında ölü örtü biyokütle bileşenlerinin bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	Ölü Örtü Biyokütlesi (t/ha)	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	Ölü Örtü	11.73±2.86 ⁽¹⁾	11.16±4.49	11.31±2.24	9.72±4.61	9.37±1.25	11.86±4.78
		8.67-17.11 ⁽²⁾	7.60-21.39	7.20-14.68	4.72-15.08	7.95-10.65	6.92-22.26
3	Ölü Örtü	14.32±5.41	10.37±1.68	12.09±3.80	9.97±3.08	10.84±3.78	9.80±1.95
		7.88-21.62	8.22-13.77	6.95-17.61	4.67-16.18	7.17-16.66	6.46-12.85
4	Ölü Örtü	10.94±3.70	11.78±1.17	11.85±2.87	8.41±3.05	12.35±4.36	10.11±2.37
		7.55-17.35	10.89-13.43	7.67-15.18	4.98-12.88	7.16-19.05	6.75-14.52

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 46 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi sırasıyla, 11.73 t/ha, 11.16 t/ha ve 11.31 t/ha olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi sırasıyla, 9.72 t/ha, 9.37 t/ha ve 11.86 t/ha olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi sırasıyla, 14.32 t/ha, 10.37 t/ha ve 12.09 t/ha olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi sırasıyla, 9.97 t/ha, 10.84 t/ha ve 9.80 t/ha olarak bulunmuştur (Tablo 46).

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi sırasıyla, 10.94 t/ha, 11.78 t/ha ve 11.85 t/ha olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi sırasıyla, 8.41 t/ha, 12.35 t/ha ve 10.11 t/ha olarak bulunmuştur (Tablo 46).

Meşcere tiplerine göre birim alandaki ölü örtü kütlesine (t/ha) ait ortalama değerler Tablo 47’de verilmiştir.

Tablo 47. Meşcere tiplerine göre birim alandaki ölü örtü kütlesine (t/ha) ait bulgular

Meşcere Tipi	Ölü Örtü Biyokütlesi
Lbc3	10.94±3.91 ⁽¹⁾ 4.67-21.62 ⁽²⁾
Lc3	11.05±3.30 7.16-21.39
Lcd3	11.12±3.29 6.46-22.26

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma, ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 47 incelendiğinde; Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi sırasıyla, 10.94 t/ha, 11.05 t/ha ve 11.12 t/ha olarak bulunmuştur.

Ladin meşcerelerindeki ölü örtü biyokütlesinin (t/ha), bonitet sınıfları, meşcere tipleri ve yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 48-49’da gösterilmiştir.

Tablo 48. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ölü örtü biyokütle (t/ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	3.559	2	1.780	0.146	0.864
Meşcere tipi	2.333	2	1.166	0.096	0.909
Yükselti basamağı	63.760	1	63.760	5.238	0.024
Bonitet*meşcere tipi	62.716	4	15.679	1.288	0.279
Bonitet*yükselti basamağı	5.947	2	2.973	0.244	0.784
Meşcere tipi*yükselti basamağı	35.942	2	17.971	1.476	0.233
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	30.328	4	7.582	0.623	0.647

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre ölü örtü biyokütle miktarının yükselti basamaklarına (F=5.238, p=0.024<0.05) göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 48).

Tablo 49. Yükselti basamaklarına göre ölü örtü biyokütle miktarlarının değişimi

Ölü Örtü Biyokütle Miktarı (t/ha)	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
Ölü Örtü	800-1300 m	65	11.666
	1300-1900 m	68	10.446

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (11.666 t/ha), 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcelere (10.446 t/ha) göre daha yüksek ölü örtü biyokütle miktarına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 49).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde ölü örtü biyokütlesiyle anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda verilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre ölü örtü biyokütlesi ile yükselti ($r=-0.186$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık ölü örtü biyokütlesiyle; eğim ($r=0.266$), üst boy ($r=0.200$), toprak N ($r=0.187$), toprak organik C ($r=0.229$), ölü örtü N ($r=0.897$) ve ölü örtü organik C ($r=0.952$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Orman ölü örtüsü, toprak organik maddesinin temel kaynağıdır ve toprağın kimyasal, biyolojik ve fiziksel özelliklerini iyileştirerek verimliliğini artırır (Kantarıcı, 2000). Ölü örtü aynı zamanda minerallerin ayrışmasını hızlandırma, toprak strüktürünü ve su-hava dengesini düzenleme, mikroorganizmalar için besin sağlama, erozyonu önleme ve karbon depolama gibi ekosistem işlevlerinde de önemli rol oynamaktadır. Varyans analizi sonuçlarına göre ölü örtü biyokütlesi yükselti basamaklarına göre değişim göstermiş olup yükselti arttıkça biyokütle miktarı azalmıştır. Ölü örtü biyokütlesi ile yükselti arasında negatif yönlü anlamlı bir korelasyon tespit edilmiştir. Bu bulgu, yükselti arttıkça sıcaklığın azalması ve nem miktarının artması ve bununla beraber organik madde ayrışma hızının ve bitki verimliliğinin azalması gibi faktörler nedeniyle ölü örtü birikiminin sınırlanabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, yüksek rakımlı alanlarda toprak organik madde girişi azalmakta ve bu durum, köklerin ve toprak ekosisteminin besin döngüsü ile karbon depolama kapasitesini dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Korelasyon analizi sonuçları, eğimli ve boniteti iyi olan alanlarda ölü örtü birikiminin arttığını ve ölü örtü ile toprak arasındaki besin ve organik madde ilişkilerinin güçlü olduğunu göstermektedir. Özellikle ölü örtü N ve organik C ile korelasyonların yüksek olması, ölü örtünün toprak besin döngüsü ve karbon birikimi açısından kritik rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Araştırma alanlarındaki ölü örtülerin ortalama biyokütleleri bc meşcere gelişme çağında 10.94 t/ha, c meşcere gelişme çağında 11.05 t/ha ve cd meşcere gelişme çağında 11.12 t/ha olarak belirlenmiştir. Kocamanoglu (2022) tarafından Doğu Ladini ağaçlandırma alanlarında yapılan çalışmada ölü örtülerin ortalama biyokütleleri a meşcere gelişme çağında 8.06 t/ha, b meşcere gelişme çağında 10.00 t/ha ve bc meşcere gelişme çağında 13.94 t/ha olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, meşcere gelişme çağıının ilerlemesiyle birlikte ölü örtü birikiminin arttığını göstermektedir. Bülbül (2012) tarafından doğal ladin meşcerelerinde yapılan araştırmada ölü örtü birikiminin daha yüksek olduğu, 19.8–33.8 t/ha aralığında değiştiği ifade edilmiştir. Ayrıca, ormanlardaki ibre dökümü; meşcere sıklığı, yaş sınıfı ve toprak özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (İrmak, 1968). Sevgi vd. (2011), 50 yaşındaki Doğu Ladini plantasyon sahalarında yaptıkları çalışmada ölü örtü biyokütlesini yaklaşık 11 t/ha olarak belirlemişlerdir. Çömez (2008), sarıçam türünde gerçekleştirdiği çalışmada, ölü örtü biyokütlesinin a meşcere gelişme çağından bc gelişme çağına kadar artış gösterdiğini tespit etmiştir. Tolunay (1997), Bolu Aladağ'da yürüttüğü beş yıllık çalışma sonucunda, sarıçam meşcerelerinde ölü örtü kütlesinin 4.4 ile 20.9 t/ha arasında değiştiğini bildirmiştir. Güner ve Çömez (2014), karaçam meşcerelerinde yaptıkları çalışmada, ölü örtü biyokütlesinin meşcere gelişim çağına bağlı olarak değiştiğini; en düşük değerin Çka3 meşcerelerinde 3.85 t/ha, en yüksek değerin ise Çkc3 meşcerelerinde 27.03 t/ha olduğunu belirlemiştir. Savacı ve Sarıyıldız (2020a), Kastamonu'daki Kazdağı göknarı meşcerelerinde yürüttükleri araştırmada, 100 yaşın üzerindeki yaşlı meşcerelerin, genç meşcerelere kıyasla daha fazla ölü örtü birikimine sahip olduğunu bildirmiştir. Tolunay ve Çömez (2008), Türkiye'deki kızılçam ormanlarında ölü örtüye bağlı karbon miktarının 1.2 ile 16.4 ton/ha arasında değiştiğini rapor etmiştir. Öztürk (2022), karaçam ve kızılçam meşcerelerinde ölü örtüde depolanan karbon miktarlarının 1.84 ile 12.91 ton/ha arasında değiştiğini bildirmiştir. Tolunay vd. (2017), sahil çamı meşcerelerinde ölü örtü karbon stoklarının a gelişim çağında 4.4 ton/ha, cd gelişim çağında ise 18.7 ton/ha arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Karaöz (1993), 30 yaşındaki Avrupa ladin ağaçlandırma alanında yaptığı çalışmada, ölü örtü biyokütlesini yaklaşık 16.2 ton/ha olarak belirlemiştir. Sevim (1954), karaçam ormanlarında yaptığı çalışmada, yaşlı meşcerelerde ölü örtü miktarını kuzey bakıda 9.58 t/ha, güney bakıda ise 12.36 t/ha olarak tespit etmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, önceki araştırmaların sonuçlarıyla genel olarak benzerlik göstermektedir.

3.2.1. Ölü Örtü Organik Karbon İçeriği

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde birim alandaki ölü örtü biyokütlelerindeki organik C içerikleri Tablo 50’de verilmiştir.

Tablo 50. Meşcere tipleri bazında ölü örtü bileşenlerindeki organik C miktarının (%) bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	Ölü Örtü Biyokütlesi OC	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	Ölü Örtü OC (%)	29.00±3.12 ⁽¹⁾	30.26±2.70	33.14±2.53	33.43±3.20	30.67±3.86	32.68±1.76
		22.31-32.80 ⁽²⁾	24.67-32.99	30.88-38.18	28.88-36.27	27.32-34.90	30.51-35.26
	Ölü Örtü OC (t/ha)	3.41±0.99	3.42±1.54	3.75±0.76	3.27±1.57	2.91±0.74	3.89±1.64
		2.57-5.13	1.92-6.84	2.32-4.56	1.36-4.73	2.17-3.72	2.12-7.83
3	Ölü Örtü OC (%)	29.04±1.78	31.91±3.93	30.55±3.20	31.66±3.26	31.14±4.39	31.30±3.21
		27.22-31.88	25.41-37.55	27.79-39.01	24.77-34.62	23.30-35.16	26.68-34.90
	Ölü Örtü OC (t/ha)	4.13±1.46	3.31±0.66	3.75±1.47	3.16±1.07	3.45±1.49	3.10±0.81
		2.18-6.04	2.53-4.43	1.96-6.58	1.58-5.35	1.91-5.82	1.77-4.24
4	Ölü Örtü OC (%)	29.48±3.41	29.89±3.38	29.97±3.10	33.14±4.74	30.26±4.16	31.78±3.13
		25.57-36.27	27.77-34.90	27.25-35.16	25.85-37.64	21.72-35	27.86-35.99
	Ölü Örtü OC (t/ha)	3.22±1.08	3.55±0.78	3.61±1.20	2.82±1.11	3.79±1.44	3.24±0.91
		1.99-4.87	3.03-4.69	2.09-5.34	1.29-4.14	1.56-5.57	2.02-4.52

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 50 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi organik C içerikleri sırasıyla, %29.00, %30.26 ve %33.14; 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi organik C içerikleri sırasıyla, %33.43, %30.67 ve %32.68 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi organik C içerikleri sırasıyla, %29.04, %31.91 ve %30.55; 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi organik C içerikleri sırasıyla, %31.66, %31.14 ve %31.30 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi organik C içerikleri sırasıyla, %29.48, %29.89 ve %29.97; 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi organik C içerikleri sırasıyla, %33.14, %30.26 ve %31.78 olarak bulunmuştur.

2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 3.41 t/ha, 3.42 t/ha ve 3.75 t/ha; 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 3.27 t/ha, 2.91 t/ha ve 3.89 t/ha olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 4.13 t/ha, 3.31 t/ha ve 3.75 t/ha; 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 3.16 t/ha, 3.45 t/ha ve 3.10 t/ha olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 3.22 t/ha, 3.55 t/ha ve 3.61 t/ha; 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi organik C miktarı sırasıyla, 2.82 t/ha, 3.79 t/ha ve 3.24 t/ha olarak bulunmuştur.

Meşcere tiplerine göre birim alandaki ölü örtü kütlesindeki organik C içerikleri ve miktarları Tablo 51’de verilmiştir.

Tablo 51. Meşcere tiplerine göre birim alandaki ölü örtü organik C miktarına ait bulgular

Meşcere Tipi	Ölü Örtü OC (t/ha)	Ölü Örtü OC (%)
Lbc3	3.33±1.17 ⁽¹⁾	30.66±3.57
	1.29-6.04 ⁽²⁾	22.31-37.64
Lc3	3.43±1.18	30.73±3.54
	1.56-6.84	21.72-37.55
Lcd3	3.55±1.20	31.66±2.88
	1.77-7.83	26.68-39.01

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 51 incelendiğinde; Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü organik C miktarı sırasıyla, 3.33 t/ha, 3.43 t/ha ve 3.55 t/ha olarak bulunmuştur. Lbc3, Lc3, ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü bileşenlerindeki organik C içerikleri sırasıyla, %30.66, %30.73, %31.66 olarak bulunmuştur.

Ölü örtü C miktarı, yıllık ölü örtü kalitesi ve miktarı (Zhang ve Wang, 2010), ağaç yaşı (Yue vd., 2018), ayrışma oranı (Taylor vd., 2007) tür çeşitliliği gibi çeşitli faktörler tarafından belirlenmektedir. Ölü örtü bileşenlerindeki organik C (%) içerikleri, meşcere gelişim çağı ilerledikçe artış göstermiştir. Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen ölü örtü organik C (%) bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoğlu (2022) Ladin ağaçlandırmalarında yaptığı çalışmada, ölü örtü bileşenlerinde organik C miktarlarını a meşcere gelişme çağında %32.46; b meşcere gelişme çağında %34.26; bc meşcere gelişme çağında %34.37 olarak belirlemiştir. Karaöz (1993), ortalama 31 yaşındaki Doğu ladini ağaçlandırma alanlarında yaptığı çalışmada ölü örtü örneklerinde karbon içeriklerinin %28.12 ile %56.75 arasında değiştiğini bulmuştur. Sarıyıldız (2008), ortalama 100–110 yaşında olan Doğu ladini meşcerelerinde ölü örtü C içeriğini %46.4 olarak belirlemiştir. Duman (2008), ortalama 100 yaşındaki saf ladin meşcerelerinde yürüttüğü çalışmada, ölü örtü C içeriğinin ortalama %47 düzeyinde olduğunu tespit etmiştir. Sarıyıldız vd. (2004), ortalama 90-100 yaşında olan saf Doğu Ladini meşcerelerinde yaptıkları çalışmada, ölü örtü karbon içeriğini ortalama %46.4 olarak belirlemişlerdir. Sarıyıldız vd. (2008) yaşı ortalama 81–193 arasında değişen ladin meşcerelerinde yürüttükleri çalışmada, ölü örtü karbon içeriklerinin %46.3–47.9 aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Güner ve Çömez (2014), karaçam ağaçlandırma alanında yaptıkları çalışmada, ölü örtü karbon içeriklerini Çka3 meşceresinde %50.99, Çkb3 meşceresinde %51.68 ve Çkc3 meşceresinde %46.83 olarak belirlemişlerdir. Tunç (2019), yaptığı çalışmada Çkab, Çkb ve Çkc gelişim çağılarındaki meşcerelerde ölü örtü karbon oranlarını sırasıyla %53.21, %53.94 ve %52.58 olarak

hesaplamışlardır. Erkut (2013) tarafından yapılan çalışmada saf kayın meşcerelerinde ölü örtü karbon içeriği ortalama %34.9 olarak bulunmuştur.

Ladin meşcerelerindeki ölü örtüye ait organik C miktarlarının (t/ha), bonitet sınıfları, meşcere tipleri ve yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 52’de gösterilmiştir.

Tablo 52. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ölü örtü organik C (t/ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.242	2	0.121	0.082	0.921
Meşcere tipi	1.148	2	0.574	0.389	0.679
Yükselti basamağı	2.365	1	2.365	1.602	0.208
Bonitet*meşcere tipi	5.304	4	1.326	0.899	0.467
Bonitet*yükselti basamağı	0.743	2	0.372	0.252	0.778
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.945	2	0.472	0.32	0.727
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	2.526	4	0.632	0.428	0.788

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre ölü örtü organik C miktarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 52’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde ölü örtü organik C miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre ölü örtü organik C miktarıyla; hacim ağırlığı ($r=-0.226$) ve kılcal kök C/N oranı ($r=-0.193$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık ölü örtü organik C miktarıyla; eğim ($r=0.187$), üst boy ($r=0.208$), solma noktası (%) ($r=0.183$), toprak N ($r=0.214$), toprak organik C ($r=0.212$), ölü örtü kütlesi ($r=0.952$), ölü örtü N ($r=0.876$), ölü örtü C/N oranı ($r=0.250$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Ölü örtü organik madde içeriği, ağaç türleri ile yetiştirme ortamının özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Teçimen ve Kavgacı, 2010). Ölü örtü bileşenlerindeki organik C (t/ha) miktarları, meşcere gelişim çağı ilerledikçe artış göstermiştir. Ölü örtüdeki organik karbon miktarının artması, meşcerelerde döküntü miktarının fazlalaşması ve yaşlanmaya bağlı olarak ayrışma hızının yavaşlaması nedeniyle organik maddenin toprak yüzeyinde daha uzun süre birikmesinden kaynaklanmaktadır. Yükselti artışıyla birlikte

düşen sıcaklık ve artan nem koşulları, mikrobiyal aktiviteyi sınırlandırarak organik maddenin ayrışma hızını yavaşlatmakta ve bu durum toprakta organik karbon birikiminin artmasına neden olmaktadır. Korelasyon analizi sonuçlarına göre ölü örtüdeki organik karbon miktarı, toprak hacim ağırlığı arttıkça ve kılcal köklerin C/N oranı yükseldikçe azalmaktadır. Hacim ağırlığının artmasıyla birlikte toprak havalanması azalmakta, mikrobiyal faaliyetler zayıflamakta ve bu durum organik maddenin ayrışmasını yavaşlatmaktadır. Kılcal köklerdeki yüksek C/N oranı, azot sınırlı ortamlarda ayrışma hızını yavaşlatarak ölü örtüdeki organik karbon birikiminin azalmasına neden olmaktadır. İyi bonitetli ve su tutma kapasitesi yüksek alanlarda döküntü miktarının artması, ölü örtü organik karbon miktarının yükselmesine neden olmaktadır.

Genel olarak, meşcere gelişimiyle birlikte ağaç kütlelerinde meydana gelen artışın, toprak karbon ve besin stoklarını artırıcı etkisi olduğu çeşitli çalışmalarda belirlenmiştir (Güner ve Özkan, 2019). Çalışmamızda, Doğu Ladini alanlarındaki Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü organik C miktarı sırasıyla, 1.29-6.04 t/ha, 1.56-6.84 t/ha ve 1.77-7.83 t/ha aralığında değiştiği belirlenmiştir. Kocamanoğlu (2022) Ladin ağaçlandırmalarında yaptığı çalışmada ölü örtü organik C miktarlarını a meşcere gelişme çağında 2.64 t/ha; b meşcere gelişme çağında 3.36 t/ha; bc meşcere gelişme çağında 4.70 t/ha olarak belirlemiştir. Karaöz (1993) tarafından yapılan çalışmada, 31 yaşındaki Doğu Ladini plantasyon sahasında ölü örtü karbon stoğu 6.1 t/ha olarak belirlenmiştir. Tolunay ve Çömez (2008), Türkiye'deki ibreli tür ağaçlandırma sahalarında ölü örtü karbon stoğunun ortalama 7.1 t/ha olduğunu rapor etmişlerdir. Tolunay ve Çömez (2008), Türkiye kızılçam ormanlarında ölü örtü karbon miktarını 1.2–16.4 t/ha aralığında bildirmişlerdir. Öztürk (2022) yaptığı çalışmada karaçam-kızılçam meşcerelerinde ölü örtüde depolanan karbonun 1.84–12.91 t/ha arasında değiştiğini rapor etmiştir. Tolunay vd. (2017), sahil çamı meşcerelerinde yaptıkları çalışmada, ölü örtü karbon miktarlarının en düşük a gelişim çağındaki meşcerelerde 4.4 t/ha, en yüksek cd gelişim çağındaki meşcerelerde 18.7 t/ha olduğunu belirlemişlerdir. Güner ve Çömez (2014) karaçam meşcerelerinde yaptıkları çalışmada, birim alandaki ölü örtüde depolanan karbonun en düşük Çka3 meşcerelerinde 1.97 t/ha, en yüksek ise Çkc3 meşcerelerinde 12.49 t/ha olduğunu rapor etmişlerdir. Bu kapsamda, mevcut çalışmada elde edilen değerlerin literatürde bildirilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir.

3.2.2. Ölü Örtü Azot İçeriği

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde birim alandaki ölü örtü biyokütlelerindeki azot içerikleri ve miktarları Tablo 53’de verilmiştir.

Tablo 53. Meşcere tipleri bazında ölü örtü bileşenlerindeki azot stokunun bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	Ölü Örtü Biyokütlesi Azot	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	Ölü Örtü Azot (%)	1.001±0.110 ⁽¹⁾	1.120±0.119	1.134±0.142	1.075±0.164	1.061±0.070	1.013±0.123
		0.840-1.160 ⁽²⁾	0.950-1.290	0.940-1.360	0.840-1.240	1.000-1.160	0.860-1.210
	Ölü Örtü Azot (t/ha)	0.118±0.029	0.123±0.048	0.130±0.035	0.106±0.051	0.100±0.018	0.118±0.043
		0.080-0.160	0.070-0.230	0.080-0.180	0.040-0.160	0.080-0.120	0.060-0.210
3	Ölü Örtü Azot (%)	1.135±0.132	1.114±0.150	1.035±0.148	1.146±0.216	1.076±0.198	1.108±0.100
		0.940-1.270	0.940-1.370	0.820-1.230	0.730-1.370	0.840-1.340	0.970-1.260
	Ölü Örtü Azot (t/ha)	0.168±0.075	0.116±0.026	0.128±0.049	0.114±0.038	0.120±0.050	0.107±0.021
		0.080-0.270	0.080-0.150	0.060-0.220	0.050-0.170	0.070-0.180	0.070-0.140
4	Ölü Örtü Azot (%)	1.087±0.199	0.997±0.193	1.039±0.165	1.175±0.132	1.197±0.110	1.038±0.154
		0.770-1.470	0.740-1.210	0.890-1.310	0.950-1.270	1.030-1.340	0.810-1.360
	Ölü Örtü Azot (t/ha)	0.113±0.026	0.115±0.026	0.128±0.049	0.102±0.039	0.150±0.065	0.106±0.025
		0.080-0.150	0.080-0.140	0.070-0.200	0.050-0.150	0.070-0.250	0.070-0.140

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 53 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi azot içerikleri sırasıyla, %1.001, %1.120 ve %1.134; 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi azot içerikleri sırasıyla, %1.075, %1.061 ve %1.013 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi azot içerikleri sırasıyla, %1.135, %1.114 ve %1.035; 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi azot içerikleri sırasıyla, %1.146, %1.076 ve %1.108 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi azot içerikleri sırasıyla, %1.087, %0.997 ve %1.039; 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi azot içerikleri sırasıyla, %1.175, %1.197 ve %1.038 olarak bulunmuştur.

2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.118 t/ha, 0.123 t/ha ve 0.130 t/ha; 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.106 t/ha, 0.100 t/ha ve 0.118 t/ha olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.168 t/ha, 0.116 t/ha ve 0.128 t/ha; 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.114 t/ha, 0.120 t/ha ve 0.107 t/ha olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.113 t/ha, 0.115 t/ha ve 0.128 t/ha; 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi azot miktarı sırasıyla, 0.102 t/ha, 0.150 t/ha ve 0.106 t/ha olarak bulunmuştur. Meşcere tiplerine göre birim alandaki ölü örtü kütlesindeki azot içerikleri ve miktarları Tablo 54’de verilmiştir.

Tablo 54. Meşcere tiplerine göre birim alandaki ölü örtü azot miktarına ait bulgular

Meşcere Tipi	Ölü Örtü Azot (t/ha)	Ölü Örtü Azot (%)
Lbc3	0.120±0.045 ⁽¹⁾	1.097±0.169
	0.040-0.270 ⁽²⁾	0.730-1.470
Lc3	0.123±0.044	1.106±0.147
	0.070-0.250	0.740-1.370
Lcd3	0.118±0.037	1.059±0.136
	0.060-0.220	0.810-1.360

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ :Minimum – Maksimum değerler

Tablo 54 incelendiğinde; Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü azot miktarı sırasıyla, 0.120 t/ha, 0.123 t/ha ve 0.118 t/ha olarak bulunmuştur. Lbc3, Lc3, ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü bileşenlerindeki azot içerikleri sırasıyla, %1.097, %1.106, %1.059 olarak bulunmuştur.

Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen ölü örtü N (%) bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoğlu (2022) ladin ormanlarında yaptığı araştırmada, ölü örtülerin ortalama azot içeriklerini; a gelişme çağında %1.81, b gelişme çağında %1.69 ve bc gelişme çağında %1.58 olarak bulmuştur. Karaöz (1993) yaptığı çalışmada, ortalama 31 yaşındaki Doğu Ladini sahasından alınan ölü örtü örneklerinde azot içeriklerinin %0.89–%1.34, ortalama 30 yaşındaki Avrupa Ladini sahalarından alınan örneklerde ise %0.66–%1.28 arasında değiştiğini rapor etmiştir. Duman (2008), 100 yaşın üstündeki saf ladin meşcerelerinde yürüttüğü çalışmada, ölü örtü ortalama azot içeriğini %1.3 olarak belirlemiştir. Sarıyıldız vd. (2004), ortalama yaşı 90–100 arasında değişen saf Doğu Ladini meşcerelerinde yürüttükleri çalışmada, ölü örtü azot içeriğini %1.16 olarak belirlemiştir. Sarıyıldız vd. (2008), Artvin Hatila Vadisi'nde yaşı 81 ile 193 arasında değişen ladin meşcerelerinde yürüttükleri çalışmada, ölü örtü azot içeriklerinin %1.17 ile %1.46 arasında değiştiğini belirlemiştir. Ölü örtüdeki N içeriklerinin; ağaç türü, meşcere yaşı ve yetiştirme ortamı özelliklerine bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalar genellikle bizim bulduğumuz sonuçlardan yüksek çıksada bazı verilerle uyumlu olduğu ortaya çıkmıştır.

Ladin meşcerelerindeki ölü örtüye ait azot miktarlarının (t/ha), bonitet sınıfları, meşcere tipleri ve yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 55'de gösterilmiştir.

Tablo 55. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ölü örtü azot (t/ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.002	2	0.001	0.636	0.531
Meşcere tipi	0.000	2	0.000	0.007	0.993
Yükselti basamağı	0.005	1	0.005	2.851	0.094
Bonitet*meşcere tipi	0.011	4	0.003	1.562	0.189
Bonitet*yükselti basamağı	0.003	2	0.001	0.841	0.434
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.005	2	0.002	1.397	0.252
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.006	4	0.002	0.910	0.461

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre ölü örtü azot miktarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 55’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde ölü örtü N miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre ölü örtü N miktarıyla; hacim ağırlığı ($r=-0.253$), kılcal kök C/N oranı ($r=-0.259$) ve ölü örtü C/N oranı ($r=-0.215$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık ölü örtü N miktarıyla; eğim ($r=0.178$), EC ($r=0.175$), toprak N ($r=0.212$), ölü örtü kütlesi ($r=0.897$) ve ölü örtü organik C ($r=0.876$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Hacim ağırlığının yüksek olduğu topraklarda genellikle su tutma kapasitesi ve havalanma düşük olduğundan dolayı ölü örtüdeki azot birikimi azalmaktadır. Bu nedenle, ölü örtü azot miktarı ile hacim ağırlığı arasında genellikle negatif yönlü bir ilişki gözlemlenmektedir. Kılcal köklerde C/N oranı yükseldikçe, ölü örtüdeki azot miktarı azalmakta ve bu durum, köklerden toprağa azot girişinin sınırlandırılmasından kaynaklanmaktadır. Ölü örtüdeki C/N oranının artması, azot içeriğinin azalmasına bağlı olarak ayrışma hızının yavaşlamasından ve azotun sınırlı hale gelmesinden kaynaklanmaktadır. Ölü örtü azot miktarı, eğimin artmasıyla birlikte yükselmekte olup, bu durum eğimli alanlarda su akışı ve organik madde birikiminin artmasından kaynaklanmaktadır. Toprak EC değeri arttıkça, genellikle iyon değişim kapasitesi ve besin elementlerinin taşınabilirliği yükseldiği için ölü örtüdeki azot birikimi de artmaktadır.

Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen ölü örtü N (t/ha) bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoğlu (2022) ladin ağaçlandırmalarında yaptığı çalışmada ölü örtü azot miktarlarını a meşcere gelişme çağında 0.15 t/ha; b meşcere gelişme çağında 0.17 t/ha; bc meşcere gelişme çağında 0.22 t/ha olarak belirlemiştir. Karaöz (1993) yaptığı çalışmada, ortalama 31 yaşındaki Doğu Ladini sahasından alınan ölü örtü örneklerinde azot miktarını 0.19 t/ha, ortalama 30 yaşındaki Avrupa Ladini sahalarından alınan örneklerde ise 0.20 t/ha olarak belirlemiştir. Bu sonuçlar, ölü örtüdeki azot miktarının ağaç türü, meşcere yaşı ve yetiştirme ortamı koşullarına bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Önceki çalışmaların büyük ölçüde bu araştırmanın sonuçlarıyla uyumlu olduğu görülmektedir.

3.2.3. Ölü Örtü C/N Oranı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde birim alandaki ölü örtü biyokütlelerindeki ortalama C/N oranı içerikleri Tablo 56’da verilmiştir.

Tablo 56. Meşcere tipleri bazında ölü örtü bileşenlerindeki C/N oranının bonitet sınıfları ve yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	29.23±4.05 ⁽¹⁾	27.39±4.33	29.53±3.74	31.34±2.09	28.98±4.06	32.68±4.00
	23.21-34.07 ⁽²⁾	19.60-32.38	25.33-36.10	28.96-34.41	26.04-34.88	25.89-37.90
3	26.02±4.67	29.18±5.92	30.17±5.95	28.28±4.23	29.30±3.90	28.48±3.99
	22.50-34.05	20.44-40.11	23.92-42.40	20.65-34.10	24.05-34.32	22.65-35.19
4	27.65±4.32	30.82±6.37	29.06±2.30	28.13±1.09	25.35±3.46	31.12±5.08
	22.31-36.21	23.91-37.40	26.74-31.98	27.15-29.52	21.03-31.43	25.39-38.59

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 56 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi C/N oranı sırasıyla, 29.23, 27.39 ve 29.53; 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi C/N oranı sırasıyla, 31.34, 28.98 ve 32.68 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi C/N oranı sırasıyla, 26.02, 29.18 ve 30.17; 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi C/N oranı sırasıyla, 28.28, 29.30 ve 28.48 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi C/N oranı sırasıyla, 27.65, 30.82 ve 29.06; 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde ölü örtü kütlesi C/N oranı sırasıyla, 28.13, 25.35 ve 31.12 olarak bulunmuştur.

Meşcerelerdeki ölü örtü kütlesi C/N oranına ait ortalama değerler Tablo 57’de verilmiştir. Tablo 57 oluşturulurken Tablo 56’daki ölü örtü bileşenlerine ait C/N oranı ortalamaları verilmiştir. Tablo 57’de farklı meşcerelerde birim alandaki ölü örtü bileşenlerinin C/N oranı belirlenirken yükselti basamakları ve bonitet sınıfları dikkate alınmamıştır.

Tablo 57. Meşcere tiplerine göre ölü örtü bileşenlerine ait C/N oranları

Meşcere Tipleri	Ölü Örtü C/N
Lbc3	28.37±3.92 ⁽¹⁾ 20.65-36.21 ⁽²⁾
Lc3	28.22±4.68 19.60-40.11
Lcd3	30.36±4.53 22.65-42.40

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 57 incelendiğinde; Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü kütlesi C/N oranları sırasıyla; 28.37, 28.22, 30.36 olarak bulunmuştur.

Ladin meşcerelerindeki ölü örtü biyokütle C/N oranlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri ve yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 58’de gösterilmiştir.

Tablo 58. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak ölü örtü C/N oranlarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	40.991	2	20.495	1.081	0.343
Meşcere tipi	85.897	2	42.948	2.265	0.108
Yükselti basamağı	7.803	1	7.803	0.412	0.522
Bonitet*meşcere tipi	59.697	4	14.924	0.787	0.536
Bonitet*yükselti basamağı	51.472	2	25.736	1.358	0.261
Meşcere tipi*yükselti basamağı	42.987	2	21.494	1.134	0.325
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	88.783	4	22.196	1.171	0.327

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre ölü örtü C/N oranının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 58’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde ölü örtü C/N oranıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler, toprak, kök ve ölü örtü özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre ölü örtü C/N oranıyla; ölü örtü N ($r=-0.215$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık ölü örtü C/N oranıyla; üst boy ($r=0.221$), amonyum ($r=0.213$), toplam mineral N (0.207), toprak C/N oranı (0.183) ve ölü örtü organik C ($r=0.250$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Ölü örtünün karbon içeriği, lignin/sellüloz oranı ve çözünür organik karbon gibi kimyasal özellikleri, hem ayrışma süreci hem de toprak azot ve karbon dinamikleri üzerinde

belirleyici bir rol oynamaktadır. Özellikle ayrışmanın erken evrelerinde, ölü örtüdeki ayrışma süreci sonucunda önemli miktarda karbon açığa çıkmaktadır. Bu nedenle, orman ekosistemlerinde ölü örtünün toprak azot döngüsüne etkisi, farklı ayrışma evrelerinde ortaya çıkan çözünür substratların miktar ve niteliğine bağlı olarak değişmektedir. Bu çözünür substratlar, toprak azotunun bileşimini düzenleyebilir veya değiştirebilir (Pei vd., 2020).

Topraktaki C/N oranı; ağaç türü, iklim, yükselti, toprak özellikleri, anakaya ve meşcere kapalılığı gibi birçok çevresel ve biyotik faktöre bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Ladin ölü örtüsünün ayrışmasıyla oluşan asidik bileşikler toprağın pH'ını düşürerek asitleşmeye neden olmaktadır. Meşcere gelişim çağıının ilerlemesiyle azalan ışık miktarı ve artan ölü örtü C/N oranı, organik maddenin ayrışma ve mineralizasyon hızını önemli ölçüde yavaşlatmaktadır. Özellikle nemli ve gölgeli ortamlarda bu süreç belirginleşmekte, C/N oranı 15'in üzerinde olduğunda ayrışma sınırlı, 15'in altında ise oldukça hızlı gerçekleşmektedir (Kantarıcı, 2000). Ölü örtü ayrışma hızını belirlemede kullanılan C/N oranının yüksek olması ayrışmanın yavaş gerçekleştiğini, düşük olması ise ayrışmanın daha hızlı olduğunu göstermektedir (Çepel, 1988a; Kantarıcı, 2000). Varyans analizi sonuçlarına göre, ölü örtü C/N oranı ile bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Korelasyon analizine göre ise, Doğu Ladini meşcerelerinde C/N oranı arttıkça azot miktarının azaldığı görülmüştür. Çalışma sonucunda, ölü örtü C/N oranlarının genel olarak yüksek olduğu saptanmıştır. Bu durum, ladin ölü örtüsünün karbonca zengin ancak azotça fakir bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. İğne yapraklı türlerin ölü örtüleri, yüksek lignin ve selüloz içerikleri nedeniyle yavaş ayrışmakta, bu da yüksek C/N oranlarıyla karakterize olmalarına neden olmaktadır. Dolayısıyla ayrışma süreçleri yavaşlamakta, azotun mineral forma dönüşümü sınırlanmakta ve bitkiler tarafından alınabilir azot miktarı azalmaktadır.

Meşcere bonitetinin artmasıyla birlikte ölü örtü miktarının, dolayısıyla organik karbon içeriğinin yükseldiği belirlenmiştir. Genellikle yüksek C/N oranı, organik maddenin ayrışma hızını yavaşlatarak toprakta azot ve mineral azot miktarının azalmasına neden olmaktadır. Ancak bu çalışmada, C/N oranı ile mineral azot arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Bu durum, ölü örtüde ve toprakta bulunan serbest aminoasitlerin mikrobiyal aktiviteyi uyarak azot mineralizasyonunu artırmasıyla açıklanabilir. Aminoasitler, mikroorganizmalar tarafından doğrudan kullanılabilen organik azot formlarıdır ve bu bileşiklerin artışı, karbonca zengin ortamlarda bile azot dönüşümünü hızlandırabilmektedir. Dolayısıyla, çalışma alanında yüksek C/N oranına rağmen azot miktarının artış göstermesi,

aminoasitlerin ekosistemde aktif bir azot kaynağı olarak rol oynadığını ve ayrışma süreçlerini dolaylı biçimde desteklediğini göstermektedir. Sonuç olarak, amino asitlerin ekosistemde aktif bir azot kaynağı olarak işlev gördüğü ve ayrışma süreçlerini dolaylı olarak hızlandığı belirlenmiştir.

Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen ölü örtü C/N oranı sonuçları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla genel olarak uyumludur. Kocamanoğlu (2022), ladin ağaçlandırmalarında ölü örtü C/N oranını a meşcere gelişme çağıında 18.20; b meşcere gelişme çağıında 20.39; bc meşcere gelişme çağıında 22.15 olarak bildirmiştir. Sarıyıldız (2008), 100-110 yaşındaki göknar, ladin ve sarıçam meşcerelerinin ölü örtü C/N oranlarını sırasıyla 38, 40 ve 35 olarak belirlemiştir. Karaöz (1993) ise Avrupa Ladini ve Doğu Ladininde ölü örtü C/N oranlarını sırasıyla 34.29 ve 37.01 olarak rapor etmiştir. Bu çalışmada ortalama ölü örtü C/N oranı 29.13 olarak belirlenmiş olup, Duman (2008)'in 100 yaşın üzerindeki saf ladin meşcerelerinde bulunduğu 37–39 aralığındaki değerlerden biraz daha düşüktür. Rehfuess (1986) ise ladin ölü örtülerinde C/N oranlarını yaklaşık 48 olarak bildirmiştir. Benzer şekilde, Sarıyıldız vd. (2008) ortalama yaşı 81-193 arasında değişen ladin meşcerelerinde 31.7–40.7 aralığında C/N oranları tespit etmiştir. Savacı ve Sarıyıldız (2020b), göknar meşcerelerinde yaş ilerledikçe C/N oranının arttığını, 38–100 yaş aralığında bu değer 34–50 arasında değiştiğini belirtmiştir. Yapılan çalışmalar genel olarak, meşcere yaşı ve gelişim çağıının ilerlemesiyle ölü örtü C/N oranının arttığını göstermektedir. Genç meşcerelerde ölü örtü daha çok ince materyallerden oluşurken, yaşlı meşcerelerde kalın dal ve odunsu materyal oranı artmaktadır. Bu durum, C/N oranının yükselmesine ve ayrışma hızının yavaşlamasına neden olmaktadır (Thuillle ve Schulze, 2006).

3.3. Toprak Özellikleri

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde toplam 133 örnek alanda bazı yetiştirme ortamı faktörlerine ve toprakların fizikokimyasal özelliklerine ait veriler Ek Tablo 1, 2'de verilmiştir.

Çalışma alanı topraklarının horizonlara göre hacim ağırlıkları (HA) (gr/cm^3), kum (%), toz (%), kil (%), tarla kapasitesi (TK) (%), solma noktası (SN) (%), faydalanılabilir su kapasitesi (FSK) (%), pH (H_2O ve KCl), elektriksel iletkenlik (EC) ($\mu\text{S}/\text{cm}$), organik madde (OM) (%), organik C (t/ha), toplam azot miktarı (%) (t/ha), C/N oranı (%), amonyum (mg-

kg), nitrat (mg-kg), toplam mineral azot (mg-kg) verilerinin meşcere tipi, bonitet sınıfları ve yükselti basamakları özelliklerine göre ortalama, maksimum ve minimum değerleri Ek Tablo 1-2’de verilmiştir.

3.3.1. Hacim Ağırlığı (gr/cm³)

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak HA (gr/cm³) miktarları Tablo 59’da verilmiştir.

Tablo 59. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak hacim ağırlığı miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi (cm)	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	0.87±0.27 ⁽¹⁾	0.84±0.30	0.81±0.16	0.67±0.19	0.86±0.08	0.66±0.20
		0.38-1.15 ⁽²⁾	0.33-1.23	0.53-0.99	0.47-0.91	0.77-0.94	0.40-1.04
	5-15 cm	1.04±0.11	0.99±0.29	0.97±0.27	0.87±0.12	0.89±0.11	0.86±0.13
		0.89-1.23	0.53-1.39	0.57-1.34	0.66-0.94	0.77-1.04	0.64-1.12
	15-30 cm	1.09±0.17	1.11±0.27	1.08±0.24	0.92±0.15	1.11±0.16	0.92±0.15
		0.75-1.36	0.55-1.42	0.68-1.43	0.79-1.12	0.89-1.24	0.65-1.16
3	0-5 cm	0.64±0.18	0.71±0.16	0.80±0.21	0.76±0.25	0.65±0.31	0.76±0.32
		0.45-0.84	0.51-0.93	0.55-1.21	0.47-1.14	0.36-1.22	0.39-1.52
	5-15 cm	0.93±0.22	0.97±0.19	0.97±0.13	0.81±0.14	0.77±0.14	0.87±0.23
		0.63-1.15	0.71-1.19	0.71-1.16	0.57-1.04	0.6-0.94	0.47-1.22
	15-30 cm	1.07±0.26	1.11±0.22	1.06±0.09	0.92±0.15	0.87±0.18	1.03±0.24
		0.70-1.46	0.77-1.36	0.86-1.20	0.63-1.07	0.68-1.11	0.66-1.44
4	0-5 cm	0.88±0.25	0.98±0.21	0.83±0.26	0.67±0.22	0.64±0.22	0.73±0.28
		0.55-1.28	0.86-1.29	0.50-1.19	0.41-0.93	0.42-0.95	0.29-1.20
	5-15 cm	0.94±0.13	1.16±0.24	1.10±0.08	0.82±0.26	0.85±0.26	0.88±0.15
		0.78-1.14	0.98-1.51	1.02-1.21	0.49-1.14	0.48-1.18	0.71-1.16
	15-30 cm	1.09±0.09	1.16±0.24	1.09±0.15	0.96±0.19	0.88±0.24	0.95±0.23
		0.98-1.21	0.95-1.46	0.90-1.24	0.71-1.24	0.61-1.18	0.59-1.31

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma, ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 59 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesine sahip toprakların ortalama HA sırasıyla, 0.87 gr/cm³, 0.84 gr/cm³, 0.81 gr/cm³; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.04 gr/cm³, 0.99 gr/cm³, 0.97 gr/cm³; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.09 gr/cm³, 1.11 gr/cm³, 1.08 gr/cm³ olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesine sahip toprakların ortalama HA sırasıyla, 0.67

gr/cm³, 0.86 gr/cm³, 0.66 gr/cm³; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 0.87 gr/cm³, 0.89 gr/cm³, 0.86 gr/cm³; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 0.92 gr/cm³, 1.11 gr/cm³, 0.92 gr/cm³ olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesine sahip toprakların ortalama HA sırasıyla, 0.64 gr/cm³, 0.71 gr/cm³, 0.80 gr/cm³; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 0.93 gr/cm³, 0.97 gr/cm³, 0.97 gr/cm³; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.07 gr/cm³, 1.11 gr/cm³, 1.06 gr/cm³ olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesine sahip toprakların ortalama HA sırasıyla, 0.76 gr/cm³, 0.65 gr/cm³, 0.76 gr/cm³; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 0.81 gr/cm³, 0.77 gr/cm³, 0.87 gr/cm³; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 0.92 gr/cm³, 0.87 gr/cm³, 1.03 gr/cm³ olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesine sahip toprakların ortalama HA sırasıyla, 0.88 gr/cm³, 0.98 gr/cm³, 0.83 gr/cm³; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 0.94 gr/cm³, 1.16 gr/cm³, 1.10 gr/cm³; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.09 gr/cm³, 1.16 gr/cm³, 1.09 gr/cm³ olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesine sahip toprakların ortalama HA sırasıyla, 0.67 gr/cm³, 0.64 gr/cm³, 0.73 gr/cm³; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 0.82 gr/cm³, 0.85 gr/cm³, 0.88 gr/cm³; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 0.96 gr/cm³, 0.88 gr/cm³, 0.95 gr/cm³ olarak bulunmuştur (Tablo 59).

Ladin meşcerelerindeki toprak HA miktarlarının (gr/cm³), bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 60'da gösterilmiştir.

Tablo 60. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak hacim ağırlığı miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.213	2	0.106	2.446	0.088
Meşcere tipi	0.065	2	0.033	0.752	0.472
Yükselti basamağı	1.698	1	1.698	39.033	0.000
Derinlik	4.105	2	2.052	47.174	0.000
Bonitet*meşcere tipi	0.272	4	0.068	1.562	0.184
Bonitet*yükselti basamağı	0.203	2	0.101	2.331	0.099
Bonitet*derinlik	0.046	4	0.011	0.262	0.902
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.040	2	0.020	0.461	0.631
Meşcere tipi*derinlik	0.013	4	0.003	0.072	0.990
Yükselti basamağı*derinlik	0.043	2	0.022	0.498	0.608
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.295	4	0.074	1.696	0.150
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	0.131	8	0.016	0.377	0.932
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	0.110	4	0.028	0.633	0.639
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	0.009	4	0.002	0.054	0.995
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	0.163	8	0.020	0.468	0.879

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait HA miktarının yükselti basamakları ($F=39.033$, $p=0.000<0.05$) ve derinlik kademesine ($F=47.174$, $p=0.000<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 60).

Tablo 61. Hacim ağırlığı miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi

Hacim Ağırlığı	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	800-1300 m	195	0.97
	1300-1900 m	204	0.84

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (0.97 gr/cm³), 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcelere (0.84 gr/cm³) göre daha yüksek toprak hacim ağırlığı miktarına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 61).

Tablo 62. Derinlik kademesine göre hacim ağırlığı miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Hacim Ağırlığı	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	0-5 cm	133	0.76	a
	5-15 cm	133	0.92	b
	15-30 cm	133	1.02	c

a, b ve c farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak HA miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 3 farklı grup elde edilmiş, sırasıyla 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük HA ortalamasına sahip olan üç farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 62).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki HA miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki HA miktarıyla; yükselti ($r=-0.234$), kum ($r=-0.314$), EC ($r=-0.261$), tarla kapasitesi ($r=-0.403$), solma noktası ($r=-0.492$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki HA miktarıyla; eğim ($r=0.279$), toz ($r=0.203$), kil ($r=0.283$), pH (H_2O) ($r=0.255$), FSK ($r=0.291$), amonyum ($r=0.279$), nitrat ($r=0.378$), toplam mineral N ($r=0.356$), toprak C/N oranı ($r=0.320$), alanin ($r=0.509$), glisin ($r=0.590$), lösin ($r=0.523$), glutamin ($r=0.536$), asparagin ($r=0.524$), aspartik asit ($r=0.470$), glutamik asit ($r=0.553$), histidin ($r=0.602$), arginin ($r=0.469$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki HA miktarıyla; yükselti ($r=-0.379$), kum ($r=-0.487$), EC ($r=-0.286$), toprak organik C ($r=-0.182$), tarla kapasitesi ($r=-0.421$), solma noktası ($r=-0.496$), toprak N ($r=-0.427$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki HA miktarıyla; eğim ($r=0.299$), üst boy ($r=0.175$), toz ($r=0.252$), kil ($r=0.460$), pH ($r=0.250$), FSK ($r=0.249$), amonyum ($r=0.188$), nitrat ($r=0.277$), toplam mineral N ($r=0.251$) ve toprak C/N oranı ($r=0.334$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki HA miktarıyla; yükselti ($r=-0.360$), kum ($r=-0.463$), toprak organik C ($r=-0.225$), tarla kapasitesi ($r=-0.425$), solma noktası ($r=-0.508$) ve toprak N ($r=-0.432$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki HA miktarıyla; eğim ($r=0.311$), üst boy ($r=0.194$), kil ($r=0.483$), pH ($r=0.326$), amonyum ($r=0.226$), nitrat ($r=0.240$), toplam mineral N ($r=0.260$) ve toprak C/N oranı ($r=0.263$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, yükselti arttıkça hacim ağırlığının azaldığı belirlenmiştir. Düşük yükseltelerde sıcaklık ve mikrobiyal aktivitenin daha yüksek olması

organik maddenin hızlı ayrışmasına neden olarak toprağın gevşek yapısını azaltmakta ve hacim ağırlığının artmasına yol açmaktadır. Buna karşın, toprak derinliği arttıkça hacim ağırlığının yükseldiği tespit edilmiştir. Üst toprakta (0–5 cm) organik madde birikimi yüksek olup, alt katmanlarda organik maddenin azalması ve mineral fraksiyonun artması hacim ağırlığının artmasına neden olmaktadır.

Topraklarda kök yoğunluğu ve organik madde miktarının artması, toprağın gevşek yapısını destekleyerek hacim ağırlığını düşürmektedir (Kantarıcı, 2000). Doğu Ladini meşcerelerinde kök yapısının sık olmasına bağlı olarak üst katmanlarda kök yoğunluğu fazla, buna paralel olarak organik madde ve besin elementleri de yüksektir. Bu durum, 0–5 cm derinlikte organik madde birikiminin fazla olmasına, dolayısıyla hacim ağırlığının azalmasına ve amino asit miktarının artmasına neden olmaktadır. Eğimli ve kilce zengin alanlarda ise toprak yapısının daha sıkı olması, hacim ağırlığının artmasına katkı sağlamaktadır. Korelasyon sonuçlarına göre, 5–15 cm derinlik kademesinde organik madde miktarının azalması ve mineral toprak fraksiyonunun artmasıyla hacim ağırlığında kısmi bir artış gözlenmiştir. Benzer şekilde, 15–30 cm derinlikte organik madde miktarının azalmasıyla birlikte hacim ağırlığının yükseldiği belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, Doğu Ladini meşcerelerinde ortalama hacim ağırlığı 0.90 g/cm^3 olarak saptanmıştır. Kocamanoğlu (2022) tarafından Doğu Ladini ağaçlandırma alanında yürütülen araştırmada, üst topraklarda ortalama hacim ağırlığının $0.71\text{--}0.83 \text{ g/cm}^3$, alt topraklarda ise $0.85\text{--}0.98 \text{ g/cm}^3$ arasında değiştiği bildirilmiştir. Benzer şekilde, Babur (2018) farklı türlerde yürüttüğü çalışmada, üst toprakların ortalama hacim ağırlığını kayında 0.90 g/cm^3 , sedirde 0.99 g/cm^3 ve karaçamda 1.12 g/cm^3 olarak belirlemiştir. Bu sonuçlar, mevcut çalışmada elde edilen değerlerin literatürle uyumlu olduğunu göstermektedir.

3.3.2. Toprakların Mekanik Bileşimi

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak kum (%) miktarları Tablo 63’de verilmiştir.

Tablo 63. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak kum (%) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	47.31±9.60 ⁽¹⁾	48.49±14.61	47.67±13.46	55.85±12.50	46.35±22.06	65.21±11.18
		28.0-56.00 ⁽²⁾	28.00-77.00	32.00-63.00	38.00-71.00	24.00-74.00	39.00-78.00
	5-15 cm	44.19±8.76	44.39±12.47	46.53±17.96	50.06±14.82	43.07±17.15	56.41±12.00
		27.00-55.00	30.00-70.00	21.00-68.00	36.00-74.00	26.00-65.00	33.00-71.00
	15-30 cm	42.64±9.92	42.51±8.06	41.51±13.80	49.16±11.14	41.83±17.18	55.47±13.91
		22.00-51.00	28.00-50.00	22.00-59.00	37.00-60.00	22.00-63.00	35.00-78.00
3	0-5 cm	51.28±16.30	38.49±15.27	42.41±11.52	61.40±15.61	60.20±18.17	56.80±10.48
		37.00-82.00	22.00-67.00	29.00-67.00	30.00-81.00	34.00-80.00	42.00-73.00
	5-15 cm	47.06±16.25	30.37±15.77	40.02±12.92	57.44±18.52	51.36±18.45	59.53±13.28
		31.00-78.00	16.00-63.00	23.00-65.00	24.00-81.00	26.00-75.00	45.00-76.00
	15-30 cm	45.95±11.65	30.09±17.75	36.55±12.01	57.16±23.02	53.92±22.46	54.36±14.70
		28.00-65.00	9.00-65.00	20.00-66.00	22.00-85.00	28.00-80.00	37.00-82.00
4	0-5 cm	47.91±7.49	44.21±9.96	36.40±12.04	57.81±19.53	56.15±13.40	60.90±13.48
		36.00-59.00	34.00-53.00	25.00-53.00	37.00-77.00	42.00-79.00	38.00-82.00
	5-15 cm	45.67±7.32	43.96±10.59	28.34±15.11	56.36±19.75	58.96±17.04	56.34±10.97
		35.00-56.00	31.00-55.00	11.00-47.00	38.00-84.00	38.00-79.00	36.00-74.00
	15-30 cm	44.65±7.82	44.58±16.34	31.07±16.57	61.33±21.72	57.14±18.27	58.04±17.02
		33.00-55.00	23.00-59.00	12.00-51.00	35.00-84.00	36.00-79.00	34.00-83.00

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 63 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama kum (%) değerleri sırasıyla, %47.31, %48.49, %47.67; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %44.19, %44.39, %46.53; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %42.64, %42.51, %41.51 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama kum (%) değerleri sırasıyla, %55.85, %46.35, %65.21; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %50.06, %43.07, %56.41; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %49.16, %41.83, %55.47 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama kum (%) değerleri sırasıyla, %51.28, %38.49, %42.41; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %47.06, %30.37, %40.02; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %45.95, %30.09, %36.55 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama kum (%) değerleri sırasıyla, %61.40, %60.20, %56.80;

5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %57.44, %51.36, %59.53; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %57.16, %53.92, %54.36 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama kum (%) değerleri sırasıyla, %47.91, %44.21, %36.40; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %45.67, %43.96, %28.34; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %44.65, %44.58, %31.07 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama kum (%) değerleri sırasıyla, %57.81, %56.15, %60.90; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %56.36, %58.96, %56.34; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %61.33, %57.14, %58.04 olarak bulunmuştur (Tablo 63).

Ladin meşcerelerindeki toprak kum miktarlarının (%), bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 64'de gösterilmiştir.

Tablo 64. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak topraktaki kum (%) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	88.959	2	44.479	0.214	0.807
Meşcere tipi	1338.686	2	669.343	3.222	0.041
Yükselti basamağı	16424.815	1	16424.815	79.066	0.000
Derinlik	1246.51	2	623.255	3.000	0.049
Bonitet*meşcere tipi	2634.339	4	658.585	3.170	0.014
Bonitet*yükselti basamağı	2226.425	2	1113.212	5.359	0.005
Bonitet*derinlik	308.712	4	77.178	0.372	0.829
Meşcere tipi*yükselti basamağı	1622.996	2	811.498	3.906	0.021
Meşcere tipi*derinlik	64.793	4	16.198	0.078	0.989
Yükselti basamağı*derinlik	35.960	2	17.98	0.087	0.917
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	1596.49	4	399.122	1.921	0.106
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	476.221	8	59.528	0.287	0.970
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	102.955	4	25.739	0.124	0.974
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	21.531	4	5.383	0.026	0.999
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	179.273	8	22.409	0.108	0.999

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait kum (%) miktarının meşcere tipi ($F=3.222$, $p=0.041<0.05$), yükselti basamakları ($F=79.066$, $p=0.000<0.05$), derinlik kademesi ($F=3.000$, $p=0.049<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu dört faktör arasında bonitet*meşcere tipi ($F=3.170$, $p=0.014<0.05$), bonitet*yükselti basamağı ($F=5.359$, $p=0.005<0.05$) ve meşcere

tipi*yükselti basamağı ($F=3.906$, $p=0.021<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı etkileşimler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 64).

Tablo 65. Meşcere tiplerine göre toprak kum (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Kum Miktarı	Meşcere Tipi	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Kum Miktarı (%)	Lbc3	133	50.84	b
	Lc3	133	46.58	a
	Lcd3	133	50.60	ab

a, ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak kum (%) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, Lbc3 meşcereleri en yüksek, Lc3 meşcereleri ise en düşük kum (%) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 65).

Tablo 66. Kum miktarının (%) yükselti basamaklarına göre değişimi

Kum Miktarı	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
Kum Miktarı (%)	800-1300 m	195	42.27
	1300-1900 m	204	56.59

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (%56.59), 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcelere (%42.27) göre daha yüksek kum ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 66).

Tablo 67. Derinlik kademesine göre toprak kum (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Kum Miktarı	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Kum Miktarı (%)	0-5 cm	133	52.29	b
	5-15 cm	133	48.74	ab
	15-30 cm	133	47.74	a

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak kum (%) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük kum (%) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 67).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki kum (%) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki kum (%) miktarıyla; eğim ($r=-0.354$), hacim ağırlığı ($r=-0.314$), toz ($r=-0.631$), kil ($r=-0.909$), pH (H_2O) ($r=-0.411$), pH (KCL) ($r=-0.329$), FSK ($r=-0.247$), amonyum ($r=-0.251$), nitrat ($r=-0.382$), toplam mineral N ($r=-0.338$), toprak C/N oranı ($r=-0.208$), alanin ($r=-0.385$), glisin ($r=-0.310$), lösin ($r=-0.279$), glutamin ($r=-0.325$), asparagin ($r=-0.338$), aspartik asit ($r=-0.308$), glutamik asit ($r=-0.321$), histidin ($r=-0.289$) ve arginin ($r=-0.370$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki kum (%) miktarı ile yükselti ($r=0.424$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki kum (%) miktarıyla; eğim ($r=-0.334$), üst boy ($r=-0.214$), hacim ağırlığı ($r=-0.487$), toz ($r=-0.578$), kil ($r=-0.915$), pH (H_2O) ($r=-0.410$), pH (KCL) ($r=-0.278$), FSK ($r=-0.504$), amonyum ($r=-0.331$), nitrat ($r=-0.391$), toplam mineral N ($r=-0.401$) ve toprak C/N oranı ($r=-0.172$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki kum (%) miktarıyla; yükselti ($r=0.391$) ve toprak N ($r=0.282$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki kum (%) miktarıyla; eğim ($r=-0.331$), üst boy ($r=-0.252$), hacim ağırlığı ($r=-0.463$), toz ($r=-0.598$), kil ($r=-0.913$), pH (H_2O) ($r=-0.375$), pH (KCL) ($r=-0.235$), EC ($r=-0.149$), FSK ($r=-0.490$), amonyum ($r=-0.272$), nitrat ($r=-0.273$), toplam mineral N ($r=-0.307$) ve toprak C/N oranı ($r=-0.138$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki HA miktarıyla; yükselti ($r=0.421$) ve toprak N ($r=0.332$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Toprak tekstürü, toprak özelliklerini dolaylı olarak etkileyerek bitki gelişimi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Tekstür, toprağın su geçirgenliği, su tutma kapasitesi, havalanması, kök yayılışı ve besin maddesi ekonomisi üzerinde belirleyici etkiler göstermektedir (Çepel, 1985). Araştırma alanı topraklarının mekanik analiz sonuçları incelendiğinde, kum oranının en yüksek olduğu meşcere gelişim çağıının bc olduğu belirlenmiştir. Bu durum, üst toprağın daha kumlu, organik maddece zengin, iri gözenekli ve kırıntılı yapıda olmasına bağlı olarak köklerin toprak içerisinde daha kolay bir şekilde

hareket etmesiyle açıklanabilir. Yükselti arttıkça kum (%) miktarı artmıştır. Toprak derinliğiyle beraber kum (%) miktarı azalmıştır.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre tüm derinlik kademelerinde kum oranının artması, toprağın su ve besin tutma kapasitesinin azalmasına neden olmaktadır. Kumlu topraklar, genellikle düşük organik madde içeriğine, zayıf katyon değişim kapasitesine ve sınırlı azot birikimine sahiptir. Bu topraklarda organik maddenin ayrışma hızı artmakla birlikte, azot bileşikleri yıkanma yoluyla kolayca ortamdan uzaklaşabilmektedir. Bu durum, özellikle amonyum, nitrat ve toplam mineral azot düzeylerinde azalmaya yol açarken, aynı zamanda alalin, glisin, lösin, glutamin, aspartik ve glutamik asit gibi serbest amino asitlerin konsantrasyonlarının düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca her derinlik kademesinde, kum oranının artmasıyla birlikte toz ve kil miktarının azalması, toprağın su tutma kapasitesi, katyon değişim kapasitesi ve besin elementlerini tutma potansiyelini azaltmaktadır. Buna ek olarak, kum oranındaki artış hacim ağırlığını artırmakta; organik madde ve mineral azot miktarlarını ise azaltmaktadır.

Araştırma alanı topraklarının ortalama kum oranı %50 olarak belirlenmiştir. Tüfekçioğlu ve Küçük (2004), yaşlı ladin meşcerelerinde özellikle üst toprakta kum oranının %57–66 arasında değiştiğini, buna karşılık mera alanlarında bu oranın yaklaşık %51 civarında olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, Çömez (2010) tarafından Sarıçam meşcerelerinde yürütülen çalışmada, Ah horizonunda en yüksek kum oranı c çağında, en düşük kum oranı ise a çağında tespit edilmiştir.

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak toz (%) miktarları Tablo 68’de verilmiştir.

Tablo 68. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toz (%) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	28.51±5.21 ⁽¹⁾	29.34±7.16	27.96±3.27	26.32±5.47	22.93±8.10	22.34±7.77
		24.00-38.00 ⁽²⁾	18.00-43.00	22.00-31.00	17.00-32.00	15.00-32.00	14.00-37.00
	5-15 cm	29.33±4.76	29.48±5.17	28.70±5.48	30.82±9.44	27.67±3.10	26.29±5.76
		21.00-37.00	20.00-37.00	21.00-36.00	16.00-41.00	25.00-32.00	18.00-37.00
	15-30 cm	29.25±4.38	29.60±4.20	30.01±5.36	31.74±6.48	28.90±2.73	25.90±6.58
		23.00-36.00	25.00-36.00	22.00-36.00	24.00-39.00	27.00-33.00	12.00-35.00
3	0-5 cm	24.33±8.72	27.48±4.89	26.66±5.62	25.25±6.21	24.87±11.18	25.58±6.26
		14.00-38.00	22.00-36.00	19.00-34.00	13.00-33.00	13.00-43.00	17.00-36.00
	5-15 cm	25.40±7.90	30.83±5.23	27.07±7.39	24.59±6.57	30.97±9.27	23.63±7.65
		16.00-39.00	24.00-39.00	15.00-36.00	11.00-32.00	21.00-44.00	12.00-33.00
	15-30 cm	23.50±6.33	30.24±7.12	26.65±7.78	24.00±10.33	28.79±9.68	26.47±8.09
		16.00-34.00	20.00-41.00	12.00-36.00	8.00-42.00	16.00-40.00	14.00-40.00
4	0-5 cm	25.78±7.37	26.42±4.74	27.85±2.47	25.52±8.13	24.76±5.39	22.84±5.67
		18.00-36.00	23.00-33.00	25.00-30.00	19.00-37.00	16.00-33.00	13.00-30.00
	5-15 cm	25.87±7.45	25.05±3.72	29.36±3.89	26.32±9.18	23.42±4.97	26.32±5.82
		15.00-39.00	23.00-31.00	26.00-35.00	12.00-37.00	17.00-29.00	15.00-33.00
	15-30 cm	25.58±7.14	24.41±4.52	28.27±4.44	22.10±10.62	23.17±5.38	23.67±6.46
		17.00-38.00	20.00-30.00	24.00-35.00	11.00-35.00	17.00-31.00	14.00-33.00

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 68 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama toz (%) değerleri sırasıyla, %28.51, %29.34, %27.96; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %29.33, %29.48, %28.70; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %29.25, %29.60, %30.01 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama toz (%) değerleri sırasıyla, %26.32, %22.93, %22.34; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %30.82, %27.67, %26.29; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %31.74, %28.90, %25.90 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama toz (%) değerleri sırasıyla, %24.33, %27.48, %26.66; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %25.40, %30.83, %27.07; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %23.50, %30.24, %26.65 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama toz (%) değerleri sırasıyla, %25.25, %24.87, %25.58;

5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %24.59, %30.97, %23.63; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %24.00, %28.79, %26.47 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama toz (%) değerleri sırasıyla, %25.78, %26.42, %27.85; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %25.87, %25.05, %29.36; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %25.58, %24.41, %28.27 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama toz (%) değerleri sırasıyla, %25.52, %24.76, %22.84; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %26.32, %23.42, %26.32; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %22.10, %23.17, %23.67 olarak bulunmuştur (Tablo 68).

Ladin meşcerelerindeki toprak toz miktarlarının (%), bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 69'da gösterilmiştir.

Tablo 69. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak topraktaki toz (%) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	428.037	2	214.019	4.739	0.009
Meşcere tipi	45.199	2	22.599	0.500	0.607
Yükselti basamağı	291.453	1	291.453	6.454	0.012
Derinlik	131.628	2	65.814	1.457	0.234
Bonitet*meşcere tipi	536.503	4	134.126	2.970	0.020
Bonitet*yükselti basamağı	40.532	2	20.266	0.449	0.639
Bonitet*derinlik	160.962	4	40.241	0.891	0.469
Meşcere tipi*yükselti basamağı	140.469	2	70.235	1.555	0.213
Meşcere tipi*derinlik	43.299	4	10.825	0.240	0.916
Yükselti basamağı*derinlik	34.192	2	17.096	0.379	0.685
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	45.673	4	11.418	0.253	0.908
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	176.302	8	22.038	0.488	0.865
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	91.184	4	22.796	0.505	0.732
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	18.975	4	4.744	0.105	0.981
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	79.362	8	9.920	0.220	0.987

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait toz (%) miktarının bonitet ($F=4.739$, $p=0.009<0.05$), yükselti basamakları ($F=6.454$, $p=0.012<0.05$), bonitet*meşcere tipi ($F=2.970$, $p=0.020<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 69).

Tablo 70. Bonitet sınıflarına göre toprak toz (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Toz Miktarı	Bonitet Sınıfı	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Toz Miktarı (%)	2	135	27.81	b
	3	147	26.31	ab
	4	117	25.20	a

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak toz (%) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 2. bonitet sınıfındaki meşcereler en yüksek, 4. bonitet sınıfındaki meşciler ise en düşük toz (%) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 70).

Tablo 71. Toz miktarının (%) yükselti basamaklarına göre değişimi

Toz Miktarı	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
Toz Miktarı (%)	800-1300 m	195	27.62
	1300-1900 m	204	25.42

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (%27.62), 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcelere (%25.42) göre daha yüksek toz ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 71).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki toz (%) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki toz (%) miktarıyla; yükselti ($r=-0.216$), kum ($r=-0.631$), solma kapasitesi ($r=-0.235$) ve toprak N ($r=-0.189$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki toz (%) miktarı ile eğim ($r=0.171$), hacim ağırlığı ($r=0.203$), kil ($r=0.251$), FSK ($r=0.236$), nitrat ($r=0.191$), alanin ($r=0.274$), asparagin ($r=0.184$), aspartik asit ($r=0.245$) ve glutamik asit ($r=0.259$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki toz (%) miktarıyla; kum ($r=-0.578$), solma kapasitesi ($r=-0.250$), toprak organik C ($r=-0.188$) ve toprak N ($r=-0.212$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki toz (%) miktarı ile hacim ağırlığı ($r=0.252$), kil ($r=0.200$) ve FSK ($r=0.414$) ve nitrat ($r=0.174$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki toz (%) miktarıyla; yükselti ($r=-0.202$), kum ($r=-0.598$), solma kapasitesi ($r=-0.249$), toprak organik C ($r=-0.199$) ve toprak N ($r=-0.245$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki toz (%) miktarıyla; üst boy ($r=0.198$), kil ($r=0.219$) ve FSK ($r=0.408$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçları, toprak toz (%) içeriğinin en yüksek miktarını 2. bonitet sınıfındaki meşcerelerde gösterdiğini ve bonitet sınıfı kötüleştikçe toz içeriğinde belirgin bir azalma meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Yükselti arttıkça toz miktarı azalmıştır. Bonitet kötüleştikçe taşlılık artmakta ve organik madde azalmakta, bu durum da toz miktarının azalmasına neden olmaktadır. Yükselti artışıyla birlikte erozyonun şiddetlenmesi sonucu ince toprak fraksiyonlarının taşınması artmakta, buna bağlı olarak toz içeriği azalmakta ve yüksek rakımlarda toprakların besin ile su tutma kapasitesi sınırlanmaktadır.

Genel olarak topraktaki toz oranı ile solma noktası arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur. Fakat bu çalışmada korelasyon analizine göre, her derinlik kademesindeki solma noktası ile toz miktarı arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir. Bu durum, ince toprak fraksiyonlarının azalmasının toprağın su tutma kapasitesini sınırladığını göstermektedir. Toprakta toz oranı ile azot miktarı arasındaki ters ilişki, ince fraksiyonlu topraklarda yüzey alanının yüksek olması nedeniyle alanin, asparagin, aspartik asit ve glutamik asit gibi polar amino asitlerin kil ve organik madde yüzeylerine güçlü biçimde adsorplanmasından kaynaklanabilir. Bu durum, bu bileşiklerin mikrobiyal erişilebilirliğini azaltarak çözültideki serbest azot miktarını sınırlandırmakta ve dolayısıyla azot döngüsünün yavaşlamasına yol açmaktadır (Jones vd., 2002). Aspartik ve glutamik asit mikrobiyal azot döngüsünde temel azot kaynakları olup N-mineralizasyonunda aktif rol oynarken, alanin ve asparagin bitkiler tarafından doğrudan kullanılabilen organik azot kaynaklarıdır. Her derinlik kademesinde toz oranı ile hacim ağırlığı, kil, FSK ve nitrat arasındaki pozitif yönlü anlamlı ilişkiler, ince toprak fraksiyonlarının artışının su tutma kapasitesi ve besin birikimini güçlendirerek azot mineralizasyonunu desteklediğini göstermektedir.

Araştırma alanı topraklarının ortalama toz miktarı %26 olarak belirlenmiştir. Kocamaoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmaya göre, üst topraklarda ortalama toz oranı a çağında %19, b çağında %19 ve bc çağında %12 olarak; alt topraklarda ise a çağında %20, b çağında %21 ve bc çağında %16 olarak belirlenmiştir. Çakıroğlu vd. (2022) tarafından Trabzon Fol Deresi mikro havzasında yürütülen çalışmada, saf Doğu Ladini meşcereleri altında 0–15 cm derinlikte toz oranı %25.02, 15–30 cm derinlikte ise %28.64 olarak

belirlenmiştir. Özkaya (2020) ise Artvin Şavşat yöresinde yürüttüğü çalışmada ladin meşcerelerinde 0–20 cm derinlikteki topraklarda toz oranı sağlıklı sahalarda ortalama %13.48, kurumaların yoğun olduğu sahalarda ise ortalama %19.55 olarak tespit etmiştir.

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak kil (%) miktarları Tablo 72’de verilmiştir.

