

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SAPSIZ MEŞE (BALLIK MEŞESİ)'DE BAZI FİZYOLOJİK VE
MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİN YÜKSELTİYE BAĞLI DEĞİŞİMİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat Sabri SADIKLAR

Artvin-2015

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SAPSIZ MEŞE (BALLIK MEŞESİ)'DE BAZI FİZYOLOJİK VE
MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİN YÜKSELTİYE BAĞLI DEĞİŞİMİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat Sabri SADIKLAR

**Danışman
Prof. Dr. Fahrettin TİLKİ**

Artvin-2015

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAPSIZ MEŞE (BALLIK MEŞESİ)'DE BAZI FİZYOLOJİK VE MORFOLOJİK
ÖZELLİKLERİN YÜKSELTİYE BAĞLI DEĞİŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Murat Sabri SADIKLAR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26/12/2014

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 13/01/2015

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fahrettin TİLKİ

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Aşkın GÖKTÜRK

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Melahat ÖZCAN

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, AÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../..... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

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

Doç. Dr. Turan SÖNMEZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Sapsız Meşe (Ballık Meşesi)’de Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Özelliklerin Yükseltiye Bağlı Değişiminin Araştırılması” adlı bu çalışma Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek, çalışmalarımın her aşamasında yorum, katkı ve ilgilerini benden esirgemeyen ve engin bilgilerinden yararlandığım saygı değer Hocam tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Fahrettin TİLKİ’ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, çalışmalarına katkı sağlayan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi’nin değerli öğretim üyelerinden Sn.Yrd. Doç. Dr. Aşkın GÖKTÜRK ve Sn. Yrd. Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK Hocalarıma da destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Yine çalışmam esnasında bir çok çalışmayı birlikte yaptığımız Arş. Gör. Fatih BAYRAKTAR’a ve çeşitli konularda desteklerini gördüğüm Orman Mühendisliği Bölümü’ndeki değerli arkadaşlarım, Arş. Gör. Nadir ERSEN, Arş. Gör. Ahmet DUMAN, Arş. Gör. Mustafa ACAR ve Arş. Gör. Can VATANDAŞLAR’a ve Biyoloji Bölümü’nden Arş. Gör. Mehmet DEMİRALAY’a çok teşekkür ederim.

Uzun çalışma dönemim boyunca yeterince zaman ayıramadığım kızıma ve değerli eşime anlayışları ve destekleri için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Murat Sabri SADIKLAR

Artvin - 2015

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	V
SUMMARY	VI
TABLolar DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
KISALTMALAR / SİMGELER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çeşitli Orografik (Topografik) Faktörlerin Bitkiler Üzerine Etkileri	1
1.3. C, H, N ve S Minerallerinin Bitki Fizyolojisi ve Morfolojisi Üzerine Etkileri ..	11
1.4. Sapsız Meşenin (<i>Quercus petraea</i> (Mattuschka) Liebl.) Genel Özellikleri.....	11
1.5. Çalışmanın Amacı	13
2. MATERYAL ve METOD	15
2.1. Deneme Alanlarının Genel Tanıtımı	15
2.1.1. Mevki ve Zaman	15
2.1.2. İklim	16
2.1.3. Bitki Örtüsü.....	21
2.1.4. Jeolojik Yapı	21
2.2. Yapılan Ölçümler	22
2.2.1. Ağaçlarda Çap, Boy, Tepe Çatısı Ölçümleri.....	22
2.2.2. Toprak Analizleri	23
2.2.2.1. Mekanik (Tekstür) Analiz	23
2.2.2.2. Toprak Reaksiyonu (pH).....	24
2.2.2.3. Toprak N, C, H, S İçeriği	25
2.2.2.4. Toprak Organik Maddesi Ölçümleri	25
2.2.3. Bitki Gaz Değişimi Ölçümleri	26
2.2.4. Yaprak Su Potansiyeli Ölçümleri.....	29
2.2.5. Yaprak Genel Karakteristiği Analizleri	30

2.2.5.1. Toplam Klorofil İçeriği (SPAD)	30
2.2.5.2. Kuru Ağırlık, SLA, LMA, LDMC Ölçümleri.....	32
2.2.5.3. Yaprakta Boy, En, Alan Ölçümleri	34
2.2.5.4. Yaprak % N, C, H, S İçeriği	35
2.2.6. İstatistiksel Analizler.....	36
3. BULGULAR.....	37
3.1. Ağaçlarda Çap, Boy, Tepe Çatısına İlişkin Bulgular	37
3.2. Toprak Analizlerine İlişkin Bulgular	37
3.2.1. Mekanik (Tekstür) Analizine İlişkin Bulgular	37
3.2.2. Toprak Reaksiyonuna (pH) İlişkin Bulgular	38
3.2.3. Toprak N, C, H, S İçeriğine İlişkin Bulgular	38
3.2.4. Toprak Organik Maddesine (%) İlişkin Bulgular	39
3.3. Bitki Gaz Değişimlerine İlişkin Bulgular	39
3.3.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Bulgular	39
3.3.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Bulgular.....	45
3.4. Bitki Su Potansiyeline İlişkin Bulgular	51
3.4.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Bulgular	52
3.4.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Bulgular.....	53
3.5.Yaprak Genel Karakteristiği Analizlerine İlişkin Bulgular	54
3.5.1. Toplam Klorofil İçeriğine (SPAD) İlişkin Bulgular	54
3.5.1.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Bulgular	54
3.5.1.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Bulgular.....	57
3.5.2. Kuru Ağırlık, SLA, LMA, LDMC Ölçümlerine İlişkin Bulgular.....	58
3.5.2.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Bulgular	58
3.5.2.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Bulgular.....	62
3.5.3. Yaprakta Alan, Genişlik, Uzunluk ve Oran Faktörü Ölçümlerine İlişkin Bulgular.....	66
3.5.3.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Bulgular	66
3.5.3.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Bulgular.....	70
3.5.4. Yaprak % N, C, H, S İçeriğine İlişkin Bulgular.....	73
3.5.4.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Bulgular	73
3.5.4.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Bulgular.....	77
3.6. Korelasyon Analizlerine İlişkin Bulgular	81

3.6.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Korelasyon Bulguları.....	81
3.6.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Korelasyon Bulguları	82
4. TARTIŞMA ve SONUÇ	86
5. ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	95
ÖZGEÇMİŞ.....	103

ÖZET

Bu çalışma sapsız meşenin, *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. subsp. *iberica* (Steven ex Bieb.) Krassiln. alt türünde bazı fizyolojik ve morfolojik özelliklerinin yükselti gradiyentleri boyunca göstermiş olduğu değişimleri saptamak amacıyla yapılmıştır. Yükseltiye bağlı olarak bu değişimlerin saptanabilmesi için, rakımları 320 m, 717 m ve 922 m olan, toprak yapısı, eğim, bakı gibi çevresel faktörler yönünden benzer özellikler gösteren üç deneme alanında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Alanlarda bulunan seçilmiş sapsız meşe bireylerine ait tam güneş gören ve gölgede kalan yapraklara ait bulgular ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Ölçümler sonucunda, özellikle bitki gaz değişimlerinin yükselti gradiyentleri boyunca istatistiksel olarak farklılıklar sergilediği tespit edilmiştir. Tam güneş gören yapraklarda ölçülen P_n , g_s , C_i , C_i/C_a değerlerinin yükseltiyle beraber arttığı, V_{pdL} 'nin azaldığı, E 'nin önce azalıp sonra arttığı, P_n/E 'nin ise önce artıp sonra azaldığı saptanmıştır. Araştırılan bu özellikler yönünden 922 m deneme alanının diğer iki alandan kuvvetli fark gösterdiği bulunmuştur. Gölge yapraklarına ait P_n değeri artışı istatistiksel olarak yeterli bulunmamış, diğer gaz değişimi olaylarında güneş yapraklarındakine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yaprak su potansiyeli değerlerinin yükseltiye bağlı değişimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış, alanlar arasında anlamlı fark tespit edilmemiştir. Güneş yapraklarında alan, genişlik ve uzunluk değerleri yükselti değişimlerine bağlı anlamlı farklılıklar göstermiş, 922 m alanı diğer alanlardan farklılık ortaya koymuştur. Ancak gölge yapraklarında bu özellikler yönünden istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmamıştır. Güneş yapraklarında kuru ağırlık, LDMC, klorofil içeriği, % N, C, H, gölge yapraklarında ise SLA, LMA, LDMC ve % H değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı anlamlı farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Araştırılan birçok özellik yönünden çoğunlukla 922 m deneme alanının, 320 m ve 717 m alanlarından kuvvetli farklılık gösterdiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Gaz değişimi, klorofil içeriği, LMA, LDMC, sapsız meşe, SLA, SPAD, yaprak alanı, yükselti.

SUMMARY

INVESTIGATION OF SOME PHYSIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHANGES IN SESSILE OAK (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. subsp. *iberica*) DEPENDING ON THE ALTITUDE

This study was carried out to determine the changes of some physiological and morphological properties of sessile oak (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. subsp. *iberica* (Steven ex Bieb.) Krassiln.) along altitudinal gradients. In order to detect these changes depending on the altitude, the measurements were carried out in three areas at altitudes of 320 m, 717 m and 922 m that have similar characteristics in terms of environmental factors such as soil type, slope and aspect. The selected sun and shade leaves of sessile oaks that are present in the areas were evaluated separately. As a result of measurements, particularly gas exchanges of plants exhibit statistical differences along altitudinal gradients. The values that measured in full sun exposed leaves show that P_n , g_s , C_i , C_i/C_a increase, V_{pdL} decreases, E first decreases and then increases, P_n/E first increases and then decreases with the increase of altitude. It was determined that the area at 922 m shows significant differences in terms of these properties from the other two altitudes. The increase in P_n values of the shadow leaves was not found sufficient statistically. In other gas exchange events, similar results were obtained like in the sun leaves. The variation of the leaf water potential values with the increase of altitude were not statistically significant and it could not be determined significant differences between the areas. Area, width and length values in sun leaves showed significant differences depending on the elevational changes and 922 m area revealed significant differences from other areas. However, there were no significant differences in shade leaves statistically in terms of these characteristics. It was determined that in sun leaves dry weight, LDMC, chlorophyll content, % N, C, H values and in shadow leaves SLA, LMA, LDMC, % H values show significant differences due to changes in elevation. In terms of many investigated properties, mostly the area at 922 m was found to show strong differences from 320 m and 717 m areas.

Key Words: Altitude, chlorophyll content, gas exchange, LDMC, leaf area, LMA, sessile oak, SLA, SPAD.

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Deneme Alanları Hakkında Genel Bilgiler.....	15
Tablo 2. Artvin iline ait ortalama meteorolojik veriler	17
Tablo 3. Artvin Meteoroloji İstasyonu'nun 1975-2010 yıllarına ait meteorolojik ölçüm değerleri ve Thornthwaite Yöntemine göre su bilançosu değerleri	18
Tablo 4. Artvin ili için enterpole edilmiş sıcaklık ve yağış değerleri	20
Tablo 5. Ağaçlarda çap, boy, tepe çatısı ölçümlerine ait değerler	37
Tablo 6. Toprak örneklerine ait mekanik (tekstür) analiz sonuçları	37
Tablo 7. Deneme alanlarına ait toprak pH değerleri	38
Tablo 8. Toprak örneklerine ait % N, C, H, S değerleri	38
Tablo 9. Toprak örneklerine ait organik madde değerleri.....	39
Tablo 10. Tam güneş gören yapraklara ait gaz değişimi ölçümü değerleri	40
Tablo 11. Tam güneş gören yaprakların yükseltiye bağlı gaz değişimi farklılıklarının varyans analizi.....	43
Tablo 12. Yükseltinin güneş yapraklarında gaz değişimi olayları üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları	45
Tablo 13. Gölgede kalan yapraklara ait gaz değişimi ölçüm değerleri.....	46
Tablo 14. Gölgede kalan yaprakların yükseltiye bağlı gaz değişimi farklılıklarının varyans analizi.....	49
Tablo 15. Yükseltinin gölge yapraklarında gaz değişimi olayları üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları	51
Tablo 16. Tam güneş gören yapraklara ait ortalama su potansiyeli değerleri	52
Tablo 17. Güneş yaprakları su potansiyeli değerleri üzerine varyans analizi.....	52
Tablo 18. Yükseltinin güneş yapraklarının su potansiyeli üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları.....	53
Tablo 19. Gölgede kalan yapraklara ait ortalama su potansiyeli değerleri	53
Tablo 20. Gölge yaprakları su potansiyeli değerleri üzerine varyans analizi	54
Tablo 21. Yükseltinin gölge yapraklarının su potansiyeli üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları.....	54
Tablo 22. Tam güneş gören yaprakların üç farklı yükseltideki klorofil içerikleri (SPAD cinsinden)	55

Tablo 23. Tam güneş gören yaprakların yükseltiye bağlı klorofil içeriği (SPAD) farklılıklarının varyans analizi	56
Tablo 24. Yükseltinin güneş yapraklarında klorofil içeriği üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları.....	56
Tablo 25. Gölge yaprakların üç farklı yükseltideki klorofil içerik değerleri (SPAD cinsinden)	57
Tablo 26. Gölgede kalan yaprakların yükseltiye bağlı klorofil içeriği (SPAD) farklılıklarının varyans analizi	58
Tablo 27. Yükseltinin gölge yapraklarında klorofil içeriği üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları.....	58
Tablo 28. Güneş gören yapraklarda ağırlık, SLA, LMA ve LDMC değerleri.....	59
Tablo 29. Tam güneş gören yaprakların yükseltiye bağlı kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC farklılıklarının varyans analizi.....	61
Tablo 30. Yükseltinin güneş yapraklarında kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları.....	62
Tablo 31. Gölge yapraklarına ait ağırlık, SLA, LMA ve LDMC değerleri	63
Tablo 32. Gölgede kalan yaprakların yükseltiye bağlı kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC farklılıklarının varyans analizi.....	64
Tablo 33. Yükseltinin gölge yapraklarında kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları.....	65
Tablo 34. Güneş yapraklarında alan, genişlik, uzunluk ve oran faktörü değerleri	67
Tablo 35. Tam güneş gören yaprakların yükseltiye bağlı yaprak alanı, genişliği, uzunluğu ve oran faktörü farklılıklarının varyans analizi.....	68
Tablo 36. Yükseltinin güneş yapraklarında alan, genişlik, uzunluk ve oran faktörü üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları.....	69
Tablo 37. Gölge yapraklarında alan, genişlik, uzunluk ve oran faktörü değerleri.....	71
Tablo 38. Gölgede kalan yaprakların yükseltiye bağlı yaprak alanı, genişliği, uzunluğu ve oran faktörü farklılıklarının varyans analizi.....	72
Tablo 39. Yükseltinin gölge yapraklarında alan, genişlik, uzunluk ve oran faktörü üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları.....	73
Tablo 40. Güneş yapraklarında % N, C, H, S değerleri.....	74
Tablo 41. Tam güneş gören yaprakların yükseltiye bağlı N, C, H ve S farklılıklarının varyans analizi.....	76

Tablo 42. Yükseltinin güneş yapraklarında % N, C, H, S içeriği üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları	77
Tablo 43. Gölge yapraklarında % N, C, H, S değerleri	78
Tablo 44. Gölgede kalan yaprakların yükseltiye bağlı N, C, H ve S farklılıklarının varyans analizi.....	79
Tablo 45. Yükseltinin gölge yapraklarında % N, C, H, S içeriği üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları.....	80
Tablo 46. Tam güneş gören yapraklara ait özellikler üzerine korelasyon analizi.....	84
Tablo 47. Gölgede kalan yapraklara ait özellikler üzerine korelasyon analizi	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Yaprak özelliklerindeki relatif değişimler ve yükselti ilişkisi	4
Şekil 2. Deneme alanlarına ait uydu görüntüleri.....	16
Şekil 3. Artvin ilinin Thornthwaite su bilançosu grafiği	19
Şekil 4. Artvin ili yıllık yağış miktarları	19
Şekil 5. Ağaç örnekleri üzerinde çap ölçümü	23
Şekil 6. Toprak örnekleri üzerinde mekanik (tekstür) analiz.....	24
Şekil 7. Toprak örnekleri üzerinde pH ölçümleri	24
Şekil 8. Toprak N, C, H, S içeriği analizleri	25
Şekil 9. Toprak organik maddesi tayini analizleri	26
Şekil 10. LI-6400XT gaz değişim sistemine ait bir şema	27
Şekil 11. LI-6400XT cihazının ölçümlere hazır hale getirilmesi.....	27
Şekil 12. LI-6400XT cihazı ile arazide gaz değişimi ölçümleri	28
Şekil 13. Arazide yaprak su potansiyeli ölçümleri.....	30
Şekil 14. SPAD-502Plus portatif klorofilmetre ile klorofil içerik ölçümü	31
Şekil 15. Yaprakta kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC ölçümleri	33
Şekil 16. AM-350 cihazı ile yaprakta boy, genişlik, alan ve oran faktörü ölçümleri	34
Şekil 17. Vario Macrocube cihazı ile yaprakta % N, C, H, S içerik analizi	35
Şekil 18. Tam güneş gören yapraklarda P_n , g_s , C_i , E , P_n/E değerleri.....	41
Şekil 19. Tam güneş gören yapraklarda V_{pdL} ve C_i/C_a değerleri.....	42
Şekil 20. Gölgede kalan yapraklarda P_n , g_s , C_i , E , P_n/E değerleri.....	47
Şekil 21. Gölgede kalan yapraklarda V_{pdL} ve C_i/C_a değerleri.....	48
Şekil 22. Tam güneş gören yapraklarda su potansiyeli değerleri.....	52
Şekil 23. Gölgede kalan yapraklara ait su potansiyeli değerleri	53
Şekil 24. Güneş yapraklarına ait klorofil içeriği değerleri	55
Şekil 25. Gölge yapraklarına ait klorofil içeriği değerleri	57
Şekil 26. Tam güneş gören yapraklarda kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC değerleri	60
Şekil 27. Gölge yapraklarında kuru ağırlık ve SLA değerleri	62
Şekil 28. Gölge yapraklarında LMA ve LDMC değerleri	64
Şekil 29. Güneş yapraklarında yaprak alanı, genişliği, uzunluğu değerleri.....	66
Şekil 30. Güneş yapraklarında oran faktörü değerleri	68

Şekil 31. Gölge yapraklarında alan, genişlik, uzunluk ve oran faktörü değerleri.....	70
Şekil 32. Güneş yapraklarında % N, C, H, S içerik değerleri	75
Şekil 33. Gölge yapraklarında % N, C içerik değerleri.....	77
Şekil 34. Gölge yapraklarında % H, S içerik değerleri	79

KISALTMALAR / SİMGELER DİZİNİ

ABA	Absisik Asit
A_{max}	Işığa Doymuş Fotosentez Hızı
BTG	Büyük Toprak Grubu
C	Karbon
C_a	Çevresel CO ₂ Konsantrasyonu
C_i	Hücreler Arası CO ₂ Konsantrasyonu
DA	Deneme Alanı
E	Transpirasyon Hızı
g_s	Stomatal İletkenlik
H	Hidrojen
IRGA	İnfr-red Gaz Analiz Cihazı
kPa	Kilopaskal
LDMC	Yaprak Kuru Madde İçeriği
LMA	Yaprak Alanı Başına Kütle
MPa	Megapaskal
N	Azot
N_{alan}	Alan başına Azot İçeriği
$N_{kütle}$	Kütle başına Azot İçeriği
PAR	Fotosentetik Aktif Işınım
P_n	Net Fotosentez Hızı
P_n/E	Su Kullanım Etkinliği
RGR	Nispi Büyüme Oranı
S	Kükürt
SKE	Su Kullanım Etkinliği
SLA	Spesifik Yaprak Alanı
SPAD	Klorofil İçeriği Birimi
V_{pdL}	Yaprak Sıcaklığına Bağlı Buhar Basıncı Açığı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ekolojik koşullar (sıcaklık, yağış miktarı, toprak özellikleri, güneşten gelen radyasyon vb.) yükselti artışı ile beraber farklılaşmaktadır (Geeske, 1994; Lomolino, 2001; Austrheim, 2002; Wang ve ark., 2003; Körner, 2007). Ekolojik koşulların çeşitliliği bitkilerde farklı morfolojik ve fizyolojik adaptasyonlara sebep olmaktadır (Paridari ve ark., 2013).

Üst yükseltilere uyum göstermiş bitki türleri hem morfolojik hem de fizyolojik olarak alt yükseltilerdeki yakın akraba bitki türlerinden farklılıklar sergileme eğilimindedirler. Yükseklik farkı, bir türün içerisinde morfolojik ve fizyolojik ciddi farklılıklar ortaya koyabilecek bir etkiye sahiptir (Körner, 1999). Bunlara birkaç örnek verecek olursak; genellikle, yaprak morfolojik özellikleri, örneğin, yaprak uzunluğu, eni ve alanı yükselti artışı ile negatif ilişki içerisinde (Körner ve Cochrane, 1986). Oysa bunun zıddı olarak, yaprak kalınlığı yükseklik artışı ile beraber artmaktadır (Körner ve ark., 1989). Fotosentez hızı, stomatal iletkenlik, su potansiyeli gibi bir çok fizyolojik özellikte de yükseklik değişimlerine bağlı olarak farklılıklar gözlenmektedir. Bu yüzden bitkilerin morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin yaşadıkları yükseklik farklılıklarına göre ortaya konulması ekolojik çalışmalar açısından son derece önemli görülmektedir.

Öte yandan, bu yükseklik farklılığına bağlı olarak ortaya çıkan geniş bitkisel farklılıklar, bitki sınıflandırmasında bazı belirsizliklere yol açmaktadır. Bu durum ayrıca, bir türün belli çevresel koşullara alışma ve adaptasyonu olasılığı hakkında tam manasıyla net bir bilgi edinebilmeyi zorlaştırmaktadır.

1.2. Çeşitli Orografik (Topografik) Faktörlerin Bitkiler Üzerine Etkileri

Yükselti, topoğrafya, eğim ve yön gibi faktörlerin tümünü orografik faktörler başlığı altında toplayabiliriz. Yükseltinin bitki türleri ve bitki örtüsü üzerinde dolaylı etkisi vardır. Yükselti arttıkça sıcaklık, su buharı ve hava basıncı azalır. Yağış, ışık şiddeti,

rüzgar hızı ve günlük sıcaklık farkları artar. Değişen bu iklim koşulları toprak tipi üzerinde de etkilidir. Yükseklik arttıkça sıcaklık düşüşü ile beraber, topraktan su temini güçleşir, dolayısıyla da vejetasyon devresi kısalmır. Bütün bunlar da doğrudan ya da dolaylı olarak bitki yaşamını etkiler. Dağlarda ve deniz kenarından yükseklere çıkıldıkça, yükseltinin artmasına bağlı olarak iklim koşullarının da değişimi ile yüksekliğe bağlı çeşitli vejetasyon katları oluşur. Örneğin, Doğu Karadeniz bölgesinde Trabzon-Zigana geçidi arasında şu vejetasyon katları gözlenir:

0 - 200 metre: Maki vejetasyonu

200 - 500 metre: Çalı vejetasyonu (Akdeniz maki elemanları hariç)

500 - 1500 metre: *Fagus orientalis* – *Picea orientalis*

1500 – 2000 metre: *Pinus sylvestris* – *Abies nordmanniana* subsp. *nordmanniana*

2000 metreden sonra: Alpin çayırlar (Kılınç ve Kutbay, 2008).