Tablo 72. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak kil (%) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	24.18±7.49 ⁽¹⁾	22.17±9.40	24.36±11.08	17.97±8.38	30.72±16.83	12.44±4.74
		17.0-40.00 ⁽²⁾	5.00-36.00	11.00-38.00	11.00-31.00	9.00-49.00	8.00-23.00
	5-15 cm	26.48±8.06	26.13±9.01	24.78±14.04	19.12±7.31	29.26±17.00	17.30±7.43
		19.00-44.00	10.00-38.00	8.00-42.00	11.00-30.00	9.00-49.00	9.00-31.00
	15-30 cm	28.12±10.35	27.89±7.50	28.48±13.25	19.10±5.73	29.27±17.03	18.63±8.46
		17.00-51.00	16.00-40.00	7.00-47.00	11.00-26.00	11.00-49.00	8.00-31.00
3	0-5 cm	24.40±15.27	34.03±14.75	30.93±11.86	13.35±12.39	14.93±8.55	17.62±6.05
		4.00-45.00	10.00-52.00	14.00-51.00	4.00-42.00	6.00-24.00	6.00-25.00
	5-15 cm	27.54±14.62	38.83±13.80	32.81±14.93	17.98±15.74	17.67±10.70	16.84±7.66
		6.00-45.00	12.00-52.00	9.00-52.00	4.00-52.00	4.00-30.00	6.00-30.00
	15-30 cm	30.55±14.32	39.71±14.63	36.80±13.91	18.83±17.29	17.29±13.05	19.17±9.92
		11.00-51.00	15.00-54.00	12.00-56.00	4.00-57.00	4.00-32.00	4.00-32.00
4	0-5 cm	26.32±10.04	29.37±7.30	35.80±13.15	16.67±11.99	19.09±11.81	16.26±9.68
		14.00-41.00	23.00-39.00	17.00-48.00	5.00-32.00	4.00-37.00	5.00-33.00
	5-15 cm	28.46±11.72	30.99±10.21	42.30±14.52	17.33±11.92	17.62±13.88	17.34±9.33
		17.00-45.00	23.00-46.00	21.00-54.00	5.00-33.00	4.00-39.00	5.00-32.00
	15-30 cm	29.77±12.11	31.01±14.37	40.52±15.18	16.57±12.36	19.69±14.56	18.29±11.66
		16.00-47.00	21.00-52.00	19.00-54.00	5.00-35.00	4.00-41.00	3.00-33.00

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 72 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama kil (%) değerleri sırasıyla, %24.18, %22.17, %24.36; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %26.48, %26.13, %24.78; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %28.12, %27.89, %28.48 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama kil (%) değerleri sırasıyla, %17.97, %30.72, %12.44; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %19.12, %29.26, %17.30; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %19.10, %29.27, %18.63 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama kil (%) değerleri sırasıyla, %24.40, %34.03, %30.93; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %27.54, %38.83, %32.81; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %30.55, %39.71, %36.80 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama kil (%) değerleri sırasıyla, %13.35, %14.93, %17.62; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %17.98, %17.67, %16.84; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %18.83, %17.29, %19.17 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama kil (%) değerleri sırasıyla, %26.32, %29.37, %35.80; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %28.46, %30.99, %42.30; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %29.77, %31.01, %40.52 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama kil (%) değerleri sırasıyla, %16.67, %19.09, %16.26; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %17.33, %17.62, %17.34; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %16.57, %19.69, %18.29 olarak bulunmuştur (Tablo 72).

Ladin meşcerelerindeki toprak kil miktarlarının (%), bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 73'de gösterilmiştir.

Tablo 73. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak topraktaki kil (%) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	153.892	2	76.946	0.568	0.567
Meşcere tipi	930.840	2	465.420	3.433	0.033
Yükselti basamağı	12320.419	1	12320.419	90.872	0.000
Derinlik	665.541	2	332.771	2.454	0.047
Bonitet*meşcere tipi	1139.052	4	284.763	2.100	0.080
Bonitet*yükselti basamağı	2490.322	2	1245.161	9.184	0.000
Bonitet*derinlik	63.063	4	15.766	0.116	0.977
Meşcere tipi*yükselti basamağı	889.397	2	444.698	3.280	0.039
Meşcere tipi*derinlik	25.458	4	6.364	0.047	0.996
Yükselti basamağı*derinlik	104.254	2	52.127	0.384	0.681
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	1629.431	4	407.358	3.005	0.019
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	134.761	8	16.845	0.124	0.998
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	28.676	4	7.169	0.053	0.995
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	26.677	4	6.669	0.049	0.995
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	121.166	8	15.146	0.112	0.999

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait kil (%) miktarının meşcere tipi ($F=3.433$, $p=0.033<0.05$), yükselti basamakları ($F=90.872$, $p=0.000<0.05$) ve derinlik kademesi ($F=2.454$, $p=0.047<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu dört faktör arasında bonitet*yükselti basamağı ($F=9.184$, $p=0.000<0.05$), meşcere tipi*yükselti basamağı ($F=3.280$, $p=0.039<0.05$) ve bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı ($F=3.005$, $p=0.019<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı etkileşimler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 73).

Tablo 74. Kil (%) miktarının meşcere tiplerine göre değişimi

Kil Miktarı	Meşcere Tipi	n	Ortalama
Kil Miktarı (%)	Lbc3	129	22.90
	Lc3	108	26.06
	Lcd3	162	23.30

Meşcere tiplerine göre farklılıklar incelendiğinde; Lc3 meşcerelerinin (%26.06), Lbc3 meşcerelerine (%22.90) göre daha yüksek kil ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 74).

Tablo 75. Kil miktarının (%) yükselti basamaklarına göre değişimi

Kil Miktarı	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
Kil Miktarı (%)	800-1300 m	195	30.10
	1300-1900 m	204	18.00

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (%30.10), 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcelere (%18.00) göre daha yüksek kil ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 75).

Tablo 76. Derinlik kademesine göre toprak kil (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Kil Miktarı	Derinlik Kademesi	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Kil Miktarı (%)	0-5 cm	133	21.97	a
	5-15 cm	133	24.19	ab
	15-30 cm	133	25.59	b

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak kil (%) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 0-5 cm derinlik

kademesindeki topraklar en düşük kil (%) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 76).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki kil (%) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki kil (%) miktarıyla; yükselti ($r=-0.414$) ve kum ($r=-0.909$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki kil (%) miktarı ile eğim ($r=0.349$), hacim ağırlığı ($r=0.283$), toz ($r=0.251$), pH (H₂O) ($r=0.486$), pH (KCL) ($r=0.398$), FSK ($r=0.181$), amonyum ($r=0.266$), nitrat ($r=0.374$), toplam mineral N ($r=0.345$), toprak C/N oranı ($r=0.217$), alanin ($r=0.333$), glisin ($r=0.302$), lösin ($r=0.296$), glutamin ($r=0.316$), asparagin ($r=0.323$), aspartik asit ($r=0.252$), glutamik asit ($r=0.262$), histidin ($r=0.272$) ve arginin ($r=0.374$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki kil (%) miktarıyla; yükselti ($r=-0.391$), kum ($r=-0.915$) ve toprak N ($r=-0.233$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki kil (%) miktarı ile eğim ($r=0.336$), üst boy ($r=0.185$), hacim ağırlığı ($r=0.460$), toz ($r=0.200$), pH (H₂O) ($r=0.493$), pH (KCL) ($r=0.369$), FSK ($r=0.398$), amonyum ($r=0.347$), nitrat ($r=0.384$), toplam mineral N ($r=0.409$), toprak C/N oranı ($r=0.176$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki kil (%) miktarıyla; yükselti ($r=-0.410$), kum ($r=-0.913$) ve toprak N ($r=-0.279$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki kil (%) miktarı ile eğim ($r=0.316$), üst boy ($r=0.206$), hacim ağırlığı ($r=0.483$), toz ($r=0.219$), pH (H₂O) ($r=0.476$), pH (KCL) ($r=0.345$), EC ($r=0.208$), FSK ($r=0.388$), amonyum ($r=0.316$), nitrat ($r=0.254$) ve toplam mineral N ($r=0.330$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçları, yükselti arttıkça kil oranının azaldığını, buna karşılık toprak derinliğiyle birlikte kil birikiminin arttığını göstermektedir. Yükselti artışına bağlı olarak eğim ve erozyonun şiddetlenmesi, ince toprak taneciklerinin yüzeyden taşınmasına ve buna bağlı olarak kil oranının azalmasına neden olmaktadır. Buna karşın, toprak derinliği arttıkça üst katmanlardan alt katmanlara gerçekleşen kil birikimi, su ve besin tutma kapasitesini artırarak toprak gelişimini desteklemektedir.

Korelasyon sonuçlarına göre, her derinlik kademesinde yükselti ve kum oranındaki artışla birlikte kil miktarının azalması, yüksek rakımlarda ve kumlu yapılı topraklarda ince fraksiyonların taşınması sonucu kil birikiminin azaldığını göstermektedir. Kil oranındaki artış, su tutma kapasitesinin ve besin elementlerinin adsorpsiyonunun artmasını sağlayarak, amonyum, nitrat ve amino asit gibi azot bileşiklerinin birikimini desteklemektedir. Bu durum, kilce zengin yüzey topraklarının mikrobiyal aktivite ve organik azot döngüsü açısından daha verimli olduğunu ortaya koymaktadır. 0-5 cm derinlik kademesinde kil oranının amino asitlerle pozitif ilişki göstermesi, ince dokulu ve organik maddece zengin topraklarda amino asit birikiminin ve adsorpsiyonunun arttığını göstermektedir. Kil fraksiyonlarının geniş yüzey alanı, amino asitlerin hem mikrobiyal üretimini hem de yüzeylere bağlanarak toprakta tutulmasını kolaylaştırmaktadır. Sonuç olarak, kil oranındaki artış, amino asitlerin toprakta daha etkin biçimde adsorbe edilmesini ve korunmasını sağlayarak, organik azotun birikimi ve ekosistem içi döngüsünün sürekliliği açısından kilit bir rol oynamaktadır.

Araştırma alanı topraklarında ortalama kil oranı %24 olarak belirlenmiştir. Kocamaoğlu (2022) tarafından yapılan araştırmaya göre, üst toprakta kil oranı a çağında %16, b çağında %14 ve bc çağında %12 olarak; alt toprakta ise a çağında %16, b çağında %19 ve bc çağında %18 olarak belirlenmiştir. Çakıroğlu vd. (2022) tarafından Trabzon Fol Deresi mikro havzasında yürütülen çalışmada, saf Doğu Ladini meşcereleri altında kil oranı 0–15 cm derinlikte %26.34, 15–30 cm derinlikte ise %29.33 olarak rapor edilmiştir.

3.3.3. Toprakların Nem Sabiteleri

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak tarla kapasitesi (%) miktarları Tablo 77’de verilmiştir.

Tablo 77. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak tarla kapasitesi (%) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	30.65±9.56 ⁽¹⁾	32.76±10.30	30.76±4.62	41.99±7.15	40.60±2.70	42.20±8.18
		17.02-47.80 ⁽²⁾	13.98-50.50	25.58-37.84	32.27-48.22	37.95-44.07	24.85-51.88
	5-15 cm	27.34±6.86	32.26±8.86	33.89±4.01	36.33±8.39	36.32±1.21	36.95±4.74
		16.37-41.82	21.31-50.73	27.25-39.28	21.58-41.44	35.18-38.00	27.99-43.80
	15-30 cm	27.16±7.35	29.36±4.56	35.84±5.67	33.83±6.71	33.51±1.42	36.21±4.31
		19.34-44.55	20.87-35.48	30.83-48.02	22.12-39.19	32.16-35.28	28.23-44.78
3	0-5 cm	38.47±8.77	44.27±13.31	35.71±10.94	40.94±8.90	36.05±8.60	35.95±8.99
		25.92-50.00	32.46-64.55	22.91-53.88	25.32-48.88	21.90-43.74	23.39-47.05
	5-15 cm	36.27±8.22	40.76±12.59	34.16±10.30	38.40±7.01	36.71±4.20	32.50±7.98
		24.94-47.27	30.01-58.06	19.96-51.57	24.89-46.37	30.57-43.43	18.90-41.29
	15-30 cm	29.66±5.25	37.78±9.32	34.84±8.74	35.83±5.67	35.95±3.19	34.04±6.54
		23.88-37.24	28.82-54.31	25.50-50.96	24.58-41.70	31.38-39.58	18.30-40.27
4	0-5 cm	33.09±10.05	31.19±7.06	39.73±10.90	33.89±6.79	38.53±9.69	39.72±10.25
		20.50-50.88	24.23-41.03	26.42-53.10	23.10-41.41	18.43-45.64	25.27-55.34
	5-15 cm	29.57±8.84	29.46±6.59	36.24±9.16	34.15±6.06	36.87±6.57	38.44±10.74
		18.11-48.26	22.45-38.36	25.73-49.24	23.67-39.22	25.99-44.46	21.98-52.11
	15-30 cm	28.49±7.32	28.01±7.66	35.19±12.11	34.69±2.78	35.07±4.10	35.80±9.61
		19.83-43.32	21.25-38.91	24.16-55.19	31.44-38.05	28.10-39.32	22.11-47.76

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 77 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama tarla kapasitesi (%) değerleri sırasıyla, %30.65, %32.76, %30.76; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %27.34, %32.26, %33.89; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %27.16, %29.36, %35.84 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama tarla kapasitesi (%) değerleri sırasıyla, %41.99, %40.60, %42.20; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %36.33, %36.32, %36.95; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %33.83, %33.51, %36.21 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama tarla kapasitesi (%) değerleri sırasıyla, %38.47, %44.27, %35.71; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %36.27, %40.76, %34.16; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %29.66, %37.78, %34.84 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama tarla kapasitesi (%) değerleri sırasıyla, %40.94, %36.05,

%35.95; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %38.40, %36.71, %32.50; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %35.83, %35.95, %34.04 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama tarla kapasitesi (%) değerleri sırasıyla, %33.09, %31.19, %39.73; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %29.57, %29.46, %36.24; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %28.49, %28.01, %35.19 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama tarla kapasitesi (%) değerleri sırasıyla, %33.89, %38.53, %39.72; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %34.15, %36.87, %38.44; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %34.69, %35.07, %35.80 olarak bulunmuştur (Tablo 77).

Ladin meşcerelerindeki tarla kapasitesi (%) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 78’de gösterilmiştir.

Tablo 78. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak tarla kapasitesi (%) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	433.468	2	216.734	3.328	0.037
Meşcere tipi	305.095	2	152.547	2.342	0.048
Yükselti basamağı	956.334	1	956.334	14.683	0.000
Derinlik	809.103	2	404.552	6.211	0.002
Bonitet*meşcere tipi	1021.250	4	255.313	3.920	0.004
Bonitet*yükselti basamağı	828.564	2	414.282	6.361	0.002
Bonitet*derinlik	10.054	4	2.514	0.039	0.997
Meşcere tipi*yükselti basamağı	232.976	2	116.488	1.788	0.169
Meşcere tipi*derinlik	123.498	4	30.875	0.474	0.755
Yükselti basamağı*derinlik	8.627	2	4.314	0.066	0.936
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	383.637	4	95.909	1.473	0.210
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	186.417	8	23.302	0.358	0.942
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	295.518	4	73.879	1.134	0.340
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	87.043	4	21.761	0.334	0.855
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	64.350	8	8.044	0.123	0.998

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait tarla kapasitesi (%) miktarının meşcere tipi ($F=2.342$, $p=0.048<0.05$), yükselti basamakları ($F=14.683$, $p=0.000<0.05$), derinlik kademesi ($F=6.211$, $p=0.002<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu dört faktör arasında bonitet*meşcere tipi ($F=3.920$, $p=0.004<0.05$), bonitet*yükselti basamağı ($F=6.361$,

$p=0.002<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı etkileşimler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 78).

Tablo 79. Tarla kapasitesi miktarının (%) bonitet sınıflarına göre değişimi

Tarla Kapasitesi	Bonitet Sınıfları	n	Ortalama
Tarla Kapasitesi (%)	2	135	34.16
	3	147	36.39
	4	117	34.55

Bonitet sınıflarına göre farklılıklar incelendiğinde; 3. bonitet sınıfındaki meşcerelerin (%36.39), 2. bonitet sınıfındaki meşcelere (%34.16) göre daha yüksek tarla kapasitesi (%) ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 79).

Tablo 80. Meşcere tiplerine göre tarla kapasitesi (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Tarla Kapasitesi	Meşcere Tipi	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Tarla Kapasitesi (%)	Lbc3	129	33.49	a
	Lc3	108	35.52	ab
	Lcd3	162	36.09	b

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre tarla kapasitesi (%) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, Lcd3 meşcereleri en yüksek, Lbc3 meşcereleri ise en düşük tarla kapasitesi (%) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 80).

Tablo 81. Tarla kapasitesi miktarının (%) yükselti basamaklarına göre değişimi

Tarla Kapasitesi	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
Tarla Kapasitesi (%)	800-1300 m	195	33.28
	1300-1900 m	204	36.84

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (%36.84), 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcelere (%33.28) göre daha yüksek tarla kapasitesi ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 81).

Tablo 82. Derinlik kademesine göre tarla kapasitesi miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Tarla Kapasitesi	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Tarla Kapasitesi (%)	0-5 cm	133	37.05	b
	5-15 cm	133	34.73	ab
	15-30 cm	133	33.50	a

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre tarla kapasitesi (%) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük tarla kapasitesi ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 82).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki tarla kapasitesi (%) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki tarla kapasitesi (%) miktarıyla; eğim ($r=-0.171$), hacim ağırlığı ($r=-0.403$), toprak C/N oranı ($r=-0.260$), alanin ($r=-0.250$) ve aspartik asit ($r=-0.244$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki tarla kapasitesi (%) miktarı ile yükselti ($r=0.291$), radyasyon indeksi ($r=0.198$), pH (H₂O) ($r=0.173$), pH (KCL) ($r=0.307$), EC ($r=0.419$), solma noktası ($r=0.929$), amonyum ($r=0.177$), toprak organik C ($r=0.465$) ve toprak N ($r=0.527$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki tarla kapasitesi (%) miktarıyla; eğim ($r=-0.209$), hacim ağırlığı ($r=-0.421$) ve toprak C/N oranı ($r=-0.277$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki tarla kapasitesi (%) miktarı ile yükselti ($r=0.302$), radyasyon indeksi ($r=0.171$), pH (KCL) ($r=0.276$), EC ($r=0.481$), solma noktası ($r=0.932$), amonyum ($r=0.308$), toprak organik C ($r=0.586$), toplam mineral N ($r=0.264$) ve toprak N ($r=0.671$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki tarla kapasitesi (%) miktarıyla; eğim ($r=-0.288$), hacim ağırlığı ($r=-0.425$) ve toprak C/N oranı ($r=-0.302$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki tarla kapasitesi (%) miktarıyla; yükselti ($r=0.334$), radyasyon indeksi ($r=0.202$), pH (KCL) ($r=0.279$), EC ($r=0.285$), solma noktası ($r=0.901$), FSK

($r=0.309$), amonyum ($r=0.232$), toprak organik C ($r=0.380$), toplam mineral N ($r=0.191$) ve toprak N ($r=0.612$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Tarla kapasitesi değerleri; bonitet, meşcere tipi, toprak derinliği ve yükseltiye bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. 3. bonitet sınıfındaki meşcerelerde tarla kapasitesinin daha yüksek olması, bu alanlardaki toprakların su tutma kapasitesi ve bitki gelişimi açısından daha elverişli koşullara sahip olduğunu göstermektedir. Meşcere çağı ilerledikçe artan organik madde birikimi, kök yoğunluğu ve ince toprak fraksiyonları, toprağın fiziksel yapısını iyileştirerek Lcd3 meşcerelerinde daha yüksek tarla kapasitesi değerlerinin oluşmasına neden olmuştur. Toprak derinliği arttıkça organik madde ve ince fraksiyon miktarının azalmasına bağlı olarak su tutma kapasitesinin düşmesi, 0–5 cm derinlikteki topraklarda tarla kapasitesinin en yüksek düzeyde olmasını açıklamaktadır. Yükselti arttıkça değişen sıcaklık ve nem koşullarına bağlı olarak artan organik madde birikimi ve ince toprak fraksiyonları, 1300–1900 m yükselti basamağındaki meşcerelerde daha yüksek tarla kapasitesi değerlerinin gözlenmesine yol açmıştır.

Asidik orman topraklarında, aspartik asit ve alanin gibi polar amino asitlerin kil mineralleri ve organik madde yüzeylerine güçlü biçimde adsorbe olarak çözeltideki serbest formlarının azaldığı, bu etkinin özellikle yüksek nem ve ince fraksiyon içeriğine sahip topraklarda daha belirgin olduğu bildirilmiştir (Jones vd., 2002). Bu çalışmada da benzer şekilde, tarla kapasitesinin artmasıyla aspartik asit ve alanin miktarının azalması, yüksek su tutma kapasitesine sahip topraklarda kolloid yüzeylerinin aktif adsorpsiyon kapasitesinin artmasına ve amino asitlerin çözeltiden hızla yüzeylere bağlanmasıyla açıklanabilir (Jones ve Hodge, 1999). Korelasyon sonuçlarına göre, üç derinlik kademesinde tarla kapasitesi ile yükselti, pH, EC, organik C ve toplam N arasında pozitif ilişkiler saptanmış olup, bu durum yükseltiyle birlikte artan organik madde birikimi, iyon içeriği ve nem koşullarının toprakların su tutma kapasitesini artırdığını göstermektedir. Her derinlik kademesinde görülen eğim artışı, suyun yüzeyden hızla uzaklaşmasına neden olarak tarla kapasitesini azaltmakta; hacim ağırlığındaki artış, gözenekliliği azaltarak suyun tutulmasını sınırlamakta; C/N oranının artışı ise organik madde ayrışmasını yavaşlatarak azotun kullanılabilirliğini azaltmaktadır.

Bu çalışmada, üst topraklarda tarla kapasitesi oranı Lbc3 meşcere gelişim çağındaki %33.49, Lc3 meşcere gelişim çağındaki %35.52 ve Lcd3 meşcere gelişim çağındaki %36.09 olarak belirlenmiştir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, üst topraklarda

tarla kapasitesi oranı a çağında %37.95, b çağında %39.36 ve bc çağında %38.27; alt topraklarda ise sırasıyla %34.07, %35.43 ve %37.18 olarak belirlenmiştir.

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak solma noktası (%) miktarları Tablo 83’de verilmiştir.

Tablo 83. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak solma noktası (%) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	19.49±7.87 ⁽¹⁾	22.03±10.71	21.82±4.32	31.58±7.62	27.62±2.56	34.28±6.91
		10.34-37.0 ⁽²⁾	10.10-45.28	13.11-27.28	22.83-39.71	24.42-30.55	21.40-43.65
	5-15 cm	14.94±5.67	20.62±11.51	22.21±4.75	23.51±7.50	23.41±0.97	27.60±4.39
		9.72-28.70	9.85-46.17	17.25-29.52	11.47-31.31	22.46-24.39	20.17-33.92
	15-30 cm	14.49±5.24	16.97±5.04	22.00±4.92	21.11±5.47	21.19±2.11	24.98±3.38
		9.22-26.97	10.78-23.91	16.07-28.98	11.94-25.73	18.11-22.72	19.06-29.38
3	0-5 cm	28.17±10.79	32.76±14.79	25.82±11.42	30.12±9.25	25.87±8.45	26.46±8.85
		14.19-39.40	21.53-55.52	13.68-49.03	13.68-39.05	10.51-35.17	13.77-40.27
	5-15 cm	24.06±10.07	28.31±13.73	20.66±8.94	26.14±6.35	26.55±5.62	22.63±8.26
		11.06-33.85	14.80-49.05	9.22-34.36	11.83-31.70	20.73-36.33	10.92-34.07
	15-30 cm	19.43±6.56	24.67±9.65	20.82±8.15	22.83±5.08	23.96±3.47	21.75±6.09
		10.90-28.66	14.71-41.53	11.51-33.18	10.79-27.16	20.41-29.26	11.00-29.03
4	0-5 cm	21.34±11.56	22.53±7.22	30.79±13.39	22.91±7.07	30.47±9.81	30.67±10.48
		7.16-41.76	13.54-31.16	16.16-52.24	13.59-32.07	13.47-38.35	14.49-41.26
	5-15 cm	17.41±8.78	20.00±6.43	23.70±9.23	22.58±5.64	26.45±7.28	27.30±11.03
		6.89-32.96	11.53-26.91	15.47-39.11	17.64-31.35	16.69-33.29	12.92-45.27
	15-30 cm	15.86±7.57	18.81±6.27	22.09±8.71	22.87±3.51	23.54±6.29	23.46±10.73
		6.50-28.25	11.49-25.74	14.94-36.63	16.60-27.30	13.94-29.23	10.99-38.94

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 83 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama solma noktası (%) değerleri sırasıyla, %19.49, %22.03, %21.82; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %14.94, %20.62, %22.21; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %14.49, %16.97, %22.00 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama solma noktası (%) değerleri sırasıyla, %31.58, %27.62, %34.28; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %23.51, %23.41, %27.60; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %21.11, %21.19, %24.98 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama solma noktası (%) değerleri sırasıyla, %28.17, %32.76, %25.82; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %24.06, %28.31, %20.66; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %19.43, %24.67, %20.82 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama solma noktası (%) değerleri sırasıyla, %30.12, %25.87, %26.46; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %26.14, %26.55, %22.63; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %22.83, %23.96, %21.75 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama solma noktası (%) değerleri sırasıyla, %21.34, %22.53, %30.79; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %17.41, %20.00, %23.70; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %15.86, %18.81, %22.09 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama solma noktası (%) değerleri sırasıyla, %22.91, %30.47, %30.67; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %22.58, %26.45, %27.30; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %22.87, %23.54, %23.46 olarak bulunmuştur (Tablo 83).

Ladin meşcerelerindeki solma noktası (%) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 84'de gösterilmiştir.

Tablo 84. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak solma noktası (%) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	356.593	2	178.297	2.646	0.072
Meşcere tipi	562.815	2	281.408	4.177	0.016
Yükselti basamağı	1220.953	1	1220.953	18.121	0.000
Derinlik	2064.176	2	1032.088	15.318	0.000
Bonitet*meşcere tipi	1191.696	4	297.924	4.422	0.002
Bonitet*yükselti basamağı	704.746	2	352.373	5.230	0.006
Bonitet*derinlik	8.929	4	2.232	0.033	0.998
Meşcere tipi*yükselti basamağı	118.499	2	59.249	0.879	0.416
Meşcere tipi*derinlik	37.392	4	9.348	0.139	0.968
Yükselti basamağı*derinlik	5.522	2	2.761	0.041	0.960
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	243.776	4	60.944	0.905	0.461
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	180.82	8	22.603	0.335	0.952
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	225.395	4	56.349	0.836	0.503
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	30.077	4	7.519	0.112	0.978
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	115.879	8	14.485	0.215	0.988

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait solma noktası (%) miktarının meşcere tipi ($F=4.177$, $p=0.016<0.05$), yükselti basamakları ($F=18.121$, $p=0.000<0.05$), derinlik kademesi ($F=15.318$, $p=0.000<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu dört faktör arasında bonitet*meşcere tipi ($F=4.422$, $p=0.002<0.05$), bonitet*yükselti basamağı ($F=5.230$, $p=0.006<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı etkileşimler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 84).

Tablo 85. Meşcere tiplerine göre solma noktası (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Solma Noktası	Meşcere Tipi	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Solma Noktası (%)	Lbc3	129	21.64	a
	Lc3	108	24.38	b
	Lcd3	162	25.16	b

a, ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre solma notası (%) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, Lcd3 meşcereleri en yüksek, Lbc3 meşcereleri ise en düşük solma noktası (%) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 85).

Tablo 86. Solma noktası miktarının (%) yükselti basamaklarına göre değişimi

Solma Noktası	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
Solma Noktası (%)	800-1300 m	195	21.55
	1300-1900 m	204	25.97

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (%25.97), 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcelere (%21.55) göre daha yüksek solma noktası ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 86).

Tablo 87. Derinlik kademesine göre solma noktası miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Solma Noktası	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Solma Noktası (%)	0-5 cm	133	27.05	b
	5-15 cm	133	23.22	a
	15-30 cm	133	21.16	a

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre solma noktası (%) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük solma noktası ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 87).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki solma noktası (%) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki solma noktası (%) miktarıyla; eğim ($r=-0.214$), hacim ağırlığı ($r=-0.492$), toz ($r=-0.235$), FSK ($r=-0.306$), toprak C/N oranı ($r=-0.317$), alanin ($r=-0.309$), glisin ($r=-0.231$), lösin ($r=-0.199$), glutamin ($r=-0.195$), aspartik asit ($r=-0.278$) ve glutamik asit ($r=-0.232$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki solma noktası (%) miktarı ile yükselti ($r=0.277$), radyasyon indeksi ($r=0.192$), pH (KCL) ($r=0.251$), EC ($r=0.455$), tarla kapasitesi ($r=0.929$), amonyum ($r=0.191$), toprak organik C ($r=0.473$) ve toprak N ($r=0.585$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki solma noktası (%) miktarıyla; eğim ($r=-0.220$), hacim ağırlığı ($r=-0.496$), toz ($r=-0.250$), FSK ($r=-0.282$) ve toprak C/N oranı ($r=-0.288$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki solma noktası (%) miktarı ile yükselti ($r=0.317$), radyasyon indeksi ($r=0.187$), pH (KCL) ($r=0.250$), EC ($r=0.465$), tarla kapasitesi ($r=0.932$), amonyum ($r=0.275$), toprak organik C ($r=0.640$), toplam mineral N ($r=0.235$) ve toprak N ($r=0.742$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki solma noktası (%) miktarıyla; eğim ($r=-0.228$), hacim ağırlığı ($r=-0.508$), toz ($r=-0.249$) ve toprak C/N oranı ($r=-0.334$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki solma noktası (%) miktarı ile yükselti ($r=0.312$), radyasyon indeksi ($r=0.232$), pH (H₂O) ($r=0.191$), pH (KCL) ($r=0.295$), EC ($r=0.316$), tarla kapasitesi ($r=0.901$), amonyum ($r=0.202$), toprak organik C ($r=0.475$) ve toprak N ($r=0.755$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Solma noktası değerleri; meşcere tipi, toprak derinliği ve yükseltiye bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Meşcere gelişim çağıının ilerlemesiyle birlikte artan organik madde birikimi, kök yoğunluğu ve ince toprak fraksiyonları toprağın su tutma

kapasitesini arttırmakta; bu durum en yüksek solma noktası değerlerinin Lcd3 meşcerelerinde gözlenmesine neden olmaktadır. Yükselti arttıkça, özellikle 1300–1900 m yükselti basamağındaki meşcerelerde artan nem koşulları, organik madde birikimi ve ince toprak fraksiyonları, toprağın su tutma kapasitesini belirgin şekilde artırmaktadır. Üst topraklarda organik maddece zengin yapı ve ince fraksiyon birikimi suyun tutulmasını kolaylaştırırken; derin katmanlarda bu bileşenlerin azalması su depolama kapasitesini sınırlandırmaktadır.

Korelasyon analizine göre, tüm toprak derinlik kademelerinde eğimin artmasıyla birlikte yüzeysel akışın hızlanması, hacim ağırlığındaki artışa bağlı olarak gözenekliliğin azalması ve ince fraksiyon kaybı, toprağın su depolama kapasitesini olumsuz yönde etkilemektedir. 0–5 cm derinlikte su tutma kapasitesinin azalması, alanin, glisin, lösin, glutamin, aspartik asit ve glutamik asit gibi amino asitlerin toprak çözeltisinde daha yüksek düzeyde bulunmasına neden olmaktadır. Düşük su tutma kapasitesine sahip kumlu topraklarda, organik bileşiklerin kolloid yüzeylere adsorpsiyonu sınırlanmakta; bu da amino asitlerin çözeltide daha fazla serbest kalmasına ve yıkanmaya karşı daha az korunmasına yol açmaktadır. Ayrıca, düşük su tutma kapasitesine sahip kumlu topraklarda mikrobiyal faaliyetlerle üretilen amino asitler yüzeylere bağlanmadan doğrudan çözeltide birikme eğilimindedir. Tüm derinlik kademelerinde solma noktası, yükselti artışına bağlı olarak artan nem koşulları ve organik madde birikimiyle pozitif yönde ilişkilidir. Özellikle organik karbon, toplam azot ve iyon içeriğindeki artış, toprağın su tutma kapasitesini güçlendirerek yüzey katmanlarında nemin daha uzun süre muhafaza edilmesini ve böylece bitkilerin suya erişimini kolaylaştırmaktadır.

Bu çalışmada, üst topraklarda solma noktası (%) oranı Lbc3 meşcere gelişim çağında %21.64, Lc3 meşcere gelişim çağında %24.38 ve Lcd3 meşcere gelişim çağında %25.16 olarak belirlenmiştir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, üst topraklarda solma noktası oranı a çağında %20.54, b çağında %23.49 ve bc çağında %23.35; alt topraklarda ise sırasıyla %18.77, %19.75 ve %21.54 olarak belirlenmiştir.

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak FSK (%) miktarları Tablo 88’de verilmiştir.

Tablo 88. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak faydalanılabilir su kapasitesi (%) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	11.17±4.38 ⁽¹⁾	10.74±4.49	8.94±3.81	10.41±2.13	12.99±0.74	7.92±3.44
		3.24-17.72 ⁽²⁾	3.89-16.46	3.14-13.33	7.76-12.70	11.96-13.53	2.34-13.20
	5-15 cm	12.40±2.57	11.64±4.04	11.69±2.60	12.82±3.18	12.91±0.92	9.36±2.59
		6.65-16.36	4.55-17.34	7.74-14.31	9.34-16.91	11.68-13.63	5.75-14.05
	15-30 cm	12.67±2.39	12.40±2.70	13.84±3.69	12.72±1.82	12.32±1.57	11.23±3.14
		10.07-17.58	8.79-16.28	8.12-19.05	10.18-14.65	10.24-14.04	7.79-18.66
3	0-5 cm	10.30±3.91	11.52±4.07	9.89±2.94	10.82±4.43	10.18±3.18	9.49±4.47
		4.30-15.44	8.11-18.40	4.68-13.99	3.40-17.70	5.70-14.25	4.12-18.43
	5-15 cm	12.21±3.55	12.45±2.78	13.50±3.53	12.26±3.19	10.16±2.63	9.86±3.37
		8.09-17.45	8.30-15.99	10.15-21.50	7.12-17.60	7.10-14.18	4.73-15.83
	15-30 cm	10.23±3.56	13.11±2.99	14.02±3.83	13.00±3.44	11.99±2.97	12.29±3.45
		5.07-14.85	7.72-17.69	10.06-22.61	6.95-17.30	9.83-17.37	7.30-18.79
4	0-5 cm	11.75±3.16	8.66±1.92	8.94±5.35	10.98±4.27	8.06±3.22	9.05±3.23
		5.27-16.19	6.62-10.68	0.86-15.48	5.78-16.94	4.30-13.72	6.05-14.34
	5-15 cm	12.16±2.89	9.46±2.44	12.53±2.64	11.56±4.57	10.42±2.11	11.13±2.92
		6.46-16.41	6.02-11.45	10.13-16.59	6.04-17.26	7.38-14.27	6.84-17.60
	15-30 cm	12.63±1.95	9.20±3.24	13.10±3.46	11.82±3.96	11.53±3.02	12.35±3.07
		8.41-15.07	5.32-13.16	9.22-18.56	7.39-17.49	8.68-16.86	7.75-16.70

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 88 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama FSK (%) değerleri sırasıyla, %11.17, %10.74, %8.94; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %12.40, %11.64, %11.69; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %12.67, %12.40, %13.84 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama FSK (%) değerleri sırasıyla, %10.41, %12.99, %7.92; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %12.82, %12.91, %9.36; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %12.72, %12.32, %11.23 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama FSK (%) değerleri sırasıyla, %10.30, %11.52, %9.89; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %12.21, %12.45, %13.50; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %10.23, %13.11, % 14.02 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. Yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama FSK (%) değerleri sırasıyla, %10.82, %10.18, %9.49; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %12.26, %10.16, %9.86; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %13.00, %11.99, %12.29 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama FSK (%) değerleri sırasıyla, %11.75, %8.66, %8.94; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %12.16, %9.46, %12.53; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %12.63, %9.20, %13.10 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama FSK (%) değerleri sırasıyla, %10.98, %8.06, %9.05; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %11.56, %10.42, %11.13; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %11.82, %11.53, %12.35 olarak bulunmuştur (Tablo 88).

Ladin meşcerelerindeki FSK (%) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 89'da gösterilmiştir.

Tablo 89. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak faydalanılabilir su kapasitesi (%) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	35.294	2	17.647	1.599	0.204
Meşcere tipi	41.367	2	20.683	1.874	0.155
Yükselti basamağı	16.248	1	16.248	1.472	0.226
Derinlik	289.876	2	144.938	13.132	0.000
Bonitet*meşcere tipi	129.814	4	32.454	2.940	0.021
Bonitet*yükselti basamağı	6.907	2	3.453	0.313	0.732
Bonitet*derinlik	0.794	4	0.199	0.018	0.999
Meşcere tipi*yükselti basamağı	63.025	2	31.512	2.855	0.059
Meşcere tipi*derinlik	87.867	4	21.967	1.990	0.096
Yükselti basamağı*derinlik	7.721	2	3.861	0.350	0.705
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	63.683	4	15.921	1.443	0.220
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	26.044	8	3.256	0.295	0.967
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	22.516	4	5.629	0.510	0.728
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	22.785	4	5.696	0.516	0.724
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	16.988	8	2.123	0.192	0.992

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait FSK (%) miktarının derinlik kademesi ($F=13.132$, $p=0.000<0.05$) ve bonitet*meşcere tipi ($F=2.940$, $p=0.021<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 89).

Tablo 90. Derinlik kademesine göre FSK (%) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Faydalanılabilir Su Kapasitesi	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Faydalanılabilir Su Kapasitesi (%)	0-5 cm	133	10.00	a
	5-15 cm	133	11.51	b
	15-30 cm	133	12.34	b

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre FSK (%) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük FSK ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 90).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki FSK (%) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki FSK (%) miktarıyla; kum ($r=-0.247$), solma noktası ($r=-0.306$) ve toprak N ($r=-0.221$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki FSK (%) miktarı ile hacim ağırlığı ($r=0.291$), toz ($r=0.236$), kil ($r=0.181$), toprak C/N oranı ($r=0.187$), alanin ($r=0.190$), glisin ($r=0.186$), glutamin ($r=0.203$) ve glutamik asit ($r=0.203$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki FSK (%) miktarıyla; kum ($r=-0.504$), toprak organik C ($r=-0.209$), solma noktası ($r=-0.282$) ve toprak N ($r=-0.263$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki FSK (%) miktarı ile hacim ağırlığı ($r=0.249$), toz ($r=0.414$) ve kil ($r=0.398$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki FSK (%) miktarıyla; kum ($r=-0.490$), toprak organik C ($r=-0.173$) ve toprak N ($r=-0.257$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki FSK (%) miktarıyla; toz ($r=0.408$), kil ($r=0.388$) ve tarla kapasitesi ($r=0.309$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Toprak derinliği arttıkça faydalanılabilir su kapasitesinin yükselmesi, alt katmanlarda artan kil birikimi ve daha yoğun gözenek yapısının suyun tutulmasını kolaylaştırmasından kaynaklanmaktadır. Korelasyon analizi sonuçları, tüm derinlik kademelerinde FSK'nin

azalmasının, kum oranının yüksekliği ve toprak azot içeriğinin düşüklüğü ile ilişkili olduğunu ve bu durumun özellikle yüzey topraklarında suyun daha hızlı kaybedilmesine neden olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, 0–5 cm derinlik kademesinde FSK ile alanin, glisin, glutamin ve glutamik asit konsantrasyonları arasında pozitif yönde anlamlı ilişkiler belirlenmiştir. Bu amino asitlerin ortak özelliği, yüksek çözünürlüğe sahip olmaları ve polar yapıları nedeniyle su ile güçlü etkileşim göstermeleri ve toprak kolloid yüzeylerinde kolayca adsorbe olabilmeleridir. Bu durum, özellikle nemli ve ince fraksiyon içeriği yüksek yüzey topraklarında, bu amino asitlerin çözeltide daha uzun süre kalmasına ve mikrobiyal dönüşüm süreçlerinde etkin rol oynamasına olanak tanımaktadır. Diğer amino asitlerde benzer ilişkilerin gözlenmemesi ise, bu bileşiklerin daha çok hidrofobik özellik göstermeleri ve bu nedenle su tutma mekanizmalarına sınırlı düzeyde katkı sağlamaları ile açıklanabilir. Bu bulgular, toprak su rejiminin yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda biyokimyasal süreçler üzerindeki belirleyici rolüne de dikkat çekmektedir.

Üst topraklarda faydalanılabilir su kapasitesi a, b ve bc çağlarında sırasıyla %17.42, %15.84, %14.93; alt topraklarda ise %15.30, %15.68 ve %15.65 olarak belirlenmiştir (Kocamanoğlu, 2022). Yüksek vd. (2024) tarafından ladin sahalarında yapılan çalışmada, orman topraklarında tarla kapasitesi %27.47, solma noktası %19.45 ve faydalı su kapasitesi (FSK) %8.02 olarak belirlenirken; heyelan geçirmiş sahalarda bu değerler sırasıyla %21.51, %12.78 ve %8.73 olarak tespit edilmiştir.

3.3.4. Toprak Reaksiyonu

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak pH (H₂O) değerleri Tablo 91’de verilmiştir.

Tablo 91. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak reaksiyonu (H₂O) değerleri

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	4.78±0.63 ⁽¹⁾	4.79±0.55	4.83±0.28	4.85±0.61	4.86±0.32	4.73±0.29
		3.50-5.43 ⁽²⁾	3.53-5.16	4.41-5.25	4.23-5.72	4.50-5.27	4.12-5.14
	5-15 cm	4.96±0.40	4.84±0.70	4.87±0.34	4.80±0.36	4.90±0.22	4.84±0.35
		4.57-5.79	3.49-5.91	4.20-5.29	4.33-5.29	4.75-5.22	4.35-5.70
	15-30 cm	4.80±0.43	5.09±0.72	4.98±0.30	4.63±0.20	4.97±0.27	4.92±0.18
		4.14-5.32	3.64-6.09	4.31-5.14	4.32-4.83	4.65-5.26	4.60-5.16
3	0-5 cm	5.20±0.71	5.22±0.61	4.83±0.70	4.62±0.26	4.56±0.40	4.43±0.28
		4.49-6.57	4.20-6.03	3.92-5.80	4.13-4.97	4.16-5.09	4.01-4.93
	5-15 cm	5.42±0.90	5.42±0.51	4.82±0.51	4.66±0.37	4.61±0.30	4.76±0.47
		4.61-7.08	4.70-6.03	4.13-5.79	3.98-5.10	4.20-5.06	4.38-5.98
	15-30 cm	5.62±1.07	5.58±0.49	4.89±0.42	4.79±0.36	4.86±0.30	4.84±0.42
		4.59-7.20	5.11-6.32	4.33-5.53	4.16-5.34	4.41-5.36	4.21-5.70
4	0-5 cm	5.00±0.57	5.26±0.14	4.71±0.51	4.65±0.50	4.55±0.26	4.34±0.46
		4.32-5.92	5.10-5.43	3.85-5.15	4.06-5.40	4.27-5.01	3.69-5.05
	5-15 cm	5.12±0.67	5.25±0.14	5.02±0.28	4.86±0.39	4.79±0.26	4.52±0.34
		4.18-6.22	5.04-5.36	4.60-5.27	4.45-5.34	4.49-5.27	3.95-5.10
	15-30 cm	5.33±0.81	5.38±0.18	5.44±0.56	5.02±0.29	4.94±0.23	4.72±0.39
		4.27-6.71	5.20-5.62	4.90-6.35	4.68-5.43	4.64-5.32	4.07-5.26

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 91 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama pH (H₂O) değerleri sırasıyla, 4.78, 4.79, 4.83; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.96, 4.84, 4.87; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.80, 5.09, 4.98 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama pH (H₂O) değerleri sırasıyla, 4.85, 4.86, 4.73; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.80, 4.90, 4.84; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.63, 4.97, 4.92 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama pH (H₂O) değerleri sırasıyla, 5.20, 5.22, 4.83; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.42, 5.42, 4.82; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.62, 5.58, 4.89 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama pH (H₂O) değerleri sırasıyla, 4.62, 4.56, 4.43; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.66, 4.61, 4.76; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.79, 4.86, 4.84 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama pH (H₂O) değerleri sırasıyla, 5.00, 5.26, 4.71; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.12, 5.25, 5.02; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.33, 5.38, 5.44 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama pH (H₂O) değerleri sırasıyla, 4.65, 4.55, 4.34; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.86, 4.79, 4.52; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.02, 4.94, 4.72 olarak bulunmuştur (Tablo 91).

Ladin meşcerelerindeki toprak pH (H₂O) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 92’de gösterilmiştir.

Tablo 92. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak pH (H₂O) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.633	2	0.316	1.387	0.251
Meşcere tipi	2.422	2	1.211	5.309	0.005
Yükselti basamağı	10.886	1	10.886	47.728	0.000
Derinlik	3.972	2	1.986	8.706	0.000
Bonitet*meşcere tipi	1.617	4	0.404	1.773	0.134
Bonitet*yükselti basamağı	4.201	2	2.100	9.208	0.000
Bonitet*derinlik	0.857	4	0.214	0.939	0.441
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.532	2	0.266	1.166	0.313
Meşcere tipi*derinlik	0.341	4	0.085	0.374	0.827
Yükselti basamağı*derinlik	0.035	2	0.018	0.078	0.925
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	2.231	4	0.558	2.445	0.046
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	0.673	8	0.084	0.369	0.937
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	0.092	4	0.023	0.101	0.982
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	0.164	4	0.041	0.18	0.949
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	0.682	8	0.085	0.373	0.934

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait pH (H₂O) miktarının meşcere tipi (F=5.309, p=0.005<0.05), yükselti basamakları (F=47.728, p=0.000<0.05), derinlik kademesi (F=8.706, p=0.000<0.05) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu dört faktör arasında bonitet*yükselti basamağı (F=9.208, p=0.000<0.05), bonitet*meşceretipi*yükselti basamağı (F=2.445, p=0.046<0.05) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı etkileşimler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 92).

Tablo 93. Meşcere tiplerine göre toprak pH (H₂O) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Toprak Reaksiyonu	Meşcere Tipi	n	Ortalama	Homojen Gruplar
pH (H ₂ O)	Lbc3	129	4.94	b
	Lc3	108	4.98	b
	Lcd3	162	4.78	a

a, ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak pH (H₂O) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, Lc3 meşcereleri en yüksek, Lcd3 meşcereleri ise en düşük pH (H₂O) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 93).

Tablo 94. Toprak pH (H₂O) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi

Toprak Reaksiyonu	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
pH (H ₂ O)	800-1300 m	195	5.06
	1300-1900 m	204	4.73

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (5.06), 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcelere (4.73) göre daha yüksek pH (H₂O) ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 94).

Tablo 95. Derinlik kademesine göre toprak pH (H₂O) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Toprak Reaksiyonu	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
pH (H ₂ O)	0-5 cm	133	4.76	a
	5-15 cm	133	4.89	ab
	15-30 cm	133	5.02	b

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak pH miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük pH ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 95).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki pH (H₂O) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki pH (H₂O) miktarıyla; yükselti ($r=(-0.391)$), kum ($r=-0.411$) ve toprak N ($r=-0.221$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki pH (H₂O) miktarıyla; eğim ($r=0.411$), hacim ağırlığı ($r=0.255$), kil ($r=0.486$), pH (KCL) ($r=0.870$), toprak organik C ($r=0.224$), tarla kapasitesi ($r=0.173$), amonyum ($r=0.266$), nitrat ($r=0.298$), toplam mineral N ($r=0.312$), alanin ($r=0.239$), glisin ($r=0.237$), lösin ($r=0.237$), glutamin ($r=0.214$), asparagin ($r=0.178$), aspartik asit ($r=0.192$), glutamik asit ($r=0.199$), histidin ($r=0.205$) ve arginin ($r=0.282$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki pH (H₂O) miktarıyla; yükselti ($r=-0.344$) ve kum ($r=-0.410$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki pH (H₂O) miktarıyla; eğim ($r=0.389$), hacim ağırlığı ($r=0.250$), kil ($r=0.493$), pH (KCL) ($r=0.754$), EC ($r=0.238$), amonyum ($r=0.262$), nitrat ($r=0.211$) ve toplam mineral N ($r=0.274$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki pH (H₂O) miktarıyla; yükselti ($r=-0.281$) ve kum ($r=-0.375$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki pH (H₂O) miktarıyla; eğim ($r=0.377$), hacim ağırlığı ($r=0.326$), kil ($r=0.476$), pH (KCL) ($r=0.810$), EC ($r=0.463$), solma noktası ($r=0.191$), amonyum ($r=0.299$), nitrat ($r=0.253$) ve toplam mineral N ($r=0.318$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Orman ağaçlarının optimum toprak reaksiyonu genellikle pH 5.5–6.5 aralığında olup, bu aralık bitkilerin besin elementlerinden en verimli biçimde yararlanabildiği düzeyi temsil etmektedir (Çepel, 1995). Ladin ormanlarında ölü örtünün ayrışmasıyla açığa çıkan organik asitlerin birikimi, toprağın pH'sını düşürerek genellikle asidik bir ortam (pH 3.8–5.5) oluşturmakta; bu durum kation yıkanmasını artırarak besin elementlerinin bitkilerce alınabilirliğini sınırlamakta ve ladin ormanlarının kimyasal toprak dengesini belirleyen başlıca faktörlerden biri haline gelmektedir (Kantarcı, 2000). Ladin gibi iğne yapraklı türlerde ölü örtü ayrışması sonucu oluşan organik asitlerin yüzeyde birikmesi, üst toprak tabakasının hızla asitleşmesine neden olmakta ve bu süreç, yıkanmayı artırarak podsolik toprak gelişimini teşvik etmektedir (Kantarcı, 2000; Sarıyıldız, 2011).

Ladin meşcerelerinde gelişim çağı ilerledikçe toprak pH değerinin düşmesi, artan organik materyal birikimiyle oluşan organik asitlerin, baz katyonların yıkanarak ortamdan uzaklaşmasının ve nitrifikasyon süreciyle açığa çıkan H^+ iyonlarının birikmesinden kaynaklanabilir (Berger ve Berger, 2012). Toprak pH (H_2O) değerleri derinlikle birlikte artış göstermiştir. Bu durum, tüm derinliklerde asidik karakterin korunmasına rağmen, pH düzeyinin derinlikle birlikte kademeli olarak yükseldiğini göstermektedir. Yükselti artışıyla birlikte toprak pH (H_2O) değerlerinde gözlenen azalma, yüksek rakımlarda artan organik madde birikimi ve düşük sıcaklık koşullarında yavaşlayan mikrobiyal ayrışma süreçlerinin toprak asitleşmesini güçlendirmesinden kaynaklanmaktadır.

Korelasyon sonucuna göre tüm derinlik kademelerinde kum oranının yüksekliği ve azot içeriğinin düşüklüğü, tamponlama kapasitesini zayıflatarak çözeltilerin daha asidik hale gelmesine neden olmaktadır. Buna karşılık pH'nin artması, mikrobiyal faaliyetleri ve organik maddenin ayrışma hızını artırarak amino asitlerin toprak çözeltilisine geçişini kolaylaştırmaktadır. Bu durum, alanin, glisin ve glutamik asit gibi biyolojik olarak aktif amino asitlerin birikimini destekleyerek topraktaki organik azot döngüsünü ve besin kullanılabilirliğini güçlendirmektedir. Tüm derinlik kademelerinde pH artışı kil ve iyon birikiminin yükselmesiyle birlikte toprağın asitliği azaltmakta, bu da mikroorganizmaların daha aktif hale gelmesini sağlayarak organik maddenin ayrışmasını ve amonyum ile nitrat oluşumunu desteklemektedir.

Bu çalışmada, üst topraklarda pH (H_2O) değerleri Lbc3 meşcerelerinde 4.94, Lc3 meşcerelerinde 4.98 ve Lcd3 meşcerelerinde 4.78 olarak belirlenmiştir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, üst topraklarda pH (H_2O) değerleri a, b ve bc meşcere gelişim çağlarında sırasıyla 4.75, 4.79 ve 4.30; alt topraklarda ise 4.86, 4.71 ve 4.58 olarak belirlenmiştir. Çakıroğlu vd., (2022) tarafından Trabzon Fol Deresi mikro havzasında saf Doğu Ladini meşcereleri üzerinde yapılan çalışmada, toprak pH (H_2O) değerleri 0–15 cm derinlikte 5.06, 15–30 cm derinlikte ise 5.20 olarak belirlenmiştir. Bu değerler, çalışmamızda elde edilen pH sonuçlarıyla benzerlik göstermekte olup, her iki araştırmada da Doğu Ladini meşcerelerinin asidik karakterde topraklarda geliştiğini ortaya koymaktadır. Özkaya (2020) tarafından Artvin Şavşat yöresinde yapılan çalışmada, Doğu Ladini meşcerelerinde 0–20 cm derinlikte pH değerleri sağlıklı alanlarda 6.09, kuruma görülen alanlarda ise 6.01 olarak belirlenmiş olup, bu sonuçlar ladin ormanlarının hafif asidik topraklarda geliştiğini göstermektedir. Bartın yöresinde yürütülen bir araştırmada, karaçam meşcerelerine ait toprakların pH değeri 7.71, kayın meşceresi topraklarının pH değeri ise

5.20 olduğu saptanmıştır (Kara ve Bolat, 2008a). Kara vd. (2008), yürüttükleri başka bir araştırmada meşe ormanlarının toprak pH değerlerinin, kayın-göknar karışık ormanlarına göre daha düşük olduğunu ortaya koymuşlardır.

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak pH (KCL) değerleri Tablo 96’da verilmiştir.

Tablo 96. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak pH (KCL) değerleri

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	4.29±0.66 ⁽¹⁾	4.10±0.51	4.20±0.24	4.43±0.57	4.21±0.17	4.19±0.22
		3.08-5.04 ⁽²⁾	2.96-4.51	3.95-4.58	3.86-5.15	4.05-4.45	3.94-4.76
	5-15 cm	4.11±0.36	4.15±0.70	4.29±0.26	4.36±0.28	4.06±0.22	4.11±0.13
		3.36-4.60	2.91-5.40	4.01-4.76	4.13-4.74	3.85-4.34	3.93-4.33
	15-30 cm	4.07±0.22	4.27±0.59	4.17±0.12	4.17±0.04	4.23±0.17	4.17±0.11
		3.74-4.32	3.52-5.47	3.94-4.28	4.14-4.23	4.00-4.37	4.04-4.34
3	0-5 cm	4.85±0.62	4.78±0.67	4.44±0.80	4.15±0.27	4.15±0.22	3.96±0.22
		4.17-5.98	3.85-5.75	3.61-5.75	3.74-4.52	3.94-4.55	3.66-4.37
	5-15 cm	5.10±1.03	4.85±0.79	4.25±0.59	4.19±0.22	4.04±0.37	4.11±0.17
		4.29-7.01	4.05-5.88	3.68-5.71	3.81-4.43	3.32-4.29	3.93-4.53
	15-30 cm	5.26±1.32	4.85±0.87	4.21±0.40	4.31±0.25	4.42±0.12	4.19±0.22
		4.03-7.17	3.35-5.83	3.75-5.10	3.84-4.70	4.25-4.56	3.71-4.50
4	0-5 cm	4.57±0.71	4.56±0.28	4.28±0.53	4.27±0.31	4.18±0.34	4.06±0.34
		3.95-5.80	4.17-4.83	3.51-4.92	3.88-4.73	3.80-4.68	3.55-4.69
	5-15 cm	4.67±0.84	4.55±0.27	4.31±0.29	4.33±0.16	4.20±0.21	4.13±0.15
		3.92-6.15	4.35-4.95	3.98-4.69	4.16-4.55	3.82-4.50	3.85-4.40
	15-30 cm	4.83±1.04	4.53±0.18	4.71±0.86	4.40±0.17	4.29±0.16	4.30±0.24
		3.91-6.66	4.27-4.68	3.88-6.11	4.17-4.62	3.97-4.47	3.94-4.64

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 96 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama pH (KCL) değerleri sırasıyla, 4.29, 4.10, 4.20; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.11, 4.15, 4.29; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.07, 4.27, 4.17 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların sırasıyla, 4.43, 4.21, 4.19; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.36, 4.06, 4.11; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.17, 4.23, 4.17 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama pH (KCL) değerleri sırasıyla, 4.85, 4.78, 4.44; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.10, 4.85, 4.25; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.26, 4.85, 4.21 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama pH (KCL) değerleri sırasıyla, 4.15, 4.15, 3.96; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.19, 4.04, 4.11; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.31, 4.42, 4.19 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama pH (KCL) değerleri sırasıyla, 4.57, 4.56, 4.28; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.67, 4.55, 4.31; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.83, 4.53, 4.71, olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama pH (KCL) değerleri sırasıyla, 4.27, 4.18, 4.06; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.33, 4.20, 4.13; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.40, 4.29, 4.30 olarak bulunmuştur (Tablo 96).

Ladin meşcerelerindeki toprak pH (KCL) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 97’de gösterilmiştir.

Tablo 97. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak pH (KCL) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	4.390	2	2.195	9.041	0.000
Meşcere tipi	3.643	2	1.822	7.503	0.001
Yükselti basamağı	7.136	1	7.136	29.395	0.000
Derinlik	0.650	2	0.325	1.339	0.263
Bonitet*meşcere tipi	2.360	4	0.590	2.431	0.047
Bonitet*yükselti basamağı	5.689	2	2.844	11.716	0.000
Bonitet*derinlik	0.686	4	0.172	0.707	0.588
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.553	2	0.276	1.139	0.321
Meşcere tipi*derinlik	0.067	4	0.017	0.069	0.991
Yükselti basamağı*derinlik	0.025	2	0.013	0.052	0.949
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	2.382	4	0.595	2.453	0.046
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	1.091	8	0.136	0.562	0.809
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	0.191	4	0.048	0.197	0.940
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	0.308	4	0.077	0.317	0.866
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	0.620	8	0.078	0.319	0.959

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait pH (H₂O) miktarının bonitet (F=9.041, p=0.000<0.05), meşcere tipi (F=7.503, p=0.001<0.05), yükselti basamağı (F=29.395, p=0.000<0.05) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu dört faktör arasında bonitet*meşcere tipi (F=2.431, p=0.047<0.05), bonitet*yükselti basamağı (F=11.716, p=0.000<0.05) bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı (F=2.453, p=0.046<0.05) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı etkileşimler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 97).

Tablo 98. Bonitet sınıflarına göre toprak pH (KCL) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Toprak Reaksiyonu	Bonitet Sınıfları	n	Ortalama	Homojen Gruplar
pH (KCL)	2	135	4.19	a
	3	147	4.40	b
	4	117	4.39	b

a, ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak pH (KCL) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 3. bonitet sınıfındaki meşcereler en yüksek, 2. bonitet sınıfındaki meşcereleri ise en düşük pH (KCL) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 98).

Tablo 99. Meşcere tiplerine göre toprak pH (KCL) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Toprak Reaksiyonu	Meşcere Tipi	n	Ortalama	Homojen Gruplar
pH (KCL)	Lbc3	129	4.44	b
	Lc3	108	4.36	b
	Lcd3	162	4.21	a

a, ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak pH (KCL) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, Lbc3 meşcereleri en yüksek, Lcd3 meşcereleri ise en düşük pH (KCL) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 99).

Tablo 100. Toprak pH (KCL) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi

Toprak Reaksiyonu	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
pH (KCL)	800-1300 m	195	4.46
	1300-1900 m	204	4.19

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (4.46), 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcelere (4.19) göre daha yüksek pH (KCL) ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 100).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki pH (KCL) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki pH (KCL) miktarıyla; yükselti ($r=-0.270$) ve kum ($r=-0.329$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki pH (KCL) miktarıyla; eğim ($r=0.249$), kil ($r=0.398$), pH (H₂O) ($r=0.870$), EC ($r=0.197$), toprak organik C ($r=0.184$), tarla kapasitesi ($r=0.307$), solma noktası ($r=0.251$) ve nitrat ($r=0.186$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki pH (KCL) miktarıyla; yükselti ($r=(-0.173)$) ve kum ($r=-0.278$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki pH (KCL) miktarıyla; eğim ($r=0.220$), kil ($r=0.369$), pH (H₂O) ($r=0.754$), EC ($r=0.506$), toprak organik C ($r=0.238$), tarla kapasitesi ($r=0.276$), solma noktası ($r=0.250$), amonyum ($r=0.196$), toplam mineral N ($r=0.195$) ve toprak N ($r=0.216$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki pH (KCL) miktarı ile kum ($r=-0.235$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki pH (KCL) miktarıyla; eğim ($r=0.171$), kil ($r=0.345$), pH (H₂O) ($r=0.810$), EC ($r=0.687$), tarla kapasitesi ($r=0.279$), solma noktası ($r=0.295$), amonyum ($r=0.228$), toplam mineral N ($r=0.202$) ve toprak N ($r=0.301$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonucuna göre toprak pH (KCL) değerinin 2. bonitet sınıfında en düşük, 4. bonitet sınıfında ise daha yüksek olması, verimliliği düşük meşcerelerde asitleştirici süreçlerin daha zayıf işlediğini ve toprak reaksiyonunun daha az asidik olduğunu göstermektedir. Toprak pH (KCL) değerinin Lcd3 meşcerelerinde en düşük, Lbc3 meşcerelerinde ise en yüksek düzeyde olması, gelişim çağı ilerledikçe artan organik asit birikiminin toprak asitliğini güçlendirdiğini göstermektedir. Toprak pH (KCL) değerinin yüksek rakımlarda azalması, 1300–1900 m basamağında organik asit birikimi ve yavaşlayan ayrışma süreçlerinin asitleşmeyi artırdığını göstermektedir.

Tüm derinlik kademelerinde kum oranı ile pH (KCL) arasındaki negatif korelasyon, kumlu toprakların düşük katyon değişim kapasitesi ve zayıf tamponlama yeteneği nedeniyle

asidik koşullara daha yatkın olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, pH (KCL) değeri, özellikle kil, organik madde, su tutma kapasitesi ve nitrat içeriği ysek alanlarda daha dengeli seyretmektedir. Bu durum, ysek tamponlama kapasitesine sahip toprakların asitleşmeye karşı daha dirençli olduğunu ve suyun daha uzun süre tutulmasıyla biyokimyasal süreçlerin sürdürülebilirliğinin sağlandığını ortaya koymaktadır. Ayrıca nitrat birikimi, mikrobiyal faaliyetleri artırarak toprak verimliliğini desteklemektedir.

Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, ladin ağaçlandırma alanlarında st toprakta pH (KCl) değerleri a çağında 4.02; b çağında 3.86; bc çağında 3.84, alt toprakta ise sırasıyla 4.10, 4.06 ve 4.03 olarak belirlenmiştir. Schleppi vd. (2019), Norveç ladin ormanlarında yaptıkları çalışmada pH (KCL) değerinin st toprakta 5.6, 10–20 cm derinlikte ise 5.9 olduğunu bildirmiştir. Köhler vd. (2019), Almanya’daki altı farklı ladin sahasında yaptıkları çalışmada, pH (KCL) değerlerinin 0–20 cm ve 21–60 cm toprak katmanlarında genellikle 3–4 aralığında değiştiğini ve toprakların oldukça asidik özellik gösterdiğini bildirmiştir.

3.3.5. Toprak Elektriksel İletkenliği

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenliği (EC) ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerleri Tablo 101’de verilmiştir.

Tablo 101. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak EC ($\mu\text{S/cm}$) değerleri

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	83.75 $\pm$ 36.97 ⁽¹⁾	46.61 $\pm$ 41.57	58.06 $\pm$ 37.17	104.58 $\pm$ 59.49	73.86 $\pm$ 82.15	95.02 $\pm$ 51.75
		19.40-135.60 ⁽²⁾	15.20-141.10	10.90-108.90	39.8-185.50	17.30-195.70	29.60-194.60
	5-15 cm	44.64 $\pm$ 22.34	54.44 $\pm$ 38.94	33.07 $\pm$ 14.34	48.95 $\pm$ 29.09	23.27 $\pm$ 13.78	48.78 $\pm$ 12.26
		8.80-73.70	17.90-133.90	11.30-49.10	13.40-89.20	11.20-40.00	31.70-69.30
	15-30 cm	30.60 $\pm$ 16.85	28.13 $\pm$ 19.60	27.27 $\pm$ 18.65	37.57 $\pm$ 10.69	33.46 $\pm$ 21.33	32.13 $\pm$ 15.65
		6.10-61.80	7.20-60.20	10.40-64.50	22.30-52.10	10.60-57.40	12.80-65.60
3	0-5 cm	125.30 $\pm$ 59.48	64.68 $\pm$ 55.15	103.47 $\pm$ 47.64	89.03 $\pm$ 39.38	78.64 $\pm$ 43.58	64.80 $\pm$ 23.78
		57.30-217.00	19.20-162.20	39.40-178.30	31.60-171.10	11.50-137.00	25.40-108.60
	5-15 cm	74.21 $\pm$ 48.81	68.01 $\pm$ 67.36	60.35 $\pm$ 26.07	45.65 $\pm$ 18.31	37.20 $\pm$ 31.15	47.08 $\pm$ 19.43
		8.90-132.40	4.40-160.00	26.10-119.30	24.10-83.70	7.50-81.00	19.00-92.90
	15-30 cm	84.45 $\pm$ 75.28	57.23 $\pm$ 45.67	37.35 $\pm$ 11.79	30.56 $\pm$ 13.07	37.82 $\pm$ 31.95	31.59 $\pm$ 16.60
		31.20-218.60	8.00-138.50	14.10-54.50	19.00-58.00	5.80-84.60	12.60-67.90
4	0-5 cm	75.88 $\pm$ 35.33	76.30 $\pm$ 30.97	111.46 $\pm$ 45.61	46.30 $\pm$ 14.26	85.20 $\pm$ 36.97	100.10 $\pm$ 34.89
		18.30-133.60	34.10-106.10	51.50-159.50	34.50-64.00	35.40-131.90	48.00-150.50
	5-15 cm	69.47 $\pm$ 49.97	38.38 $\pm$ 25.15	41.47 $\pm$ 26.73	21.82 $\pm$ 8.24	52.96 $\pm$ 22.37	69.80 $\pm$ 34.99
		31.70-191.00	7.40-67.70	14.00-84.40	11.70-29.50	37.70-99.10	24.00-130.80
	15-30 cm	71.25 $\pm$ 52.64	38.15 $\pm$ 17.90	48.52 $\pm$ 64.81	29.55 $\pm$ 13.90	44.53 $\pm$ 51.12	36.00 $\pm$ 20.62
		22.50-183.30	16.10-57.80	6.50-162.20	14.00-51.90	17.50-160.00	3.70-64.30

⁽¹⁾ : Ortalama $\pm$ Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 101 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama EC ($\mu\text{S/cm}$) değerleri sırasıyla, 83.75, 46.61, 58.06; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 44.64, 54.44, 33.07; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 30.60, 28.13, 27.27 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama EC ($\mu\text{S/cm}$) değerleri sırasıyla, 104.58, 73.86, 95.02; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 48.95, 23.27, 48.78; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 37.57, 33.46, 32.13 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama EC ($\mu\text{S/cm}$) değerleri sırasıyla, 125.30, 64.68, 103.47; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 74.21, 68.01, 60.35; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 84.45, 57.23, 37.35 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama EC ($\mu\text{S/cm}$) değerleri sırasıyla, 89.03, 78.64, 64.80; 5-15 cm derinlik

kademesinde sırasıyla, 45.65, 37.20, 47.08; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 30.56, 37.82, 31.59 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama EC ($\mu\text{S/cm}$) değerleri sırasıyla, 75.88, 76.30, 111.46; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 69.47, 38.38, 41.47; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 71.25, 38.15, 48.52 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama EC ($\mu\text{S/cm}$) değerleri sırasıyla, 46.30, 85.20, 100.10; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 21.82, 52.96, 69.80; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 29.55, 44.53, 36.00 olarak bulunmuştur (Tablo 101).

Ladin meşcerelerindeki toprak EC ($\mu\text{S/cm}$) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 102’de gösterilmiştir.

Tablo 102. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak EC ($\mu\text{S/cm}$) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	10866.598	2	5433.299	4.103	0.017
Meşcere tipi	4959.016	2	2479.508	1.872	0.155
Yükselti basamağı	5380.039	1	5380.039	4.062	0.045
Derinlik	116732.080	2	58366.040	44.071	0.000
Bonitet*meşcere tipi	13751.758	4	3437.940	2.596	0.036
Bonitet*yükselti basamağı	18236.120	2	9118.060	6.885	0.001
Bonitet*derinlik	597.979	4	149.495	0.113	0.978
Meşcere tipi*yükselti basamağı	11204.936	2	5602.468	4.230	0.015
Meşcere tipi*derinlik	5536.939	4	1384.235	1.045	0.384
Yükselti basamağı*derinlik	2214.104	2	1107.052	0.836	0.434
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	8871.139	4	2217.785	1.675	0.155
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	11130.969	8	1391.371	1.051	0.398
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	4373.803	4	1093.451	0.826	0.510
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	5826.288	4	1456.572	1.100	0.357
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	7009.775	8	876.222	0.662	0.725

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait EC ($\mu\text{S/cm}$) miktarının bonitet ($F=4.103$, $p=0.017<0.05$), yükselti basamakları ($F=4.062$, $p=0.045<0.05$), derinlik kademesi ($F=44.071$, $p=0.000<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu dört faktör arasında bonitet*meşcere tipi ($F=2.596$, $p=0.036<0.05$, bonitet*yükselti basamağı ($F=6.885$, $p=0.001<0.05$), meşcere tipi*yükselti

basamağı ($F=4.230$, $p=0.015<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı etkileşimler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 102).

Tablo 103. Toprak EC ($\mu\text{S/cm}$) miktarının bonitet sınıflarına göre değişimi

Toprak Elektriksel İletkenliği	Bonitet Sınıfları	n	Ortalama
EC ($\mu\text{S/cm}$)	2	135	50.98
	3	147	61.45
	4	117	61.38

Bonitet sınıflarına göre farklılıklar incelendiğinde; 3. bonitet sınıfındaki meşcerelerin (61.45), 2. bonitet sınıfındaki meşcelere (50.98) göre daha yüksek EC ($\mu\text{S/cm}$) ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 103).

Tablo 104. Toprak EC ($\mu\text{S/cm}$) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi

Toprak Elektriksel İletkenliği	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
EC ($\mu\text{S/cm}$)	800-1300 m	195	61.06
	1300-1900 m	204	54.85

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (61.06), 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcelere (54.85) göre daha yüksek EC ($\mu\text{S/cm}$) ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 104).

Tablo 105. Derinlik kademesine göre toprak EC miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Toprak Elektriksel İletkenliği	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
EC ($\mu\text{S/cm}$)	0-5 cm	133	82.64	c
	5-15 cm	133	50.85	b
	15-30 cm	133	40.17	a

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak EC ($\mu\text{S/cm}$) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 3 farklı grup elde edilmiş, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük EC ($\mu\text{S/cm}$) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 105).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki EC miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki EC miktarıyla; hacim ağırlığı ($r=-0.261$), alanin ($r=-0.238$), lösin ($r=-0.253$), glutamin ($r=-0.232$), asparagin ($r=-0.217$), glutamik asit ($r=-0.244$), histidin ($r=-0.222$) ve arginin ($r=-0.234$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki EC miktarıyla; pH (KCL) ($r=0.197$), toprak organik C ($r=0.252$), tarla kapasitesi ($r=0.419$), solma noktası ($r=0.455$) ve toprak N ($r=0.222$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki EC miktarı ile hacim ağırlığı ($r=-0.286$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki EC miktarıyla; pH (H₂O) ($r=0.238$), pH (KCL) ($r=0.506$), toprak organik C ($r=0.291$), tarla kapasitesi ($r=0.481$), solma noktası ($r=0.465$) ve toprak N ($r=0.303$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki EC miktarıyla; kil ($r=0.208$), pH (H₂O) ($r=0.463$), pH (KCL) ($r=0.687$), tarla kapasitesi ($r=0.285$), solma noktası ($r=0.316$) ve toprak N ($r=0.232$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

3. bonitet sınıfındaki meşcerelerde EC değerlerinin daha yüksek çıkması, düşük verimli alanlarda iyon birikiminin artmasıyla ilişkilendirilmekte; bu durum, elektriksel iletkenliğin yükselmesine neden olmaktadır. 800–1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerde EC değerlerinin daha yüksek olması, bu alanlarda iyon birikiminin fazla, yıkanmanın ise daha sınırlı olduğunu göstermektedir. Toprak EC değerlerinin derinlikle birlikte azalması, iyon birikiminin yüzey katmanlarda yoğunlaştığını ve alt katmanlara doğru azaldığını göstermektedir. Elektriksel iletkenliği 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'nin üzerinde olan topraklar, genel kabul görmüş sınıflandırmalara göre tuzlu toprak olarak değerlendirilmektedir (Richards, 1954). Elde edilen ortalama EC verilerine göre, çalışma alanındaki topraklarda tuzluluk problemi bulunmamaktadır.