Her bitki kuşağı içinde bitki örtüsü farklı topoğrafik özelliklere göre değişkenlik sergiler. Bu değişiklikler, dağlık bölgelerde daha fazla göze çarpar. Çok sayıda tepecikten oluşan dağlık bölgelerde, bu tepecikler arasında mikroklima etkisiyle farklı bitki tür ve toplulukları yer alabilir. Yön ve eğim özellikle yamaçların aldığı radyasyon enerjisinin miktarı ile yakından ilgilidir. Güneye bakan yamaçlar, kuzeye bakanlara kıyasla daha fazla enerji alırlar ve sıcaklık yönünden daha elverişli ortamlara sahiplerdir. Bu fark kışın daha da belirginleşir. Alınan enerji miktarı eğime bağlı olarak da değişir. Örneğin; kuzeye bakan yamaçlarda eğim arttıkça alınan enerji genel olarak azalır. Güneye bakan yamaçlarda ise alınan enerji mevsimsel değişim göstermekle beraber, belirli eğim derecesine kadar artar, fakat eğim belli bir dereceyi aştıktan sonra azalır. Yağış üzerinde de yönün büyük etkisi vardır. Karadeniz dağlarında kuzey, Toroslarda ise güney yamaçlar daha nemlidir (Kılınç ve Kutbay, 2008).

Çoğu odunsu bitkide, yaprakların morfolojik ve fizyolojik özellikleri, çevresel değişikliklere özellikle de yükselti geçişlerine bağlı olarak son derece fazla değişkenlik göstermektedir (Li ve ark., 2007). Bir çok çevresel faktör temel fiziksel süreçlerin bir sonucu olarak sistematik şekilde yükseltiyle birlikte değişmektedir.

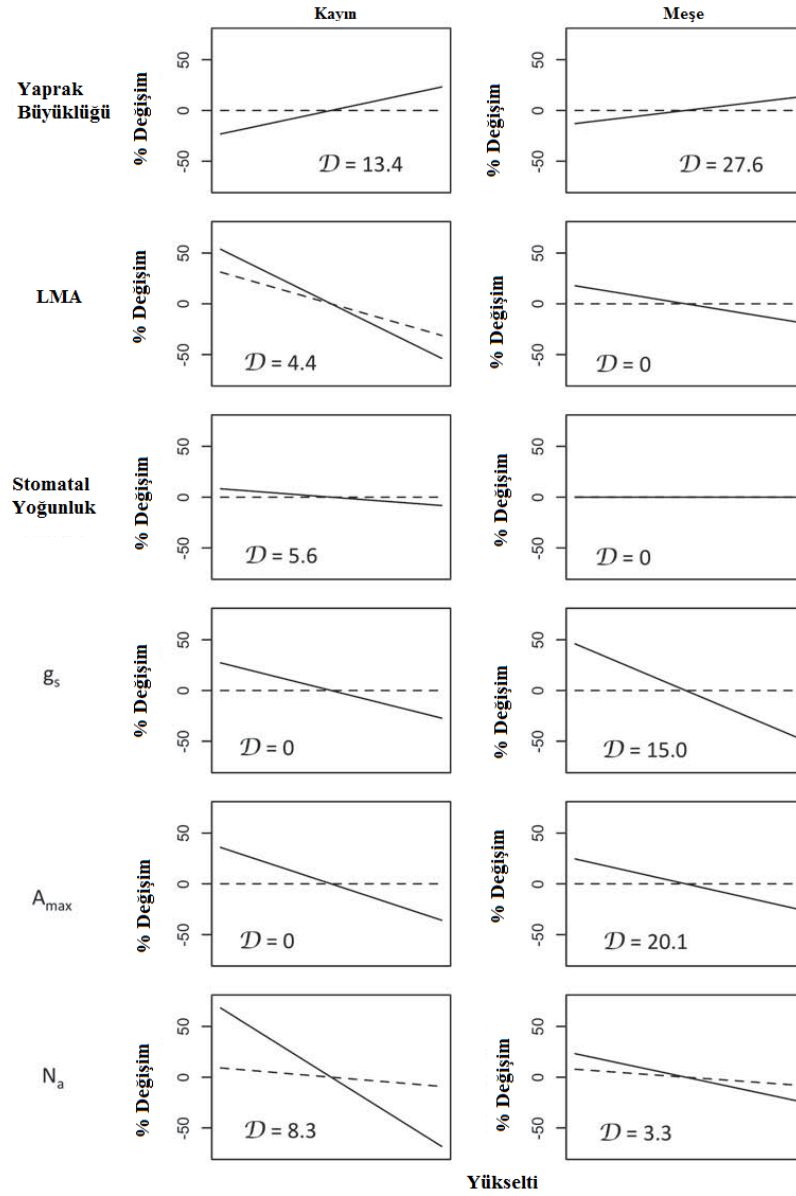
Bunlar atmosferik basınç, bileşen gazların kısmi basıncı, hava sıcaklığı ve atmosferik turbiditeyi kapsamaktadır (Thomas, 2011). Bunlara ek olarak, yaygın bölgesel veya lokal varyasyon desenlerinden yağış miktarı, rüzgara maruz kalma ve diğer bir çok faktör, yükseltiye bağlı yapılan ölçümlerin yorumlanmasını güçleştirmektedir (Körner, 2007). Yine de yükseltinin artışı ile sıcaklığın düşüşü tüm bu faktörler içerisinde en öngörülebilir olanıdır ve genellikle de bitki fizyolojik süreçleri üzerinde en büyük direkt etkiye sahip olmaktadır.

Sınır tabakasının altındaki özelleşmiş termal bölgelerde bulunan birçok küçük alpin otsu bitkinin aksine, ağaçların yaprak sıcaklıkları, yükseltiye bağlı değişen hava sıcaklık desenini yakından takip etme eğilimindedir (Körner, 2007). Bu yüzden de yükseltiye bağlı ölçümlerin yapılması, iklim değişikliğinin ağaçlar üzerindeki etkilerini anlamamızda çok önemli ve şu ana kadar yeterince kullanılmamış bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bir diğer dikkat çekici durum da yaprak ağırlığı, alanı, LMA (Leaf Mass Area = Yaprak Alanı Başına Kütle), fotosentetik parametreler vb. yükselti ölçümlerinde araştırılan özelliklerin sadece fenotipik cevaplar mı olduğu yoksa esasında genetik farklılaşmanın mı bu gözlemlenen değişimlere sebep olduğudur.

Fransa'da iki yaygın Avrupa ağaç türü üzerinde (*Fagus sylvatica* ve *Quercus petraea*) bu sorunun cevabını bulmak için, bu iki türe ait fidanları yükselti geçişlerine göre dikmek sureti ile bir çalışma yapılmıştır (Bresson ve ark., 2011). Bresson ve arkadaşları, inceledikleri çoğu yaprak parametresinde, yükseltiyle birlikte güçlü fenotipik eğilimler olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 1).

A_{max} (Işığa Doymuş Fotosentez Hızı), g_s (Stomatal İletkenlik), N_{alan} (Alan Başına Azot İçeriği) ve LMA gibi özelliklerin tümü yükselti artışı ile birlikte artarken, yaprak büyüklüğü azalmaktadır. Stomatal yoğunluk, meşede zayıf bir artış gösterirken, kayında herhangi bir eğilim gözlemlenmemiştir. Bununla beraber, güçlü fenotipik özelliklerdekini tam tersi olarak, ortak bahçe deneylerinde bariz genetik işaretlere sadece N_{alan} ve LMA (kayın için)'da rastlanmıştır. Hatta bariz genetik işaretler sergileyen özelliklerde bile oransal değişiklikler, fenotipik özelliklerde gözlenenlerden devamlı olarak daha düşük çıkmaktadır (Thomas, 2011).



Şekil 1. Yaprak özelliklerindeki relatif değişimler ve yükselti ilişkisi (Bresson ve ark., 2011). Deney sonucuna göre, devamlı çizgiler fenotipik, kesikli çizgiler ise genetik değişimleri temsil etmektedir. Her bir özelliğin değeri ölçeklendirilmiştir. x-ekseni çalışılan yükseltiyi (150-1600 m), y-ekseni verilen özelliğin yüzde değişimini yansıtmaktadır. Kayda değer olmayan ilişkiler düz çizgi ile gösterilmiştir; D değerleri, sorgulanan özellik için farklı yükseltilere ait populasyonlar arasındaki genetik farklılıktır, yüzde olarak ifade edilmiştir. LMA: Yaprak Alanı Başına Kütle, g_s : Stomatal İletkenlik, A_{max} : Işığa Doymuş Fotosentez Hızı, N_a : Yaprak Azot İçeriği.

Otsu bitkiler için benzer çalışmalar yaygın olmakla birlikte, bu tip ağaçlar üzerinde “ortak bahçe” çalışmaları oldukça azdır (Örneğin: Zhang ve Marshall, 1995; Oleksyn ve ark., 1998; Hovenden ve Broadribb, 2000; Vitasse ve ark., 2009). Fenotipik özellikleri genotipik özellikler ile direkt olarak kıyaslayan daha küçük

çalışma alt kümeleri de vardır (Örneğin: Cordell ve ark., 1998; Hovenden ve Vander Schoor, 2003; Premoli ve Brewer, 2007).

Bitkilerin yükseltiye karşı göstermiş olduğu adaptif cevaplar, halen daha büyük ilgi konusudur. Adaptif değişim kapasitesi, iklim değişikliklerinde hayatta kalacak ağaç türlerinin belirlenmesinde sonuç olarak kritik önem arz edecektir (Aitken ve ark., 2008).

Fenotipik plastisiteyi modellemek göreceli olarak kolaydır. Örneğin, deneysel çalışmalar sonucu bitkilerin sergiledikleri sıcaklığa cevap verme şekilleri, bizlere ağaç büyümesi ve sıcaklık değişimlerine verilen fizyolojik cevapları tahmin etmede, izlenebilir ampirik bir yaklaşım imkanı sunmaktadır (Way ve Oren, 2010). Ancak bunun zıttı olarak, evrimsel olduğu düşünülen cevapların modellenmesi, popülasyon yapısı, gen akışı, karakter kalıtımı ve seçilim baskıları vb. bir çok konuda bilgi gerektirir. Ağaçlardaki uzun jenerasyon zamanları da herhangi bir seçici cevabı büyük ölçüde yavaşlatmaktadır. Bu tür değerlendirmeler, fizyolojik süreçlere verilen kısa dönem fenotipik esnek cevapların, değişen çevreye ağaçların verdiği cevaplar için birincil faktör olduğu yaklaşımını desteklemektedir (Thomas, 2011).

Yaprak morfolojisi, ağaçların yetiştikleri yerlerdeki çevresel koşullara karşı sergiledikleri adaptasyonu yansıtabilir (Greenwood, 2005). Yükselti artışı ile birlikte LMA'nın da çeşitli bitkilerin doğal popülasyonları arasında genellikle artış gösterdiğine ilişkin çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalara örnek olarak, ot ve çalılar için (örneğin: Körner ve ark., 1983), coniferler için (örneğin: Hultine ve Marshall, 2000), geniş yapraklı ağaç türleri için (örneğin: Bresson ve ark., 2011; Fajardo ve Piper, 2011) ve ağaç sınırına kadar ulaşan ağaç taksonlarının geniş bir kısmı için (Körner, 2012) verilebilir. Bunun tersi olarak, ağaç sınırı yakınlarında, dar yükselti gradientleri boyunca *Betula* sp. ve *Picea abies*'de LMA'nın sabit kaldığı bulunmuştur (Sveinbjornsson ve ark., 1992; Kudo, 1995; Birmann ve Körner, 2009). Hatta, merkezi Rockies'te, *Pinus flexilis* türünde düşüş tespit edilmiştir (Schoettle ve Rochelle, 2000).

Bir araştırmada çalışılan türlerin yaprak kalınlıkları yükseltiyle beraber artma eğilimindeyken, beklenmedik şekilde daha az yoğun bulunmuşlardır. Bu da LMA'da değişiklik olmamasına yol açmıştır. Yükseltiyle beraber yaprak kalınlığındaki artış

çok büyük bir olasılıkla *Fagus*, *Acer* ve *Sorbus* türlerinin, palizat parankimasi sayılarındaki artış sebebiyledir ya da daha büyük hücre içi boşluklardan kaynaklanmaktadır. Bu da üst yükselti bitkilerinin alt yükselti bitkileri ile kıyaslandığında, daha yüksek fotosentetik kapasiteye (Körner ve Diemer, 1987; Bresson ve ark., 2009) ve CO₂ kullanım etkinliğine (Körner ve ark., 1991; Zhu ve ark., 2010) sahip olmalarını açıklayabilmektedir.

SLA (Specific Leaf Area = Spesifik Yaprak Alanı), taze bir yaprağın tek bir yüzünün alanının, fırında kurutulduktan sonraki kütlesine oranlanması ile bulunur. m²kg⁻¹ veya çoğunlukla da mm²mg⁻¹ olarak ifade edilir. LMA, SLM (Specific Leaf Mass = Spesifik Yaprak Kütlesi) veya SLW (Specific Leaf Weight = Spesifik Yaprak Ağırlığı) ise sıklıkla literatürde basitçe 1/SLA olarak kullanılmaktadır (Perez-Harguindeguy ve ark., 2013).

SLA, sıklıkla büyüme analizlerinde kullanılmaktadır. Çünkü bitki türleri arasında, SLA ile potansiyel RGR (Relative Growth Rate = Nispi Büyüme Oranı) çoğunlukla pozitif ilişkilidir. SLA, kütleye dayalı ışığa doymuş fotosentez hızı ve yaprak Azot (N) konsantrasyonu ile pozitif orantılı olma eğilimindedir. SLA'nın düşük değerleri de yaprak savunma mekanizmalarına yapılan yüksek yatırım (özellikle yapısal olanlar) ve uzun yaprak ömrü ile uyum göstermektedir. Kaynak bakımından zengin çevrede yaşayan türler, kaynak stresi altındaki türlere göre daha büyük SLA değerlerine sahiptir. Ancak yine de gölgeye toleranslı, başka bitkilerin altında büyüeyebilen türlerde yüksek SLA değerleri görülür (Cornelissen ve ark., 2003).

RGR (Nispi Büyüme Oranı), stres toleransı ve yaprak uzun ömürlülüğü gibi ekofizyolojik karakterlerin bir göstergesi olarak SLA, bitkiler için önemli işlevsel bir özelliktir.

SLA konusunda, önemli oranda tür içi varyasyon yaygındır ve bu durum genellikle çevre koşulları ile ilişkilidir. Örneğin, yükseltinin artması ile SLA düşmektedir. Bu da değişen sıcaklığa bir uyum gibi anlaşılmaktadır. Bu tür içi varyasyonun, çoğunlukla daha çok çevreden kaynaklanan fenotipik esneklik sonucu olduğu kabul edilmektedir, ancak aynı zamanda, lokal adaptasyon veya genetik sürüklenme nedeni ile, genetik etkiler de mevcut olabilir (Scheepens ve ark., 2010).

LMA, bitki fonksiyonel ekolojisinde, yaygın olarak kullanılan bir indekstir. Çünkü, karbon dağılımı, relatif büyüme hızı, fotosentetik hız, veya yaprak uzun ömürlülüğü vb. önemli bir çok fizyolojik özellikleri yansıttığı kabul edilir (Wright ve Westoby, 2002; Poorter ve ark., 2009).

LMA, iki bileşen tarafından belirlenir: yaprak kalınlığı ve yoğunluğu. Bu bileşenler birbirlerinden bağımsız olarak çeşitlilik gösterebilir (Witkowski ve Lamont, 1991).

LDMC (Yaprak Kuru Madde İçeriği), yaprak kuru kütlelerinin taze kütlelerine oranıdır. LDMC, bitki türlerinin kaynak kullanım stratejilerinin bir belirteci olarak gittikçe daha fazla oranda kullanılmaktadır (Wilson ve ark., 1999; Garnier ve ark., 2001; Dı'az ve ark., 2004).

LDMC, yaprağın elastisite modülü ve sertliği ile yakından ilişkilidir. Daha yüksek LDMC'ye sahip yapraklar daha kalın ve sert hücre duvarlarına sahip olma eğilimindedir. Böylelikle, daha düşük su potansiyellerinde turgor sağlanabilmekte (Cheung ve ark., 1975; Zimmermann, 1978; Monson ve Smith, 1982) ve aşırı kuraklık altındaki hücrelerin göreceği zarar minimize edilebilmektedir (Bowman ve Roberts, 1985; Engelbrecht ve Kursar 2003; Tyree ve ark., 2003). Yapılan bir çalışmada, LDMC'nin türlerin tolere edebileceği minimum mevsimsel yaprak su potansiyeli ile yakından ilişkili olduğu bulunmuştur (Kursar ve ark., 2009). Bu bilgiden yola çıkılarak kuraklık sezonu boyunca bitki türlerinin kuraklık performansları ve yayılımları tahmin edilebilir (Markesteyn ve ark., 2011).

Yaprak yüzeyinin güneşten gelen ışığı tutması ve fotosentezde kullanması amacıyla CO₂'i tutması yaprak alanının büyümesi ve gelişmesinde önemli bir faktördür (Charles-Edwards ve ark., 1981). Büyüme analizlerinde fizyolojik karakterlerden olan kuru ağırlık ve yaprak alanının üretilmesi çok iyi anlaşılmalıdır (Charles-Edwards ve ark., 1986). Yalnızca bir kaç çalışma bu iki bileşenin yükselti gradientleri boyunca etkilerini ayrı ayrı ortaya koymuştur (Cordell ve ark., 1998; Velaquez-Rosas ve ark., 2002).

Yükselti gradientleri boyunca, odunsu bitki türlerinin LMA (Yaprak Alanı Başına Kütle) sı ve yaprak kalınlıkları genellikle yükseltinin artması ile birlikte artmaktadır, büyümede ise bir azalma gerçekleşir (Körner ve ark., 1989; Poorter ve ark., 2009).

Quercus aquifolioides üzerine, Himalayalar'da yapılan bir çalışmada, artan yükseltiye yaprakların verdiği morfolojik ve fizyolojik cevapların yükselti gradientleri ile tam doğrusal olmadığı ortaya konmuştur. Örneğin, 2800 metre seviyesine kadar, yükseklik arttıkça SLA, stomatal uzunluk ve stomatal indeks artış gösterirken, 2800 metre seviyesinden sonra, yükseklik artışı ile birlikte bu değerlerin düştüğü gözlenmiştir. Ayrıca, yaprak birim alanı başına düşen Azot miktarı, 2800 metreye kadar yükseklik arttıkça düşmekteyken, 2800 metre üzeri yükseklik arttıkça artış göstermektedir. Azottaki artış, yüksek ışık stresine karşı yaprağın gerçekleştirdiği ışıktan korunma mekanizmasındaki faaliyet artışı ile ilişkili olabilir (Körner, 1989; Sparks ve Ehleringer, 1997). Bununla beraber, birim kütle başına azot konsantrasyonundaki değişim oldukça azdır ve bu da yükseklik değişimleri ile beraber bitki beslenme durumunun çok fazla etkilenmediğine işaret eder. Yine de, fotosentetik sistem fonksiyonlarını etkilediği muhtemel olan SLA' daki değişiklikler nedeniyle birim alan başına Azot konsantrasyonunda büyük değişiklikler vardır (Li ve ark., 2006).

Fotosentez kapasitesi, genel olarak birim alan başına yaprak azot içeriği ile artar çünkü Rubisco gibi fotosentetik enzimler büyük miktarlarda Azot ihtiva ederler (Field, 1983; Field ve Mooney, 1986; Friend ve Woodward, 1990).

Azot, genellikle karasal vejetasyonlar için en sınırlayıcı element olarak kabul edilir. Yaprak azot biyocoğrafyası çalışılması zorlu bir konudur ve araştırmacılar tarafından büyük ilgi görmektedir (Hou, 1982; He ve ark., 2006). Yapılan bazı çalışmalarda, küresel ölçekte, yaprak N konsantrasyonunun ($N_{\text{kütle}}$), tropiklerden orta enlemlere doğru arttığı ve sonra da sabit kaldığı ya da üst enlemlerde azaldığı bulunmuştur (Reich ve Oleksyn, 2004; Weiqi ve ark., 2012).

Han ve ark. (2005), Çin'de, 753 bitki türü üzerinde yaptıkları bir çalışmada enlem artışı ile birlikte (Yıllık ortalama sıcaklık düşüşü ile birlikte), yaprak azotunun da arttığını tespit etmişlerdir. Han ve ark. (2012), Çin'de 1900 bitki türünün yaprak Azot içeriğini analiz ettikleri çalışmalarında ise yaprak azot içeriğinin, kayda değer şekilde, iklim, toprak ve bitki fonksiyonel tipi gibi faktörler üzerinde etkili enlemsel ve boylamsal farklılıklar sergilediğini ortaya koymuşlardır. Yaprak Azot içeriğindeki

bu zengin çeşitliliğin, sıcaklıktan ziyade, yağış miktarlarındaki farklılıktan kaynaklandığını savunmaktadırlar (Han ve ark., 2012; Weiği ve ark., 2012).

İklim ve vejetasyon tipi, yüksekliğe bağlı olarak çok kısa mesafelerde bile bariz farklılıklar göstermektedir. Bu yüzden dağlar, yaprakların azot içeriğinin biyocoğrafik izlerinin ve bunlar üzerinde etkili iklim, toprak ve bitki yaprak kimyasının araştırılmasında ideal bölgeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yaprak Azot içeriğinin yüksekliğe bağlı değişimi yoğun olarak araştırılmaktadır (Körner, 1989; Li ve ark., 2007). Fakat çoğu araştırma, $N_{kütles}$ 'den ziyade N_{alan} üzerinde yoğunlaşmıştır. Yaprak N_{alan} , yaşam formuna bakmaksızın, yükseklik artışına paralel olarak artış göstermektedir (Friend ve ark., 1989; Körner, 1989; Weiği ve ark., 2012).

Bununla beraber, yüksekliğe bağlı yaprak $N_{kütle}$ değişimi ile alakalı kesin bir yargı ortaya konmamıştır, çünkü bu konuda nispeten çok az sayıda çalışma yürütülmüştür ve sınırlı sayıda bitki türü ile çalışılmıştır. Örnek vermek gerekirse, Li ve ark. (2006), herdem yeşil çalılardan olan *Quercus aquifolioides* 'in yaprak $N_{kütle}$ 'sinin yükseklik arttıkça düştüğünü rapor etmiştir. Oysa ki Li ve arkadaşları, yaprak döken *Hippophae rhamnoides*'in yaprak $N_{kütle}$ 'sinin yükseklik artışı ile birlikte, önce azaldığını sonra ise arttığını bulmuşlardır (Li ve ark., 2007; Weiği ve ark., 2012).

Luo ve ark. (2006), herdem kozalaklı ağaçlardan *Picea asperata*'nın yaprak $N_{kütle}$ 'sinin 2950 metre yükselti seviyesi altında, yükseklik arttıkça önce düştüğünü sonra da yükseldiğini gözlemlemiştir. Körner, yaprak $N_{kütle}$ 'sinin otsu bitkilerde yüksekliğe bağlı olarak arttığını ve herdem yeşil odunsu bitkilerde ise dikkate değer şekilde stabil kaldığını rapor etmiştir (Körner, 1989). Tüm bu bulgular, çalışmalarda kullanılan tür sayısının azlığından dolayı sınırlıdır. Bu yüzden, çok daha fazla sayıda tür ile yapılacak çalışmalar, yaprak $N_{kütle}$ 'sinin yükseltiye bağlı gösterdiği çeşitliliği anlamamıza ancak imkan verecektir (Weiği ve ark., 2012).