Korelasyon sonucuna göre 0–5 cm derinlikte EC ile bazı amino asitler arasında gözlenen negatif korelasyonlar, elektriksel iletkenliği yüksek ortamlarda çözültideki iyon yoğunluğunun artmasıyla amino asitlerin mikroorganizmalar tarafından daha hızlı tüketilmesi veya adsorpsiyon süreçlerinin hızlanmasıyla açıklanabilir. Bu durum, toprakta biyolojik azot döngüsünü sınırlayarak amino asit birikimini azaltabilir. Toprakta EC değerlerinin artışı, çözülmüş iyon konsantrasyonundaki yükselmeye bağlı olarak mikrobiyal

faaliyetlerin ve organik madde ayrışma süreçlerinin daha etkin gerçekleştiğini göstermektedir. Bu süreçler, özellikle organik karbon birikimi, azot döngüsü, su tutma kapasitesi ve toprak pH seviyeleri üzerinde doğrudan etkili olmakta; böylece EC ile bu parametreler arasında pozitif yönlü anlamlı ilişkiler kurulmaktadır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, ladin ağaçlandırma alanlarında ortalama EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerleri üst toprakta a çağında 40.86; b çağında 102.66; bc çağında 135.18; alt toprakta ise sırasıyla 25.49; 26.11 ve 42.38 olarak belirlenmiştir. Kara ve Bolat (2008a) tarafından yürütülen bir araştırmada, kayın meşceresi topraklarında elektriksel iletkenlik değeri $80 \mu\text{S}/\text{m}$ olarak belirlenirken, karaçam meşceresi topraklarında bu değerin $190 \mu\text{S}/\text{m}$ 'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Babur (2018) tarafından yürütülen çalışmada ise, en yüksek EC değeri karaçam meşcerelerinde ($582.07 \mu\text{S}/\text{m}$), en düşük ise kayın meşcerelerinde ($171.17 \mu\text{S}/\text{m}$) tespit edilmiştir. Kara vd. (2008), yaptıkları çalışmada meşe ormanlarının altındaki topraklarda ortalama EC değerini $100 \mu\text{S}/\text{m}$ olarak belirlerken, kayın-gökmar karışık meşcerelerinde bu değerin $160 \mu\text{S}/\text{m}$ civarında olduğunu rapor etmişlerdir.

3.3.6. Toprak Organik Karbon İçeriği

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak organik C (%) miktarları Tablo 106'da verilmiştir.

Tablo 106. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak organik C (%) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	5.61±2.71 ⁽¹⁾	5.04±2.68	6.01±3.11	7.10±2.01	5.65±1.58	7.15±1.92
		2.26-10.82 ⁽²⁾	1.92-10.45	3.10-12.10	4.40-9.04	3.64-7.36	4.75-10.02
	5-15 cm	2.90±1.91	4.03±2.74	4.14±2.46	4.19±1.41	3.49±0.86	4.00±0.80
		0.62-6.28	1.62-10.37	2.06-7.75	2.34-5.47	2.31-4.33	2.52-5.53
	15-30 cm	2.09±1.40	3.48±4.05	2.77±1.56	3.51±0.83	3.05±0.92	2.82±0.66
		0.82-5.58	0.75-13.18	1.40-5 cm.88	2.54-4.41	1.92-3.91	1.98-3.90
3	0-5 cm	6.46±3.39	6.67±3.71	6.13±2.61	7.62±1.79	8.84±2.37	6.70±2.99
		2.66-10.96	1.81-11.46	3.12-9.65	4.38-10.07	6.82-12.65	1.11-10.66
	5-15 cm	5.43±3.40	3.91±1.17	3.10±1.23	5.55±2.37	5.73±2.93	4.61±2.57
		2.20-10.67	2.23-5.64	1.27-5.10	2.35-8.20	2.46-9.69	1.85-8.88
	15-30 cm	3.24±1.75	2.64±1.26	2.24±1.04	3.83±2.04	5.03±2.58	3.96±2.38
		0.79-5.58	0.99-4.25	0.39-3.83	1.98-7.49	1.85-8.44	1.13-8.48
4	0-5 cm	5.54±2.75	5.18±0.88	6.70±2.40	6.59±3.28	7.64±2.88	7.31±2.81
		1.44-9.30	4.07-6.17	3.48-9.68	3.16-10.59	3.28-11.07	3.07-10.67
	5-15 cm	3.65±1.68	3.35±0.43	3.41±1.41	5.52±3.32	5.20±2.35	6.05±4.01
		1.02-6.29	2.80-3.79	1.57-5.35	2.36-10.08	2.61-9.56	0.97-12.43
	15-30 cm	3.06±1.44	2.56±0.61	2.47±0.96	3.82±1.16	3.65±2.36	4.99±3.94
		0.88-5.69	1.80-3.27	1.26-3.77	2.37-5.48	1.73-8.27	1.69-11.41

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 106 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama organik C (%) değerleri sırasıyla, %5.61, %5.04, %6.01; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %2.90, %4.03, %4.14; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %2.09, %3.48, %2.77 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama organik C (%) değerleri sırasıyla, %7.10, %5.65, %7.15; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %4.19, %3.49, %4.00; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %3.51, %3.05, %2.82 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama organik C (%) değerleri sırasıyla, %6.46, %6.67, %6.13; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %5.43, %3.91, %3.10; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %3.24, %2.64, %2.24 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama organik C (%) değerleri sırasıyla, %7.62, %8.84, %6.70; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %5.55, %5.73, %4.61; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %3.83, %5.03, %3.96 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama organik C (%) değerleri sırasıyla, %5.54, %5.18, %6.70; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %3.65, %3.35, %3.41; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %3.06, %2.56, %2.47 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama organik C (%) değerleri sırasıyla, %6.59, %7.64, %7.31; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %5.52, %5.20, %6.05; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %3.82, %3.65, %4.99 olarak bulunmuştur (Tablo 106).

Tablo 107. Meşcere tiplerine göre toprak derinlik kademesine ait organik C (%) içerikleri

Meşcere Tipi	Toprak Derinlik Kademesi		
	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm
Lbc3	6.42±2.63 ⁽¹⁾	4.42±2.47	3.20±1.60
	1.44-10.96 ⁽²⁾	0.62-10.67	0.79-7.49
Lc3	6.58±2.87	4.38±2.17	3.46±2.50
	1.81-12.65	1.62-10.37	0.75-13.18
Lcd3	6.70±2.56	4.26±2.41	3.24±2.15
	1.11-12.10	0.97-12.43	0.39-11.41

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 107 incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların organik C (%) içerikleri sırasıyla; %6.42, %4.42, %3.20 olarak bulunmuştur. Lc3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların organik C içerikleri sırasıyla; %6.58, %4.38, %3.46 olarak bulunmuştur. Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların organik C içerikleri sırasıyla; %6.70, %4.26, %3.24 olarak bulunmuştur.

Toprak organik maddesi bitkiler ve toprak içinde yaşayan canlı organizmaların artıklarından meydana gelmiştir (Kantarıcı, 2000). Toprak organik maddesi, yaklaşık %58 oranında karbon içeriğiyle toprak organik karbonunun temel kaynağını oluşturmaktadır (Post vd., 2001).

Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen toprak organik C (%) bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmaya göre, ortalama toprak organik karbon (%) içerikleri; a meşcere gelişim çağında 5.77, b meşcere gelişim çağında 7.82 ve bc meşcere gelişim çağında 7.45 olarak belirlenmiştir. Akbaş (2014), Artvin Kafkasör yöresinde yaptığı çalışmada, 0–15 cm toprak derinliğinde temmuz ayı ortalama

karbon içeriğini yaşı ladin meşcerelerinde %5.52, genç meşcerelerde %5.28 ve çayırılık alanda %6.66 olarak belirlemiştir. Doğan (2012), toplam organik madde içeriğini genç ladin meşcerelerinde %7.36, yaşı meşcerelerde %7.17 ve çayırılık alanlarda %6.84 olarak belirlemiştir. Daha önce yapılan çalışmalar büyük oranda araştırma sonucunda bulduğumuz sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak organik C (t/ha) miktarları Tablo 108’de verilmiştir.

Tablo 108. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak organik C (t/ha) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	14.86±8.45 ⁽¹⁾	15.47±6.70	16.57±2.79	17.97±4.67	17.43±5.48	17.74±4.73
		2.35-30.22 ⁽²⁾	6.34-26.81	12.44-20.61	12.76-24.08	9.87-22.53	10.14-24.94
	5-15 cm	19.09±13.93	28.41±12.84	28.04±5.16	29.02±11.37	23.90±9.10	28.25±5.70
		2.97-44.94	11.58-49.36	18.26-33.78	11.61-42.69	12.50-33.44	18.56-37.04
	15-30 cm	23.75±19.64	36.87±25.98	31.50±4.38	39.16±6.63	40.51±20.16	32.25±10.13
		6.65-74.46	14.77-91.42	28.41-41.24	31.99-46.97	19.22-67.44	20.54-52.79
3	0-5 cm	15.46±7.23	18.64±9.28	16.87±4.86	18.49±5.57	18.54±3.71	15.94±6.02
		5.90-24.94	4.73-35.92	10.44-26.85	11.51-29.81	15.10-24.15	4.17-25.96
	5-15 cm	37.26±15.10	31.48±9.69	23.24±10.20	30.60±10.14	32.30±10.50	24.73±9.12
		15.98-57.59	20.32-51.32	9.52-43.14	15.81-45.29	19.56-42.65	14.09-42.36
	15-30 cm	37.83±16.66	35.24±14.34	26.72±15.25	34.22±7.24	45.72±14.62	33.37±10.44
		7.07-53.13	16.63-54.77	4.33-55.88	19.91-45.78	26.33-69.88	16.49-47.67
4	0-5 cm	13.49±7.63	15.55±7.12	21.43±7.28	13.49±3.34	17.60±4.18	17.02±4.16
		4.50-27.82	8.77-23.60	16.49-34.33	9.54-17.68	13.82-25.93	8.98-22.02
	5-15 cm	18.93±12.30	22.23±10.29	30.56±15.32	30.54±4.92	33.80±4.80	30.65±11.94
		5.13-46.95	11.75-32.02	15.24-49.22	24.78-37.28	26.79-40.96	9.33-46.01
	15-30 cm	28.44±20.22	30.52±11.09	33.37±12.97	39.66±11.20	35.78±14.19	42.36±22.23
		9.18-71.94	17.23-39.87	17.28-45.14	30.19-59.37	22.49-59.85	25.95-83.65

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 108 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama organik C (t/ha) değerleri sırasıyla, 14.86 t/ha, 15.47 t/ha, 16.57 t/ha; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 19.09 t/ha, 28.41 t/ha, 28.04 t/ha; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 23.75 t/ha, 36.87 t/ha, 31.50 t/ha olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama organik C (t/ha)

değerleri sırasıyla, 17.97 t/ha, 17.43 t/ha, 17.74 t/ha; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 29.02 t/ha, 23.90 t/ha, 28.25 t/ha; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 39.16 t/ha, 40.51 t/ha, 32.25 t/ha olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama organik C (t/ha) değerleri sırasıyla, 15.46 t/ha, 18.64 t/ha, 16.87 t/ha; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 37.26 t/ha, 31.48 t/ha, 23.24 t/ha; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 37.83 t/ha, 35.24 t/ha, 26.72 t/ha olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama organik C (t/ha) değerleri sırasıyla, 18.49 t/ha, 18.54 t/ha, 15.94 t/ha; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 30.60 t/ha, 32.30 t/ha, 24.73 t/ha; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 34.22 t/ha, 45.72 t/ha, 33.37 t/ha olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama organik C (t/ha) değerleri sırasıyla, 13.49 t/ha, 15.55 t/ha, 21.43 t/ha; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 18.93 t/ha, 22.23 t/ha, 30.56 t/ha; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 28.44 t/ha, 30.52 t/ha, 33.37 t/ha olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama organik C (t/ha) değerleri sırasıyla, 13.49 t/ha, 17.60 t/ha, 17.02 t/ha; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 30.54 t/ha, 33.80 t/ha, 30.65 t/ha; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 39.66 t/ha, 35.78 t/ha, 42.36 t/ha olarak bulunmuştur (Tablo 108).

Tablo 109. Meşcere tiplerine göre toprak derinlik kademesine ait organik C (t/ha) içerikleri

Meşcere Tipi	Derinlik Kademesi (cm)		
	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm
Lbc3	15.62±6.64 ⁽¹⁾	26.48±13.19	32.65±15.83
	2.35-30.22 ⁽²⁾	2.97-57.59	6.65-74.46
Lc3	17.24±6.11	29.52±10.03	37.52±17.34
	4.73-35.92	11.58-51.32	14.77-91.42
Lcd3	17.28±5.01	27.19±9.48	33.00±13.51
	4.17-34.33	9.33-49.22	4.33-83.65

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 109 incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların organik C (t/ha) içerikleri sırasıyla; 15.62 t/ha, 26.48 t/ha, 32.65 t/ha olarak bulunmuştur. Lc3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik

kademesindeki toprakların organik C içerikleri sırasıyla; 17.24 t/ha, 29.52 t/ha, 37.52 t/ha olarak bulunmuştur. Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların organik C içerikleri sırasıyla; 17.28 t/ha, 27.19 t/ha, 33.00 t/ha olarak bulunmuştur.

Ladin meşcerelerindeki toprak organik C (t/ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 110'da gösterilmiştir.

Tablo 110. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak organik C (t/ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	257.934	2	128.967	1.007	0.366
Meşcere tipi	255.745	2	127.872	0.998	0.370
Yükselti basamağı	984.287	1	984.287	7.684	0.006
Derinlik	19863.982	2	9931.991	77.539	0.000
Bonitet*meşcere tipi	1642.439	4	410.610	3.206	0.013
Bonitet*yükselti basamağı	239.101	2	119.550	0.933	0.394
Bonitet*derinlik	123.532	4	30.883	0.241	0.915
Meşcere tipi*yükselti basamağı	212.575	2	106.287	0.830	0.437
Meşcere tipi*derinlik	258.065	4	64.516	0.504	0.733
Yükselti basamağı*derinlik	535.301	2	267.650	2.090	0.125
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	830.247	4	207.562	1.620	0.169
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	668.189	8	83.524	0.652	0.734
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	310.383	4	77.596	0.606	0.659
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	11.414	4	2.853	0.022	0.999
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	745.370	8	93.171	0.727	0.667

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait organik C (t/ha) miktarının yükselti basamakları ($F=7.684$, $p=0.006<0.05$), derinlik kademesi ($F=77.539$, $p=0.000<0.05$) ve bonitet*meşcere tipi ($F=3.206$, $p=0.013<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 110).

Tablo 111. Toprak organik C (t/ha) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi

Toprak Organik C	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
Organik C (t/ha)	800-1300 m	195	24.38
	1300-1900 m	204	27.83

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (27.83 t/ha), 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcelere (24.38 t/ha) göre daha yüksek toprak organik C miktarına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 111).

Tablo 112. Derinlik kademelerine göre toprak organik C miktarları Tukey testi sonuçları

Toprak Organik C	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Organik C (t/ha)	0-5 cm	133	16.73	a
	5-15 cm	133	27.59	b
	15-30 cm	133	34.11	c

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak organik C (t/ha) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 3 farklı grup elde edilmiş, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük organik C (t/ha) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 112).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki organik C miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki organik C miktarıyla; radyasyon indeksi ($r=0.328$), pH (H₂O) ($r=0.224$), pH (KCL) ($r=0.184$), EC ($r=0.252$), tarla kapasitesi ($r=0.465$), solma noktası ($r=0.473$), amonyum ($r=0.535$), nitrat ($r=0.351$), toplam mineral N ($r=0.517$), toprak N ($r=0.781$), alanin ($r=0.192$), glisin ($r=0.320$), lösin ($r=0.225$), glutamin ($r=0.222$), asparagin ($r=0.292$) glutamik asit ($r=0.206$), histidin ($r=0.376$) ve arginin ($r=0.340$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki organik C miktarı ile eğim ($r=-0.197$), hacim ağırlığı ($r=-0.182$), toz ($r=-0.188$) ve FSK ($r=-0.209$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki organik C miktarıyla; yükselti ($r=0.225$), radyasyon indeksi ($r=0.272$), pH (KCL) ($r=0.238$), EC ($r=0.291$), tarla kapasitesi ($r=0.586$), solma noktası ($r=0.640$), amonyum ($r=0.409$), nitrat ($r=0.272$), toplam mineral N ($r=0.403$) ve toprak N ($r=0.764$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki organik C miktarı ile eğim ($r=-0.197$), hacim ağırlığı ($r=-0.225$), toz ($r=-0.199$) ve FSK ($r=-0.173$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki organik C miktarıyla; yükselti ($r=0.187$), tarla kapasitesi ($r=0.380$), solma noktası ($r=0.475$), amonyum ($r=0.172$), toplam mineral N ($r=0.604$) ve toprak C/N oranı ($r=0.366$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Organik madde, su tutma, havalanma ve kök gelişimi gibi temel işlevlerle toprağın fiziksel ve biyolojik özelliklerini güçlendirmektedir (Biswas ve Mukherjee, 1995). 1300–1900 m yükselti basamağındaki meşcerelerde belirlenen yüksek toprak organik karbon miktarı, artan yükseltiyle birlikte sıcaklığın düşmesi ve mikrobiyal ayrışma hızının yavaşlaması sonucu organik maddenin toprakta daha fazla birikmesiyle ilişkilidir. Toprak organik C (t/ha) miktarının derinlikle birlikte artış göstermesi, yalnızca organik maddenin alt katmanlarda birikimiyle değil, aynı zamanda hesaplamalarda dikkate alınan toprak kalınlığının etkisiyle de ilişkilidir. Hektar başına karbon stoklarının hesaplanmasında toprak hacmi önemli bir parametre olduğundan, daha kalın katmanlar (örneğin 5–15 cm ve 15–30 cm) hacimsel olarak daha fazla organik karbon içeriğine sahiptir. Bu durum, üst katmandaki daha yüksek organik madde miktarına rağmen, toplam karbon miktarının alt katmanlarda daha yüksek bulunmasını açıklamaktadır.

Üç farklı derinlik kademesinde organik madde birikimi, toprağın gözenekliliğini artırarak su tutma kapasitesini güçlendirmekte; bu durum hem tarla kapasitesinin hem de solma noktasının yükselmesine katkı sağlamaktadır. Organik madde aynı zamanda toprağın tamponlama kapasitesini artırarak pH değerinin yükselmesine ve daha az asidik bir ortamın oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca, organik maddenin birikimi, mikroorganizmalar için temel enerji ve azot kaynağı sağlayarak mikrobiyal aktiviteyi teşvik etmekte; bu da organik azot bileşiklerinin daha hızlı ayrışmasına ve toprak çözeltisinde amino asit konsantrasyonlarının artmasına neden olmaktadır. Topraklarda toplam N ve organik C arasında pozitif yönde bir ilişki bulunmakta olup; bu durum, organik madde birikiminin yüksek olduğu orman topraklarında azot birikiminin de arttığını göstermektedir (Kara ve Bolat, 2008; Sarıyıldız vd., 2016). Bununla birlikte 5-15 ve 15-30 cm derinlik kademelerinde eğim ve hacim ağırlığının artması, organik maddenin yüzeyde tutulmasını zorlaştırarak karbon kayıplarını artırmakta; buna karşılık, toz oranı ve faydalı su kapasitesinin yükselmesi mineral yüzeylerde organik bileşiklerin adsorpsiyonunu sınırlandırarak organik karbon birikimini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen toprak organik C (t/ha) bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermektedir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, toprak organik C miktarları (t/ha) meşcere gelişme çağına göre sırasıyla; a çağında 32.23 t/ha, b çağında 39.46 t/ha ve bc çağında 34.94 t/ha olarak belirlenmiştir. Doğan (2012), Artvin-Kafkasör yöresinde gerçekleştirdiği çalışmada toprak karbon miktarını genç ladin meşcerelerinde 37.99 t/ha, yaşlı ladin meşcerelerinde ise 38.55 t/ha olarak belirlemiştir. Becvarova vd. (2018), Avrupa ladininde yürüttükleri çalışmada yüzey mineral (A) horizonundaki organik karbon miktarını ortalama 24.38 t/ha olarak rapor etmişlerdir. Babur (2018) çalışmasında, karaçam, sedir ve kayın meşcerelerinin üst topraklarındaki ortalama organik C miktarlarını sırasıyla 48.05 t/ha, 53.34 t/ha ve 40.77 t/ha olarak belirlemiştir.

3.3.7. Toprak Azot İçeriği

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak azot (%) miktarları Tablo 113’de verilmiştir.

Tablo 113. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak azot (%) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	0.283±0.155 ⁽¹⁾	0.288±0.145	0.419±0.248	0.448±0.117	0.368±0.099	0.489±0.131
		0.090-0.560 ⁽²⁾	0.120-0.530	0.170-0.840	0.300-0.570	0.240-0.480	0.300-0.710
	5-15 cm	0.144±0.055	0.185±0.136	0.256±0.163	0.288±0.112	0.240±0.075	0.300±0.063
		0.050-0.230	0.080-0.490	0.100-0.520	0.110-0.400	0.160-0.330	0.210-0.390
	15-30 cm	0.097±0.033	0.138±0.117	0.180±0.110	0.220±0.108	0.183±0.085	0.197±0.051
		0.040-0.150	0.050-0.410	0.080-0.380	0.080-0.330	0.120-0.300	0.100-0.280
3	0-5 cm	0.413±0.172	0.410±0.181	0.370±0.170	0.573±0.234	0.567±0.211	0.447±0.226
		0.200-0.610	0.240-0.720	0.160-0.630	0.200-0.830	0.360-0.880	0.170-0.810
	5-15 cm	0.320±0.192	0.244±0.101	0.192±0.068	0.402±0.220	0.388±0.176	0.329±0.193
		0.130-0.550	0.110-0.390	0.110-0.300	0.110-0.720	0.180-0.660	0.110-0.680
	15-30 cm	0.210±0.116	0.190±0.102	0.123±0.020	0.277±0.163	0.292±0.114	0.238±0.151
		0.100-0.380	0.080-0.370	0.100-0.150	0.100-0.570	0.160-0.430	0.070-0.500
4	0-5 cm	0.309±0.151	0.315±0.142	0.384±0.187	0.524±0.372	0.544±0.287	0.497±0.240
		0.090-0.510	0.190-0.500	0.140-0.640	0.110-0.970	0.190-0.920	0.170-0.860
	5-15 cm	0.192±0.092	0.203±0.038	0.184±0.088	0.392±0.331	0.367±0.203	0.373±0.217
		0.080-0.330	0.170-0.240	0.080-0.320	0.100-0.850	0.150-0.660	0.110-0.780
	15-30 cm	0.122±0.048	0.133±0.043	0.128±0.047	0.228±0.151	0.256±0.179	0.290±0.224
		0.060-0.200	0.090-0.170	0.070-0.190	0.060-0.440	0.070-0.510	0.090-0.710

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 113 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama azot (%) içerikleri sırasıyla, %0.283, %0.288, %0.419; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %0.144, %0.185, %0.256; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %0.097, %0.138, %0.180 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama azot (%) içerikleri sırasıyla, %0.448, %0.368, %0.489; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %0.288, %0.240, %0.300; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %0.220, %0.183, %0.197 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama azot (%) içerikleri sırasıyla, %0.413, %0.410, %0.370; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %0.320, %0.244, %0.192; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %0.210, %0.190, %0.123 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama azot (%) içerikleri sırasıyla, %0.573, %0.567, %0.447; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %0.402, %0.388, %0.329; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %0.277, %0.292, %0.238 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama azot (%) içerikleri sırasıyla, %0.309, %0.315, %0.384; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %0.192, %0.203, %0.184; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %0.122, %0.133, %0.128 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama azot (%) içerikleri sırasıyla, %0.524, %0.544, %0.497; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %0.392, %0.367, %0.373; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, %0.228, %0.256, %0.290 olarak bulunmuştur (Tablo 113).

Tablo 114. Meşcere tiplerine göre toprak derinlik kademesine ait azot (%) içerikleri

Meşcere Tipi	Derinlik Kademesi (cm)		
	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm
Lbc3	0.415±0.224 ⁽¹⁾	0.278±0.195	0.184±0.126
	0.090-0.970 ⁽²⁾	0.050-0.850	0.040-0.570
Lc3	0.420±0.213	0.274±0.156	0.201±0.127
	0.120-0.920	0.080-0.660	0.050-0.510
Lcd3	0.441±0.197	0.282±0.154	0.198±0.128
	0.140-0.860	0.080-0.780	0.070-0.710

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 114 incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların azot (%) içerikleri sırasıyla; %0.415, %0.278, %0.184 olarak bulunmuştur. Lc3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların azot içerikleri sırasıyla; %0.420, %0.274, %0.201 olarak bulunmuştur. Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların azot içerikleri sırasıyla; %0.441, %0.282, %0.198 olarak bulunmuştur.

Azot, toprak minerallerinde doğal olarak bulunmadığından orman toprakları genellikle bu element bakımından fakirdir. Topraktaki azotun başlıca kaynağını bitki ve hayvan artıklarının ayrışması oluşturmakta; ayrıca atmosferik azotu bağlayan bakteriler ve yağış suları da katkı sağlamaktadır. Azot eksikliği bitki gelişimini sınırlayan temel faktörlerden biridir ve organik materyalin ayrışma süreci; tür, meşcere yapısı, iklim, yükselti ve pH gibi çevresel koşullardan etkilenmektedir (Kantarcı, 2000).

Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen toprak azot (%) bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ekosistemleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyum göstermektedir. Akbaş (2014), 0–15 cm toprak derinliğinde ortalama toplam azot içeriğini genç ladin meşcerelerinde %0.44, yaşlı meşcerelerde %0.41 ve çayırılık alanda %0.60 olarak belirlemiştir. Benzer şekilde, Doğan (2012) toplam azot içeriğini genç ladin meşcerelerinde %0.30, yaşlı meşcerelerde %0.36 ve çayırılık alanlarda %0.41 olarak belirlemiştir. Çebi (2017), Trabzon-Düzköy yöresindeki ladin ağaçlandırma alanında genç meşcerelerde toprak toplam azot içeriğini %0.22 olarak rapor etmiştir. Bolat (2011), Bartın’da yürüttüğü çalışmada en düşük N değerinin göknar–kayın karışık meşcerelerinde (0.16), en yüksek değerini ise saf göknar meşcerelerinde (0.36) olduğunu belirlemiş ve tür farklılığının toprak azot içeriğini etkilediğini bildirmiştir. Kara vd. (2008) ise meşe meşcerelerinde toplam N içeriğini %0.22, göknar–kayın karışık meşcerelerinde %0.23 olarak belirlemişlerdir.

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak azot (t/ha) miktarları Tablo 115’de verilmiştir.

Tablo 115. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak azot (t/ha) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi (cm)	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	0.799±0.589 ⁽¹⁾	0.865±0.340	1.136±0.297	1.135±0.261	1.151±0.444	1.206±0.298
		0.100-2.140 ⁽²⁾	0.390-1.430	0.690-1.660	0.860-1.420	0.640-1.530	0.690-1.780
	5-15 cm	0.933±0.477	1.223±0.432	1.697±0.388	2.045±0.953	1.634±0.678	2.103±0.326
		0.270-1.910	0.670-1.960	1.070-2.280	0.570-3.240	0.860-2.420	1.690-2.830
	15-30 cm	1.088±0.472	1.544±0.659	2.039±0.628	2.363±0.846	2.239±0.884	2.212±0.565
		0.460-2.070	0.710-2.840	1.390-3.090	1.080-3.110	1.230-3.360	1.360-3.340
3	0-5 cm	0.987±0.349	1.172±0.519	0.975±0.346	1.298±0.358	1.156±0.219	1.010±0.306
		0.610-1.470	0.760-2.310	0.560-1.710	0.560-1.950	0.850-1.410	0.640-1.630
	5-15 cm	2.172±0.815	1.904±0.602	1.513±0.660	2.154±0.888	2.225±0.660	1.771±0.668
		1.280-2.970	1.180-2.910	0.890-2.660	0.770-3.170	1.120-2.850	0.820-2.930
	15-30 cm	2.352±1.150	2.534±1.162	1.500±0.482	2.466±0.859	2.713±0.531	1.997±0.729
		1.140-3.960	1.380-4.720	0.750-2.260	0.960-3.460	2.160-3.330	1.110-3.200
4	0-5 cm	0.757±0.429	1.031±0.746	1.183±0.447	0.975±0.452	1.206±0.454	1.102±0.319
		0.230-1.400	0.300-1.930	0.770-1.910	0.340-1.480	0.840-2.040	0.720-1.770
	5-15 cm	1.062±0.826	1.420±0.839	1.613±0.859	1.971±0.979	2.275±0.608	1.999±0.753
		0.370-2.480	0.520-2.220	0.750-2.910	0.800-3.140	1.490-2.920	1.070-2.990
	15-30 cm	1.120±0.691	1.668±0.920	1.707±0.608	2.087±0.797	2.384±1.265	2.480±1.332
		0.550-2.600	0.810-2.750	0.960-2.320	0.900-2.920	1.220-4.550	1.420-5.210

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾: Minimum – Maksimum değerler

Tablo 115 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama azot (t/ha) değerleri sırasıyla, 0.799 t/ha, 0.865 t/ha, 1.136 t/ha; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 0.933 t/ha, 1.223 t/ha, 1.697 t/ha; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.088 t/ha, 1.544 t/ha, 2.039 t/ha olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama azot (t/ha) değerleri sırasıyla, 1.135 t/ha, 1.151 t/ha, 1.206 t/ha; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.045 t/ha, 1.634 t/ha, 2.103 t/ha; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.363 t/ha, 2.239 t/ha, 2.212 t/ha olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama azot (t/ha) değerleri sırasıyla, 0.987 t/ha, 1.172 t/ha, 0.975 t/ha; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.172 t/ha, 1.904 t/ha, 1.513 t/ha; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.352 t/ha, 2.534 t/ha, 1.500 t/ha olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama azot (t/ha) değerleri sırasıyla, 1.298 t/ha, 1.156 t/ha, 1.010 t/ha; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.154 t/ha, 2.225 t/ha, 1.771 t/ha; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.466 t/ha, 2.713 t/ha, 1.997 t/ha olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama azot (t/ha) değerleri sırasıyla, 0.757 t/ha, 1.031 t/ha, 1.183 t/ha; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.062 t/ha, 1.420 t/ha, 1.613 t/ha; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.120 t/ha, 1.668 t/ha, 1.707 t/ha olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama azot (t/ha) değerleri sırasıyla, 0.975 t/ha, 1.206 t/ha, 1.102 t/ha; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.971 t/ha, 2.275 t/ha, 1.999 t/ha; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.087 t/ha, 2.384 t/ha, 2.480 t/ha olarak bulunmuştur (Tablo 115).

Meşcerelerdeki toprak azot miktarına (t/ha) ait ortalama değerler Tablo 116'da verilmiştir. Farklı meşcerelerdeki toprak azot miktarı (t/ha) belirlenirken yükselti basamakları ve bonitet sınıfları dikkate alınmamıştır.

Tablo 116. Meşçere tiplerine göre toprak derinlik kademesine ait azot (t/ha) içerikleri

Meşçere Tipi	Derinlik Kademesi (cm)		
	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm
Lbc3	0.980±0.456 ⁽¹⁾	1.639±0.942	1.805±0.970
	0.100-2.140 ⁽²⁾	0.270-3.240	0.460-3.960
Lc3	1.090±0.440	1.795±0.706	2.186±0.989
	0.300-2.310	0.520-2.920	0.710-4.720
Lcd3	1.095±0.324	1.811±0.621	2.019±0.792
	0.560-1.910	0.750-2.990	0.750-5 cm.210

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 116 incelendiğinde; Lbc3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların azot (t/ha) içerikleri sırasıyla; 0.980 t/ha, 1.639 t/ha, 1.805 t/ha olarak bulunmuştur. Lc3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların azot içerikleri sırasıyla; 1.090 t/ha, 1.795 t/ha, 2.186 t/ha olarak bulunmuştur. Lcd3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların azot içerikleri sırasıyla; 1.095 t/ha, 1.811 t/ha, 2.019 t/ha olarak bulunmuştur.

Ladin meşçerelerindeki toprak azot (t/ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşçere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 117’de gösterilmiştir.

Tablo 117. Bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak azot (t/ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	4.812	2	2.406	5.546	0.004
Meşçere tipi	1.321	2	0.660	1.522	0.049
Yükselti basamağı	15.583	1	15.583	35.917	0.000
Derinlik	58.733	2	29.367	67.689	0.000
Bonitet*meşçere tipi	13.046	4	3.261	7.518	0.000
Bonitet*yükselti basamağı	2.547	2	1.274	2.936	0.054
Bonitet*derinlik	1.702	4	0.425	0.981	0.418
Meşçere tipi*yükselti basamağı	1.276	2	0.638	1.471	0.231
Meşçere tipi*derinlik	0.685	4	0.171	0.394	0.813
Yükselti basamağı*derinlik	3.304	2	1.652	3.808	0.023
Bonitet*meşçere tipi*yükselti basamağı	2.077	4	0.519	1.197	0.312
Bonitet*meşçere tipi*derinlik	2.514	8	0.314	0.724	0.670
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	0.984	4	0.246	0.567	0.687
Meşçere tipi*yükselti basamağı*derinlik	0.059	4	0.015	0.034	0.998
Bonitet*meşçere tipi*yükselti basamağı*derinlik	1.817	8	0.227	0.523	0.839

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait azot (t/ha) miktarının bonitet ($F=5.546$, $p=0.004<0.05$), meşcere tipi ($F=1.522$, $p=0.049<0.05$), yükselti basamakları ($F=35.917$, $p=0.000<0.05$), derinlik kademesi ($F=67.689$, $p=0.000<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu dört faktör arasında bonitet*meşcere tipi ($F=7.518$, $p=0.000<0.05$) ve yükselti basamağı*derinlik kademesi ($F=3.808$, $p=0.023<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı etkileşimler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 117).

Tablo 118. Bonitet sınıflarına göre toprak azot (t/ha) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Toprak Azotu	Bonitet Sınıfları	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Azot (t/ha)	2	135	1.50	a
	3	147	1.73	b
	4	117	1.55	ab

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak azot (t/ha) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 3. bonitet sınıfındaki meşcereler en yüksek, 2. bonitet sınıfındaki meşcereleri ise en düşük azot (t/ha) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 118).

Tablo 119. Meşcere tiplerine göre toprak azot (t/ha) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Toprak Azotu	Meşcere Tipleri	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Azot (t/ha)	Lbc3	129	1.47	a
	Lc3	108	1.69	b
	Lcd3	162	1.64	ab

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak azot (t/ha) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, Lc3 meşcereleri en yüksek, Lbc3 meşcereleri ise en düşük azot (t/ha) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 119).

Tablo 120. Toprak azot (t/ha) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi

Toprak Azotu	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
Azot (t/ha)	800-1300 m	195	1.37
	1300-1900 m	204	1.83

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (1.83 t/ha), 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcelere (1.37 t/ha) göre daha yüksek toprak azot miktarına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 120).

Tablo 121. Derinlik kademelerine göre toprak azot (t/ha) miktarları Tukey testi sonuçları

Toprak Azotu	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Azot (t/ha)	0-5 cm	133	1.06	a
	5-15 cm	133	1.75	b
	15-30 cm	133	1.99	c

a, b ve c farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak azot (t/ha) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 3 farklı grup elde edilmiş, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük azot (t/ha) ortalamasına sahip olan üç farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 121).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki azot miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki azot miktarı ile toz ($r=-0.189$), FSK ($r=-0.221$) ve toprak C/N oranı ($r=-0.455$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki azot miktarıyla; yükselti ($r=0.270$), radyasyon indeksi ($r=0.263$), EC ($r=0.222$), toprak organik C ($r=0.781$), tarla kapasitesi ($r=0.527$), solma noktası ($r=0.585$), amonyum ($r=0.407$), nitrat ($r=0.211$) ve toplam mineral N ($r=0.369$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki azot miktarı ile eğim ($r=-0.304$), hacim ağırlığı ($r=-0.427$), toz ($r=-0.212$), kil ($r=-0.233$), FSK ($r=-0.263$) ve toprak C/N oranı ($r=-0.443$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki azot miktarıyla; yükselti ($r=0.421$), radyasyon indeksi ($r=0.192$), kum ($r=0.282$), pH (KCL) ($r=0.216$), EC ($r=0.303$), toprak organik C ($r=0.764$), tarla kapasitesi ($r=0.671$), solma noktası ($r=0.742$), amonyum ($r=0.344$) ve toplam mineral N ($r=0.312$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki azot miktarı ile eğim ($r=-0.281$), hacim ağırlığı ($r=-0.432$), toz ($r=-0.245$), kil ($r=-0.279$), FSK ($r=-0.257$) ve toprak C/N oranı ($r=-0.420$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm

derinlik kademesindeki azot miktarıyla; yükselti ($r=0.426$), radyasyon indeksi ($r=0.206$), kum ($r=0.332$), pH (KCL) ($r=0.301$), EC ($r=0.232$), toprak organik C ($r=0.604$), tarla kapasitesi ($r=0.612$), solma noktası ($r=0.755$), amonyum ($r=0.252$) ve toplam mineral N ($r=0.221$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, bonitet sınıflarına bağlı olarak toprak azot miktarlarında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Bonitet sınıflarına göre değerlendirildiğinde, en verimli alanları temsil eden 2. bonitet meşcerelerde toprak azot miktarının daha düşük olması, bu alanlarda biyokütle üretiminin yüksekliği nedeniyle bitkiler tarafından azotun daha etkin kullanılmasıyla açıklanabilir. Buna karşılık, 4. bonitet gibi düşük verimliliğe sahip alanlarda, organik madde ayrışmasının ve mikrobiyal aktivitenin zayıf olması azot birikimini sınırlamaktadır. Lbc3 meşcerelerinde azotun yoğun biçimde biyokütle üretimi ve kök gelişimi için kullanılması, bu meşcerelerde toprakta ölçülen azot düzeylerinin düşük çıkmasına neden olmuştur. Yükselti basamakları açısından bakıldığında, 1300–1900 m aralığındaki meşcerelerde azot miktarının daha yüksek bulunması; düşük sıcaklık, yavaş ayrışma ve organik madde birikimi ile ilişkilendirilmekte olup, bu durum yüksek rakımlı alanlarda toprak azotu birikiminin arttığını göstermektedir. Toprak azot miktarlarının derinlikle birlikte artış göstermesi, hem toprak hacmindeki artışa hem de birim alana düşen madde yoğunluğunun yükselmesine bağlanmaktadır.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre, 0–5 cm derinlikte azot miktarının düşük olması, ince fraksiyonların su ve hava geçirgenliğini azaltarak organik maddenin ayrışmasını sınırlandırması ve yüksek C/N oranının mikrobiyal faaliyetleri yavaşlatmasıyla ilişkilendirilebilir. 5–15 ve 15–30 cm derinlik kademelerinde azot miktarının düşük seviyede bulunması, bu katmanlarda su ve hava geçirgenliğinin azalmasına, mikrobiyal aktivitenin zayıflamasına ve dolayısıyla organik madde dönüşümünün sınırlandırılmasına işaret etmektedir. Ayrıca yüksek C/N oranı, azot mineralizasyonunu baskılayarak bu derinliklerde azot birikiminin ekolojik olarak daha sınırlı olmasına neden olmaktadır (Kantarıcı, 1987). Yükselti artışıyla birlikte düşük sıcaklık koşulları ve yavaş ayrışma süreçleri organik maddenin birikmesini desteklemekte, bu da toprakta organik C ve azot birikimini artırmaktadır. Özellikle yüksek organik C ve su tutma kapasitesine sahip topraklarda, azotun mineral formlarda tutulması kolaylaşmakta ve bu durum azotun toprak profili boyunca korunmasına katkı sağlamaktadır.

Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen toprak N (t/ha) bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki araştırmalarla büyük ölçüde uyum

göstermektedir. Doğan (2012) Artvin-Kafkasör yöresinde yaptığı çalışmada, toprak azot miktarı genç meşcerelerde 1.65 t/ha, yaşlı meşcerelerde ise 1.90 t/ha olarak tespit edilmiştir. Kocamanoğlu (2022), araştırma alanlarındaki üst topraklarda azot stoklarını a meşcere gelişme çağında 2.42 t/ha; b gelişme çağında 2.97 t/ha; bc gelişme çağında ise 2.68 t/ha olarak belirlemiştir.



3.3.8. Toprak C/N Oranı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak C/N içerikleri Tablo 122’de verilmiştir.

Tablo 122. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak C/N oranları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi (cm)	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	21.18±7.04 ⁽¹⁾	17.80±4.39	15.34±3.65	15.76±0.90	15.48±2.43	14.71±1.69
		13.95-30.98 ⁽¹⁾	14.10-27.83	8.81-18.25	14.67-17.05	13.08-18.86	11.49-17.90
	5-15 cm	20.84±13.64	24.54±11.97	17.14±4.44	15.38±3.62	14.88±2.50	13.68±3.13
		5.68-50.25	12.47-49.41	10.29-24.31	11.77-21.24	11.62-17.46	8.69-18.42
	15-30 cm	22.56±11.63	23.98±11.28	16.34±3.50	19.08±8.24	18.76±9.35	15.32±6.12
		8.18-41.94	12.48-39.11	10.15-20.22	10.38-31.76	12.22-32.58	9.49-32.90
3	0-5 cm	15.08±2.84	15.91±5.37	17.39±4.52	14.84±4.52	16.36±3.26	15.54±5.06
		9.84-17.96	6.24-23.62	12.71-28.03	9.47-22.13	12.29-19.95	6.54-27.50
	5-15 cm	17.12±3.30	17.26±5.03	16.71±6.37	15.35±4.28	14.70±3.22	14.65±2.84
		12.24-21.23	12.78-27.95	8.45-31.94	10.95-24.02	10.70-18.72	9.78-18.58
	15-30 cm	16.57±7.47	14.19±2.65	17.99±8.17	15.04±4.52	16.80±4.24	18.83±9.67
		6.09-24.25	11.48-18.72	3.95-30.17	10.47-24.70	11.59-22.21	11.83-36.85
4	0-5 cm	18.91±5.81	18.75±7.75	18.88±4.35	16.62±8.03	15.28±2.93	15.73±3.51
		11.91-30.79	10.02-28.88	14.71-24.89	10.41-28.74	12.04-19.11	12.28-22.90
	5-15 cm	20.62±8.59	16.95±3.70	19.12±2.94	18.59±8.75	15.69±4.47	15.56±4.27
		7.79-38.86	14.25-22.32	15.49-22.17	11.86-32.71	10.04-22.24	8.81-21.82
	15-30 cm	27.09±16.10	20.49±6.93	19.21±2.09	27.49±19.35	17.13±8.73	16.95±3.75
		14.60-57.16	14.30-30.40	17.39-22.58	12.46-54.03	9.28-35.39	10.89-21.36

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 122 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama C/N oranları sırasıyla, 21.18, 17.80, 15.34; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 20.84, 24.54, 17.14; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 22.56, 23.98, 16.34 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama C/N oranları sırasıyla, 15.76, 15.48, 14.71; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 15.38, 14.88, 13.68; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 19.08, 18.76, 15.32 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama C/N oranları sırasıyla, 15.08, 15.91, 17.39; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 17.12, 17.26, 16.71; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 16.57, 14.19, 17.99 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama C/N oranları sırasıyla, 14.84, 16.36, 15.54; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 15.35, 14.70, 14.65; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 15.04, 16.80, 18.83 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama C/N oranları sırasıyla, 18.91, 18.75, 18.88; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 20.62, 16.95, 19.12; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 27.09, 20.49, 19.21 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama C/N oranları sırasıyla, 16.62, 15.28, 15.73; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 18.59, 15.69, 15.56; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 27.49, 17.13, 16.95 olarak bulunmuştur (Tablo 122). Meşcerelerdeki toprak C/N oranına ait ortalama değerler Tablo 123'de verilmiştir.

Tablo 123. Meşcere tiplerine göre toprak derinlik kademesine ait C/N oranları

Meşcere Tipi	Derinlik Kademesi (cm)		
	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm
Lbc3	17.37±5.75 ⁽¹⁾	18.23±8.27	21.27±12.33
	9.47-30.98 ⁽²⁾	5.68-50.25	6.09-57.16
Lc3	16.55±4.35	17.84±7.32	18.58±8.11
	6.24-28.88	10.04-49.41	9.28-39.11
Lcd3	16.01±3.91	15.70±4.34	17.29±6.52
	6.54-28.03	8.45-31.94	3.95-36.85

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 123 incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların C/N oranları sırasıyla; 17.37, 18.23, 21.27 olarak bulunmuştur. Lc3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların C/N oranları sırasıyla; 16.55, 17.84, 18.58 olarak bulunmuştur. Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların C/N oranları sırasıyla; 16.01, 15.70, 17.29 olarak bulunmuştur.

Ladin meşcerelerindeki toprak C/N oranlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 124’de gösterilmiştir.

Tablo 124. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak C/N oranlarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	472.862	2	236.431	4.870	0.008
Meşcere tipi	312.600	2	156.300	3.220	0.041
Yükselti basamağı	500.826	1	500.826	10.316	0.001
Derinlik	403.171	2	201.586	4.152	0.017
Bonitet*meşcere tipi	618.407	4	154.602	3.185	0.014
Bonitet*yükselti basamağı	184.731	2	92.366	1.903	0.151
Bonitet*derinlik	144.365	4	36.091	0.743	0.563
Meşcere tipi*yükselti basamağı	11.344	2	5.672	0.117	0.890
Meşcere tipi*derinlik	119.151	4	29.788	0.614	0.653
Yükselti basamağı*derinlik	68.274	2	34.137	0.703	0.496
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	112.489	4	28.122	0.579	0.678
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	360.730	8	45.091	0.929	0.493
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	43.335	4	10.834	0.223	0.925
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	13.020	4	3.255	0.067	0.992
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	75.133	8	9.392	0.193	0.992

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait C/N oranının bonitet ($F=4.870$, $p=0.008<0.05$), meşcere tipi ($F=3.220$, $p=0.041<0.05$), yükselti basamağı ($F=10.316$, $p=0.001<0.05$) ve derinlik kademesi ($F=4.152$, $p=0.017<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 124). Bu dört faktör arasında bonitet*meşcere tipi ($F=3.185$, $p=0.014<0.05$) faktörüne göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı etkileşimler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 124).

Tablo 125. Bonitet sınıflarına göre toprak C/N oranlarına ait Tukey testi sonuçları

Toprak C/N Oranı	Bonitet Sınıfları	n	Ortalama	Homojen Gruplar
C/N Oranı	2	135	17.97	ab
	3	147	16.18	a
	4	117	18.76	b

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak C/N oranları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 4. bonitet sınıfındaki meşcereler en yüksek, 3. bonitet sınıfındaki meşcereleri ise en düşük C/N oranına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 125).

Tablo 126. Meşcere tiplerine göre toprak C/N oranlarına ait Tukey testi sonuçları

Toprak C/N Oranı	Meşcere Tipleri	n	Ortalama	Homojen Gruplar
C/N Oranı	Lbc3	129	18.95	b
	Lc3	108	17.66	ab
	Lcd3	162	16.34	a

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak C/N oranları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, Lbc3 meşcereleri en yüksek, Lcd3 meşcereleri ise en düşük C/N oranına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 126).

Tablo 127. Toprak C/N oranlarının yükselti basamaklarına göre değişimi

Toprak C/N Oranı	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
C/N Oranı	800-1300 m	195	19.02
	1300-1900 m	204	16.13

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (19.02), 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcelere (16.13) göre daha yüksek toprak C/N oranına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 127).

Tablo 128. Derinlik kademesine göre toprak C/N oranlarına ait Tukey testi sonuçları

Toprak C/N Oranı	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
C/N Oranı	0-5 cm	133	16.60	a
	5-15 cm	133	17.10	ab
	15-30 cm	133	18.93	b

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak C/N oranları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük C/N oranlarına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 128).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki C/N oranıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki C/N oranıyla; yükselti ($r=-0.248$), kum ($r=-0.208$), tarla kapasitesi ($r=-0.260$), solma noktası ($r=-0.317$) ve toprak N ($r=-0.455$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki C/N oranıyla; hacim ağırlığı ($r=0.320$), kil ($r=0.217$), FSK ($r=0.187$), alanin ($r=0.241$), glisin ($r=0.206$) ve histidin ($r=0.193$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki C/N oranıyla; yükselti ($r=-0.295$), kum ($r=-0.172$), tarla kapasitesi ($r=-0.277$), solma noktası ($r=-0.288$) ve toprak N ($r=-0.443$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki C/N oranıyla; hacim ağırlığı ($r=0.334$) ve kil ($r=0.176$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki C/N oranıyla; yükselti ($r=-0.242$), tarla kapasitesi ($r=-0.302$), solma noktası ($r=-0.334$) ve toprak N ($r=-0.420$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki C/N oranıyla; hacim ağırlığı ($r=0.263$) ve toprak organik C ($r=0.366$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, 4. bonitet sınıfındaki meşcerelerde toprak C/N oranı daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, düşük verimlilik koşullarında organik madde ayrışmasının yavaşlaması ve mikrobiyal aktivitenin sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, Lbc3 meşcerelerinde toprak C/N oranı daha yüksek bulunmuştur. Bu genç ve kapalı meşcerelerde ölü örtü birikiminin fazla olması ve buna bağlı olarak organik madde ayrışma

hızının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Yükselti basamakları açısından, 800–1300 m aralığındaki meşcerelerde C/N oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, düşük rakımlarda sıcaklığın yüksek olması nedeniyle organik madde birikiminin artması ve ayrışma hızının daha yavaş gerçekleşmesiyle ilişkilendirilebilir. Toprak derinliği bakımından ise, 15–30 cm derinlik kademesindeki topraklarda C/N oranının daha yüksek olması, bu katmanda karbon birikiminin artması ve buna karşılık azotun mineral formlarının azalmasıyla açıklanabilir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre, üç derinlik kademesinde, düşük rakımlarda sıcaklığın ve mikrobiyal aktivitenin yüksek olması, buna bağlı olarak organik maddenin daha hızlı ayrışması ve azot mineralizasyonunun artması sonucu C/N oranının düşmesiyle açıklanabilir. Buna karşılık, üç derinlik kademesindeki topraklarda hacim ağırlığının ve kil oranının yüksek olması, organik madde ayrışmasını yavaşlatarak karbon birikiminin artmasına ve azotun sınırlı mineralizasyonu sonucunda C/N oranının yükselmesine neden olmaktadır. Ayrıca, 0–5 cm derinlikte toprak C/N oranının yalnızca alanin, glisin ve histidin ile pozitif ilişki göstermesi, bu amino asitlerin organik madde ayrışmasıyla oluşan başlıca amino asitler ve mikrobiyal azot döngüsünün göstergeleri olmalarından kaynaklanmaktadır. Yüksek C/N oranına sahip topraklarda, azot sınırlaması altında mikroorganizmaların bu bileşikler sentezleyip biriktirme eğilimi artmakta, ayrıca kil mineralleriyle güçlü adsorpsiyonları nedeniyle yüzey topraklarında daha kararlı biçimde tutulmaktadır. Yüksek C:N oranlı topraklarda alanin azotu mikrobiyal biyokütlede tutulurken, düşük C:N oranlı ortamlarda hızla amonyuma mineralize edilmektedir (Wilkinson vd., 2014).

Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen toprak C/N oranları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki araştırmalarla büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Çebi (2017), Düzköy (Trabzon) yöresindeki ladin ağaçlandırma sahalarında yürüttüğü çalışmada, genç meşcerelerde üst toprak C/N oranını 16.9 olarak tespit etmiştir. Kocamanoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, araştırma alanlarındaki toprakların üst toprak katmanlarında ortalama C/N oranları; a gelişme çağında 12.80, b gelişme çağında 13.70 ve bc gelişme çağında 13.28 olarak belirlenmiştir. Akbaş (2014), Artvin-Kafkasör yöresinde yaptığı çalışmada üst toprakta C/N oranını genç ladin meşcerelerinde 9.16; yaşlı meşcerelerde ise 10.65 olarak belirlemiştir. Akgül (1975), Türkiye’deki Doğu Ladini yayılış alanlarına ait topraklarda, farklı derinlik kademelerinde C/N oranlarının 1.03 ile 7.63 arasında değiştiğini bildirmiştir. Artvin Kafkasör yöresinde yapılan bir araştırmada, Doğu

Ladini meşcerelerinde toprak organik karbon oranının yaşlı meşcerelerde %11.6, genç meşcerelerde ise %10.2 olduğu saptanmıştır (Akbaş, 2014).

3.3.9. Amonyum Miktarı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak Amonyum (NH_4^+ - N) (mg-kg) miktarları Tablo 129’da verilmiştir.

Tablo 129. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre NH_4^+ - N (mg-kg) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	4.41±0.87 ⁽¹⁾	5.34±2.20	4.74±2.33	5.98±2.57	4.80±2.01	6.86±1.95
		2.68-5.67 ⁽²⁾	3.24-9.32	2.13-9.25	2.73-8.49	2.77-7.58	3.12-9.23
	5-15 cm	3.44±0.79	3.60±1.64	3.34±1.17	4.28±2.34	3.01±1.18	4.72±1.89
		2.26-4.33	1.18-6.09	1.84-5.64	2.23-7.01	1.96-4.71	1.90-7.76
	15-30 cm	2.76±0.83	2.32±0.84	2.31±0.49	2.80±1.54	2.35±0.38	3.20±1.12
		1.55-4.18	1.30-3.63	1.75-3.00	1.45-5.18	1.89-2.72	1.62-5.53
	0-5 cm	6.14±2.29	5.43±1.61	5.92±2.53	5.53±2.37	6.10±2.40	4.69±2.16
		3.71-9.06	3.85-7.75	2.57-10.03	2.10-8.87	3.53-8.50	2.39-8.95
	5-15 cm	4.70±1.84	4.11±1.41	3.60±1.82	3.54±1.67	3.92±1.51	3.74±1.33
		2.15-6.99	2.54-6.10	1.64-7.87	1.80-7.48	2.21-5.86	1.69-6.01
3	15-30 cm	3.52±1.90	2.73±0.66	2.74±1.20	2.80±1.31	2.46±0.43	2.79±1.02
		1.78-5.92	1.69-3.53	1.32-4.45	1.07-5.33	1.83-2.89	1.40-4.91
	0-5 cm	4.35±2.07	4.99±2.03	4.59±1.85	4.36±1.88	5.11±2.79	6.36±2.46
		2.69-8.34	3.41-7.87	2.91-7.68	2.45-7.49	2.10-9.18	2.57-10.13
	5-15 cm	3.24±1.61	3.16±1.04	2.81±0.82	3.04±0.88	4.06±2.76	4.57±2.54
		2.11-6.81	2.26-4.65	1.91-4.05	2.09-4.27	1.35-8.94	1.92-8.94
	15-30 cm	2.33±1.08	2.25±0.50	2.08±0.86	2.44±0.88	3.39±2.60	3.65±2.32
		1.35-4.79	1.69-2.83	1.54-3.61	1.47-3.68	1.23-8.50	1.67-7.74
	0-5 cm	4.35±2.07	4.99±2.03	4.59±1.85	4.36±1.88	5.11±2.79	6.36±2.46
		2.69-8.34	3.41-7.87	2.91-7.68	2.45-7.49	2.10-9.18	2.57-10.13

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 129 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 4.41, 5.34, 4.74; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.44, 3.60, 3.34; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.76, 2.32, 2.31 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 5.98, 4.80, 6.86; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.28, 3.01, 4.72; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.80, 2.35, 3.20 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 6.14, 5.43, 5.92; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.70, 4.11, 3.60; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.52, 2.73, 2.74 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 5.53, 6.10, 4.69; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.54, 3.92, 3.74; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.80, 2.46, 2.79 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 4.35, 4.99, 4.59; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.24, 3.16, 2.81; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.33, 2.25, 2.08 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 4.36, 5.11, 6.36; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.04, 4.06, 4.57; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.44, 3.39, 3.65 olarak bulunmuştur (Tablo 129).

Meşcerelerdeki toprak $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (mg-kg) miktarına ait ortalama değerler Tablo 130'da verilmiştir. Farklı meşcerelerdeki toprak $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (mg-kg) miktarı belirlenirken yükselti basamakları ve bonitet sınıfları dikkate alınmamıştır.

Tablo 130. Meşçere tiplerine göre derinlik kademesine ait NH_4^+ - N (mg-kg) içerikleri

Meşçere Tipi	Derinlik Kademesi (cm)		
	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm
Lbc3	5.05±2.05 ⁽¹⁾	3.65±1.56	2.75±1.24
	2.10-9.06 ⁽²⁾	1.80-7.48	1.07-5.92
Lc3	5.34±2.10	3.73±1.70	2.63±1.27
	2.10-9.32	1.18-8.94	1.23-8.50
Lcd3	5.68±2.32	3.93±1.79	2.89±1.35
	2.13-10.13	1.64-8.94	1.32-7.74

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 130 incelendiğinde; Lbc3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların NH_4^+ - N (mg-kg) içerikleri sırasıyla; 5.05, 3.65, 2.75 olarak bulunmuştur. Lc3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların NH_4^+ - N (mg-kg) içerikleri sırasıyla; 5.34, 3.73, 2.63 olarak bulunmuştur. Lcd3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların NH_4^+ - N (mg-kg) içerikleri sırasıyla; 5.68, 3.93, 2.89 olarak bulunmuştur.

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşçerelerde bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak Amonyum (NH_4^+ - N) (kg-ha) miktarları Tablo 131’de verilmiştir.

Tablo 131. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre NH_4^+ - N (kg-ha) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	1.22±0.63 ⁽¹⁾	1.68±0.70	1.44±0.59	1.52±0.64	1.60±1.10	1.80±0.68
		0.37-2.17 ⁽²⁾	0.97-3.01	0.42-2.42	0.67-2.26	0.75-3.20	0.41-2.61
	5-15 cm	2.21±0.70	2.76±1.69	2.65±0.92	3.18±2.33	2.22±1.58	3.35±1.30
		1.32-3.18	0.98-6.44	0.80-3.63	1.45-6.06	1.06-4.51	0.96-5.01
	15-30 cm	3.10±1.36	3.05±1.17	3.07±1.07	3.21±1.76	3.05±1.08	3.64±1.40
		1.45-6.17	1.40-4.77	1.23-4.29	1.59-5.28	1.89-4.49	1.48-6.36
3	0-5 cm	1.51±0.64	1.53±0.28	1.77±0.94	1.43±1.04	1.40±0.83	1.25±0.72
		0.89-2.69	1.21-1.96	0.68-3.35	0.60-3.91	0.49-2.86	0.39-2.73
	5-15 cm	3.45±1.20	3.30±1.04	2.68±1.41	2.11±1.20	2.39±0.97	2.28±1.27
		2.23-5.32	1.94-5.23	1.26-6.09	1.06-4.61	1.16-3.61	1.36-5.37
	15-30 cm	4.48±3.26	3.80±1.19	3.31±1.84	2.99±2.02	2.56±0.95	2.86±1.55
		1.80-9.76	2.89-6.20	1.54-6.50	1.05-7.39	1.49-3.78	0.95-6.22
4	0-5 cm	1.12±0.70	1.61±1.11	1.48±0.47	1.18±1.08	1.18±0.54	1.52±0.48
		0.46-2.50	0.54-3.05	0.84-2.17	0.43-3.05	0.51-2.27	0.73-2.19
	5-15 cm	1.89±1.56	2.28±1.67	2.53±0.99	2.04±1.04	2.78±1.85	2.53±1.00
		0.49-5.08	0.86-4.55	1.20-3.72	1.11-3.78	1.30-6.29	1.07-3.86
	15-30 cm	2.31±1.80	2.79±1.38	2.77±0.98	2.72±1.32	3.59±2.56	3.43±1.60
		0.70-6.07	1.62-4.65	1.64-4.33	0.92-4.58	1.22-8.58	1.55-5.67

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 131 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama NH_4^+ - N (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 1.22, 1.68, 1.44; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.21, 2.76, 2.65; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.10, 3.05, 3.07 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama NH_4^+ - N (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 1.52, 1.60, 1.80; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.18, 2.22, 3.35; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.21, 3.05, 3.64 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama NH_4^+ - N (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 1.51, 1.53, 1.77; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.45, 3.30, 2.68; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.48, 3.80, 3.31 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama NH_4^+ - N (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 1.43, 1.40, 1.25; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.11, 2.39, 2.28; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.99, 2.56, 2.86 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama NH_4^+ - N (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 1.12, 1.61, 1.48; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.89, 2.28, 2.53; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.31, 2.79, 2.77 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama NH_4^+ - N (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 1.18, 1.19, 1.52; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.04, 2.78, 2.53; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.72, 3.59, 3.43 olarak bulunmuştur (Tablo 131).

Meşcerelerdeki toprak NH_4^+ - N (kg-ha) miktarına ait ortalama değerler Tablo 132’de verilmiştir. Farklı meşcerelerdeki toprak NH_4^+ - N (kg-ha) miktarı belirlenirken yükselti basamakları ve bonitet sınıfları dikkate alınmamıştır.

Tablo 132. Meşçere tiplerine göre derinlik kademesine ait NH_4^+ - N (kg-ha) içerikleri

Meşçere Tipi	Derinlik Kademesi (cm)		
	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm
Lbc3	1.31±0.77 ⁽¹⁾	2.39±1.40	3.07±1.98
	0.37-3.91 ⁽²⁾	0.49-6.06	0.70-9.76
Lc3	1.49±0.71	2.69±1.44	3.19±1.49
	0.49-3.20	0.86-6.44	1.22-8.58
Lcd3	1.56±0.69	2.71±1.21	3.23±1.46
	0.39-3.35	0.80-6.09	0.95-6.50

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 132 incelendiğinde; Lbc3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların NH_4^+ - N (kg-ha) içerikleri sırasıyla; 1.31, 2.39, 3.07 olarak bulunmuştur. Lc3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların NH_4^+ - N (kg-ha) içerikleri sırasıyla; 1.49, 2.69, 3.19 olarak bulunmuştur. Lcd3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların NH_4^+ - N (kg-ha) içerikleri sırasıyla; 1.56, 2.71, 3.23 olarak bulunmuştur.

Ladin meşçerelerindeki toprak NH_4^+ - N (kg-ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşçere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 133’de gösterilmiştir.

Tablo 133. Bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak NH_4^+ - N (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	6.259	2	3.129	1.820	0.164
Meşçere tipi	1.514	2	0.757	0.440	0.644
Yükselti basamağı	0.476	1	0.476	0.277	0.599
Derinlik	178.635	2	89.317	51.935	0.000
Bonitet*meşçere tipi	9.543	4	2.386	1.387	0.238
Bonitet*yükselti basamağı	20.822	2	10.411	6.054	0.003
Bonitet*derinlik	1.165	4	0.291	0.169	0.954
Meşçere tipi*yükselti basamağı	1.746	2	0.873	0.508	0.602
Meşçere tipi*derinlik	0.443	4	0.111	0.064	0.992
Yükselti basamağı*derinlik	0.030	2	0.015	0.009	0.991
Bonitet*meşçere tipi*yükselti basamağı	2.795	4	0.699	0.406	0.804
Bonitet*meşçere tipi*derinlik	3.886	8	0.486	0.282	0.972
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	6.725	4	1.681	0.978	0.420
Meşçere tipi*yükselti basamağı*derinlik	1.529	4	0.382	0.222	0.926
Bonitet*meşçere tipi*yükselti basamağı*derinlik	4.111	8	0.514	0.299	0.966

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait NH_4^+ - N (kg-ha) miktarının derinlik kademesi ($F=51.935$, $p=0.000<0.05$) faktörüne göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasında bonitet*yüksekti basamağı ($F=6.054$, $p=0.003<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 133).

Tablo 134. Derinlik kademelerine göre NH_4^+ - N (kg-ha) miktarları Tukey testi sonuçları

Toprak Amonyum Miktarı	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
NH_4^+ - N (kg-ha)	0-5 cm	133	1.46	a
	5-15 cm	133	2.60	b
	15-30 cm	133	3.17	c

a, b ve c farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak NH_4^+ - N (kg-ha) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 3 farklı grup elde edilmiş, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük NH_4^+ - N (kg-ha) ortalamasına sahip olan üç farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 134).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki amonyum miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki amonyum miktarı ile kum ($r=-0.251$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki amonyum miktarıyla; üst boy ($r=0.237$), hacim ağırlığı ($r=0.279$), kil ($r=0.266$), pH (H_2O) ($r=0.266$), toprak organik C ($r=0.535$), tarla kapasitesi ($r=0.177$), solma noktası ($r=0.191$), nitrat ($r=0.580$), toplam mineral N ($r=0.932$), toprak N ($r=0.407$), alanin ($r=0.342$), glisin ($r=0.398$), lösin ($r=0.512$) glutamin ($r=0.452$), asparagin ($r=0.460$), aspartik asit ($r=0.340$), glutamik asit ($r=0.492$), histidin ($r=0.553$) ve arginin ($r=0.610$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki amonyum miktarı ile kum ($r=-0.331$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki amonyum miktarıyla; radyasyon indeksi ($r=0.194$), üst boy ($r=0.240$), hacim ağırlığı ($r=0.188$), kil ($r=0.347$), pH (H_2O) ($r=0.262$), pH (KCL) ($r=0.196$), toprak organik C ($r=0.409$), tarla kapasitesi ($r=0.308$), solma noktası ($r=0.275$), nitrat

($r=0.540$), toplam mineral N ($r=0.930$) ve toprak N ($r=0.344$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki amonyum miktarı ile kum ($r=-0.272$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki amonyum miktarıyla; radyasyon indeksi ($r=0.188$), üst boy ($r=0.182$), hacim ağırlığı ($r=0.226$), kil ($r=0.316$), pH (H_2O) ($r=0.299$), pH (KCL) ($r=0.228$), toprak organik C ($r=0.172$), tarla kapasitesi ($r=0.232$), solma noktası ($r=0.202$), nitrat ($r=0.539$), toplam mineral N ($r=0.939$) ve toprak N ($r=0.252$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, 15–30 cm derinlikte toprak NH_4^+ -N miktarının en yüksek olması, amonyumun derin katmanlarda daha az hareketli olup birikme eğiliminde olmasından kaynaklanmaktadır. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, üç derinlik kademesinde kumlu topraklarda su ve besin tutma kapasitesinin düşük olması, buna bağlı olarak amonyumun kolayca yıkanarak topraktan uzaklaşmasına ve NH_4^+ -N miktarının azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, tüm derinlik kademelerinde yüksek kil oranı, tarla kapasitesi ve organik C içeriği amonyumun toprak kolloidlerine adsorbe olarak tutulmasını kolaylaştırırken, yüksek pH ve hacim ağırlığı da azotun mineral formda korunmasına katkı sağlamaktadır. 0–5 cm derinlik kademesinde amonyum miktarının artmasıyla amino asitlerin de yükselmesi, yüzey toprakta mikrobiyal aktivitenin yoğun olması ve organik maddenin hızlı ayrışması sonucu azotun hem amonyum hem de amino asit formlarına dönüşmesiyle açıklanabilir.

Amonyum, toprak kolloidlerine güçlü biçimde bağlandığından dolayı toprakta daha kararlı ve uzun süre tutulabilen bir azot formudur (Jones ve Hodge, 1999). Kozalaklı türler, azot kaynakları arasında inorganik azot bileşenlerinden amonyumu, nitrat formuna göre öncelikli olarak tercih etmektedirler (Canovas vd., 2007; Gruffman vd., 2014; Valderrama-Martin vd., 2024, Avila vd., 2025).

Toprak pH'sındaki nispi artışla birlikte amonyum miktarının yükselmesi, çalışma alanındaki pH değerlerinin hâlen asidik aralıkta olmasına rağmen nitrifikasyonun sınırlı kalmasından kaynaklanabilir. Düşük pH koşullarında *Nitrosomonas* ve *Nitrobacter* gibi nitrifikasyon bakterilerinin aktivitesi azalmakta, bu da amonyumun nitrat formuna dönüşümünü yavaşlatarak toprakta daha kararlı hâlde kalmasına neden olmaktadır (Kantarcı, 2000). Bu durum, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin nemli ve asidik orman topraklarında amonyumun baskın mineral azot formu olmasını açıklamaktadır.

3.3.10. Nitrat Miktarı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak Nitrat (NO_3^- - N) (mg-kg) miktarları Tablo 135’de verilmiştir.

Tablo 135. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak NO_3^- - N (mg-kg) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	3.73±1.07 ⁽¹⁾	3.38±1.09	3.62±1.65	2.96±1.45	2.30±0.29	3.59±0.98
		2.45-5.66 ⁽²⁾	2.00-5.68	1.95-6.40	1.50-5.36	2.05-2.64	2.30-5.42
	5-15 cm	2.47±0.59	2.23±0.42	2.74±1.84	2.00±0.98	1.81±0.06	2.32±0.65
		1.89-3.86	1.61-3.14	0.94-5.95	1.23-3.60	1.73-1.88	1.79-4.04
	15-30 cm	1.68±0.54	1.37±0.31	2.09±1.37	1.39±0.32	1.57±0.20	1.54±0.20
		1.17-3.02	0.94-1.96	0.72-4.14	1.06-1.81	1.30-1.76	1.31-1.91
3	0-5 cm	3.69±0.93	3.87±1.24	3.89±1.73	3.09±0.96	3.68±1.89	2.66±0.99
		2.38-5.08	2.52-6.13	1.19-6.77	1.77-4.52	2.30-6.78	1.09-4.70
	5-15 cm	2.66±0.68	2.85±0.95	2.46±0.93	2.01±0.53	3.04±1.79	2.03±0.50
		2.02-3.68	1.88-4.29	1.06-4.18	1.41-3.04	1.84-6.34	1.42-2.64
	15-30 cm	1.82±0.51	1.74±0.43	1.54±0.42	1.51±0.56	2.30±1.42	1.58±0.32
		1.33-2.73	1.22-2.61	0.92-2.50	1.00-2.36	1.34-4.95	1.16-2.31
4	0-5 cm	3.04±1.21	2.99±1.62	2.85±1.07	3.02±1.29	4.11±1.65	3.98±0.91
		1.66-5.07	1.99-5.40	1.94-4.17	1.99-5.06	1.98-6.26	1.96-5.00
	5-15 cm	1.82±0.71	1.86±0.47	1.96±0.50	2.08±0.85	3.02±1.49	2.38±0.74
		1.16-3.28	1.51-2.55	1.55-2.80	1.53-3.58	1.51-5.50	1.52-3.90
	15-30 cm	1.39±0.54	1.23±0.15	1.51±0.37	1.54±0.22	2.11±1.05	1.66±0.57
		0.95-2.70	1.11-1.44	1.20-2.14	1.33-1.84	1.11-3.73	0.81-2.51

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 135 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama NO_3^- - N (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 3.73, 3.38, 3.62; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.47, 2.23, 2.74; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.68, 1.37, 2.09 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama NO_3^- - N (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 2.96, 2.30, 3.59; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.00, 1.81, 2.32; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.39, 1.57, 1.54 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 3.69, 3.87, 3.89; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.66, 2.85, 2.46; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.82, 1.74, 1.54 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 3.09, 3.68, 2.66; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.01, 3.04, 2.03; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.51, 2.30, 1.58 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 3.04, 2.99, 2.85; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.82, 1.86, 1.96; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.39, 1.23, 1.51 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 3.02, 4.11, 3.98; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.08, 3.02, 2.38; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.54, 2.11, 1.66 olarak bulunmuştur (Tablo 135).

Meşcerelerdeki toprak $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg-kg) miktarına ait ortalama değerler Tablo 136'da verilmiştir. Farklı meşcerelerdeki toprak $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg-kg) miktarı belirlenirken yükselti basamakları ve bonitet sınıfları dikkate alınmamıştır.

Tablo 136. Meşcere tiplerine göre derinlik kademesine ait $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri

Meşcere Tipi	Derinlik Kademesi (cm)		
	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm
Lbc3	3.27±1.11 ⁽¹⁾	2.16±0.72	1.56±0.49
	1.50-5.66 ⁽²⁾	1.16-3.86	0.95-3.02
Lc3	3.51±1.42	2.55±1.14	1.75±0.83
	1.98-6.78	1.51-6.34	0.94-4.95
Lcd3	3.46±1.29	2.32±0.91	1.64±0.60
	1.09-6.77	0.94-5.95	0.72-4.14

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 136 incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla; 3.27, 2.16, 1.56 olarak bulunmuştur. Lc3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla; 3.51, 2.55, 1.75 olarak bulunmuştur. Lcd3

meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg-kg) içerikleri sırasıyla; 3.46, 2.32, 1.64 olarak bulunmuştur.

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak Nitrat ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) (kg-ha) miktarları Tablo 137’de verilmiştir.

Tablo 137. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	1.06±0.61 ⁽¹⁾	1.12±0.50	1.15±0.57	0.72±0.23	0.71±0.17	0.90±0.28
		0.25-1.90 ⁽²⁾	0.47-2.01	0.28-2.01	0.44-1.05	0.56-0.87	0.55-1.36
	5-15 cm	1.58±0.55	1.79±0.74	2.06±1.16	1.43±0.90	1.24±0.39	1.63±0.39
		1.08-2.85	0.73-2.74	0.41-4.32	0.61-2.93	0.92-1.74	0.96-2.61
	15-30 cm	1.93±1.02	1.90±0.80	2.59±1.45	1.60±0.47	2.01±0.55	1.74±0.32
		0.95-4.45	0.93-2.79	0.58-5.33	1.00-2.15	1.30-2.65	1.33-2.34
3	0-5 cm	0.90±0.23	1.11±0.39	1.11±0.45	0.77±0.38	0.90±0.74	0.74±0.39
		0.60-1.28	0.81-1.96	0.43-1.74	0.47-1.65	0.32-2.28	0.14-1.53
	5-15 cm	2.03±0.58	2.30±0.79	1.91±1.04	1.15±0.23	1.88±1.15	1.28±0.59
		1.14-2.77	1.52-3.90	0.81-4.31	0.87-1.58	0.89-3.90	0.47-2.69
	15-30 cm	2.29±1.20	2.42±0.62	1.84±0.63	1.43±0.29	2.58±2.34	1.69±0.84
		1.27-4.50	1.59-3.27	0.72-2.75	1.14-1.94	1.09-7.19	0.40-3.36
4	0-5 cm	0.76±0.37	0.97±0.78	1.05±0.72	0.71±0.43	1.06±0.58	1.08±0.60
		0.31-1.39	0.32-2.07	0.38-2.25	0.38-1.44	0.35-1.88	0.40-2.32
	5-15 cm	1.04±0.74	1.32±0.87	1.67±0.22	1.31±0.40	2.32±1.74	1.43±0.54
		0.30-2.45	0.51-2.49	1.42-1.98	0.72-1.75	0.68-5.96	0.79-2.54
	15-30 cm	1.36±0.98	1.44±0.35	2.02±0.37	1.69±0.61	2.24±1.04	1.66±0.58
		0.55-3.42	1.11-1.94	1.44-2.40	0.92-2.41	1.10-3.76	0.90-2.68

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma, ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 137 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 1.06, 1.12, 1.15; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.58, 1.79, 2.06; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.93, 1.90, 2.59 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.72, 0.71, 0.90; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.43, 1.24, 1.63; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.60, 2.01, 1.74 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.90, 1.11, 1.11; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.03, 2.30, 1.91; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.29, 2.42, 1.84 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti

basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.77, 0.90, 0.74; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.15, 1.88, 1.28; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.43, 2.58, 1.69 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.76, 0.97, 1.05; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.04, 1.32, 1.67; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.36, 1.44, 2.02 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.71, 1.06, 1.08; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.31, 2.32, 1.43; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 1.69, 2.24, 1.66 olarak bulunmuştur (Tablo 137).

Meşcerelerdeki toprak $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) miktarına ait ortalama değerler Tablo 138’de verilmiştir. Farklı meşcerelerdeki toprak $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) miktarı belirlenirken yükselti basamakları ve bonitet sınıfları dikkate alınmamıştır.

Tablo 138. Meşcere tiplerine göre derinlik kademesine ait $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) içerikleri

Meşcere Tipi	Derinlik Kademesi (cm)		
	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm
Lbc3	0.83±0.41 ⁽¹⁾	1.39±0.64	1.69±0.85
	0.25-1.90 ⁽²⁾	0.30-2.93	0.55-4.50
Lc3	1.01±0.53	1.89±1.08	2.14±1.15
	0.32-2.28	0.51-5.96	0.93-7.19
Lcd3	0.98±0.48	1.64±0.74	1.87±0.78
	0.14-2.32	0.41-4.32	0.40-5.33

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 138 incelendiğinde; Lbc3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) içerikleri sırasıyla; 0.83, 1.39, 1.69 olarak bulunmuştur. Lc3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) içerikleri sırasıyla; 1.01, 1.89, 2.14 olarak bulunmuştur. Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) içerikleri sırasıyla; 0.98, 1.64, 1.87 olarak bulunmuştur.

Ladin meşcerelerindeki toprak $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini

belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 139'da gösterilmiştir.

Tablo 139. Bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprak NO_3^- - N (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	1.935	2	0.968	1.702	0.184
Meşcere tipi	5.675	2	2.837	4.991	0.007
Yükselti basamağı	2.825	1	2.825	4.969	0.026
Derinlik	60.661	2	30.331	53.356	0.000
Bonitet*meşcere tipi	5.329	4	1.332	2.343	0.054
Bonitet*yükselti basamağı	6.405	2	3.203	5.634	0.004
Bonitet*derinlik	1.285	4	0.321	0.565	0.688
Meşcere tipi*yükselti basamağı	2.731	2	1.366	2.402	0.092
Meşcere tipi*derinlik	0.702	4	0.175	0.309	0.872
Yükselti basamağı*derinlik	0.145	2	0.073	0.128	0.880
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	1.978	4	0.495	0.870	0.482
Bonitet*meşcere tipi*derinlik	1.817	8	0.227	0.400	0.921
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	1.436	4	0.359	0.631	0.640
Meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	1.701	4	0.425	0.748	0.560
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı*derinlik	2.548	8	0.318	0.560	0.810

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait NO_3^- - N (kg-ha) miktarının meşcere tipi ($F=4.991$, $p=0.007<0.05$), yükselti basamağı ($F=4.969$, $p=0.026<0.05$) ve derinlik kademesi ($F=53.356$, $p=0.000<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu dört faktör arasında bonitet*yükselti basamağı ($F=5.634$, $p=0.004<0.05$) faktörüne göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 139).

Tablo 140. Meşcere tiplerine göre NO_3^- - N (kg-ha) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Toprak Nitrat Miktarı	Meşcere Tipleri	n	Ortalama	Homojen Gruplar
NO_3^- - N (kg-ha)	Lbc3	129	1.30	a
	Lc3	108	1.68	b
	Lcd3	162	1.50	ab

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak NO_3^- - N (kg-ha) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, Lc3 meşcereleri en yüksek, Lbc3 meşcereleri ise en düşük NO_3^- - N (kg-ha) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 140).

Tablo 141. Toprak NO_3^- - N (kg-ha) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi

Toprak Nitrat Miktarı	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
NO_3^- - N (kg-ha)	800-1300 m	195	1.58
	1300-1900 m	204	1.39

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (1.58 kg/ha), 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcelere (1.39 kg/ha) göre daha yüksek toprak nitrat (kg/ha) miktarına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 141).

Tablo 142. Derinlik kademesine göre NO_3^- - N (kg-ha) miktarları Tukey testi sonuçları

Toprak Nitrat Miktarı	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
NO_3^- - N (kg-ha)	0-5 cm	133	0.94	a
	5-15 cm	133	1.63	b
	15-30 cm	133	1.89	c

a, b ve c farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak NO_3^- - N (kg-ha) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 3 farklı grup elde edilmiş, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük nitrat (kg/ha) ortalamasına sahip olan üç farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 142).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki nitrat miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki nitrat miktarı ile kum ($r=-0.382$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki nitrat miktarıyla; eğim ($r=0.204$), üst boy ($r=0.212$), hacim ağırlığı ($r=0.378$), toz ($r=0.191$), kil ($r=0.374$), pH (H_2O) ($r=0.298$), pH (KCL) ($r=0.186$), toprak organik C ($r=0.351$), amonyum ($r=0.580$), toplam mineral N ($r=0.835$), toprak N ($r=0.211$), alanin ($r=0.518$), glisin ($r=0.574$), lösin ($r=0.494$), glutamin ($r=0.405$), asparagin ($r=0.471$), aspartik asit ($r=0.357$), glutamik asit ($r=0.466$), histidin ($r=0.513$) ve arginin ($r=0.522$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki nitrat miktarı ile kum ($r=-0.391$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm

derinlik kademesindeki nitrat miktarıyla; eğim ($r=0.177$), üst boy ($r=0.246$), hacim ağırlığı ($r=0.277$), toz ($r=0.174$), kil ($r=0.384$), pH (H_2O) ($r=0.211$), toprak organik C ($r=0.272$), amonyum ($r=0.540$) ve toplam mineral N ($r=0.811$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki nitrat miktarı ile kum ($r=-0.273$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki nitrat miktarıyla; eğim ($r=0.220$), üst boy ($r=0.207$), hacim ağırlığı ($r=0.240$), kil ($r=0.254$), pH (H_2O) ($r=0.253$), amonyum ($r=0.539$) ve toplam mineral N ($r=0.795$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, toprak nitrat miktarı Lc3 meşcerelerinde en yüksek, Lbc3 meşcerelerinde ise en düşük bulunmuştur. Genç meşcerelerde organik madde birikimi fazla olmasına karşın, azot mineralizasyonu ve nitrifikasyon hızının düşük olması nitrat birikimini sınırlamaktadır. 800–1300 m yükselti basamağında NO_3^- -N miktarının daha yüksek olması, bu alanlarda sıcaklık ve mikrobiyal aktivitenin artmasıyla ayrışma ve nitrifikasyon süreçlerinin hızlanmasından kaynaklanmaktadır. 15–30 cm derinlikte NO_3^- -N miktarının en yüksek bulunması ise, nitratın suda çözünür olması nedeniyle yağışla alt katmanlara taşınarak birikmesiyle açıklanabilir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre üç derinlik kademesinde, kumlu topraklarda su tutma kapasitesinin düşük olması nedeniyle nitratın kolayca yıkanarak topraktan uzaklaşması negatif ilişkiyi açıklamaktadır. Organik maddece zengin ve mikrobiyal aktivitenin yüksek olduğu topraklarda nitrifikasyonun artması, nitrat oluşumunu hızlandırmaktadır. Kil oranının fazla olduğu topraklarda nemin korunması da bu süreci destekleyerek azotun nitrat formunda birikimini kolaylaştırmaktadır. 0–5 cm derinlikte nitrat ile amino asitler arasındaki pozitif ilişki, yüzey toprakta mikrobiyal aktivitenin artması ve organik maddenin hızlı ayrışması sonucu azot döngüsünün hızlanmasıyla açıklanabilir.

Nitrat, azot döngüsünün oksitlenmiş ve oldukça hareketli bir formu olup, ekosistemlerde azotun dolaşımında merkezi bir rol üstlenmektedir. Toprakta organik azot bileşiklerinin mikrobiyal mineralizasyonu sonucunda oluşan amonyumun nitrifikasyon yoluyla oksitlenmesiyle meydana gelir. Suda yüksek çözünürlüğe sahip olması nedeniyle nitrat, toprak profili boyunca kolaylıkla taşınmakta ve bitkiler tarafından kök sistemi aracılığıyla başlıca inorganik azot kaynağı olarak alınmaktadır (Jones ve Hodge, 1999). Ancak bu yüksek hareketlilik, aynı zamanda nitratın yeraltı sularına yıkanarak taşınmasına ve besin kayıplarına neden olabilmektedir (Galloway vd., 2004). Fazla nitrat, yüzey ve

yeraltı sularında ötrofikasyona yol açarak su kalitesini bozarken, denitrifikasyon sürecinde oluşan N_2O salımı küresel ısınmayı tetikleyen önemli bir sera gazı kaynağıdır (Butterbach-Bahl vd., 2013). Nitrat, özellikle tarımsal faaliyetlere yakın orman ekosistemlerinin başlıca azot kaynağıdır (Rennenberg vd., 2009). Orman ekosistemlerinde nitrat birikimi, toprak pH'sı, nem ve organik madde içeriği gibi çevresel faktörlerle yakından ilişkilidir. Otsu bitkiler ve hızlı büyüyen türler, iyon dengesi açısından daha avantajlı olması nedeniyle çoğunlukla nitrata tercih etmektedir (Nacry vd., 2013). Doğu Karadeniz Bölgesi'nin nemli ve asidik orman topraklarında nitrifikasyonun sınırlı olması nedeniyle nitrat birikimi düşük düzeyde kalmakta, bu koşullarda amonyum başlıca mineral azot formu olarak öne çıkmaktadır (Kantarıcı, 2000; Chen vd., 2022).

3.3.11. Toplam Mineral Azot Miktarı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toplam mineral azot ($NH_4^+ + NO_3^- - N$) (mg-kg) miktarları Tablo 143'de verilmiştir.

Tablo 143. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toplam mineral azot (mg-kg) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	8.14±1.62 ⁽¹⁾	8.72±2.43	8.35±2.22	8.94±3.44	7.10±1.97	10.45±2.55
		5.67-10.57 ⁽²⁾	5.32-12.71	5.73-11.49	5.33-13.39	4.82-9.64	7.23-14.51
	5-15 cm	5.91±1.11	5.83±1.72	6.08±1.79	6.28±2.95	4.83±1.20	7.03±2.36
		4.55-8.17	2.79-8.32	4.06-9.45	3.55-10.21	3.70-6.53	3.79-11.81
	15-30 cm	4.45±1.25	3.69±0.83	4.41±1.45	4.19±1.65	3.91±0.55	4.74±1.12
		2.90-7.19	2.48-4.73	3.23-7.13	2.86-6.77	3.18-4.48	3.08-6.99
	0-5 cm	9.82±2.92	9.29±2.15	9.82±3.70	8.62±3.07	9.78±3.98	7.35±2.79
		6.09-14.14	6.99-12.36	4.18-16.05	3.87-11.69	5.83-15.28	4.18-12.53
3	5-15 cm	7.36±2.45	6.97±2.06	6.06±2.05	5.55±1.88	6.96±3.17	5.77±1.60
		4.17-10.30	4.47-10.06	2.70-10.05	3.29-9.50	4.05-12.20	3.15-8.24
	15-30 cm	5.35±2.34	4.47±0.82	4.28±1.29	4.32±1.54	4.76±1.50	4.37±1.18
		3.23-8.66	3.37-5.36	2.24-6.07	2.24-6.73	3.17-7.30	2.80-6.58
	0-5 cm	7.39±2.99	7.98±2.71	7.44±1.56	7.38±2.66	9.22±3.61	10.34±3.02
		4.55-12.37	5.39-10.32	5.55-9.66	4.74-11.02	4.95-14.15	4.53-13.61
	5-15 cm	5.05±2.28	5.02±1.51	4.77±0.61	5.11±1.64	7.08±3.76	6.95±3.06
		3.28-10.09	3.77-7.21	3.95-5.59	3.62-7.85	3.04-13.02	3.51-11.42
4	15-30 cm	3.72±1.60	3.48±0.48	3.59±0.80	3.98±1.01	5.50±3.58	5.32±2.83
		2.39-7.49	2.86-4.01	2.95-4.81	2.95-5.52	2.34-12.22	3.01-9.99

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 143 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 8.14, 8.72, 8.35; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.91, 5.83, 6.08; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.45, 3.69, 4.41 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 8.94, 7.10, 10.45; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 6.28, 4.83, 7.03; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.19, 3.91, 4.74 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 9.82, 9.29, 9.80; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 7.36, 6.97, 6.06; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.35, 4.47, 4.28 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 8.62, 9.78, 7.35; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.55, 6.96, 5.77; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.88, 4.76, 4.37 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 7.39, 7.98, 7.44; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.05, 5.02, 4.77; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.72, 3.48, 3.59 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 7.38, 9.22, 10.34; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.11, 7.08, 6.95; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.98, 5.50, 5.32 olarak bulunmuştur (Tablo 143).

Meşcerelerdeki toprakların toplam mineral azot ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- - \text{N}$) (mg-kg) miktarına ait ortalama değerler Tablo 144’de verilmiştir. Farklı meşcerelerdeki toplam mineral azot (mg-kg) miktarı belirlenirken yükselti basamakları ve bonitet sınıfları dikkate alınmamıştır.

Tablo 144. Meşçere tipleri ve derinlik kademesi toplam mineral azot (mg-kg) içerikleri

Meşçere Tipi	Derinlik Kademesi (cm)		
	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm
Lbc3	8.32±2.74 ⁽¹⁾	5.81±2.07	4.31±1.58
	3.87-14.14 ⁽²⁾	3.28-10.30	2.24-8.66
Lc3	8.85±2.84	6.28±2.50	4.37±1.82
	4.82-15.28	2.79-13.02	2.34-12.22
Lcd3	9.13±3.00	6.25±2.16	4.52±1.59
	4.18-16.05	2.70-11.81	2.24-9.99

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 144 incelendiğinde; Lbc3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (mg-kg) içerikleri sırasıyla; 8.32, 5.81, 4.31 olarak bulunmuştur. Lc3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (mg-kg) içerikleri sırasıyla; 8.85, 6.28, 4.37 olarak bulunmuştur. Lcd3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (mg-kg) içerikleri sırasıyla; 9.13, 6.25, 4.52 olarak bulunmuştur.

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşçerelerde bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toplam mineral azot (kg-ha) miktarları Tablo 145’de verilmiştir.

Tablo 145. Araştırma alanı topraklarının bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toplam mineral azot (kg-ha) miktarları

Bonitet Sınıfları	Derinlik Kademesi	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
		Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0-5 cm	2.28±1.21 ⁽¹⁾	2.79±1.08	2.59±0.87	2.24±0.71	2.31±1.23	2.71±0.93
		0.66-4.07 ⁽²⁾	1.75-5.02	1.35-3.65	1.39-2.85	1.31-4.07	0.96-3.81
	5-15 cm	3.79±1.15	4.54±2.22	4.71±1.47	4.60±3.01	3.46±1.95	4.98±1.58
		2.61-6.03	2.32-9.17	2.73-6.86	2.17-8.29	2.00-6.25	1.93-7.62
	15-30 cm	5.03±2.32	4.95±1.70	5.66±2.04	4.81±2.00	5.05±1.63	5.38±1.50
		2.71-10.62	2.67-7.24	2.98-9.18	2.61-7.43	3.18-7.15	2.81-8.05
3	0-5 cm	2.41±0.82	2.64±0.44	2.88±1.27	2.20±1.39	2.31±1.56	1.99±1.04
		1.78-3.97	2.16-3.45	1.17-4.88	1.11-5.56	0.81-5.14	0.53-4.25
	5-15 cm	5.48±1.67	5.60±1.56	4.60±1.88	3.26±1.36	4.27±2.06	3.56±1.79
		3.72-7.82	3.97-7.85	2.07-7.78	1.94-5.86	2.08-7.51	1.83-8.06
	15-30 cm	6.77±4.36	6.22±1.47	5.16±2.20	4.42±2.25	5.14±3.00	4.55±2.28
		3.07-14.26	4.92-9.08	2.62-8.86	2.19-9.33	2.58-10.61	1.35-9.58
4	0-5 cm	1.87±1.02	2.58±1.63	2.53±1.07	1.89±1.49	2.24±0.86	2.60±1.03
		0.89-3.70	0.86-4.00	1.86-4.42	0.83-4.49	1.13-3.50	1.13-4.52
	5-15 cm	2.93±2.29	3.60±2.54	4.19±0.96	3.35±1.39	5.10±3.14	3.97±1.33
		0.79-7.53	1.37-7.04	2.70-5.15	1.83-5.53	2.05-9.81	1.89-5.79
	15-30 cm	3.68±2.77	4.22±1.71	4.80±0.80	4.41±1.85	5.84±3.53	5.09±2.02
		1.25-9.49	2.73-6.58	3.58-5.77	1.83-6.66	2.66-12.34	2.52-8.04

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 145 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 2.28, 2.79, 2.59; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.79, 4.54, 4.71; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.03, 4.95, 5.66 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 2.24, 2.31, 2.71; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.60, 3.46, 4.98; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.81, 5.05, 5.38 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 2.41, 2.64, 2.88; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 5.48, 5.60, 4.60; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 6.77, 6.22, 5.16 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 2.20, 2.31, 1.99; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.26, 4.27, 3.56; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.42, 5.14, 4.55 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 1.87, 2.58, 2.53; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 2.93, 3.60, 4.19; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.68, 4.22, 4.80 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 1.89, 2.24, 2.60; 5-15 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 3.35, 5.10, 3.97; 15-30 cm derinlik kademesinde sırasıyla, 4.41, 5.84, 5.09 olarak bulunmuştur (Tablo 145).

Meşcerelerdeki toprakların toplam mineral azot ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- - \text{N}$) (kg-ha) miktarına ait ortalama değerler Tablo 146'da verilmiştir. Farklı meşcerelerdeki toplam mineral azot (kg-ha) miktarı belirlenirken yükselti basamakları ve bonitet sınıfları dikkate alınmamıştır.

Tablo 146. Meşçere tipleri ve derinlik kademesi toplam mineral azot (kg-ha) içerikleri

Meşçere Tipi	Derinlik Kademesi (cm)		
	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm
Lbc3	2.15±1.11 ⁽¹⁾	3.78±1.93	4.76±2.70
	0.66-5.56 ⁽²⁾	0.79-8.29	1.25-14.26
Lc3	2.50±1.07	4.59±2.26	5.33±2.29
	0.81-5.14	1.37-9.81	2.58-12.34
Lcd3	2.54±1.04	4.34±1.60	5.10±1.88
	0.53-4.88	1.83-8.06	1.35-9.58

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 146 incelendiğinde; Lbc3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (kg-ha) içerikleri sırasıyla; 2.15, 3.78, 4.76 olarak bulunmuştur. Lc3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (kg-ha) içerikleri sırasıyla; 2.50, 4.59, 5.33 olarak bulunmuştur. Lcd3 meşçerelerinde 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm derinlik kademesindeki toprakların toplam mineral azot (kg-ha) içerikleri sırasıyla; 2.54, 4.34, 5.10 olarak bulunmuştur.

Ladin meşçerelerindeki toprakların toplam mineral azot (kg-ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşçere tipleri, yükselti basamakları ve derinlik kademesine göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 147’de gösterilmiştir.

Tablo 147. Bonitet, meşçere tipi, yükselti basamakları ve derinlik kademesine bağlı olarak toprakların toplam mineral azot (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	14.805	2	7.403	2.187	0.114
Meşçere tipi	11.987	2	5.993	1.771	0.172
Yükselti basamağı	5.610	1	5.610	1.658	0.199
Derinlik	447.178	2	223.589	66.065	0.000
Bonitet*meşçere tipi	24.603	4	6.151	1.817	0.125
Bonitet*yükselti basamağı	39.506	2	19.753	5.836	0.003
Bonitet*derinlik	4.088	4	1.022	0.302	0.877
Meşçere tipi*yükselti basamağı	0.447	2	0.224	0.066	0.936
Meşçere tipi*derinlik	0.841	4	0.210	0.062	0.993
Yükselti basamağı*derinlik	0.245	2	0.122	0.036	0.965
Bonitet*meşçere tipi*yükselti basamağı	8.824	4	2.206	0.652	0.626
Bonitet*meşçere tipi*derinlik	7.343	8	0.918	0.271	0.975
Bonitet*yükselti basamağı*derinlik	11.205	4	2.801	0.828	0.508
Meşçere tipi*yükselti basamağı*derinlik	3.137	4	0.784	0.232	0.920
Bonitet*meşçere tipi*yükselti basamağı*derinlik	11.585	8	1.448	0.428	0.904

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait toplam mineral azot (kg-ha) miktarının derinlik kademesi ($F=66.065$, $p=0.000<0.05$) faktörüne göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu dört faktör arasında bonitet* yükselti basamağı ($F=5.836$, $p=0.003<0.05$) faktörüne göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 147).

Tablo 148. Derinlik kademesine göre toprakların toplam mineral azot (kg-ha) miktarlarına ait Tukey testi sonuçları

Toplam Mineral Azot	Derinlik Kademesi (cm)	n	Ortalama	Homojen Gruplar
$\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg-ha)	0-5 cm	133	2.40	a
	5-15 cm	133	4.23	b
	15-30 cm	133	5.06	c

a, b ve c farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprakların toplam mineral azot (kg-ha) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 3 farklı grup elde edilmiş, 15-30 cm derinlik kademesindeki topraklar en yüksek, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklar en düşük toplam mineral azot (kg-ha) ortalamasına sahip olan üç farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 148).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde, 0–5 cm, 5–15 cm ve 15–30 cm toprak derinlik kademelerindeki toplam mineral N miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki toplam mineral N miktarı ile kum ($r=-0.338$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki toplam mineral N miktarıyla; eğim ($r=0.171$), üst boy ($r=0.254$), hacim ağırlığı ($r=0.356$), kil ($r=0.345$), pH (H_2O) ($r=0.312$), toprak organik C ($r=0.517$), amonyum ($r=0.932$), nitrat ($r=0.835$), ($r=0.369$), alanin ($r=0.461$), glisin ($r=0.524$), lösin ($r=0.565$), glutamin ($r=0.485$), asparagin ($r=0.520$), aspartik asit ($r=0.388$), glutamik asit ($r=0.539$), histidin ($r=0.601$) ve arginin ($r=0.644$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 5-15 cm derinlik kademesindeki toplam mineral N miktarı ile kum ($r=-0.401$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 5-15 cm derinlik kademesindeki toplam mineral N miktarıyla; üst boy ($r=0.274$), hacim ağırlığı ($r=0.251$), kil ($r=0.409$), pH (H_2O) ($r=0.274$), pH (KCL) ($r=0.195$) toprak organik C

($r=0.403$), tarla kapasitesi ($r=0.264$), solma noktası ($r=0.235$), amonyum ($r=0.930$), nitrat ($r=0.811$) ve toprak N ($r=0.312$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre 15-30 cm derinlik kademesindeki toplam mineral N miktarı ile kum ($r=-0.307$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 15-30 cm derinlik kademesindeki toplam mineral N miktarıyla; üst boy ($r=0.215$), hacim ağırlığı ($r=0.260$), kil ($r=0.330$), pH (H_2O) ($r=0.318$), pH (KCL) ($r=0.202$), tarla kapasitesi ($r=0.191$), amonyum ($r=0.939$), nitrat ($r=0.795$) ve toprak N ($r=0.221$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Toprağın çeşitli derinlik katmanlarında biriken amonyum ve nitrat miktarlarının toplamı, toprak profilinde mevcut mineral azot düzeyini temsil etmektedir. Varyans analizi sonucuna göre 15–30 cm derinlikte toplam mineral azot miktarının yüksek olması, amonyum ve nitratın yağışla alt katmanlara taşınıp birikmesiyle ilişkilidir. Bu katmandaki nemin dengeli olması azotun korunmasına, buna karşılık yüzey topraklarda mikrobiyal ve bitkisel tüketimin yoğun olması ise azotun azalmasına neden olmaktadır. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, bütün derinlik kademelerinde toplam mineral azot ile kum oranı arasındaki negatif ilişki, kumlu topraklarda su ve besin tutma kapasitesinin düşük olması nedeniyle nitrat ve amonyumun yağışla kolayca yıkanarak alt katmanlara taşınmasından kaynaklanmaktadır. Tüm derinlik kademelerinde toplam mineral azot miktarının artması, organik madde birikimi, kil oranı ve nemin yüksek olmasıyla mikrobiyal aktivite ve azot mineralizasyon hızının artmasından ileri gelmektedir. Bu koşullar, amonyum oluşumunu ve onun nitrata dönüşümünü (nitrifikasyonu) destekleyerek toplam mineral azot birikimini artırmaktadır. 0–5 cm derinlik kademesinde toplam mineral azot ile amino asitler arasındaki pozitif ilişki, yüzey toprakta mikrobiyal aktivitenin yoğun olması ve organik maddenin hızlı ayrışması sonucu hem mineral azotun hem de amino asitlerin eş zamanlı olarak artmasıyla açıklanmaktadır. Bu durum, yüzey katmanda azot döngüsünün en aktif biçimde gerçekleştiğini göstermektedir.

Organik azot bileşiklerinin, bitkiler tarafından alınabilir formlar olan amonyum ve nitrate dönüşümünü sağlayan temel biyokimyasal süreç mineralizasyondur. Mineral azot formları, bitkiler tarafından alındıktan sonra biyokimyasal süreçler aracılığıyla yeniden organik bileşiklerin yapısına dahil edilir (Küçük ve Yener, 2018). Toprakta azot mineralizasyonunu belirleyen temel etmenler arasında toprak reaksiyonu, nem düzeyi ve ölü örtü materyalinin C/N oranı yer almaktadır (Kacar ve Katkat, 2007).

Toprakta biriken organik artıkların ayrışma süresi genellikle C/N oranına bağlıdır. Yüksek karbon, ancak düşük azot içeren materyallerin parçalanması yavaş gerçekleşir. Bu süreçte mikroorganizmalar, yeterli azot bulamadıklarında topraktaki bitkisel azotu kullanarak geçici azot eksikliğine yol açabilir. Mineralizasyonun etkin olabilmesi için genellikle C/N oranının 20'nin altında olması gerekir. 25'in altındaki oranlar azot salımına, 30'un üzerindeki ise azot immobilizasyonuna işaret eder (Malhi vd., 2003).

Saf Doğu Ladini meşcerelerinde elde edilen toplam mineral azot bulguları, iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ağaç türleri üzerine yapılan önceki araştırmalarla büyük ölçüde uyum göstermektedir. Holik vd. (2018) tarafından ladin ve kayın meşcerelerinde yürütülen çalışmada, ladin meşcerelerinde amonyum miktarları 5.6–11.7 mg-kg, nitrat miktarları ise 3.3–17.4 mg-kg aralığında belirlenmiştir. Buna karşılık, kayın meşcerelerinde amonyum miktarı 3.4–18.6 mg-kg, nitrat miktarı ise 0.4–1.1 mg-kg olarak ölçülmüştür. Tecimen tarafından 2011 yılında yapılan çalışmada, orman topraklarında başlangıçta 13.45 mg-kg olan amonyum miktarı, 29 günlük inkübasyon sonunda 25.79 mg-kg olarak belirlenmiştir. Tecimen vd. (2012) tarafından yürütülen inkübasyon çalışmaları sonucunda, nitrat ve amonyum miktarları şu şekilde belirlenmiştir: Laboratuvar koşullarında, yerli topraklarda 29 günlük sürede nitrat üretimi -0.4 ile 0.7 mg-kg arasında değişirken, standart topraklarda bu değerler 2.3–17.9 mg-kg aralığında ölçülmüştür. Diğer yandan, 99 günlük yerinde inkübasyon sonucunda yerli topraklarda amonyum birikimi 12.7–25.26 mg-kg arasında belirlenmiştir. Titrek (2004), Uludağ'daki bozunmuş subalpin ve alpin alanlarda gelişen *Verbascum olympicum* topluluğunun bulunduğu toprakta net mineral azot verimini 97 kg ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak belirlemiş ve sekonder bitki örtüsünün erken evrelerinde azot mineralleşmesinin yüksek düzeyde gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Smolander ve Kitunen (2002), farklı orman ağaç türlerinin yetiştiği alanlarda yaptıkları çalışmada, çam ormanlarında organik maddenin C/N oranının diğer türlere göre daha yüksek olduğunu ve mikrobiyal biyokütledeki C ve N miktarlarının birim organik maddeye göre en yüksek seviyede gerçekleştiğini rapor etmişlerdir. Owen vd. (2003), Tayvan'ın kuzeydoğusunda yürüttükleri çalışmada, çayır ve orman ekosistemlerinde yıllık net azot mineralizasyon miktarını sırasıyla 10.5–33.5 kg ha⁻¹ yıl⁻¹ arasında belirlemişlerdir. Ünver vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada, asidik koşullarda organik maddenin yavaş ayrıştığı ve buna bağlı olarak azot mineralleşmesinin azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca, mikroorganizma aktivitelerinin düşük pH'da sınırlanırken, nötr pH koşullarında daha yüksek mineralizasyon sağladığı vurgulanmıştır.

3.4. Aminoasit Miktarı

Çözünmüş organik azot, toprak organik azot havuzunun küçük bir bölümünü oluştursa da, mineralizasyon sürecinin derecesini yansıtan önemli bir göstergedir. Bitki örtüsünden kaynaklanan protein ve peptitlerin ayrışması sonucu oluşan amino asitler; toprak enzimleri için substrat, mikroorganizmalar için enerji kaynağı ve bitkiler için azot kaynağı olarak işlev görmektedir. Ayrıca, azot içeriğine ek olarak amino asitler aktif karbon kaynakları olarak da toprak biyokimyasında önemli bir rol üstlenmektedir (Mariano vd., 2016).

Toprakta serbest amino asitlerin inorganik azot formlarına kıyasla daha düşük konsantrasyonlara sahip olmalarına rağmen, kök yüzeyine doğru yüksek difüzyon hızları sayesinde bitkiler tarafından alınabilirlikleri oldukça yüksektir (Jones ve Kielland, 2002; Inselsbacher ve Näsholm, 2012). Cao vd. (2016) tarafından yürütülen çalışmada, Taibai Dağı'nda örneklenen on üç yükselti kademesi boyunca topraktaki serbest amino asitlerin ortalama derişiminin 0.06–5.6 mg-kg aralığında değiştii belirlenmiştir. Boreal ormanlarda 0.42–4.9 mg-kg (Werdin-Pfisterer vd., 2009), Arktik tundrada 1.6–8.3 mg kg (Kielland, 1995) ve alpin kuru çayırlarda 0.29–2.9 mg-kg (Lipson vd., 1999) aralığında serbest amino asit derişimleri belirlenmiştir. Alanin, asparagin, aspartik asit, glutamin, glutamik asit ve histidin genellikle topraklarda en bol bulunan serbest amino asitler arasında yer almaktadır (Werdin-Pfisterer vd., 2009; Warren ve Taranto, 2010). Orman toprağında yapılan çalışmada; serbest amino asit miktarı Haziran ayında 0.761 mg-kg, Temmuz ayında 0.457 mg-kg, Ağustos ayında ise 0.578 mg-kg olarak belirlenmiştir (Robin ve Kurt, 2007).

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu toplam 133 örnek alanda 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların alanin (mg-kg), arginin (mg-kg), asparagin (mg-kg), aspartik asit (mg-kg), glisin (mg-kg), glutamin (mg-kg), glutamik asit (mg-kg), histidin (mg-kg) ve lösin (mg-kg) miktarları Ek Tablo 2'de verilmiştir.

3.4.1. Alanin Miktarı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak alanin (mg-kg) miktarları Tablo 149'da verilmiştir.

Tablo 149. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların alanin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.157±0.043 ⁽¹⁾	0.165±0.050	0.153±0.036	0.126±0.039	0.118±0.029	0.114±0.032
	0.096-0.216 ⁽²⁾	0.085-0.230	0.096-0.201	0.079-0.186	0.094-0.155	0.052-0.165
3	0.141±0.048	0.146±0.079	0.153±0.045	0.151±0.034	0.142±0.048	0.125±0.061
	0.078-0.206	0.058-0.255	0.086-0.220	0.105-0.205	0.101-0.231	0.054-0.244
4	0.117±0.043	0.155±0.053	0.146±0.042	0.164±0.104	0.160±0.079	0.128±0.050
	0.041-0.177	0.108-0.217	0.105-0.196	0.057-0.327	0.065-0.256	0.048-0.217

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 149 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama alanin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.157, 0.165 0.153 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama alanin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.126, 0.118, 0.114 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama alanin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.141, 0.146, 0.153 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama alanin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.151, 0.142, 0.125 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama alanin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.117, 0.155, 0.146 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama alanin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.164, 0.160, 0.128 olarak bulunmuştur (Tablo 149).

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak alanin (kg-ha) miktarları Tablo 150’de verilmiştir.

Tablo 150. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların alanin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.042±0.021 ⁽¹⁾	0.058±0.032	0.048±0.018	0.033±0.014	0.037±0.014	0.029±0.013
	0.016-0.071 ⁽²⁾	0.015-0.110	0.025-0.071	0.019-0.054	0.023-0.054	0.012-0.056
3	0.034±0.010	0.043±0.023	0.046±0.018	0.038±0.013	0.035±0.025	0.031±0.012
	0.017-0.045	0.012-0.077	0.024-0.081	0.020-0.052	0.016-0.078	0.011-0.054
4	0.030±0.017	0.047±0.027	0.054±0.034	0.042±0.034	0.043±0.028	0.037±0.025
	0.011-0.067	0.018-0.083	0.020-0.100	0.008-0.099	0.011-0.084	0.009-0.080

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 150 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama alanin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.042, 0.058, 0.048 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama alanin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.033, 0.037, 0.029 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama alanin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.034, 0.043, 0.046 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama alanin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.038, 0.035, 0.031 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama alanin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.030, 0.047, 0.054 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama alanin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.042, 0.043, 0.037 olarak bulunmuştur (Tablo 150).

Ladin meşcerelerindeki alanin (kg-ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 151’de gösterilmiştir.

Tablo 151. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak alanin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.000	2	0.000	0.504	0.605
Meşcere tipi	0.001	2	0.001	1.171	0.314
Yükselti basamağı	0.002	1	0.002	4.956	0.028
Bonitet*meşcere tipi	0.001	4	0.000	0.313	0.869
Bonitet*yükselti basamağı	0.001	2	0.000	0.993	0.373
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.002	2	0.001	2.294	0.105
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.000	4	0.000	0.216	0.929

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait alanin (kg-ha) miktarının yükselti basamağı ($F=4.956$, $p=0.028<0.05$) faktörüne göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 151’de görülmektedir.

Tablo 152. Toprak alanin (kg-ha) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi

Toprak Alanin Miktarı	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
Alanin (kg-ha)	800-1300 m	65	0.044
	1300-1900 m	68	0.035

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (0.044 kg/ha), 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcelere (0.035 kg/ha) göre daha yüksek toprak alanin (kg/ha) miktarına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 152).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde 0–5 cm toprak derinlik kademesindeki alanin (kg-ha) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki alanin (kg-ha) miktarıyla; yükselti ($r=-0.201$), kum ($r=-0.385$), EC ($r=-0.238$), tarla kapasitesi ($r=-0.250$), solma noktası ($r=-0.309$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki alanin (kg-ha) miktarıyla; hacim ağırlığı ($r=0.509$), toz ($r=0.274$), kil ($r=0.333$), pH (H_2O) ($r=0.239$), toprak organik C ($r=0.192$), FSK ($r=0.190$), amonyum ($r=0.342$), nitrat ($r=0.518$), toplam mineral N ($r=0.461$), toprak C/N oranı ($r=0.241$), glisin ($r=0.626$), lösin ($r=0.656$), glutamin ($r=0.510$), asparagin ($r=0.505$),

aspartik asit ($r=0.380$), glutamik asit ($r=0.465$), histidin ($r=0.491$) ve arginin ($r=0.488$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, alanin miktarı 800–1300 m yükselti basamağında daha yüksek bulunmuştur. Toprak pH'sı, mikrobiyal topluluk yapısı ve organik azot bileşiminin niteliği gibi faktörler, amino asitlerin bitkiler tarafından alınabilirliğini ve metabolik kullanımını belirleyen başlıca çevresel etmenlerdir (Ma vd., 2016). Yükselti artışıyla birlikte sıcaklığın azalması mikrobiyal aktiviteyi zayıflatarak organik azot mineralizasyonunu ve amino asit üretimini azaltmaktadır. Ayrıca kum oranının yüksek olduğu topraklarda su ve besin tutma kapasitesinin düşük olması da mikrobiyal faaliyetleri kısıtlayarak alanin miktarını azaltmaktadır. Buna karşılık, kil ve toz oranı yüksek, organik maddece zengin ve pH'sı daha yüksek topraklarda mikrobiyal ayrışma süreçlerinin hızlanması, alanin oluşumunu ve birikimini desteklemektedir.

Alanin, küçük ve nötr yapıları bir amino asit olması nedeniyle toprakta hızlı dönüşüm ve yüksek biyolojik kullanılabilirlik göstermektedir (Cao vd., 2016). Asidik orman topraklarında, alanin genellikle daha kalıcı bir organik azot formu olarak tutulmakta ve ekosistem içinde sürekli geri dönüştürülmektedir. Buna karşılık, bazik veya kireçli topraklarda, alanin hızla inorganik azot formlarına dönüşerek nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerine katılmaktadır (Wilkinson vd., 2014). Dolayısıyla alanin, orman ekosistemlerinde organik ve inorganik azot formları arasındaki geçişi düzenleyen kilit bir bileşik olarak değerlendirilebilir.

Yüksek organik madde içerikli orman toprakları, genellikle toplam amino asit miktarı bakımından daha zengin olup, bu durum yaprak ve kök döküntülerinin sürekli ayrışmasıyla ortama amino asit ve diğer organik azot bileşiklerinin sağlanmasından kaynaklanmaktadır (Cao vd., 2016). Asidik orman topraklarında alanin gibi polar amino asitlerin, kil mineralleri ve organik madde yüzeylerine güçlü biçimde bağlanması, bu bileşiğin toprakta birikimini ve dağılımını belirleyen temel mekanizmalardan biridir (Jones vd., 2002).

Çeşitli ekosistemlerde yapılan araştırmalar, glutamik asit ve alaninin toprak N döngüsünde temel amino asitler olduğunu göstermektedir (Yu vd., 2002; Weintraub ve Schimel, 2005; Werdin vd., 2009). Subarktik orman ekosistemlerinde, alanin ve aspartik asidin mikroorganizmalar tarafından hızla alındığı ve nem artışıyla mikrobiyal aktivitenin yükselmesi sonucu serbest fraksiyon miktarlarının azaldığı bildirilmiştir (Kielland vd., 2006). Benzer şekilde, tarla koşullarında alanin gibi düşük molekül ağırlıklı amino asitlerin,

ince fraksiyonca zengin ve suya doymun topraklarda hızla adsorbe edilerek çözeltiden uzaklaştığı belirtilmiştir (Jones ve Hodge, 1999).

Toprak çözeltisindeki serbest amino asit derişimlerinin genellikle 0.06–5.6 mg-kg aralığında değiştii bildirilmiştir (Cao vd., 2016). Buna paralel olarak, toprak C:N oranı mikroorganizmaların azot kullanım stratejilerini belirleyerek alanin döngüsünü yönlendirmektedir. Yüksek C:N oranlı (azotça fakir) topraklarda alanin azotu mikrobiyal biyokütlede tutulurken, düşük C:N oranlı (azotça zengin) ortamlarda hızla amonyuma mineralize edilmektedir (Wilkinson vd., 2014).

Bu çalışmada, topraktaki alanin miktarı ortalama 0.040 kg-ha (0.141 mg-kg) olarak belirlenmiştir. Robin ve Kurt (2007) tarafından yapılan çalışmada, orman toprağındaki alanin miktarı Haziran ayında 0.041 mg-kg, Temmuz ayında 0.026 mg-kg, Ağustos ayında ise 0.045 mg-kg olarak belirlenmiştir. Berthrong ve Finzi (2006) tarafından yürütölen çalışmada, farklı orman ekosistemlerinden alınan toprak örneklerinde alanin miktarının en yüksek 1.05 mg-kg düzeyine ulaştığı belirlenmiştir. Werdin-Pfisterer vd. (2009), Alaska'daki boreal orman topraklarında alaninin toplam amino asit havuzunun %9–15'ini oluşturduğunu; Hill ve Jones (2019) ise ¹⁵N-etiketli deneylerde serbest alaninin mikroorganizmalarca 1 dakika içinde çözeltiden uzaklaştırıldığını ve 5 dakika içinde amonyuma dönüştürüldüğünü bildirmiştir. Orman toprağı çözeltisindeki serbest alanin miktarı genellikle düşük düzeyde olup, toplam çözünmüş organik azot havuzunun yalnızca küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu bulgular, alaninin toprakta hızlı döngü yapan ve biyolojik olarak yüksek kullanılabilirliğe sahip bir organik N formu olduğunu ortaya koymaktadır.

3.4.2. Arginin Miktarı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak arginin (mg-kg) miktarları Tablo 153'de verilmiştir.

Tablo 153. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların arginin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.103±0.015 ⁽¹⁾	0.146±0.044	0.149±0.037	0.148±0.064	0.183±0.053	0.149±0.046
	0.080-0.118 ⁽²⁾	0.088-0.199	0.096-0.211	0.055-0.225	0.136-0.244	0.085-0.223
3	0.180±0.057	0.140±0.066	0.122±0.041	0.132±0.043	0.121±0.027	0.104±0.040
	0.114-0.270	0.064-0.251	0.048-0.199	0.071-0.225	0.093-0.161	0.055-0.196
4	0.118±0.033	0.123±0.077	0.099±0.027	0.154±0.037	0.135±0.075	0.133±0.051
	0.068-0.162	0.048-0.221	0.055-0.124	0.104-0.187	0.054-0.254	0.078-0.216

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 153 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama arginin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.103, 0.146, 0.149 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama arginin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.148, 0.183, 0.149 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama arginin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.180, 0.140, 0.122 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama arginin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.132, 0.121, 0.104 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama arginin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.118, 0.123, 0.099 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama arginin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.154, 0.135, 0.133 olarak bulunmuştur (Tablo 153).

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak arginin (kg-ha) miktarları Tablo 154’de verilmiştir.

Tablo 154. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların arginin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.029±0.015 ⁽¹⁾	0.046±0.015	0.051±0.028	0.038±0.017	0.058±0.025	0.039±0.017
	0.010-0.051 ⁽²⁾	0.027-0.071	0.017-0.087	0.016-0.060	0.032-0.089	0.019-0.081
3	0.046±0.019	0.040±0.017	0.039±0.026	0.033±0.014	0.029±0.016	0.032±0.025
	0.027-0.067	0.022-0.064	0.011-0.106	0.015-0.057	0.014-0.054	0.007-0.087
4	0.029±0.008	0.037±0.023	0.036±0.021	0.040±0.026	0.033±0.018	0.036±0.022
	0.012-0.040	0.008-0.056	0.017-0.067	0.017-0.076	0.013-0.063	0.012-0.082

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 154 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama arginin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.029, 0.046, 0.051 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama arginin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.038, 0.058, 0.039 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama arginin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.046, 0.040, 0.039 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama arginin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.033, 0.029, 0.032 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama arginin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.029, 0.037, 0.036 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama arginin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.040, 0.033, 0.036 olarak bulunmuştur (Tablo 154).

Ladin meşcerelerindeki arginin (kg-ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 155’de gösterilmiştir.

Tablo 155. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak arginin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.002	2	0.001	2.005	0.139
Meşcere tipi	0.000	2	0.000	0.627	0.536
Yükselti basamağı	0.000	1	0.000	0.261	0.610
Bonitet*meşcere tipi	0.002	4	0.000	1.265	0.288
Bonitet*yükselti basamağı	0.001	2	0.001	1.572	0.212
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	0.600	0.550
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.001	4	0.000	0.865	0.487

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait arginin (kg-ha) miktarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 155’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde 0–5 cm toprak derinlik kademesindeki arginin (kg-ha) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki arginin (kg-ha) miktarıyla; kum ($r=-0.370$) ve EC ($r=-0.234$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki arginin (kg-ha) miktarıyla; üst boy ($r=0.221$), hacim ağırlığı ($r=0.469$), kil ($r=0.374$), pH (H₂O) ($r=0.282$), toprak organik C ($r=0.340$), amonyum ($r=0.610$), nitrat ($r=0.522$), toplam mineral N ($r=0.644$), alanin ($r=0.488$), glisin ($r=0.559$), lösin ($r=0.559$), glutamin ($r=0.569$), asparagin ($r=0.576$), aspartik asit ($r=0.503$), glutamik asit ($r=0.504$) ve histidin ($r=0.695$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Topraktaki organik azotun ayrışması; nem, sıcaklık ve pH gibi çevresel faktörler tarafından düzenlenmektedir. Toprak pH’sındaki değişimler, mikrobiyal aktiviteyi ve topraktaki protein ile peptitlerin adsorpsiyon düzeyini etkileyerek amino asit üretim süreçlerini değiştirmekte; dolaylı olarak da bitkiler ile mikroorganizmalar arasındaki amino asit rekabetini şekillendirmektedir (Greenfield vd., 2020).

Korelasyon analizi sonuçlarına göre, 0–5 cm derinlik kademesinde arginin miktarının kum oranı ve EC ile negatif ilişkisi, kumlu topraklarda su ve besin tutma kapasitesinin düşük olması nedeniyle organik azot bileşiklerinin, özellikle çözünmüş amino asitlerin daha kolay yıkanması ve yüzeyde arginin birikiminin sınırlı kalmasıyla açıklanabilir. Ayrıca, EC’nin

artmasıyla toprakta çözülmüş iyon konsantrasyonunun yükselmesi, mikrobiyal osmotik dengesini bozarak enzimatik faaliyetleri baskılayabilir; bu da arginin sentezini sınırlayarak miktarının azalmasına yol açmaktadır. Buna karşılık, organik maddece zengin, pH ve kil içeriği uygun, mikrobiyal aktivitenin yüksek olduğu topraklarda azot mineralizasyonunun artması ile açıklanabilir. Bu koşullar, amonyum ve nitratın oluşumunu destekleyerek arginin gibi azotça zengin amino asitlerin sentezini ve birikimini artırmaktadır. Ayrıca, arginin'in diğer amino asitlerle güçlü pozitif ilişkisi, bu bileşiğin organik azot döngüsündeki merkezi rolünü ve mikrobiyal azot metabolizmasıyla bağlantısını ortaya koymaktadır.

Toprakta azot fazlalığı oluştuğunda, ağaçlar bu azotu doğrudan serbest arginin formunda depolayabilmektedir. Arginin, tüm amino asitler arasında en yüksek azot içeriğine sahip olması nedeniyle bitkiler için verimli bir azot depolama bileşiği olarak işlev görmektedir (Avila vd., 2025). Organik azot bileşenleri arasında yer alan arginin, özellikle tohumdan fideye geçiş sürecinde bitkiler için önemli bir azot kaynağı olup, bu özelliğiyle doğal gençleşmenin yoğun olduğu orman ekosistemlerinde azot sınırlı koşullarda fidan gelişimini desteklemektedir. Ayrıca, fidan gelişiminde, inorganik azot kaynakları yerine arginin kullanılması, bu bileşiğin toprakta yüksek bağlanma kapasitesi sayesinde kök yanması riskini azaltması açısından avantaj sağlamaktadır (Inselsbacher vd., 2011).

Kozalaklı türler, azot kaynakları arasında organik azot bileşenlerinden arginini, nitrat formuna göre öncelikli olarak tercih etmektedirler (Gruffman vd., 2014; Valderrama-Martin vd., 2024; Avila vd., 2025). Bu tercihin ardında, özellikle boreal orman ekosistemlerindeki azot sınırlılığı ve organik azotun baskınlığı yatmaktadır. Orman ölü örtüsünde ve mantar hücrelerinde arginin miktarı yüksek olduğu için, çürüyen bitki materyali ve mikroorganizma kalıntıları organik azot havuzuna arginin sağlamaktadır. Bu bağlamda, argininin boreal orman topraklarında organik azot havuzunun önemli bir bileşeni olup, kozalaklı türler tarafından tercih edilen başlıca organik azot formudur (Gruffman vd., 2014). Ladin türlerinde arginin, mevsimsel azot döngüsünde stratejik bir rol üstlenmektedir. Sonbaharda, azotun serbest formda arginin olarak ibre ve odun dokularında depolanması; ilkbaharda ise bu birikimin yıkıma uğrayarak yeni doku oluşumu için gerekli azotu sağlaması, bu amino asidi önemli bir azot kaynağı hâline getirmektedir. Bu durum, özellikle azot sınırlı boreal ekosistemlerde, ladin ağaçlarının azot kullanım verimliliğini artıran bir strateji olarak değerlendirilmektedir (Llebres vd., 2018).

Bu çalışmada, topraktaki arginin miktarı ortalama 0.037 kg-ha (0.133 mg-kg) olarak belirlenmiştir. Robin ve Kurt (2007) tarafından yapılan çalışmada, orman toprağındaki

arginin miktarı Haziran ayında 0.016 mg-kg, Temmuz ayında 0.018 mg-kg, Ağustos ayında ise 0.020 mg-kg olarak belirlenmiştir.

3.4.3. Asparagin Miktarı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak asparagin (mg-kg) miktarları Tablo 156'da verilmiştir.

Tablo 156. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların asparagin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.172±0.057 ⁽¹⁾	0.119±0.042	0.134±0.044	0.185±0.050	0.154±0.054	0.155±0.053
	0.098-0.255 ⁽²⁾	0.059-0.163	0.087-0.191	0.117-0.234	0.104-0.226	0.062-0.245
3	0.141±0.029	0.117±0.051	0.120±0.045	0.162±0.042	0.108±0.032	0.143±0.048
	0.085-0.172	0.055-0.211	0.065-0.209	0.086-0.211	0.068-0.152	0.065-0.231
4	0.126±0.053	0.147±0.006	0.137±0.061	0.122±0.034	0.117±0.029	0.156±0.031
	0.065-0.215	0.140-0.152	0.048-0.189	0.095-0.164	0.085-0.160	0.099-0.205

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 156 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama asparagin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.172, 0.119, 0.134 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama asparagin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.185, 0.154, 0.155 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama asparagin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.141, 0.117, 0.120 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama asparagin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.162, 0.108, 0.143 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama asparagin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.126,

0.147, 0.137 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama asparagin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.122, 0.117, 0.156 olarak bulunmuştur (Tablo 156).

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak asparagin (kg-ha) miktarları Tablo 157’de verilmiştir.

Tablo 157. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların asparagin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.046±0.025	0.044±0.028	0.051±0.035	0.047±0.010	0.048±0.016	0.044±0.026
	0.016-0.085	0.008-0.100	0.015-0.107	0.031-0.058	0.024-0.061	0.008-0.109
3	0.035±0.011	0.033±0.015	0.038±0.019	0.042±0.022	0.023±0.007	0.042±0.024
	0.020-0.048	0.022-0.066	0.009-0.068	0.017-0.088	0.014-0.034	0.009-0.074
4	0.030±0.014	0.044±0.016	0.057±0.048	0.030±0.020	0.029±0.010	0.041±0.016
	0.017-0.055	0.024-0.058	0.014-0.133	0.013-0.063	0.017-0.048	0.017-0.072

(¹) : Ortalama ± Standart Sapma. (²) : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 157 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama asparagin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.046, 0.044, 0.051 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama asparagin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.047, 0.048, 0.044 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama asparagin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.035, 0.033, 0.038 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama asparagin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.042, 0.023, 0.042 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama asparagin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.030, 0.044, 0.057 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve

Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama asparagin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.030, 0.029, 0.041 olarak bulunmuştur (Tablo 157).

Ladin meşcerelerindeki asparagin (kg-ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 158’de gösterilmiştir.

Tablo 158. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak asparagin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.003	2	0.001	2.642	0.076
Meşcere tipi	0.002	2	0.001	1.791	0.171
Yükselti basamağı	0.000	1	0.000	0.764	0.384
Bonitet*meşcere tipi	0.002	4	0.000	0.945	0.441
Bonitet*yükselti basamağı	0.001	2	0.000	0.670	0.513
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.001	2	0.000	0.630	0.534
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.001	4	0.000	0.384	0.820

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait asparagin (kg-ha) miktarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 158’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde 0–5 cm toprak derinlik kademesindeki asparagin (kg-ha) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki asparagin (kg-ha) miktarıyla; kum ($r=-0.338$) ve EC ($r=-0.217$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki asparagin (kg-ha) miktarıyla; üst boy ($r=0.207$), hacim ağırlığı ($r=0.524$), toz ($r=0.184$), kil ($r=0.323$), pH (H_2O) ($r=0.178$), toprak organik C ($r=0.292$), amonyum ($r=0.460$), nitrat ($r=0.471$), toplam mineral N ($r=0.520$), alanin ($r=0.505$), glisin ($r=0.555$), lösin ($r=0.558$), glutamin ($r=0.695$), aspartik asit ($r=0.556$), glutamik asit ($r=0.614$), histidin ($r=0.605$) ve arginin ($r=0.576$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Toprakta asparagin miktarı ve işlevi, pH, organik madde birikimi, C:N oranı ve iklim koşulları gibi çevresel etkenlerin ortak etkisiyle belirlenmektedir (Noll vd., 2019). Bu çalışmanın sonuçlarına göre asparagin birikimi, kil ve organik madde içeriği yüksek, azot

bakımından zengin toprak koşullarında artış göstermiş; buna karşılık kum oranı ve elektriksel iletkenliği yüksek topraklarda azalma eğilimi sergilemiştir. Toprak organik maddesinin artışı, asparagin sentezi için azot ve organik bileşik bolluğu oluştururken, aynı zamanda mikrobiyal aktiviteyi de uyararak asparaginin daha hızlı parçalanıp tüketilmesine yol açmaktadır (Ström vd., 2012). Asparagin, düşük derişimlerde bulunmasına rağmen hızlı dönüşümü ve hem bitkiler hem mikroorganizmalar tarafından kolayca kullanılabilirliği sayesinde, orman ekosistemlerinde azot döngüsünün sürekliliğini sağlayan temel organik bileşiklerden biri olarak kabul edilmektedir.

Bitkilerde özellikle glutamin ve asparagin, azotun taşınması, depolanması ve yeniden kullanımı süreçlerinde temel rol oynayan amino asitlerdir. Bu bileşikler, kök ve sürgün morfolojisinin şekillenmesinde etkili olmakta ve bitkilerin biyotik ile abiyotik stres koşullarına karşı savunma tepkilerini düzenlemektedir (Zeier, 2013; Guo vd., 2021). Polar yapısı nedeniyle asparagin suda yüksek çözünürlüğe sahiptir ve toprak çözeltisinde kolaylıkla hareket edebilir. Ayrıca, ksilem ve floem özsuyunda yaygın olarak bulunan başlıca azot taşıyıcı bileşiklerden biri olarak bitkiler tarafından doğrudan alınmakta ve taşınabilir bir azot deposu olarak kullanılmaktadır. Bitkiler, fazla azotu genellikle arginin veya asparagin gibi serbest amino asitler ya da depo proteinleri biçiminde biriktirerek depolamaktadır (Avila vd., 2025).

Topraklardaki serbest amino asitlerin büyük bölümü katı faza adsorbe olmuş durumdadır; toprağa giren amino asitlerin yaklaşık %88–92’si kolloidlere bağlanabilmektedir. Ayrıca, adsorbe amino asit miktarının serbest forma göre yaklaşık beş kat daha yüksek olabileceği bildirilmektedir (Qualls ve Richardson, 2003). Bu nedenle serbest asparagin derişimi düşük olsa da, toprak kolloidlerinde adsorbe halde bulunan gizli bir amino asit rezervi mevcuttur. Noll vd. (2019), serbest amino asitlerin çözünür organik azotun ortalama %27’sini asidik topraklarda, %13’ünü kireçli topraklarda oluşturduğunu bildirmiştir.

Topraktaki asparaginin dönüşümü, mikroorganizmaların besin ihtiyaçlarına bağlı olarak ya hücre bileşenlerine dönüştürülmesi (asimilasyon) ya da inorganik azota parçalanması (mineralizasyon) şeklinde gerçekleşir. L-asparaginaz enzimi aracılığıyla asparagin, aspartik asit ve amonyuma parçalanmakta; özellikle karbon sınırlaması koşullarında mikroorganizmalar bu bileşiği enerji ve karbon kaynağı olarak kullanarak amonyum salınımını ve azot mineralizasyonunu artırmaktadır (Noll vd., 2019). Böylece asparagin, mikroorganizmalar ve bitkiler arasında organik–inorganik azot dönüşümünde bir

köprü görevi üstlenmektedir. Sonuç olarak, asparagin gibi amino asitler hem bitkiler hem de mikroorganizmalar tarafından besin kaynağı olarak tercih edilmekte ve toprağın azot döngüsünde önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, topraktaki asparagin miktarı ortalama 0.039 kg-ha (0.140 mg-kg) olarak belirlenmiştir. Yapılan çeşitli çalışmalar, toprak çözeltisinde serbest amino asit derişimlerinin genellikle 0.013–6.61 mg-kg (0.1–50 $\mu\text{mol L}^{-1}$) aralığında değiştiğini bildirmiştir (Jones vd., 2002; Christou vd., 2006). Benzer biçimde Werdin-Pfisterer vd. (2009), Alaska'daki boreal orman topraklarında asparagin oranının toplam amino asit havuzunun %7–13'ünü oluşturduğunu rapor etmiştir. Berthrong ve Finzi (2006) tarafından yürütülen çalışmada, farklı orman ekosistemlerinden alınan toprak örneklerinde asparagin miktarının en yüksek 0.89 mg-kg düzeyine ulaştığı belirlenmiştir. Bu değerler, bu çalışmada belirlenen amino asit miktarlarıyla benzerlik göstermekte olup, serbest amino asitlerin düşük düzeylerde bulunmasına rağmen ekosistemde önemli bir organik azot kaynağı oluşturduğunu göstermektedir.

3.4.4. Aspartik Asit Miktarı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak aspartik asit (mg-kg) miktarları Tablo 159'da verilmiştir.

Tablo 159. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların aspartik asit (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.140±0.072 ⁽¹⁾	0.152±0.061	0.135±0.023	0.134±0.063	0.209±0.082	0.160±0.063
	0.065-0.255 ⁽²⁾	0.095-0.252	0.096-0.164	0.078-0.218	0.088-0.258	0.092-0.261
3	0.159±0.036	0.133±0.053	0.136±0.061	0.165±0.050	0.166±0.051	0.161±0.065
	0.096-0.197	0.082-0.241	0.066-0.255	0.097-0.252	0.110-0.234	0.069-0.270
4	0.155±0.057	0.161±0.044	0.111±0.033	0.118±0.022	0.141±0.067	0.150±0.035
	0.066-0.248	0.109-0.208	0.074-0.165	0.091-0.145	0.068-0.264	0.102-0.205

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 159 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama aspartik asit (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.140, 0.152, 0.135 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama aspartik asit (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.134, 0.209, 0.160 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama aspartik asit (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.159, 0.133, 0.136 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama aspartik asit (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.165, 0.166, 0.161 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama aspartik asit (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.155, 0.161, 0.111 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama aspartik asit (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.118, 0.141, 0.150 olarak bulunmuştur (Tablo 159).

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak aspartik asit (kg-ha) miktarları Tablo 160'da verilmiştir.

Tablo 160. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların aspartik asit (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.035±0.019 ⁽¹⁾	0.050±0.022	0.044±0.019	0.033±0.014	0.065±0.033	0.042±0.021
	0.009-0.066 ⁽²⁾	0.014-0.090	0.020-0.072	0.023-0.053	0.028-0.109	0.013-0.072
3	0.040±0.015	0.038±0.014	0.037±0.011	0.040±0.015	0.037±0.015	0.047±0.030
	0.023-0.063	0.021-0.063	0.019-0.056	0.023-0.072	0.015-0.054	0.009-0.097
4	0.038±0.018	0.051±0.030	0.039±0.017	0.029±0.014	0.036±0.021	0.040±0.021
	0.020-0.080	0.017-0.081	0.014-0.057	0.012-0.044	0.012-0.074	0.016-0.087

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 160 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama aspartik asit (kg-

ha) içerikleri sırasıyla, 0.035, 0.050, 0.044 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama aspartik asit (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.033, 0.065, 0.042 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama aspartik asit (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.040, 0.038, 0.037 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama aspartik asit (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.040, 0.037, 0.047 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama aspartik asit (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.038, 0.051, 0.039 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama aspartik asit (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.029, 0.036, 0.040 olarak bulunmuştur (Tablo 160).

Ladin meşcerelerindeki aspartik asit (kg-ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 161’de gösterilmiştir.

Tablo 161. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak aspartik asit (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.001	2	0.000	0.994	0.373
Meşcere tipi	0.002	2	0.001	2.517	0.085
Yükselti basamağı	0.000	1	0.000	0.001	0.978
Bonitet*meşcere tipi	0.002	4	0.001	1.400	0.239
Bonitet*yükselti basamağı	0.001	2	0.000	0.998	0.372
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	0.332	0.718
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.001	4	0.000	0.669	0.615

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait aspartik asit (kg-ha) miktarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 161’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde 0–5 cm toprak derinlik kademesindeki aspartik asit (kg-ha) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki aspartik asit (kg-ha) miktarıyla; kum ($r=-0.308$), tarla kapasitesi ($r=-0.244$) ve solma noktası ($r=-0.278$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki aspartik asit (kg-ha) miktarıyla; eğim ($r=0.200$), üst boy ($r=0.287$), hacim ağırlığı ($r=0.470$), toz ($r=0.245$), kil ($r=0.252$), pH (H₂O) ($r=0.192$), amonyum ($r=0.340$), nitrat ($r=0.357$), toplam mineral N ($r=0.388$), alanin ($r=0.380$), glisin ($r=0.474$), lösin ($r=0.482$), glutamin ($r=0.543$), asparagin ($r=0.556$), glutamik asit ($r=0.577$), histidin ($r=0.446$) ve arginin ($r=0.503$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre, 0–5 cm derinlik kademesindeki topraklarda aspartik asit miktarı ile kum oranı, tarla kapasitesi ve solma noktası arasında negatif yönlü anlamlı ilişkiler belirlenmiştir. Bu durum, kum oranı yüksek topraklarda su ve besin tutma kapasitesinin düşük olması nedeniyle organik azot bileşiklerinin, özellikle suda çözünebilen amino asitlerin kolayca yıkanarak topraktan uzaklaşmasıyla açıklanabilir. Tarla kapasitesi ve solma noktasının yüksek olduğu, yani suyun biyolojik olarak daha az erişilebilir olduğu topraklarda mikrobiyal aktivitenin zayıflaması ve organik madde ayrışmasının yavaşlaması nedeniyle aspartik asit birikiminin azalmaktadır. Aspartik asit, mikrobiyal metabolizmada azot fiksasyonu ve glutamat–glutamin dönüşüm yollarında önemli bir rol oynayan amino asitlerden biridir. Bu nedenle, nemin ve mikrobiyal aktivitenin yüksek olduğu koşullar aspartik asit birikimini desteklerken, su tutma kapasitesi düşük ve kuraklaşmaya eğilimli yüzey topraklarda bu bileşiğin miktarı azalmaktadır. Hacim ağırlığı ve ince fraksiyon oranının artması, organik maddenin ayrışmasını yavaşlatarak karbon ve azot bileşiklerinin, dolayısıyla amino asitlerin toprakta daha uzun süre tutulmasını sağlamaktadır. Ayrıca pH'nın nötr değerlere yaklaşması, mikrobiyal faaliyetleri ve enzimatik reaksiyonları destekleyerek aspartik asit üretimini artırmaktadır.

Aspartik asit, hem bitkiler hem mikroorganizmalar tarafından sentezlenebilen ve azot döngüsünde merkezi rol oynayan bir dikarbonik amino asittir. Polar ve suda çözünebilir bir bileşik olan aspartik asit, bu özelliği sayesinde toprak çözeltisinde kolayca hareket ederek mikrobiyal azot dönüşüm süreçlerinde aktif rol oynar. Bitkiler açısından bakıldığında ise, aspartik asit azot fiksasyonu sonucu üretilen amonyumun toksik etkisini azaltmak için geçici bir depolama bileşiği görevi görür (Masclaux vd., 2010).

Bu çalışmada, topraktaki aspartik asit miktarı ortalama 0.041 kg-ha (0.149 mg/kg) olarak belirlenmiştir. Robin ve Kurt (2007) tarafından yapılan çalışmada, orman toprağındaki aspartik asit miktarı Haziran ayında 0.133 mg/kg, Temmuz ayında 0.145 mg/kg, Ağustos ayında ise 0.131 mg/kg olarak belirlenmiştir. Werdin-Pfisterer vd. (2009) tarafından Alaska'daki boreal orman topraklarında yapılan çalışmada, aspartik asit oranı toplam amino asit havuzunun %9–14'ünü oluşturmuştur.

3.4.5. Glisin Miktarı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak glisin (mg/kg) miktarları Tablo 162'de verilmiştir.

Tablo 162. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların glisin (mg/kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.159±0.051 ⁽¹⁾	0.166±0.039	0.118±0.042	0.170±0.043	0.160±0.047	0.141±0.043
	0.082-0.258 ⁽²⁾	0.102-0.212	0.082-0.211	0.128-0.241	0.108-0.211	0.057-0.205
3	0.159±0.043	0.148±0.033	0.170±0.049	0.140±0.048	0.167±0.018	0.135±0.057
	0.088-0.208	0.105-0.207	0.102-0.248	0.085-0.209	0.141-0.196	0.056-0.255
4	0.124±0.047	0.170±0.043	0.163±0.041	0.129±0.027	0.151±0.035	0.147±0.044
	0.075-0.217	0.128-0.208	0.101-0.205	0.102-0.160	0.085-0.199	0.085-0.211

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 162 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glisin (mg/kg) içerikleri sırasıyla, 0.159, 0.166, 0.118 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glisin (mg/kg) içerikleri sırasıyla, 0.170, 0.160, 0.141 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glisin (mg/kg) içerikleri sırasıyla, 0.159, 0.148, 0.170 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3

meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glisin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.140, 0.167, 0.135 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glisin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.124, 0.170, 0.163 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glisin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.129, 0.151, 0.147 olarak bulunmuştur (Tablo 162).

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak glisin (kg-ha) miktarları Tablo 163’de verilmiştir.

Tablo 163. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların glisin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.041±0.020 ⁽¹⁾	0.056±0.027	0.040±0.026	0.043±0.005	0.048±0.009	0.035±0.011
	0.019-0.069 ⁽²⁾	0.026-0.098	0.014-0.093	0.037-0.048	0.035-0.057	0.017-0.050
3	0.039±0.015	0.044±0.015	0.054±0.027	0.035±0.015	0.038±0.018	0.038±0.021
	0.027-0.066	0.026-0.065	0.016-0.093	0.014-0.056	0.023-0.066	0.008-0.082
4	0.030±0.011	0.050±0.022	0.059±0.034	0.029±0.010	0.039±0.017	0.041±0.025
	0.017-0.045	0.033-0.080	0.031-0.111	0.020-0.044	0.014-0.069	0.012-0.087

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 163 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glisin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.041, 0.056, 0.040 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glisin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.043, 0.048, 0.035 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glisin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.039, 0.044, 0.054 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3

meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glisin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.035, 0.038, 0.038 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glisin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.030, 0.050, 0.059 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glisin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.029, 0.039, 0.041 olarak bulunmuştur (Tablo 163).

Ladin meşcerelerindeki glisin (kg-ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 164’de gösterilmiştir.