Yükselti değişimleri ile beraber bitkilerin farklı stres koşullarına maruz kalma durumları olabilir. Örneğin, yükseltiye bağlı olarak yağış miktarında ciddi değişimler olduğu bilinmektedir. Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin yaprak alanlarında küçülme, yaprak kalınlıklarında ise artış görülmesi olağan bir durumdur. Ayrıca bunlara kutikula tabakasının kalınlaşması ve yaprak tüylerinin artması da eklenebilir.

Fizyolojik olarak da absisik asit salgılanması ve suyun daha etkin kullanımının sağlanması da bitkilerde kuraklık stresine karşı oluşturulan cevaplardandır (Xu ve ark., 2010).

Erinç Kuraklık İndisi'ne göre, Türkiye topraklarının % 75'i yılın 5 ile 8 ayı arası kurak ve yarı kurak şartlar altında bulunmaktadır ve bu durum vejetasyon dönemine tekabül eden Nisan-Ekim ayları arasını kapsamaktadır (Çalikoğlu ve Tilki, 2004). Bu da bu bölgelerde yaşamlarını sürdürme durumunda olan bitki popülasyonlarının çeşitli adaptif mekanizmalar ortaya koymalarını zorunlu kılmaktadır.

Kuraklığın, fotosentez ve ürün verimi üzerine de etkisi vardır. Kuraklığa en erken bir cevap olarak gözeneklerin kapatılması durumu söz konusudur (Lima ve ark., 2002). Stomaların kapanması üretilen absisik asitin (ABA), bekçi hücrelerini etkilemesi yoluyla olabileceği gibi, su potansiyeli ve turgor basıncı şeklindeki hidrolik uyarımlar sonucunda da gerçekleşebilir (Teiz ve Zeiger, 1998). Stomaların kapanmasının yaprak su potansiyelinden ziyade toprak su potansiyeli ile ilişkili olduğu bir çok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Comstock, 2002).

Meşe ormanlarındaki ağaç yapraklarının su potansiyelleri üzerine yapılan bir çalışmada, nemli ve normal kurak mevsimde basınç çemberi ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Kurak mevsimde yaprak su potansiyeli değerlerinin -2,5 MPa ile -3,1 MPa arasında değiştiği bulunmuştur (Tschaplinski ve ark., 1997).

Lübnan meşesi (*Quercus libani*) ve Macar meşesi (*Quercus frainetto*) fidanları ile yapılan bir çalışmada da, stomalarını kapattığı dönemde Lübnan meşesi fidanlarının oldukça yüksek su potansiyeli değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Lübnan meşesinin, Macar meşesine oranla daha hızlı bir stoma kontrol yeteneği gösterdiği anlaşılmıştır (Çalikoğlu ve Tilki, 2004).

Türler arası ve tür içi bitki su potansiyel değerlerinin tespit edilmesi, transport, fidan söküm ve dikim zamanlarının belirlenmesi, fidanların fizyolojik kalitesinin anlaşılabilmesi vb. bir çok konuda veri elde edilmesine imkan tanıyacaktır.

Su kullanım etkinliği (SKE), ağaç türlerine bağlı olarak, fotosentez sırasında atmosferden alınan net CO₂ gazına karşılık kaybedilen net su miktarının oranı

şeklinde tanımlayabilir. Yani başka bir deyişle, verimin su kaybına oranı şeklinde de bir açıklama getirilebilir. Kuraklık direncine bağlı olarak su kullanım etkinliğinde de değişimler olması kaçınılmazdır. Örneğin bir çok bitkide kuraklık durumunda fotosentez hızı ve transpirasyon hızı değerlerinin azaldığı, bunun da su kullanım etkinliğini ciddi oranda etkilediği bulunmuştur (Sinclair ve ark., 1984; Larcher, 2003).

1.3. C, H, N ve S Minerallerinin Bitki Fizyolojisi ve Morfolojisi Üzerine Etkileri

Bitkilerde Hidrojen (H), Karbon (C) ve Oksijen (O) mineral besin olarak kabul edilmeseler de bitkilerde yüzde olarak bol miktarda bulunurlar. Esas olarak da su veya karbondioksitten elde edilirler. Bu üç elementin bitki kuru maddedeki konsantrasyonları sırasıyla %6, %45 ve %45 dir. Mutlak gerekli minerallerden makro besin maddesi olarak adlandırılan Azot (N) ve Kükürt (S) ise topraktan temin edilir. Bunların da kuru maddedeki konsantrasyonları sırasıyla % 1,5 ve % 0,1 kadardır (Epstein, 1972, 1999). Bu elementlerin her birinin bitki yaşamında önemli rolleri vardır. Örneğin Azot, bitkilerin en fazla gereksinim duyduğu mineral elementtir. Bu yüzden eksikliği çabuk hissedilir. Özellikle eksikliğin devam etmesi durumunda, özellikle bitkinin kaidesine yakın olan yaşlı yapraklarda klorozis görülür. Şiddetli azot noksanlığı durumunda bu yapraklar sararıp düşebilir. Azot eksikliği yavaş gelişirse, bitkilerin gövdeleri dikkat çekici şekilde ince olabilir (Taiz ve Zaiger, 2008). Bir örnek de Kükürt için verilecek olursa; kükürt de sistein, sistin, metiyonin ve proteinlerin bileşeni olması nedeniyle bitki için çok önemli bir elementtir. Ayrıca, lipoik asit, koenzim A, tiyamin pirofosfotaz, glutatyon, biotin, adenzin- 5'- fosfosülfat ve 3- fosfoadenozin gibi bir çok hayati molekülün de yapı maddesidir. Dolayısıyla eksikliğinde bitkide klorozisin yanısıra daha pek çok yapısal ve fizyolojik bozukluklar ve sorunlar ortaya çıkar (Evans ve Sorger, 1966; Mengel ve Kirkby, 1987).

1.4. Sapsız Meşenin (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) Genel Özellikleri

Ülkemiz ormanlarının yaklaşık 1/3'ü meşeden oluşmaktadır. Orman amenajman plan verilerine göre meşe ormanlarının genel alanı 6.385.170 hektar olup, bu miktarın

1.782.919 hektarı koru, 1.630.981 hektarı bozuk koru, 185.462 hektarı normal baltalık, 2.785.807 hektarı ise bozuk baltalık orman niteliğindedir. Meşeler; toplam 18 tür ve bu türlere bağlı alttür, varyete ve bilinen dört adet hibriti ile geniş arazilerde doğal yayılış göstermektedir. Ülkemizdeki önemli meşe türlerinden biri de sapsız meşe (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.)'dir. Sapsız meşenin diğer adı, kış meşesidir (Ak Meşeler grubu). Eş Adları *Quercus sessiliflora* ve *Q. dshorochensis*'dir (Öztürk, 2013).

Bu çalışmada incelenen sapsız meşe (ballık meşesi) sistematik olarak;

Alem: Plantae

Bölüm: Magnoliopsida (Kapalı Tohumlular)

Sınıf: Magnoliopsida (İki Çenekliler)

Takım: Fagales

Familya: Fagaceae

Cins: *Quercus* L.

Tür: *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.

Alttür: *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. subsp. *iberica* (Steven ex Bieb.)

Krassiln. şeklinde sınıflandırılmaktadır (Öztürk, 2013).

Türkiye'de üç alttürü bulunmaktadır.

1. *Q.petraea* (Mattuschka) Liebl. subsp. *petraea*

2. *Q.petraea* (Mattuschka) Liebl. subsp. *iberica* (Steven & Liebl.) Krassiln.

3. *Q.petraea* (Mattuschka) Liebl. subsp. *pinnatiloba* (C. Koch.) Menitsky.

Sapsız meşe, geniş yapraklı, yaprak döken, çok yıllık bir bitkidir. Adana, Artvin, Balıkesir, Bingöl, Bolu, Bursa, Elazığ, Eskişehir, Hakkari, Hatay, İstanbul, Kastamonu, Kırklareli, Kütahya, Malatya, Mersin, Muş, Sakarya, Sinop, Tokat, Trabzon, Tunceli, Van başlıca yetiştiği şehirlerdir. Ülkemizde Trakya, Marmara ve

Karadeniz bölgelerinde doğal olarak yetişen bir türdür. Kayın, gürgen, kızılğaç, kestane ve dişbudak ile karışık veya saf ormanlar kurar. 1600 m. rakımına kadar çıkar. Tüm Avrupa, Kafkaslar, İran ve Türkiye'nin çoğu bölgesinin yanı sıra, Avrupa'da da doğal yayılış alanları görülmektedir (Öztürk, 2013).

Sapsız meşenin morfolojisi incelendiğinde, bu türün, gençlikte yavaş, sonraları hızlı büyüdüğü söylenebilir. En fazla 10-30 m. boy yapar. Ulaştığı en uzun boy olarak 30 metre, ortalama genişlik olarak ise 15 metre değerleri verilebilir. Yaprakları, 6-17 cm boyunda, 3-9 cm genişliğinde, eliptik ters yumurtamsı veya uzun dikdörtgenimsi (oblong) biçimde olup dibe doğru kama gibi daralmış veya derin parçalı lopludur. İnterkalar damar yoktur veya 1-2 tane bulunabilir. Yaprak sapı 1 - 3,5 cm'dir (Öztürk, 2013).

Yetiştikleri rakımlara bakılırsa; Rakım (en düşük): *petraea* alttüründe: 10 m, *iberica* alt türünde: 50 m, *pinnatiloba* alt türünde: 220 m dir. Rakım (en yüksek): *petraea* alttüründe: 1000 m, *iberica* alttüründe: 1300-1600 m, *pinnatiloba* alt türünde: 1600 m olduğu görülür (Öztürk, 2013).

Yetiştikleri iklim koşullarına gelince, sapsız meşeler ılıman iklimlerin ağacı olmakla birlikte az yağış ve kuraklığa da dayanırlar. İlkbahar donlarına karşı duyarlıdırlar. Işık-yarıgölge ağacıdırlar ve güneş severler. İyi drenajlı, kumlu balçık, kumlu killi topraklar da iyi yetişirler. Toprak isteği bakımından kanaatkardırlar. Taze, asidik ve hafif topraklarda iyi gelişirler. Kurak topraklara dayanıklıdırlar. Ancak, su baskınları ve sellere dayanıksızdırlar. pH= 4-6 civarı değerler kendileri için optimaldir. Nem olarak da orta ve düşük değerleri sevdiği söylenebilir. Tohum ile üretilirler. Tohumlar genellikle sonbaharda veya +3 °C'de, 3 aylık soğuk katlamadan sonra ilkbaharda ekilir (Öztürk, 2013).

1.5. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, yükseklik farklılıklarından kaynaklanan ekolojik değişikliklerin, bitki morfolojisi ve fizyolojisini ne şekilde etkilediğini sapsız meşenin alt türlerinden *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. subsp. *iberica* (Steven ex Bieb.) Krassiln. örneği üzerinde ortaya koymaktır.

Çalışılan üç farklı yükseltideki, sapsız meşe popülasyonlarına ait bireylerin kıyaslanması sonucu, bu alt türün bu üç yükseltiden hangisinde optimum yaşam faaliyeti sergileyebildiği de tespit edilmeye çalışılmıştır. Böylelikle çalışılan bölgede ileriki yıllarda yapılabilecek bir ağaçlandırma çalışmasında sapsız meşe türü tercih edilecekse, hangi yükseklik kuşağına bu türün yoğunlukla ekim-dikim çalışması yapılması gerektiği ortaya konmaya çalışılmıştır.

Dünyamızın karşılaştığı en büyük sorunlardan biri olduğu düşünülen iklim değişikliği ve bunun bitki yaşamını ne derece etkileyeceği, bitkilerin değişen iklim koşullarına ne derece adapte olabilecekleri, bitkilerde gözlemlenecek morfolojik ve fizyolojik değişimler günden güne daha fazla bilim insanının araştırma sahasına girmektedir. Birçok bilim insanı, yükselti farklılıklarının sebep olduğu mikro ve makro iklimsel çeşitliliği, iklim değişikliklerinin gelecekte sebep olacağı çevresel olaylara benzetmektedir. Bu sayede de geleceğe ait çıkarsamalarda bulunabilmektedirler. Bu çalışmada da, gelecek yıllarda yaşayacağımız öngörülen aşırı sıcaklık ve radyasyon artışı, yağışların azalması, kuraklık vb. olayların sapsız meşe türü üzerinde ne gibi etkiler yapacağını, bu türün sergileyeceği adaptasyon seviyesini, günümüzde yetiştiği farklı yüksekliklerdeki durumları kıyaslanarak ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

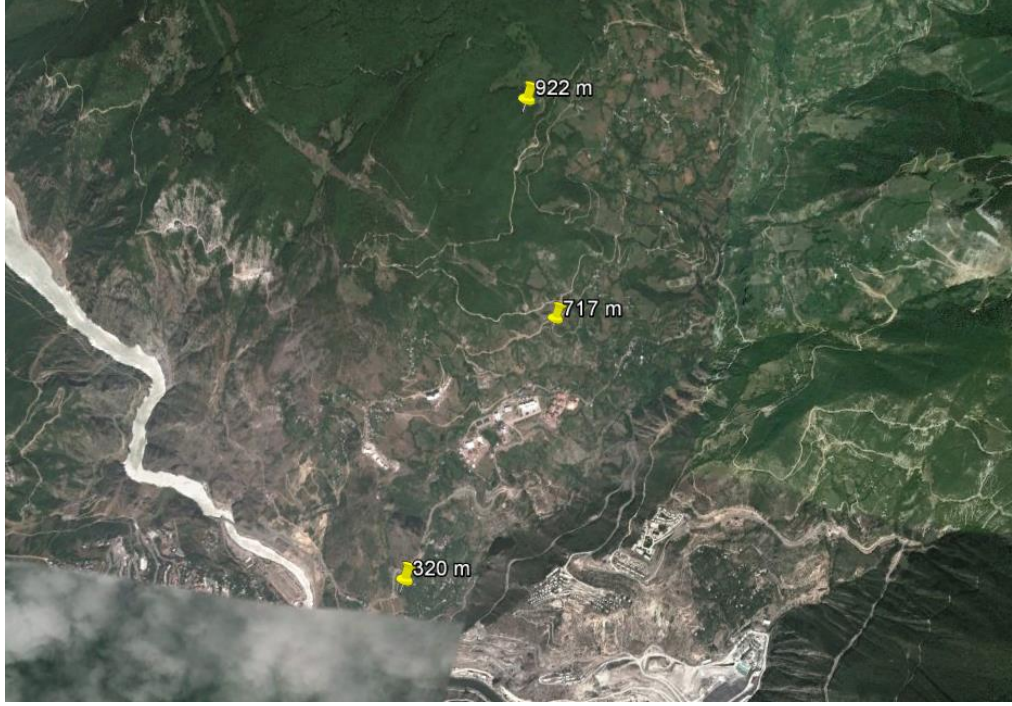
2.1. Deneme Alanlarının Genel Tanıtımı

2.1.1. Mevki ve Zaman

Deneme alanları olarak seçilen üç bölge, Artvin ili sınırları içerisinde yer almakta, şehir merkezine yaklaşık 10 km uzaklıkta bulunmaktadır. Deneme alanlarının, denizden ortalama yükseklikleri sırasıyla 320, 717 ve 922 metredir (Tablo 1 ve Şekil 2). Alanların eğim dereceleri % 10-30 arasında değişmekte ve orta eğimli arazi sınıfında kabul edilmektedirler (Çepel, 1988). 1/ 25000 Ölçekli Ulusal Toprak Veri Tabanına göre deneme alanlarının bulunduğu bölgelerin Büyük Toprak Grubu (BTG), Kahverengi Orman Toprakları (M) sınıfındadır. Alanların hakim bitki örtüsü meşedir. Alanlarda bulunan meşe türü Sapsız Meşe (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. subsp. *iberica* (Steven ex Bieb.) Krassiln.)'dir. Arazi ve laboratuvar çalışmaları vejetasyon başladıktan sonra, 2014 Yılı Mayıs ve Haziran ayları içerisinde yapılmıştır.

Tablo 1. Deneme Alanları Hakkında Genel Bilgiler

Deneme Alanı	Yükseklik (metre)	Koordinat	Eğim (%)	Bakı	Meşcere Tipi
1. D.A.	320	41.18574°K 41.84260°D	30	Güneydoğu	Mzb3
2. D.A.	717	41.20328°K 41.85160°D	10	Güneydoğu	Mzb3
3. D.A.	922	41.21261°K 41.84650°D	30	Güneydoğu	Mzb3



Şekil 2. Deneme alanlarına ait uydu görüntüleri

2.1.2. İklim

Deneme alanları yazları sıcak, kışları soğuk bir iklime sahiptir. Bununla beraber, en yüksek yağışı kış mevsimi ve sonbaharda almaktadır. 625 m’de kurulu Artvin ili merkez ilçesi Meteoroloji Gözlemevi’nden alınan meteorolojik veriler, deneme alanlarının rakımları olan 320, 717 ve 922 metrelere enterpole edilmiştir.

Yıllık ortalama yağışın her 100 m yükseltide 50-55 mm arttığı ortalama sıcaklık miktarının ise her 100 m yükseltide 0,5 °C azaldığı kabul edilmektedir (Çepel, 1988). Bu bilgidan yola çıkılarak, deneme alanlarının ortalama sıcaklık değerleri ve ortalama toplam yağış miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$S = S_0 \pm 0,5 h$$

S: Araştırma alanının sıcaklığı (°C)

S₀= Meteoroloji istasyonunda ölçülen sıcaklık miktarı (°C)

h: Araştırma alanı rakımı ile meteoroloji istasyonu rakımı farkı (hm)

$$Y = Y_0 \pm 54 h$$

Y : Araştırma alanının yağış miktarı (mm)

Y_o: Meteoroloji istasyonunda ölçülen yağış miktarı (mm)

h: Araştırma alanı rakımı ile meteoroloji istasyonu rakımı farkı (hm)

Artvin Meteoroloji İstasyonu'nun 1954-2013 yılları arasına ait meteorolojik ölçüm verilerine bakıldığında, ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu ay 20,7⁰ C ile Ağustos, en düşük olduğu ay ise 2,6⁰ C ile Ocak olduğu görülmektedir. Ayrıca en yüksek ortalama yağışın 91,2 mm ile Aralık ayında, en düşük ortalama yağışın ise 29,4 mm ile Ağustos ayında gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 2).

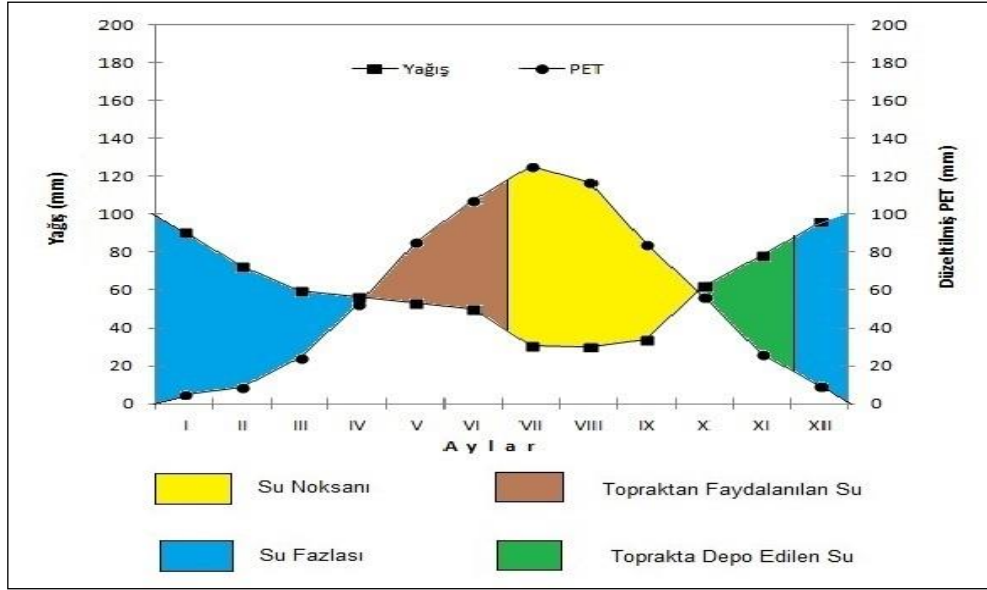
Tablo 2. Artvin iline ait ortalama meteorolojik veriler

Artvin Meteoroloji İstasyonu (Yükseklik: 625 metre, Enlem: 41.1752 K, Boylam: 41.8187 D). Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1954 - 2013)												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.6	3.8	6.9	11.8	15.7	18.6	20.6	20.7	17.9	14.0	8.9	4.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.2	8.1	12.2	17.7	21.7	24.0	25.6	26.0	23.6	19.6	13.3	7.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.3	0.3	2.7	7.1	11.1	14.1	16.7	16.9	13.9	10.1	5.6	1.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.3	3.2	4.2	5.2	6.4	7.1	6.5	6.5	6.3	4.5	3.1	2.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.0	12.7	13.3	13.1	13.9	12.3	8.4	8.0	8.6	10.9	11.2	12.0
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort. (1 kg/m ²)	83.3	73.3	62.3	55.8	51.7	48.2	31.8	29.4	35.2	59.9	76.6	91.2
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1954 - 2013)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.0	21.2	27.1	34.4	36.4	39.0	42.0	43.0	39.5	33.0	27.9	20.9
En Düşük Sıcaklık (°C)	-11.9	-11.9	-9.8	-7.1	-0.6	3.7	9.5	9.5	4.2	-1.6	-4.6	-10.8

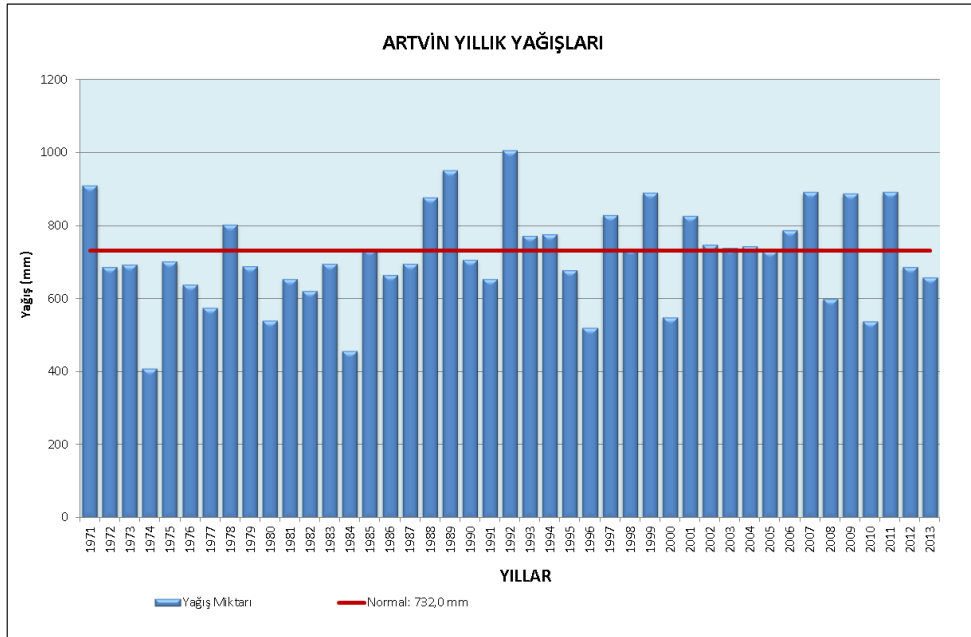
Artvin Meteoroloji İstasyonu'nun bulunduğu bölgenin, Thornthwaite iklim sınıflandırması yöntemine göre (Çepel, 1988) su bilançosu grafiğinde iklim tipi olarak "C2 B'1 s b'4" rumuzlu iklim tipine sahip olduğu yani " C2: yarı nemli, B'1: mezotermal (orta sıcaklıkta), s: su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan, b'4: yaz buharlaşma oranı: % 50" iklim tipine yakın özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. 1971-2013 yılları arası ortalama yıllık yağış 730 mm olarak gerçekleşmiştir (Tablo 3, Şekil 3 ve Şekil 4).

Tablo 3. Artvin Meteoroloji İstasyonunun 1975–2010 yıllarına ait meteorolojik ölçüm değerleri ve Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu değerleri (İstasyon yüksekliği: 625 m, Enlem: 41,17, Boylam: 41,82) (Küçük, 2013).

Bilanço Elemanları	AYLAR												Vejetasyon Devresi		YILLIK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	İç	Dış	
Sıc. (°C)	2,4	3,6	6,9	11,8	15,5	18,5	20,7	20,7	17,9	14,0	8,6	4,1			
Düz. PE PET	5,0	8,5	24,4	52,9	85,2	107,3	125,1	116,8	84,5	56,7	26,0	9,6	628,4	73,5	701,9
Yağış (mm)	90,7	72,7	59,8	56,4	53,4	49,7	30,8	30,2	33,8	62,0	78,4	96,0	316,3	397,6	713,9
Depo Değ.	-	-	-	-	-31,8	-57,6	-10,6	-	-	5,3	52,4	42,2			
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	68,2	10,6	-	-	-	5,3	57,8	100,0			100,0
Ger. Evp	5,0	8,5	24,4	52,9	85,2	107,3	41,4	30,2	33,8	56,7	26,0	9,6	407,4	73,5	481,0
Su Nok.	-	-	-	-	-	-	83,7	86,6	50,7	-	-	-	221,0	0,0	221,0
Su Faz.	85,7	64,2	35,4	3,5	-	-	-	-	-	-	-	44,1	3,5	229,4	232,9
Yüz. Akış	64,9	75,0	49,8	19,5	1,8	-	-	-	-	-	-	22,1	21,2	211,7	232,9
Nem. Oranı	17,2	7,6	1,4	0,1	-0,4	-0,5	-0,8	-0,7	-0,6	0,1	2,0	9,0			
<i>İ k l i m T i p i</i>	<i>C2 B'1 s b'4: Yarı Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan, Okyanus iklimine yakın</i>														



Şekil 3. Artvin ilinin Thornthwaite su bilancosu grafiği (Küçük, 2013)



Şekil 4. Artvin ili yıllık yağış miktarları

Üç deneme alanı için de Artvin Meteoroloji İstasyonu verileri enterpole edilmiş, ortalama sıcaklık derecelerinin ve yağış miktarlarının en yüksek ve en düşük olduğu aylar ve değerleri hesaplanmıştır (Tablo 4).

Buna göre 1. Deneme Alanı için en düşük sıcaklık $4,1^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayında, en yüksek sıcaklık ise $22,2^{\circ}\text{C}$ ile Ağustos ayında görülmektedir. Ayrıca ortalama yağışın en düşük $15,7\text{ mm}$ ile Ağustos ayında, en yüksek ortalama yağışın ise $77,5\text{ mm}$ ile Aralık ayında gerçekleştiği görülmektedir..

Tablo 4. Artvin ili için enterpole edilmiş sıcaklık ve yağış değerleri

Üç Deneme Alanı İçin Enterpole Edilmiş Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Sıcaklık ve Yağış Değerleri (1954-2013)		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
1. Deneme Alanı (320 m)	Ortalama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	4.1	5.3	8.4	13.3	17.2	20.1	22.1	22.2	19.4	15.5	10.4	5.8	13.7
	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m^2)	69.6	60	48.6	42	38	34.5	18	15.7	21.5	46.2	62.9	77.5	534
2. Deneme Alanı (717 m)	Ortalama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	2.1	3.3	6.4	11.3	15.2	18.1	20.1	20.2	17.4	13.5	8.4	3.8	11.7
	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m^2)	87.4	77.4	66.4	59.9	55.8	52.3	35.9	33.5	39.3	64	80.7	95.3	748
3. Deneme Alanı (922 m)	Ortalama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	1.1	2.3	5.4	10.3	14.2	17.1	19.1	19.2	16.4	12.5	7.4	2.8	10.7
	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m^2)	97	87	75.7	69.2	65.1	61.6	45.2	42.8	48.6	73.3	90	104.6	859

2. Deneme alanı için en düşük sıcaklığın $2,1^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayında, en yüksek sıcaklığın ise $20,2^{\circ}\text{C}$ ile Ağustos ayında olduğu görülmektedir. Ortalama yağış ise en düşük $33,5\text{ mm}$ ile Ağustos ayında, en yüksek $95,3\text{ mm}$ ile Aralık ayında görülmüştür.

3. Deneme Alanı için, en düşük sıcaklık $1,1^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayında, en yüksek sıcaklık ise $19,2^{\circ}\text{C}$ ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Ayrıca ortalama yağışın en düşük

42,8 mm ile Ağustos ayında, en yüksek ortalama yağışın ise 104,6 mm ile Aralık ayında gerçekleştiği görülmektedir.

2.1.3. Bitki Örtüsü

Deneme alanları Artvin Saçınka Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunmaktadır. 2006-2026 orman amenajman planlarına göre bu sınırlar içerisinde aşağıda belirtilen ağaç, ağaççık, çalı ve otsu bitkiler bulunmaktadır.

Ağaç Türleri: Sarıçam, Gökmar, Ladin, Fıstık Çamı, Kayın, Meşe, Gürgen, Kızılağaç, Kestane, Kayacık, Üvez, Titrek Kavak, Akçaağaç, İhlamur, Karaağaç ve Söğüt'tür.

Ağaççık ve Çalı Türleri: Porsuk, Ormangülü, Karayemiş, Fındık, Çoban Püskülü, Orman Sarmaşığı, Ahlat, Yabani Armut, Yabani Elma, Küçük Trabzon Hurması, Kızılcık, Muşmula, Alıç türleridir.

Otsu Bitkiler: Böğürtlen, Laden, Eğrelti ve Orman Çileği'dir (Anonim, 2006; Küçük, 2013).

Deneme alanlarının genel olarak hakim ağaç türü sapsız meşe (ballık meşesi)'dir. Özellikle üst yükseltideki deneme alanlarında yer yer karışıma sarıçam, ladin, gürgen ve akçaağaç da katılmaktadır (Anonim, 2006).

2.1.4. Jeolojik Yapı

Deneme alanlarında, anakaya türü olarak, kumlu kireç taşı bulunmaktadır. Artvin ilinde yayılan topraklar incelendiğinde altı grup oldukları görülmektedir. Bunlar, kırmızı topraklar, sarı podzolik topraklar, kahverengi ve kireçsiz kahverengi orman toprağı, yüksek dağ çayır toprakları, koluviyal ve alüviyal topraklardır (Anonim, 1990; Yüksek ve Ölmez, 2002). Deneme alanlarında genellikle kahverengi orman toprağı oluşumları gözlenmektedir. Artvin il merkezi civarında yer alan ve deneme alanlarının da bulunduğu kuzeydoğuya doğru uzanan kahverengi orman toprakları çoğunlukla palezoik metamorfik kayalar ve Jura-Kretase kalkerleri üzerinde oluşmuştur. Toprak profili içerisinde horizonların dağılımı A-B-C düzenindedir. Bazı durumlarda profil içerisinde B horizonuna rastlanmayabilir. Genellikle A

horizonunun iyi gelişmiş, koyu kahve renkli ve kırıntılı bir yapıda olduğu görülmektedir. Horizonlar arasındaki geçiş tedricidir. B horizonu açık kahve renkli, bazen kırmızımtırak kahverenginde, yuvarlak veya köşeli blok yapısındadır. B horizonunun alt kısımlarında kısmen kireç birikmelerine rastlanabilir. Toprak tepkimesinin de hafif asit veya nötr özellikte olduğu görülmektedir (Anonim, 1990; Yüksek ve Ölmez, 2002; Küçük, 2013). Deneme alanları dahilinde bulunan kireçsiz kahverengi orman toprakları ise değişik ana kayalardan oluşur. Renk ve baz durumu ana materyal ve organik madde miktarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Toprak profili içerisinde horizonların dağılımı A-B-C düzenindedir. Eğim değerlerinin nispeten fazla olduğu bu bölgelerde, genellikle A ve C horizonlarının geliştiği gözlenmektedir. Killi-kumlu olan A horizonu, organik madde bakımından zengindir ve renk itibariyle koyu kahverenge sahiptir. Bazı durumlarda profil içerisinde B horizonuna rastlanmayabilir. A horizonun gelişimi oldukça iyidir. A horizonu gözenekli ve kırıntılı bir yapıya sahiptir. B horizonundaki gelişim A horizonu kadar belirgin değildir ve zayıf bir gelişim gösterir. B horizonu bazen silikat kil mineralleri ile hafifçe zenginleşmiş ve yapı elemanlarına sahip durumda olabilir. Genel olarak bu horizonta kil birikimi oldukça azdır veya hiç olmayabilir. Bu katmanın oluşumu, yıkanmadan çok ayrışma sonucu ortaya çıkan değişimler ile ilgilidir. Bu horizon birçok kısımda bulunmamaktadır ve A1'in hemen altında C horizonu yer almaktadır. Horizonlar arasındaki geçiş tedricidir (Yüksek ve Ölmez, 2002; Yüksel-Erdoğan, 2009; Küçük, 2013).

2.2. Yapılan Ölçümler

2.2.1. Ağaçlarda Çap, Boy, Tepe Çatısı Ölçümleri

Her bir yükseltide gelişim çağları açısından benzer özelliklere sahip 5 ağaç seçilmiştir. Belirlenen ağaçların çapları ölçülürken mekanik çap ölçer (Haglöf Mantax Blue, Sweden) kullanılmıştır. Boy ölçümleri, Blume – Leiss boy ölçer ile yapılmış, tepe çatısı ölçümlerinde de lazer metre kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Ağaç örnekleri üzerinde çap ölçümü

2.2.2. Toprak Analizleri

Deneme alanlarından getirilen toprak örnekleri, laboratuvar ortamında kağıt üzerine serilmiş ve hava kurusu hale gelinceye kadar kurutulmuşlardır. Kurutma işlemi sonrası toprak örnekleri, porselen havanlarda öğütülmüştür. Daha sonra 2 mm'lik elekten geçirilen toprak örnekleri kilitli poşetlere aktarılarak analizlere hazır hale getirilmiştir (Irmak, 1954; Altun, 1995).

2.2.2.1. Mekanik (Tekstür) Analiz

Analize hazır hale getirilmiş toprak örnekleri (2 mm'lik elekten geçirilmiş topraklar) Bouyoucos'un hidrometre yöntemine göre mekanik analize tabi tutulmuştur (Şekil 6). Böylelikle kum, toz ve kil oranları bulunmuştur. Daha sonra, bulunan kum, toz ve kil oranlarına göre, toprak türü (tekstürü) sınıflarının ayırımı için hazırlanmış olan özel uluslararası tekstür üçgeninden (E.C. Tommerup) faydalanılarak toprak türü belirlenmiştir (Gülçur, 1974).



Şekil 6. Toprak örnekleri üzerinde mekanik (tekstür) analiz

2.2.2.2. Toprak Reaksiyonu (pH)

Üç deneme alanına ait toprak örneğinin toprak reaksiyonları (pH), pH metre (WTW pH 3310 SET 2, WTW GmbH, Weilheim, Germany) kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 7). Aktüel asitlik için yapılan analiz 1/2,5 oranında distile suda gerçekleştirilmiştir. 10'ar gramlık toprak örnekleri 25 ml distile suda bir gün bekletilmiş, sonrasında cihaz ile ölçüme geçilmiştir (Gülçur, 1974).



Şekil 7. Toprak örnekleri üzerinde pH ölçümleri

2.2.2.3. Toprak N, C, H, S İçeriği

Üç yükseltiye ait toprak örnekleri, porselen havanda öğütölmüş, 2mm'lik elekten geçirilmiş, fırın kurusu hale getirilmiştir. Hassas analitik terazide her bir yükseltiye ait toprak, 200 mg olacak şekilde kalay kapları içerisinde tartılmıştır. Toprak alkali/alkalin iyonlarını bağlamak için tungsten trioksit tozu 1:1 oranında numunelere ilave edilmiştir. Sülfanilamid günlük faktörü belirlemek için kullanılmıştır. Sonrasında MACRO cube Elementar Analysensysteme GmbH markalı cihaz ile Dumas Metodu temel alınarak, % N, C, H ve S ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Toprak N, C, H, S içeriği analizleri

2.2.2.4. Toprak Organik Maddesi Ölçümleri

Üç yükselti alanına ait toprak örneklerinin organik madde miktarını belirlemek için, modifiye edilmiş Walkley - Black ıslak yakma yöntemi (Gölur, 1974) kullanılmıştır (Şekil 9).

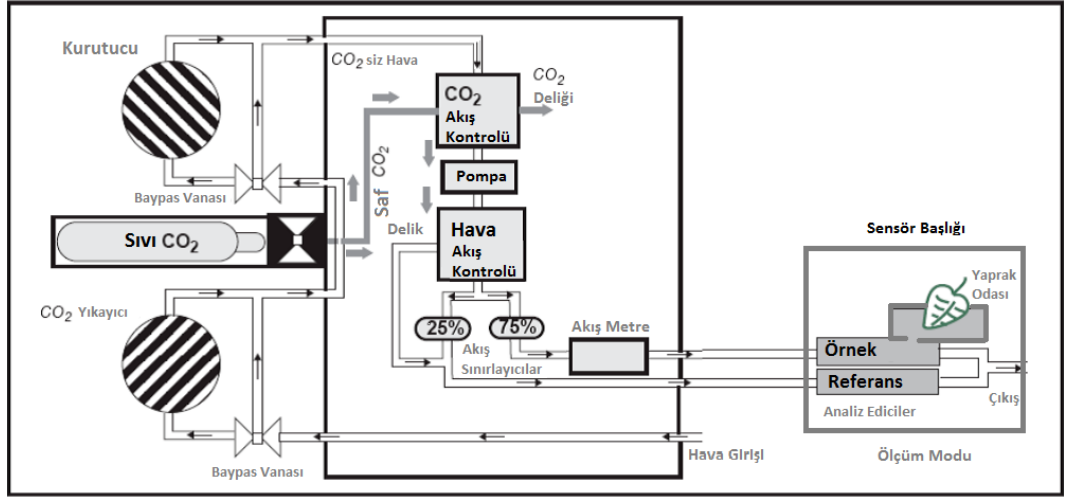


Şekil 9. Toprak organik maddesi tayini analizleri

2.2.3. Bitki Gaz Değişimi Ölçümleri

CO₂ asimilasyon hızı olarak bilinen net fotosentez hızı (P_n), stomatal iletkenlik (g_s), hücreler arası CO₂ konsantrasyonu (C_i), transpirasyon hızı (E), yaprak sıcaklığına bağlı buhar basıncı açığı (V_{pdL}) ve hücreler arası CO₂ konsantrasyonu / çevresel CO₂ konsantrasyonu (C_i / C_a) LI-6400XT portatif gaz değişim sistemi (LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska) ve ona uyumlu 6400-02B tipi yaprak odası kullanılarak ölçülmüştür.

Bu cihazın tekniği, iki hava akımının düzenlenmiş çevresel koşullar ile kıyaslanması esasına dayanır. Hava akımlarından biri referans olarak işlev görürken diğeri de örnek havası olarak temsil edilir ve de yaprağın gaz değişiminin hesaplandığı ölçüm başlığı içinden akıp geçer. Bundan yola çıkılarak, infra-red gaz analiz cihazı (IRGA) kullanılması ve de referans ve örneğin mutlak CO₂ gazı konsantrasyonlarının kıyaslanması ile kapalı bir başlık içerisindeki bir yaprağın, net fotosentetik karbon asimilasyon hızı ve diğer pek çok parametre hesaplanabilmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. LI-6400XT gaz değişim sistemine ait bir şema

Ölçümler, yapraklar dallarından koparılmadan gerçekleştirilmiştir. Her bir yükselti için benzer özelliklere sahip 5'er ağaç belirlenmiştir. Her bir ağaç için ikisi tam güneş gören ikisi de diğer yaprak ve dalların gölgesinde kalmış olmak üzere toplamda bir ağaç için 4'er yaprak üzerinde ölçümler yapılmıştır. Seçilen yaprakların azami genişlemesini yapmış, yaralanmamış, böcek istilasına uğramamış, herhangi bir hastalık belirtisi veya stresten kaynaklanan renk bozukluğu ya da kıvrılma göstermeyen, sağlıklı yapraklar olmasına dikkat edilmiştir. Güneş gören yapraklar ayrıca, diğer yapraklar tarafından örtülmeyen, ağaçların çeşitli metodlar ile erişilebilen en yüksek ve dış bölgelerinde bulunan yapraklar arasından seçilmiştir. Ölçümde kullanılacak cihaz ve ekipmanlar, önceden kontrol edilmiş, kalibrasyonları yapılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. LI-6400XT cihazının ölçümlere hazır hale getirilmesi

Çevresel etkilerin minimize edilebilmesi için ölçümler için bulutsuz günler seçilmiş ve de yapay ışık kaynağı kullanılmıştır. 6400-02B tipi yaprak odası, LED ışık kaynağı olarak da işlev görebilmektedir. Bu LED kaynağı, sırasıyla 665 nm ve 470 nm dalga boyunda kırmızı ve mavi ışık verebilen LEDler olarak dizayn edilmiştir. Böylelikle, istenirse 6 cm² lik bir alan üzerine 2000 µmol foton m⁻² s⁻¹'e varan bir şiddette ışık verebilmektedir.

Ölçüm öncesi, meşe ağacı üzerine daha önce yapılmış çalışmalardan yola çıkılarak, gaz ölçümlerinden maksimum verim elde edebilmek için, ölçüm odası CO₂ konsantrasyonu, CO₂ mikserleri kullanılarak 400 µmol CO₂ mol⁻¹'e, PAR (Fotosentetik Aktif Işınım) 1500 µmol foton m⁻² s⁻¹'e, blok sıcaklığı 20 °C'ye ve hava akışı da 500 µmol hava s⁻¹'e ayarlanmıştır. Ölçüm aletinin yaprak odası içine standart olarak yaprakların 6 cm² alanlık kısmı yerleştirilmiş, ölçümler bu oran üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Her bir yaprak için, P_n değerlerinin stabil hale gelmesini sağlayan kısa bir adaptasyon süresi geçirildikten sonra (2-10 dakika arası) değerler ölçülmeye başlanmıştır. Buhar basıncı hesaplaması, yaprak sıcaklığı baz alınarak yapılmıştır.

Her bir yaprak üzerinde periyodik zaman aralıklarında 10 ölçüm değeri kaydedilmiş, daha sonra ikisi ışık gören ikisi de gölgede kalan yapraklar için olmak üzere bu değerlerin ortalaması alınmıştır.

Toplamda, her bir yükselti için 5 ağaç üzerinde ikişer güneş ve ikişer gölge yaprağı olmak üzere, 3 yükselti için, 30 güneş ve 30 gölge yaprağı üzerinde gaz değişimi ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 12). Ölçümler, istatistik analizlerine tabii tutularak, yükselti farklılıklarının yaprak gaz değişimlerine etkileri yorumlanmıştır.



Şekil 12. LI-6400XT cihazı ile arazide gaz değişimi ölçümleri

2.2.4. Yaprak Su Potansiyeli Ölçümleri

Su potansiyeli ölçümleri, portatif bir su potansiyeli sistemi (Psypro, Wescor Inc., Logan, Utah, USA) ve onunla uyumlu örnek odaları (C-52, Wescor Inc., Logan, Utah, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler havanın açık olduğu günlerde ve gün ortası saatlerde gerçekleştirilmiştir. Toplamda, her bir yükselti için 5 ağaç üzerinde birer güneş ve gölge yaprağı olmak üzere, 3 yükselti için, 15 güneş ve 15 gölge yaprağı üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Su potansiyelini ölçmek için, üzerinde herhangi bir yaralanma izi, renk farklılığı, hastalık belirtisi olmayan, sağlıklı, tam genişlemiş yapraklar seçilmiştir. Yaprakların orta kısımlarından, damarlara denk gelmeyecek şekilde el delgeci aleti ile 6 mm çapında diskler alınmıştır.

Alınan diskler hızlı bir şekilde, örnek odalarının disk yuvalarına yerleştirilmiştir. Su potansiyeli ölçümlerinden önce sıcaklık ve su buharı dengesinin sağlanması için 60 dakika beklenmiş, sonra ölçümlere geçilip, yaprak su potansiyelleri psikrometrik modda MPa olarak kaydedilmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Arazide yaprak su potansiyeli ölçümleri

2.2.5. Yaprak Genel Karakteristiği Analizleri

2.2.5.1. Toplam Klorofil İçeriği (SPAD)

Gaz değişimi ölçümleri için belirlenmiş yapraklar üzerinde, toplam klorofil içeriği ölçümleri yapılmıştır. Bundan amaç, klorofil içerik değerleri ile bitkilerin gerçekleştirdiği fotosentez, stomatal iletkenlik, terleme vb. ölçülen bir çok özelliğin ilişkili olup olmadığını görmek, ilişki varsa derecesi ve yönünü tespit etmektir.

Klorofil içeriği ölçümü için portatif bir klorofilmetre (SPAD 502Plus, Konica Minolta, Osaka, Japan) tercih edilmiştir. Böylelikle yaprakların dallarından koparılmasına bile gerek kalmaksızın çok kısa sürede, aynı şartlar altında ölçümler gerçekleştirilebilmiştir.

SPAD 502Plus, iki dalga boyu bölgesinde yaprak absorbansını ölçerek yapraktaki klorofil miktarını belirlemektedir. % 80 aseton ile yapraklardan klorofil ekstraksiyonu yapılır ve bu klorofillerin spektral absorbans grafikleri çizilirse, klorofillerin mavi (400 – 500 nm) ve kırmızı (600 – 700 nm) bölgelerde absorbans pikleri ortaya koyduğu, ancak yakın-infrared bölgede absorbans göstermedikleri görülür.