Tablo 164. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak glisin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.000	2	0.000	0.212	0.810
Meşcere tipi	0.002	2	0.001	2.711	0.071
Yükselti basamağı	0.002	1	0.002	4.259	0.041
Bonitet*meşcere tipi	0.003	4	0.001	1.885	0.118
Bonitet*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	0.227	0.797
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.001	2	0.000	0.965	0.384
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.000	4	0.000	0.140	0.967

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait glisin (kg-ha) miktarının yükselti basamağı ($F=4.259$, $p=0.041<0.05$) faktörüne göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 164’de görülmektedir.

Tablo 165. Toprak glisin (kg-ha) miktarının yükselti basamaklarına göre değişimi

Toprak Glisin Miktarı	Yükselti Basamağı	n	Ortalama
Glisin (kg-ha)	800-1300 m	65	0.045
	1300-1900 m	68	0.038

Yükselti basamaklarına göre farklılıklar incelendiğinde; 800-1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerin (0.045 kg/ha), 1300-1900 m yükselti basamağındaki meşcelere

(0.038 kg/ha) göre daha yüksek toprak glisin (kg/ha) miktarına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 165).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde 0–5 cm toprak derinlik kademesindeki glisin (kg-ha) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki glisin (kg-ha) miktarıyla; yükselti ($r=-0.216$), kum ($r=-0.310$) ve solma noktası ($r=-0.231$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki glisin (kg-ha) miktarıyla; eğim ($r=0.178$), üst boy ($r=0.256$), hacim ağırlığı ($r=0.590$), kil ($r=0.302$), pH (H₂O) ($r=0.237$), toprak organik C ($r=0.320$), FSK ($r=0.186$), amonyum ($r=0.398$), nitrat ($r=0.574$), toplam mineral N ($r=0.524$), toprak C/N oranı ($r=0.206$), alanin ($r=0.626$), lösin ($r=0.629$), glutamin ($r=0.556$), asparagin ($r=0.555$), aspartik asit ($r=0.474$), glutamik asit ($r=0.577$), histidin ($r=0.617$) ve arginin ($r=0.559$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, 800–1300 m yükselti basamağındaki meşcerelerde toprak glisin miktarı daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, düşük rakımlarda sıcaklığın ve mikrobiyal aktivitenin artmasıyla organik maddenin ayrışma hızının yükselmesi ve buna bağlı olarak amino asit üretiminin artmasıyla açıklanabilir. Ayrıca, yüksek sıcaklık koşulları mikrobiyal azot döngüsünü hızlandırarak, özellikle basit yapılı bir amino asit olan glisin'in toprakta daha fazla birikmesine katkı sağlamaktadır.

Korelasyon analizi sonucuna göre, 0–5 cm derinlikte glisin miktarının yükselti, kum ve solma noktasıyla negatif ilişki göstermesi; bu amino asidin oluşumu ve birikiminin sıcaklık, toprak dokusu ve nem koşullarından etkilendiğini göstermektedir. Yükselti arttıkça sıcaklığın azalması mikrobiyal aktiviteyi zayıflatarak organik azotun amino asitlere dönüşümünü sınırlandırmaktadır. Kum oranının yüksek olduğu topraklarda su ve besin tutma kapasitesinin düşük olması, glisin gibi suda çözünebilen amino asitlerin yağışla kolayca yıkanmasına neden olmaktadır. Ayrıca, solma noktası yüksek olan topraklarda, biyolojik olarak erişilebilir nem sınırlı olduğundan mikrobiyal aktivite ve amino asit üretimi zayıflar, dolayısıyla glisin miktarı azalır.

Glisin, en düşük moleküler ağırlığa sahip amino asit olup, küçük ve esnek yapısıyla birlikte polar özelliği sayesinde sulu ortamlarda yüksek çözünürlük göstermektedir. Bu özellik, onun toprakta kolaylıkla hareket etmesine ve bitkiler tarafından doğrudan alınabilen organik azot formlarından biri hâline gelmesine olanak tanımaktadır (Kielland, 1994; Wanek

vd., 2010). Glisin, özellikle azot sınırlı boreal ve subalpin orman ekosistemlerinde, mikroorganizmalar ve bitkiler için hem karbon hem de azot kaynağı olarak kritik öneme sahiptir. Küçük molekül yapısı nedeniyle mikrobiyal biyokütle tarafından hızla tüketilen glisin, aynı zamanda azot mineralizasyon süreçlerinde amonyuma dönüşerek inorganik azot havuzunu da katkı sağlamaktadır. Toprak C:N oranına bağlı olarak mikrobiyal azot kullanım stratejileri değişmekte; yüksek C:N oranlı topraklarda glisin azotu mikrobiyal biyoküttele tutulurken, düşük C:N ortamlarında hızla mineralize edilerek çözeltiliye amonyum formunda aktarılmaktadır. Bu bağlamda glisin, topraktaki azot döngüsünün hem organik hem de inorganik formlar arasındaki geçişinde kilit rol oynayan, biyolojik olarak yüksek kullanılabilirliğe sahip bir amino asit olarak değerlendirilmektedir (Näsholm vd., 2009).

Bu çalışmada, topraktaki glisin miktarı ortalama 0.041 kg-ha (0.149 mg-kg) olarak belirlenmiştir. Kuzey Amerika tundralarında baskın serbest amino asitlerin arginin, serin ve glisin olduğu bildirilmiştir (Nordin vd., 2004). Glisin amino asiti üzerine yapılan çalışmalar, organik azotun toplam azot alımındaki katkısının tarımsal bitkilerde %0.5 gibi düşük seviyelerde kalabildiğini; buna karşılık, arktik ve alpin ekosistemlerde yetişen bitkilerde bu oranın %60'a kadar çıkabildiğini göstermiştir (Zhang vd., 2015).

3.4.6. Glutamin Miktarı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak glutamin (mg-kg) miktarları Tablo 166'da verilmiştir.

Tablo 166. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların glutamin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.154±0.053 ⁽¹⁾	0.123±0.018	0.094±0.028	0.156±0.060	0.189±0.050	0.162±0.052
	0.085-0.254 ⁽²⁾	0.101-0.150	0.064-0.133	0.093-0.241	0.145-0.255	0.088-0.244
3	0.128±0.051	0.112±0.034	0.144±0.039	0.157±0.053	0.147±0.027	0.131±0.049
	0.055-0.211	0.058-0.152	0.086-0.202	0.065-0.241	0.098-0.169	0.075-0.230
4	0.134±0.052	0.147±0.045	0.128±0.039	0.137±0.041	0.108±0.040	0.103±0.028
	0.049-0.200	0.081-0.176	0.086-0.182	0.104-0.201	0.054-0.152	0.055-0.140

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 166 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.154, 0.123, 0.094 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.156, 0.189, 0.162 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.128, 0.112, 0.144 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.157, 0.147, 0.131 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.134, 0.147, 0.128 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.137, 0.108, 0.103 olarak bulunmuştur (Tablo 166).

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak glutamin (kg-ha) miktarları Tablo 167’de verilmiştir.

Tablo 167. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların glutamin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.040±0.019 ⁽¹⁾	0.045±0.027	0.032±0.018	0.038±0.009	0.057±0.008	0.042±0.018
	0.015-0.067 ⁽²⁾	0.017-0.103	0.011-0.055	0.027-0.047	0.046-0.065	0.014-0.067
3	0.033±0.019	0.033±0.014	0.047±0.029	0.037±0.012	0.034±0.016	0.036±0.022
	0.012-0.067	0.019-0.054	0.016-0.120	0.017-0.053	0.014-0.055	0.012-0.086
4	0.031±0.012	0.044±0.023	0.045±0.025	0.033±0.016	0.028±0.013	0.031±0.025
	0.015-0.055	0.021-0.067	0.026-0.075	0.014-0.048	0.010-0.043	0.009-0.089

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 167 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.040, 0.045, 0.032 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.038, 0.057, 0.042 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.033, 0.033, 0.047 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.037, 0.034, 0.036 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.031, 0.044, 0.045 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.033, 0.028, 0.031 olarak bulunmuştur (Tablo 167).

Ladin meşcerelerindeki glutamin (kg-ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 168’de gösterilmiştir.

Tablo 168. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak glutamin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.001	2	0.001	1.404	0.250
Meşcere tipi	0.000	2	0.000	0.562	0.572
Yükselti basamağı	0.000	1	0.000	0.194	0.660
Bonitet*meşcere tipi	0.002	4	0.000	1.144	0.339
Bonitet*yükselti basamağı	0.001	2	0.001	1.653	0.196
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	0.293	0.747
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.001	4	0.000	0.800	0.528

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait glutamin (kg-ha) miktarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 168’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde 0–5 cm toprak derinlik kademesindeki glutamin (kg-ha) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki glutamin (kg-ha) miktarıyla; kum ($r=-0.325$), EC ($r=-0.232$), ve solma noktası ($r=-0.195$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki glutamin (kg-ha) miktarıyla; eğim ($r=0.178$), üst boy ($r=0.224$), hacim ağırlığı ($r=0.536$), kil ($r=0.316$), pH (H_2O) ($r=0.214$), toprak organik C ($r=0.222$), FSK ($r=0.203$), amonyum ($r=0.452$), nitrat ($r=0.405$), toplam mineral N ($r=0.485$), alanin ($r=0.510$), glisin ($r=0.556$), lösin ($r=0.659$), asparagin ($r=0.695$), aspartik asit ($r=0.543$), glutamik asit ($r=0.624$), histidin ($r=0.591$) ve arginin ($r=0.569$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre, 0–5 cm derinlik kademesinde kum oranının yüksek, su ve besin tutma kapasitesinin düşük olduğu topraklarda mikrobiyal aktivitenin zayıflaması, glutamin sentezinin ve birikiminin azalmasına neden olmaktadır. Elektriksel iletkenliğin yüksek olduğu koşullarda ise osmotik stresin mikrobiyal azot asimilasyonunu baskılayarak glutamin sentezini azaltması ve solma noktası yüksek topraklarda mikrobiyal etkinliğin ve N dönüşümünün zayıflamasıyla açıklanabilir. Glutamin, amonyum iyonunun biyolojik olarak bağlanması önemli rol oynayan, suda yüksek çözünürlüğe sahip nötral ve polar bir amino asittir. Bu özelliği sayesinde organik azotun taşınması ve depolanmasında önemli bir ara bileşen olarak görev yapmakta, ancak yüksek çözünürlüğü nedeniyle toprak çözeltisinde kolayca hareket ederek yıkanabilmektedir. Buna karşılık, kil ve organik madde oranının artması, kolloid yüzey alanını genişleterek amonyum iyonlarının tutulmasını kolaylaştırmakta ve mikrobiyal azot dönüşüm süreçlerini desteklemektedir. Bu koşullar, amonyumun glutamat aracılığıyla glutamin formuna dönüştürülmesini kolaylaştırarak glutaminin oluşumunu ve toprakta birikimini artırmaktadır. Özellikle kilce zengin ve besin içeriği yüksek topraklarda bu süreçlerin daha etkin gerçekleştiği düşünülmektedir.

Bitkilerin serbest amino asitleri alma oranları; moleküler kütle, çözünürlük, yük durumu ve hidrofobiklik gibi yapısal özelliklere bağlı olarak değişir. Bu faktörler, amino asitlerin toprak çözeltisinde difüzyon hızını ve dolayısıyla alım potansiyelini belirler. Düşük moleküler ağırlıklı ve yüksek çözünürlükteki amino asitler daha kolay taşınırken, hidrofobik veya iyonik yapıları olanlar toprakta daha fazla tutulmaktadır (Zhu ve Zhuang, 2013). Glutamin amino asidinin nötral ve suda kolay çözünür yapısı, bu amino asidin toprak

çözeltilisinde hızla difüze olmasına ve bitkilerce alınabilirliğinin artmasına neden olurken, aynı zamanda yıkanma riskini de beraberinde getirmektedir.

Bu çalışmada, topraktaki glutamin miktarı ortalama 0.037 kg-ha (0.135 mg-kg) olarak belirlenmiştir. Bu miktar, organik azot döngüsünde glutaminin orta düzeyde bir amino asit olduğunu ve çevresel koşullara duyarlı birikim eğilimleri sergilediğini göstermektedir. Kuzey İsveç çam ormanlarında glutamin ve alanin, Kuzey Amerika orman topraklarında ise alanin, asparagin, aspartat, glutamat, glutamin ve histidinin baskın olduğu belirlenmiştir. Amino asit bileşimindeki bu farklılıkların, ekosistemlerin bitki örtüsü kompozisyonu ve tür hâkimiyetlerindeki değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Nordin vd., 2001; Werdin-Pfisterer vd., 2009). Bu bulgular, glutamin gibi amino asitlerin topraktaki dağılımının yalnızca fizikokimyasal özelliklerle değil, aynı zamanda baskın bitki türlerinin kök salgıları ve mikrobiyal iş birlikleriyle şekillendiğini göstermektedir.

3.4.7. Glutamik Asit Miktarı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak glutamik asit (mg-kg) miktarları Tablo 169'da verilmiştir.

Tablo 169. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların glutamik asit (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.153±0.049 ⁽¹⁾	0.156±0.046	0.146±0.043	0.131±0.052	0.165±0.065	0.171±0.056
	0.069-0.244 ⁽²⁾	0.121-0.251	0.105-0.209	0.098-0.222	0.082-0.220	0.088-0.298
3	0.134±0.043	0.159±0.069	0.152±0.059	0.139±0.043	0.141±0.036	0.136±0.059
	0.063-0.188	0.074-0.246	0.076-0.252	0.076-0.196	0.106-0.201	0.059-0.255
4	0.172±0.056	0.145±0.042	0.151±0.048	0.161±0.041	0.144±0.045	0.139±0.043
	0.095-0.241	0.094-0.185	0.092-0.225	0.107-0.206	0.082-0.213	0.058-0.196

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 169 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamik asit (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.153, 0.156, 0.146 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti

basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamik asit (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.131, 0.165, 0.171 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamik asit (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.134, 0.159, 0.152 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamik asit (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.139, 0.141, 0.136 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamik asit (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.172, 0.145, 0.151 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamik asit (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.161, 0.144, 0.139 olarak bulunmuştur (Tablo 169).

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak glutamik asit (kg-ha) miktarları Tablo 170’de verilmiştir.

Tablo 170. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların glutamik asit (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.040±0.018 ⁽¹⁾	0.056±0.033	0.046±0.020	0.033±0.008	0.054±0.030	0.045±0.020
	0.017-0.064 ⁽²⁾	0.017-0.114	0.018-0.082	0.024-0.044	0.019-0.090	0.014-0.085
3	0.036±0.018	0.047±0.024	0.045±0.022	0.035±0.018	0.032±0.014	0.039±0.024
	0.013-0.062	0.019-0.087	0.024-0.085	0.018-0.077	0.015-0.052	0.011-0.079
4	0.043±0.022	0.047±0.027	0.051±0.025	0.039±0.024	0.035±0.012	0.038±0.025
	0.021-0.087	0.015-0.072	0.029-0.093	0.019-0.081	0.016-0.055	0.012-0.097

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 170 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamik asit (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.040, 0.056, 0.046 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki

toprakların ortalama glutamik asit (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.033, 0.054, 0.045 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamik asit (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.036, 0.047, 0.045 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamik asit (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.035, 0.032, 0.039 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamik asit (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.043, 0.047, 0.051 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama glutamik asit (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.039, 0.035, 0.038 olarak bulunmuştur (Tablo 170).

Ladin meşcerelerindeki glutamik asit (kg-ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 171’de gösterilmiştir.

Tablo 171. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak glutamik asit (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.001	2	0.000	0.958	0.387
Meşcere tipi	0.001	2	0.001	1.340	0.266
Yükselti basamağı	0.001	1	0.001	2.837	0.095
Bonitet*meşcere tipi	0.001	4	0.000	0.617	0.651
Bonitet*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	0.189	0.828
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	0.139	0.871
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.000	4	0.000	0.211	0.932

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait glutamik asit (kg-ha) miktarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 171’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde 0–5 cm toprak derinlik kademesindeki glutamik asit (kg-ha) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki glutamik asit (kg-ha) miktarıyla; kum ($r=-0.321$), EC ($r=-0.244$), ve solma noktası ($r=-0.232$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki glutamik asit (kg-ha) miktarıyla; üst boy ($r=0.235$), hacim ağırlığı ($r=0.553$), toz ($r=0.259$), kil ($r=0.262$), pH (H₂O) ($r=0.199$), toprak organik C ($r=0.206$), FSK ($r=0.203$), amonyum ($r=0.492$), nitrat ($r=0.466$), toplam mineral N ($r=0.539$), alanin ($r=0.465$), glisin ($r=0.577$), lösin ($r=0.526$), glutamin ($r=0.624$), asparagin ($r=0.614$), aspartik asit ($r=0.577$), histidin ($r=0.630$) ve arginin ($r=0.504$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre, 0-5 cm derinlik kademesinde, kum oranının yüksek olduğu topraklarda su ve besin tutma kapasitesinin düşük olması, suda çözünebilen bir amino asit olan glutamik asidin yağışla kolayca yıkanarak topraktan uzaklaşmasına neden olmaktadır. EC arttıkça glutamik asit miktarının azalması, yüksek iyon konsantrasyonunun toprak çözeltisinde osmotik stres oluşturarak mikrobiyal faaliyetleri baskılamasıyla açıklanabilir. Yüksek EC değerleri, tuzluluk artışına bağlı olarak mikroorganizmaların azot metabolizmasını yavaşlatmakta ve glutamik asit gibi amino asitlerin sentezini sınırlandırmaktadır. Solma noktasının yüksek olduğu, yani suyun biyolojik olarak erişilebilirliğinin azaldığı koşullarda ise mikrobiyal aktivite zayıflamakta ve organik azot bileşiklerinin üretimi sınırlanmaktadır. Bu sonuçlar, glutamik asidin özellikle nemli ve besin açısından zengin yüzey topraklarında birikme eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Glutamik asit, polar ve asidik yapısı sayesinde suda kolay çözünebilen ve toprakta mikrobiyal faaliyetler sonucu hızla mineralize olarak amonyum formuna dönüşebilen bir amino asittir. Topraktaki organik azotun inorganik forma dönüşümünde (mineralizasyon) önemli bir geçiş molekülü olan glutamik asit, özellikle yüksek mikrobiyal aktiviteye sahip orman topraklarında sıkça gözlenen, çevresel koşullara duyarlı bir organik azot göstergesidir. Ayrıca, bitkilerin azotu organik formlarda alabilme kapasitesini destekleyerek, özellikle azot sınırlı ortamlarda amino asit temelli azot alım stratejilerine katkı sağlar. Bu yönüyle glutamik asit, hem mikrobiyal azot metabolizmasında hem de bitki beslenmesinde önemli bir köprü bileşiktir (Näsholm vd., 2009).

Bu çalışmada, topraktaki glutamik asit miktarı ortalama 0.042 kg-ha (0.150 mg-kg) olarak belirlenmiştir. Farklı ekosistemlerde yapılan araştırmalar, Glutamik asit ve Alaninin toprak N döngüsünde temel amino asitler olduğunu göstermektedir (Kielland, 1995; Yu vd., 2002; Weintraub ve Schimel, 2005; Werdin vd., 2009). Orman toprağındaki glutamik asit miktarları Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında sırasıyla 0.044, 0.052 ve 0.044 mg-kg

olarak saptanmıştır (Robin ve Kurt, 2007). Werdin-Pfisterer vd. (2009) tarafından Alaska'daki boreal orman topraklarında yapılan çalışmada, glutamik asit oranı toplam amino asit havuzunun %17–24'ünü oluşturmuştur.

3.4.8. Histidin Miktarı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak histidin (mg-kg) miktarları Tablo 172'de verilmiştir.

Tablo 172. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların histidin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.155±0.040 ⁽¹⁾	0.154±0.043	0.139±0.034	0.142±0.046	0.145±0.049	0.163±0.047
	0.107-0.215 ⁽²⁾	0.101-0.234	0.100-0.201	0.108-0.208	0.096-0.212	0.085-0.256
3	0.167±0.048	0.146±0.050	0.126±0.038	0.139±0.037	0.146±0.035	0.125±0.059
	0.085-0.201	0.095-0.246	0.075-0.185	0.085-0.200	0.086-0.191	0.048-0.257
4	0.120±0.043	0.148±0.018	0.150±0.038	0.131±0.054	0.150±0.056	0.151±0.031
	0.045-0.185	0.122-0.163	0.087-0.186	0.092-0.215	0.066-0.217	0.104-0.205

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 172 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama histidin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.155, 0.154, 0.139 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama histidin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.142, 0.145, 0.163 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama histidin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.167, 0.146, 0.126 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama histidin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.139, 0.146, 0.125 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama histidin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.120,

0.148, 0.150 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama histidin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.131, 0.150, 0.151 olarak bulunmuştur (Tablo 172).

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak histidin (kg-ha) miktarları Tablo 173’de verilmiştir.

Tablo 173. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların histidin (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.040±0.018 ⁽¹⁾	0.056±0.034	0.045±0.018	0.036±0.011	0.045±0.019	0.044±0.022
	0.022-0.072 ⁽²⁾	0.017-0.108	0.020-0.062	0.027-0.055	0.026-0.068	0.011-0.090
3	0.042±0.015	0.043±0.019	0.039±0.023	0.035±0.017	0.033±0.015	0.036±0.029
	0.016-0.064	0.025-0.079	0.015-0.098	0.016-0.072	0.019-0.062	0.012-0.114
4	0.029±0.013	0.043±0.013	0.054±0.024	0.035±0.030	0.040±0.023	0.040±0.018
	0.009-0.055	0.025-0.057	0.017-0.080	0.013-0.088	0.011-0.073	0.015-0.074

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 173 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama histidin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.040, 0.056, 0.045 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama histidin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.036, 0.045, 0.044 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama histidin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.042, 0.043, 0.039 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama histidin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.035, 0.033, 0.036 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama histidin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.029, 0.043, 0.054 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama histidin (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.035, 0.040, 0.040 olarak bulunmuştur (Tablo 173).

Doğu Ladini meşcerelerindeki histidin (kg-ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 174’de gösterilmiştir.

Tablo 174. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak histidin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (p)
Bonitet	0.001	2	0.000	0.889	0.414
Meşcere tipi	0.001	2	0.001	1.355	0.262
Yükselti basamağı	0.001	1	0.001	1.725	0.192
Bonitet*meşcere tipi	0.001	4	0.000	0.729	0.574
Bonitet*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	0.062	0.940
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.000	2	0.000	0.222	0.801
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.001	4	0.000	0.375	0.826

Yapılan çoklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait histidin (kg-ha) miktarının bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamağı faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 174’de görülmektedir.

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde 0–5 cm toprak derinlik kademesindeki histidin (kg-ha) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki histidin (kg-ha) miktarıyla; kum ($r=-0.289$) ve EC ($r=-0.222$) arasında negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki histidin (kg-ha) miktarıyla; eğim ($r=0.172$), üst boy ($r=0.253$), hacim ağırlığı ($r=0.602$), kil ($r=0.272$), pH (H₂O) ($r=0.205$), toprak organik C ($r=0.376$), amonyum ($r=0.553$), nitrat ($r=0.513$), toplam mineral N ($r=0.601$), toprak C/N oranı ($r=0.193$), alanin ($r=0.491$), glisin ($r=0.617$), lösün ($r=0.617$), glutamin ($r=0.591$), asparagin ($r=0.605$), aspartik asit ($r=0.446$), glutamik asit ($r=0.630$) ve arginin ($r=0.695$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen korelasyon analizlerine göre, kum oranı yüksek topraklarda su ve besin tutma kapasitesinin düşük olması, çözünmüş organik bileşiklerin özellikle histidin gibi suda çözünebilen amino asitlerin kolayca yıkanarak topraktan uzaklaşmasına neden olmaktadır. Histidin gibi nötral pH’ta pozitif yüke sahip amino asitlerin bu koşullarda daha az birikmesi, özellikle düşük su tutma kapasitesi ve iyon tutma kapasitesinin sınırlı olduğu ortamlarla ilişkilidir. Benzer şekilde, yüksek EC değerleri topraktaki iyon birikimini

artırarak mikrobiyal aktiviteyi baskılamakta; dolayısıyla histidin sentezi ve birikimini sınırlamaktadır. Elde edilen sonuçlar, histidinin özellikle organik maddece zengin, mikrobiyal aktivitesi yüksek ve pH değişimlerine karşı tamponlama kapasitesi yüksek topraklarda biriktiğini göstermektedir. Bu bulgular, histidinin toprakta kalıcılığının yalnızca kimyasal çözünürlüğüyle değil, aynı zamanda toprak yapısal özellikleri ve su tutma kapasitesiyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

Histidin, mikrobiyal protein sentezinde görev almasının yanı sıra, azotun toprak ortamında dengelenmesi ve geçici olarak depolanmasında da önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, mineral azot seviyelerinin artışı ile histidin sentezi arasında pozitif bir ilişki söz konusudur. Ayrıca, organik C ve pH gibi toprak özelliklerinin uygun düzeylerde olması mikrobiyal metabolizmayı desteklemekte, bu da histidin ve diğer amino asitlerin sentezini teşvik etmektedir (Werdin-Pfisterer vd., 2009). Dolayısıyla, histidin miktarındaki artış, yalnızca mevcut azot düzeylerine değil, aynı zamanda mikrobiyal faaliyetleri destekleyen toprak koşullarına da duyarlıdır.

Histidinin iyonik özelliği, özellikle asidik toprak koşullarında önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Düşük pH değerlerinde, histidinin yan zinciri protonlanarak pozitif yüklü hâle gelir ve bu da onun topraktaki kil mineralleri ve organik madde yüzeylerine güçlü adsorpsiyonunu beraberinde getirir (Hashizume, 2002). Bu durum, histidinin hareketliliğini azaltarak toprak çözeltisinde daha uzun süre tutulmasını sağlar. Özellikle iğne yapraklı orman toprakları gibi düşük pH'a ve yüksek organik madde içeriğine sahip alanlarda histidin konsantrasyonlarının yüksek olmasının temel nedeni bu adsorptif özelliktir (Werdin-Pfisterer vd., 2009). Bu durum, toprak pH'sı ve kil içeriği gibi faktörlerin histidinin hareketliliğini ve kullanılabilirliğini doğrudan belirlediğini ortaya koymaktadır.

Serbest amino asitlerin toprakta inorganik azot formlarına kıyasla daha düşük konsantrasyonlarda bulunduğu bilinmektedir. Ancak, histidin ve arginin gibi pozitif yüklü amino asitlerin yüksek difüzyon hızları sayesinde bitki kökleri tarafından etkin şekilde alınabildiği de vurgulanmalıdır (Homyak vd., 2021). Bu yönüyle histidin, bitkiler için sadece mikrobiyal süreçlerin bir ürünü değil, aynı zamanda önemli bir azot kaynağı olarak da işlev görmektedir.

Çalışmamızda toprakta belirlenen ortalama histidin miktarı 0.040 kg-ha (0.144 mg/kg) düzeyindedir. Benzer şekilde, Werdin-Pfisterer vd. (2009) tarafından Alaska'daki boreal orman topraklarında yapılan bir çalışmada, histidinin toplam amino asit havuzunun %3–11'ini oluşturduğu bildirilmiştir. Bu oranlar, histidinin farklı iklim ve toprak koşullarındaki

dağılımının, hem biyotik hem de abiyotik faktörlerin etkileşimiyle şekillendiğini göstermektedir.

3.4.9. Lössin Miktarı

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak lössin (mg-kg) miktarları Tablo 175’de verilmiştir.

Tablo 175. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların Lössin (mg-kg) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.193±0.045 ⁽¹⁾	0.186±0.054	0.148±0.038	0.158±0.050	0.160±0.038	0.169±0.055
	0.093-0.245 ⁽²⁾	0.118-0.281	0.092-0.201	0.085-0.207	0.106-0.196	0.109-0.258
3	0.122±0.045	0.110±0.034	0.130±0.045	0.135±0.031	0.161±0.042	0.135±0.047
	0.045-0.173	0.048-0.158	0.074-0.203	0.077-0.177	0.107-0.227	0.057-0.216
4	0.119±0.048	0.180±0.063	0.137±0.079	0.160±0.056	0.131±0.046	0.149±0.042
	0.058-0.215	0.103-0.245	0.056-0.260	0.110-0.251	0.072-0.188	0.078-0.231

⁽¹⁾: Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾: Minimum – Maksimum değerler

Tablo 175 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama lössin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.193, 0.186, 0.148 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama lössin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.158, 0.160, 0.169 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama lössin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.122, 0.110, 0.130 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama lössin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.135, 0.161, 0.135 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama lössin (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.119, 0.180, 0.137 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3

meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama lősın (mg-kg) içerikleri sırasıyla, 0.160, 0.131, 0.149 olarak bulunmuştur (Tablo 175).

Saf Doğu Ladininin hakim olduğu meşcerelerde, 0-5 cm derinlik kademesindeki topraklarda bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına bağlı olarak lősın (kg-ha) miktarları Tablo 176’da verilmiştir.

Tablo 176. 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların lősın (kg-ha) miktarlarının bonitet, meşcere tipi, yükselti basamaklarına göre değişimi

Bonitet Sınıfları	1. Yükselti Basamağı (800-1300 m)			2. Yükselti Basamağı (1300-1900 m)		
	Lbc3	Lc3	Lcd3	Lbc3	Lc3	Lcd3
2	0.049±0.023 ⁽¹⁾	0.065±0.036	0.049±0.022	0.040±0.012	0.050±0.019	0.042±0.015
	0.024-0.087 ⁽²⁾	0.020-0.132	0.018-0.081	0.025-0.058	0.029-0.074	0.028-0.074
3	0.031±0.012	0.033±0.015	0.042±0.028	0.034±0.015	0.038±0.021	0.037±0.023
	0.009-0.048	0.013-0.062	0.011-0.108	0.020-0.063	0.014-0.073	0.011-0.097
4	0.029±0.013	0.057±0.037	0.045±0.024	0.040±0.024	0.034±0.016	0.041±0.024
	0.017-0.059	0.025-0.094	0.016-0.072	0.015-0.076	0.012-0.053	0.014-0.086

⁽¹⁾ : Ortalama ± Standart Sapma. ⁽²⁾ : Minimum – Maksimum değerler

Tablo 176 incelendiğinde; 2. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama lősın (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.049, 0.065, 0.049 olarak bulunmuştur. 2. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama lősın (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.040, 0.050, 0.042 olarak bulunmuştur.

3. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama lősın (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.031, 0.033, 0.042 olarak bulunmuştur. 3. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama lősın (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.034, 0.038, 0.037 olarak bulunmuştur.

4. bonitet ve 1. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama lősın (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.029, 0.057, 0.045 olarak bulunmuştur. 4. bonitet ve 2. yükselti basamağına sahip Lbc3, Lc3 ve Lcd3 meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesindeki toprakların ortalama lősın (kg-ha) içerikleri sırasıyla, 0.040, 0.034, 0.041 olarak bulunmuştur (Tablo 176).

Ladin meşcerelerindeki lösin (kg-ha) miktarlarının, bonitet sınıfları, meşcere tipleri, yükselti basamaklarına göre değişip değişmediğini belirlemek için çoklu varyans analizi yapılmıştır. Yapılan  oklu varyans analizi sonuçları Tablo 177’de gösterilmiştir.

Tablo 177. Bonitet, meşcere tipi ve yükselti basamaklarına bağlı olarak toprak lösin (kg-ha) miktarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	�nem Düzeyi (p)
Bonitet	0.004	2	0.002	4.028	0.020
Meşcere tipi	0.002	2	0.001	1.661	0.194
Yükselti basamağı	0.001	1	0.001	1.407	0.238
Bonitet*meşcere tipi	0.001	4	0.000	0.550	0.700
Bonitet*yükselti basamağı	0.001	2	0.000	0.700	0.499
Meşcere tipi*yükselti basamağı	0.001	2	0.000	0.754	0.473
Bonitet*meşcere tipi*yükselti basamağı	0.001	4	0.000	0.746	0.562

Yapılan  oklu varyans analizi sonuçlarına göre topraklara ait lösin (kg-ha) miktarının bonitet ($F=4.028$, $p=0.020<0.05$) faktörlerine göre 0.05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu üç faktör arasındaki etkileşimler de değerlendirildiğinde 0.05 önem düzeyi ile anlamlı olmadığı Tablo 177’de görülmektedir.

Tablo 178. Bonitet sınıflarına göre toprak lösin (kg-ha) miktarları Tukey testi sonuçları

Toprak Lösin Miktarı	Bonitet Sınıfları	n	Ortalama	Homojen Gruplar
Lösin (kg-ha)	2	45	0.049	b
	3	49	0.036	a
	4	39	0.039	ab

a ve b farklılıkları gösterir

Yapılan varyans analizine göre toprak lösin (kg-ha) miktarları birbirinden farklı olduğu belirlendikten sonra, Tukey testi ile belirlenen homojen alt gruplara göre 2 farklı grup elde edilmiş, 2. bonitet sınıfındaki meşcereler en yüksek, 3. bonitet sınıfındaki meşcereleri ise en düşük lösin (kg-ha) ortalamasına sahip olan iki farklı grubu oluşturmuşlardır (Tablo 178).

Saf Doğu Ladininin hâkim olduğu meşcerelerde 0–5 cm toprak derinlik kademesindeki lösin (kg-ha) miktarıyla anlamlı ilişki gösteren topografik faktörler ve diğer toprak özellikleri aşağıda sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre 0-5 cm derinlik kademesindeki lösin (kg-ha) miktarıyla; yükselti ($r=-0.173$), kum ($r=-0.279$), EC ($r=-0.253$) ve solma noktası ($r=-0.199$) arasında

negatif yönlü anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. Buna karşılık 0-5 cm derinlik kademesindeki lösün (kg-ha) miktarıyla; eğim ($r=0.187$), üst boy ($r=0.274$), hacim ağırlığı ($r=0.523$), kil ($r=0.296$), pH (H_2O) ($r=0.237$), toprak organik C ($r=0.225$), amonyum ($r=0.512$), nitrat ($r=0.494$), toplam mineral N ($r=0.565$), alanin ($r=0.656$), glisin ($r=0.629$), glutamin ($r=0.659$), asparagin ($r=0.558$), aspartik asit ($r=0.482$), glutamik asit ($r=0.526$), histidin ($r=0.617$) ve arginin ($r=0.559$) arasında pozitif yönlü anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, 2. bonitet sınıfındaki meşcerelerde lösün miktarının daha yüksek bulunması, bu alanlarda toprak besin döngüsünün daha etkin ve organik madde birikiminin daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Korelasyon analizi sonucuna göre, lösün miktarının artmasıyla yükselti, kum oranı, EC ve solma noktasının azalması; bu çevresel faktörlerin, lösün birikimini sınırlayan koşullar oluşturduğunu göstermektedir. Bu durum, özellikle geçirgen ve tuzluluk düzeyi yüksek topraklarda lösün gibi serbest amino asitlerin yıkanma veya mikrobiyal tüketim yoluyla azalabileceğini göstermektedir. Lösün miktarının toprak pH'sı, kil oranı, organik C içeriği ve mineral azot formlarıyla pozitif ilişkisi, yüzey toprağında mikrobiyal etkinliğin ve azot mineralizasyonunun yüksek olduğunu göstermektedir. Lösün ile diğer amino asitler arasındaki güçlü korelasyonlar ise bu bileşiklerin ortak mikrobiyal kaynaklardan türediğini ve toprakta aktif bir organik azot döngüsünün sürdüğünü ortaya koymaktadır.

Lösün, yapısal olarak dallı zincirli ve hidrofobik özellikte bir esansiyel amino asittir. Toprakta çözünmüş organik azot formlarından biri olarak yer alan lösün, mikroorganizmalar tarafından hızlıca alınabilen, düşük molekül ağırlıklı bir bileşiktir (Jones ve Kielland, 2002). Toprak ekosisteminde, proteinlerin mikrobiyal ayrışması sonucu serbest hale gelir ve bu süreçte (Mariano vd., 2016). Azot döngüsü içinde, mikroorganizmalar lösünü mineral azot formlarına dönüştürerek bitkiler için erişilebilir hale getirirler (Roberts vd., 2009). Dolayısıyla lösün, özellikle mikrobiyal aktivitenin yoğun olduğu yüzey topraklarda hem bitki beslenmesi hem de azotun döngüsel devamlılığı açısından önemli bir organik azot bileşiğidir.

Bu çalışmada, topraktaki lösün miktarı ortalama 0.041 kg-ha (0.148 mg-kg) olarak belirlenmiştir. Robin ve Kurt (2007) tarafından yapılan çalışmada, orman toprağındaki lösün miktarı Haziran ayında 0.0049 mg-kg, Temmuz ayında 0.0049 mg-kg, Ağustos ayında ise 0.0041 mg-kg olarak belirlenmiştir. Scarpelli (2016), bataklık topraklarında serbest amino asit havuzunun baskın bileşiğinin lösün olduğunu ve konsantrasyonlarının yaklaşık 0–0.30

mg-kg (0–2.3 μ M) aralığında değiştiğini bildirmiştir. Berthrong ve Finzi (2006) tarafından yapılan çalışmada, farklı orman ekosistemlerinden alınan toprak örneklerinde lösin miktarının en yüksek 0.93 mg-kg düzeyine ulaştığı belirlenmiştir.



4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Türkiye’de Doğu Ladini orman topraklarında organik azot formu olan amino asitlerin ilk kez belirlenmesiyle, orman ekosistemlerinde azot döngüsünün anlaşılmasına önemli bir katkı sağlamıştır. Elde edilen bulgular, azotun ekosistemde yalnızca inorganik değil, organik bileşenler yoluyla da etkin bir biçimde döngüye katıldığını ortaya koymaktadır. Toprakta amino asitlerin tespiti, azotun biyolojik olarak kullanılabilir formlarının anlaşılması ve ekosistemdeki azot döngüsünün izlenmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Elde edilen bulgular, Doğu Ladini orman ekosistemlerinde organik azot havuzunun büyüklüğü ve dağılımının ortaya konulmasına, aynı zamanda karbon ve azot dengesi ile toprak besin dinamiklerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle, çalışma hem bilimsel literatüre özgün bir katkı sunmakta hem de sürdürülebilir orman yönetimi ve iklim değişikliğine karşı stratejilerin geliştirilmesi için temel veri oluşturmaktadır.

Ülkemizde Doğu Karadeniz Bölgesi’nde geniş alanlarda yayılış gösteren saf Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Peterm.) ormanlarında, toprak ve kök biyokütlesine bağlı karbon ve azot döngülerinin ekosistem işleyişindeki rolünü ortaya koyan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Özellikle farklı yükselti basamakları, bonitet sınıfları ve meşcere gelişim çağılarına bağlı olarak kök, ölü örtü biyokütlesi, toprak organik madde birikimi ve azot bileşenlerindeki (mineral azot ve amino asitler) değişimleri değerlendiren araştırmaların eksikliği dikkat çekmektedir. Küresel karbonun önemli bir kısmı, Ladin türünün büyük çoğunluğunu oluşturduğu boreal orman ekosistemlerinde depolanmaktadır. Bu nedenle, söz konusu ormanlarda yapılan çalışmalar, iklim değişikliğine karşı karbon yönetimi ve ekosistem sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu araştırma, Trabzon Orman İşletme Müdürlüğü Tonya, Kalınçam ve Düzköy Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde doğal olarak yayılış gösteren saf Doğu Ladini meşcerelerinde toplam 133 örnek alanda gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayla, Doğu Ladini meşcerelerinde iki farklı yükselti basamağı (800m-1300m ve 1300m-1900m), tek kapalılık sınıfında (3 kapalılık), 3 farklı bonitet (2, 3 ve 4. bonitet) ve 3 farklı meşcere gelişim çağılarına (bc, c, cd) göre örneklemeler gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında alınan örneklerde aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.

Araştırma alanından alınan toprak örneklerinde kum (%), toz (%), kil (%), TK (%), SN (%), FSK (%), hacim ağırlığı (gr/cm³), pH (H₂O) (KCL), EC (µS/cm), organik karbon

(% ve t/ha), toplam azot (% ve t/ha), toplam mineral N (amonyum, nitrat) (mg/kg ve kg/ha), serbest amino asit miktarları (alanin, arginin, asparagin, aspartik asit, glisin, glutamin, glutamik asit, histidin ve lösin) (mg/kg ve kg/ha) belirlenmiştir. Ölü örtü ve kök örnekleri üzerinde ise biyokütle miktarları, karbon ve azot miktarları (% ve t/ha) hesaplanmıştır. Elde edilen veriler değerlendirilerek Doğu Ladini meşcerelerinde kök ve ölü örtü biyokütlesi, organik karbon, toplam azot, mineral azot ve amino asit miktarına ilişkin sonuçlar özetlenmiş ve ekolojik değerlendirmelere dayalı öneriler belirtilmiştir.

1. Kılcal kök biyokütlesi, karbon ve azot stokları ise sırasıyla 5.296 t/ha, 1.394 t/ha, 0.033 t/ha olarak belirlenmiştir. İnce kök biyokütlesi, karbon ve azot stokları ise sırasıyla 2.667 t/ha, 0.786 t/ha, 0.011 t/ha olarak belirlenmiştir. Kalın kök biyokütlesi, karbon ve azot stokları ise sırasıyla 6.696 t/ha, 2.055 t/ha, 0.041 t/ha olarak belirlenmiştir. Kök C/N oranı, kök çapındaki artışa ve meşcere özelliklerine bağlı olarak yükselmiş; en düşük değerler ince (kılcal) köklerde, en yüksek değerler ise kalın kök fraksiyonlarında tespit edilmiştir. Sonuçlar, Doğu Ladini meşcerelerinde karbon ve azotun büyük ölçüde kalın köklerde biriktiğini ve bu fraksiyonun ekosistemde başlıca karbon ve besin depolama bileşeni olduğunu göstermektedir. Doğu Ladini meşcerelerinde kök biyokütlesi, önemli miktarda organik karbon ve azot depolayarak ekosistemdeki madde döngüsüne katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda, silvikültürel müdahalelerde şiddetli uygulamalardan kaçınılması, idare süresinin uzun tutulması ve toprak işlemeden uzak durulması önerilmektedir. Bu yaklaşım, orman ekosistemlerinde biyokütle ve karbon birikiminin korunmasına ve artırılmasına katkı sağlayacaktır.

2. Ölü örtü biyokütlesi, karbon ve azot miktarları sırasıyla 11.04 t/ha, 3.45 t/ha ve 0.12 t/ha olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, meşcere gelişim çağlarının ilerlemesiyle birlikte ölü örtü biyokütlesi ve bu ölü örtüde depolanan organik karbon miktarları artmıştır. Ancak yükselti arttıkça ölü örtü biyokütle miktarında azalma meydana gelmiştir. Ortalama C/N oranı 29.13 olan Doğu Ladini meşcerelerinde, ölü örtü azotu içerdiği amino asitler aracılığıyla azot döngüsünde önemli rol oynamakta, yüksek C/N oranına rağmen azotun kullanılabilirliğini artırmaktadır. Doğu Ladin türünün ölü örtü ve kök ayrışmasının yavaş olmasından dolayı azot ve karbon döngüsündeki etkisinin özellikle ileri meşcere gelişim çağlarında azalacağı düşünülmektedir. Ladin meşcerelerinin kapalılığı azaltılarak ayrışma hızlandırabilir veya aralama çalışmalarının daha erken meşcere gelişim çağlarında yapılması önerilmektedir. Bunun sonucunda toprak reaksiyonu artarak

mikroorganizmalar için uygun koşullar sağlanıp toprak verimliliğinin yükselmesi beklenmektedir.

3. Çalışma sonucunda, Doğu Ladini meşcerelerinde toprakta depolanan ortalama organik C miktarı 78.43 t/ha, azot miktarı 4.80 t/ha olarak bulunmuştur. Organik madde birikimi, hem toprak su tutma kapasitesini hem de mikrobiyal aktiviteyi artırarak amino asit birikimini ve toplam azot stoklarını desteklemiştir; ancak eğim ve artan hacim ağırlığı, karbon kaybını tetikleyerek organik madde birikimini sınırlamıştır. Verimli alanlarda azotun biyokütle üretimi için yoğun kullanımı, düşük bonitetli alanlarda ise mikrobiyal aktivite ve ayrışmanın sınırlı olması azot birikimini etkilemiştir. Yükseltinin artmasıyla birlikte organik maddenin birikmesi, düşük sıcaklık koşullarında ayrışmanın yavaşlamasıyla toprak azotu düzeylerini artırmıştır. Buna karşılık, toprak derinliğiyle birlikte artan hacim ağırlığı azot miktarının yükselmesine neden olurken; yüksek C/N oranı ve sınırlı su-hava geçirgenliği, özellikle alt katmanlarda azot birikimini ekolojik olarak kısıtlayıcı bir faktör haline getirmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, Doğu Ladini meşcerelerinde toprak organik madde birikimini desteklemek ve karbon ile azot stoklarını korumak amacıyla, özellikle nemli dönemlerde ağır makine kullanımının sınırlandırılması, sürütme hatlarının azaltılarak belirli güzergâhlarda toplanması ve ölü örtü ile hasat artıklarının alanda korunması gibi, toprak sıkışmasını artıracı uygulamalardan kaçınılmalıdır.

4. Yükselti arttıkça organik madde birikimi ve kök yoğunluğunun artmasına bağlı olarak hacim ağırlığı azalmış; buna karşılık toprak derinliğiyle birlikte mineral fraksiyonun artması hacim ağırlığını yükseltmiştir. Özellikle yüzey topraklarda düşük hacim ağırlığı, amino asit birikimini destekleyerek toprakta biyolojik azot döngüsünün etkinliğini artırmıştır. Çalışmanın sonucunda Doğu Ladini meşcerelerinde ortalama hacim ağırlığı 0.90 g/cm³ olarak belirlenmiştir.

5. Araştırma alanı topraklarında yapılan mekanik analizler, yükselti ve toprak derinliğine bağlı olarak kum, toz ve kil fraksiyonlarının farklılaştığını ortaya koymuştur. En yüksek kum oranı bc meşcere gelişim çağındaki meşcerelerde saptanmış olup; yükseltiyle birlikte kum oranı artarken, toprak derinliği arttıkça azalma eğilimi göstermiştir. Buna karşılık, toz oranı yükselti ve bonitet sınıfının kötüleşmesiyle birlikte azalmış, ancak yüzey topraklardaki toz birikimi, belirli amino asitlerin (alanin, asparagin, aspartik asit ve glutamik asit) tutulmasını destekleyerek mikrobiyal azot döngüsünün sürekliliğine katkı sağlamıştır. Yükselti arttıkça kil oranı azalmakta ve toprak derinliğiyle birlikte kil birikimi artmaktadır. Araştırma alanı toprakların ortalama fraksiyon dağılımı %50 kum, %26 toz ve %24 kil

olarak belirlenmiştir. Toprak tekstüründeki kum, toz ve kil fraksiyonlarının dağılımı, amino asitlerin tutulumu ve mikrobiyal azot döngüsüyle ilişkili olduğundan, Doğu Ladini meşcerelerinde bu özelliklerin değerlendirmelerde göz önünde bulundurulması önemlidir.

6. Artan organik madde birikimi, kök yoğunluğu ve ince toprak fraksiyonlarının su tutma kapasitesini artırması sonucunda, Lcd3 meşcereleri ile 0–5 cm derinlikteki ve 1300–1900 m yükselti basamağındaki topraklarda tarla kapasitesi değerleri daha yüksek bulunmuştur. Yüksek tarla kapasitesine sahip topraklarda, polar amino asitlerin (aspartik asit ve alanin) kil yüzeylerine güçlü biçimde bağlanması çözeltildeki miktarlarını sınırlarken, nem koşullarının organik azot dinamikleri üzerinde belirleyici olduğu saptanmıştır. Ayrıca, toprak derinliği arttıkça FSK (%) değerleri artış göstermiştir. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda Doğu Ladini meşcerelerinde amino asitlerin topraktaki davranışının yorumlanmasında, tarla kapasitesi ve su tutma özellikleriyle ilişkili nem koşullarının dikkate alınması önerilmektedir.

7. Ladin meşcerelerinde en düşük toprak pH değerleri, iğne yapraklı ölü örtü birikiminin yoğun olduğu üst topraklarda ve yüksek rakımlarda belirlenmiş olup, bu durum organik asit birikimi ile düşük sıcaklıklara bağlı yavaş ayrışma süreçlerinden kaynaklanmaktadır. Kum oranının yüksekliği ve azot içeriğinin düşüklüğü, toprak tamponlama kapasitesini zayıflatarak çözeltilin asidikleşmesine yol açmıştır. Buna karşılık pH artışı, mikrobiyal aktiviteyi ve organik maddenin ayrışmasını teşvik ederek alanin, glisin ve glutamik asit gibi amino asitlerin birikimini artırmış; bu da organik azot döngüsünü ve besin kullanılabilirliğini olumlu yönde etkilemiştir. Bu nedenle, Doğu Ladini meşcerelerinde artan toprak asitleşmesini dengelemek amacıyla, ağaçlandırma ve meşcere tesis çalışmalarında Gökmar gibi Ca'ca zengin türlerin karışıma dâhil edilmesi, toprak pH'sının uzun vadede düzenlenmesine katkı sağlayabilecek bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

8. Toprakta depolanan amonyum, nitrat ve toplam mineral N miktarları sırasıyla, 7.23 kg/ha, 4.45 kg/ha, 11.68 kg/ha olarak tespit edilmiştir. 800–1300 m yükselti basamağında nitrat birikiminin daha yüksek bulunması, sıcaklık ve mikrobiyal aktivitenin artmasına bağlı olarak ayrışma ve nitrifikasyon süreçlerinin hız kazanmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışma, Doğu Ladini meşcerelerinde azot mineralizasyonunun; yükselti, bonitet ve meşcere gelişim çağına bağlı olarak değiştiğini, özellikle asidik koşullarda organik maddenin yavaş ayrışması ve mikrobiyal aktivitenin sınırlanması nedeniyle amonyum formunun toprakta baskın olduğunu ortaya koymuştur.

9. Toprakta depolanan amino asit miktarları (kg/ha) alanin 0.040, arginin 0.037, asparagin 0.039, aspartik asit 0.041, glisin 0.041, glutamin 0.037, glutamik asit 0.042, histidin 0.040, lösin 0.041 olarak bulunmuştur. Alanin, asidik orman topraklarında kil ve organik madde yüzeylerine yüksek adsorpsiyonu sayesinde, toprakta kalıcılığı artmış ve kararlı bir organik azot kaynağı haline gelmiştir. Arginin, yüksek azot içeriği ve mikrobiyal aktiviteyle ilişkili üretim dinamikleri sayesinde, özellikle asidik ve organik maddece zengin orman topraklarında etkili bir azot deposu olarak görev yapmakta ve kozalaklı türler tarafından öncelikli olarak tercih edilmektedir. Asparagin, yüksek çözünürlüğü ve mikrobiyal dönüşüm kapasitesi sayesinde, organik ve inorganik azot arasında geçişi sağlayan bir köprü bileşik görevi görmektedir. Aspartik asit, su tutma kapasitesi düşük ve kum oranı yüksek topraklarda hızla yıkanarak sınırlı birikim göstermektedir. Glisin, düşük moleküler ağırlığı ve yüksek çözünürlüğü sayesinde toprakta hızla hareket eder ve bitkiler tarafından kolayca alınabilmektedir. Glutamik asit, nemli, besin açısından zengin ve mikrobiyal aktivitesi yüksek topraklarda birikerek hem mikrobiyal azot metabolizmasında hem de bitki beslenmesinde önemli rol oynamaktadır. Histidin su ve iyon tutma kapasitesi düşük topraklarda yüksek çözünürlüğü nedeniyle hızla kayba uğrayarak sınırlı birikim sergilemektedir. Lösin, mikrobiyal aktivitenin yoğun olduğu ve organik maddece zengin yüzey topraklarda birikerek azot döngüsünün sürekliliğine katkı sağlayan bir organik azot bileşiğidir. Bu bulgular doğrultusunda, Doğu Ladini fidanlıkları ve ağaçlandırma çalışmalarında, asidik toprak koşullarında toprakta daha kararlı bulunan ve bitkiler tarafından tercih edilen amino asitler (özellikle arginin ve alanin) esaslı organik azot gübrelerinin, mineral azot kaynaklarına alternatif veya tamamlayıcı bir besin kaynağı olarak kullanılması önerilmektedir.

Bu sonuçlar, Doğu Karadeniz’de yayılış gösteren ladin ormanlarının, hem organik azot döngüsü hem de karbon tutumu bakımından önemli ekosistem hizmetleri sunduğunu göstermektedir. Bu nedenle, benzer çalışmaların farklı toprak derinliklerinde ve farklı iğne yapraklı ve geniş yapraklı türlerde yürütülmesi, türlere özgü azot dinamiklerinin ve amino asit davranışlarının daha kapsamlı biçimde anlaşılmasına katkı sağlayacaktır. Amino asit temelli besin stratejilerinin, orman fidanlığı uygulamalarına ve sürdürülebilir silvikültürel yönetim yaklaşımlarına entegre edilmesi önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Abagandura, G. O., Mahal, N., Butail, N. P., Dhaliwal, J. K., Gautam, A., Bawa, A., Kovacs, P., & Kumar, S. (2023). Soil labile carbon and nitrogen fractions after eleven years of manure and mineral fertilizer applications. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69(1), 875–890.
- Aber, J. D., Goodale, C. L., Ollinger, S. V., Smith, M. L., Magill, A. H., Martin, M. E., Hallett, R. A., & Stoddard, J. L. (2003). Is nitrogen deposition altering the nitrogen status of northeastern forests? *BioScience*, 53(4), 375–389.
- Addo-Danso, S. D., Prescott, C. E., & Smith, A. R. (2016). Methods for estimating root biomass and production in forest and woodland ecosystem carbon studies. *A review: Forest Ecology and Management*, 359, 332–351.
- Akbaş, M., (2014). Artvin Kafkasör yöresindeki doğu ladini meşçereleri ve bitişindeki çayırlik alanlarda bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin belirlenmesi ve mikrobiyal biyokütle içeriği değişiminin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Akburak, S., Oral, H. V., Ozdemir, E., & Makineci, E. (2013). Temporal variations of biomass, carbon and nitrogen of roots under different tree species. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28(1), 8–16.
- Akgül, E. (1975). Türkiye'de Doğu Ladininin (*Picea orientalis* Link. ve Carr.) yayılış sahası topraklarında tespit edilen başlıca özelliklerle bunlar arasındaki ilişkiler (Teknik Bülten). Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Alemdağ, Ş. (1967). Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar (Teknik Bülten Serisi, No:20). Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Allison, F. E. (1973). Soil organic matter and its role in crop production. Amsterdam the Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Allison, S. D., Wallenstein, M. D., & Bradford, M. A. (2010). Soil carbon response to warming dependent on microbial physiology. *Nature Geoscience*, 3(5), 336-340.
- Anderson, J. M., & Ingram, J. S. I. (1993). *Tropical Soil Biology and fertility: A Hand book of Methods*. United Kingdom: Oxford University Press.
- Anderson, J. M., Chow, W. S., & Goodchild, D. J. (1988). Thylakoid membrane organisation in sun/shade acclimation. *Functional Plant Biology*, 15(2), 11-26.
- Anderson, J. M. (1991). The Effects of Climate Change on Decomposition Processes in Grassland and Coniferous Forests. *Ecological Applications*, 1, 326-347.

- Andersson, P., & Berggren, D. (2005). Amino acids, total organic and inorganic N in forest floor soil solution at low and high N input. *Water, Air, and Soil Pollution* 162, 369–384.
- Andresen, L. C., Michelsen, A., Jonasson, S., Beier, C., & Ambus, P. (2009). Glycine uptake in heath plants and soil microbes responds to elevated temperature, CO₂ and drought. *Acta Oecologica* 35, 786–796.
- Angst, G., Messinger, J., Greiner, M., Häusler, W., Hertel, D., Kirfel, K., & Mueller, C. W. (2018). Soil organic carbon stocks in topsoil and subsoil controlled by parent material, carbon input in the rhizosphere, and microbial-derived compounds. *Soil Biology and Biochemistry*, 122, 19-30.
- Anonim, (1989). *Doğu Ladin*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi:5, Ankara.
- Anonim, (2008). *Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı 2008-2012*, T. C. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Anşın, R. (2001). *Tohumlu Bitkiler Gymnospermae Açık Tohumlular* (I. Cilt, III. Baskı). Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Genel Yayınları.
- Antia, N. J., Harrison, P. J., & Oliveira, L. (1991). The role of dissolved organic nitrogen in phytoplankton nutrition, cell biology and ecology. *Phycologia*, 30, 1–89.
- Appel, T., & Mengel, K. (1992). Nitrogen uptake of cereals grown on sandy soils as related to nitrogen fertilizer application and soil nitrogen fractions obtained by electro-ultrafiltration (EUF) and CaCl₂ extraction. *European Journal of Agronomy* 1, 1–9.
- Arneth, A. (2019). IPCC special report on climate change and land. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*.
- Asandei, A. (2014). Global warming: Carbon nutrient interactions and warming effects on soil carbon dynamics, University of Exeter, Doktora Tezi, İngiltere.
- Atalay, İ. (1983). *Türkiye vejetasyon coğrafyasına giriş*. İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Augusto, L., Achat, D. L., Jonard, M., Vidal, D., & Ringeval, B. (2017). Soil parent material- A major driver of plant nutrient limitations in terrestrial ecosystems. *Global change biology*, 23(9), 3808-3824.
- Avila, C., Llebres, M. T., Cánovas, F. M., & Castro-Rodríguez, V. (2025). Arginine, a key amino acid for nitrogen nutrition and metabolism of forest trees. *Journal of experimental botany*.
- Aydın, F. (2003). Değirmendere Vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD Türkiye) Volkanitlerinin Mineral Kimyası, Petrolojisi ve Petrojenezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.

- 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 İzlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kahramanmaraş.
- Bai, E., Li, S., Xu, W., Li, W., Dai, W., & Jiang, P. (2013). A meta-analysis of experimental warming effects on terrestrial nitrogen pools and dynamics. *New Phytologist*, 199(2), 441-451.
- Baker, T. T., Conner, W. H., Lockaby, B. G., Stanturf, J., & Burke, M. K. (2001). Fine root productivity and dynamics on a forested floodplain in South Carolina. *Soil Science Society of America Journal*, 65, 545-556.
- Baldock, J. A. (2007). Composition and cycling of organic carbon in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 10, 1-35.
- Bardgett, R. D., Streeter, T. C., & Bol, R. (2003). Soil microbes compete effectively with plants for organic-nitrogen inputs to temperate grasslands. *Ecology*, 84(5), 1277-1287.
- Becquer, A., Guerrero-Galán, C., Eibensteiner, J. L., Houdinet, G., Bücking, H., Zimmermann, S. D., & García, K. (2019). The ectomycorrhizal contribution to tree nutrition. In: Cánovas FM, ed. Molecular physiology and biotechnology of trees. *Advances in Botanical Research*, 89, 77-126.
- Becvárová, P., Horváth, M., Sarapatka, B., & Zouhar, V. (2018). Dynamics of Soil Organic Carbon (SOC) Content in Stands of Norway Spruce (*Picea Abies*) in Central Europe. *Iforest-Biogeosciences and Forestry*, 11(6), 734.
- Benbi, D. K., & Richter, J. (2002). A critical review of some approaches to modelling nitrogen mineralization. *Biology and Fertility of Soils*, 35(3), 168-183.
- Berg, B., & McClaugherty, C. (2008). Plant litter: decomposition, humus formation, carbon sequestration. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Berg, B. (2000). Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. *Forest Ecology and Management*, 133(1-2), 13-22.
- Berger, T. W., & Berger, P. (2012). Greater accumulation of litter in spruce (*Picea abies*) compared to beech (*Fagus sylvatica*) stands is not a consequence of the inherent recalcitrance of needles. *Plant and soil*, 358(1), 349-369.
- Berthrong, S. T., & Finzi, A. C. (2006). Amino acid cycling in three cold-temperate forests of the northeastern USA. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(5), 861-869.
- Biswas, T. D. & Mukherjee, S. K. (1995). *Textbook of Soil Sciences*. McGraw-Hill Inc., US: 2nd edition edition.
- Bolat, İ. (2011). Kayın, Göknaar ve Göknaar-Kayın Mescerelerinde Üst Toprak ve Ölü Örtüdeki Mikrobiyal Biyokütle Karbon (Cmic), Azot (Nmic), Fosfor (Pmic) ve

Mikrobiyal Solunumun Mevsimsel Değişimi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bartın.

- Bonan, G. B. (2008). Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science*, 320(5882), 1444-1449.
- Bonde, T. A., Nielsen, T. H., Miller, M., & Sorensen, J. (2001). Arginine ammonification assay as a rapid index of gross N mineralization in agricultural soils. *Biology and Fertility of Soils*, 34, 179-184.
- Bouwman, A. F. (2013). Global trends and uncertainties in terrestrial denitrification and N₂O emissions. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 368(1621), 2013011.
- Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43, 434-438.
- Brady, N. G. (1984). *The nature and properties of soils*. Macmillan, London.
- Britto, D. T., & Kronzucker, H. J. (2013). Ecological significance and complexity of N-source preference in plants. *Annals of Botany*, 112, 957-963.
- Brunner, I., & Godbold, D. L. (2007). Tree roots in a changing world. *Journal of Forest Research*, 12(2), 78-82.
- Burger, J. A. (2004). *Soil and Its Relationships to Forest Productivity and Health, Encyclopedia of Forest Sciences*. USA and UK: Elsevier Ltd and Elsevier Inc.
- Burton, J., Chen, C. R., Xu, Z. H., & Ghadiri, H. (2007a). Gross nitrogen transformations in adjacent native and plantation forest's of subtropical Australia. *Soil Biol. Biochem.*, 39, 426-433.
- Burton, J., Chen, C. R., Xu, Z. H., Ghadiri, H. (2007b). Soluble organic nitrogen pools in adjacent native and plantation forests of subtropical Australia. *Soil Biol. Biochem.*, 39, 2723-2734.
- Butterbach-Bahl, K., Baggs, E. M., Dannenmann, M., Kiese, R., & Zechmeister-Boltenstern, S. (2013). Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls?. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1621), 20130122.
- Bülbül, E. (2012). KTÜ Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı Saf Ladin Meşcerelerinin Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Cairns-Jr, J. (1997). Protecting the delivery of ecosystem services. *Ecosystem Health*, 3(3), 185-194.
- Canadell, J. G., & Schulze, E. D. (2014). Global potential of biospheric carbon management for climate mitigation. *Nature communications*, 5(1), 5282.

- Canadell, J. G., Le Quéré, C., Raupach, M. R., Field, C. B., Buitenhuis, E. T., Ciais, P., & Marland, G. (2007). Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the national academy of sciences*, 104(47), 18866-18870.
- Cañas, RA., De-La-Torre, F., Pascual, M. B., Avila, C., Cánovas, F. M. (2016). Nitrogen economy and nitrogen environmental interactions in conifers. *Agronomy*, 6, 26.
- Cánovas, F. M., Avila, C., Cantón, F. R., Cañas, R. A., De-La-Torre, F. (2007). Ammonium assimilation and amino acid metabolism in conifers. *Journal of Experimental Botany* 58, 2307–2318.
- Cánovas, C. R., Macías, F., Pérez-López, R., Basallote, M. D., & Millán-Becerro, R. (2018). Valorization of wastes from the fertilizer industry: Current status and future trends. *Journal of Cleaner Production*, 174, 678-690.
- Cao, X. C., Chen, X. Y., Li, X. Y., Yuan, L., Wu, L. H., & Zhu, Y. H. (2013). Rice uptake of soil adsorbed amino acids under the sterilized environment. *Soil Biology & Biochemistry*, 62, 13–21.
- Cao, X., Ma, Q., Zhong, C., Yang, X., Zhu, L., & Zhang, J. (2016). Elevational variation in soil amino acid and inorganic nitrogen concentrations in Taibai Mountain, China. *Plos One*, 11(6), e0157979.
- Cassia, R., Nocioni, M., Correa-Aragunde, N., & Lamattina, L. (2018). Climate change and the impact of greenhouse gasses: CO₂ and NO, friends and foes of plant oxidative stress. *Frontiers in plant science*, 9, 273.
- Castro-Rodríguez, V., Cañas, R. A., De-La-Torre, F. N., Pascual, M. B., Avila, C., & Cánovas F. M. (2017). Molecular fundamentals of nitrogen uptake and transport in trees. *Journal of Experimental Botany*, 68, 2489–2500.
- Chapin, F. S., Moilanen, L., & Kielland, K. (1993). Preferential use of organic nitrogen for growth by a non-mycorrhizal arctic sedge. *Nature*, 361, 150–153.
- Chapin, F. S., Pickett, S. T., Power, M. E., Jackson, R. B., Carter, D. M., & Duke, C. (2011). Earth stewardship: a strategy for social–ecological transformation to reverse planetary degradation. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 1, 44–53.
- Chapin, F. S. (1995). New cog in the nitrogen cycle. *Nature*, 377, 199–200.
- Chapin, F. S., Matson, P., & Mooney, H. (2002). *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. New York, USA: Springer-Verlag.
- Chen, L., Fang, K., & Wei, B. (2021). Soil carbon persistence governed by plant input and mineral protection at regional and global scales. *Ecol Lett*, 24, 1018–1028.
- Chen, P., Xu, J., Zhang, Z., & Nie, T. (2022). ‘Preferential’ ammonium uptake by rice does not always turn into higher N recovery of fertilizer sources under water-saving irrigation. *Agricultural Water Management*, 272, 107867.

- Chen, Z., Ding, W., Xu, Y., Müller, C., Rütting, T., Yu, H., Fan, J., Zhang, J., & Zhu, T. (2015). Importance of heterotrophic nitrification and dissimilatory nitrate reduction to ammonium in a cropland soil: Evidences from a ^{15}N tracing study to literature synthesis. *Soil Biology & Biochemistry*, 91, 65–75.
- Cheng, S. L., Fang, H. J., Yu, G. R., Zhu, T. H., & Zheng, J. J. (2010). Foliar and soil ^{15}N natural abundances provide field evidence on nitrogen dynamics in temperate and boreal forest ecosystems. *Plant Soil*, 337(1-2), 285–297.
- Cheng, Y., Wang, J., Wang, S. Q., Zhang, J. B., & Cai, Z. C. (2014). Effects of soil moisture on gross N transformations and N_2O emission in acid subtropical forest soils. *Biology and Fertility of Soils*, 50, 1099–1108.
- Christou, M., Avramides, E. J., & Jones, D. L. (2006). Dissolved organic nitrogen dynamics in a Mediterranean vineyard soil. *Soil Biol Biochem.*, 38, 2265–2277.
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., & Canadell, J. (2013). *Carbon and other biogeochemical cycles*. In: *Climate Change The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, USA: Cambridge University Press.
- Cierjacks, A., Kleinschmit, B., Kowarik, I. Graf, M., & Lang F. (2011). Organic matter distribution in floodplains can be predicted using spatial and vegetation structure data. *River Research & Application*, 27, 1048–1057.
- Clark, M., Mills, H., Robacker, C., & Latimer, J. (2003). Influence of nitrate: ammonium ratios on growth and elemental concentration in two azalea cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 26, 2503–2520.
- Clark, D. A., Brown, S., Kicklighter, D. W., Chambers, J. Q., Thomlinson, J. R., & Ni, J. (2001). Measuring Net Primary Production in Forests, Concepts and Field Methods. *Ecological Applications*, 11, 356–70.
- Claus, A., & George, E. (2005). Effect of stand age on fine-root biomass and biomass distribution in three European forest chronosequences. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(7), 1617-1625.
- Conant, R. T., Ryan, M. G., Agren, G. I., Birge, H. E., Davidson, E. A., Eliasson, P. E., Evans, S. E., Frey, S. S., Giardina, C. P., Hopkins, F. M., Hyvönen, R., Kirschbaum, M. U., Lavalley, J. M., Leifeld, J., Parton, W. J., Steinweg, J. M., Wallenstein, M. D., Wetterstedt, J. A., & Brad-Ford, M. A. (2011). Temperature and soil organic matter decomposition rates synthesis of current knowledge and a way forward. *Global Change Biology*, 17, 3392–3404.
- Cook-Patton, S. C., Drever, C. R., Griscom, B. W., Hamrick, K., Hardman, H., Kroeger, T., & Ellis, P. W. (2021). Protect, manage and then restore lands for climate mitigation. *Nature Climate Change*, 11(12), 1027-1034.

- Cotrufo, M. F., Soong, J. L., Horton, A. J., Campbell, E. E., Haddix, M. L., Wall, D. H., & Parton, W. J. (2015). Formation of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. *Nature Geoscience*, 8(10), 776-779.
- Crowther, T. W., Vanden-Hoogen, J., Wan, J., Mayes, M. A., Keiser, A. D., Mo, L., & Maynard, D. S. (2019). The global soil community and its influence on biogeochemistry. *Science*, 365(6455), 0550.
- Çakıroğlu, K., Kara, Ö., & Bolat, İ. (2022). Ladin meşcereleri üst topraklarında derinliğe göre C_{mic} ve N_{mic}'in değişimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(3), 637-650.
- Çebi, İ. (2017). Düzköy (Trabzon) Yöresinde Yapılan Ağaçlandırmaların Bazı Toprak Özellikleri ve Azot Mineralleşmesi Üzerine Etkileri, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Artvin.
- Çepel, N. (1985). *Toprak Fiziği*. İstanbul: İ.Ü. Yay. No. 3313, Orman Fak. Yay. No. 374.
- Çepel, N. (1988a). Ormanın Fonksiyonel Değerleri ve Orman Ölümlerine Neden Olan Yeni Tür Orman Zararları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 38(4), 63-73.
- Çepel, N. (1996). *Toprak İlmi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi, Yayın No: 3945/438, 288 sayfa.
- Çepel, N., Dündar, M. & Günel, A. (1977). Türkiye'nin Önemli Yetiştirme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Etkenler Arasındaki İlişkiler. *Tübitak Yay No*, 354.
- Çömez, A. (2010). Sündiken Dağlarında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Dai, Z., Yu, M., & Chen, H. (2020). Elevated temperature shifts soil N cycling from microbial immobilization to enhanced mineralization, nitrification and denitrification across global terrestrial ecosystems. *Glob. Chang. Biol.*, 26, 5267–5276.
- Dai, A., Trenberth, K. E., & Qian, T. (2004). A global dataset of Palmer Drought Severity Index for 1870–2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming. *Journal of hydrometeorology*, 5(6), 1117-1130.
- Dantas, D., De-Terra, M., & Pinto, L. O. R., Calegario, N., & Maciel, S. M. (2020). Above and belowground carbon stock in a tropical forest in Brazil Acta Scientiarum. *Agronomy*, 43(1), e48276.
- Daryanto, S., Wang, L., Gilhooly, W. P., & Jacinthe, P-A. (2019). Nitrogen preference across generations under changing ammonium nitrate ratios. *Journal of Plant Ecology, JPE* 12, 235–244.
- Davidson, E. A., & Janssens, I. A. (2006). Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature*, 440(7081), 165-173.

- Davis, P. (1965-1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. I-X. United Kingdom: Edinburgh, University Press.
- Dawes, M. A., Schleppi, P., Hättenschwiler, S., Rixen, C., & Hagedorn, F. (2017). Soil warming opens the nitrogen cycle at the alpine treeline. *Global Change Biology*, 23(1), 421-434.
- Delgado-Baquerizo, M., Covelo, F., & Gallardo, A. (2011). Dissolved organic nitrogen in Mediterranean ecosystems. *Pedosphere*, 21(3): 309–318.
- Dijkstra, F. A., Blumenthal, D., Morgan, J. A., Pendall, E., Carrillo, Y., & Follett, R. F. (2010). Contrasting effects of elevated CO₂ and warming on nitrogen cycling in a semiarid grassland. *New Phytologist*, 187(2), 426-437.
- Dilly, O. (2003). Regulation of the respiratory quotient of soil microbiota by availability of nutrients. *FEMS Microbiology Ecology*, 43(3), 375-381.
- Dinç, M. (2017). Artvin, Erzurum ve Bayburt İllerindeki Bazı Mikro Havzalarda Orman, Mera ve Tarım Alanlarında Toprak Altı ve Toprak Üstü Karbon Miktarlarının Belirlenmesi. Uydu Görüntüleri ile İlişkilendirilmesi ve Modellenmesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Artvin.
- 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.
- Doğan, Y. (2012). Artvin-Kafkasör Yöresi Yaşlı ve Genç Ladin Meşcerelerinde ve Bitişindeki Çayırılık Alanlardaki Azot Mineralizasyonunun Belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, Artvin.
- Don, A., & Kalbitz, K. (2005). Amounts and degradability of dissolved organic carbon from foliar litter at different decomposition stages. *Soil Biology & Biochemistry* 37, 2171–2179.
- Dormann, C. F., & Woodin, S. J. (2002). Climate change in the Arctic: using plant functional types in a meta-analysis of field experiments. *Functional Ecology*, 16(1), 4-17.
- Duman, A. (2008). Artvin Hatila Yöresindeki Saf Doğu Ladini Meşcerelerinde Yükselti ve Bakı Etmenlerine Göre Ölü Örtü Ayırışması ve Bazı Toprak Özelliklerinin Değişiminin Araştırılması. Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin Orman Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin.
- Edwards, K. A., & Jefferies, R. L. (2013). Inter-annual and seasonal dynamics of soil microbial biomass and nutrients in wet and dry low-Arctic sedge meadows. *Soil Biology and Biochemistry*, 57, 83-90.
- Eissenstat, D. M., & Yanai, R. D. (1997). The ecology of root lifespan. *In Advances in ecological research*, 27, 1-60.
- Elser, J. J., Bracken, M. E., Cleland, E. E., Gruner, D. S., Harpole, W. S., Hillebrand, H., & Smith, J. E. (2007). Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary

- producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecology letters*, 10(12), 1135-1142.
- Eraslan, İ. (1971). *Orman Amenajmanı*. İstanbul: İ.Ü. Orman Fak. Yayınları No:169.
- Erkut, S. (2013). Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf kayın meşcerelerinin ekosistem bazında karbon depolama kapasitesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Eroğlu, M., Akıncı, H. A., & Özcan, G. E. (2005). Ladin Ormanlarımızda Kabuk Böceği Yıkımlarına Karşı İzlenebilecek Kısa ve Uzun Dönemli Mücadele ve İyileştirme Çalışmaları. *Ladin Sempozyumu*, 1(1), 184-194.
- Fahad, S., Chavan, S. B., Chichaghare, A. R., Uthappa, A. R., Kumar, M., Kakade, V., & Poczai, P. (2022). Agroforestry systems for soil health improvement and maintenance. *Sustainability*, 14(22), 14877.
- FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment*. Rome: Main report.
- Farfal, D. (2010). Root Vitality in The Upper Soil of Pine Stands Ten Years After Thinning. *For. Res. Pap.*, 71, 225–230.
- Farrell, M., Kuhn, T. K., Macdonald, L. M., Maddern, T. M., Murphy, D. V., Hall, P. A., & Baldock, J. A. (2013). Microbial utilisation of biochar-derived carbon. *Science of the Total Environment*, 465, 288-297.
- Farzadfar, S., Knight, J. D., & Congreves, K. A. (2021). Soil organic nitrogen: an overlooked but potentially significant contribution to crop nutrition. *Plant Soil*, 462, 7–23.
- Feng, Y., Wang, J., Yuan, K., Zong, W., & Guo, D. (2018). Vegetation affects pool size and composition of amino acids in Tibetan alpine meadow soils. *Geoderma*, 310, 44–52.
- Fenn, M. E., Poth, M. A., Aber, J. D., Baron, J. S., Bormann, B. T., Johnson, D.W., Lemly, A. D., McNulty, S. G., Ryan, D. E., & Stottlemyer, R. (1998). Nitrogen excess in North American ecosystems: predisposing factors, ecosystem responses, and management strategies. *Ecological Applications*, 8, 706–733.
- Fierer, N., & Jackson, R. B. (2006). The diversity and biogeography of soil bacterial communities. *Proc Natl Acad Sci.*, 103, 626–631.
- Filep, T. & Rékási, M. (2011). Factors controlling dissolved organic carbon (DOC), dissolved organic nitrogen (DON) and DOC/DON ratio in arable soils based on a dataset from Hungary. *Geoderma*, 162, 312–318.
- Finér, L., Helmisaari, H. S., Lõhmus, K., Majdi, H., Brunner, I., Børja, I., & Vanguelova, E. (2007). Variation in fine root biomass of three European tree species: Beech (*Fagus sylvatica* L.), Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.), and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Plant Biosystems*, 141(3), 394-405.

- Fischer, H., Ingwersen, J., & Kuzyakov, Y. (2010). Microbial uptake of low molecular weight organic substances out competes sorption in soil. *European Journal of Soil Science*, 61, 504–513.
- Fleischer, K., Rebel, K. T., Van-Der-Molen, M. K., Erisman, J. W., Wassen, M. J., Van-Loon, E. E. & Gianelle, D. (2013). The Contribution of Nitrogen Deposition to The Photosynthetic Capacity of Forests. *Global Biogeochemical Cycles*, 27(1), 187, 199.
- Fogel, R. (1983). Root Turnover and Productivity of Coniferous Forests, in Tree Root Systems and Their Mycorrhizas. *Plant and Soil* 71(1-3), 75-85.
- Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M. A., Neil Cape, J., Reis, S., Sheppard, L. J., Jenkins, A., Grizzetti, B., Galloway, J. N., Vitousek, P., Leach, A., Bouwman, A. F., Butterbach-Bahl, K., Dentener, F., Stevenson, D., Maren, M., & Maren, A. (2013). The global nitrogen cycle in the twenty-first century. *Philos. Trans. R. Soc. B*, 368, 1–13.
- Fowler, D., Steadman, C. E., Stevenson, D., Coyle, M., Rees, R. M., Skiba, U. M., & Galloway, J. N. (2015). Effects of global change during the 21st century on the nitrogen cycle. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(24), 13849-13893.
- Freschet, G. T., Pages, L., Iversen, C. M., Comas, L. H., Rewald, B., Roumet, C., Klimesova, J., Zadworny, M., Poorter, H., & Postma, J. A. (2021). A starting guide to root ecology: strengthening ecological concepts and standardising root classification, sampling, processing and trait measurements. *New Phytologist*, 232, 973–1122.
- Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., Andrew, R. M., Bakker, D. C., Hauck, J., & Zeng, J. (2022). Global carbon budget 2021. *Earth system science data*, 14(4), 1917-2005.
- Fröberg, M., Berggren, D., Bergkvist, B., Bryant, C., & Knicker, H. (2003). Contributions of Oi, Oe and Oa horizons to dissolved organic matter in forest floor leachates. *Geoderma*, 113, 311–322.
- Fuchslueger, L., Wild, B., Mooshammer, M., Takriti, M., Kienzl, S., Knoltsch, A., & Richter, A. (2019). Microbial carbon and nitrogen cycling responses to drought and temperature in differently managed mountain grasslands. *Soil Biology and Biochemistry*, 135, 144-153.
- Gallet, C., & Keller, C. (1999). Phenolic composition of soil solutions: comparative study of lysimeter and centrifuge waters. *Soil Biology & Biochemistry*, 31, 1151–1160.
- Gallet, C., & Lebreton, P. (1995). Evolution of phenolic patterns in plants and associated litters and humus of a mountain forest ecosystem. *Soil Biology & Biochemistry*, 27, 157–165.
- Galloway, J. N., Dentener, F. J., & Capone, D. G. (2004). Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry*, 70, 153–226.

- Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J. W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J. R., & Sutton, M. A. (2008). Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 320(5878), 889–892.
- Galloway, J. N., Aber, J. D., Erisman, J. W., Seitzinger, S. P., Howarth, R. W., Cowling, E. B., & Cosby, B. J. (2003). Azot basamağı. *Biyobilim*, 53(4), 341-356.
- Gao, D., Zhou, H., Wang, J., Miao, S., Yang, F., Wang, G., & Bao, X. (2015). Size-dependent electrocatalytic reduction of CO₂ over Pd nanoparticles. *Journal of the American Chemical Society*, 137(13), 4288-4291.
- García-Palacios, P., Crowther, T. W., Dacal, M., Hartley, I. P., Reinsch, S., Rinnan, R., & Bradford, M. A. (2021). Evidence for large microbial-mediated losses of soil carbon under anthropogenic warming. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(7), 507-517.
- Geist, H. J., & Lambin, E. F. (2002). Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation: Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. *BioScience*, 52(2), 143-150.
- Gerlach, A. (1973). *Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoffnettonmineralisation*. Göttingen, Goltze: Scripta Geobotanica, Bd. 5.
- Gibbs, H. K., Brown, S., Niles, J. O., & Foley, J. A. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental research letters*, 2(4), 045023.
- Gislason, S. R., Oelkers, E. H., Eiríksdóttir, E. S., Kardjilov, M. I., Gísladóttir, G., Sigfusson, B., & Oskarsson, N. (2009). Direct evidence of the feedback between climate and weathering. *Earth and Planetary Science Letters*, 277(1-2), 213-222.
- Gonod, L. V., Jones, D. L., & Chenu, C. (2006). Sorption regulates the fate of the amino acids lysine and leucine in soil aggregates. *European Journal of Soil Science*, 57, 320e329.
- Goodale, C. L., Apps, M. J., Birdsey, R. A., Field, C. B., Heath, L. S., Houghton, R. A., & Shvidenko, A. Z. (2002). Forest carbon sinks in the Northern Hemisphere. *Ecological applications*, 12(3), 891-899.
- Greenfield, L. M., Hill, P. W., Seaton, F. M., Paterson, E., & Jones, D. L. (2020). Is soluble protein mineralisation and protease activity in soil regulated by supply or demand? *Soil Biol Biochemical*, 150,108007.
- Griffiths, R. I., Thomson, B. C., James, P., Bell, T., Bailey, M., & Whiteley, A. S. (2011). The bacterial biogeography of British soils. *Environ. Microbiol.*, 13, 1642–1654.
- Grigal, D. F., & Vance, E. D. (2000). Influence of soil organic matter on forest productivity. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 30(1/2), 169-205.

- Gruber, N., & Galloway, J. N. (2008). An earth-system perspective of the global nitrogen cycle. *Nature*, 451, 293–296.
- Gruffman, L., Jämtgard, S., & Näsholm, T. (2014). Plant nitrogen status and co-occurrence of organic and inorganic nitrogen sources influence root uptake by Scots pine seedlings. *Tree Physiology*, 34, 205–213.
- Gundersen, P., Emmett, B. A., Kjonaas, O. J., Koopmans, C. J., & Tietema, A. (1998). Impact of nitrogen deposition on nitrogen cycling in forests: a synthesis of NITREX data. *Forest Ecology and Management*, 101, 37–55.
- Guo, N., Zhang, S., Gu, M., & Xu, G. (2021). Function, transport, and regulation of amino acids: what is missing in rice? *Crop*, 1(9), 530–542.
- Guo, S., Zhou, Y., Shen, Q., & Zhang, F. (2007). Effect of ammonium and nitrate nutrition on some physiological processes in higher plants-growth, photosynthesis, photorespiration, and water relations. *Plant Biology*, 9, 21–29.
- Guo, A. Y., Chen, X., Gao, G., Zhang, H., Zhu, Q. H., Liu, X. C., & Luo, J. (2007). Plant TFDB: a comprehensive plant transcription factor database. *Nucleic acids research*, 36, D966-D969.
- Guo, W., Zhang, Z., Liu, Q., Xiao, J., & Yin, H. (2021). Seasonal variations in plant nitrogen acquisition in an ectomycorrhizal alpine forest on the eastern Tibetan plateau, China. *Plant Soil*, 459, 79–91.
- Gülçur, F. (1974). *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 201.
- Güner, D., & Özkan, K. (2019). Türkiye’deki karaçam ağaçlandırma alanlarında besin stoklarının belirlenmesi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6(2), 192-207.
- Güner, Ş. T., & Çömez, A. (2014). Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) Ağaçlandırma Alanlarında Karbon Stoklarının Belirlenmesi, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu: ESK-10(6303), 46s, Eskişehir.
- Güner, Ş., & Makineci, E. (2017). Türkmen Dağı (Eskişehir, Kütahya) sarıçam ormanlarında toprak ve ölü örtüde biriken yıllık organik karbon miktarının belirlenmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(2), 109-115.
- Güven, İ. H., Nalbantoğlu, A. K., & Takaoğlu, S. (1998). 1/100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Harita Serisi.
- Güven, İ. H. (1993). *Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu*. Ankara: MTA Yayınları.
- Haktanır, K. & Arcak, S. (1997). *Toprak Biyolojisi (Toprak Ekosistemine Giriş) Ders Kitabı*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No, 1486.
- Hamilton, W. J. (1842). *Researches in Asia Minor, Pontus and Armenia I*. London.

- Han, Y., Qu, C., & Hu, X. (2022). Warming and humidification mediated changes of DOM composition in an Alfisol. *Sci. Total. Environ.*, 805, 150198.
- Harris, N. L., Gibbs, D. A., Baccini, A., Birdsey, R. A., De-Bruin, S., Farina, M., & Tyukavina, A. (2021). Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes. *Nature Climate Change*, 11(3), 234-240.
- Harrison, K. A., Bol, R., & Bardgett, R. D. (2007). Preferences for different nitrogen forms by coexisting plant species and soil microbes. *Ecology*, 88, 989–999.
- Hashizume, H. (2002). Basal spacing of montmorillonite/amino acid complexes at different relative humidity. *Clay science*, 11(6), 565-574.
- Heal, O. W., Anderson, J. M., & Swift, M. J. (1997). *Plant litter quality and decomposition: an historical overview*. Nature, pp. 47–66.
- Henry, H., & Jefferies, R. (2002). Free amino acid, ammonium and nitrate concentrations in soil solutions of a grazed coastal marsh in relation to plant growth. *Plant, Cell and Environment*, 25, 665–675.
- Hill, P. W., & Jones, D. L. (2019). Plant-microbe competition: does injection of isotopes of C and N into the rhizosphere effectively characterise plant use of soil N? *The New phytologist*, 221(2), 796–806.
- Hill, P. W., Farrar, J., Roberts, P., Farrell, M., Grant, H., Newsham, K. K., Hopkins, D. W., Bardgett, R. D., & Jones, D. L. (2011a). Vascular plant success in a warming antarctic may be due to efficient nitrogen acquisition. *Nature Climate Change*, 1, 50-53.
- Hill, P. W., Quilliam, R. S., DeLuca, T. H., Farrar, J., Farrell, M., Roberts, P., Newsham, K.K., Hopkins, D. W., Bardgett, R. D., & Jones, D. L. (2011b). Acquisition and assimilation of nitrogen as peptide-bound and D-enantiomers of amino acids by wheat. *Plos One*, 6, e19220.
- Hill, P. W., Quilliam, R. S., DeLuca, T. H., Farrar, J. F., Farrell, M., Roberts, P., Newsham, K.K., Hopkins, D. W., Bardgett, R. D. & Jones, D. L. (2011c). Acquisition and assimilation of nitrogen as peptide-bound and D enantiomers of amino acids by wheat. *Plos One*, 10, 13-71.
- Hirt, J., Nordhausen, T., Appenzeller-Herzog, C., & Ewald, H. (2023). Citation tracking for systematic literature searching: A scoping review. *Research Synthesis Methods*, 14(3), 563-579.
- Hobbie, E. A., Macko, S. A., & Williams, M. (2000). Correlations between foliar $\delta^{15}\text{N}$ and nitrogen concentrations may indicate plant mycorrhizal interactions. *Oecologia*, 122(2), 273-283.
- Hobbie, S. E. (2008). Nitrogen effects on decomposition: A five-year experiment in eight temperate sites. *Ecology*, 89(9), 2633-2644.

- Hobbie, S. E. (1996). Temperature and plant species control over litter decomposition in Alaskan tundra. *Ecological Monographs*, 66, 503–522.
- Hobbie, S. E., Nadelhoffer, K. J., & Högberg, P. (2002). A synthesis: the role of nutrients as constraints on carbon balances in boreal and arctic regions. *Plant and soil*, 242(1), 163–170.
- Holík, L., Rosíková, J., & Vranová, V. (2018). Effect of thinning on the amount of mineral nitrogen.
- Homyak, P. M., Slessarev, E. W., Hagerty, S., Greene, A. C., Marchus, K., Dowdy, K., Iverson, S., & Schimel, J. P. (2021). Amino acids dominate diffusive nitrogen fluxes across soil depths in acidic tussock tundra. *New Phytol.*, 231, 2162–2173.
- Hongve, D., Van-Hees, P. A. W., & Lundstrom, U. S. (2000). Dissolved components in precipitation water percolated through forest litter. *European Journal of Soil Science* 51, 667–677.
- Houghton, R. A., & Nassikas, A. A. (2017). Global and regional fluxes of carbon from land use and land cover change 1850–2015. *Global Biogeochemical Cycles*, 31(3), 456–472.
- Hu, A., Choi, M., & Tanentzap, A. J. (2022). Ecological networks of dissolved organic matter and microorganisms under global change. *Nat. Commun.*, 13, 3600.
- Hungate, B. A., Dijkstra, P., Johnson, D. W., Hinkle, C. R., & Drake, B. G. (1999). Elevated CO₂ increases nitrogen fixation and decreases soil nitrogen mineralization in Florida scrub oak. *Global Change Biology*, 5(7), 781–789.
- Huynh, T., Lee, D. J., Applegate, G., & Lewis, T. (2021). Field methods for above and belowground biomass estimation in plantation forests. *MethodsX*, 8, 101192.
- Hyvönen, R., Persson, T., & Andersson, S. (2008). Impact of long-term nitrogen addition on carbon stocks in trees and soils in northern Europe. *Biogeochemistry*, 89, 121–137.
- Ichihashi, Y., Date, Y., Shino, A., Shimizu, T., Shibata, A., Kumaishi, K., Funahashi, F., Wakayama, K., Yamazaki, K., & Umezawa, A. (2020). Multi-omics analysis on an agroecosystem reveals the significant role of organic nitrogen to increase agricultural crop yield. *Pnas*, 117, 14552–14560.
- Inselsbacher, E., & Nasholm, T. (2012). The below-ground perspective of forest plants: soil provides mainly organic nitrogen for plants and mycorrhizal fungi. *N Phytol*, 195, 329–334.
- Inselsbacher, E., Öhlund, J., Jämtgård, S., Huss-Danell, K., & Näsholm, T. (2011). The potential of microdialysis to monitor organic and inorganic nitrogen compounds in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(6), 1321–1332.
- IPCC. (2023). *Summary for Policymakers. In: Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: pp. 1–34.

- IPCC. (2021). *Climate Change: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.
- Irmak, A. (1954). *Arazide ve Laboratuvarda Toprağın Araştırılması Metodları*. İstanbul: İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 27.
- Iversen, C. M., Sloan, V. L., Sullivan, P. F., Euskirchen, E. S., McGuire, A. D., Norby, R. J., Walker, A. P., Warren, J. M., & Wullschleger, S. D. (2015). The unseen iceberg: plant roots in arctic tundra. *New Phytologist*, 205, 34–58.
- Jackson, R. B., Mooney, H. A., & Schulze, E. D. (1997). A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(14), 7362–7366.
- Jagodzinski, A. M., & Kałucka, I. (2011). Fine Root Biomass and Morphology in an Age Sequence of Post-Agricultural *Pinus Sylvestris* L. Stands. *Dendrobiology*, 66, 71–84.
- Jagodzinski, A. M., Jędrzej, Z., Aleksandra, W., Hubert, P., & Gordon, L. E. (2016). Tree age effects on fine root biomass and morphology over chronosequences of *Fagus sylvatica*, *Quercus robur* and *Alnus glutinosa* stands. *Plos One*, 11(2), e0148668.
- Jansen, I. M. L., & Painter, R. B. (1974). Predicting sediment yield from climate and topography. *Journal of Hydrology*, 21(4), 371–380.
- Jarvis, S. C., Stockdale, E. A., Shepherd, M. A., & Powlson, D. S. (1996). Nitrogen mineralisation in temperate agricultural soils: processes and measurement. *Advances in Agronomy*, 57, 187–235.
- Jiang, L., Wang, S., & Pang, Z. (2021). Abiotic and biotic controls of soil dissolved organic nitrogen along a precipitation gradient on the Tibetan plateau. *Plant Soil*, 459, 65–78.
- Jiang, C. M., Yu, G. R., Fang, H. J., Cao, G. M., & Li, Y. N. (2010). Short-term effect of increasing nitrogen deposition on CO₂, CH₄ and N₂O fluxes in an alpine meadow on the Qinghai–Tibetan Plateau, China. *Atmospheric Environment*, 44, 2920–2926.
- Jiao, Y., Xu, Z., Zhao, J. H., & Yang, W. Z. (2012). Changes in soil carbon stocks and related soil properties along a 50 year grassland to cropland conversion chronosequence in an agro-pastoral ecotone of Inner Mongolia, China. *Journal of Arid Land*, 4, 420–430.
- Jin, V. L., & Evans, R. D. (2010). Elevated CO₂ increases plant uptake of organic and inorganic N in the desert shrub *Larrea tridentata*. *Oecologia*, 163(1), 257–266.
- Johnson, R. M., & Pregitzer, K. S. (2007). Concentration of sugars, phenolic acids, and amino acids in forest soils exposed to elevated atmospheric CO₂ and O₃. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(12), 3159–3166.
- Jones, D. L., & Hodge, A. (1999). Biodegradation kinetics and sorption reactions of three differently charged amino acids in soil and their effects on plant organic nitrogen availability. *Soil Biology & Biochemistry*, 31(10), 1331–1342.

- Jones, D. L., & Kielland, K. (2002). Soil amino acid turnover dominates the nitrogen flux in permafrost-dominated taiga forest soils. *Soil biology and biochemistry*, 34(2), 209-219.
- Jones, D. L., Hughes, L. T., Murphy, D. V., & Healey, J. R. (2008). Dissolved organic carbon and nitrogen dynamics in temperate coniferous forest plantations. *European Journal of Soil Science*, 59, 1038–1048.
- Jones, D. L., Owen, A. G., & Farrar, J. F. (2002). Simple method to enable the high resolution determination of total free amino acids in soil solutions and soil extracts. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(12), 1893–1902.
- Jones, D. L., Healey, J. R., Willett, V. B., Farrar, J. F., & Hodge, A. (2005). Dissolved organic nitrogen uptake by plants an important N uptake pathway? *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 413–423.
- Jones, D. L., Kielland, K., Sinclair, F. L., Dahlgren, R. A., Newsham, K. K., Farrar, J. F., & Murphy, D. V. (2009). Soil organic nitrogen mineralization across a global latitudinal gradient. *Global Biogeochemical Cycles*, 23, GB1016.
- Jones, D. L., Shannon, D., Junvee-Fortune, T., & Farrar, J. F. (2005b). Plant capture of free amino acids is maximized under high soil amino acid concentrations. *Soil Biology & Biochemistry*, 37, 179-181.
- Jones, D. L., Shannon, D., Murphy, D. V., & Farrar, J. (2004a). Role of dissolved organic nitrogen (DON) in soil N cycling in grassland soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 36, 749–756.
- Kaçar, B. (1995). *Bitki ve toprağın kimyasal analizleri II: Toprak analizleri*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3.
- Kacar, B., & Katkat, V. (2007). *Bitki Besleme*. Ankara: Nobel Yayın No: 849, Fen ve Biyoloji Yayınları Dizisi: 29, 659s.
- Kahveci, E. (2024). Samsun yöresi saf ve karışık doğal karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.)) meşcerelerinin toprak üstü ve toprak altı biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Kalbitz, K., Solinger, S., Park, J. H., Michalzik, B., & Matzner, E. (2000). Controls on the Dynamics of dissolved organic matter in soils: a review. *Soil Science*, 165, 277–304.
- Kantarıcı, M. D. (1980). *Belgrad Ormanlarında Toprak Tipleri ve Orman Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Haritalanması Esasları Üzerine Araştırmalar*. İstanbul: İ.Ü. Yayın No: 2636, Orman Fak. Yayın No: 275.
- Kantarıcı, M. D. (1987). *Toprak İlimi*. İstanbul: Matbaa Teknisyenleri Basımevi İstanbul Üniversitesi Yay. No: 3444, Orman Fakültesi Yay. No: 387.

- Kantarıcı, M. D. (2000). *Toprak İlimi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları yayın no: 4261, Orman Fakültesi yayın no: 462-420, ISBN: 975-404-588-7.
- Kantarıcı, M. D. (2005). *Orman Ekosistemleri Bilgisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Kara, Ö., & Bolat, İ. (2008). The effects of different land uses on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Bartın province. *Turk J. Agric. F.*, 32, 281- 288.
- Kara, Ö., & Bolat, İ. (2008a). Soil microbial biomass C and N changes in relation to forest conversion in the northwestern Turkey. *Land Degradation and Development*, 19(4), 421–428.
- Kara, Ö., Bolat, İ., Çakıroğlu, K., & Şentürk, M. (2014). Litter Decomposition and Microbial Biomass in Temperate Forests in Northwestern Turkey. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(1), 31-41.
- 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.
- Karaöz, M. (1993). Bazı Yerli ve Yabancı İğne Yapraklı Ağaç Türlerine Ait Plantasyonlarda Ölü Örtü Miktarı İle Bunlardaki Besin Maddesi Rezervleri Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 43(1), 93-116.
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Cabuk, Y., & Kurt, R. (2011). Utilizations of biomass as an energy source in Turkey. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 63-75.
- Kayacık, H. (1960). *Doğu Ladininin coğrafi yayılışı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B (2), 25-32.
- Kaygusuz, A., Şen, C., & Aslan, Z. (2006). Torul (Gümüşhane) Volkaniklerinin Petrografik ve Petrolojik Özellikleri (KD Türkiye); Fraksiyonel Kristallenme ve Magma Karışımına İlişkin Bulgular. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 49(1), 49-81.
- Keenan, T. F., & Williams, C. A. (2018). The terrestrial carbon sink. *Annual Review of Environment and Resources*, 43(1), 219-243.
- Keyes, M. R., & Grier, C. C. (1981). Above and Below Ground Net Production in 40-Year Old Douglas-Fir Stands On Low and High Productivity Sites. *Canadian Journal Of Forest Research*, 11(3), 599-605.
- Kielland, K. (1995). Landscape patterns of free amino acids in arctic tundra soils. *Biogeochemistry*, 31, 85–98.
- Kielland, K., McFarland, J. W., Ruess, R. W., & Olson, K. (2007). Rapid cycling of organic nitrogen in taiga forest ecosystems. *Ecosystems*, 10, 360–368.
- Kielland, K. (1994). Amino acid absorption by arctic plants: implications for plant nutrition and nitrogen cycling. *Ecology*, 75, 2373–2383.

- Kielland, K., McFarland, J. W., Ruess, R. W., & Olson, K. (2006). Rapid cycling of amino acid nitrogen in arctic taiga ecosystems. *Ecology*, 87(3), 553–560.
- Kielland, K., McFarland, J. W., Ruess, R. W., & Olson, K. (2007). Rapid cycling of organic nitrogen in taiga forest ecosystems. *Ecosystems*, 10(3), 360–368.
- Kielland, K., McFarland, J., Olson, K. (2006). Amino acid uptake in deciduous and coniferous taiga ecosystems. *Plant Soil*, 288, 297–307.
- Kirankumar, R. (2016). Efficacy of Pymetrozine 50 WG against brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stal) on paddy *Oryza sativa*. L. *International Journal of Plant Protection*, 9(1), 68–78.
- Kirsten, M., Mikutta, R., Vogel, C., Thompson, A., Mueller, C. W., Kimaro, D. N., & Kalbitz, K. (2021). Iron oxides and aluminous clays selectively control soil carbon storage and stability in the humid tropics. *Scientific Reports*, 11(1), 5076.
- Klingensmith, K. M., & Van-Cleve, K. (1993). Patterns of nitrogen mineralization and nitrification in floodplain successional soils along the Tanana River floodplain, interior Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*, 23, 964–969.
- Knicker, H. (2011). Soil organic N - An under-rated player for C sequestration in soils? – a review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43, 1118–1129.
- Kocamanoğlu, Y. O. (2022). Karadağ kütlesi doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ağaçlandırmalarında kök, toprak ve ölü örtüdeki karbon ve azot birikimi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Kohler, M., Kunz, J., Herrmann, J., Hartmann, P., Jansone, L., Puhlmann, H., & Bauhus, J. (2019). The potential of liming to improve drought tolerance of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.]. *Frontiers in Plant Science*, 10, 382.
- Köhler, L., Hölscher, D., & Leuschner, C. (2008). High Litterfall in Old-Growth and Secondary Upper Montane Forest of Costa Rica. *Plant Ecology*, 199(2), 163–173.
- Kraus, T. E. C., Zasoski, R. J., & Dahlgren, R. A. (2004). Fertility and pH effects on polyphenol and condensed tannin concentrations in foliage and roots. *Plant and Soil* 262, 95– 109.
- Kuiters, A. T., & Denneman, C. A. J. (1987). Water-soluble phenolic substances in soils under several coniferous and deciduous tree species. *Soil Biology & Biochemistry* 19, 765–769.
- Kumar, R., Pandey, S., & Pandey, A. (2006). Plant roots and carbon sequestration. *Current Science*, 885–890.
- Kumar, V., Sharma, A., Kaur, R., Thukral, A. K., Bhardwaj, R., & Ahmad, P. (2017). Differential distribution of amino acids in plants. *Amino acids*, 49(5), 821–869.

- Kumari, K., Singh, R. P., & Saxena, S. K. (1987). Effect of different factors on the movement of some amino-acids in soils using thin-layer chromatography. *Journal of Liquid Chromatography*, 10, 1299-1325.
- Kuzyakov, Y., & Schneckenberger, K. (2004). Review of estimation of plant rhizodeposition and their contribution to soil organic matter formation. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 50(1), 115-132.
- Küçük, M., & Yener, İ. (2018). Farklı arazi kullanımlarının toprakların bazı özellikleri ve azot mineralizasyonu üzerindeki etkisi (Rize, Kalkandere Örneği). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(3), 899-910.
- Lamboll, R. D., Nicholls, Z. R., Smith, C. J., Kikstra, J. S., Byers, E., & Rogelj, J. (2023). Assessing the size and uncertainty of remaining carbon budgets. *Nature Climate Change*, 13(12), 1360-1367.
- LeBauer, D. S., & Treseder, K. K. (2008). Nitrogen limitation of net primary productivity in terrestrial ecosystems is globally distributed. *Ecology*, 89(2), 371-379.
- Leduc, S. D., & Rothstein, D. E. (2010). Plant-available organic and mineral nitrogen shift in dominance with forest stand age. *Ecology*, 91, 708-720.
- Lehmann, J., & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528, 60-68.
- Lemenih, M., & Itanna, F. (2004). Soil carbon stocks and turnovers in various vegetation type and arable lands along an elevation gradient in southern Ethiopia. *Geoderma*, 123, 177-188.
- Li, M., Wang, J., & Guo, D. (2019). Effect of land management practices on the concentration of dissolved organic matter in soil: A meta-analysis. *Geoderma*, 344, 74-81.
- Li, P., Karunanidhi, D., Subramani, T., & Srinivasamoorthy, K. (2021). Sources and consequences of groundwater contamination. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 80(1), 1-10.
- Li, R., Luo, T., Mölg, T., Zhao, J., Li, X., Cui, X., Du, M., & Tang, Y. (2016). Leaf unfolding of Tibetan alpine meadows captures the arrival of monsoon rainfall. *Scientific Reports*, 6.
- Liang, L., Liu, W., Sun, Y., Huo, X., Li, S., & Zhou, Q. (2017). Phytoremediation of heavy metal contaminated saline soils using halophytes: current progress and future perspectives. *Environmental Reviews*, 25(3), 269-281.
- Lim, H., Jämtgård, S., Oren, R., Gruffman, L., Kunz, S., & Näsholm, T. (2022). Organic nitrogen enhances nitrogen nutrition and early growth of *Pinus sylvestris* seedlings. *Tree Physiology*, 42, 513-522.

- Lipson, D. A., Raab, T. K., Schmidt, S. K., & Monson, R. K. (2001). An empirical model of amino acid transformations in an alpine soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 33(2), 189-198.
- Lipson, D. A., Schmidt, S. K., & Monson, R. K. (1999). Links between microbial population dynamics and nitrogen availability in an alpine ecosystem. *Ecology*, 80(5), 1623-1631.
- Lipson, D., & Nasholm, T. (2001). The unexpected versatility of plants: Organic nitrogen use and availability in terrestrial ecosystems. *Oecologia*, 128, 305–316.
- Lipson, D. A., & Monson, R. K. (1998). Plant-microbe competition for soil amino acids in the alpine tundra: effects of freeze-thaw and dry-rewet events. *Oecologia*, 113(3), 406–414.
- Lipson, D. A., Raab, T. K., Schmidt, S. K., & Monson, R. K. (1999). Variation in competitive abilities of plants and microbes for specific amino acids. *Biology and Fertility of Soils*, 29, 257e261.
- Liski, J., Nissinen, A. R. I., Erhard, M., & Taskinen, O. (2003). Climatic effects on litter decomposition from arctic tundra to tropical rainforest. *Global change biology*, 9(4), 575-584.
- Liu, C., Li, Z. W., Chang, X. F., He, J., Nie, X. D., Liu, L., Xiao, H. B., Zeng, G. M., Wang D. Y., Peng, H., & Zeng, G. M. (2018). Soil carbon and nitrogen sources and redistribution as affected by erosion and deposition processes: a case study in a loess hilly-gully catchment, China. *Agricultural Ecosystems and Environment*, 253, 11-22.
- Liu, Y., Evans, S. E., & Friesen, M. L. (2022). Root exudates shift how N mineralization and N fixation contribute to the plant-available N supply in low fertility soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 165, 108541.
- Liu, Jianbo., Christian, D., & Kummerow-Gregory, S. (2017). Identifying and Analysing Uncertainty Structures in the TRMM Microwave Imager Precipitation Product over Tropical Ocean Basins. *International Journal of Remote Sensing*, 38(1), 23–42.
- Liu, M., Li, C., Xu, X., Wanek, W., Jiang, N., Wang, H., & Yang, X. (2017). Organic and inorganic nitrogen uptake by 21 dominant tree species in temperate and tropical forests. *Tree Physiology*, 1–12.
- Llebres, M. T., Pascual, M. B., Debille, S., Trontin, J. F., Harvengt, L., Avila, C., & Cánovas, F. M. (2018). The role of arginine metabolic pathway during embryogenesis and germination in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Tree physiology*, 38(3), 471-484.
- Lu, X., Vitousek, P. M., & Mao, Q. (2021). Nitrogen deposition accelerates soil carbon sequestration in tropical forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118, e2020790118.
- Luo, Y., Su, B., & Currie, W. S. (2004). Progressive nitrogen limitation of ecosystem responses to rising atmospheric carbon dioxide. *Bioscience*, 54, 731–739.

- Ma, Q., Cao, X., Xie, Y., Yan, G., & Wu, L. (2016). Effect of pH on the uptake and metabolism of glycine in pak choi (*Brassica chinensis* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 133, 139–150.
- Ma, S., Chen, G., & Du, E. (2021). Effects of nitrogen addition on microbial residues and their contribution to soil organic carbon in China's forests from tropical to boreal zone. *Environmental Pollution*, 268, 115941.
- Ma, Y. Z., Zhong, Q. L., Jin, B. J., Lu, H. D., Guo, B. Q., & Zheng, Y. (2015). Spatial changes and influencing factors of fine root carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry of plants in China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 39, 159–166.
- Magthab, E. A. (2014). Transformation of peptides and amino acids in soil and plants. Bangor University, Awarding Institution, Doctoral Thesis.
- Malhi, Y., Baldocchi, D. D., & Jarvis, P. G. (1999). The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. *Plant, Cell & Environment*, 22(6), 715–740.
- Maquère, V., Laclau, J. P., Bernoux, M., Saint-Andre, L., Gonçalves, J. L. M., Cerri, C. C., & Ranger, J. (2008). Influence of land use (savanna, pasture, *Eucalyptus* plantations) on soil carbon and nitrogen stocks in Brazil. *European journal of soil science*, 59(5), 863–877.
- Malhi, S. S., Harapiak, J. T., Nyborg, M., Gill, K. S., Monreal, C. M., & Gregorich, E.G. (2003). Total and Light Fraction Organic C in a Thin Black Chernozemic Grassland Soil as Affected by 27 Annual Applications of Six Rates of Fertilizer N. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 66(1), 33–41.
- Marañón-Jiménez, S., Peñuelas, J., Richter, A., Sigurdsson, B. D., Fuchslueger, L., Leblans, N. I., & Janssens, I. A. (2019). Coupled carbon and nitrogen losses in response to seven years of chronic warming in subarctic soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 134, 152–161.
- Mariano, E., Jones, D. L., Hill, P. W., & Trivelin, P. C. (2016). Mineralisation and sorption of dissolved organic nitrogen compounds in litter and soil from sugarcane fields. *Soil Biology and Biochemistry*, 103, 522–532.
- Marschner, P., Grierson, P., & Rengel, Z. (2005). Microbial community composition and functioning in the rhizosphere on three *Banksia* species in native woodland in Western Australia. *Applied Soil Ecology*, 28, 191–201.
- Masclaux-Daubresse, C., Daniel-Vedele, F., Dechorgnat, J., Chardon, F., Gaufichon, L., & Suzuki, A. (2010). Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. *Annals of botany*, 105(7), 1141–1157.
- McCormack, M. L., Dickie, I. A., Eissenstat, D. M., Fahey, T. J., Fernandez, C. W., Guo, D., Helmisaari, H. S., Hobbie, E. A., Iversen, C. M., & Jackson, R. B. (2015). Redefining fine roots improves understanding of below-ground contributions to terrestrial biosphere processes. *New Phytologist*, 207, 505–518.

- McMurry, J. (1988). *Organic Chemistry*. Brooks/Cole, Belmont, CA, second ed., 1138 pp.
- McTiernan, K. B., Couteaux, M. M., Berg, B., Berg, M. P., De-Anta, R. C., Gallardo, A., Kratz, W., Piussi, P., Remacle, J., & De-Santo, A. V. (2003). Changes in chemical composition of *Pinus sylvestris* needle litter during decomposition along a European coniferous forest climatic transect. *Soil Biology & Biochemistry*, 35, 801–812.
- Melillo, J. M., Butler, S., Johnson, J., Mohan, J., Steudler, P., Lux, H., & Tang, J. (2011). Soil warming, carbon–nitrogen interactions, and forest carbon budgets. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(23), 9508-9512.
- Melillo, J. M., Steudler, P. A., Aber, J. D., Newkirk, K., Lux, H., Bowles, F. P., & Morrisseau, S. (2002). Soil warming and carbon-cycle feedbacks to the climate system. *Science*, 298(5601), 2173-2176.
- Mısır, M., & Mısır, N. (2013). Root Biomass and Carbon Storage for *Fagus orientalis* Lipsky, (Northeastern Anatolia). *International Journal of Educational Research*, 1, 1-8.
- Mısır, M., Mısır, N., Ülker, C., & Erkut, S. (2013). Saf kayın meşcerelerinin karbon depolama miktarının belirlenmesi (Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Örneği), Bilimsel Araştırma Projesi, Trabzon.
- Michalzik, B., Kalbitz, K., Park, J.-H., Solinger, S., & Matzner, E. (2001). Fluxes and concentrations of dissolved organic carbon and nitrogen - a synthesis for temperate forests. *Biogeochemistry*, 52, 173–205.
- Mikutta, R., Kleber, M., Torn, M. S., & Jahn, R. (2006). Stabilization of soil organic matter: association with minerals or chemical recalcitrance?. *Biogeochemistry*, 77(1), 25-56.
- Min, X., Yaeesh-Siddiqi, M., Guy, R., Glass, A., & Kronzucker, H. (1999). A comparative study of fluxes and compartmentation of nitrate and ammonium in early successional tree species. *Plant, Cell & Environment*, 22, 821–830.
- Mooshammer, M., Wanek, W., Hämmerle, I., Fuchslueger, L., Hofhansl, F., Knoltsch, A., & Richter, A. (2014). Adjustment of microbial nitrogen use efficiency to carbon: nitrogen imbalances regulates soil nitrogen cycling. *Nature communications*, 5(1), 3694.
- Moreau, D., Bardgett, R. D., Finlay, R. D., Jones, D. L., & Philippot, L. (2019). A plant perspective on nitrogen cycling in the rhizosphere. *Functional Ecology*, 33, 540–552.
- Moreno-García, P., Montaña-Centellas, F., & Liu, Y. (2024). Long-term nitrogen deposition reduces the diversity of nitrogen-fixing plants. *Sci. Adv.*, 10, eadp7953.
- Morgan, J. A., Pataki, D. E., Körner, C., Clark, H. E. N. R. Y., Del-Grosso, S. J., Grünzweig, J. M., & Shaw, M. R. (2004). Water relations in grassland and desert ecosystems exposed to elevated atmospheric CO₂. *Oecologia*, 140(1), 11-25.

- Möller, A., Kaiser, K., & Guggenberger, G. (2005). Dissolved organic carbon and nitrogen in precipitation, throughfall, soil solution, and stream water of the tropical highlands in northern Thailand. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 649–659.
- Nacry, P., Bouguyon, E., & Gojon, A. (2013). Nitrogen acquisition by roots: physiological and developmental mechanisms ensuring plant adaptation to a fluctuating resource. *Plant and Soil*, 370, 1–29.
- Nadelhoffer, K. J., Emmett, B. A., & Gundersen, P. (1999). Nitrogen deposition makes a minor contribution to carbon sequestration in temperate forests. *Nature*, 398, 145–148.
- NASA. (2020). NASA, NOAA Analyses Reveal 2019 Second Warmest Year on Record. Climate Change: Vital Signs of the Planet.
- NASA. (2022). Methane: Vital Signs. Climate Change: Vital Signs of the Planet.
- NASA. (2023a). Carbon Dioxide Concentration. Global Climate Change: Vital Signs of the Planet.
- NASA. (2023b). The Relentless Rise of Carbon Dioxide. Climate Change: Vital Signs of the Planet.
- Näsholm, T., Ekblad, A., Nordin, A., Giesler, R., Högberg, M. N., & Högberg, P. (1998). Boreal forest plants take up organic nitrogen. *Nature*, 392, 914–916.
- Nasholm, T., Huss-Danell, K., & Högberg, P. (2001). Uptake of glycine by field grown wheat. *New Phytologist*, 150, 59–63.
- Nasholm, T., Kielland, K., & Ganeteg, U. (2009). Uptake of organic nitrogen by plants. *New Phytologist*, 182, 31–48.
- Näsholm, T., & Persson, J. (2001). Plant acquisition of organic nitrogen in boreal forests. *Physiologia Plantarum*, 111, 419–426.
- Natali, S. M., Schuur, E. A., & Rubin, R. L. (2012). Increased plant productivity in Alaskan tundra as a result of experimental warming of soil and permafrost. *Journal of ecology*, 100(2), 488–498.
- Nave, L. E., Vance, E. D., Swanston, C. W., & Curtis, P. S. (2009). Impacts of elevated N inputs on north temperate forest soil C storage, C/N, and net N-mineralization. *Geoderma*, 153, 231–240.
- Neff, J. C., Townsend, A. R., & Gleixner, G. (2002). Variable effects of nitrogen additions on the stability and turnover of soil carbon. *Nature*, 419, 915–917.
- Neumann, M., Godbold, D. L., Hirano, Y., & Finér, L. (2020). Improving models of fine root carbon stocks and fluxes in European forests. *Journal of Ecology*, 108(2), 496–514.

- Niu, L., & Liao, W. (2016). Hydrogen peroxide signaling in plant development and abiotic responses: crosstalk with nitric oxide and calcium. *Frontiers in plant science*, 7, 230.
- Noll, L., Zhang, S., & Wanek, W. (2019). Novel high through put approach to determine key processes of soil organic nitrogen cycling: Gross protein depolymerization and microbial amino acid uptake. *Soil Biology & Biochemistry*, 130, 73–81.
- Noll, L., Zhang, S., Zheng, Q., Hu, Y., & Wanek, W. (2019). Wide-spread limitation of soil organic nitrogen transformations by substrate availability and not by extracellular enzyme content. *Soil biology & biochemistry*, 133, 37–49.
- Nordin, A., Högborg, P., & Näsholm, T. (2001). Soil nitrogen form and plant nitrogen uptake along a boreal forest productivity gradient. *Oecologia*, 129(1), 125–132.
- Nordin, A., Schmidt, I. K., & Shaver, G. R. (2004). Nitrogen uptake by arctic soil microbes and plants in relation to soil nitrogen supply. *Ecology*, 85, 955–962.
- Oades, J. M. (1988). The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry*, 5(1), 35-70.
- OGM. (2018). Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Trabzon Orman İşletme Müdürlüğü, Tonya ve Düzköy Orman İşletme Şefliği, Orman Amenajman Planı.
- OGM. (2020). Ormancılık İstatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Son erişim tarihi: 19 Şubat 2022.
- Ohlund, J., & Nasholm, T. (2001). Growth of conifer seedlings on organic and inorganic nitrogen sources. *Tree Physiology*, 21, 1319–1326.
- Okay, A. I., & Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the Eastern Pontides. In: A.G. Robinson (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. *AAPG Memoir*, 68, 292–311.
- Osher, L. J., & Buol, S. W. (1998). Relationship of soil properties to parent material and landscape position in eastern Madre de Dios, Peru. *Geoderma*, 83(1-2), 143-166.
- Owen, A., & Jones, D. (2001). Competition for amino acids between wheat roots and rhizosphere microorganisms and the role of amino acids in plant N acquisition. *Soil biology & biochemistry*, 33, 651–657.
- Öhlund, J., & Nasholm, T. (2001). Growth of conifer seedlings on organic and inorganic nitrogen sources. *Tree Physiology*, 21, 1319–1326.
- Öhlund, J., & Näsholm, T. (2004). Regulation of organic and inorganic nitrogen uptake in Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings. *Tree Physiology*, 24, 1397–1402.
- Özkaya, M. S. (2020). Artvin Ladin Ormanlarında *Ips typographus* L. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)'un epidemi yapmasına toprak yapısının etkileri [Research article]. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Dergisi*, 5(2), 245-252.
- Öztürk, G. (2022). Saf karaçam ve karaçam kızılçam karışık meşcerelerinde ekosistem bazında karbon depolama miktarının belirlenmesi: Gediz Orman İşletme Müdürlüğü

- örneği. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Öztürk, M., Pirdal, M., & Özdemir F. (1997). *Bitki Ekolojisi Uygulamaları*. Bornova, İzmir: Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No, 157.
- Özyuvacı, N. (1971). Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tespitinde Kullanılan Bazı Önemli İndeksler. *İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 21(1), 190-207.
- Pan, W., Tang, S., Zhou, J., Liu, M., Xu, M., Kuzyakov, Y., Ma, Q., & Wu, L. (2022). Plant–microbial competition for amino acids depends on soil acidity and the microbial community. *Plant Soil*, 475, 457–471.
- Park, J.-H., & Matzner, E. (2006). Detrital control on the release of dissolved organic nitrogen (DON) and dissolved inorganic nitrogen (DIN) from the forest floor under chronic N deposition. *Environmental Pollution*, 143, 178–185.
- Pei, G., Liu, J., Peng, B., Wang, C., Jiang, P., & Bai, E. (2020). Nonlinear coupling of carbon and nitrogen release during litter decomposition and its responses to nitrogen addition. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 125(5), e2019JG005462.
- Perakis, S. S., & Hedin, L. O. (2002). Nitrogen loss from unpolluted South American forests mainly via dissolved organic compounds. *Nature*, 415, 416–419.
- Persson, J., Hogberg, P., Ekblad, A., Hogberg, M. N., Nordgren, A., & Nasholm, T. (2003). Nitrogen acquisition from inorganic and organic sources by boreal forest plants in the field. *Oecologia*, 137, 252–257.
- Persson, J., & Nasholm, T. (2008). Amino acid uptake: a widespread ability among boreal forest plants. *Ecology Letters*, 4, 434–438.
- Persson, J., & Näsholm, T. (2001). Amino acid uptake: a widespread ability among boreal forest plants. *Ecology Letters*, 4, 434e438.
- Pierrehumbert, R. T. (2014). Short-lived climate pollution. *Annual review of earth and planetary sciences*, 42(1), 341-379.
- Post, W. M., Pastor, J., Zinke, P. J., & Stangenberger, A. G. (1985). Global patterns of soil nitrogen storage. *Nature*, 317(6038), 613-616.
- Post, W. M., Izaurralde, R. C., Mann, L. K., & Bliss, N. (2001). Monitoring and verifying changes of organic carbon in soil. *Climatic Change*, 51, 73–99.
- Pugh, T. A., Arneth, A., Kautz, M., Poulter, B., & Smith, B. (2019). Important role of forest disturbances in the global biomass turnover and carbon sinks. *Nature geoscience*, 12(9), 730-735.
- Qualls, R. G., & Richardson, C. J. (2003). Factors controlling concentration, export, and decomposition of dissolved organic nutrients in the Everglades of Florida. *Biogeochemistry*, 62, 197–229.

- Qualls, R. G., & Haines, B. L. (1991). Geochemistry of dissolved organic nutrients in water percolating through a forest ecosystem. *Soil Science Society of America Journal*, 55, 1112–1123.
- Qualls, R. G., & Haines, B. L. (1992). Biodegradability of dissolved organic matter in forest throughfall, soil solution, and stream water. *Soil Science Society of America Journal*, 56, 578–586.
- Quesada, H. B., De-Araújo, T. P., Vareschini, D. T., De-Barros, M. A. S. D., Gomes, R. G., & Bergamasco, R. (2020). Chitosan, alginate and other macromolecules as activated carbon immobilizing agents: A review on composite adsorbents for the removal of water contaminants. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 2535-2549.
- Raab, T. K., Lipson, D. A., & Monson, R. K. (1996). Non-mycorrhizal uptake of amino acids by roots of the alpine sedge *Kobresia myosuroides*: implications for the alpine nitrogen cycle. *Oecologia*, 108, 488–494.
- Raab, T. K., Lipson, D. A., & Monson, R. K. (1999). Soil amino acid utilization among species of the Cyperaceae: plant and soil processes. *Ecology*, 80(7), 2408–2419.
- Raich, J. W., Clark, D. A., Schwendenmann, L., & Wood, T. E. (2014). Aboveground tree growth varies with belowground carbon allocation in a tropical rainforest environment. *Plos One*, 9(6), e100275.
- Rani S. (2021). Clay mineralogy: soil carbon stabilization and organic matter interaction. *Soil Carbon Stabilization to Mitigate Climate Change*, 83-123.
- Rasmussen, C., Heckman, K., Wieder, W. R., Keiluweit, M., Lawrence, C. R., Berhe, A. A., & Wagai, R. (2018). Beyond clay: towards an improved set of variables for predicting soil organic matter content. *Biogeochemistry*, 137(3), 297-306.
- Read, D. J., & Perez-Moreno, J. (2003). Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems a journey towards relevance. *New Phytologist*, 157, 475–492.
- Regufe, M. J., Pereira, A., Ferreira, A. F., Ribeiro, A. M., & Rodrigues, A. E. (2021). Current developments of carbon capture storage and/or utilization—looking for net-zero emissions defined in the Paris agreement. *Energies*, 14(9), 2406.
- Rehfuess, K. E. (1986). *Wirkungen des fichtenanbaus Auf den Boden p. 250-279 in "Die Fichte, Ein Handbuch in zwei Bänden*. Hamburg und Berlin: Helmut Schmidt-Vogt. Verlag Paul Par.
- Reich, P. B., Hobbie, S. E., Lee, T., Ellsworth, D. S., West, J. B., Tilman, D., Knops, J. M. H., Naeem, S., & Trost, J. (2006). Nitrogen limitation constrains sustainability of ecosystem response to CO₂. *Nature*, 440, 922–925.
- Ren, T., Smreczak, B., & Ukalska-Jaruga, A. (2025). Asymmetric responses of soil dissolved organic carbon and dissolved organic nitrogen to warming: A meta analysis. *Catena*, 252, 108871.

- Rennenberg, H., Dannenmann, M., Gessler, A., Kreuzwieser, J., Simon, J., & Papen H. (2009). Nitrogen balance in forest soils: nutritional limitation of plants under climate change stresses. *Plant Biology*, 11, 4–23.
- Rentsch, D., Schmidt, S., & Tegeder, M. (2007). Transporters for uptake and allocation of organic nitrogen compounds in plants. *FEBS letters*, 581(12), 2281–2289.
- Richards, L. (1954). *Diagnosis and Improvement of, Saline and Alkali Soils*. Handbook, 60.
- Roberts, P., Stockdale, R., Khalid, M., Iqbal, Z., & Jones, D. L. (2009). Carbon-to-nitrogen ratio is a poor predictor of low molecular weight organic nitrogen mineralization in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 41, 1750e1752.
- Rodríguez-Veiga, P., Wheeler, J., Louis, V., Tansey, K., & Balzter, H. (2017). Quantifying forest biomass carbon stocks from space. *Current Forestry Reports*, 3(1), 1–18.
- Rothstein, D. E. (2009). Soil amino acid availability across a temperate forest fertility gradient. *Biogeochemistry*, 92, 201–215.
- Rothstein, D. E. (2014). In-situ root uptake and soil transformations of glycine, glutamine and ammonium in two temperate deciduous forests of contrasting N availability. *Soil Biol. Biochem.*, 75, 233–236.
- Rumpel, C., & Kögel-Knabner, I. (2011). Deep soil organic matter—a key but poorly understood component of terrestrial C cycle. *Plant and soil*, 338(1), 143–158.
- Rustad, L. E., Campbell, J. L., Marion, G. M., Norby, R. J., Mitchell, M. J., Hartley, A. E., Cornelissen, J. H. C., & 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.
- Sarıyıldız, T. (2011). Acidification Of Soils By Trees And Forests. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 3(1), 42–49.
- 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.
- Sarıyıldız, T., & Anderson, J. M. (2006). Intra-specific variation in cell Wall constituents of needle age classes of *Pinus sylvestris* in relation to soil fertility status in Southwest England. *Silva Fennica*, 40(1), 15–26.
- Sarıyıldız, T. (2000). Biochemical and Environmental Controls of Litter Decomposition. PhD thesis.
- Sarıyıldız, T., & Anderson, J. M. (2003a). Interactions between litter quality, decomposition and soil fertility: a laboratory study. *Soil Biol. Biochem.*, 35, 391–399.
- Sarıyıldız, T., & Anderson, J. M. (2003b). Decomposition of sun and shade leaves from three deciduous tree species, as affected by their chemical composition. *Biology and Fertility of Soils*, 37(3), 137–146.

- Sariyildiz, 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.
- Sariyildiz, 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.
- Sariyildiz, T., Akkuzu, E., Küçük, M., Duman, A., & Aksu, Y. (2008). Effects of Ips Typographus (L.) Damage On Litter Quality and Decomposition Rates of Oriental Spruce [*Picea orientalis* (L.) Link.] in Hatila Valley National Park, Turkey. *European Journal Of Forest Research*, 127, 5-429.
- Sariyildiz, 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.
- Sariyildiz, T., Savacı, G., & Kravkaz, I. S. (2016). Effects of tree species, stand age and land-use change on soil carbon and nitrogen stock rates in Northwestern Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(1), 165.
- Sariyildiz, T., Tani, M., & Parlak, S. (2023). First assessment of root biomass and root carbon and nitrogen stocks in Turkish floodplain forests. *Environ Monit Assess*, 195, 148.
- Savacı, G., & Sariyıldız, T. (2020b). Effects of stand age on litter quality, decomposition rate and nutrient release of Kazdağı fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*). *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 13(5), 396.
- Savacı, G. (2017). Farklı arazi kullanım türleri ve ağaç yaşının bazı toprak özellikleri, karbon ve azot depolamasına etkileri. Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kastamonu.
- Savacı, G., & Sariyıldız, T. (2020a). Determination of Changes in Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Stocks under Different Stand Age of Kazdağı Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Steven) Spach). *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 22(2), 532-543.
- Scarpelli, T. R. (2016). The role of amino acids in the nitrogen cycle of peatlands. Michigan Technological University, Master's thesis.
- Scharlemann, J. P., Tanner, E. V., Hiederer, R., & Kapos, V. (2014). Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon management*, 5(1), 81-91.
- Schimel, J. P., & Bennett, J. (2004). Nitrogen mineralization: challenges of a changing paradigm. *Ecology*, 85, 591–602.
- Schimel, J. P., & Chapin, S. F. (1996). Tundra plant uptake of amino acid and NH_4^+ nitrogen in situ: plants complete well for amino acid N. *Ecology*, 77(7), 2142–2147.

- Schleppi, P., Körner, C., & Klein, T. (2019). Increased nitrogen availability in the soil under mature *Picea abies* trees exposed to elevated CO₂ concentrations. *Frontiers in forests and global change*, 2, 59.
- Schmidt, M. W. I., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, IA., Kleber, M., Kogel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, DAC., Nannipieri, P., Rasse, DP., Weiner, S., & Trumbore, S. E. (2011). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *J. Nature*, 478(7367), 49–56.
- Schwendenmann, L., & Veldkamp, E. (2005). The role of dissolved organic carbon, dissolved organic nitrogen, and dissolved inorganic nitrogen in a tropical wet forest ecosystem. *Ecosystems*, 8, 339–351.
- Sert, M., Çetin, E., & İnce, K. (2025). Karbon Tutulumunda Bitkilendirmenin Rolü: Türkiye'nin Paris Anlaşması Taahhütleri Ve 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefleriyle Uyumu. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, (7), 174-187.
- Seuradje, B. J., Oelbermann, M., & Neufeld, J. D. (2017). Depth-dependent influence of different land-use systems on bacterial biogeography. *FEMS Microbiology Ecology*, 93(2), fiw239.
- Sevgi, O., Makineci, E. & Karaöz, O. (2011). The Forest Floor and Mineral Soil Carbon Pools of Six Different Forest Tree Species. *Ekoloji*, 20(81), 8-14.
- Sevim, M. (1961). Bazı Orman Ağaçlarının Kök Sistemleri ve Yetiştirme Muhiti Şartları ile Münasebetleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 49, 65.
- Sevim, M. (1954). *Alaçam (Dursunbey) Ormanlarında Ekolojik ve Pedolojik Araştırmalar*. İstanbul: Orman Umum Müd. Yayınlarından Sıra No: 131, Seri Nu:2, 63 sayfa.
- Shedayi, A. A., Xu, M., & Naseer, I. (2016). Altitudinal gradients of soil and vegetation carbon and nitrogen in a high altitude nature reserve of Karakoram ranges. *Springer plus*, 5.
- Simpson, A. J., Simpson, M. J., Smith, E., Kelleher, B. P. (2007). Microbially derived inputs to soil organic matter: are current estimates too low? *Environ Sci Technol*, 41, 8070–8076.
- Sipahi, F. (2017). Kalınçam (Tonya-Trabzon, KD Türkiye) Yöresi Geç Kretase Yaşlı Volkanitlerin Jeokimyası ve Petrojenezi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 102-127.
- Sistla, S. A., Asao, S., & Schimel, J. P. (2012). Detecting microbial N-limitation in tussock tundra soil: implications for Arctic soil organic carbon cycling. *Soil Biology and Biochemistry*, 55, 78-84.
- Skovsgaard, J. P., & Vanclay, J. K. (2008). Forest Site Productivity: A Review of The Evolution of Dendrometric Concepts For Even-Aged Stands. *Journal of Forestry*, 81(1), 13-31.

- Smolander, A. & Kitunen, V. (2002). Soil Microbial Activities and Characteristics of Dissolved Organic C and N in Relation to Tree Species. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(5), 651-660.
- Solarin, S. A. (2020). An environmental impact assessment of fossil fuel subsidies in emerging and developing economies. *Environmental Impact Assessment Review*, 85, 106-443.
- Soper, F. M., Paungfoo-Lonhienne, C., Brackin, R., Rentsch, D., Schmidt, S., Robinson, N. (2011). Arabidopsis and Lobelia anceps access small peptides as a nitrogen source for growth. *Functional Plant Biology*, 38, 788–796.
- Sowden, F. J., Chen, Y., & Schnitzer, M. (1977). The nitrogen distribution in soils formed under widely differing climatic conditions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 41(10), 1524-1526.
- Stendahl, J., Johansson, M. B., Eriksson, E., Nilsson, A., & Langvall, O. (2010). Soil Organic Carbon In Swedish Spruce and Pine Forests—Differences In Stock Levels and Regional Patterns. *Silva Fennica*, 44(1), 5-21.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M. (2013). *Climate Change: The Physical Science Basis. In Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, pp. 1535.
- Stockmann, U., Adams, M. A., Crawford, J. W., Field, D. J., Henakaarchchi, N., Jenkins, M., & Zimmermann, M. (2013). The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 164, 80-99.
- Streeter, T. C., Bol, R., & Bardgett, R. D. (2000). Amino acids as a nitrogen source in temperate upland grasslands: the use of dual labelled (¹³C, ¹⁵N) glycine to test for direct uptake by dominant grasses. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 14(15), 1351-1355.
- Ström, L., Tagesson, T., Mastepanov, M., & Christensen, T. R. (2012). Presence of Eriophorum scheuchzeri enhances substrate availability and methane emission in an Arctic wetland. *Soil Biology and Biochemistry*, 45, 61-70.
- Suominen, K., Kitunen, V., & Smolander, A. (2003). Characteristics of dissolved organic matter and phenolic compounds in forest soils under silver birch (*Betula pendula*), Norway spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*). *European Journal of Soil Science*, 54, 287–293.
- Sutton, M. A., Bleeker, A., Howard, C., Bekunda, M., Grizzetti, B., Vries, W. D., Van Grinsven, H., Abrol, Y., Adhya, T., & Billen, G. (2013). Our Nutrient World: The Challenge to Produce More Food and Energy with Less Pollution. *Centre For Ecology and Hydrology* (CEH).
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant physiology*. New York: 4th edition, W. H. Freeman.

- Taylor, A. R., Wang, J. R., & Chen, H. Y. (2007). Carbon storage in a chronosequence of red spruce (*Picea rubens*) forests in central Nova Scotia, Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 37(11), 2260-2269.
- Tecimen, H. (2011). Orman, çalı ve terk edilmiş tarla alanlarındaki azot mineralleşmesinin standart deneylik koşullarında incelenmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 61(1), 39-46.
- Tecimen, H., & Sevgi, O. (2009). Orman Topraklarında Mikroorganizmalar Tarafından Gerçekleştirilen Azot Dönüşümleri. *Turkish Journal of Forestry*, 9(1), 179-189.
- Tecimen, H. B., & Kavgacı, A. (2010). Comparison of soil and forest floor properties of floodplain and surrounding forests in Igneada, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 31, 129-134.
- Tecimen, H., Sevgi, O., & Altundağ, E. (2012). Kaz Dağlarında yükseltiye bağlı azot mineralleşmesinin değişimi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 62(1), 19-29.
- Tegeder, M., & Rentsch, D. (2010). Uptake and partitioning of amino acids and peptides. *Molecular Plant*, 3, 997-1011.
- Templer, P. H., Pinder, R. W., & Goodale, C. L. (2012). Effects of Nitrogen Deposition on Greenhouse-Gas Fluxes For Forests and Grasslands of North America *Frontiers in Ecology and The Environment*, 10(10), 547-553.
- Thomas, R. L., & Bowman, B. T. (1966). The occurrence of high molecular weight organic phosphorus compounds in soil. *Soil Science Society of America Proceedings*, 30, 799-801.
- Thorntwaite, C. W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, 38(1), 55-94.
- Thornton, P. E., Doney, S. C., Lindsay, K., Moore, J. K., Mahowald, N., Randerson, J. T., Fung, I., Lamarque, J. F., Feddes, J. J., & Lee, Y. H. (2009). Carbon-Nitrogen Interactions Regulate Climate-Carbon Cycle Feedbacks: Results From an Atmosphere- Ocean General Circulation Model. *Biogeosciences*, 6, 2099-2120.
- Thuille, A., & Schulze, E. D. (2006). Carbon Dynamics in Successional and Afforested Spruce Stands in Thuringia and The Alps. *Global Change Biology*, 12(2), 325-342.
- Thurman, E. M. (1985). Organic geochemistry of natural waters. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Todd-Brown, K. E., Randerson, J. T., Post, W. M., Hoffman, F. M., Tarnocai, C., Schuur, E. A., & Allison, S. D. (2013). Causes of variation in soil carbon simulations from CMIP5 Earth system models and comparison with observations. *Biogeosciences*, 10(3), 1717-1736.

- Tolunay, D. (1997). Aladağ'da (Bolu) Sıklık Çağındaki Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Bakımların Madde Dolaşımına Etkileri. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Tolunay, D., & Çömez, A. (2008). Türkiye Ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, s. 750-765. Hatay.
- Tolunay, D., & Çömez, A. (2008). Orman Topraklarında Karbon Depolanması ve Türkiye'deki Durum, Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar. s. 97-108. İstanbul.
- Tolunay, D., Karabıyık, B. & Öztuna, A. G. (2018). Türkiye Ormanlarında Bitkisel Kütledeki Karbon Stokları. 71. Türkiye Jeoloji Kurultayı, s.1027-1027.
- Tolunay, D., Makineci, E., & Şahin, A. (2017). İstanbul-Durusu kumul alanlarındaki Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ve Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.) ağaçlandırmalarında karbon birikimi. TÜBİTAK Projesi, Proje no: 114O797.
- Treseder K. K. (2008). Nitrogen additions and microbial biomass: A meta-analysis of ecosystem studies. *Ecol. Lett.*, 11, 1111–1120.
- Tufekcioglu, A., Guner, S., & Kucuk, M. (2004). Root biomass and carbon storage in oriental spruce and beech stands in Artvin, Turkey. *Journal of environmental biology*, 25(3), 317-320.
- Tunç, T. (2019). Çankırı Eldivan Yöresinde Farklı Gelişme Çağlarındaki Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çankırı.
- Turner, M. M., & Henry, H. A. (2010). Net nitrogen mineralization and leaching in response to warming and nitrogen deposition in a temperate old field: the importance of winter temperature. *Oecologia*, 162(1), 227-236.
- Tüfekçioğlu, A. & Güner, S. (2008). Artvin-Murgul Yalancı Akasya Ağaçlandırmalarının Odun Üretimi. Biyokütle, Karbon Depolama, Toprak Islahı ve Erozyonu Önleme Yönlerinden Araştırılması. Result report, TUBİTAK-TOVAG, Project No: 106O418.
- Tüfekçioğlu, A., & Küçük, M. (2004). Soil respiration in young and old oriental spruce stands and adjacent grasslands in Artvin, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(6), 429–435.
- Tüfekçioğlu, A., & Küçük, M. (2010). Saf Sarıçam Meşcerelerinde Kök Kütle, Kök Üretimi ve Kök Karbon Depolama Miktarlarının Yaş Sınıflarına Göre Değişimi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, s. 1030-1037.
- Tüfekçioğlu, A., Güner, S., Altun, L., Kalay, H. Z., & Yener, İ. (2002). Kayın ve Ladin Meşcerelerinde İnce ve Kılcal Kök Biyokütlelerinin Karşılaştırılması, II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, s. 746-751. Artvin.

- Tüfekçioğlu, A., Güner, S., & Tilki, F. (2008). Climate Change and Oriental Spruce (*Picea orientalis*) Ecosystems in Eastern Blacksea Region of Turkey. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(1), 101-106.
- Tüfekçioğlu, A., Sarıyıldız, T., Güner, S. & Küçük, M. (2005). Artvin Genya Dağı Yöresi Doğu Ladini Meşcerelerinde Kök Kütlesi, Yıllık İbre Dökümü ve Toprak Solunumu Miktarlarının Değişimleri. *Ladin Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s. 123-129. Trabzon.
- TÜİK. (2024). *Sera Gazı Emisyon İstatistikleri*, 1990-2022. <https://data.tuik.gov.tr>.
- Türkeş, M. (2001). Küresel iklimin korunması, iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve Türkiye. *Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın*, 61, 14-29.
- UN-DESA. (2023). The Sustainable Development Goals Report 2023: Special Edition - New York, USA: UN DESA.
- UN. (1998). Kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change, Annex A, Greenhouse Gases, Pg: 20. United Nations.
- United Nations-UN. “Kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change”. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>, Son erişim tarihi: 20 Mart 2022.
- URL-1. (2023, Mayıs 31). <https://www.meteoroloji.org.tr/wmo-sera-gazi-seviyeleri-yeni-zirve-degerlerinde>.
- Valderrama-Martín, J. M., Ortigosa, F., Cantón, F. R., Ávila, C., Cañas, R. A., & Cánovas, F. M. (2024). Emerging insights into N assimilation in gymnosperms. *Trees-Structure and Function*, 38, 273–286.
- Van-Breemen, N., Boyer, E. W., Goodale, C. L., Jaworski, N. A., Paustian, K., Seitzinger, S. P., Lajtha, K., Mayer, B., van Dam, D., Howarth, R. W., Nadelhoffer, K. J., Eve, M., & Billen, G. (2002). Where did all the nitrogen go? Fate of nitrogen inputs to large watersheds in the northeastern USA. *Biogeochemistry*, 57, 267–293.
- Vitousek, P. M., Aber, J. D., Howarth, R. W., Likens, G. E., Matson, P. A., Schindler, D.W., Schlesinger, W. H., & Tilman, D. G. (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*, 7, 737–750.
- Walkley, A., & Black, A. I. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29–38.
- Wanek, W., Mooshammer, M., Blöchl, A., Hanreich, A., & Richter, A. (2010). Determination of gross rates of amino acid production and immobilization in decomposing leaf litter by a novel ¹⁵N isotope pool dilution technique. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(8), 1293-1302.

- Wang, R., Goll, D., & Balkanski, Y. (2017). Global forest carbon uptake due to nitrogen and phosphorus deposition from 1850 to 2100. *Glob Chang Biol*, 23, 4854–4872.
- Wang, Z., Lv, S., Song, H., Wang, M., Zhao, Q., & Huang, H. (2020). Plant type dominates fine-root C: N: P stoichiometry across China: A meta-analysis. *Journal of Biogeography*, 47, 1019–1029.
- Wardle, D. A., Nilsson, M. C., Zackrisson, O., & Gallet, C. (2003). Determinants of litter mixing effects in a Swedish boreal forest. *Soil Biology & Biochemistry*, 35, 827–835.
- Warman, P. R., & Bishop, C. T. (1985). Soil and plant amino acid analysis: A review. *Canadian Journal of Soil Science*, 65(2), 255–273.
- Warren, C. R. (2006). Potential organic and inorganic N uptake by six Eucalyptus species. *Functional Plant Biology*, 3, 653–660.
- Warren, C. R., & Taranto, M. T. (2010). Temporal variation in pools of amino acids, inorganic and microbial N in a temperate grassland soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 42, 353–359.
- Warren, C. R. (2012). Post uptake metabolism affects quantification of amino acid uptake. *New Phytologist*, 193, 522–531.
- Weigelt, A., Bol, R., & Bardgett, R. D. (2005). Preferential uptake of soil nitrogen forms by grassland plant species. *Oecologia*, 142, 627–635.
- Weintraub, M. N., & Schimel, J. P. (2005). The seasonal dynamics of amino acids and other nutrients in Alaskan Arctic tundra soils. *Biogeochemistry*, 73(2), 359–380.
- Werdin, N. R. (2006). Soil amino acid composition across a boreal forest successional sequence. University of Alaska, Doktora Tezi, Fairbanks.
- Werdin-Pfisterer, N. R., Kielland, K., & Boone, R. D. (2009). Soil amino acid composition across a boreal forest successional sequence. *Soil Biology & Biochemistry*, 41, 1210–1220.
- West, K. (2008). *Essential Chemistry*. 132 West 31st Street New York NY 10001: Carbon Chemistry, Chelsea House an Imprint of Infobase Publishing, s. 117.
- Westerhoff, P., & Mash, H. (2002). Dissolved organic nitrogen in drinking water supplies: a review. *Journal of Water Supply Research and Technology-Aqua*, 51, 415–448.
- Whittaker, R. H., & Likens, G. E. (1973). Primary production: the biosphere and man. *Human Ecology*, 1(4), 357–369.
- Wilkinson, A., Hill, P. W., Farrar, J. F., Jones, D. L., & Bardgett, R. D. (2014). Rapid microbial uptake and mineralization of amino acids and peptides along a grassland productivity gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, 72, 75–83.