Klorofillerin bu karakteristik özelliğinden yola çıkılarak, SPAD-502Plus kırmızı ve yakın-infrared bölgelerde yaprak absorbanları ölçer. Bu iki absorbanı kullanarak cihaz, yapraktaki klorofil miktarı ile orantılı sayısal bir SPAD değeri hesaplar. Portatif bir klorofilmetre ile klorofil içeriği ölçümü yapılması, geleneksel metodlara göre bazı avantajlar sağlamaktadır. Ölçümlerin aynı çevresel şartlar altında kısa sürede bitirilebilmesi, düşük maliyetli olması, çok sayıda örneğin geniş alanlarda incelenebilmesi, her bir örnek üzerinde çok sayıda ölçüm yapılabilmesi ve ortalama alma şansının bulunması, örneklerin canlılığını sürdürmesi ve örnekler üzerinde daha sonraki dönemlerde de ölçüm yapma imkanının olması vb. bu cihazlarla ölçüm yapmanın getirdiği avantajlardan bazılarıdır.

Daha önce de ifade edildiği gibi gaz değişimi ölçümleri için belirlenmiş, herhangi bir renk değişimine uğramamış sağlıklı yapraklarda, tam güneş gören ve gölgede kalan ayrımı yapılarak klorofil içerik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Toplamda her bir yükseltideki 5 ağaç üzerinde ikişer güneş ve ikişer gölge yaprağı olmak üzere, üç yükselti için, 30 tam güneş gören yaprak ve 30 da gölgede kalan yaprak üzerinde ölçümler yapılmıştır. Sağlıklı sonuçlar alabilmek için yaprakların üzerinde toz olma ihtimaline karşı, dikkatli bir şekilde yaprak yüzeyleri temizlenmiştir. Cihazın direkt güneş ışığına maruz kalmasının sonuçlar üzerinde istenmeyen etkiler yaptığı bilgisinden yola çıkılarak, güneşe karşı duruş yönü ve tutuş açısına azami dikkat edilmiştir. Tüm bu hazırlıklardan sonra her bir yaprakta, damarlara denk gelmeyen ve yaprağın farklı bölgelerinden olmak kaydıyla 10'ar ölçüm yapılmış, sonra bu 10 ölçümün ortalaması o yaprağa ait klorofil içerik (SPAD) değeri olarak kaydedilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. SPAD-502Plus portatif klorofilmetre ile klorofil içerik ölçümü

2.2.5.2. Kuru Ağırlık, SLA, LMA, LDMC Ölçümleri

Daha önce gaz değişimi ve klorofil içerik ölçümleri tamamlanmış aynı 30 güneş ve 30 gölge yaprağı üzerinde, Perez- Harguindeguy ve ark. (2013)'nın, belirttikleri metoda göre SLA, LMA ve LDMC hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Yaprakların SLA, LMA ve LDMC değerleri gün içerisinde ciddi değişimler göstermektedir. Bu yüzden daha önceki çalışmalardan elde edilen bulgulara göre, yaprakların gün doğumundan en az 2-3 saat sonrası ve gün batımından en az 3-4 saat öncesi zaman aralığında toplanmasına standardizasyon açısından azami dikkat edilmiştir.

Aynı yapraklar üzerinde SLA, LMA ve LDMC hesaplamalarının tümü gerçekleştirilmiştir. Seçilen yapraklar, gaz değişimi ve klorofil içerik ölçümleri tamamlandıktan sonra, sapları ile beraber dallarından ayrılmış ve hızlıca nemli filtre kağıtları arasına konularak, numaralandırılmış kilitli plastik poşetlere aktarılmıştır. Poşetler kapatılmadan, içlerine hava üflenerek CO₂ miktarı ve hava nemi arttırılmaya çalışılmış, böylelikle de transpirasyonal su kaybının azaltılması amaçlanmıştır. Ağzı kapatılan kilitli poşetler, daha önceden soğutucuda dondurulmuş özel buz kasetlerinin bulunduğu portatif soğuk saklama ve taşıma çantasına yerleştirilmiştir.

Soğuk saklama ve taşıma çantasına alınan poşetler içindeki yapraklar, mümkün olan en kısa sürede diğer ileri çalışmalar için laboratuvara ulaştırılmıştır. Bu yapraklar daha sonra, distile su ile doldurulmuş, sığabilecekleri ebatlardaki plastik kaplara aktarılmıştır. Bu işlemi takiben plastik kaplar, buzdolabında +4°C de 24 saat bekletilmiştir. Bu süre zarfında belli aralıklarla, yapraklarda çürüme olup olmadığı kontrol edilmiştir. Herhangi bir çürüme olayı gözlenmemiştir. Belirtilen süre sonunda, yaprakların distile su altında, sapları kesilmiştir. Tüm bu prosedür sayesinde (yaprakları su dolu plastik kaplarda saklama ve su altında yaprak sapı kesimi), yaprakların tam olarak rehidrasyona uğradığından emin olunmuştur. Böylelikle, suya doymuş SLA, LMA ve LDMC hesaplanabilmiştir.

Rehidrasyon prosedürünü takiben, yaprak yüzeyleri kurutma kağıtları ile dikkatlice kurulanmış, yüzeydeki su ve nem uzaklaştırılmıştır. Devamında suya doymuş yaprak taze ağırlıkları hassas analitik terazide (XB220A, Precisa) ölçülmüştür.

Ağırlık ölçümü tamamlanan yapraklar, numaralandırılmış çelik tepsilere konup, kurutma fırınında 70 °C de, 72 saat bekletilmiştir. Süre sonunda yaprakların sabit ağırlığa geldiğinden emin olunduktan sonra, yapraklar tekrar hassas analitik terazide tartılmıştır. Kurumuş yaprakların havanın nemini hızla tutup ağırlık artışı yaşamasını engellemek için, ölçümler çok süratli bir şekilde gerçekleştirilmiş, yapraklar grup grup fırından çıkartılıp tartılmıştır (Şekil 15).



Şekil 15. Yaprakta kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC ölçümleri. a) Yaprakların distile su ile ıslatılarak kilitli poşetlere aktarılması b) Poşetlerin buz kasetleri arasında soğuk saklama ve taşıma kabı ile araziden getirilmesi c) Yaprakların +4°C ye yerleştirilmeden önce distile su dolu kapların içine konması d) Yapraklarda suya doymuş taze ağırlık ölçümleri e) Yaprakların kurutma öncesi numaralandırılarak fırın tepsilere dizilmesi f) Kurutma fırınında 70°C de 72 saat bekletme g) Fırın kurusu hale gelmiş yapraklar h) Yapraklarda kuru ağırlık ölçümleri i) Sonraki analizler için tekrar kilitli poşetlere aktarılmış yapraklar.

SLA, LMA ve LDMC hesaplamalarında aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$\text{Spesifik Yaprak Alanı (mm}^2\text{.mg}^{-1}\text{)} = (\text{SLA}) = \frac{\text{Toplam Yaprak Alanı (mm}^2\text{)}}{\text{Toplam Yaprak Kuru Ağırlığı (mg)}}$$

$$\text{Alan Başına Yaprak Kütlesi (mg.mm}^{-2}\text{)} = (\text{LMA}) = 1/\text{SLA}$$

$$\text{Yaprak Kuru Madde İçeriği (mg.g}^{-1}\text{)}$$

$$(\text{LDMC}) = \frac{\text{Yaprak Kuru Ağırlığı (mg)}}{\text{Suya Doymuş Taze Yaprak Ağırlığı (g)}}$$

2.2.5.3. Yaprakta Boy, En, Alan Ölçümleri

SLA, LMA ve LDMC ölçümleri yapılan yaprakların, fırında kurutulmaya alınmadan önce, AM-350 yaprak alan ölçer (ADC BioScientific, Hoddesdon, Herts, England) cihazı ile en, boy ve alan yönünden ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. AM-350 cihazı ile yaprakta boy, genişlik, alan ve oran faktörü ölçümleri

2.2.5.4. Yaprak % N, C, H, S İçeriği

Bitki materyallerinde N, C, H, S analizlerinin yapılabilmesinde, bitkilerin çok düşük S içeriklerinin ve bunun yanı sıra yüksek C içeriklerinin bulunması, bu tip elementlerin eş zamanlı ölçümü için güçlükler doğurmaktadır. Ayrıca bitki örneklerinin doğal olarak sergiledikleri düşük homojenlik, analizi yapılacak örnek ağırlık miktarlarını da önemli kılmaktadır. Bu yüzden daha önceki çalışmalar incelenerek, vario MACRO cube Elementar Analysensysteme GmbH markalı cihazın N,C,H,S analizleri için oldukça uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu cihaz ile tek bitki örneği üzerinde eş zamanlı olarak N,C,H,S analizleri yapılabilmektedir. Ayrıca homojenliğin sağlanabilmesi için yüksek ağırlık miktarları ile de çalışılabilmektedir.

Bitki yapraklarında N,C,H,S analizlerinde kullandığımız bu cihaz Dumas Metodu'nu baz alarak ölçüm yapmaktadır. Referans Standart olarak Sulfanilamide kullanılmıştır. Daha önce SLA, LMA ve LDMC gibi hesaplamalar için fırın kurusu hale getirilen aynı 60 yaprak, porselen havanlarda, toz hale gelinceye kadar öğütülmüş, sonra da 100'er mg ağırlığa sahip olacak şekilde kalay kapları içerisinde tartılmıştır. Toprak alkali/alkalin iyonlarını bağlamak için tungsten trioksit tozu 1:1 oranında numunelere ilave edilmiştir. Sülfanilamid günlük faktörü belirlemek için kullanılmıştır. Her bir örnek, analiz edilerek, ortalama N,C,H,S içeriği yüzde olarak hesaplanmıştır (Şekil 17).



Şekil 17. Vario Macrocube cihazı ile yaprakta % N,C,H,S içerik analizi

2.2.6. İstatistiksel Analizler

Bitki örnekleri üzerinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA), korelasyon analizi gibi çeşitli istatistiksel analizler yapılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkların karşılaştırılması için Tukey HSD homojenlik testi uygulanmıştır. İstatistiksel analizlerin yapılmasında SPSS paket programından faydalanılmıştır (SPSS 16.0).

3. BULGULAR

3.1. Ağaçlarda Çap, Boy, Tepe Çatısına İlişkin Bulgular

Her bir yükselti alanında belirlenen 5'er ağaç üzerinde çap, boy ve tepe çatısı ölçümleri sonucu elde edilen değerler Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Ağaçlarda çap, boy, tepe çatısı ölçümlerine ait değerler

1. Deneme Alanı (320 m)				2. Deneme Alanı (717 m)				3. Deneme Alanı (922 m)			
Ağaç	Çap (cm)	Boy (m)	Tepe Çatısı (m)	Ağaç	Çap (cm)	Boy (m)	Tepe Çatısı (m)	Ağaç	Çap (cm)	Boy (m)	Tepe Çatısı (m)
1	16.2	5.5	2.5	1	16.1	9	3.4	1	10,5	8	3
2	13.3	5	2.5	2	15.3	8.7	3.2	2	18	10	4
3	18.5	6.5	3.6	3	14	7.1	2,9	3	13	6.5	2.5
4	17.5	6.6	3.2	4	13.7	7.6	3.1	4	12.5	7.5	2.5
5	27	9	3.5	5	12.9	7.3	3.1	5	13.5	7	2.2
Ort.	18.5	6.52	3.06	Ort.	14.4	7,94	3,14	Ort.	13,5	7.8	2.84

3.2. Toprak Analizlerine İlişkin Bulgular

3.2.1. Mekanik (Tekstür) Analizine İlişkin Bulgular

Üç yükselti alanından alınan topraklar üzerinde gerçekleştirilen mekanik (tekstür) analiz sonucunda elde edilen bulgulara göre belirlenen toprak çeşitleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Toprak örneklerine ait mekanik (tekstür) analiz sonuçları

Deneme Alanı	% Kum	% Kil	% Toz	Toprak Türü
1. D.A. (320 m)	76.72	9.28	14	Kumlu Balçık
2. D.A. (717 m)	56.08	12.28	31.64	Balçık
3. D.A. (922 m)	53.72	20.28	26	Killi Balçık

3.2.2. Toprak Reaksiyonuna (pH) İlişkin Bulgular

Üç yükselti alanından alınan topraklar üzerinde laboratuvar ortamında gerçekleştirilen toprak reaksiyonu (pH) analizi sonucunda elde edilen bulgular Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Deneme alanlarına ait toprak pH değerleri

Deneme Alanı	pH
1. Deneme Alanı (320 m)	7,39
2. Deneme Alanı (717 m)	7,54
3. Deneme Alanı (922 m)	6,04

3.2.3. Toprak N, C, H, S İçeriğine İlişkin Bulgular

Üç yükselti alanından getirilen toprak örnekleri üzerinde yapılan elemental toprak analizi sonucunda deneme alanlarına ait % N, C, H, S değerleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Toprak örneklerine ait % N, C, H, S değerleri

Deneme Alanı	Toprak N (%)	Toprak C (%)	Toprak H (%)	Toprak S (%)
320 metre	0,08	1	0,543	0,066
717 metre	0,19	2,93	1,212	0,015
922 metre	0,22	3,16	1,163	0,023
Ortalama	0,163	2,363	0,9727	0,0347

3.2.4. Toprak Organik Maddesine (%) İlişkin Bulgular

Üç yükselti alanından alınan toprak örnekleri üzerinde gerçekleştirilen toprak organik madde içeriği tayin analizi sonucu elde edilen bulgular Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Toprak örneklerine ait organik madde değerleri

Deneme Alanı	Organik Madde (%)
1. D.A. (320 m)	3.418
2. D.A. (717 m)	1.235
3. D.A. (922 m)	1.367

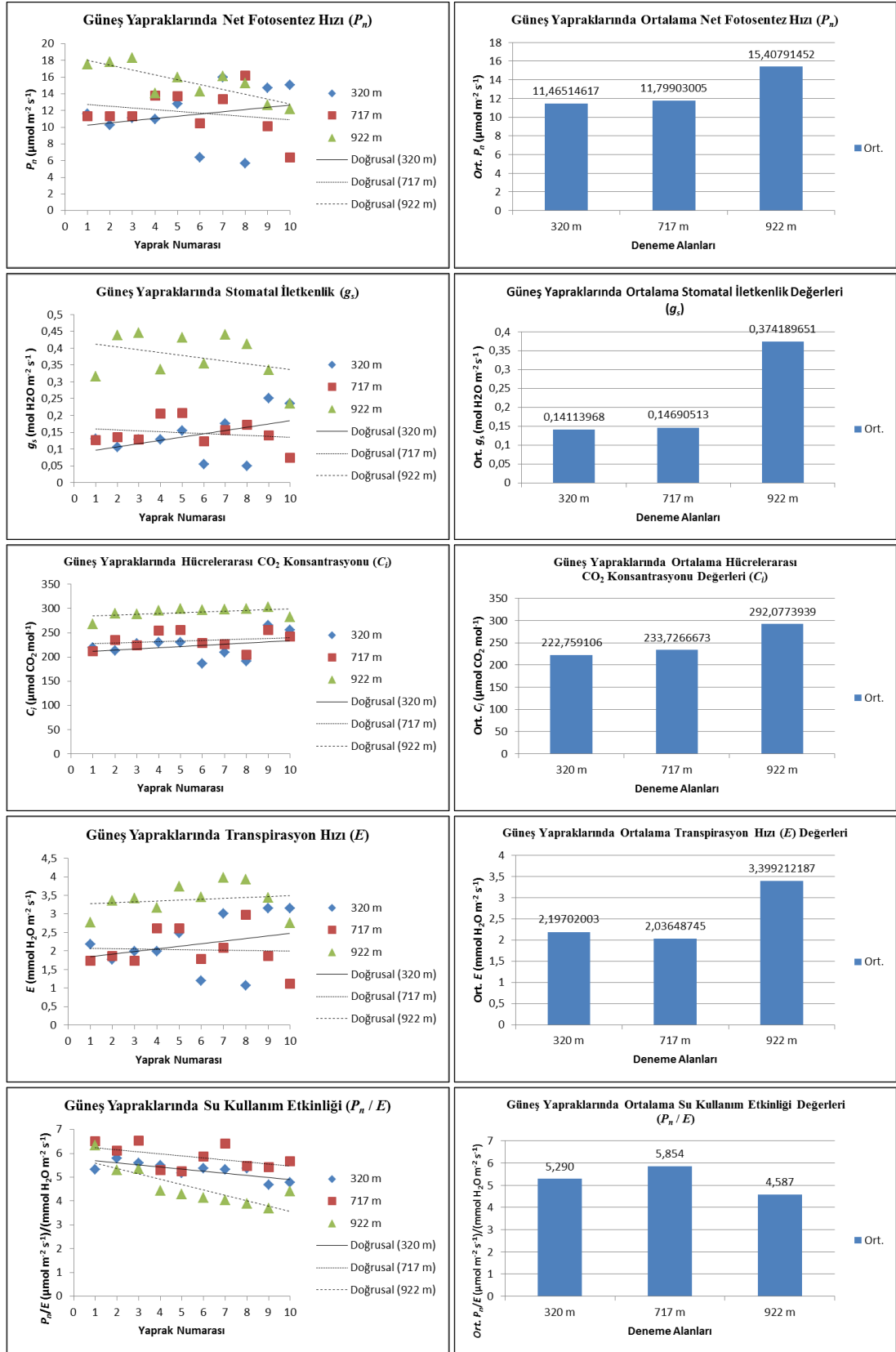
3.3. Bitki Gaz Değişimlerine İlişkin Bulgular

3.3.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Bulgular

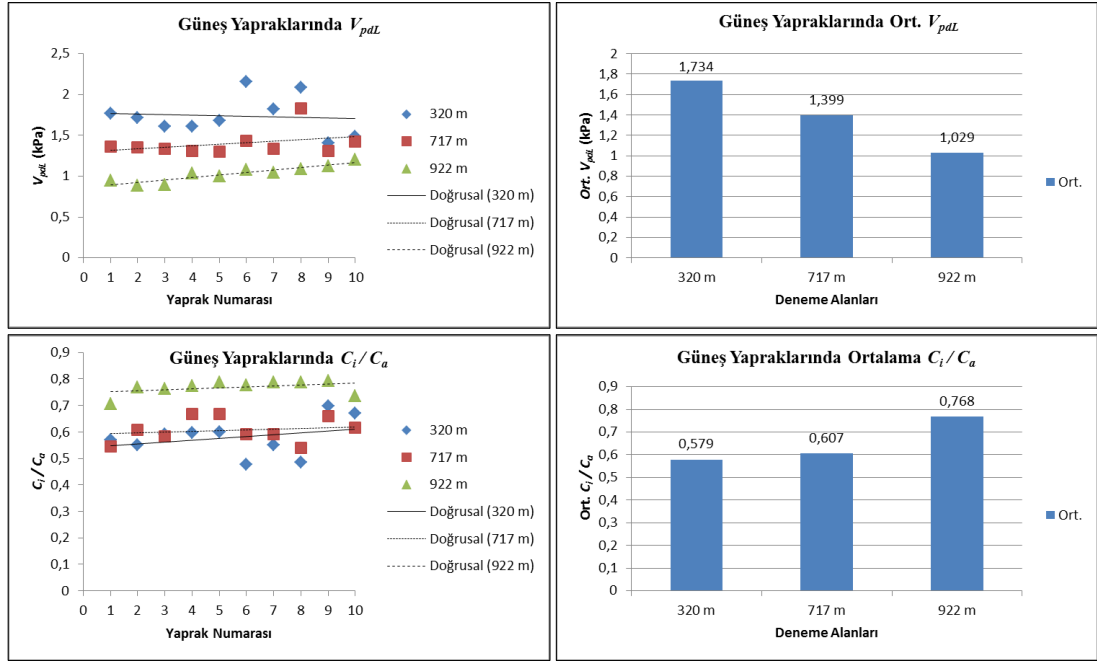
Üç yükseltide seçilen 5’er ağaç üzerinde bulunan 10’ar güneş yaprağı üzerinde gaz değişimi ölçümleri sonucunda elde edilen bulgular Tablo 10, Şekil 18 ve Şekil 19’da verilmiştir.

Tablo 10. Tam güneş gören yapraklara ait gaz değişimi ölçümü değerleri

Yükselti	Yaprak No	P_n ($\mu\text{mol m}^{-2}$ s^{-1})	g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}$ s^{-1})	C_i ($\mu\text{mol CO}_2$ mol^{-1})	E ($\text{mmol H}_2\text{O}$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	P_n / E	V_{pdL} (kPa)	C_i / C_a
320 metre	z1g1	11,629472	0,1290443	219,62024	2,1839083	5,325073402	1,7635857	0,5703872
	z1g2	10,283974	0,1058179	212,86451	1,7729004	5,800649602	1,7166494	0,5503276
	z2g1	11,092584	0,1282415	227,92039	1,9819584	5,596779428	1,6049216	0,5916308
	z2g2	10,9767672	0,1283892	229,61732	1,9935012	5,506275692	1,6115332	0,595998
	z3g1	12,820379	0,155226	230,4926	2,4759118	5,178043499	1,6802519	0,6001176
	z3g2	6,3886061	0,0542754	186,60453	1,1904147	5,366706325	2,1576937	0,4755863
	z4g1	16,003744	0,1762143	209,32608	3,0107046	5,315614159	1,8204851	0,5514881
	z4g2	5,6971784	0,0499201	190,64566	1,0626344	5,361372077	2,0896125	0,4861766
	z5g1	14,68535	0,250024	265,25697	3,1462711	4,667541205	1,4067366	0,6963839
	z5g2	15,073407	0,2342441	255,24276	3,1519954	4,782179251	1,4891711	0,6707011
	Ort.	11,46514617	0,14113968	222,759106	2,19702003	5,290023464	1,7340641	0,5788797
717 metre	y1g1	11,343437	0,1262834	211,3798432	1,7399731	6,519317454	1,3611996	0,546286
	y1g2	11,33891	0,135696	235,0318	1,855655	6,110462343	1,351066	0,607268
	y2g1	11,349087	0,1282732	223,78224	1,7345463	6,542971496	1,3309742	0,5819401
	y2g2	13,77594	0,205961	254,784	2,604445	5,289395629	1,3042	0,666383
	y3g1	13,691511	0,2063024	255,48286	2,6041793	5,257514719	1,3028088	0,6681799
	y3g2	10,483868	0,1228924	228,68862	1,790847	5,85413941	1,4315921	0,5912405
	y4g1	13,340006	0,1560627	226,10433	2,0831593	6,403737823	1,3369027	0,5905612
	y4g2	16,19807	0,172158	204,2878	2,968109	5,457370332	1,830935	0,538532
	y5g1	10,1171973	0,1409119	255,60843	1,8652195	5,42413228	1,3114564	0,6593984
	y5g2	6,3522742	0,0745103	242,11675	1,118741	5,678056136	1,4254373	0,6167682
	Ort.	11,79903005	0,14690513	233,7266673	2,03648745	5,853709762	1,3986572	0,6066557
922 metre	x1g1	17,523366	0,3158994	267,82655	2,7624593	6,343393367	0,9453461	0,7068222
	x1g2	17,787232	0,43787	289,90114	3,3557791	5,300477615	0,886607	0,7685055
	x2g1	18,334103	0,4451964	287,99415	3,4234013	5,355522591	0,893757	0,7640315
	x2g2	14,051805	0,3361857	295,72097	3,1721498	4,429741937	1,0316576	0,7735068
	x3g1	15,96086122	0,431258305	299,5858886	3,733370566	4,275188048	0,9969184	0,7881126
	x3g2	14,25766	0,3536631	296,69716	3,4463594	4,137020649	1,0777631	0,7755026
	x4g1	16,092716	0,4405383	298,41778	3,9818712	4,041495868	1,0453511	0,7882363
	x4g2	15,244403	0,4124114	299,71474	3,9248351	3,884087512	1,0837696	0,7886562
	x5g1	12,676071	0,3345656	303,03751	3,4395522	3,685384103	1,1200016	0,7919062
	x5g2	12,150928	0,2343083	281,87805	2,7523439	4,414756455	1,2068981	0,7345006
	Ort.	15,40791452	0,374189651	292,0773939	3,399212187	4,586706814	1,028807	0,767978



Şekil 18. Tam güneş gören yapraklarda P_n , g_s , C_i , E , P_n/E değerleri



Şekil 19. Tam güneş gören yapraklarda V_{pdL} ve C_i/C_a değerleri

Her yükseltide 5'er ağaç üzerinde ölçümü gerçekleştirilen, tam güneş gören yapraklara ait gaz değişimi değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı ortaya koydukları farklılıkların tespiti için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır (Tablo 11).

Uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre, tam güneş gören yaprakların, net fotosentez hızı (P_n), stomatal iletkenlik (g_s), hücrelerarası CO_2 konsantrasyonu (C_i), transpirasyon hızı (E), su kullanım etkinliği (P_n / E), yaprak sıcaklığına bağlı buhar basıncı açığı (V_{pdL}), hücreler arası CO_2 konsantrasyonu / çevresel CO_2 konsantrasyonu (C_i / C_a) değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı farklar gösterdiği tespit edilmiştir ($p < 0,05$) (Tablo 11).

Tablo 11. Tam güneş gören yaprakların yükseltiye bağlı gaz değişim farklılıklarının varyans analizi

Tam Güneş Gören Yapraklar		Kareler Toplamı	df (Serbestlik Derecesi)	Kareler Ortalaması	F oranı	Önem Düzeyi (P<0,05)
Net Fotosentez Hızı (P_n)	Gruplar Arası	95,603	2	47,802	6,103	0,007
	Gruplar İçi	211,461	27	7,832		
	Toplam	307,064	29			
Stomatal İletkenlik (g_s)	Gruplar Arası	0,353	2	0,177	48,355	0
	Gruplar İçi	0,099	27	0,004		
	Toplam	0,452	29			
Hücreler Arası CO ₂ Konsantrasyonu (C_i)	Gruplar Arası	27767,1	2	13883,5	38,802	0
	Gruplar İçi	9660,61	27	357,8		
	Toplam	37427,7	29			
Transpirasyon Hızı (E)	Gruplar Arası	11,094	2	5,547	15,952	0
	Gruplar İçi	9,389	27	0,348		
	Toplam	20,482	29			
Su Kullanım Etkinliği (P_n/E)	Gruplar Arası	8,059	2	4,029	11,394	0
	Gruplar İçi	9,549	27	0,354		
	Toplam	17,608	29			
Buhar Basıncı Açığı (V_{pdL})	Gruplar Arası	2,489	2	1,244	40,248	0
	Gruplar İçi	0,835	27	0,031		
	Toplam	3,324	29			
(C_i / C_a)	Gruplar Arası	0,209	2	0,104	39,954	0
	Gruplar İçi	0,07	27	0,003		
	Toplam	0,279	29			

Tam güneş gören yapraklar, homojen grupların tespit edilmesi amacıyla Tukey HSD Testi'ne tabi tutulmuştur. Tam güneş gören yaprakların, ortalama net fotosentez hızı (P_n), stomatal iletkenlik (g_s), hücrelerarası CO₂ konsantrasyonu (C_i), hücreler arası CO₂ konsantrasyonu / çevresel CO₂ konsantrasyonu (C_i / C_a) değerleri, yükselti artışı ile birlikte artış göstermiştir. Ölçülen bu bitkisel özellikler açısından 320 metre ve 717 metre yükselti alanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmazken, 922 metre yükselti alanının bu iki yükselti alanından kuvvetli fark gösterdiği bulunmuştur (Tablo 12).

Tam güneş gören yapraklarda, ortalama transpirasyon hızı (E), minimum olarak 2,036487 (mmol H₂O m⁻² s⁻¹) ile 717 metredeki alanda, maksimum olarak ise 3,399212 (mmol H₂O m⁻² s⁻¹) ile 922 metredeki alanda ölçülmüştür. Genel olarak, yükselti artışı ile beraber ortalama transpirasyon hızı (E) değerleri artış gösterse de, 320 metre ve 717 metre alanları arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark tespit edilememiş, ancak 922 metredeki alanın bu iki alandan kuvvetli fark sergilediği bulunmuştur (Tablo 12).

Tam güneş gören yapraklarda su kullanım etkinliği (P_n / E), 922 metredeki alanda minimum, 717 metredeki alanda maksimum bulunmuştur. İstatistiki analizler sonucunda, 320 metre ve 717 metre yükselti alanları arasında anlamlı bir fark saptanamamış, 922 metre yükselti alanının ise diğer iki yükselti alanından kuvvetli fark gösterdiği anlaşılmıştır (Tablo 12).

Tam güneş gören yapraklarda ölçülen, yaprak sıcaklığına bağlı buhar basıncı açığı (V_{pdL}), yükselti artışına bağlı olarak azalmaktadır. Yapılan istatistik analizler sonucunda üç yükselti alanında da birbirlerinden anlamlı farklılıklar sergilediği saptanmıştır (Tablo 12).

Tablo 12. Yükseltinin güneş yapraklarında gaz değişimi olayları üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları

Güneş Yaprakları				
	Yükselti	N	Ort.	HG
P_n ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	320 m	10	11,465	b
	717 m	10	11,799	b
	922 m	10	15,407	a
g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Yükselti	N	Ort.	HG
	320 m	10	0,1411	b
	717 m	10	0,1469	b
	922 m	10	0,3741	a
C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$)	Yükselti	N	Ort.	HG
	320 m	10	222,759	b
	717 m	10	233,726	b
	922 m	10	292,077	a
E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Yükselti	N	Ort.	HG
	320 m	10	2,197	b
	717 m	10	2,036	b
	922 m	10	3,399	a
P_n/E	Yükselti	N	Ort.	HG
	320 m	10	5,29	a
	717 m	10	5,853	a
	922 m	10	4,586	b
V_{pdL} (kPa)	Yükselti	N	Ort.	HG
	320 m	10	1,734	a
	717 m	10	1,398	c
	922 m	10	1,028	b
C_i / C_a	Yükselti	N	Ort.	HG
	320 m	10	0,578	b
	717 m	10	0,606	b
	922 m	10	0,767	a

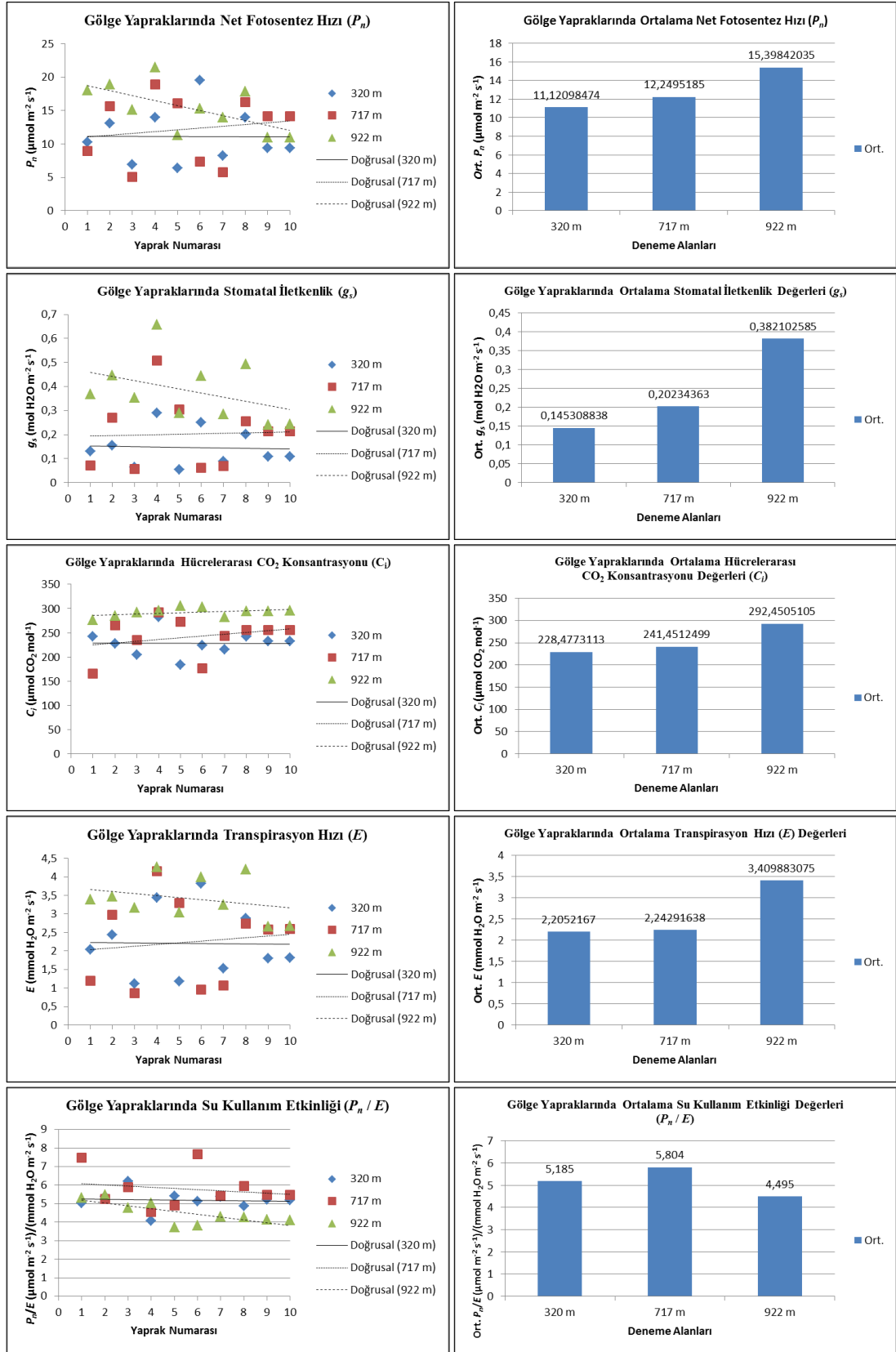
N: Örnek Sayısı, HG: Homojen Gruplar, a: en yüksek değere sahip grup, b: en düşük değere sahip grup

3.3.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Bulgular

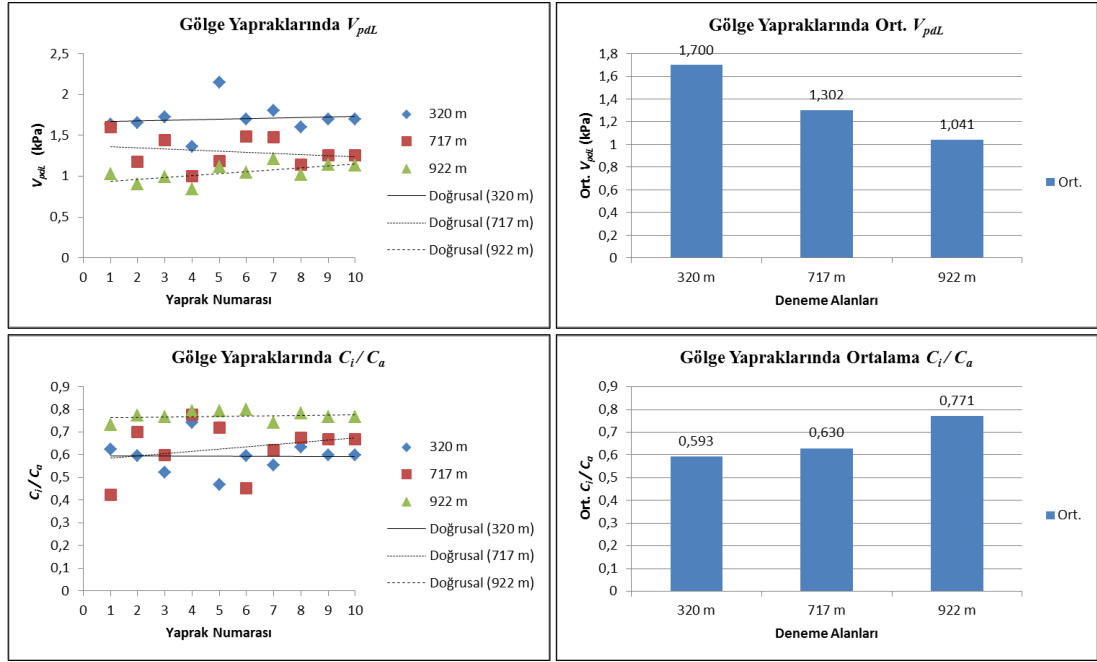
Üç yükselti alanında seçilen 5'er ağaç üzerinde bulunan 10'ar gölge yaprağı üzerinde gaz değişimi ölçümleri sonucunda elde edilen bulgular Tablo 13, Şekil 20 ve Şekil 21'de verilmiştir.

Tablo 13. Gölgede kalan yapraklara ait gaz değişimi ölçüm değerleri

Yükselti	Yaprak No	P_n ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$)	E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	P_n / E	V_{pdL} (kPa)	C_i / C_a
320 metre	z1k1	10,2563482	0,1299529	241,63563	2,04014	5,027276657	1,6337887	0,625281
	z1k2	13,082282	0,1556235	227,06392	2,4382863	5,365359269	1,6542966	0,5935372
	z2k1	6,8913115	0,0641556	204,29007	1,1084635	6,216994515	1,7194217	0,5219157
	z2k2	13,96954	0,289118	282,5571	3,430471	4,072193002	1,357345	0,742132
	z3k1	6,3838132	0,0540502	183,63334	1,1809386	5,405711355	2,1507379	0,4686717
	z3k2	19,556291	0,2512725	224,27472	3,8255356	5,112039998	1,697218	0,5961518
	z4k1	8,235185225	0,089262925	215,3501375	1,533307175	5,370864599	1,7998279	0,553319
	z4k2	14,00678425	0,20135475	241,604485	2,877126225	4,868324555	1,6016329	0,632724
	z5k1	9,409268	0,108893	231,84151	1,8036866	5,216686757	1,6953633	0,5974075
	z5k2	9,419024	0,109405	232,5222	1,814212	5,191798974	1,697672	0,599075
	Ort.	11,12098474	0,145308838	228,4773113	2,2052167	5,184724968	1,7007304	0,5930215
717 metre	y1k1	8,9526496	0,0708718	165,268879	1,1995368	7,463422214	1,6015799	0,4248281
	y1k2	15,633131	0,2707875	265,10173	2,9779	5,249716579	1,1791416	0,6991939
	y2k1	5,0886735	0,0562198	234,41895	0,8643645	5,887184747	1,4422643	0,5977562
	y2k2	18,908085	0,5088125	291,5582	4,1469815	4,559481396	0,9977635	0,777594
	y3k1	16,126974	0,3039664	272,19348	3,2968826	4,891582733	1,1853533	0,7175737
	y3k2	7,3713934	0,0609992	176,07343	0,9611389	7,669436124	1,4843034	0,4510912
	y4k1	5,7888045	0,0685361	243,31618	1,0694315	5,412973622	1,4775071	0,6202116
	y4k2	16,260937	0,2558386	255,83051	2,7373161	5,94046738	1,1378035	0,6741398
	y5k1	14,179067	0,2135874	255,36274	2,5848139	5,485527217	1,2555833	0,6680922
	y5k2	14,18547	0,213817	255,3884	2,590798	5,475328451	1,257308	0,668203
	Ort.	12,2495185	0,20234363	241,4512499	2,24291638	5,803512046	1,3018608	0,6298684
922 metre	x1k1	17,997792	0,3683596	275,72712	3,3842704	5,318071511	1,0225132	0,7311107
	x1k2	18,949981	0,4475962	284,83995	3,4711864	5,459223106	0,9021262	0,7735068
	x2k1	15,152007	0,3527075	291,84499	3,1642355	4,78852064	0,9904353	0,7658194
	x2k2	21,469931	0,6572374	295,3867	4,2634528	5,035808301	0,8386689	0,7913949
	x3k1	11,316628	0,2900957	304,8517	3,0403704	3,722121489	1,115069	0,7918546
	x3k2	15,316592	0,4448121	303,34847	3,9999689	3,829177772	1,0425152	0,799442
	x4k1	13,945647	0,2844663	282,70989	3,2505393	4,290256389	1,2102973	0,7405459
	x4k2	17,8619075	0,49228775	295,032925	4,19905825	4,25378893	1,0137463	0,7841418
	x5k1	10,992138	0,2409433	295,07146	2,6578948	4,135655783	1,138146	0,7653167
	x5k2	10,98158	0,24252	295,6919	2,667854	4,116259735	1,136032	0,766818
	Ort.	15,39842035	0,382102585	292,4505105	3,409883075	4,494888366	1,0409549	0,7709951



Şekil 20. Gölgede kalan yapraklarda P_n , g_s , C_i , E , P_n/E değerleri



Şekil 21. Gölgede kalan yapraklarda V_{pdL} ve C_i/C_a değerleri

Her yükseltide 5'er ağaç üzerinde ölçümü gerçekleştirilen, gölgede kalan yapraklara ait gaz değişimi değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı ortaya koydukları farklılıkların tespiti için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır (Tablo 14).

Varyans analizi sonuçlarına göre, gölgede kalan yaprakların, stomatal iletkenlik (g_s), hücrelerarası CO_2 konsantrasyonu (C_i), transpirasyon hızı (E), su kullanım etkinliği (P_n / E), yaprak sıcaklığına bağlı buhar basıncı açığı (V_{pdL}), hücreler arası CO_2 konsantrasyonu / çevresel CO_2 konsantrasyonu (C_i / C_a) değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Ancak net fotosentez hızı (P_n) değerlerinde anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p > 0,05$) (Tablo 14).

Tablo 14. Gölgede kalan yaprakların yükseltiye bağlı gaz değişimi farklılıklarının varyans analizi

Gölgede Kalan Yapraklar		Kareler Toplamı	df (Serbestlik Derecesi)	Kareler Ortalaması	F oranı	Önem Düzeyi (P<0,05)
Net Fotosentez Hızı (P_n)	Gruplar Arası	98,285	2	49,143	2,714	0,084
	Gruplar İçi	488,808	27	18,104		
	Toplam	587,093	29			
Stomatal İletkenlik (g_s)	Gruplar Arası	0,305	2	0,153	10,331	0
	Gruplar İçi	0,399	27	0,015		
	Toplam	0,705	29			
Hücreler Arası CO_2 Konsantrasyonu (C_i)	Gruplar Arası	22872,7	2	11436,4	14,319	0
	Gruplar İçi	21564,4	27	798,683		
	Toplam	44437,2	29			
Transpirasyon Hızı (E)	Gruplar Arası	9,382	2	4,691	5,632	0,009
	Gruplar İçi	22,488	27	0,833		
	Toplam	31,869	29			
Su Kullanım Etkinliği (P_n/E)	Gruplar Arası	8,571	2	4,285	7,582	0,002
	Gruplar İçi	15,26	27	0,565		
	Toplam	23,831	29			
Buhar Basıncı Açığı (V_{pdL})	Gruplar Arası	2,208	2	1,104	37,764	0
	Gruplar İçi	0,789	27	0,029		
	Toplam	2,998	29			
(C_i / C_a)	Gruplar Arası	0,176	2	0,088	14,372	0
	Gruplar İçi	0,166	27	0,006		
	Toplam	0,342	29			

Gölge yaprakları, homojen grupların tespit edilmesi amacıyla Tukey HSD Testi'ne tabi tutulmuştur. Gölgede kalan yaprakların, ortalama stomatal iletkenlik (g_s), hücrelerarası CO₂ konsantrasyonu (C_i), transpirasyon hızı (E), hücreler arası CO₂ konsantrasyonu / çevresel CO₂ konsantrasyonu (C_i / C_a) değerleri incelendiğinde, bu özelliklere ait değerlerin 320 metredeki alanda minimum, 922 metredeki alanda ise maksimum seviyede olduğu görülmüştür. Ayrıca yapılan istatistiksel analizler sonucunda, bu özellikler yönünden 320 metre ve 717 metre yükselti alanlarının birbirleri ile anlamlı fark göstermediği, 922 metre yükselti alanının ise bu iki yükselti alanından anlamlı fark sergilediği görülmüştür (Tablo 15).

Gölgede kalan yaprakların net fotosentez hızı (P_n) değerleri incelendiğinde, yükselti artışı ile beraber bu değerlerin arttığı görülmüştür. Ancak yapılan istatistiksel analizler sonucunda, üç yükselti alanı arasında kuvvetli bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 15).

Gölge yapraklarının su kullanım etkinliğine (P_n / E) ait minimum değerlerin 922 metredeki alanda, maksimum değerlerin ise 717 metredeki alanda olduğu görülmektedir. 1. ve 3. yükselti alanları ve yine 1. ve 2. yükselti alanları kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark sergilememektedirler. 2. ve 3. yükselti alanları arasında ise anlamlı fark vardır (Tablo 15).

Gölge yapraklarında ölçülen yaprak sıcaklığına bağlı buhar basıncı açığı (V_{pdL}) değerleri incelendiğinde, en düşük ortalama değerlerin 3. yükseltide (922 metre), en yüksek ortalama değerlerin ise 1. yükseltide (320 metre) olduğu görülmektedir. İstatistiksel olarak üç yükselti alanını da birbirinden anlamlı fark sergilemektedir (Tablo 15).

Tablo 15. Yükseltinin gölge yapraklarında gaz değişimi olayları üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları

		Gölge Yaprakları		
	Yükselti	N	Ort.	HG
P_n ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	320 m	10	11,12	a
	717 m	10	12,249	a
	922 m	10	15,398	a
g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Yükselti	N	Ort.	HG
	320 m	10	0,1453	b
	717 m	10	0,2023	b
C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$)	922 m	10	0,3821	a
	Yükselti	N	Ort.	HG
	320 m	10	228,477	b
E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	717 m	10	241,451	b
	922 m	10	292,45	a
	Yükselti	N	Ort.	HG
P_n/E	320 m	10	2,205	b
	717 m	10	2,242	b
	922 m	10	3,409	a
V_{pdL} (kPa)	Yükselti	N	Ort.	HG
	320 m	10	5,184	a,b
	717 m	10	5,803	a
C_i / C_a	922 m	10	4,494	b
	Yükselti	N	Ort.	HG
	320 m	10	1,7007	a
C_i / C_a	717 m	10	1,3018	c
	922 m	10	1,0409	b
	Yükselti	N	Ort.	HG
C_i / C_a	320 m	10	0,593	b
	717 m	10	0,629	b
	922 m	10	0,77	a

N: Örnek Sayısı, HG: Homojen Gruplar, a: en yüksek değere sahip grup, b: en düşük değere sahip grup

3.4. Yaprak Su Potansiyeline İlişkin Bulgular

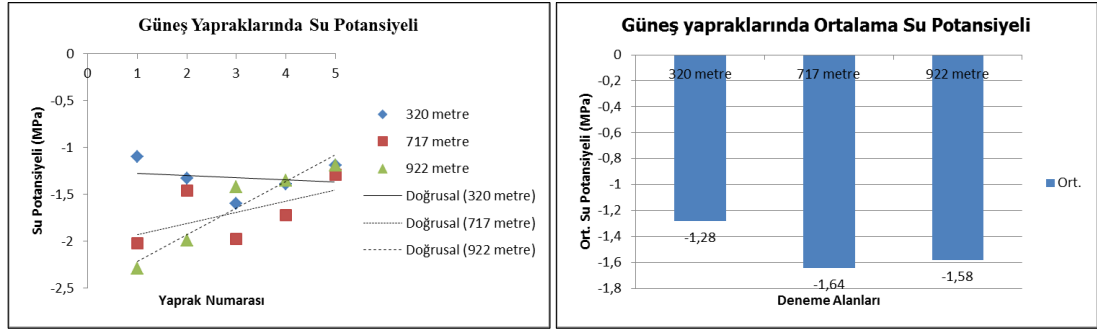
Üç yükseltide belirlenmiş aynı ağaçlarda yaprak su potansiyeli ölçümlerine ait veriler tam güneş gören yapraklar ve gölgede kalan yapraklar ayırımı yapılarak ayrı ayrı incelenmiştir.