- Williams, L. E., & Miller, A. J. (2001). Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. *Annual Review of Plant Physiology Plant Molecular Biology*, 52, 659–688.
- Xia, J., & Wan, S. (2008). Global response patterns of terrestrial plant species to nitrogen addition. *New Phytologist*, 179(2), 428–439.
- Xie, D., Zhao, B., Wang, S., & Duan, L. (2020). Benefit of China's reduction in nitrogen oxides emission to natural ecosystems in East Asia with respect to critical load exceedance. *Environ Int*, 136, 105468.
- Xiong, X., Grunwald, S., Myers, D. B., Ross, C. W., Harris, W. G., & Comerford, N. B. (2014). Interaction effects of climate and land use/land cover change on soil organic carbon sequestration. *Science of the Total Environment*, 493, 974–982.
- Xu, X., Ouyang, H., Kuzyakov, Y., Richter, A., Wanek, W. (2006). Significance of organic nitrogen acquisition for dominant plant species in an alpine meadow on the Tibet plateau, China. *Plant and Soil*, 285, 221–231.
- Xu, X. L., Bai, J. B., & Ouyang, H. (2011). Advances in studies on organic nitrogen uptake by terrestrial plants. *Journal of Natural Resources*, 26, 715–724.
- Xu, X., Thornton, P. E., & Post, W. M. (2013). A global analysis of soil microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus in terrestrial ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 22(6), 737–749.
- Yan, E.-R., Wang, X.-H., Huang, J.-J., Li, G.-Y., & Zhou, W., (2008). Decline of soil nitrogen mineralization and nitrification during forest conversion of evergreen broad-leaved forest to plantations in the subtropical area of eastern China. *Biogeochemistry*, 89, 239–251.
- Yanai, R. D., Park, B. B., & Hamburg, S. P. (2006). The Vertical and Horizontal Distribution of Roots in Northern Hardwood Stands of Varying Age, Can. *J. For. Res.*, 36(2), 450–459.
- Yang, L., Wu, S. & Zhang, L. (2010). Fine Root Biomass Dynamics and Carbon Storage Along a Successional Gradient in Changbai Mountains, China. *Forestry*, 83(4), 379–387.
- Yavuz, H., Mısır, N., Mısır, M., Tüfekçioğlu, A., Karahalil, U. & Küçük, M. (2010). Karadeniz Bölgesi Saf ve Karışık Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcereleri İçin Mekanistik Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi, Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi, Proje Sonuç Raporu, TÜBİTAK TOVAG, 106O274.
- Ye, C., Chen, D., & Hall, S. J. (2018). Reconciling multiple impacts of nitrogen enrichment on soil carbon: plant, microbial and geochemical controls. *Ecol Lett.*, 21, 1162–1173.
- Yu, Z., Zhang, Q., Kraus, T. E. C., Dahlgren, R. A., Anastasio, C., & Zasoski, R. J. (2002). Contribution of amino compounds to dissolved organic nitrogen in forest soils. *Biogeochemistry*, 61, 173–198.

- Yuan, Z. Y., & Chen, H. Y. (2012). A Global Analysis of Fine Root Production as Affected by Soil Nitrogen and Phosphorus. *Proc Biol Sci.*, 279(1743), 3796-802.
- Yuan, Z. Y., & Chen, H. Y. (2010). Fine root biomass, production, turnover rates, and nutrient contents in boreal forest ecosystems in relation to species, climate, fertility, and stand age: literature review and meta-analyses. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 29(4), 204-221.
- Yuan, Z. Y., Shi, X. R., Jiao, F., & Han, F. P. (2018). Changes in Fine Root Biomass of *Picea abies* Forests: Predicting The Potential Impacts of Climate Change. *Journal of Plant Ecology*, 11(4), 595-603.
- Yue, J. W., Guan, J. H., Deng, L., Zhang, J. G., Li, G., & Du, S. (2018). Allocation pattern and accumulation potential of carbon stock in natural spruce forests in northwest China. *PeerJ*, 6, e4859.
- Yue, K., Fornara, D. A., Yang, W., Peng, Y., Li, Z., Wu, F., & Peng, C. (2017). Effects of three global change drivers on terrestrial C: N: P stoichiometry: a global synthesis. *Global Change Biology*, 23(6), 2450-2463.
- Yüksek, F., Semercioğlu, A., Dağdelen, H., Özdemir, E., Ersoy, H., & Karahan, M. (2024). Ladin meşçeresinde heyelanın üst toprak karbon stoğundaki değişime etkisinin incelenmesi (Trabzon–Maçka örneği). *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 11(1), 55-64.
- Zak, D. R., Pregitzer, K. S., King, J. S., & Holmes, W. E. (2000). Elevated atmospheric CO₂, fine roots and the response of soil microorganisms: a review and hypothesis. *The New Phytologist*, 147(1), 201-222.
- Zeier, J. (2013) New insights into the regulation of plant immunity by amino acid metabolic pathways. *Plant Cell Environment*, 36, 2085–2103.
- Zhang, L., Liu, Q., Tian, Y., Xu, X., & Ouyang, H. (2015). Kin selection or resource partitioning for growing with siblings: implications from measurements of nitrogen uptake. *Plant and Soil*, 398, 79–86.
- Zhang, Y., Tang, Z., You, Y., Guo, X., Wu, C., Liu, S., & Sun, O. J. (2023a). Differential effects of forest-floor litter and roots on soil organic carbon formation in a temperate oak forest. *Soil Biol Biochem*, 180, 109017.
- Zhang, Y., Xiong, S., You, C., Liu, S., Wang, L. X., Zhang, L., Li, H., Tan, B., Liu, Y., & Xu, Z. (2023b). Nitrogen addition promotes foliar litterfall and element return in a subtropical forest, southwestern China. *Journal of Forestry Research*, 34, 939–948.
- Zhang, Q., & Wang, C. (2010). Carbon density and distribution of six Chinese temperate forests. *Science China Life Sciences*, 53, 831-840.
- Zhang, S., Zheng, Q., Noll, L., Hu, Y., & Wanek, W. (2019a). Environmental effects on soil microbial nitrogen use efficiency are controlled by allocation of organic nitrogen to microbial growth and regulate gross N mineralization. *Soil Biol. Biochem.*, 135, 304–315.

- Zhang, X., & Wang, W. (2015). The decomposition of fine and coarse roots: their global patterns and controlling factors. *Scientific reports*, 5, 9940.
- Zhang, Z., Yuan, Y., Liu, Q., & Yin, H. (2019b). Plant nitrogen acquisition from inorganic and organic sources via root and mycelia pathways in ectomycorrhizal alpine forests. *Soil Biol. Biochem.*, 136, 107517.
- Zhang, Z., Yuan, Y., Zhao, W., He, H., Li, D., He, W., Liu, Q., & Yin, H. (2017). Seasonal variations in the soil amino acid pool and flux following the conversion of a natural forest to a pine plantation on the eastern Tibetan plateau, China. *Soil Biol. Biochem.*, 105, 1–11.
- Zhou, R., Liu, Y., & Dungait, J. A. (2023). Microbial necromass in cropland soils: A global meta-analysis of management effects. *Glob. Chang. Biol.*, 29, 1998–2014.
- Zhou, W. J., Sha, L. Q., & Schaefer, D. A. (2015). Direct effects of litter decomposition on soil dissolved organic carbon and nitrogen in a tropical rainforest. *Soil Biol. Biochem.*, 81, 255–258.
- Zhu, Q., & Zhuang, Q. (2013). Modeling the effects of organic nitrogen uptake by plants on the carbon cycling of boreal forest and tundra ecosystems. *Biogeosciences*, 10(12), 7943–7955.
- Zuccarini, P., Sardans, J., & Asensio, L. (2023). Altered activities of extracellular soil enzymes by the interacting global environmental changes. *Glob. Chang. Biol.*, 29, 2067–2091.

6. EKLER

Ek Tablo 1. Saf Doğu Ladini meşcerelerine ait örnek alanların yerel konum etmenleri ve bazı toprak özellikleri

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
1	0-5	Lcd3	1452	310	0.41	25	2	0.47	75	17	8	Kumlu Balçık	4.63	194.6	4.02	48.10	43.03	5.07
	5-15							0.64	62	24	15	Kumlu Balçık	4.94	40.2	4.26	35.84	30.09	5.75
	15-30							0.65	78	12	11	Kumlu Balçık	4.99	33.2	4.34	34.94	27.15	7.79
2	0-5	Lcd3	1481	60	0.07	25	4	0.47	53	30	17	Kumlu Balçık	4.29	124.6	4.23	46.92	38.80	8.12
	5-15							0.92	54	27	19	Kumlu Balçık	4.56	130.8	4.40	43.36	33.37	9.99
	15-30							0.95	45	31	24	Balçık	5.26	52.6	4.64	42.15	27.59	14.56
3	0-5	Lcd3	1458	230	0.97		2	0.40	78	14	8	Kumlu Balçık	4.75	78.4	4.07	24.85	21.40	3.44
	5-15							0.85	69	21	11	Kumlu Balçık	4.56	39.9	3.97	33.24	26.52	6.72
	15-30							0.85	76	16	8	Kumlu Balçık	4.73	17.5	4.05	34.81	23.55	11.26
4	0-5	Lcd3	1480	110	0.41		3	0.72	73	21	6	Kumlu Balçık	4.32	82.7	4.13	44.40	40.27	4.12
	5-15							0.71	75	19	6	Kumlu Balçık	4.39	45.3	4.32	41.29	34.07	7.22
	15-30							0.82	82	14	4	Balçıklı Kum	4.58	25.4	4.35	40.27	29.03	11.24
5	0-5	Lcd3	1523	270	0.75		2	0.56	70	19	11	Kumlu Balçık	4.12	181.3	3.94	51.09	43.65	7.44
	5-15							0.89	57	30	13	Kumlu Balçık	4.56	69.3	4.05	43.13	33.92	9.21
	15-30							0.85	58	29	13	Kumlu Balçık	4.76	42.7	4.12	40.17	26.51	13.65
6	0-5	Lcd3	1586	30	0.00		2	0.78	74	18	9	Kumlu Balçık	4.72	66.8	4.12	42.65	35.85	6.80
	5-15							0.88	69	19	11	Kumlu Balçık	4.78	36.5	4.05	40.08	31.24	8.83
	15-30							0.94	58	26	16	Kumlu Balçık	4.88	26.8	4.10	40.12	29.38	10.74
7	0-5	Lcd3	1536	180	0.93		2	0.43	65	21	13	Kumlu Balçık	4.70	105.3	4.39	51.88	40.76	11.11
	5-15							0.68	55	30	15	Kumlu Balçık	4.70	54.4	4.23	43.80	29.77	14.03
	15-30							0.74	55	28	18	Kumlu Balçık	4.82	39.4	4.27	44.78	26.12	18.66
8	0-5	Lcd3	1538	180	0.94		3	0.70	42	36	22	Balçık	4.29	83.2	3.92	47.05	28.62	18.43
	5-15							0.71	56	29	15	Kumlu Balçık	4.68	57.0	4.15	39.55	23.72	15.83
	15-30							0.85	45	40	15	Balçık	5.00	33.6	4.28	39.69	20.90	18.79

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
9	0-5	Lbc3	1470	265	0.79	40	2	0.47	58	29	13	Kumlu Balçık	5.17	145.8	4.91	47.47	39.71	7.76
	5-15							0.94	51	34	15	Balçık	4.93	89.2	4.57	40.66	31.31	9.34
	15-30							0.82	60	29	11	Kumlu Balçık	4.55	38.9	4.14	36.41	24.86	11.54
10	0-5	Lcd3	1554	275	0.71	22	4	0.63	59	25	15	Kumlu Balçık	4.42	138.0	4.27	45.04	38.99	6.05
	5-15							0.79	52	33	15	Kumlu Balçık	4.77	103.8	4.15	47.33	29.72	17.60
	15-30							0.89	57	30	13	Kumlu Balçık	5.25	51.9	4.49	38.05	27.30	10.75
11	0-5	Lbc3	1687	210	1.00	25	3	0.67	81	13	6	Balçıklı Kum	4.36	82.1	4.29	35.76	19.11	16.65
	5-15							0.83	81	11	9	Balçıklı Kum	4.72	36.8	4.43	33.63	25.42	8.21
	15-30							0.94	85	8	6	Balçıklı Kum	4.98	22.0	4.53	30.54	23.59	6.95
12	0-5	Lbc3	1182	135	0.63	50		0.71	47	33	20	Balçık	4.32	52.1	4.10	24.83	12.09	12.74
	5-15							0.90	48	31	20	Balçık	4.18	50.8	3.92	23.42	10.99	12.43
	15-30							1.02	46	32	23	Balçık	4.27	43.8	3.91	24.06	10.57	13.49
13	0-5	Lbc3	1661	70	0.12	20		0.41	63	22	15	Kumlu Balçık	4.06	64.0	3.88	33.07	27.29	5.78
	5-15							0.85	55	28	17	Kumlu Balçık	4.48	26.0	4.23	36.88	24.12	12.75
	15-30							0.97	70	15	15	Kumlu Balçık	4.80	14.0	4.36	37.19	22.54	14.64
14	0-5	Lbc3	1621	90	0.25	30		0.55	61	26	13	Kumlu Balçık	4.23	81.7	4.13	48.22	35.52	12.70
	5-15							0.66	74	16	11	Kumlu Balçık	4.33	30.3	4.20	40.55	27.69	12.86
	15-30							0.83	59	24	17	Kumlu Balçık	4.32	35.1	4.23	39.19	25.73	13.46
15	0-5	Lcd3	1043	40	0.01	65		0.83	53	30	17	Kumlu Balçık	5.15	118.0	4.92	38.63	28.06	10.58
	5-15							1.21	47	32	21	Balçık	5.27	35.7	4.50	31.88	19.43	12.45
	15-30							1.04	51	30	19	Balçık	5.11	19.4	3.88	28.26	16.34	11.92
16	0-5	Lcd3	1356	350	0.12	30		0.97	51	24	25	Kumlu Killi Balçık	4.58	44.9	4.05	26.22	21.75	4.48
	5-15							1.17	46	24	30	Kumlu Killi Balçık	4.89	19.0	4.05	27.83	18.18	9.65
	15-30							1.04	46	24	30	Kumlu Killi Balçık	5.10	17.7	4.35	29.93	18.15	11.77
17	0-5	Lbc3	1710	110	0.41	15		0.47	76	20	4	Balçıklı Kum	4.59	84.8	4.31	48.74	39.05	9.69
	5-15							0.57	71	25	4	Kumlu Balçık	4.54	58.9	4.30	46.37	31.69	14.69
	15-30							0.63	80	16	4	Balçıklı Kum	4.54	40.7	4.36	37.85	27.13	10.72

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
18	0-5	Lc3	1657	90	0.25	25	4	0.53	62	25	13	Kumlu Balçık	4.27	77.3	3.99	44.17	35.48	8.69
	5-15							0.79	79	17	4	Balçıklı Kum	4.49	42.3	4.10	39.46	32.08	7.38
	15-30							0.61	75	19	6	Kumlu Balçık	4.64	27.0	4.22	36.74	27.63	9.12
19	0-5	Lbc3	1703	180	0.93	10	3	0.67	71	24	4	Kumlu Balçık	4.74	57.7	4.21	28.36	24.97	3.40
	5-15							0.81	74	20	6	Kumlu Balçık	4.86	24.1	4.29	32.01	24.88	7.12
	15-30							0.98	79	17	4	Balçıklı Kum	4.48	36.1	4.32	31.38	21.81	9.56
20	0-5	Lbc3	1678	275	0.71	26	4	0.58	75	19	6	Kumlu Balçık	4.50	59.6	4.23	41.41	32.07	9.34
	5-15							0.64	84	12	5	Balçıklı Kum	5.00	11.7	4.55	39.22	31.35	7.86
	15-30							0.71	84	12	5	Balçıklı Kum	4.82	35.3	4.62	31.44	23.65	7.79
21	0-5	Lbc3	1725	250	0.88	20	4	0.54	77	19	5	Balçıklı Kum	4.47	36.4	4.36	23.10	13.59	9.51
	5-15							0.49	68	25	7	Kumlu Balçık	4.45	14.2	4.30	23.67	17.64	6.04
	15-30							0.86	84	11	5	Balçıklı Kum	4.68	35.0	4.50	31.67	24.29	7.39
22	0-5	Lc3	1394	210	1.00	45	4	0.94	43	26	32	Killi Balçık	4.41	43.3	3.95	18.43	13.47	4.96
	5-15							1.09	42	26	32	Killi Balçık	4.57	37.7	3.82	25.99	16.69	9.30
	15-30							1.09	40	26	34	Killi Balçık	4.73	24.7	3.97	28.10	16.07	12.03
23	0-5	Lbc3	1122	130	0.59	40	4	0.55	36	22	41	Kil	5.92	18.3	5.80	41.24	29.16	12.08
	5-15							0.78	36	22	42	Kil	6.00	101.5	5.85	33.89	21.34	12.56
	15-30							1.18	36	19	45	Kil	6.13	98.5	5.91	32.38	18.61	13.77
24	0-5	Lcd3	1260	10	0.03	40	2	0.53	57	29	14	Kumlu Balçık	4.41	89.8	4.05	26.44	13.11	13.33
	5-15							0.57	64	29	8	Kumlu Balçık	4.20	43.1	4.10	39.28	25.00	14.28
	15-30							0.68	59	33	7	Kumlu Balçık	4.31	64.5	4.20	48.02	28.98	19.05
25	0-5	Lcd3	1123	220	0.99	45	3	0.61	67	19	14	Kumlu Balçık	4.44	75.8	3.85	29.62	18.14	11.48
	5-15							0.71	65	21	14	Kumlu Balçık	4.78	52.8	3.99	27.16	16.06	11.10
	15-30							0.86	66	23	12	Kumlu Balçık	5.04	31.7	4.06	36.42	26.06	10.36
26	0-5	Lbc3	1837	180	0.93	50	3	0.97	67	29	5	Kumlu Balçık	4.13	171.1	4.02	48.88	37.25	11.63
	5-15							0.83	70	25	5	Kumlu Balçık	4.47	83.7	4.25	44.38	31.70	12.68
	15-30							0.74	68	25	7	Kumlu Balçık	4.75	58.0	4.40	40.07	27.16	12.91

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
27	0-5	Lbc3	1821	180	0.93	52	2	0.91	71	17	11	Kumlu Balçık	4.78	39.8	4.09	36.56	24.05	12.51
	5-15							0.86	50	30	20	Balçık	4.85	61.1	4.15	37.41	22.53	14.87
	15-30							0.79	52	28	20	Kumlu Balçık	4.83	52.1	4.16	35.38	21.61	13.77
28	0-5	Lc3	1505	215	0.99	33	3	0.50	34	43	23	Balçık	4.27	137.0	4.12	42.81	28.56	14.25
	5-15							0.94	26	44	30	Killi Balçık	4.38	81.0	4.16	37.99	23.80	14.18
	15-30							1.11	28	40	32	Killi Balçık	4.84	84.6	4.47	39.09	21.72	17.37
29	0-5	Lbc3	1493	195	0.98	55	3	0.66	46	33	22	Balçık	4.89	112.8	4.39	46.49	36.91	9.58
	5-15							0.78	38	31	31	Killi Balçık	5.03	34.9	4.33	39.30	27.79	11.51
	15-30							1.07	34	35	31	Killi Balçık	5.34	34.9	4.36	41.70	26.87	14.83
30	0-5	Lcd3	1471	110	0.41	35	2	0.64	77	14	9	Kumlu Balçık	4.81	54.6	4.20	32.90	27.73	5.17
	5-15							0.91	71	18	11	Kumlu Balçık	4.99	31.7	4.33	27.99	20.17	7.82
	15-30							0.89	70	21	9	Kumlu Balçık	5.09	12.8	4.28	28.23	19.06	9.17
31	0-5	Lcd3	1471	215	0.99	50	2	0.88	59	32	9	Kumlu Balçık	4.49	71.9	4.06	43.43	34.11	9.32
	5-15							0.87	67	24	9	Kumlu Balçık	4.61	48.6	4.10	40.12	32.13	7.99
	15-30							0.93	56	31	14	Kumlu Balçık	4.95	46.1	4.29	36.68	27.70	8.97
32	0-5	Lcd3	1598	290	0.59	15	3	0.60	48	32	20	Balçık	4.83	59.4	4.37	39.19	29.04	10.15
	5-15							0.96	46	32	22	Balçık	5.16	49.2	4.53	36.32	24.92	11.41
	15-30							1.19	53	30	18	Kumlu Balçık	5.28	25.6	4.50	34.38	21.97	12.41
33	0-5	Lcd3	1627	230	0.97	28	3	0.61	71	19	9	Kumlu Balçık	4.44	39.7	4.02	32.38	27.72	4.66
	5-15							0.70	75	18	7	Kumlu Balçık	4.58	32.9	4.13	36.38	31.65	4.73
	15-30							0.66	73	20	7	Kumlu Balçık	4.66	37.7	4.35	37.24	27.53	9.71
34	0-5	Lc3	1528	60	0.07	15	3	0.52	80	13	7	Balçıklı Kum	4.40	54.5	4.05	34.00	28.30	5.70
	5-15							0.66	67	26	7	Kumlu Balçık	4.20	61.8	4.01	43.43	36.33	7.10
	15-30							0.68	73	22	5	Kumlu Balçık	4.41	35.0	4.25	39.58	29.26	10.33
35	0-5	Lcd3	1426	288	0.60	15	3	0.39	54	28	18	Kumlu Balçık	4.11	82.4	3.66	25.90	18.05	7.85
	5-15							0.47	70	12	19	Kumlu Balçık	4.50	59.8	3.93	18.90	10.92	7.98
	15-30							1.06	42	26	32	Killi Balçık	4.21	51.8	3.71	33.80	25.70	8.10

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
36	0-5	Lcd3	1644	250	0.88	45	4	0.65	69	24	7	Kumlu Balçık	4.30	150.5	4.15	48.23	41.12	7.11
	5-15							0.71	56	33	11	Kumlu Balçık	4.52	83.7	4.26	45.19	33.53	11.66
	15-30							0.78	71	22	7	Kumlu Balçık	4.96	64.3	4.48	39.96	28.13	11.82
37	0-5	Lcd3	1616	240	0.93	35	2	0.65	53	33	14	Kumlu Balçık	4.49	63.2	4.05	42.56	33.70	8.86
	5-15							0.73	48	32	20	Balçık	4.35	46.4	3.97	40.56	30.51	10.04
	15-30							0.85	39	30	31	Killi Balçık	4.60	22.5	4.22	39.20	27.91	11.29
38	0-5	Lc3	1232	170	0.88	45	3	0.78	43	23	34	Killi Balçık	6.03	46.1	5.75	60.93	52.82	8.11
	5-15							1.12	20	31	49	Kil	6.03	93.1	5.88	58.06	49.05	9.01
	15-30							1.36	21	29	51	Kil	6.32	80.4	5.73	43.14	31.07	12.07
39	0-5	Lc3	1214	90	0.25	40	4	0.86	34	26	39	Killi Balçık	5.43	74.4	4.59	41.03	31.16	9.87
	5-15							1.10	31	23	46	Kil	5.28	33.0	4.43	38.36	26.91	11.45
	15-30							1.25	23	25	52	Kil	5.62	16.1	4.68	38.91	25.74	13.16
40	0-5	Lcd3	1312	190	0.97	50	4	0.98	38	30	33	Killi Balçık	5.05	56.7	4.03	28.69	22.58	6.11
	5-15							0.96	36	32	32	Killi Balçık	5.10	43.0	4.15	32.23	20.53	11.70
	15-30							0.82	34	33	33	Killi Balçık	4.69	3.7	3.94	32.01	21.28	10.73
41	0-5	Lc3	1186	10	0.03	50	3	0.62	22	26	52	Kil	5.17	48.3	4.97	44.08	28.25	15.83
	5-15							0.72	23	25	52	Kil	5.70	153.1	5.52	43.28	29.59	13.69
	15-30							0.77	21	25	54	Kil	5.96	138.5	5.83	42.91	28.35	14.57
42	0-5	Lc3	1453	145	0.71	55	3	0.76	46	29	24	Balçık	5.03	11.5	4.02	21.90	10.51	11.39
	5-15							0.69	36	38	26	Balçık	5.06	8.5	3.32	34.85	22.47	12.38
	15-30							1.07	29	40	31	Killi Balçık	5.36	5.8	4.49	34.01	20.41	13.60
43	0-5	Lbc3	1025	189	0.98	50	3	0.45	82	14	4	Balçıklı Kum	4.94	164.8	4.72	50.00	39.40	10.60
	5-15							0.71	78	16	6	Balçıklı Kum	4.70	95.9	4.58	42.03	33.62	8.41
	15-30							0.96	65	24	11	Kumlu Balçık	5.10	36.9	4.57	27.34	22.27	5.07
44	0-5	Lc3	1629	130	0.59	20	4	0.42	79	16	4	Balçıklı Kum	4.71	109.5	4.62	45.55	38.29	7.26
	5-15							0.48	79	17	4	Balçıklı Kum	4.76	65.5	4.28	40.05	30.40	9.65
	15-30							0.63	79	17	4	Balçıklı Kum	4.94	24.5	4.47	35.94	27.26	8.68

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
45	0-5	Lc3	1646	210	1.00	23	3	0.36	79	14	6	Balçıklı Kum	4.16	80.6	3.94	42.36	29.60	12.76
	5-15							0.60	75	21	4	Balçıklı Kum	4.58	7.5	4.29	37.16	28.38	8.77
	15-30							0.73	80	16	4	Balçıklı Kum	4.78	24.2	4.56	37.10	26.90	10.20
46	0-5	Lc3	1669	230	0.97	20	4	0.47	64	23	13	Kumlu Balçık	4.43	35.4	3.80	45.64	38.35	7.30
	5-15							0.62	68	23	8	Kumlu Balçık	4.73	40.7	4.11	42.17	31.85	10.32
	15-30							0.82	73	19	8	Kumlu Balçık	4.86	32.8	4.36	38.41	29.23	9.18
47	0-5	Lbc3	1683	215	0.99	25	3	0.64	60	30	10	Kumlu Balçık	4.66	31.6	4.10	44.08	33.81	10.27
	5-15							0.77	57	30	13	Kumlu Balçık	4.94	45.5	4.19	40.92	29.32	11.60
	15-30							0.87	58	29	13	Kumlu Balçık	4.96	22.9	4.18	38.50	24.74	13.75
48	0-5	Lcd3	1290	210	1.00	45	2	0.72	49	27	24	Kumlu Killi Balçık	4.76	108.9	4.02	27.14	22.13	5.01
	5-15							0.87	37	33	30	Killi Balçık	4.85	47.9	4.01	31.77	18.25	13.52
	15-30							1.04	40	31	30	Killi Balçık	5.03	20.1	4.08	32.09	17.79	14.30
49	0-5	Lc3	1646	25	0.00	30	3	0.56	62	29	9	Kumlu Balçık	4.42	110.3	4.22	43.74	35.17	8.57
	5-15							0.82	51	34	15	Balçık	4.65	15.4	4.24	36.26	27.58	8.68
	15-30							0.84	67	25	9	Kumlu Balçık	4.89	9.6	4.31	34.53	23.94	10.58
50	0-5	Lc3	1651	250	0.88	35	2	0.77	74	18	9	Kumlu Balçık	4.50	17.3	4.18	39.08	27.12	11.96
	5-15							0.88	65	26	9	Kumlu Balçık	4.75	12.8	4.34	35.77	24.09	11.68
	15-30							0.89	63	27	11	Kumlu Balçık	4.84	10.6	4.33	35.28	22.72	12.56
51	0-5	Lc3	1197	90	0.25	60	3	0.72	41	36	23	Balçık	4.75	19.2	4.40	39.92	21.53	18.40
	5-15							1.08	30	39	31	Killi Balçık	4.94	5.3	4.23	30.79	14.80	15.99
	15-30							1.00	30	41	29	Killi Balçık	5.38	14.4	4.68	32.40	14.71	17.69
52	0-5	Lc3	1177	80	0.18	85	2	0.69	28	43	29	Killi Balçık	4.83	15.6	4.42	30.96	15.75	15.21
	5-15							0.89	32	37	31	Killi Balçık	5.11	77.7	4.58	31.79	14.45	17.34
	15-30							1.07	33	36	31	Killi Balçık	5.33	7.2	4.73	28.41	14.48	13.93
53	0-5	Lc3	1300	155	0.79	50	2	0.91	24	27	49	Kil	5.27	35.3	4.16	37.95	24.42	13.53
	5-15							0.86	26	25	49	Kil	4.79	11.2	3.92	35.18	22.46	12.72
	15-30							1.09	22	29	49	Kil	4.65	57.4	4.21	34.00	21.55	12.45

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
54	0-5	Lbc3	1091	90	0.25	70	2	0.96	36	32	31	Killi Balçık	4.98	19.4	3.97	30.13	17.72	12.40
	5-15							0.89	37	32	31	Killi Balçık	4.81	19.5	4.03	27.02	14.51	12.51
	15-30							1.16	35	32	33	Killi Balçık	5.19	20.3	4.32	27.20	15.12	12.09
55	0-5	Lc3	1097	240	0.93	55	2	0.62	54	23	22	Kumlu Killi Balçık	4.98	15.2	4.32	35.23	24.93	10.31
	5-15							0.84	46	25	29	Kumlu Killi Balçık	4.91	22.3	4.08	32.77	25.16	7.61
	15-30							1.06	46	25	28	Kumlu Killi Balçık	5.26	16.2	4.14	31.45	22.66	8.79
56	0-5	Lcd3	1054	270	0.75	60	2	0.74	63	26	11	Kumlu Balçık	5.25	23.7	4.58	32.31	24.18	8.13
	5-15							0.76	68	21	11	Kumlu Balçık	5.29	49.1	4.46	37.26	29.52	7.74
	15-30							1.04	52	28	20	Balçık	5.10	35.1	4.17	34.58	26.46	8.12
57	0-5	Lcd3	1765	230	0.97	30	3	0.67	53	32	15	Kumlu Balçık	4.22	25.4	3.71	46.13	36.58	9.55
	5-15							0.91	52	31	17	Balçık	4.43	36.2	4.04	37.39	28.01	9.38
	15-30							0.84	37	37	25	Balçık	4.55	14.6	4.16	36.03	24.73	11.30
58	0-5	Lbc3	1302	70	0.12	55	4	0.87	37	31	32	Killi Balçık	5.40	37.0	4.73	34.81	21.49	13.32
	5-15							0.99	38	29	33	Killi Balçık	5.34	27.7	4.43	35.96	22.05	13.91
	15-30							1.11	35	30	35	Killi Balçık	5.43	20.5	4.24	35.68	22.81	12.87
59	0-5	Lbc3	1249	290	0.59	65	2	1.13	45	38	17	Balçık	5.27	110.5	5.04	35.87	24.73	11.14
	5-15							1.06	44	37	19	Balçık	5.24	32.4	4.53	23.84	12.02	11.82
	15-30							1.12	46	35	19	Balçık	5.16	19.0	4.27	21.84	11.76	10.07
60	0-5	Lc3	1035	150	0.75	55	4	0.89	37	33	30	Killi Balçık	5.10	34.1	4.66	29.41	21.93	7.48
	5-15							0.98	39	31	30	Killi Balçık	5.36	45.4	4.95	28.92	19.47	9.45
	15-30							0.99	42	30	28	Killi Balçık	5.30	45.9	4.59	24.69	16.15	8.54
61	0-5	Lcd3	1119	230	0.97	40	2	0.90	32	30	38	Killi Balçık	4.67	10.9	4.45	25.58	22.44	3.14
	5-15							1.23	21	36	42	Kil	4.80	11.3	4.76	32.33	19.94	12.39
	15-30							1.33	22	36	42	Kil	5.08	10.4	3.94	33.83	20.40	13.43
62	0-5	Lbc3	1284	310	0.41	40	3	0.71	46	38	15	Balçık	4.49	57.3	4.17	25.92	14.19	11.73
	5-15							1.15	44	39	18	Balçık	4.61	42.5	4.29	24.94	11.06	13.88
	15-30							1.14	46	34	20	Balçık	4.77	31.2	4.28	23.88	10.90	12.97

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
63	0-5	Lbc3	1284	285	0.63	20	4	1.04	47	35	17	Balçık	4.62	53.2	4.32	20.50	7.16	13.34
	5-15							0.97	43	39	17	Balçık	4.96	33.8	4.51	18.11	6.89	11.23
	15-30							1.10	47	38	16	Balçık	5.09	27.6	4.38	19.83	6.50	13.33
64	0-5	Lbc3	1276	310	0.41	17	4	1.20	50	28	22	Kumlu Killi Balçık	4.48	73.4	4.13	22.41	11.59	10.82
	5-15							1.03	52	28	20	Kumlu Killi Balçık	4.51	60.9	4.02	22.26	10.64	11.62
	15-30							1.01	46	30	24	Balçık	4.76	40.4	4.25	23.79	10.63	13.17
65	0-5	Lbc3	1175	30	0.00	30	2	0.68	56	24	20	Kumlu Killi Balçık	4.33	75.4	3.85	27.80	14.83	12.97
	5-15							0.99	50	28	22	Kumlu Killi Balçık	4.57	45.7	3.91	26.39	13.47	12.92
	15-30							1.19	50	28	22	Kumlu Killi Balçık	4.43	34.9	3.77	24.74	13.09	11.65
66	0-5	Lcd3	1147	45	0.02	65	3	0.77	38	31	31	Killi Balçık	3.92	83.8	3.64	22.91	18.23	4.68
	5-15							1.03	36	34	31	Killi Balçık	4.13	79.9	3.68	27.25	17.09	10.15
	15-30							1.01	34	36	31	Killi Balçık	4.57	32.0	3.88	27.71	14.22	13.48
67	0-5	Lc3	972	100	0.33	40	2	0.88	54	32	14	Kumlu Balçık	4.49	36.6	3.97	13.98	10.10	3.89
	5-15							0.97	50	34	16	Balçık	4.53	31.6	4.21	21.31	9.85	11.45
	15-30							1.03	49	35	16	Balçık	4.61	27.5	4.21	20.87	10.78	10.10
68	0-5	Lc3	1684	290	0.59	35	4	0.58	55	33	12	Kumlu Balçık	4.33	131.9	4.10	41.46	37.16	4.30
	5-15							0.79	57	28	14	Kumlu Balçık	4.73	99.1	4.30	44.46	33.29	11.17
	15-30							0.75	53	28	19	Kumlu Balçık	5.03	160.0	4.34	39.32	28.48	10.83
69	0-5	Lbc3	1302	100	0.33	50	2	0.81	38	32	31	Killi Balçık	5.72	185.5	5.15	32.27	22.83	9.43
	5-15							0.93	39	41	20	Balçık	5.29	50.8	4.74	21.58	11.47	10.11
	15-30							1.06	38	39	22	Balçık	4.75	39.5	4.17	22.12	11.94	10.18
70	0-5	Lbc3	1128	330	0.25	15	2	1.15	51	32	17	Balçık	4.49	50.1	4.05	17.09	13.86	3.24
	5-15							1.05	48	34	19	Balçık	4.57	38.4	4.17	22.65	10.35	12.30
	15-30							0.96	48	36	17	Balçık	4.65	28.4	4.19	23.78	10.85	12.93
71	0-5	Lcd3	1292	80	0.18	60	3	0.72	34	25	40	Kil	5.80	144.7	5.75	45.21	34.77	10.44
	5-15							1.03	33	23	44	Kil	5.79	119.3	5.71	40.13	27.34	12.79
	15-30							1.20	34	20	46	Kil	5.53	39.2	5.10	32.30	19.60	12.70

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
72	0-5	Lcd3	1298	150	0.75	50	2	0.99	39	31	31	Killi Balçık	5.01	50.3	4.09	37.84	27.28	10.56
	5-15							0.89	47	31	22	Balçık	5.09	31.8	4.39	36.06	26.50	9.56
	15-30							1.05	36	36	28	Killi Balçık	5.14	21.7	4.28	35.82	25.39	10.43
73	0-5	Lc3	997	140	0.67	60	3	0.93	67	22	10	Kumlu Balçık	5.15	34.8	4.29	32.54	23.68	8.87
	5-15							0.94	63	24	12	Kumlu Balçık	5.29	26.1	4.37	31.20	22.89	8.30
	15-30							1.01	65	20	15	Kumlu Balçık	5.13	30.6	3.35	30.21	22.50	7.72
74	0-5	Lc3	1208	80	0.18	85	2	0.81	35	28	36	Killi Balçık	5.13	32.0	4.51	39.06	25.10	13.96
	5-15							0.84	30	32	38	Killi Balçık	5.91	74.2	5.40	37.62	23.04	14.58
	15-30							1.07	28	32	40	Kil	6.09	51.2	5.47	35.48	21.43	14.05
75	0-5	Lc3	985	190	0.97	33	2	1.23	46	30	24	Balçık	5.05	64.4	4.40	27.63	17.41	10.22
	5-15							1.33	39	30	31	Killi Balçık	5.11	17.9	4.06	28.26	15.30	12.96
	15-30							1.39	42	26	33	Killi Balçık	5.01	13.5	4.07	30.42	14.15	16.28
76	0-5	Lc3	1246	280	0.67	40	3	0.51	22	26	52	Kil	5.57	121.5	5.46	64.55	55.52	9.03
	5-15							0.71	16	35	49	Kil	5.98	160.0	5.66	57.93	45.11	12.82
	15-30							0.99	9	37	54	Kil	5.93	76.6	5.38	54.31	41.53	12.78
77	0-5	Lcd3	1355	190	0.97	35	2	0.58	66	18	15	Kumlu Balçık	5.10	112.5	4.76	50.76	37.57	13.20
	5-15							0.96	40	29	31	Killi Balçık	5.01	52.5	4.16	34.00	24.20	9.80
	15-30							0.96	41	29	30	Killi Balçık	5.16	22.5	4.04	34.37	20.38	13.99
78	0-5	Lc3	1142	110	0.41	55	2	0.92	50	30	20	Balçık	5.16	22.5	3.89	32.04	15.58	16.46
	5-15							1.16	44	30	27	Balçık	4.50	40.1	3.81	26.62	12.94	13.68
	15-30							1.42	48	27	24	Kumlu Killi Balçık	5.53	12.1	3.91	26.76	12.02	14.74
79	0-5	Lc3	1264	190	0.97	50	3	0.88	39	28	33	Killi Balçık	5.67	20.7	4.74	35.42	23.63	11.79
	5-15							1.19	34	29	36	Killi Balçık	5.32	4.4	4.25	34.07	20.19	13.87
	15-30							1.25	36	28	36	Killi Balçık	5.20	8.0	4.40	32.65	18.98	13.66
80	0-5	Lbc3	1117	65	0.09	46	3	0.84	50	25	24	Kumlu Killi Balçık	4.96	72.2	4.65	33.89	18.45	15.44
	5-15							1.00	46	26	28	Kumlu Killi Balçık	5.35	8.9	4.60	33.74	16.29	17.45
	15-30							0.98	46	25	28	Kumlu Killi Balçık	4.59	50.1	4.03	24.80	13.25	11.55

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
81	0-5	Lbc3	1869	270	0.75	25	3	1.14	30	28	42	Kil	4.97	82.1	4.52	45.47	27.77	17.70
	5-15							1.04	24	23	52	Kil	5.10	27.3	4.27	39.44	21.83	17.60
	15-30							1.07	22	21	57	Kil	5.09	19.7	4.07	39.00	21.70	17.30
82	0-5	Lbc3	1799	310	0.41	25	4	0.93	38	37	25	Balçık	4.80	34.5	4.15	37.05	20.11	16.94
	5-15							1.14	38	37	25	Balçık	5.04	29.5	4.16	35.00	17.74	17.26
	15-30							1.24	38	35	27	Killi Balçık	5.11	20.6	4.17	34.09	16.60	17.49
83	0-5	Lbc3	1729	160	0.82	15	2	0.59	51	27	22	Kumlu Killi Balçık	4.34	70.1	3.86	45.43	35.77	9.65
	5-15							0.94	36	33	30	Killi Balçık	4.61	13.4	4.13	41.44	24.53	16.91
	15-30							1.12	37	38	26	Balçık	4.72	22.3	4.15	36.07	21.42	14.65
84	0-5	Lc3	1395	270	0.75	45	4	0.62	42	21	37	Killi Balçık	4.67	118.5	4.13	39.98	29.78	10.21
	5-15							1.18	38	23	39	Killi Balçık	4.99	40.6	4.26	34.92	24.10	10.82
	15-30							1.18	36	23	41	Kil	5.32	17.5	4.38	36.19	22.19	14.00
85	0-5	Lcd3	1780	250	0.88	35	4	0.73	75	20	5	Balçıklı Kum	4.43	104.5	4.06	55.34	41.26	14.08
	5-15							0.81	74	21	5	Kumlu Balçık	4.47	85.5	4.11	52.11	45.27	6.84
	15-30							0.85	83	14	3	Balçıklı Kum	4.63	38.5	4.21	46.69	38.94	7.75
86	0-5	Lcd3	1727	230	0.97	25	4	0.29	82	13	5	Balçıklı Kum	4.08	79.6	3.90	42.84	35.34	7.49
	5-15							0.73	70	24	5	Kumlu Balçık	4.42	68.5	4.02	46.98	36.94	10.04
	15-30							0.59	76	19	5	Balçıklı Kum	4.61	46.6	4.29	47.76	35.20	12.56
87	0-5	Lbc3	1753	290	0.59	20	3	0.50	61	30	9	Kumlu Balçık	4.73	108.4	3.74	45.36	38.56	6.80
	5-15							0.68	50	32	18	Balçık	4.27	53.5	3.83	44.69	30.84	13.85
	15-30							0.99	34	42	24	Balçık	4.85	19.0	4.70	38.88	21.65	17.23
88	0-5	Lcd3	1243	210	1.00	25	3	0.66	29	20	51	Kil	5.48	129.1	5.04	53.88	49.03	4.85
	5-15							0.87	35	15	49	Kil	5.10	51.3	4.17	51.57	34.36	17.22
	15-30							1.09	31	12	56	Kil	4.98	14.1	3.90	50.96	33.18	17.78
89	0-5	Lc3	1167	210	1.00	50	2	1.22	43	31	26	Balçık	5.13	45.5	4.31	32.71	22.07	10.64
	5-15							1.39	43	29	28	Killi Balçık	5.12	37.9	4.15	28.97	18.06	10.91
	15-30							1.27	44	26	30	Killi Balçık	5.27	37.0	4.11	27.69	16.29	11.40

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
90	0-5	Lc3	1303	150	0.75	40	2	0.94	34	32	33	Killi Balçık	4.85	47.1	4.05	41.31	28.37	12.94
	5-15							1.04	33	32	35	Killi Balçık	4.82	29.1	3.85	36.32	22.69	13.63
	15-30							1.24	36	27	37	Killi Balçık	5.12	21.3	4.00	32.16	18.11	14.04
91	0-5	Lc3	1100	30	0.00	40	2	0.33	77	18	5	Balçıklı Kum	3.53	141.1	2.96	50.50	45.28	5.22
	5-15							0.53	70	20	10	Kumlu Balçık	3.49	133.9	2.91	50.73	46.17	4.55
	15-30							0.55	50	30	20	Balçık	3.64	60.2	3.52	33.82	23.91	9.91
92	0-5	Lbc3	1146	80	0.18	40	2	0.55	54	25	20	Kumlu Killi Balçık	3.50	135.6	3.08	32.27	22.46	9.82
	5-15							1.23	40	31	29	Killi Balçık	5.79	8.8	3.36	29.06	17.19	11.87
	15-30							1.01	36	31	33	Killi Balçık	4.14	48.2	3.74	31.41	17.25	14.16
93	0-5	Lbc3	838	100	0.33	60	4	0.75	50	36	14	Balçık	5.27	89.5	4.84	33.83	21.97	11.86
	5-15							1.14	49	31	20	Balçık	5.10	31.7	4.35	26.20	12.98	13.23
	15-30							1.21	49	31	20	Balçık	5.18	22.5	4.14	23.22	11.01	12.20
94	0-5	Lcd3	814	100	0.33	50	3	1.04	55	26	20	Kumlu Balçık	5.16	72.4	4.67	26.51	17.00	9.51
	5-15							0.98	59	32	9	Kumlu Balçık	5.00	47.1	4.16	24.95	11.57	13.37
	15-30							1.08	40	27	33	Killi Balçık	5.20	50.7	4.20	27.20	17.14	10.06
95	0-5	Lcd3	1419	150	0.75	50	2	0.87	39	37	23	Balçık	5.14	51.5	4.37	44.36	32.74	11.62
	5-15							0.89	33	37	30	Killi Balçık	5.70	38.4	4.11	37.23	26.71	10.52
	15-30							1.11	35	35	30	Killi Balçık	5.15	65.6	4.15	34.00	25.82	8.18
96	0-5	Lcd3	1340	110	0.41	50	3	1.52	65	17	18	Kumlu Balçık	4.58	71.9	3.74	23.39	14.47	8.92
	5-15							1.22	68	17	15	Kumlu Balçık	5.98	34.7	3.96	19.15	12.04	7.10
	15-30							1.44	64	16	19	Kumlu Balçık	5.70	12.6	3.97	18.30	11.00	7.30
97	0-5	Lcd3	1407	160	0.82	45	2	1.04	62	20	18	Kumlu Balçık	5.02	29.6	4.15	35.35	24.73	10.62
	5-15							1.12	55	22	23	Kumlu Killi Balçık	5.06	59.6	4.19	32.22	24.72	7.51
	15-30							1.16	47	29	24	Balçık	5.07	42.0	4.15	34.47	25.91	8.56
98	0-5	Lcd3	1145	240	0.93	30	3	0.82	44	33	23	Balçık	4.73	178.3	4.55	36.98	25.48	11.49
	5-15							1.06	36	35	28	Killi Balçık	4.55	79.5	4.07	37.78	16.27	21.50
	15-30							1.09	31	35	34	Killi Balçık	4.38	54.5	4.06	34.57	11.96	22.61

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
99	0-5	Lbc3	1268	140	0.67	60	4	0.86	39	22	39	Killi Balçık	5.81	133.6	5.67	50.88	41.76	9.12
	5-15							0.85	35	20	45	Kil	6.22	191.0	6.15	48.26	32.96	15.30
	15-30							1.00	33	22	45	Kil	6.71	183.3	6.66	43.32	28.25	15.07
100	0-5	Lcd3	1410	110	0.41	55	2	0.59	63	24	12	Kumlu Balçık	4.73	130.5	4.14	38.45	36.11	2.34
	5-15							0.90	52	29	19	Kumlu Balçık	4.81	67.8	3.93	35.21	21.16	14.05
	15-30							1.12	52	27	21	Kumlu Killi Balçık	4.88	14.3	4.05	32.75	20.24	12.51
101	0-5	Lbc3	1187	250	0.88	40	2	1.03	54	24	22	Kumlu Killi Balçık	5.43	100.4	4.99	35.96	18.24	17.72
	5-15							1.20	55	21	24	Kumlu Killi Balçık	5.21	55.4	4.60	29.40	15.39	14.01
	15-30							1.36	51	23	26	Kumlu Killi Balçık	5.15	20.8	4.04	25.16	13.93	11.23
102	0-5	Lcd3	1295	120	0.50	40	2	0.91	62	22	16	Kumlu Balçık	5.02	86.0	4.25	31.17	21.62	9.55
	5-15							1.12	60	22	18	Kumlu Balçık	4.90	27.5	4.12	27.25	17.25	10.00
	15-30							0.98	53	22	25	Kumlu Killi Balçık	5.12	10.8	4.23	30.83	16.07	14.76
103	0-5	Lcd3	1211	200	0.99	40	4	0.94	25	30	44	Kil	5.00	159.5	4.57	47.94	32.46	15.48
	5-15							1.15	18	27	54	Kil	4.93	14.0	4.30	41.39	24.80	16.59
	15-30							1.03	21	25	54	Kil	5.55	6.5	4.89	36.88	23.08	13.80
104	0-5	Lcd3	1199	190	0.97	20	3	0.69	35	34	31	Killi Balçık	4.62	84.0	4.12	27.61	16.26	11.35
	5-15							0.87	33	36	31	Killi Balçık	4.80	51.8	4.14	26.56	14.54	12.01
	15-30							1.07	33	36	31	Killi Balçık	4.96	38.0	4.27	26.63	15.07	11.57
105	0-5	Lcd3	1298	170	0.88	55	4	1.19	45	28	27	Balçık	4.66	51.5	4.08	26.42	16.16	10.26
	5-15							1.08	41	26	33	Killi Balçık	5.01	27.2	4.10	25.73	15.47	10.26
	15-30							1.24	45	24	31	Kumlu Killi Balçık	5.28	13.8	4.33	24.16	14.94	9.22
106	0-5	Lcd3	1218	210	1.00	53	4	0.67	33	25	43	Kil	3.85	148.5	3.51	32.58	25.04	7.54
	5-15							1.06	25	27	49	Kil	4.60	46.1	3.98	32.95	19.71	13.24
	15-30							1.23	26	28	47	Kil	4.90	40.7	4.33	31.48	19.47	12.01
107	0-5	Lcd3	1843	100	0.33	15	4	0.65	65	19	17	Kumlu Balçık	3.69	107.4	3.55	31.64	24.24	7.40
	5-15							1.01	52	27	20	Kumlu Killi Balçık	4.14	30.8	4.05	27.56	16.28	11.28
	15-30							1.16	45	27	28	Killi Balçık	4.40	16.5	4.38	27.69	10.99	16.70

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
108	0-5	Lbc3	1187	110	0.41	40	3	0.47	53	28	19	Kumlu Balçık	5.22	130.9	5.02	37.61	33.31	4.30
	5-15							0.63	48	27	26	Kumlu Killi Balçık	5.65	119.1	5.56	47.27	33.85	13.42
	15-30							0.70	44	20	36	Killi Balçık	6.68	218.6	6.65	37.24	28.66	8.58
109	0-5	Lc3	1241	150	0.75	55	3	0.56	35	31	34	Killi Balçık	4.20	162.2	3.85	32.46	23.87	8.59
	5-15							1.04	26	32	42	Kil	4.70	34.1	4.05	30.01	16.54	13.46
	15-30							1.36	28	32	40	Killi Balçık	5.11	52.2	4.56	28.82	15.52	13.29
110	0-5	Lbc3	1248	190	0.97	30	2	0.98	28	32	40	Kil	5.18	110.4	4.75	47.80	37.00	10.80
	5-15							1.00	27	30	44	Kil	4.95	73.7	4.17	41.82	28.70	13.12
	15-30							0.75	22	28	51	Kil	5.32	6.1	4.29	44.55	26.97	17.58
111	0-5	Lbc3	1227	220	0.99	70	3	0.55	39	23	38	Killi Balçık	5.01	109.6	4.56	36.61	24.34	12.27
	5-15							1.14	31	27	42	Kil	5.14	46.5	4.55	30.09	18.08	12.01
	15-30							1.18	28	21	51	Kil	5.35	39.9	4.84	33.69	18.84	14.85
112	0-5	Lbc3	1220	210	1.00	55	3	0.83	37	17	45	Kil	6.57	217.0	5.98	46.79	39.34	7.45
	5-15							0.96	36	19	45	Kil	7.08	132.4	7.01	39.56	31.47	8.09
	15-30							1.46	47	16	37	Kumlu Kil	7.20	130.0	7.17	31.02	22.65	8.37
113	0-5	Lcd3	1237	100	0.33	45	4	0.50	26	26	48	Kil	4.89	79.8	4.32	53.10	52.24	0.86
	5-15							1.02	11	35	54	Kil	5.27	84.4	4.69	49.24	39.11	10.13
	15-30							0.90	12	35	52	Kil	6.35	162.2	6.11	55.19	36.63	18.56
114	0-5	Lcd3	1236	220	0.99	20	2	0.91	32	31	37	Killi Balçık	4.68	36.8	3.95	34.83	21.99	12.84
	5-15							1.34	29	29	42	Kil	4.94	20.8	4.19	33.30	18.99	14.31
	15-30							1.43	28	25	47	Kil	5.09	28.3	4.26	35.72	18.91	16.81
115	0-5	Lcd3	1028	130	0.59	45	3	0.96	48	33	19	Balçık	4.02	60.4	3.61	24.46	13.68	10.79
	5-15							1.05	44	32	23	Balçık	4.27	44.7	4.00	19.96	9.22	10.74
	15-30							1.02	44	30	25	Balçık	4.49	48.2	4.22	25.50	11.51	14.00
116	0-5	Lbc3	1021	100	0.33	70	2	0.38	53	24	23	Kumlu Killi Balçık	4.49	52.8	3.97	17.02	10.34	6.69
	5-15							0.97	53	27	21	Kumlu Killi Balçık	4.57	73.3	3.98	16.37	9.72	6.65
	15-30							1.10	51	27	23	Kumlu Killi Balçık	4.37	61.8	3.95	19.34	9.22	10.12

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
117	0-5	Lc3	1137	100		70	4	1.29	52	23	25	Kumlu Killi Balçık	5.23	106.1	4.83	24.23	13.54	10.68
	5-15							1.51	55	23	23	Kumlu Killi Balçık	5.04	7.4	4.47	22.45	11.53	10.92
	15-30							1.46	59	20	21	Kumlu Killi Balçık	5.20	32.8	4.59	21.25	11.49	9.77
118	0-5	Lcd3	1164	300		35	3	1.21	35	22	43	Kil	4.29	39.4	3.67	43.30	29.31	13.99
	5-15							0.89	35	19	46	Kil	4.42	26.1	3.80	43.31	28.39	14.92
	15-30							1.01	33	22	46	Kil	4.33	30.1	3.75	44.78	29.18	15.61
119	0-5	Lbc3	1290	155		65	4	0.63	45	18	37	Kumlu Kil	5.00	110.1	4.09	38.64	33.37	5.27
	5-15							0.80	41	15	44	Kil	5.49	61.0	5.05	33.60	27.15	6.46
	15-30							1.12	36	17	47	Kil	6.14	115.0	5.93	34.35	25.94	8.41
120	0-5	Lc3	910	135		70	4	0.89	53	24	23	Kumlu Killi Balçık	5.29	90.6	4.17	30.08	23.47	6.62
	5-15							1.06	50	24	26	Kumlu Killi Balçık	5.32	67.7	4.35	28.12	22.10	6.02
	15-30							0.95	55	22	23	Kumlu Killi Balçık	5.41	57.8	4.27	27.18	21.87	5.32
121	0-5	Lcd3	1171	125		35	3	0.55	38	25	37	Killi Balçık	5.79	166.8	5.54	46.66	36.31	10.36
	5-15							1.16	23	24	52	Kil	5.31	51.0	4.81	42.96	31.74	11.22
	15-30							1.16	20	25	55	Kil	5.37	35.0	4.62	42.31	30.32	11.99
122	0-5	Lbc3	1174	30		60	2	0.98	49	25	26	Kumlu Killi Balçık	5.33	99.2	4.87	31.91	16.20	15.72
	5-15							0.96	45	25	30	Killi Balçık	4.96	54.6	4.21	29.47	13.11	16.36
	15-30							1.14	45	25	30	Kumlu Killi Balçık	4.82	35.9	4.02	26.44	12.22	14.22
123	0-5	Lc3	1372	125		50	3	1.22	59	21	20	Kumlu Killi Balçık	5.09	77.9	4.55	31.46	23.08	8.38
	5-15							0.89	53	23	24	Kumlu Killi Balçık	4.78	49.1	4.23	30.57	20.73	9.84
	15-30							0.77	46	29	24	Balçık	4.90	67.8	4.41	31.38	21.55	9.83
124	0-5	Lc3	1715	250		20	4	0.95	49	29	22	Balçık	5.01	80.5	4.68	34.45	20.73	13.72
	5-15							1.03	49	29	22	Balçık	5.27	44.8	4.50	31.02	16.74	14.27
	15-30							1.09	43	31	26	Balçık	5.07	25.2	4.32	30.80	13.94	16.86
125	0-5	Lbc3	1228	95		40	4	0.88	59	19	22	Kumlu Killi Balçık	4.59	97.5	3.95	37.87	21.68	16.19
	5-15							0.91	51	25	24	Kumlu Killi Balçık	4.70	48.1	3.93	31.90	21.70	10.20
	15-30							0.98	55	21	24	Kumlu Killi Balçık	4.65	70.0	4.03	30.28	19.42	10.85

Ek Tablo 1'in devamı

Profil No	Derinlik	Meş. Tipi	Yükselti (m)	Bakı (°)	Bakı (RI)	Eğim (%)	Bonitet	HA (g/cm ³)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (µS/cm)	pH (KCl)	TK %	SN %	FSK %
126	0-5	Lbc3	1257	130	0.59	60	4	1.28	58	19	24	Kumlu Killi Balçık	4.97	55.2	4.20	27.65	13.31	14.34
	5-15							1.11	56	21	23	Kumlu Killi Balçık	4.91	46.4	4.21	28.47	12.07	16.41
	15-30							1.18	54	21	26	Kumlu Killi Balçık	5.01	40.2	4.23	25.14	11.80	13.34
127	0-5	Lc3	1332	215	0.99	55	2	0.82	53	15	32	Kumlu Killi Balçık	4.81	195.7	4.45	44.07	30.55	13.52
	5-15							0.77	47	28	25	Balçık	5.22	40.0	4.14	38.00	24.39	13.61
	15-30							1.23	47	33	20	Balçık	5.26	44.5	4.37	32.60	22.36	10.24
128	0-5	Lcd3	1633	210	1.00	25	3	0.46	67	18	14	Kumlu Balçık	4.41	108.6	4.07	43.90	35.36	8.54
	5-15							0.78	76	16	8	Balçıklı Kum	4.56	92.9	4.10	38.37	29.07	9.30
	15-30							1.33	67	25	8	Kumlu Balçık	4.78	67.9	4.29	39.46	25.77	13.69
129	0-5	Lcd3	1504	110	0.41	40	3	0.63	49	28	23	Balçık	4.93	58.2	4.14	38.84	25.40	13.44
	5-15							0.83	47	33	21	Balçık	4.79	53.9	4.05	35.22	24.69	10.52
	15-30							0.88	44	33	23	Balçık	4.92	36.1	4.07	37.38	23.28	14.10
130	0-5	Lcd3	1678	100	0.33	38	4	1.20	53	19	28	Kumlu Killi Balçık	4.97	48.0	4.69	25.27	14.49	10.78
	5-15							1.16	58	15	28	Kumlu Killi Balçık	4.71	24.0	4.14	21.98	12.92	9.06
	15-30							1.31	56	19	25	Kumlu Killi Balçık	5.16	19.8	4.46	22.11	12.77	9.34
131	0-5	Lbc3	1746	100	0.33	50	3	1.11	61	21	17	Kumlu Balçık	4.54	70.7	3.76	25.32	13.68	11.65
	5-15							1.00	51	26	23	Kumlu Killi Balçık	3.98	46.2	3.81	24.89	11.83	13.06
	15-30							0.95	54	22	24	Kumlu Killi Balçık	4.16	21.7	3.84	24.58	10.79	13.79
132	0-5	Lcd3	1772	130	0.59	25	4	0.96	53	27	20	Kumlu Killi Balçık	3.79	91.6	3.64	33.53	19.19	14.34
	5-15							0.83	55	25	20	Kumlu Balçık	3.95	58.1	3.85	29.18	17.18	12.00
	15-30							1.11	56	23	22	Kumlu Killi Balçık	4.07	45.9	4.02	28.06	12.74	15.32
133	0-5	Lcd3	1704	40	0.01	22	3	1.04	51	25	24	Kumlu Killi Balçık	4.01	56.4	3.80	28.06	13.77	14.29
	5-15							1.15	45	29	26	Balçık	4.38	37.0	3.99	27.05	11.70	15.36
	15-30							1.23	45	25	30	Killi Balçık	4.49	24.4	4.09	27.95	11.15	16.80

Ek Tablo 2. Saf Doğu Ladini Meşcerelerine ait Toprak (Karbon, Azot, Amonyum, Nitrat ve Amino asit) Analiz Sonuçları

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg_kg)	Nitrat (mg_kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
1	0-5	0.67	8.78	1.29	16.80	13.10	9.23	4.26	0.127	0.166	0.158	0.128	0.114	0.105	0.088	0.185	0.172
	5-15	0.38	4.35	2.02	22.89	11.45	4.76	2.89									
	15-30	0.28	2.66	2.45	23.05	9.49	3.48	1.57									
2	0-5	0.53	6.90	1.01	13.23	13.02	5.82	3.66	0.186	0.155	0.157	0.140	0.191	0.146	0.145	0.160	0.078
	5-15	0.36	4.40	2.73	33.04	12.23	4.94	1.85									
	15-30	0.22	2.39	2.70	29.63	10.89	3.61	1.65									
3	0-5	0.50	5.75	0.88	10.14	11.49	4.37	3.15	0.105	0.157	0.234	0.201	0.245	0.178	0.214	0.125	0.105
	5-15	0.31	3.53	2.33	26.70	11.38	3.10	1.80									
	15-30	0.23	2.48	2.68	28.70	10.76	2.29	1.31									
4	0-5	0.81	9.47	1.46	16.97	11.69	7.83	4.70	0.203	0.255	0.170	0.135	0.118	0.122	0.090	0.086	0.066
	5-15	0.68	8.88	2.61	34.12	13.07	4.15	2.64									
	15-30	0.47	6.16	3.20	42.31	13.11	2.40	1.60									
5	0-5	0.62	9.35	1.40	21.17	15.08	8.29	5.12	0.096	0.145	0.176	0.088	0.105	0.094	0.201	0.127	0.085
	5-15	0.33	4.09	2.34	28.78	12.39	6.55	2.59									
	15-30	0.20	1.98	2.11	20.54	9.89	2.78	1.86									
6	0-5	0.44	6.24	1.49	21.07	14.19	7.55	3.36	0.1	0.136	0.130	0.136	0.122	0.145	0.185	0.164	0.105
	5-15	0.29	2.52	2.12	18.56	8.69	2.61	2.31									
	15-30	0.20	3.53	2.47	43.10	17.63	2.35	1.91									
7	0-5	0.52	8.35	0.69	11.08	16.06	3.12	4.11	0.0	0.205	0.211	0.108	0.062	0.096	0.107	0.085	0.208
	5-15	0.39	4.02	1.98	20.48	10.31	1.90	1.90									
	15-30	0.19	2.60	1.74	23.77	13.68	1.62	1.46									
8	0-5	0.34	5.56	0.98	16.24	16.36	3.41	3.72	0.0	0.156	0.096	0.085	0.094	0.101	0.127	0.065	0.096
	5-15	0.28	2.74	1.66	16.26	9.78	2.86	2.59									
	15-30	0.17	2.14	2.01	24.92	12.58	2.37	1.93									
9	0-5	0.49	7.69	0.97	15.09	15.69	8.03	5.36	0.1	0.241	0.207	0.241	0.232	0.218	0.222	0.172	0.177
	5-15	0.40	5.26	3.24	42.69	13.14	6.61	3.60									
	15-30	0.33	3.42	3.11	31.99	10.38	5.18	1.58									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg-kg)	Nitrat (mg-kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
10	0-5	0.62	8.11	1.46	19.19	13.08	7.41	5.00	0.145	0.211	0.231	0.069	0.154	0.205	0.107	0.205	0.216
	5-15	0.37	4.50	2.42	29.24	12.17	3.00	1.85									
	15-30	0.27	3.18	2.90	34.42	11.79	2.14	1.29									
11	0-5	0.72	8.80	1.38	16.96	12.23	6.79	3.99	0.106	0.096	0.177	0.208	0.086	0.234	0.154	0.085	0.225
	5-15	0.49	7.00	2.54	36.37	14.29	3.26	2.41									
	15-30	0.33	4.67	2.69	38.33	14.16	3.26	2.22									
12	0-5	0.15	3.07	0.23	4.50	20.44	3.13	4.00	0.078	0.128	0.142	0.196	0.215	0.211	0.208	0.153	0.082
	5-15	0.10	2.22	0.42	9.81	22.20	2.11	1.16									
	15-30	0.09	1.84	0.65	13.30	20.44	1.35	1.04									
13	0-5	0.59	6.14	1.03	10.75	10.41	2.45	2.29	0.154	0.120	0.172	0.104	0.164	0.133	0.206	0.155	0.167
	5-15	0.28	3.95	2.13	29.96	14.11	2.09	1.53									
	15-30	0.16	2.37	2.16	31.38	14.78	1.90	1.35									
14	0-5	0.57	8.71	1.40	21.47	15.28	2.73	2.91	0.079	0.165	0.161	0.188	0.234	0.102	0.098	0.108	0.122
	5-15	0.35	5.47	2.11	32.82	15.62	2.41	2.23									
	15-30	0.28	4.28	3.08	46.97	15.28	1.45	1.81									
15	0-5	0.39	5.74	1.13	16.49	14.71	2.91	3.84	0.121	0.146	0.056	0.096	0.048	0.107	0.154	0.186	0.094
	5-15	0.19	2.94	1.02	15.76	15.49	2.24	2.80									
	15-30	0.11	1.91	0.96	17.28	17.39	1.82	2.14									
16	0-5	0.21	3.39	0.97	15.26	16.13	6.05	3.39	0.098	0.122	0.216	0.107	0.152	0.215	0.059	0.107	0.154
	5-15	0.12	1.90	1.29	20.81	15.82	4.90	2.45									
	15-30	0.08	1.13	1.22	16.49	14.15	4.27	2.31									
17	0-5	0.80	9.19	1.33	15.36	11.49	4.29	2.80	0.135	0.205	0.144	0.192	0.210	0.136	0.182	0.145	0.134
	5-15	0.66	8.20	2.77	34.47	12.42	4.08	2.41									
	15-30	0.48	6.65	3.32	45.78	13.86	3.79	2.16									
18	0-5	0.54	8.14	0.91	13.82	15.07	3.03	3.63	0.065	0.085	0.097	0.057	0.102	0.125	0.096	0.066	0.098
	5-15	0.40	5.42	2.70	36.74	13.54	1.92	2.81									
	15-30	0.27	3.67	1.90	25.89	13.60	1.73	2.05									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg-kg)	Nitrat (mg-kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
19	0-5	0.75	8.39	1.95	21.75	11.18	6.59	4.08	0.182	0.209	0.077	0.065	0.124	0.163	0.166	0.103	0.165
	5-15	0.41	6.06	2.69	40.08	14.78	3.19	1.89									
	15-30	0.30	3.39	3.46	38.87	11.29	2.27	1.13									
20	0-5	0.77	9.27	1.48	17.68	12.04	3.99	1.99	0.057	0.154	0.110	0.108	0.099	0.091	0.146	0.095	0.127
	5-15	0.62	7.94	2.62	33.32	12.81	2.65	1.72									
	15-30	0.35	4.85	2.19	30.19	13.87	1.47	1.47									
21	0-5	0.97	10.59	1.29	14.07	10.92	4.24	5.06	0.102	0.154	0.082	0.095	0.107	0.125	0.082	0.146	0.054
	5-15	0.85	10.08	3.14	37.28	11.86	4.27	3.58									
	15-30	0.44	5.48	2.92	36.45	12.46	3.68	1.84									
22	0-5	0.19	3.28	0.84	14.62	17.25	2.10	4.21	0.125	0.075	0.075	0.177	0.077	0.117	0.095	0.104	0.150
	5-15	0.15	2.61	1.49	26.79	17.38	1.35	1.69									
	15-30	0.09	1.73	1.33	26.88	19.23	1.23	1.11									
23	0-5	0.36	6.22	0.80	13.97	17.28	3.42	2.60	0.125	0.107	0.092	0.081	0.107	0.136	0.172	0.104	0.096
	5-15	0.21	4.25	0.93	18.96	20.23	2.57	1.59									
	15-30	0.13	1.90	0.80	11.79	14.60	2.02	0.95									
24	0-5	0.84	7.40	1.66	14.59	8.81	2.13	4.71	0.118	0.214	0.074	0.162	0.095	0.175	0.135	0.160	0.115
	5-15	0.52	7.52	2.28	32.64	14.46	1.84	4.44									
	15-30	0.38	5.88	2.68	41.24	15.49	1.75	3.82									
25	0-5	0.41	7.75	0.96	18.45	18.89	7.76	4.07	0.142	0.095	0.144	0.165	0.131	0.180	0.196	0.200	0.103
	5-15	0.19	3.75	1.12	21.62	19.75	4.57	2.40									
	15-30	0.14	2.35	1.51	25.02	16.79	4.23	1.81									
26	0-5	0.83	7.86	1.21	11.51	9.47	6.60	4.52	0.186	0.128	0.199	0.093	0.155	0.078	0.122	0.109	0.055
	5-15	0.72	7.88	2.98	32.60	10.95	3.22	3.04									
	15-30	0.57	7.49	2.74	36.12	13.14	2.18	2.36									
27	0-5	0.35	5.64	1.02	16.46	16.12	3.82	1.50	1.31	1.09	1.31	1.09	1.31	1.09	1.31	1.09	1.31
	5-15	0.32	4.85	2.10	31.50	15.15	2.23	1.31									
	15-30	0.28	4.41	2.53	40.23	15.75	1.77	1.09									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg_kg)	Nitrat (mg_kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
28	0-5	0.40	7.27	0.85	15.40	18.18	3.86	2.73	0.101	0.162	0.192	0.160	0.068	0.211	0.201	0.154	0.093
	5-15	0.23	2.46	1.81	19.56	10.70	3.09	2.21									
	15-30	0.16	1.85	2.22	26.33	11.59	2.67	1.41									
29	0-5	0.42	6.26	1.22	17.93	14.90	2.45	2.45	0.145	0.085	0.138	0.158	0.164	0.252	0.095	0.152	0.131
	5-15	0.20	2.35	1.37	16.42	11.75	1.97	1.41									
	15-30	0.15	1.98	2.23	28.45	13.19	1.92	1.03									
30	0-5	0.33	4.84	0.94	13.81	14.67	5.09	2.30	0.126	0.154	0.258	0.201	0.198	0.245	0.298	0.256	0.114
	5-15	0.21	3.22	1.77	26.75	15.33	4.02	1.79									
	15-30	0.15	2.32	1.84	27.54	15.48	2.84	1.35									
31	0-5	0.40	5.91	1.18	17.52	14.78	7.36	3.53	0.148	0.057	0.109	0.182	0.211	0.122	0.208	0.145	0.151
	5-15	0.39	5.07	2.83	37.04	13.01	5.51	2.52									
	15-30	0.25	3.42	2.90	39.42	13.70	5.53	1.46									
32	0-5	0.32	5.89	0.84	15.41	18.41	4.83	2.78	0.135	0.087	0.145	0.157	0.231	0.240	0.128	0.157	0.098
	5-15	0.23	3.25	2.02	28.42	14.13	2.72	1.43									
	15-30	0.17	2.12	2.82	34.67	12.50	2.71	1.43									
33	0-5	0.54	7.29	1.20	16.18	13.51	4.29	2.45	0.244	0.124	0.107	0.075	0.130	0.147	0.125	0.084	0.108
	5-15	0.36	6.69	1.34	24.69	18.58	4.65	2.63									
	15-30	0.33	5.83	2.57	45.29	17.68	3.16	1.76									
34	0-5	0.88	10.82	1.23	15.10	12.29	3.53	2.30	0.125	0.164	0.143	0.098	0.152	0.164	0.128	0.134	0.097
	5-15	0.66	9.69	2.85	42.01	14.69	2.68	2.11									
	15-30	0.43	7.47	3.07	53.07	17.37	2.14	1.78									
35	0-5	0.71	9.80	0.89	12.18	13.81	3.17	1.09	0.092	0.077	0.155	0.146	0.102	0.086	0.098	0.164	0.086
	5-15	0.43	4.48	1.45	15.26	10.41	4.88	1.70									
	15-30	0.23	8.48	1.28	47.67	36.85	2.66	1.33									
36	0-5	0.70	8.59	1.77	21.77	12.28	6.41	4.52	0.048	0.085	0.078	0.102	0.156	0.147	0.196	0.120	0.080
	5-15	0.52	8.09	2.86	44.05	15.56	2.60	2.17									
	15-30	0.37	5.64	2.57	39.31	15.23	2.22	1.39									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg_kg)	Nitrat (mg_kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
37	0-5	0.42	5.80	1.04	14.50	13.80	9.09	5.42	0.099	0.140	0.122	0.205	0.115	0.092	0.166	0.209	0.223
	5-15	0.30	5.53	1.96	35.66	18.42	7.76	4.04									
	15-30	0.16	2.15	1.77	24.41	13.46	4.54	1.70									
38	0-5	0.72	11.21	2.31	35.92	15.57	4.63	6.13	0.114	0.155	0.097	0.058	0.112	0.082	0.130	0.246	0.201
	5-15	0.32	5.64	2.91	51.32	17.61	4.04	4.29									
	15-30	0.21	3.05	3.02	43.93	14.53	2.30	1.45									
39	0-5	0.35	6.17	1.34	23.60	17.63	4.92	5.40	0.217	0.208	0.245	0.176	0.152	0.186	0.172	0.122	0.144
	5-15	0.23	3.28	2.22	32.02	14.25	4.65	2.55									
	15-30	0.17	2.43	2.75	39.87	14.30	2.83	1.18									
40	0-5	0.21	3.58	0.91	15.60	17.07	4.07	3.84	0.105	0.095	0.134	0.112	0.165	0.102	0.104	0.104	0.082
	5-15	0.15	2.23	1.29	19.03	14.89	3.82	2.98									
	15-30	0.13	2.34	1.43	25.95	18.03	2.20	0.81									
41	0-5	0.29	1.81	0.76	4.73	6.24	5.48	3.97	0.156	0.105	0.048	0.096	0.105	0.241	0.122	0.095	0.122
	5-15	0.28	4.35	1.87	28.58	15.54	4.90	2.32									
	15-30	0.24	3.50	2.54	37.03	14.60	2.90	1.76									
42	0-5	0.36	7.18	1.22	24.15	19.95	8.50	6.78	0.231	0.196	0.145	0.154	0.102	0.110	0.156	0.086	0.161
	5-15	0.18	3.20	1.12	19.69	17.77	5.86	6.34									
	15-30	0.16	2.83	2.32	41.07	17.66	2.36	4.95									
43	0-5	0.61	10.96	1.15	20.68	17.96	9.06	5.08	0.206	0.145	0.173	0.138	0.152	0.174	0.110	0.085	0.147
	5-15	0.55	10.67	2.96	57.59	19.41	6.62	3.68									
	15-30	0.23	5.58	2.20	53.13	24.25	1.89	1.33									
44	0-5	0.92	11.07	1.62	19.45	12.04	6.61	1.98	0.080	0.163	0.166	0.142	0.143	0.068	0.165	0.134	0.189
	5-15	0.66	9.56	2.48	36.03	14.48	3.62	1.81									
	15-30	0.51	8.27	3.68	59.85	16.22	2.53	1.52									
45	0-5	0.69	12.65	0.93	17.07	18.34	8.20	2.59	0.115	0.172	0.107	0.164	0.121	0.110	0.108	0.155	0.107
	5-15	0.47	8.80	2.27	42.65	18.72	4.18	1.84									
	15-30	0.38	8.44	3.17	69.88	22.21	2.89	1.45									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg_kg)	Nitrat (mg_kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
46	0-5	0.73	9.13	1.17	14.66	12.5	7.97	5.61	0.185	0.199	0.072	0.152	0.160	0.195	0.213	0.201	0.078
	5-15	0.58	6.87	2.87	34.17	11.8	6.68	3.71									
	15-30	0.48	5.13	4.55	48.44	10.6	5.27	3.41									
47	0-5	0.51	7.66	1.22	18.15	15.0	4.24	2.03	0.205	0.177	0.123	0.145	0.185	0.132	0.076	0.166	0.120
	5-15	0.39	5.83	2.06	30.42	14.9	2.83	1.67									
	15-30	0.24	3.47	2.39	34.45	14.4	1.80	1.15									
48	0-5	0.38	6.59	1.01	17.60	17.3	5.10	6.40	0.186	0.108	0.139	0.064	0.102	0.138	0.209	0.100	0.128
	5-15	0.19	3.88	1.41	28.23	20.4	3.50	5.95									
	15-30	0.13	2.34	1.62	30.08	17.9	2.99	4.14									
49	0-5	0.67	8.27	1.41	17.45	12.3	8.11	5.30	0.118	0.141	0.150	0.135	0.126	0.234	0.147	0.154	0.144
	5-15	0.45	5.18	2.77	32.23	11.5	5.49	3.90									
	15-30	0.35	4.22	3.33	40.28	12.0	2.88	2.88									
50	0-5	0.48	6.28	1.53	20.07	13.0	4.29	2.64	0.094	0.108	0.162	0.145	0.162	0.088	0.142	0.212	0.141
	5-15	0.33	3.83	2.42	28.43	11.6	2.74	1.82									
	15-30	0.30	3.67	3.36	41.22	12.2	2.72	1.76									
51	0-5	0.33	5.16	1.05	16.17	15.6	3.85	3.14	0.245	0.207	0.107	0.096	0.211	0.128	0.231	0.134	0.107
	5-15	0.13	2.23	1.20	20.32	17.1	3.01	1.88									
	15-30	0.11	1.27	1.46	16.63	11.5	2.56	1.22									
52	0-5	0.19	2.96	0.46	7.16	15.6	4.00	5.68	0.169	0.165	0.162	0.109	0.131	0.235	0.131	0.142	0.148
	5-15	0.13	1.62	0.92	11.58	12.4	3.07	2.08									
	15-30	0.11	1.47	1.31	17.21	13.3	2.01	1.23									
53	0-5	0.24	3.64	0.64	9.87	15.1	2.77	2.05	0.155	0.185	0.106	0.202	0.226	0.235	0.220	0.096	0.244
	5-15	0.16	2.31	0.86	12.50	14.4	1.96	1.73									
	15-30	0.12	1.92	1.23	19.22	16.0	1.89	1.30									
54	0-5	0.21	3.19	0.89	13.67	15.1	5.07	4.44	0.144	0.117	0.204	0.115	0.098	0.067	0.128	0.169	0.108
	5-15	0.12	1.24	0.88	9.16	10.3	4.31	3.86									
	15-30	0.10	0.88	1.45	12.94	8.77	4.18	3.02									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg_kg)	Nitrat (mg_kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
55	0-5	0.47	7.05	1.05	15.82	14.99	7.70	3.22	0.230	0.211	0.281	0.133	0.138	0.147	0.156	0.101	0.199
	5-15	0.24	3.83	1.33	21.61	15.97	4.34	2.23									
	15-30	0.17	2.31	1.64	22.81	13.57	3.63	0.94									
56	0-5	0.69	12.10	0.98	17.17	17.53	9.25	1.95	0.201	0.099	0.187	0.075	0.103	0.142	0.128	0.201	0.123
	5-15	0.45	7.75	1.95	33.78	17.23	5.64	0.94									
	15-30	0.25	3.72	2.03	29.88	14.89	3.00	0.72									
57	0-5	0.61	9.62	1.63	25.96	15.77	8.95	2.56	0.054	0.144	0.181	0.196	0.158	0.176	0.255	0.169	0.096
	5-15	0.43	6.20	2.93	42.36	14.41	6.01	2.23									
	15-30	0.34	4.02	2.77	33.18	11.83	4.91	1.50									
58	0-5	0.11	3.16	0.34	9.54	28.74	3.61	2.22	0.327	0.102	0.251	0.155	0.096	0.145	0.107	0.096	0.185
	5-15	0.10	3.27	0.80	27.34	32.71	2.56	1.89									
	15-30	0.06	3.24	0.90	46.15	54.03	2.22	1.70									
59	0-5	0.36	5.35	0.97	14.29	14.87	4.70	3.63	0.096	0.258	0.214	0.158	0.099	0.247	0.152	0.211	0.115
	5-15	0.13	0.74	0.76	4.46	5.68	4.31	2.16									
	15-30	0.08	1.91	0.97	23.11	23.91	2.51	1.91									
60	0-5	0.22	4.07	0.55	10.40	18.48	3.75	2.14	0.181	0.137	0.103	0.081	0.140	0.141	0.128	0.163	0.221
	5-15	0.17	2.80	0.90	15.12	16.45	2.26	1.51									
	15-30	0.10	1.80	1.00	17.23	18.04	1.69	1.17									
61	0-5	0.17	3.10	0.69	12.44	18.25	3.82	2.99	0.096	0.105	0.201	0.095	0.087	0.096	0.109	0.154	0.155
	5-15	0.10	2.43	1.07	27.21	24.31	3.25	1.74									
	15-30	0.08	1.61	1.39	29.37	20.08	2.19	1.27									
62	0-5	0.20	3.07	0.62	9.83	15.37	3.71	2.38	0.117	0.088	0.096	0.211	0.145	0.197	0.155	0.201	0.211
	5-15	0.13	2.76	1.31	28.69	21.23	2.15	2.02									
	15-30	0.10	2.12	1.44	31.95	21.18	1.78	1.66									
63	0-5	0.09	1.44	0.33	5.43	15.98	2.69	1.86	0.177	0.102	0.085	0.101	0.146	0.211	0.231	0.088	0.068
	5-15	0.08	1.02	0.39	5.13	12.69	2.13	1.22									
	15-30	0.06	0.88	0.64	9.18	14.73	1.81	1.01									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg_kg)	Nitrat (mg_kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
64	0-5	0.12	3.69	0.29	8.90	30.79	2.86	2.56	0.166	0.18	0.102	0.128	0.107	0.122	0.214	0.154	0.143
	5-15	0.09	3.50	0.47	18.28	38.86	2.64	1.53									
	15-30	0.07	4.00	0.55	31.86	57.16	2.55	1.22									
65	0-5	0.23	7.13	0.32	9.77	30.98	2.68	2.99	0.126	0.15	0.205	0.116	0.117	0.065	0.122	0.157	0.093
	5-15	0.17	3.05	0.98	17.83	17.95	2.26	2.36									
	15-30	0.14	2.03	1.33	18.97	14.50	1.55	1.35									
66	0-5	0.32	4.59	0.91	13.06	14.35	7.53	5.06	0.105	0.10	0.096	0.154	0.156	0.182	0.252	0.127	0.105
	5-15	0.17	2.06	1.42	16.94	12.11	1.96	3.70									
	15-30	0.10	0.39	1.08	4.33	3.95	1.41	2.50									
67	0-5	0.12	1.92	0.39	6.34	16.00	3.24	3.77	0.217	0.10	0.118	0.101	0.065	0.148	0.125	0.137	0.129
	5-15	0.08	2.80	0.67	22.46	34.96	1.99	3.14									
	15-30	0.07	2.74	0.71	29.47	39.11	1.30	1.19									
68	0-5	0.82	10.49	2.04	25.93	12.79	9.18	4.97	0.185	0.15	0.166	0.054	0.086	0.114	0.165	0.192	0.254
	5-15	0.41	4.12	2.92	28.97	10.04	8.94	4.09									
	15-30	0.24	2.23	2.38	22.49	9.28	8.50	3.73									
69	0-5	0.30	4.40	0.86	12.76	14.67	6.83	2.81	0.115	0.16	0.085	0.108	0.186	0.184	0.105	0.111	0.163
	5-15	0.11	2.34	0.57	11.61	21.24	3.14	1.23									
	15-30	0.08	2.54	1.08	32.80	31.76	2.12	1.06									
70	0-5	0.18	2.51	0.43	5.90	13.95	4.35	3.50	0.216	0.08	0.201	0.254	0.233	0.255	0.244	0.116	0.080
	5-15	0.10	0.62	0.46	2.97	6.21	2.78	2.89									
	15-30	0.10	0.82	0.85	6.65	8.18	2.66	1.17									
71	0-5	0.39	4.96	1.26	15.91	12.71	8.17	3.12	0.157	0.14	0.160	0.086	0.118	0.174	0.208	0.162	0.145
	5-15	0.28	3.36	2.66	32.04	11.99	3.94	2.22									
	15-30	0.10	0.99	1.74	16.65	9.86	3.50	1.28									
72	0-5	0.29	3.38	1.27	14.83	11.66	3.74	4.59	0.163	0.21	0.125	0.078	0.185	0.164	0.188	0.142	0.161
	5-15	0.23	2.37	1.77	18.26	10.29	3.57	2.96									
	15-30	0.22	2.23	3.09	31.21	10.15	2.10	2.23									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg_kg)	Nitrat (mg_kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
73	0-5	0.33	4.40	1.19	15.63	13.33	3.97	3.29	0.058	0.164	0.102	0.144	0.077	0.126	0.246	0.105	0.064
	5-15	0.27	3.68	1.91	26.07	13.63	2.74	2.86									
	15-30	0.22	3.54	2.80	44.50	16.10	2.61	2.61									
74	0-5	0.32	5.41	1.05	17.97	16.92	5.83	2.80	0.148	0.123	0.217	0.141	0.155	0.133	0.137	0.234	0.188
	5-15	0.20	4.33	1.42	31.11	21.67	3.85	2.22									
	15-30	0.12	4.18	1.70	59.72	34.86	1.96	1.96									
75	0-5	0.17	4.73	0.94	26.81	27.83	3.90	2.60	0.194	0.152	0.167	0.150	0.152	0.095	0.201	0.191	0.125
	5-15	0.08	3.95	1.03	49.36	49.41	2.95	2.09									
	15-30	0.05	1.55	1.08	30.38	30.96	2.43	1.22									
76	0-5	0.61	11.46	1.07	20.06	18.79	7.53	4.84	0.066	0.146	0.122	0.152	0.146	0.122	0.211	0.164	0.251
	5-15	0.39	4.98	2.28	29.11	12.78	6.10	3.96									
	15-30	0.37	4.25	4.72	54.77	11.48	3.53	1.83									
77	0-5	0.71	9.52	1.78	23.75	13.41	5.77	2.75	0.142	0.176	0.251	0.244	0.155	0.231	0.140	0.164	0.108
	5-15	0.28	3.54	2.38	30.16	12.65	2.82	1.84									
	15-30	0.15	2.11	1.96	27.52	14.07	2.15	1.55									
78	0-5	0.24	4.15	0.86	14.81	17.28	3.33	2.00	0.085	0.212	0.163	0.122	0.163	0.252	0.251	0.130	0.088
	5-15	0.10	1.94	0.85	16.16	19.44	1.18	1.61									
	15-30	0.06	0.75	1.11	14.77	12.48	1.35	1.35									
79	0-5	0.24	4.36	0.95	17.05	18.15	4.77	2.52	0.125	0.122	0.158	0.137	0.055	0.089	0.101	0.140	0.152
	5-15	0.11	3.07	1.18	32.56	27.95	2.54	1.93									
	15-30	0.08	0.99	1.38	16.89	12.33	1.69	1.69									
80	0-5	0.27	2.66	0.61	5.90	9.84	4.02	4.02	0.078	0.208	0.144	0.055	0.146	0.148	0.143	0.201	0.140
	5-15	0.18	2.20	1.28	15.98	12.24	3.64	2.32									
	15-30	0.13	0.79	1.14	7.07	6.09	3.90	1.95									
81	0-5	0.27	5.98	1.35	29.81	22.13	7.84	3.31	0.105	0.112	0.127	0.102	0.177	0.097	0.154	0.144	0.115
	5-15	0.11	2.64	1.04	23.90	24.02	4.04	1.75									
	15-30	0.10	2.47	1.32	34.11	24.70	3.61	1.00									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg-kg)	Nitrat (mg-kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
82	0-5	0.18	3.78	0.74	15.41	21.00	7.49	3.53	0.096	0.108	0.125	0.118	0.154	0.103	0.199	0.215	0.187
	5-15	0.11	2.36	1.17	24.78	21.47	3.61	1.66									
	15-30	0.09	3.81	1.46	59.37	42.32	2.94	1.33									
83	0-5	0.53	9.04	1.42	24.08	17.05	8.49	2.23	0.131	0.150	0.136	0.152	0.117	0.087	0.109	0.208	0.225
	5-15	0.26	3.06	2.21	26.47	11.77	7.01	1.62									
	15-30	0.13	2.89	2.01	43.82	22.21	3.48	1.42									
84	0-5	0.34	6.19	0.94	17.34	18.21	4.05	6.26	0.256	0.164	0.188	0.127	0.133	0.264	0.128	0.096	0.186
	5-15	0.17	3.78	1.84	40.96	22.24	3.55	5.50									
	15-30	0.07	2.48	1.22	40.70	35.39	2.38	1.78									
85	0-5	0.68	10.45	1.08	16.68	15.37	10.13	3.48	0.120	0.162	0.120	0.117	0.148	0.109	0.166	0.134	0.125
	5-15	0.57	12.43	1.82	39.74	21.82	8.94	2.48									
	15-30	0.71	11.41	5.21	83.65	16.06	7.74	2.26									
86	0-5	0.86	10.67	0.72	8.98	12.41	8.62	4.77	0.102	0.142	0.169	0.109	0.205	0.196	0.145	0.176	0.147
	5-15	0.78	11.99	2.99	46.01	15.37	7.34	3.90									
	15-30	0.52	10.76	3.44	71.11	20.70	7.02	2.51									
87	0-5	0.66	10.07	1.45	22.28	15.26	8.87	2.82	0.175	0.142	0.109	0.241	0.174	0.148	0.087	0.098	0.122
	5-15	0.51	7.34	3.17	45.29	14.40	7.48	2.03									
	15-30	0.22	2.30	3.09	31.96	10.47	5.33	1.40									
88	0-5	0.59	9.28	1.71	26.85	15.73	10.03	6.02	0.125	0.102	0.085	0.169	0.209	0.066	0.104	0.135	0.143
	5-15	0.22	3.89	1.70	30.11	17.67	7.87	2.18									
	15-30	0.13	3.83	1.88	55.88	29.47	4.45	1.62									
89	0-5	0.26	3.67	1.43	20.47	14.10	5.40	3.60	0.167	0.176	0.236	0.105	0.086	0.098	0.127	0.174	0.095
	5-15	0.16	3.39	1.96	41.18	21.20	5.30	2.26									
	15-30	0.11	1.69	1.95	29.18	15.38	2.65	1.55									
90	0-5	0.36	5.34	1.51	22.53	14.82	7.58	2.06	0.128	0.136	0.175	0.155	0.125	0.258	0.214	0.125	0.211
	5-15	0.20	3.49	1.92	33.44	17.46	4.71	1.81									
	15-30	0.12	3.91	2.00	67.44	32.58	2.60	1.54									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg_kg)	Nitrat (mg_kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
91	0-5	0.53	10.45	0.73	14.37	19.71	9.32	3.39	0.112	0.1	0.142	0.120	0.059	0.105	0.121	0.125	0.196
	5-15	0.49	10.37	1.60	33.82	21.16	6.09	2.23									
	15-30	0.41	13.18	2.84	91.42	32.16	3.24	1.49									
92	0-5	0.56	10.82	0.98	19.06	19.33	5.12	2.68	0.142	0.1	0.166	0.085	0.175	0.166	0.199	0.152	0.084
	5-15	0.23	6.28	1.32	36.03	27.30	2.66	1.89									
	15-30	0.15	5.58	2.07	74.46	37.20	2.58	1.46									
93	0-5	0.34	4.71	0.92	12.81	13.85	7.06	3.74	0.108	0.1	0.116	0.085	0.065	0.127	0.241	0.125	0.106
	5-15	0.33	2.57	2.48	19.57	7.79	4.92	2.21									
	15-30	0.11	5.69	1.37	71.94	51.71	1.78	1.39									
94	0-5	0.28	4.32	1.01	15.62	15.43	2.98	1.19	0.182	0.1	0.174	0.092	0.065	0.088	0.076	0.080	0.101
	5-15	0.12	2.15	0.91	16.49	17.94	1.64	1.06									
	15-30	0.11	2.30	1.40	28.09	20.88	1.32	0.92									
95	0-5	0.40	6.46	1.11	17.89	16.15	8.38	3.61	0.133	0.0	0.118	0.204	0.180	0.261	0.160	0.125	0.176
	5-15	0.25	4.10	1.69	27.71	16.42	6.66	2.10									
	15-30	0.20	3.43	1.92	32.71	17.17	3.61	1.44									
96	0-5	0.21	5.77	0.95	25.70	27.50	2.92	2.35	0.064	0.1	0.057	0.121	0.160	0.199	0.162	0.257	0.196
	5-15	0.11	1.85	0.82	14.09	16.82	2.63	1.97									
	15-30	0.07	2.53	1.11	37.85	36.20	2.26	1.40									
97	0-5	0.30	4.75	1.27	20.27	15.84	6.13	2.81	0.052	0.1	0.142	0.156	0.194	0.148	0.136	0.211	0.191
	5-15	0.23	3.68	2.08	33.24	16.00	4.39	1.90									
	15-30	0.25	3.90	3.34	52.79	15.61	4.12	1.33									
98	0-5	0.63	9.65	0.69	10.44	15.31	6.33	4.48	0.220	0.1	0.105	0.146	0.087	0.255	0.225	0.142	0.154
	5-15	0.30	5.10	1.12	19.02	16.99	4.60	3.03									
	15-30	0.15	2.84	0.75	14.09	18.96	3.82	1.46									
99	0-5	0.45	9.30	1.35	27.82	20.66	8.34	4.03	0.041	0.0	0.058	0.049	0.087	0.066	0.127	0.185	0.096
	5-15	0.31	6.29	2.29	46.95	20.30	6.81	3.28									
	15-30	0.20	3.54	2.60	44.87	17.71	4.79	2.70									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg_kg)	Nitrat (mg_kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
100	0-5	0.56	10.02	1.39	24.94	17.90	7.99	2.62	0.077	0.169	0.124	0.088	0.164	0.208	0.154	0.160	0.151
	5-15	0.24	4.35	1.74	31.06	18.12	6.51	2.13									
	15-30	0.10	3.29	1.36	43.46	32.90	3.06	1.53									
101	0-5	0.23	6.54	0.78	21.94	28.46	5.67	4.90	0.211	0.156	0.245	0.127	0.255	0.118	0.152	0.159	0.117
	5-15	0.16	3.59	0.96	20.94	22.45	4.33	2.38									
	15-30	0.08	2.17	0.71	19.44	27.18	3.64	1.66									
102	0-5	0.28	4.98	1.15	20.61	17.79	5.86	2.23	0.154	0.116	0.164	0.133	0.166	0.116	0.105	0.135	0.211
	5-15	0.17	2.96	1.78	30.23	17.41	2.95	1.70									
	15-30	0.11	2.22	1.56	30.33	20.22	2.04	1.36									
103	0-5	0.46	8.32	1.91	34.33	18.09	3.61	1.94	0.196	0.185	0.152	0.182	0.176	0.105	0.225	0.164	0.112
	5-15	0.19	4.10	1.98	42.26	21.60	2.82	1.66									
	15-30	0.16	2.92	2.20	40.71	18.27	1.77	1.52									
104	0-5	0.17	3.63	0.56	11.66	21.35	3.40	3.16	0.176	0.248	0.154	0.202	0.165	0.105	0.131	0.075	0.099
	5-15	0.13	1.76	1.01	14.13	13.57	2.55	2.09									
	15-30	0.12	2.15	1.81	31.39	17.94	2.35	1.64									
105	0-5	0.14	3.48	0.77	18.80	24.89	4.02	4.17	0.18	0.205	0.133	0.130	0.174	0.105	0.092	0.148	0.124
	5-15	0.08	1.57	0.75	15.24	19.62	1.91	2.03									
	15-30	0.07	1.26	1.18	21.46	18.00	1.65	1.30									
106	0-5	0.29	6.26	0.88	18.97	21.60	4.73	2.30	0.12	0.101	0.084	0.086	0.099	0.165	0.133	0.165	0.055
	5-15	0.14	3.10	1.40	30.32	22.17	3.03	1.76									
	15-30	0.11	2.48	1.87	42.28	22.58	1.54	1.41									
107	0-5	0.40	9.16	0.97	22.02	22.90	8.10	4.30	0.09	0.108	0.127	0.055	0.154	0.157	0.148	0.176	0.201
	5-15	0.25	5.32	1.45	31.33	21.28	6.56	2.78									
	15-30	0.12	2.56	1.42	29.99	21.36	4.58	2.29									
108	0-5	0.61	9.36	1.23	18.96	15.34	7.21	2.95	0.14	0.158	0.045	0.140	0.172	0.184	0.063	0.201	0.270
	5-15	0.54	7.74	2.97	42.33	14.33	4.71	2.08									
	15-30	0.38	4.59	3.54	43.30	12.09	2.05	1.40									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg_kg)	Nitrat (mg_kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
109	0-5	0.35	8.27	0.89	20.92	23.62	7.75	3.21	0.255	0.135	0.134	0.099	0.113	0.146	0.074	0.140	0.085
	5-15	0.21	3.38	1.98	32.41	16.11	5.47	2.73									
	15-30	0.10	1.87	1.82	32.93	18.72	3.52	1.64									
110	0-5	0.49	6.98	2.14	30.22	14.24	3.98	3.28	0.121	0.156	0.093	0.154	0.188	0.097	0.147	0.107	0.118
	5-15	0.21	5.04	1.91	44.94	24.00	3.42	2.28									
	15-30	0.10	2.12	1.00	21.54	21.17	2.42	1.50									
111	0-5	0.35	5.18	0.84	12.42	14.81	4.66	3.80	0.186	0.154	0.127	0.105	0.085	0.096	0.145	0.178	0.114
	5-15	0.16	2.84	1.76	30.41	17.77	4.07	2.59									
	15-30	0.11	2.60	1.83	42.81	23.63	5.92	2.73									
112	0-5	0.44	7.55	1.47	24.94	17.17	8.15	3.88	0.118	0.201	0.145	0.121	0.144	0.157	0.188	0.135	0.197
	5-15	0.36	6.38	2.75	48.55	17.72	6.99	3.29									
	15-30	0.31	3.77	3.96	48.71	12.17	5.59	1.86									
113	0-5	0.64	9.68	1.22	18.59	15.12	7.68	1.98	0.105	0.178	0.260	0.145	0.189	0.074	0.153	0.087	0.112
	5-15	0.32	5.35	2.91	49.22	16.72	4.05	1.55									
	15-30	0.19	3.77	2.32	45.14	19.82	3.61	1.20									
114	0-5	0.28	4.49	1.19	18.78	16.02	3.27	2.46	0.144	0.082	0.128	0.131	0.191	0.154	0.110	0.136	0.168
	5-15	0.13	2.06	1.63	25.97	15.84	2.64	1.42									
	15-30	0.09	1.40	1.89	28.41	15.60	2.12	1.11									
115	0-5	0.16	4.49	0.66	18.60	28.03	2.57	2.17	0.086	0.225	0.085	0.096	0.086	0.096	0.095	0.088	0.110
	5-15	0.11	3.51	0.89	29.45	31.94	2.37	1.78									
	15-30	0.10	3.02	0.85	24.92	30.17	1.86	1.57									
116	0-5	0.09	2.26	0.10	2.35	25.12	3.92	2.45	0.155	0.212	0.233	0.218	0.201	0.158	0.164	0.215	0.096
	5-15	0.05	2.51	0.27	14.83	50.25	3.81	2.11									
	15-30	0.04	1.68	0.46	18.36	41.94	3.40	1.50									
117	0-5	0.19	5.49	0.30	8.77	28.88	3.41	1.99	0.115	0.205	0.158	0.174	0.152	0.109	0.094	0.157	0.048
	5-15	0.17	3.79	0.52	11.75	22.32	2.76	1.66									
	15-30	0.09	2.74	0.81	25.51	30.40	2.01	1.44									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg_kg)	Nitrat (mg_kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösün (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
118	0-5	0.22	3.12	0.78	16.57	14.20	6.32	2.89	0.152	0.171	0.203	0.176	0.128	0.068	0.160	0.185	0.199
	5-15	0.15	1.27	1.69	9.52	8.45	3.51	1.94									
	15-30	0.13	1.50	1.69	20.00	11.57	2.80	1.40									
119	0-5	0.51	7.82	1.40	21.40	15.33	5.31	5.07	0.101	0.087	0.215	0.200	0.188	0.154	0.117	0.085	0.147
	5-15	0.20	3.48	1.45	24.79	17.42	3.39	2.49									
	15-30	0.13	2.46	1.78	34.62	18.89	3.19	1.71									
120	0-5	0.50	5.01	1.93	19.42	10.02	7.87	2.44	0.108	0.128	0.214	0.155	0.144	0.208	0.185	0.148	0.078
	5-15	0.24	3.54	2.04	30.05	14.76	2.95	1.72									
	15-30	0.17	3.27	2.10	39.46	19.23	2.48	1.11									
121	0-5	0.53	9.49	1.20	21.52	17.91	4.13	6.77	0.211	0.188	0.160	0.154	0.092	0.148	0.136	0.107	0.048
	5-15	0.25	4.18	2.61	43.14	16.73	3.00	4.18									
	15-30	0.15	3.04	2.26	46.85	20.26	1.61	1.18									
122	0-5	0.20	5.69	0.58	16.51	28.44	4.21	5.66	0.205	0.148	0.176	0.157	0.182	0.085	0.069	0.107	0.114
	5-15	0.13	3.04	0.86	20.67	23.37	3.12	2.28									
	15-30	0.08	1.62	0.95	18.31	20.23	1.94	1.58									
123	0-5	0.40	6.82	1.29	22.05	17.05	4.41	2.39	0.164	0.164	0.227	0.169	0.078	0.167	0.106	0.191	0.125
	5-15	0.34	5.03	2.52	37.65	14.80	2.21	1.84									
	15-30	0.27	5.38	2.16	43.73	19.93	1.83	1.34									
124	0-5	0.27	5.16	0.91	17.41	19.11	2.81	2.14	0.250	0.136	0.144	0.127	0.085	0.095	0.162	0.217	0.084
	5-15	0.20	4.06	1.62	32.93	20.28	2.39	1.51									
	15-30	0.13	2.02	1.64	26.23	15.52	2.10	1.17									
125	0-5	0.38	9.09	0.71	17.15	23.93	3.07	1.66	0.108	0.102	0.154	0.149	0.159	0.248	0.121	0.140	0.162
	5-15	0.24	5.92	0.76	18.68	24.68	2.39	1.51									
	15-30	0.19	3.78	1.10	21.62	19.88	2.01	1.38									
126	0-5	0.38	4.53	0.79	9.40	11.91	3.30	1.81	0.148	0.217	0.125	0.117	0.089	0.142	0.197	0.045	0.109
	5-15	0.17	3.64	0.37	8.17	21.42	2.18	1.35									
	15-30	0.12	3.44	0.60	16.79	28.69	1.43	1.13									

Ek Tablo 2'in devamı

Profil No	Derinlik	N (%)	C _{ORG} (%)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)	C/N	Amonyum (mg_kg)	Nitrat (mg_kg)	Alanin (mg_kg)	Glisin (mg_kg)	Lösin (mg_kg)	Glutamin (mg_kg)	Asparagin (mg_kg)	Aspartik Asit (mg_kg)	Glutamik Asit (mg_kg)	Histidin (mg_kg)	Arginin (mg_kg)
127	0-5	0.39	7.36	0.92	17.27	18.86	4.56	2.43	0.096	0.211	0.196	0.255	0.104	0.256	0.082	0.145	0.136
	5-15	0.27	4.33	1.35	21.23	16.02	2.64	1.88									
	15-30	0.19	2.70	2.37	34.15	14.22	2.17	1.66									
128	0-5	0.66	10.66	0.89	14.36	16.15	5.03	1.98	0.187	0.056	0.080	0.092	0.065	0.069	0.078	0.117	0.055
	5-15	0.60	8.19	2.00	27.12	13.65	4.11	1.42									
	15-30	0.50	6.42	1.74	22.29	12.84	2.75	1.16									
129	0-5	0.34	5.13	0.67	12.92	15.09	2.71	2.42	0.128	0.174	0.141	0.092	0.169	0.270	0.166	0.048	0.098
	5-15	0.27	4.73	2.32	32.30	17.53	2.52	1.82									
	15-30	0.16	2.10	1.72	22.46	13.14	1.80	1.53									
130	0-5	0.17	3.07	0.90	16.50	18.07	4.09	4.33	0.135	0.162	0.161	0.134	0.099	0.162	0.181	0.138	0.152
	5-15	0.11	0.97	1.07	9.33	8.81	1.92	1.92									
	15-30	0.09	1.69	1.45	27.54	18.77	1.69	1.35									
131	0-5	0.20	4.38	0.56	12.63	21.92	2.10	1.77	0.164	0.136	0.172	0.140	0.211	0.145	0.143	0.155	0.071
	5-15	0.13	2.68	0.77	15.81	20.62	1.80	1.48									
	15-30	0.10	2.01	0.96	19.91	20.10	1.07	1.17									
132	0-5	0.30	5.21	1.09	19.19	17.37	2.57	1.96	0.217	0.200	0.163	0.085	0.134	0.125	0.058	0.145	0.115
	5-15	0.25	4.47	1.35	24.03	17.88	1.99	1.52									
	15-30	0.16	3.15	1.64	31.70	19.69	1.67	1.43									
133	0-5	0.17	1.11	0.64	4.17	6.54	2.39	1.79	0.085	0.101	0.136	0.230	0.197	0.145	0.211	0.120	0.086
	5-15	0.11	1.86	1.02	16.63	16.91	1.69	1.46									
	15-30	0.10	2.63	1.52	39.94	26.30	1.40	1.40									

Ek Tablo 3. Kök Örnekleri Laboratuvar Analiz Sonuçları

Profil No	Kütle (t/ha)				Azot ve Karbon (%)						C/N Oranı			Azot ve Karbon (t/ha)								
	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	Toplam	Azot			Karbon			0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	Azot			Karbon			Toplam		
					0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm				0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	N	C				
1	4.20	3.61	4.63	12.44	0.82	0.56	0.34	27.97	24.37	29.42	34.10	43.52	86.52	0.035	0.020	0.016	1.17	0.88	1.36	0.071	3.42	
2	5.44	4.60	1.40	11.45	0.74	0.50	0.35	24.89	26.37	16.61	33.64	52.74	47.45	0.040	0.023	0.004	1.35	1.21	0.23	0.068	2.80	
3	2.24	1.49	3.30	7.03	0.90	0.47	0.36	28.58	30.82	30.82	31.76	65.58	85.62	0.020	0.007	0.012	0.64	0.46	1.02	0.039	2.12	
4	4.91	2.52	2.55	9.98	0.84	0.44	0.37	25.04	29.99	29.94	29.81	68.16	80.92	0.041	0.011	0.009	1.23	0.76	0.76	0.062	2.75	
5	5.04	3.11	1.34	9.49	0.71	0.40	0.37	24.35	27.47	30.23	34.29	68.66	81.70	0.036	0.013	0.005	1.23	0.85	0.40	0.053	2.49	
6	4.73	1.59	7.84	14.15	0.68	0.52	0.36	28.58	27.20	31.30	42.04	52.31	86.94	0.032	0.008	0.028	1.35	0.43	2.45	0.068	4.24	
7	6.72	2.52	4.07	13.31	0.63	0.40	0.31	28.30	26.92	31.99	44.92	67.29	103.19	0.042	0.010	0.012	1.90	0.68	1.30	0.065	3.88	
8	4.48	1.56	3.64	9.67	0.68	0.44	0.32	27.20	30.78	24.70	40.01	69.94	77.20	0.030	0.007	0.012	1.22	0.48	0.90	0.049	2.60	
9	7.43	2.77	12.00	22.21	0.65	0.42	0.32	28.85	32.18	32.73	44.38	76.62	102.27	0.048	0.012	0.039	2.14	0.89	3.93	0.098	6.96	
10	4.14	1.90	2.55	8.58	0.90	0.40	0.24	29.42	27.75	27.32	32.69	69.38	113.84	0.037	0.008	0.006	1.22	0.53	0.70	0.051	2.44	
11	5.97	4.04	7.53	17.54	0.65	0.42	0.27	26.27	30.51	29.97	40.42	72.65	110.98	0.039	0.017	0.021	1.57	1.23	2.26	0.076	5.06	
12	9.70	3.61	11.29	24.60	0.60	0.42	0.19	22.51	33.28	30.70	37.52	79.23	161.60	0.058	0.015	0.022	2.18	1.20	3.47	0.095	6.85	
13	5.82	4.70	3.92	14.43	0.61	0.45	0.42	24.99	27.47	32.63	40.97	61.03	77.70	0.036	0.021	0.016	1.45	1.29	1.28	0.073	4.02	
14	4.67	2.64	0.90	8.21	0.81	0.68	0.61	26.70	26.68	27.80	32.97	39.23	45.57	0.038	0.018	0.006	1.25	0.71	0.25	0.061	2.20	
15	2.89	0.56	5.50	8.96	0.74	0.52	0.31	26.42	26.04	27.61	35.70	50.07	89.06	0.021	0.003	0.017	0.76	0.15	1.52	0.041	2.43	
16	4.04	3.20	11.94	19.19	0.77	0.40	0.29	26.25	29.61	34.20	34.09	74.02	117.94	0.031	0.013	0.035	1.06	0.95	4.08	0.079	6.09	
17	9.27	4.67	7.59	21.52	0.69	0.61	0.37	27.11	32.73	32.32	39.29	53.65	87.36	0.064	0.029	0.028	2.51	1.53	2.45	0.121	6.49	
18	6.16	3.08	5.54	14.77	0.81	0.60	0.36	28.01	28.85	31.61	34.58	48.08	87.80	0.050	0.018	0.020	1.73	0.89	1.75	0.088	4.36	
19	6.19	3.02	4.01	13.22	0.69	0.47	0.31	26.11	30.80	33.28	37.84	65.53	107.34	0.043	0.014	0.012	1.62	0.93	1.34	0.069	3.88	
20	6.66	3.67	13.22	23.54	0.77	0.47	0.24	29.04	30.23	28.77	37.71	64.31	119.90	0.052	0.017	0.032	1.93	1.11	3.80	0.101	6.85	
21	6.28	3.11	5.91	15.30	0.55	0.27	0.18	26.66	31.70	30.42	48.47	117.42	168.99	0.034	0.009	0.010	1.67	0.99	1.80	0.054	4.46	
22	3.89	2.27	8.65	14.80	0.58	0.32	0.21	27.85	31.61	29.87	48.01	98.78	142.24	0.023	0.007	0.018	1.08	0.72	2.58	0.048	4.38	
23	10.89	7.12	8.55	26.56	0.60	0.39	0.27	28.87	29.13	29.32	48.12	74.70	108.60	0.065	0.028	0.023	3.14	2.07	2.51	0.116	7.73	
24	5.10	1.24	1.96	8.30	0.77	0.60	0.36	28.68	31.80	31.89	37.25	53.00	88.60	0.040	0.007	0.007	1.46	0.40	0.62	0.054	2.48	
25	8.86	4.07	7.68	20.62	0.55	0.34	0.18	25.73	35.20	36.30	46.78	103.54	201.66	0.049	0.014	0.014	2.28	1.43	2.79	0.076	6.50	
26	2.89	2.46	3.73	9.08	0.66	0.52	0.42	31.61	30.78	32.18	47.89	59.18	76.62	0.019	0.013	0.016	0.91	0.76	1.20	0.047	2.87	
27	4.91	2.61	6.90	14.43	0.58	0.32	0.24	30.97	29.13	33.92	53.39	91.04	141.33	0.029	0.008	0.017	1.52	0.76	2.34	0.054	4.62	

Ek Tablo 3'ün devamı

Profil No	Kütle (t/ha)				Azot ve Karbon (%)						C/N Oranı			Azot ve Karbon (t/ha)									
	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	Toplam	Azot			Karbon			0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	Azot			Karbon			Toplam			
					0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm				0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	N	C		
28	5.63	2.30	2.33	10.26	0.77	0.44	0.37	28.87	30.25	31.89	37.49	68.75	86.20	0.044	0.010	0.009	1.63	0.70	0.74	0.062	3.07		
29	3.42	1.34	0.47	5.23	0.55	0.34	0.32	30.97	31.35	30.16	56.30	92.20	94.24	0.019	0.005	0.001	1.06	0.42	0.14	0.025	1.62		
30	2.99	2.15	8.93	14.06	0.74	0.55	0.47	25.63	32.28	24.35	34.64	58.68	51.80	0.022	0.012	0.042	0.77	0.69	2.17	0.076	3.63		
31	4.04	2.52	11.45	18.01	0.71	0.47	0.32	29.61	28.94	34.20	41.70	61.58	106.89	0.029	0.012	0.037	1.20	0.73	3.91	0.077	5.84		
32	5.01	2.77	3.86	11.63	0.66	0.36	0.34	32.92	34.20	34.73	49.88	95.01	102.14	0.033	0.010	0.013	1.65	0.95	1.34	0.056	3.93		
33	4.91	1.15	3.11	9.18	0.68	0.50	0.37	30.70	32.54	35.01	45.15	65.07	94.63	0.033	0.006	0.012	1.51	0.37	1.09	0.051	2.97		
34	4.76	5.60	8.21	18.57	0.77	0.50	0.36	31.63	33.54	34.18	41.08	67.07	94.95	0.037	0.028	0.029	1.51	1.88	2.81	0.094	6.19		
35	4.11	4.39	5.26	13.75	0.61	0.44	0.24	34.75	33.18	33.82	56.97	75.41	140.93	0.025	0.019	0.013	1.43	1.46	1.78	0.057	4.66		
36	5.35	2.55	4.17	12.07	0.76	0.44	0.34	30.51	32.35	33.73	40.15	73.52	99.20	0.041	0.011	0.014	1.63	0.82	1.41	0.066	3.86		
37	4.57	1.68	7.74	14.00	0.81	0.53	0.29	27.23	31.99	32.35	33.61	60.36	111.54	0.037	0.009	0.023	1.24	0.54	2.50	0.068	4.29		
38	6.41	2.58	4.60	13.59	0.60	0.53	0.37	29.87	36.04	37.78	49.78	68.00	102.10	0.038	0.014	0.017	1.91	0.93	1.74	0.069	4.58		
39	3.76	2.49	2.27	8.52	0.58	0.31	0.29	30.06	36.59	36.37	51.83	118.02	125.42	0.022	0.008	0.007	1.13	0.91	0.83	0.036	2.87		
40	5.82	1.28	8.15	15.24	0.66	0.36	0.18	31.23	34.85	34.11	47.31	96.80	189.49	0.038	0.005	0.014	1.82	0.44	2.78	0.057	5.04		
41	10.20	1.65	1.40	13.25	0.73	0.34	0.26	27.04	32.08	29.13	37.04	94.37	112.05	0.074	0.006	0.004	2.76	0.53	0.41	0.083	3.69		
42	9.52	2.18	17.57	29.27	0.53	0.32	0.19	28.58	36.23	40.06	53.93	113.21	210.85	0.051	0.007	0.034	2.72	0.79	7.04	0.092	10.55		
43	9.02	2.18	9.24	20.43	0.48	0.37	0.29	28.89	33.30	36.87	60.20	90.00	127.14	0.044	0.008	0.027	2.61	0.72	3.41	0.079	6.74		
44	9.39	3.48	7.31	20.18	0.58	0.34	0.32	29.09	30.59	29.23	50.15	89.96	91.34	0.055	0.012	0.024	2.73	1.07	2.14	0.090	5.93		
45	4.98	2.89	7.84	15.71	0.68	0.42	0.32	27.68	31.23	32.71	40.71	74.36	102.20	0.034	0.012	0.025	1.38	0.90	2.56	0.071	4.84		
46	3.76	2.30	2.67	8.74	0.92	0.50	0.44	28.42	29.54	26.13	30.89	59.08	59.39	0.035	0.012	0.012	1.07	0.68	0.70	0.058	2.45		
47	6.84	1.28	3.17	11.29	0.68	0.48	0.29	25.78	23.01	31.75	37.91	47.95	109.49	0.046	0.006	0.009	1.76	0.29	1.01	0.062	3.06		
48	4.01	2.11	9.42	15.55	0.73	0.45	0.29	23.75	30.28	31.75	32.54	67.28	109.49	0.029	0.010	0.027	0.95	0.64	2.99	0.066	4.59		
49	5.26	1.09	3.79	10.14	0.66	0.44	0.37	28.59	28.35	33.87	43.31	64.43	91.55	0.035	0.005	0.014	1.50	0.31	1.29	0.054	3.10		
50	5.01	2.21	19.22	26.44	0.68	0.45	0.23	28.09	30.28	33.59	41.30	67.28	146.03	0.034	0.010	0.043	1.41	0.67	6.46	0.087	8.53		
51	5.01	4.54	11.45	20.99	0.74	0.29	0.23	19.99	24.11	26.51	27.01	83.14	115.28	0.037	0.013	0.026	1.00	1.09	3.03	0.076	5.13		
52	5.63	2.86	8.65	17.14	0.77	0.36	0.13	23.30	29.54	32.75	30.26	82.05	251.95	0.044	0.010	0.011	1.31	0.85	2.83	0.065	4.99		
53	8.40	2.30	5.94	16.64	0.68	0.37	0.29	22.23	21.18	19.70	32.69	57.25	67.95	0.057	0.009	0.017	1.87	0.49	1.17	0.083	3.52		
54	4.01	2.08	7.93	14.03	0.55	0.36	0.21	22.75	29.37	29.54	41.37	81.59	140.66	0.022	0.007	0.017	0.91	0.61	2.34	0.046	3.87		

Ek Tablo 3'ün devamı

Profil No	Kütle (t/ha)				Azot ve Karbon (%)						C/N Oranı			Azot ve Karbon (t/ha)									
	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	Toplam	Azot			Karbon			0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	Azot			Karbon			Toplam			
					0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm				0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	N	C		
55	4.11	3.17	16.73	24.01	0.56	0.31	0.23	27.51	31.11	34.97	49.13	100.36	152.03	0.023	0.010	0.038	1.13	0.99	5.85	0.071	7.97		
56	6.47	2.30	5.29	14.06	0.68	0.44	0.32	25.23	31.40	31.37	37.10	71.35	98.04	0.044	0.010	0.017	1.63	0.72	1.66	0.071	4.01		
57	2.36	2.71	13.00	18.07	0.60	0.44	0.32	22.01	29.44	32.94	36.69	66.92	102.95	0.014	0.012	0.042	0.52	0.80	4.28	0.068	5.60		
58	5.01	2.95	3.48	11.45	0.53	0.34	0.21	25.04	26.70	27.16	47.24	78.54	129.32	0.027	0.010	0.007	1.25	0.79	0.95	0.044	2.99		
59	4.60	3.86	10.26	18.72	0.53	0.39	0.23	22.40	28.18	26.61	42.25	72.26	115.69	0.025	0.015	0.023	1.03	1.09	2.73	0.063	4.85		
60	6.00	3.98	11.69	21.68	0.69	0.58	0.26	21.66	21.73	25.61	31.39	37.46	98.50	0.042	0.023	0.030	1.30	0.86	2.99	0.095	5.16		
61	5.54	1.56	12.38	19.47	0.63	0.40	0.24	26.51	24.40	31.21	42.09	60.99	130.02	0.035	0.006	0.030	1.47	0.38	3.86	0.071	5.71		
62	5.60	4.54	5.07	15.21	0.63	0.36	0.29	25.87	28.18	30.28	41.07	78.28	104.40	0.035	0.016	0.015	1.45	1.28	1.53	0.066	4.26		
63	5.07	2.80	4.20	12.07	0.50	0.31	0.27	26.44	28.54	33.97	52.89	92.06	125.81	0.025	0.009	0.012	1.34	0.80	1.43	0.045	3.57		
64	8.71	6.25	16.17	31.13	0.52	0.47	0.24	22.75	24.97	23.47	43.75	53.12	97.78	0.045	0.029	0.039	1.98	1.56	3.80	0.113	7.34		
65	6.00	1.43	3.30	10.73	0.60	0.34	0.21	24.01	25.61	29.09	40.02	75.32	138.51	0.036	0.005	0.007	1.44	0.37	0.96	0.048	2.77		
66	4.26	0.78	4.01	9.05	0.77	0.44	0.36	19.51	27.09	24.94	25.34	61.56	69.29	0.033	0.003	0.014	0.83	0.21	1.00	0.051	2.04		
67	6.50	2.49	0.78	9.77	0.42	0.31	0.19	20.75	27.16	24.87	49.41	87.60	130.90	0.027	0.008	0.002	1.35	0.68	0.19	0.036	2.22		
68	3.86	1.62	1.18	6.66	0.68	0.65	0.52	28.09	26.06	24.94	41.30	40.10	47.97	0.026	0.010	0.006	1.08	0.42	0.29	0.043	1.80		
69	5.85	3.42	1.99	11.26	0.55	0.36	0.34	24.20	31.94	26.70	44.01	88.73	78.54	0.032	0.012	0.007	1.42	1.09	0.53	0.051	3.04		
70	3.79	0.93	5.07	9.80	0.66	0.34	0.31	25.23	28.11	29.73	38.23	82.68	95.90	0.025	0.003	0.016	0.96	0.26	1.51	0.044	2.73		
71	2.99	1.43	8.80	13.22	0.55	0.36	0.15	24.87	27.63	30.92	45.22	76.76	206.13	0.016	0.005	0.013	0.74	0.40	2.72	0.034	3.86		
72	2.61	2.86	3.05	8.52	0.74	0.39	0.23	22.73	30.21	30.85	30.71	77.45	134.12	0.019	0.011	0.007	0.59	0.86	0.94	0.037	2.40		
73	4.54	3.08	2.27	9.89	0.73	0.61	0.36	27.06	29.28	30.92	37.07	47.99	85.89	0.033	0.019	0.008	1.23	0.90	0.70	0.060	2.83		
74	3.73	2.05	2.77	8.55	0.66	0.44	0.19	23.85	30.66	30.37	36.13	69.68	159.85	0.025	0.009	0.005	0.89	0.63	0.84	0.039	2.36		
75	2.61	1.24	6.28	10.14	0.53	0.23	0.13	22.92	29.47	29.28	43.24	128.12	225.20	0.014	0.003	0.008	0.60	0.37	1.84	0.025	2.80		
76	2.58	1.80	5.47	9.86	0.74	0.55	0.37	21.63	26.16	25.23	29.23	47.56	68.19	0.019	0.010	0.020	0.56	0.47	1.38	0.049	2.41		
77	3.45	0.40	6.90	10.76	0.66	0.37	0.19	24.40	26.90	28.90	36.96	72.69	152.08	0.023	0.002	0.013	0.84	0.11	2.00	0.038	2.95		
78	4.73	2.36	3.73	10.82	0.50	0.37	0.34	24.97	26.80	24.97	49.93	72.43	73.43	0.024	0.009	0.013	1.18	0.63	0.93	0.045	2.75		
79	5.82	0.84	4.79	11.45	0.53	0.32	0.18	24.78	28.73	30.92	46.75	89.78	171.78	0.031	0.003	0.009	1.44	0.24	1.48	0.042	3.16		
80	7.06	3.39	7.43	17.88	0.55	0.39	0.24	24.23	27.35	29.44	44.05	70.12	122.68	0.039	0.013	0.018	1.71	0.93	2.19	0.070	4.83		
81	5.13	2.95	4.88	12.97	0.50	0.26	0.11	26.97	30.66	33.32	53.93	117.91	302.95	0.026	0.008	0.006	1.38	0.91	1.63	0.039	3.92		

Ek Tablo 3'ün devamı

Profil No	Kütle (t/ha)				Azot ve Karbon (%)						C/N Oranı			Azot ve Karbon (t/ha)									
	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	Toplam	Azot			Karbon			0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	Azot			Karbon			Toplam			
					0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm				0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	N	C		
82	4.11	3.58	6.22	13.90	0.55	0.27	0.23	25.68	29.92	31.66	46.69	110.81	137.64	0.023	0.010	0.014	1.05	1.07	1.97	0.046	4.09		
83	3.79	2.64	10.73	17.17	0.63	0.44	0.31	26.13	31.94	30.11	41.48	72.60	97.13	0.024	0.012	0.033	0.99	0.84	3.23	0.068	5.07		
84	4.79	3.11	13.44	21.34	0.65	0.34	0.19	24.78	29.92	34.71	38.12	88.00	182.66	0.031	0.011	0.026	1.19	0.93	4.66	0.067	6.78		
85	5.78	3.73	6.41	15.92	0.53	0.45	0.37	23.04	28.99	26.70	43.47	64.42	72.18	0.031	0.017	0.024	1.33	1.08	1.71	0.071	4.13		
86	6.28	2.80	18.97	28.05	0.58	0.48	0.23	27.94	31.61	33.56	48.17	65.85	145.92	0.037	0.014	0.043	1.76	0.88	6.37	0.093	9.01		
87	4.26	1.80	2.24	8.30	0.66	0.36	0.24	28.30	31.89	31.54	42.88	88.59	131.40	0.028	0.006	0.005	1.21	0.58	0.71	0.040	2.49		
88	4.11	1.12	0.00	5.23	0.56	0.31	0.22	22.42	27.75	33.56	40.03	89.52	152.55	0.023	0.003	0.004	0.92	0.31	0.00	0.027	1.23		
89	2.77	6.38	2.18	11.32	0.52	0.29	0.18	26.11	30.35	31.08	50.21	104.64	172.69	0.014	0.019	0.004	0.72	1.94	0.68	0.037	3.33		
90	6.31	2.11	11.01	19.44	0.47	0.31	0.19	29.97	27.30	30.23	63.76	88.06	159.09	0.030	0.006	0.021	1.89	0.58	3.33	0.057	5.80		
91	6.62	3.17	1.83	11.63	0.60	0.44	0.32	29.97	31.54	26.56	49.94	71.67	83.00	0.040	0.014	0.006	1.99	1.00	0.49	0.059	3.47		
92	6.38	1.28	5.10	12.75	0.65	0.34	0.23	24.18	23.42	30.06	37.20	68.87	130.70	0.041	0.004	0.012	1.54	0.30	1.53	0.057	3.37		
93	4.63	2.52	10.26	17.42	0.66	0.40	0.37	21.42	28.49	29.42	32.45	71.22	79.51	0.031	0.010	0.038	0.99	0.72	3.02	0.079	4.73		
94	5.32	2.52	5.75	13.59	0.65	0.39	0.23	24.35	26.49	30.89	37.46	67.92	134.32	0.034	0.010	0.013	1.29	0.67	1.78	0.057	3.74		
95	4.51	2.24	11.26	18.01	0.47	0.42	0.19	24.66	26.27	31.08	52.46	62.56	163.60	0.021	0.009	0.022	1.11	0.59	3.50	0.052	5.20		
96	6.34	2.08	6.69	15.12	0.55	0.34	0.23	25.82	28.68	26.56	46.95	84.35	115.48	0.035	0.007	0.015	1.64	0.60	1.78	0.057	4.01		
97	3.95	2.11	5.01	11.07	0.55	0.39	0.21	25.56	25.46	28.97	46.47	65.29	137.93	0.022	0.008	0.011	1.01	0.54	1.45	0.040	3.00		
98	4.79	2.83	8.52	16.14	0.69	0.44	0.26	21.94	27.78	19.00	31.79	63.15	73.08	0.033	0.012	0.022	1.05	0.79	1.62	0.068	3.46		
99	7.93	5.82	8.49	22.24	0.66	0.34	0.29	23.22	33.82	31.43	35.17	99.48	108.38	0.052	0.020	0.025	1.84	1.97	2.67	0.097	6.48		
100	5.69	3.27	5.22	14.18	0.71	0.32	0.31	25.77	28.97	22.74	36.30	90.53	73.36	0.040	0.011	0.016	1.47	0.95	1.19	0.067	3.60		
101	4.57	1.93	10.29	16.79	0.55	0.21	0.13	22.93	33.18	28.23	41.69	158.01	217.19	0.025	0.004	0.013	1.05	0.64	2.91	0.042	4.59		
102	5.72	1.18	1.28	8.18	0.63	0.32	0.21	24.30	31.64	33.04	38.58	98.89	157.34	0.036	0.004	0.003	1.39	0.37	0.42	0.043	2.19		
103	4.32	1.03	5.88	11.23	0.55	0.24	0.23	26.34	32.26	29.99	47.89	134.41	130.38	0.024	0.002	0.013	1.14	0.33	1.76	0.039	3.23		
104	3.23	1.83	8.09	13.16	0.52	0.29	0.21	30.18	29.92	33.47	58.03	103.16	159.37	0.017	0.005	0.017	0.98	0.55	2.71	0.039	4.23		
105	3.17	2.89	1.99	8.06	0.50	0.32	0.15	22.58	30.74	31.27	45.15	96.08	208.43	0.016	0.009	0.003	0.72	0.89	0.62	0.028	2.23		
106	3.08	0.68	2.24	6.00	0.47	0.21	0.16	23.12	25.77	30.70	49.19	122.72	191.86	0.014	0.001	0.004	0.71	0.18	0.69	0.019	1.58		
107	3.39	1.87	18.82	24.07	0.60	0.36	0.21	25.80	25.13	25.49	42.99	69.81	121.37	0.020	0.007	0.039	0.87	0.47	4.80	0.066	6.14		
108	8.99	2.52	2.89	14.40	0.65	0.50	0.36	21.77	25.77	25.18	33.49	51.54	69.95	0.058	0.013	0.010	1.96	0.65	0.73	0.081	3.33		

Ek Tablo 3'ün devamı

Profil No	Kütle (t/ha)				Azot ve Karbon (%)						C/N Oranı			Azot ve Karbon (t/ha)								
	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	Toplam	Azot			Karbon			0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	Azot			Karbon			Toplam		
					0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm				0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	N	C	
109	8.12	4.32	2.86	15.30	0.73	0.52	0.32	25.04	22.58	30.72	34.30	43.42	96.00	0.059	0.022	0.009	2.03	0.98	0.88	0.091	3.89	
110	2.95	1.65	4.73	9.33	0.50	0.37	0.24	28.05	27.48	26.51	56.09	74.26	110.44	0.015	0.006	0.011	0.83	0.45	1.25	0.032	2.53	
111	4.35	3.05	3.79	11.20	0.68	0.39	0.23	22.48	25.49	31.36	33.06	65.35	136.35	0.030	0.012	0.009	0.98	0.78	1.19	0.050	2.95	
112	5.69	3.45	3.89	13.03	0.65	0.52	0.32	24.94	25.30	31.34	38.37	48.65	97.93	0.037	0.018	0.013	1.42	0.87	1.22	0.067	3.51	
113	4.23	2.46	2.77	9.46	0.50	0.23	0.16	29.80	26.60	25.32	59.59	115.66	158.26	0.021	0.006	0.004	1.26	0.65	0.70	0.031	2.61	
114	3.86	1.62	12.60	18.07	0.66	0.42	0.19	24.49	31.22	31.88	37.11	74.33	167.79	0.026	0.007	0.024	0.94	0.50	4.02	0.057	5.47	
115	9.95	5.75	8.49	24.20	0.61	0.27	0.21	25.96	27.15	25.58	42.56	100.54	121.82	0.061	0.016	0.018	2.58	1.56	2.17	0.095	6.32	
116	8.77	1.49	1.65	11.91	0.47	0.44	0.18	23.57	26.60	25.77	50.15	60.46	143.18	0.041	0.007	0.003	2.07	0.40	0.42	0.050	2.89	
117	10.08	2.99	6.97	20.03	0.55	0.29	0.30	27.60	29.42	40.94	50.17	101.44	136.46	0.055	0.009	0.021	2.78	0.88	2.85	0.085	6.51	
118	2.95	1.65	21.86	26.47	0.48	0.29	0.13	24.85	30.98	29.61	51.77	106.83	227.75	0.014	0.005	0.028	0.73	0.51	6.47	0.047	7.72	
119	9.17	5.01	13.37	27.56	0.61	0.42	0.34	23.45	29.51	37.02	38.45	70.27	108.88	0.056	0.021	0.045	2.15	1.48	4.95	0.123	8.58	
120	5.47	2.21	3.86	11.54	0.60	0.37	0.31	26.41	29.70	32.09	44.02	80.28	103.53	0.033	0.008	0.012	1.45	0.66	1.24	0.053	3.34	
121	3.89	1.62	3.73	9.24	0.66	0.36	0.19	26.25	31.71	34.18	39.77	88.10	179.88	0.026	0.006	0.007	1.02	0.51	1.28	0.039	2.81	
122	2.33	0.65	0.96	3.95	0.52	0.34	0.31	29.32	34.01	29.89	56.39	100.03	96.43	0.012	0.002	0.003	0.68	0.22	0.29	0.017	1.19	
123	8.74	2.11	7.74	18.60	0.68	0.32	0.19	29.06	32.07	35.93	42.74	100.22	189.10	0.059	0.007	0.015	2.54	0.68	2.78	0.081	6.00	
124	5.10	3.64	4.73	13.47	0.50	0.31	0.21	28.23	31.98	32.26	56.47	103.15	153.62	0.026	0.011	0.010	1.44	1.16	1.53	0.047	4.13	
125	2.77	1.03	1.59	5.38	0.45	0.40	0.37	25.04	33.28	37.85	55.64	83.19	102.29	0.013	0.004	0.006	0.69	0.34	0.60	0.023	1.63	
126	3.36	0.84	8.21	12.41	0.52	0.32	0.21	26.96	32.99	33.18	51.84	103.10	158.01	0.017	0.003	0.017	0.91	0.28	2.72	0.037	3.91	
127	4.79	2.15	3.92	10.85	0.74	0.42	0.31	28.42	28.07	28.33	38.41	66.83	91.38	0.036	0.009	0.012	1.36	0.60	1.11	0.057	3.07	
128	6.87	4.70	2.46	14.03	0.61	0.37	0.24	28.47	32.78	34.15	46.67	88.60	142.31	0.042	0.017	0.006	1.96	1.54	0.84	0.066	4.34	
129	3.79	3.64	17.42	24.85	0.65	0.39	0.27	29.94	30.32	29.94	46.06	77.74	110.89	0.025	0.014	0.048	1.14	1.10	5.21	0.086	7.45	
130	4.60	4.26	13.12	21.99	0.56	0.42	0.36	32.05	31.69	32.78	57.23	75.46	91.06	0.026	0.018	0.047	1.48	1.35	4.30	0.090	7.13	
131	6.03	3.42	13.96	23.42	0.47	0.24	0.21	29.04	30.96	31.15	61.79	128.99	148.32	0.028	0.008	0.029	1.75	1.06	4.35	0.066	7.16	
132	3.02	2.43	7.12	12.57	0.53	0.37	0.32	27.41	31.31	32.24	51.71	84.63	100.74	0.016	0.009	0.023	0.83	0.76	2.30	0.048	3.88	
133	4.39	4.73	12.63	21.74	0.63	0.40	0.32	27.38	29.23	36.36	43.46	73.07	113.61	0.028	0.019	0.041	1.20	1.38	4.59	0.087	7.17	

Ek Tablo 4. Saf Doğu Ladini Meşcerelerine ait Ölü Örtü (Karbon, Azot) Analiz Sonuçları

Profil No	N (%)	C _{ORG} (%)	C/N	Kütle (t/ha)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)
1	1.15	34.71	30.29	11.52	0.132	4.00
2	0.98	35.99	36.55	11.14	0.110	4.01
3	1.16	31.71	27.29	6.98	0.081	2.21
4	1.19	34.90	29.22	10.93	0.131	3.81
5	1.11	31.88	28.63	12.29	0.137	3.92
6	1.00	32.96	32.94	8.34	0.083	2.75
7	0.95	35.26	37.03	10.75	0.102	3.79
8	1.05	34.90	33.27	10.36	0.109	3.62
9	1.08	34.62	32.01	10.56	0.114	3.65
10	1.36	35.70	26.34	9.97	0.135	3.56
11	1.26	32.89	26.13	9.37	0.118	3.08
12	1.47	36.27	24.70	9.43	0.138	3.42
13	1.28	37.64	29.52	6.74	0.086	2.54
14	1.24	35.99	28.96	5.26	0.065	1.89
15	1.31	35.16	26.90	15.18	0.198	5.34
16	1.05	32.96	31.42	10.83	0.114	3.57
17	1.36	34.62	25.53	9.66	0.131	3.34
18	1.26	31.24	24.82	12.05	0.152	3.77
19	1.11	32.07	28.80	8.23	0.092	2.64
20	1.28	37.07	29.08	9.83	0.125	3.64
21	1.18	32.16	27.30	12.88	0.152	4.14
22	1.11	35.00	31.43	10.00	0.111	3.50
23	1.21	32.99	27.25	9.15	0.111	3.02
24	1.36	38.18	28.17	11.81	0.160	4.51
25	0.92	39.01	42.40	16.87	0.155	6.58
26	1.37	34.62	25.23	11.38	0.156	3.94
27	1.21	36.27	29.96	12.97	0.157	4.71

Ek Tablo 4'ün devamı

Profil No	N (%)	C _{ORG} (%)	C/N	Kütle (t/ha)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)
28	1.03	32.70	31.66	8.62	0.089	2.82
29	1.07	33.08	31.06	16.18	0.172	5.35
30	0.89	30.60	34.47	6.92	0.061	2.12
31	0.95	31.33	32.91	10.13	0.096	3.18
32	0.97	34.07	35.19	10.31	0.100	3.51
33	1.26	33.08	26.28	7.67	0.097	2.54
34	1.34	35.16	26.25	10.16	0.136	3.57
35	1.23	31.62	25.78	11.43	0.140	3.62
36	1.03	29.87	28.92	6.75	0.070	2.02
37	1.07	34.33	32.23	7.32	0.078	2.51
38	0.94	37.55	40.11	10.06	0.094	3.78
39	1.00	34.90	34.88	13.43	0.134	4.69
40	0.95	35.44	37.22	11.60	0.110	4.11
41	1.37	35.70	26.03	9.88	0.135	3.53
42	1.02	34.90	34.32	16.66	0.169	5.81
43	1.16	27.60	23.75	7.88	0.092	2.18
44	1.16	30.60	26.34	7.81	0.091	2.39
45	1.29	31.05	24.05	14.27	0.184	4.43
46	1.34	32.16	24.01	15.42	0.207	4.96
47	1.37	28.33	20.65	8.52	0.117	2.41
48	1.05	32.26	30.75	7.20	0.076	2.32
49	0.94	29.70	31.73	7.17	0.067	2.13
50	1.16	32.99	28.39	10.15	0.118	3.35
51	1.13	31.52	27.90	10.29	0.116	3.25
52	1.29	29.52	22.86	8.83	0.114	2.61
53	1.03	27.48	26.61	8.72	0.090	2.40
54	1.16	26.96	23.21	10.47	0.122	2.82

Ek Tablo 4'ün devamı

Profil No	N (%)	C _{ORG} (%)	C/N	Kütle (t/ha)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)
55	1.13	32.42	28.70	10.46	0.118	3.39
56	1.07	33.98	31.90	11.64	0.124	3.96
57	1.05	32.99	31.44	12.85	0.135	4.24
58	0.95	25.85	27.15	4.98	0.047	1.29
59	1.08	28.78	26.62	10.59	0.115	3.05
60	1.03	27.96	27.07	11.00	0.114	3.08
61	0.94	33.79	36.10	10.78	0.101	3.64
62	0.94	31.88	34.05	8.26	0.077	2.63
63	1.15	25.57	22.31	7.94	0.091	2.03
64	1.18	30.70	26.05	9.50	0.112	2.92
65	1.03	32.80	31.75	15.48	0.160	5.08
66	1.23	31.88	25.99	17.61	0.216	5.61
67	1.13	29.23	25.87	9.03	0.102	2.64
68	1.16	31.88	27.43	14.93	0.173	4.76
69	0.84	28.88	34.41	4.72	0.040	1.36
70	1.00	32.16	32.14	8.67	0.087	2.79
71	1.16	27.79	23.92	10.30	0.120	2.86
72	1.23	31.78	25.91	12.25	0.150	3.89
73	1.03	30.25	29.28	9.77	0.101	2.96
74	1.07	31.97	30.01	21.39	0.228	6.84
75	0.98	31.88	32.38	7.60	0.075	2.42
76	1.00	30.79	30.77	8.22	0.082	2.53
77	1.21	31.33	25.89	12.25	0.148	3.84
78	1.26	24.67	19.60	7.78	0.098	1.92
79	1.24	25.41	20.44	10.62	0.132	2.70
80	1.02	29.87	29.38	14.28	0.145	4.26
81	1.05	33.79	32.21	4.67	0.049	1.58

Ek Tablo 4'ün devamı

Profil No	N (%)	C _{ORG} (%)	C/N	Kütle (t/ha)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)
82	1.19	32.99	27.62	7.62	0.091	2.51
83	1.00	31.38	31.36	15.08	0.151	4.73
84	1.31	29.26	22.38	19.05	0.249	5.57
85	1.11	31.33	28.14	11.38	0.127	3.56
86	0.81	31.15	38.59	14.52	0.117	4.52
87	1.00	30.79	30.77	11.23	0.112	3.46
88	0.98	29.42	29.88	12.46	0.123	3.67
89	0.95	29.42	30.90	11.69	0.111	3.44
90	1.00	34.90	34.88	10.65	0.107	3.72
91	1.15	32.99	28.79	12.51	0.143	4.13
92	1.13	30.79	27.25	11.28	0.127	3.47
93	0.77	28.05	36.21	17.35	0.134	4.87
94	0.82	30.25	36.75	12.19	0.100	3.69
95	0.86	32.42	37.90	14.71	0.126	4.77
96	1.00	28.31	28.29	10.88	0.109	3.08
97	0.87	30.51	35.01	18.88	0.165	5.76
98	1.16	30.51	26.25	9.57	0.111	2.92
99	0.90	29.68	32.84	14.70	0.133	4.36
100	0.94	35.16	37.56	22.26	0.208	7.83
101	0.92	29.96	32.57	17.11	0.157	5.13
102	1.23	31.07	25.33	14.68	0.180	4.56
103	1.05	28.05	26.74	12.47	0.131	3.50
104	1.16	29.78	25.62	9.91	0.115	2.95
105	0.89	27.25	30.69	7.67	0.068	2.09
106	0.92	29.42	31.98	10.55	0.097	3.10
107	0.92	29.04	31.57	7.96	0.073	2.31
108	1.28	29.73	23.32	16.22	0.207	4.82

Ek Tablo 4'ün devamı

Profil No	N (%)	C _{ORG} (%)	C/N	Kütle (t/ha)	N (t/ha)	C _{ORG} (t/ha)
109	1.08	32.18	29.76	13.77	0.149	4.43
110	0.94	22.31	23.83	12.53	0.117	2.80
111	1.18	27.22	23.11	17.68	0.208	4.81
112	1.24	27.96	22.50	21.62	0.269	6.04
113	1.03	29.96	29.01	13.36	0.138	4.00
114	1.08	30.88	28.56	10.84	0.117	3.35
115	0.95	30.06	31.57	8.28	0.079	2.49
116	0.90	28.59	31.64	9.00	0.081	2.57
117	0.74	27.77	37.40	10.89	0.081	3.02
118	0.84	28.17	33.56	6.95	0.058	1.96
119	1.00	28.31	28.29	15.04	0.151	4.26
120	1.21	28.95	23.91	11.79	0.143	3.41
121	1.11	28.69	25.76	16.72	0.186	4.80
122	0.84	28.59	34.07	10.40	0.087	2.97
123	0.84	23.30	27.76	8.18	0.069	1.91
124	1.03	21.72	21.03	7.16	0.074	1.56
125	1.08	27.41	25.35	7.83	0.085	2.15
126	1.02	26.30	25.87	7.55	0.077	1.99
127	1.05	27.32	26.04	7.95	0.083	2.17
128	1.05	26.68	25.43	8.25	0.087	2.20
129	1.21	27.41	22.65	7.78	0.094	2.13
130	1.08	29.61	27.38	8.01	0.087	2.37
131	0.73	24.77	34.10	10.45	0.076	2.59
132	1.10	27.86	25.39	9.64	0.106	2.69
133	1.13	27.41	24.26	6.46	0.073	1.77

ÖZGEÇMİŞ

Ortaöğretimini Çine Lisesi'nde tamamladı ve 2009 yılında mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümünü kazandı, 2009-2010 Eğitim-Öğretim Yılında KTÜ Milli Piyango Yabancı Diller Bölümü'nde İngilizce hazırlık eğitimi aldı. Lisans öğrenimini 2014 yılında tamamlayarak Orman Mühendisi unvanını aldı. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlmi ve Ekolojisi Bilim Dalı'na Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2017 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamlayarak orman yüksek mühendisi ünvanını kazandı. 2017 yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Toprak İlmi ve Ekolojisi Bilim Dalı'nda doktora öğrenimine başladı. Yüksek lisans ve doktora öğrenimi süresince 3 bilimsel makale, 6 bildiri yayımladı; ayrıca TÜBİTAK tarafından desteklenen bir projede araştırmacı olarak görev aldı. Görevine halen aynı bölümde devam eden GENÇ, evli ve bir çocuk annesidir.