3.4.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Bulgular

Her yükseltiden seçilen 5'er ağaç üzerinde, diğer ölçümlerden farklı olarak, yaprak başına 60 dakikalık uzun ölçüm süresinin oluşturabileceği farklılık düşünülerek, ağaç başına 1 tam güneş gören yaprak üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir (Tablo 16 ve Şekil 22).

Tablo 16. Tam güneş gören yapraklara ait ortalama su potansiyeli değerleri

1. D.A. (320 m)	MPa	2. D.A. (717 m)	MPa	3. D.A. (922 m)	MPa
Ort.	-1,28	Ort.	-1,64	Ort.	-1,58



Şekil 22. Tam güneş gören yapraklarda su potansiyeli değerleri

Su potansiyeli değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak gösterdikleri farklılığı tespit etmek için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Tam güneş gören yapraklarda elde edilen su potansiyeli değerleri üzerine uygulanan varyans analizi sonucunda, su potansiyeli değerlerinde yükselti değişimlerine bağlı olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 17).

Tablo 17. Güneş yaprakları su potansiyeli değerleri üzerine varyans analizi

Tam Güneş Gören Yapraklar	Kareler Toplamı	df (Serbestlik Derecesi)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi ($p<0,05$)
Gruplar Arası	0,372	2	0,186	1,541	0,254
Su Potansiyeli İçerisi	1,448	12	0,121		
Toplam	1,820	14			

Tam güneş gören yapraklarda, su potansiyeli yönünden homojen grupların belirlenmesi için Tukey HSD Testi yapılmıştır. Tam güneş gören yapraklara ait en düşük ortalama su potansiyeli değeri 2. yükseltide -1,64 MPa, en yüksek ortalama su potansiyeli değeri ise 1. yükseltide -1,28 MPa olarak ölçülmüştür. Su potansiyeli ortalama değerleri açısından, istatistiki olarak üç yükselti alanı arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır (Tablo 18).

Tablo 18. Yükseltinin güneş yapraklarının su potansiyeli üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları

Güneş Yaprakları		Yaprak Su Potansiyeli (MPa)	
Yükselti	N	Ort.	HG
320 m	5	-1,28	a
717 m	5	-1,64	a
922 m	5	-1,58	a

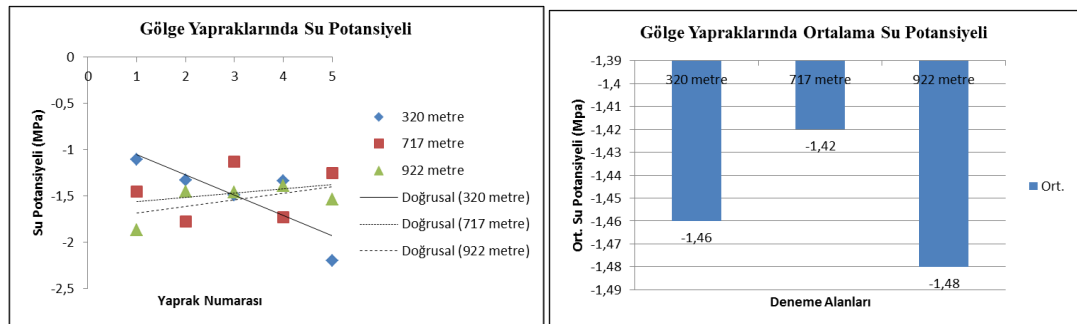
N: Örnek Sayısı, HG: Homojen Gruplar, a: en yüksek değere sahip grup, b: en düşük değere sahip grup

3.4.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Bulgular

Üç yükselti alanında belirlenen aynı 5 ağaç üzerinde seçilen birer gölge yaprağı üzerinde yapılan su potansiyeli ölçümleri sonucunda elde edilen bulgular Tablo 19 ve Şekil 23'te verilmiştir.

Tablo 19. Gölgede kalan yapraklara ait ortalama su potansiyeli değerleri

1. D.A. (320 m)	MPa	2. D.A. (717 m)	MPa	3. D.A. (922 m)	MPa
Ort.	-1,46	Ort.	-1,42	Ort.	-1,48



Şekil 23. Gölgede kalan yapraklara ait su potansiyeli değerleri

Su potansiyeli değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak gösterdikleri farklılığı tespit etmek için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Gölge yapraklarında ölçülen su potansiyeli değerleri varyans analizine tabi tutulmuş, ancak bu değerler ile yükselti değişimleri arasında anlamlı bir fark saptanamamıştır ($p>0,05$) (Tablo 20).

Tablo 20. Gölge yaprakları su potansiyeli değerleri üzerine varyans analizi

Gölgede Kalan Yapraklar	Kareler Toplamı	df (Serbestlik Derecesi)	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi ($p<0,05$)
Gruplar Arası	0,009	2	0,005	0,047	0,954
Su potansiyeli Gruplar İçi	1,188	12	0,099		
Toplam	1,197	14			

Gölge yapraklarında ölçülen en düşük ortalama su potansiyeli değeri -1,48 MPa ile 3. yükselti alanında ölçülmüştür. En yüksek ortalama su potansiyeli değeri ise -1,42 MPa ile 2. yükselti alanında ölçülmüştür. Ancak su potansiyeli ortalama değerleri açısından, istatistik analizler sonucunda üç yükselti alanı arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 21).

Tablo 21. Yükseltinin gölge yapraklarının su potansiyeli üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları

Gölge Yaprakları	N	Yaprak Su Potansiyeli (MPa)	
		Ort.	HG
Yükselti			
320 m	5	-1,46	a
717 m	5	-1,42	a
922 m	5	-1,48	a

N: Örnek Sayısı, HG: Homojen Gruplar, a: en yüksek değere sahip grup, b: en düşük değere sahip grup

3.5. Yaprak Genel Karakteristiği Analizlerine İlişkin Bulgular

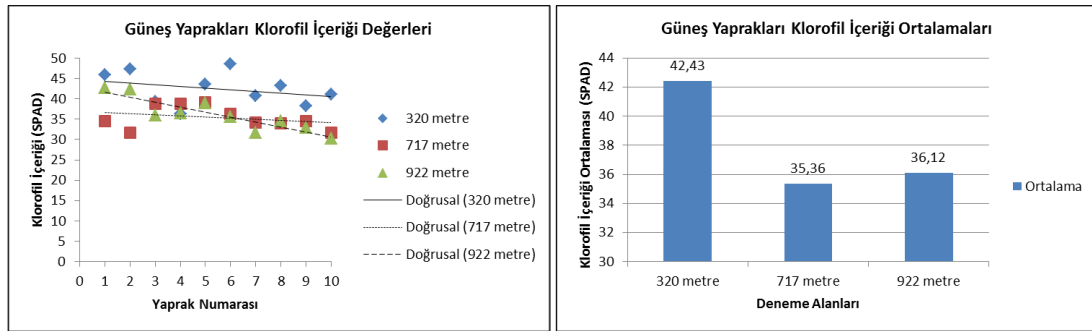
3.5.1. Toplam Klorofil İçeriğine (SPAD) İlişkin Bulgular

3.5.1.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Bulgular

Üç yükselti alanında belirlenen 5'er ağaç üzerinde bulunan, 10'ar güneş yaprağı üzerinde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 22 ve Şekil 24'de verilmiştir.

Tablo 22. Tam güneş gören yaprakların üç farklı yükseltideki klorofil içerikleri (SPAD cinsinden)

1.D.A. (320 m)		2.D.A. (717 m)		3.D.A. (922 m)	
Yaprak No	Klorofil İçeriği (SPAD)	Yaprak No	Klorofil İçeriği (SPAD)	Yaprak No	Klorofil İçeriği (SPAD)
z1a1	45,9	y1a1	34,6	x1a1	42,7
z1a2	47,4	y1a2	31,7	x1a2	42,4
z2a1	39,4	y2a1	38,7	x2a1	35,9
z2a2	36,3	y2a2	38,8	x2a2	36,5
z3a1	43,5	y3a1	39,1	x3a1	38,9
z3a2	48,5	y3a2	36,3	x3a2	35,5
z4a1	40,7	y4a1	34,1	x4a1	31,7
z4a2	43,2	y4a2	34	x4a2	34,5
z5a1	38,3	y5a1	34,6	x5a1	32,9
z5a2	41,1	y5a2	31,7	x5a2	30,2
Ort.	42,43	Ort.	35,36	Ort.	36,12



Şekil 24. Güneş yapraklarına ait klorofil içeriği değerleri

Klorofil içeriği değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak gösterdikleri farklılığı tespit etmek için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Uygulanan varyans analizi sonucunda, tam güneş gören yaprakların klorofil içerik (SPAD) değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdiği saptanmıştır ($p<0,05$) (Tablo 23).

Tablo 23. Tam güneş gören yaprakların, yükseltiye bağlı klorofil içeriği (SPAD) farklılıklarının varyans analizi

Tam Güneş Gören Yapraklar		Kareler Toplamı	df (Serbestlik Derecesi)	Kareler Ortalaması	F oranı	Önem Düzeyi ($P<0,05$)
Klorofil İçeriği (SPAD)	Gruplar Arası	301,262	2	150,631	10,940	0,000
	Gruplar İçi	371,761	27	13,769		
	Toplam	673,023	29			

Tam güneş yapraklarda ölçülen klorofil içerik (SPAD) ölçümlerinde, en düşük ortalama değer 35,36 ile 717 metredeki alanda, en yüksek değer ise 42,43 ile 320 metredeki alanda ölçülmüştür. 922 metredeki alanda ise bu değer 36,12 bulunmuştur. Uygulanan TUKEY HSD Testi sonucuna göre, 2. ve 3. yükselti alanları arasında kuvvetli bir fark bulunamamış, 1. yükselti alanının ise diğer iki alandan anlamlı bir fark ortaya koyduğu saptanmıştır (Tablo 24).

Tablo 24. Yükseltinin güneş yapraklarında klorofil içeriği üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları

Güneş Yaprakları		Klorofil İçeriği (SPAD)	
Yükselti	N	Ort.	HG
320 m	10	42,43	a
717 m	10	35,36	b
922 m	10	36,12	b

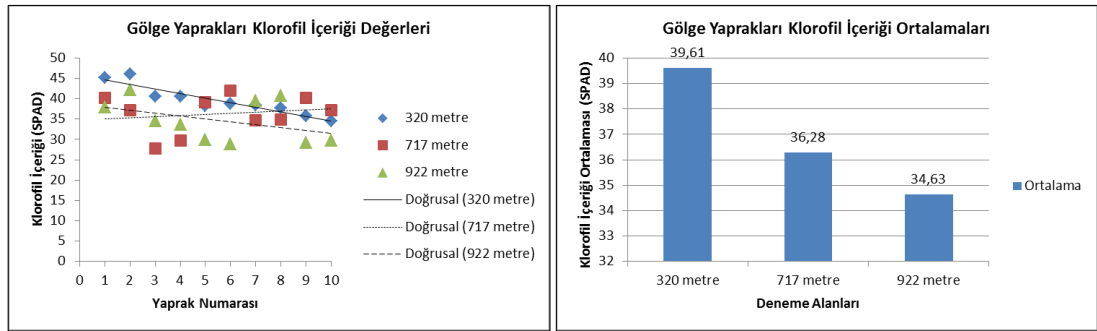
N: Örnek Sayısı, HG: Homojen Gruplar, a: en yüksek değere sahip grup, b: en düşük değere sahip grup

3.5.3.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Bulgular

Üç yükselti alanında belirlenen 5'er ağaç üzerinde bulunan, 10'ar gölge yaprağı üzerinde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 25 ve Şekil 25'de verilmiştir.

Tablo 25. Gölgede kalan yaprakların üç farklı yükseltideki klorofil içerik değerleri (SPAD cinsinden)

1.D.A. (320 m)		2.D.A. (717 m)		3.D.A. (922 m)	
Yaprak No	Klorofil İçeriği (SPAD)	Yaprak No	Klorofil İçeriği (SPAD)	Yaprak No	Klorofil İçeriği (SPAD)
z1k1	45,2	y1k1	40,2	x1k1	37,9
z1k2	46,1	y1k2	37,1	x1k2	42,2
z2k1	40,6	y2k1	27,7	x2k1	34,6
z2k2	40,5	y2k2	29,8	x2k2	33,7
z3k1	38,2	y3k1	39,2	x3k1	29,9
z3k2	38,8	y3k2	42	x3k2	28,8
z4k1	38,5	y4k1	34,7	x4k1	39,5
z4k2	37,8	y4k2	34,8	x4k2	40,7
z5k1	35,8	y5k1	40,2	x5k1	29,2
z5k2	34,6	y5k2	37,1	x5k2	29,8
Ort.	39,61	Ort.	36,28	Ort.	34,63



Şekil 25. Gölge yapraklarına ait klorofil içeriği değerleri

Klorofil içeriği değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak gösterdikleri farklılığı tespit etmek için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Uygulanan varyans analizi sonucunda, gölgede kalan yaprakların klorofil içerik (SPAD) değerlerinde yükselti değişimlerine bağlı olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 26).

Tablo 26. Gölgede kalan yaprakların yükseltiye bağlı klorofil içeriği (SPAD) farklılıklarının varyans analizi

Gölgede Kalan Yapraklar	Kareler Toplamı	df (Serbestlik Derecesi)	Kareler Ortalaması	F oranı	Önem Düzeyi (P<0,05)	
Klorofil İçeriği (SPAD)	Gruplar Arası	128,706	2	64,353	3,136	0,060
	Gruplar İçi	554,126	27	20,523		
	Toplam	682,832	29			

Gölge yapraklarında klorofil içeriği (SPAD) olarak alt yükseltiden üst yükseltiye doğru, üç deneme alanında sırasıyla 39,61, 36,28, 34,63 değerleri bulunmuştur. Yani yükselti arttıkça bu değerler düşmektedir. Ancak yapılan Tukey HSD Testi sonucunda bu üç yükselti alanının kendi aralarında kuvvetli fark sergilemediği tespit edilmiştir (Tablo 27).

Tablo 27. Yükseltinin gölge yapraklarında klorofil içeriği üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları

Gölge Yaprakları		Klorofil İçeriği (SPAD)	
Yükselti	N	Ort.	HG
320 m	10	39,61	a
717 m	10	36,28	a
922 m	10	34,63	a

N: Örnek Sayısı, HG: Homojen Gruplar, a: en yüksek değere sahip grup, b: en düşük değere sahip grup

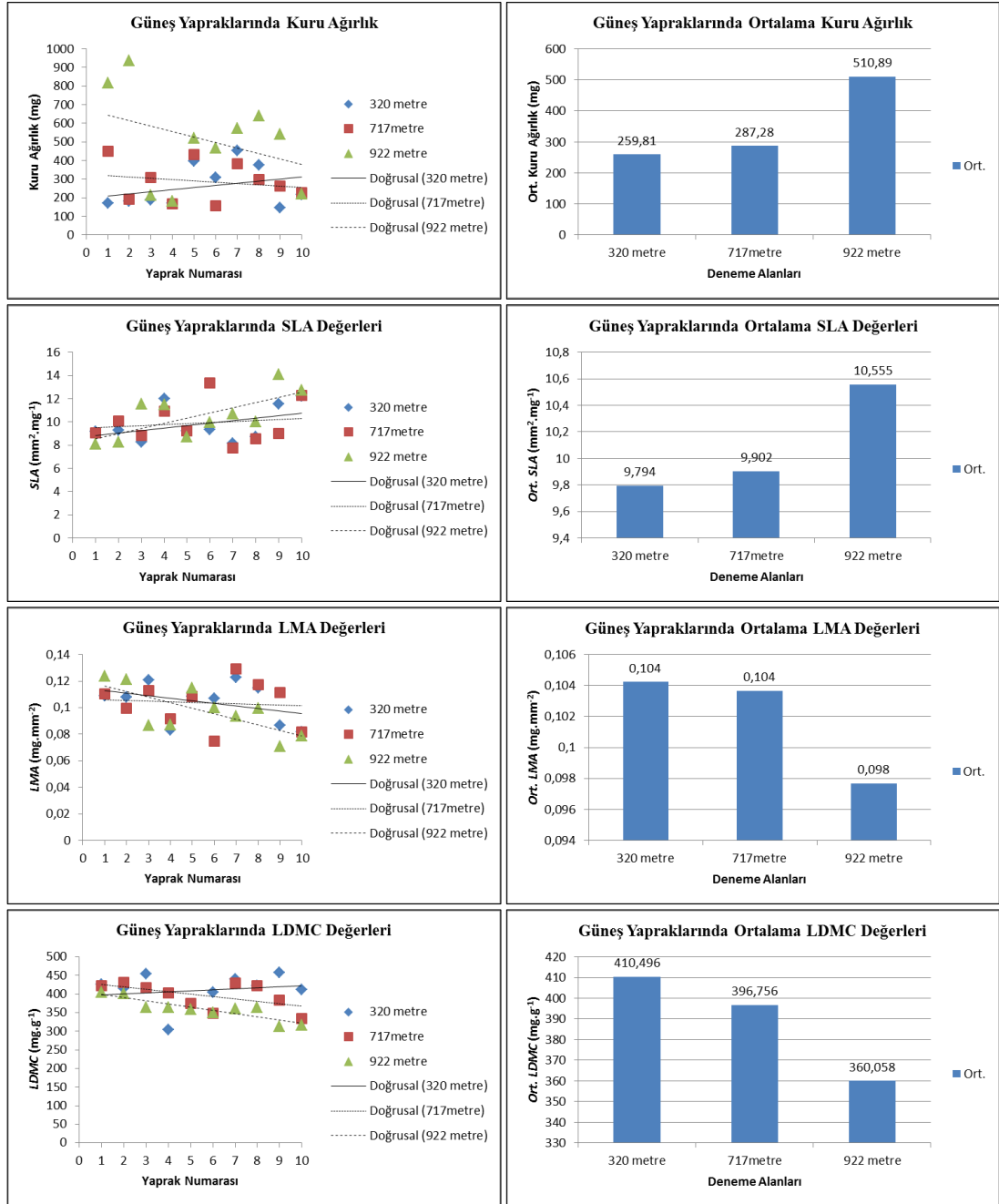
3.5.2. Kuru Ağırlık, SLA, LMA, LDMC Ölçümlerine İlişkin Bulgular

3.5.2.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Bulgular

Üç yükselti alanında belirlenen aynı 5'er ağaç üzerinde bulunan, 10'ar güneş yaprağı üzerinde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 28 ve Şekil 26'da verilmiştir.

Tablo 28. Güneş gören yapraklarda ağırlık, SLA, LMA ve LDMC değerleri

Yükselti	Yaprak No	Kuru Ağırlık (mg)	Suya Doymuş Ağırlık (gram)	SLA (mm ² .mg ⁻¹)	LMA (mg.mm ⁻²)	LDMC (mg.g ⁻¹)
320 metre	z1g1	170,2	0,3997	9,165687427	0,109102564	425,8193645
	z1g2	179,3	0,4315	9,258226436	0,108012048	415,5272306
	z2g1	186,1	0,4096	8,275120903	0,120844156	454,3457031
	z2g2	171,6	0,5628	12,004662	0,083300971	304,9040512
	z3g1	395,1	1,0732	9,238167553	0,108246575	368,1513231
	z3g2	307,2	0,758	9,342447917	0,107038328	405,2770449
	z4g1	453,3	1,0319	8,140304434	0,122845528	439,2867526
	z4g2	375	0,8891	8,72	0,114678899	421,7748285
	z5g1	144,5	0,3152	11,55709343	0,086526946	458,4390863
	z5g2	215,8	0,5245	12,23354958	0,081742424	411,4394662
	Ort.	259,81	0,63955	9,793525968	0,104233844	410,4964851
717 metre	y1g1	448,4	1,0613	9,076717217	0,11017199	422,5007067
	y1g2	191,1	0,4428	10,04709576	0,09953125	431,5718157
	y2g1	307,2	0,7363	8,854166667	0,112941176	417,2212413
	y2g2	168,2	0,4172	10,93935791	0,091413043	403,1639501
	y3g1	432,3	1,1545	9,206569512	0,10861809	374,4478129
	y3g2	154,9	0,445	13,3634603	0,074830918	348,0898876
	y4g1	383	0,8922	7,754569191	0,128956229	429,2759471
	y4g2	298,9	0,707	8,531281365	0,117215686	422,7722772
	y5g1	263,6	0,6862	8,990895296	0,111223629	384,1445643
	y5g2	225,2	0,6735	12,25577265	0,081594203	334,37268
	Ort.	287,28	0,7216	9,901988586	0,103649622	396,7560883
922 metre	x1g1	817,7	2,016	8,08364926	0,123706505	405,6051587
	x1g2	935,5	2,3295	8,241582042	0,121335927	401,5883237
	x2g1	213,4	0,5873	11,52764761	0,086747967	363,3577388
	x2g2	180,3	0,4953	11,48086522	0,087101449	364,021805
	x3g1	519	1,4426	8,689788054	0,115077605	359,7670872
	x3g2	467,9	1,335	9,980765121	0,100192719	350,4868914
	x4g1	573,3	1,5865	10,67503925	0,093676471	361,3614876
	x4g2	638,4	1,7512	10,04072682	0,099594384	364,5500228
	x5g1	542,7	1,734	14,09618574	0,070941176	312,9757785
	x5g2	220,7	0,6965	12,73221568	0,078540925	316,8700646
	Ort.	510,89	1,39739	10,55484648	0,097691513	360,0584358



Şekil 26. Tam güneş gören yapraklarda kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC değerleri

Yaprak kuru ağırlığı, SLA, LMA ve LDMC değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak gösterdikleri farklılığı tespit etmek için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır (Tablo 29).

Tablo 29. Tam güneş gören yaprakların yükseltiye bağlı kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC farklılıklarının varyans analizi

Tam Güneş Gören Yapraklar		Kareler Toplamı	df (Serbestlik Derecesi)	Kareler Ortalaması	F oranı	Önem Düzeyi (p<0,05)
Kuru Ağırlık	Gruplar Arası	379323,998	2	189661,999	6,435	0,005
	Gruplar İçi	795775,854	27	29473,180		
	Toplam	1175099,852	29			
SLA	Gruplar Arası	3,392	2	1,696	0,544	0,587
	Gruplar İçi	84,170	27	3,117		
	Toplam	87,562	29			
LMA	Gruplar Arası	0,000	2	,000	0,475	0,627
	Gruplar İçi	0,007	27	,000		
	Toplam	0,008	29			
LDMC	Gruplar Arası	13598,377	2	6799,188	4,906	0,015
	Gruplar İçi	37415,831	27	1385,772		
	Toplam	51014,208	29			

Varyans analizi sonucunda, tam güneş gören yapraklarda, yükselti değişimlerine bağlı olarak, kuru ağırlık ve LDMC değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir (p<0,05). Ancak SLA ve LMA değerlerinde anlamlı bir fark saptanmamıştır (p>0,05) (Tablo 29).

Tam güneş gören yaprakların araştırılan bu özellikler yönünden homojen gruplarının belirlenmesi amacıyla Tukey HSD Testi uygulaması yapılmıştır. Tam güneş gören yaprakların kuru ağırlıklarının ortalama en düşük değeri 1. yükselti alanında, en yüksek değeri ise 3. yükselti alanında ölçülmüştür. İstatistiki olarak, 1. ve 2. yükselti alanları arasında anlamlı fark bulunamamış, ancak 3. yükselti alanının diğer iki yükselti alanından kuvvetli derecede farklı olduğu görülmüştür (Tablo 30).

Güneş yapraklarının SLA değerlerine bakılınca, yükselti artışına bağlı olarak ortalama SLA değerlerinin arttığı görülmektedir. Ancak istatistiki olarak alanlar arasında kuvvetli fark tespit edilememiştir. LMA = 1/SLA olduğundan ortalama LMA değerlerinin yükselti artışına bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Aynı şekilde yükselti alanları arasında kuvvetli bir fark saptanamamıştır (Tablo 30).

Güneş yapraklarında LDMC değerleri incelenince, en düşük ortalama değer 3. yükselti alanında, en yüksek ortalama değer ise 1. yükselti alanında olduğu görülmektedir. İstatistiki olarak 2. ve 3. alanlar arasında ve aynı şekilde 1. ve 2.

alanlar arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir. 1. ve 3. alanlar arasında ise kuvvetli fark saptanmıştır (Tablo 30).

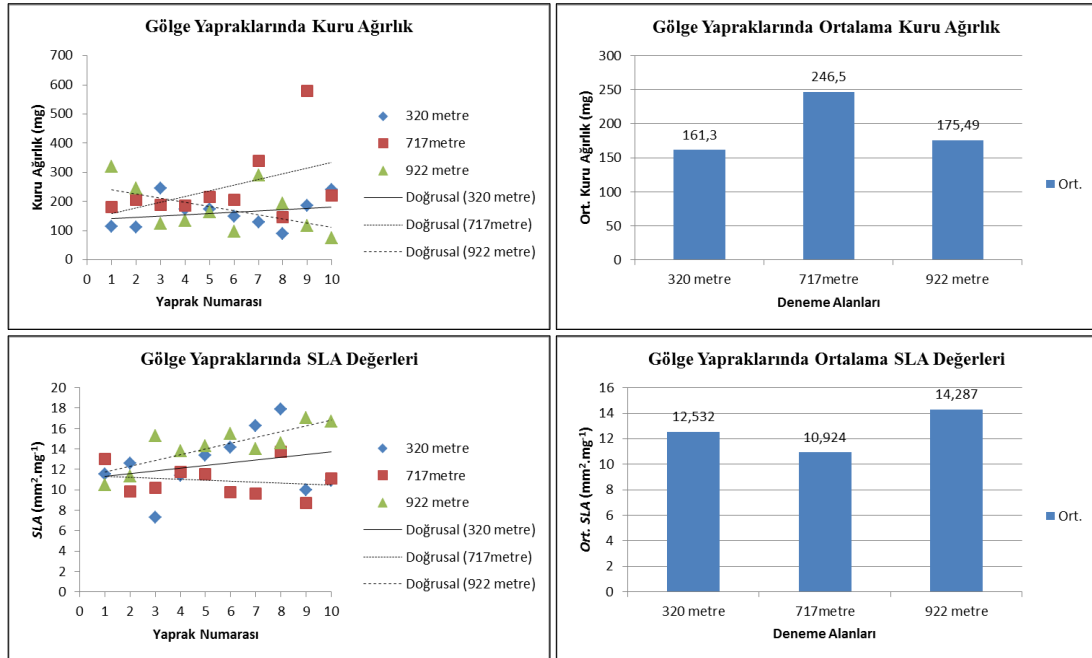
Tablo 30. Yükseltinin güneş yapraklarında kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları

Güneş Yaprakları		Kuru Ağırlık (mg)		SLA (mm ² .mg ⁻¹)		LMA (mg.mm ⁻²)		LDMC (mg.g ⁻¹)	
Yükselti	N	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
1. D.A. (320 m)	10	259,81	b	9,793	a	0,1042	a	410,497	a
2. D.A. (717 m)	10	287,28	b	9,901	a	0,1036	a	396,756	a,b
3. D.A. (922 m)	10	510,89	a	10,554	a	0,0976	a	360,058	b

N: Örnek Sayısı, HG: Homojen Gruplar, a: en yüksek değere sahip grup, b: en düşük değere sahip grup

3.5.2.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Bulgular

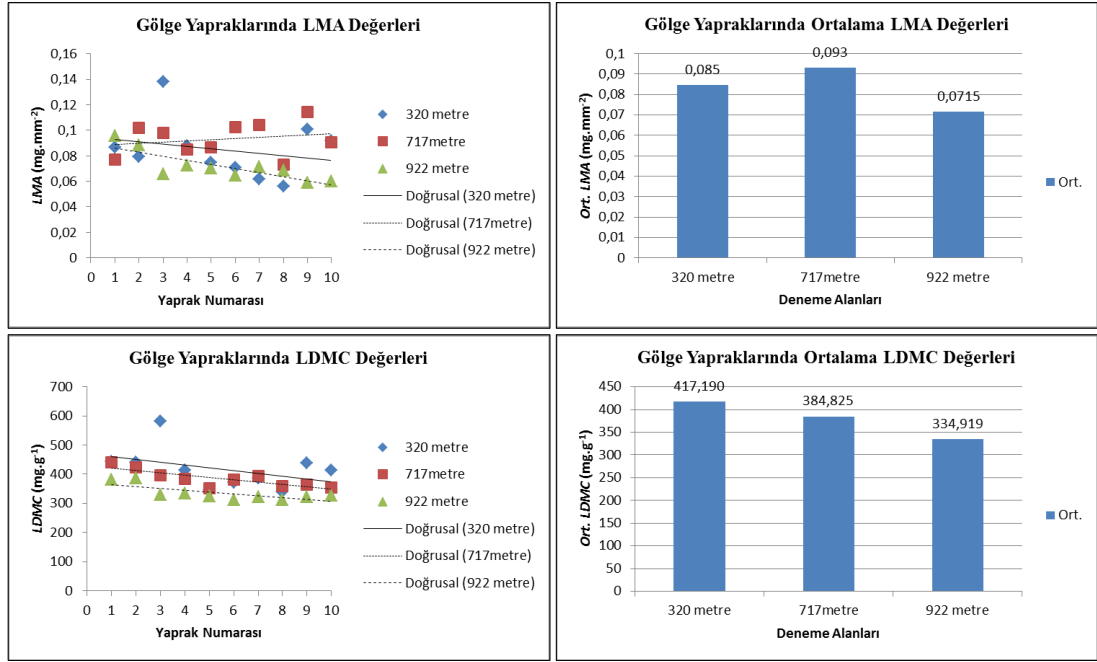
Üç yükselti alanında belirlenen aynı 5'er ağaç üzerinde bulunan, 10'ar gölge yaprağı üzerinde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 31, Şekil 27 ve Şekil 28'de verilmiştir.



Şekil 27. Gölge yapraklarında kuru ağırlık ve SLA değerleri

Tablo 31. Gölge yapraklarına ait ağırlık, SLA, LMA ve LDMC değerleri

Yükselti	Yaprak No	Kuru Ağırlık (mg)	Suya Doymuş Ağırlık (gram)	SLA ($\text{mm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$)	LMA ($\text{mg} \cdot \text{mm}^{-2}$)	LDMC ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
320 metre	z1k1	113,5	0,2556	11,54185022	0,086641221	444,0532081
	z1k2	111,8	0,2536	12,6118068	0,07929078	440,851735
	z2k1	244	0,4195	7,254098361	0,137853107	581,6448153
	z2k2	174,7	0,4238	11,39095592	0,087788945	412,2227466
	z3k1	174,5	0,5045	13,35243553	0,074892704	345,8870168
	z3k2	149,3	0,4012	14,13261889	0,070758294	372,1335992
	z4k1	129,6	0,335	16,2808642	0,061421801	386,8656716
	z4k2	90,5	0,2675	17,90055249	0,055864198	338,317757
	z5k1	184,9	0,4227	9,951325041	0,10048913	437,4260705
	z5k2	240,2	0,5823	10,90757702	0,091679389	412,5021467
	Ort.	161,3	0,38657	12,53240845	0,084667957	417,1904767
717 metre	y1k1	180,1	0,409	12,99278179	0,076965812	440,3422983
	y1k2	206,3	0,4868	9,840038778	0,101625616	423,7880033
	y2k1	187,9	0,4735	10,21820117	0,097864583	396,8321014
	y2k2	184,7	0,4823	11,74878181	0,085115207	382,956666
	y3k1	215,1	0,6133	11,52952115	0,086733871	350,7255829
	y3k2	205,8	0,5382	9,766763848	0,10238806	382,3857302
	y4k1	340	0,8612	9,617647059	0,103975535	394,7979563
	y4k2	145,8	0,4067	13,71742112	0,0729	358,4952053
	y5k1	578,1	1,5914	8,735512887	0,114475248	363,2650496
	y5k2	221,2	0,6237	11,07594937	0,090285714	354,657688
	Ort.	246,5	0,64861	10,9242619	0,093232965	384,8246281
922 metre	x1k1	318,7	0,8379	10,44869783	0,095705706	380,355651
	x1k2	245,4	0,6352	11,32844336	0,088273381	386,3350126
	x2k1	124,9	0,3795	15,29223379	0,06539267	329,1172596
	x2k2	132,7	0,398	13,7905049	0,072513661	333,4170854
	x3k1	163,2	0,5042	14,27696078	0,070042918	323,6810789
	x3k2	97	0,3103	15,46391753	0,064666667	312,600709
	x4k1	289,9	0,9002	14,00482925	0,071403941	322,0395468
	x4k2	192,5	0,6173	14,54545455	0,06875	311,8418921
	x5k1	117	0,3634	17,00854701	0,05879397	321,9592735
	x5k2	73,6	0,2245	16,71195652	0,059837398	327,8396437
	Ort.	175,49	0,51705	14,28715455	0,071538031	334,9187153



Şekil 28. Gölge yapraklarında LMA ve LDMC değerleri

Yaprak kuru ağırlığı, SLA, LMA ve LDMC değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak gösterdikleri farklılığı tespit etmek için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır (Tablo 32).

Tablo 32. Gölgede kalan yaprakların yükseltiye bağlı kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC farklılıklarının varyans analizi

Gölgede Kalan Yapraklar		Kareler Toplamı	df (Serbestlik Derecesi)	Kareler Ortalaması	F oranı	Önem Düzeyi (P<0,05)
Kuru Ağırlık	Gruplar Arası	41676,054	2	20838,027	2,409	0,109
	Gruplar İçi	233554,129	27	8650,153		
	Toplam	275230,183	29			
SLA	Gruplar Arası	56,581	2	28,291	5,169	0,013
	Gruplar İçi	147,777	27	5,473		
	Toplam	204,358	29			
LMA	Gruplar Arası	0,002	2	0,001	4,227	0,025
	Gruplar İçi	0,008	27	0,000		
	Toplam	0,010	29			
LDMC	Gruplar Arası	34355,970	2	17177,985	8,079	0,002
	Gruplar İçi	57406,831	27	2126,179		
	Toplam	91762,802	29			

Uygulanan varyans analizi sonucunda, gölgede kalan yaprakların, SLA, LMA ve LDMC değerlerinde yükselti değişimlerine bağlı olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0,05$) ancak kuru ağırlık değerleri için böyle bir fark saptanmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 32).

Gölge yapraklarının bu özellikler yönünden homojen gruplarının tespit edilmesi amacıyla Tukey HSD Testi yapılmıştır. Gölge yapraklarına ait kuru ağırlık değerleri incelenince, en düşük ortalama değere sahip alanının 320 metredeki, en yüksek ortalama değere sahip alanın ise 717 metredeki alan olduğu görülmektedir. İstatistiki olarak üç yükselti alanı arasında kuvvetli fark tespit edilememiştir (Tablo 33).

Gölge yapraklarının ortalama SLA değerlerinin en düşük olduğu alan 2. yükselti alanı iken en yüksek olduğu alan 3. yükselti alanıdır. 1. ve 2. alanlar ve de 1. ve 3. alanlar kendi aralarında istatistiksel olarak kuvvetli bir fark sergilememektedir. 2. ve 3. alanlar arasında ise kuvvetli fark saptanmıştır. $SLA = 1/LMA$ olmasından ötürü, LMA ortalama değerlerinin en düşük olduğu alan 3. yükselti alanı iken, en yüksek olduğu alan ise 2. yükselti alanıdır. Alanlar arasındaki istatistiki farklılık durumu da SLA değerlerinin incelenmesinde karşımıza çıkan durumun benzerini yansıtmakta 2. ve 3. alanlar arasında fark gözlenmektedir. Gölge yapraklarında, en düşük ortalama LDMC değeri 3. yükselti alanında, en yüksek ortalama LDMC değeri ise 1. yükselti alanında bulunmuştur. İstatistiki olarak, 2. ve 3. ve de 1. ve 2. yükselti alanları arasında kuvvetli fark saptanmamıştır. 1. ve 3. alanlar arasında ise kuvvetli fark olduğu görülmüştür (Tablo 33).

Tablo 33. Yükseltinin gölge yapraklarında kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları

Gölge Yaprakları	N	Kuru Ağırlık (mg)		SLA ($\text{mm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$)		LMA ($\text{mg} \cdot \text{mm}^{-2}$)		LDMC ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	
		Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
1. D.A. (320 m)	10	161,3	a	12,532	a,b	0,0846	a,b	417,19	a
2. D.A. (717 m)	10	246,5	a	10,924	b	0,0932	a	384,824	a,b
3. D.A. (922 m)	10	175,49	a	14,287	a	0,0715	b	334,918	b

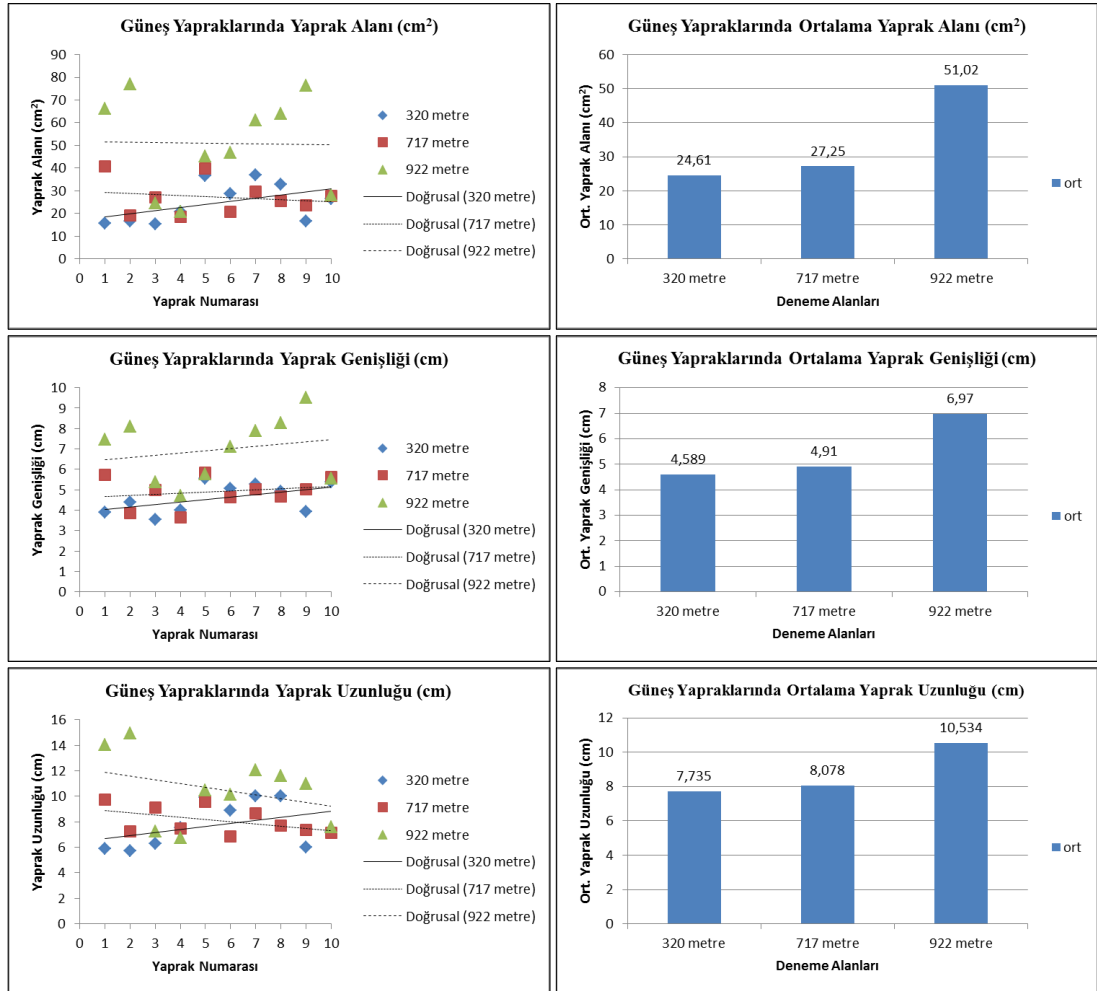
N: Örnek Sayısı, HG: Homojen Gruplar, a: en yüksek değere sahip grup, b: en düşük değere sahip grup

3.5.3. Yaprakta Alan, Genişlik, Uzunluk ve Oran Faktörü Ölçümlerine İlişkin Bulgular

Üç yükseltide belirlenmiş aynı ağaçlarda yaprak alan, genişlik, uzunluk ve oran faktörü ölçümlerine ait bulgular tam güneş gören yapraklar ve gölgede kalan yapraklar ayrımı yapılarak ayrı ayrı incelenmiştir.

3.5.3.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Bulgular

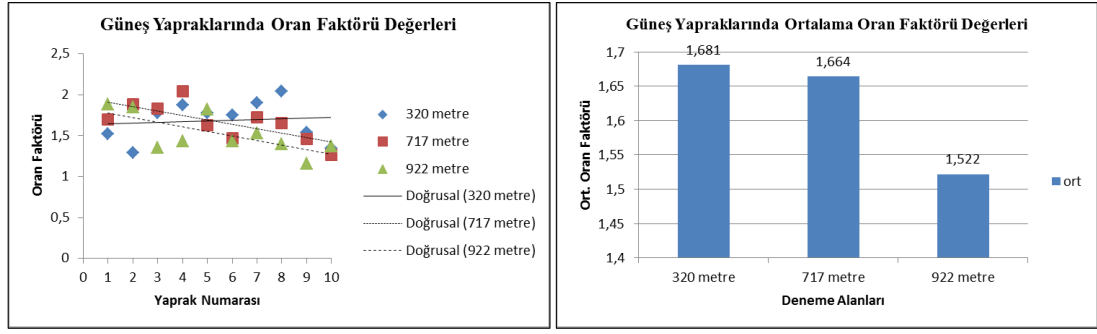
Üç yükselti alanında belirlenen aynı 5'er ağaç üzerinde bulunan, 10'ar güneş yaprağı üzerinde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 34, Şekil 29 ve Şekil 30'da verilmiştir.



Şekil 29. Güneş yapraklarında yaprak alanı, genişliği, uzunluğu değerleri

Tablo 34. Güneş yapraklarında alan, genişlik, uzunluk ve oran faktörü değerleri

GÜNEŞ YAPRAKLARI = 320 metre	Yaprak No	Alan (cm ²)	Genişlik (cm)	Uzunluk (cm)	Oran Faktörü
	z1g1	15,6	3,89	5,89	1,52
	z1g2	16,6	4,39	5,69	1,29
	z2g1	15,4	3,53	6,3	1,78
	z2g2	20,6	4,01	7,52	1,87
	z3g1	36,5	5,56	9,88	1,78
	z3g2	28,7	5,05	8,86	1,75
	z4g1	36,9	5,26	10,01	1,9
	z4g2	32,7	4,93	10,03	2,04
	z5g1	16,7	3,91	6,02	1,54
	z5g2	26,4	5,36	7,19	1,34
Ortalama	24,61	4,589	7,735	1,681	
GÜNEŞ YAPRAKLARI = 717 metre	Yaprak No	Alan (cm ²)	Genişlik (cm)	Uzunluk (cm)	Oran Faktörü
	y1g1	40,7	5,74	9,75	1,7
	y1g2	19,2	3,86	7,24	1,88
	y2g1	27,2	4,98	9,12	1,83
	y2g2	18,4	3,66	7,47	2,04
	y3g1	39,8	5,84	9,55	1,63
	y3g2	20,7	4,65	6,83	1,47
	y4g1	29,7	5,03	8,64	1,72
	y4g2	25,5	4,67	7,7	1,65
	y5g1	23,7	5,03	7,37	1,46
	y5g2	27,6	5,64	7,11	1,26
Ortalama	27,25	4,91	8,078	1,664	
GÜNEŞ YAPRAKLARI = 922 metre	Yaprak No	Alan (cm ²)	Genişlik (cm)	Uzunluk (cm)	Oran Faktörü
	x1g1	66,1	7,47	14,02	1,88
	x1g2	77,1	8,1	14,96	1,85
	x2g1	24,6	5,38	7,26	1,35
	x2g2	20,7	4,7	6,71	1,43
	x3g1	45,1	5,77	10,49	1,82
	x3g2	46,7	7,09	10,11	1,43
	x4g1	61,2	7,87	12,04	1,53
	x4g2	64,1	8,28	11,58	1,4
	x5g1	76,5	9,5	10,97	1,16
	x5g2	28,1	5,54	7,57	1,37
Ortalama	51,02	6,97	10,534	1,522	



Şekil 30. Güneş yapraklarında oran faktörü değerleri

Yaprak alanı, genişliği, uzunluğu ve oran faktörü değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak gösterdikleri farklılığı tespit etmek için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır (Tablo 35).

Varyans analizi sonucunda, tam güneş gören yapraklarda ölçülen yaprak alanı, genişliği ve uzunluğu değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterdiği ($p < 0,05$), oransal faktörde ise anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$) (Tablo 35).

Tablo 35. Tam güneş gören yaprakların yükseltiye bağlı yaprak alanı, genişliği, uzunluğu ve oran faktörü farklılıklarının varyans analizi

	Tam Güneş Gören Yapraklar	Kareler Toplamı	df (Serbestlik Derecesi)	Kareler Ortalaması	F oranı	Önem Düzeyi ($P < 0,05$)
Yaprak Alanı	Gruplar Arası	4231,57	2	2115,78	10,859	0
	Gruplar İçi	5260,71	27	194,841		
	Toplam	9492,28	29			
Yaprak Genişliği	Gruplar Arası	33,386	2	16,693	14,396	0
	Gruplar İçi	31,307	27	1,16		
	Toplam	64,693	29			
Yaprak Uzunluğu	Gruplar Arası	46,613	2	23,307	5,813	0,008
	Gruplar İçi	108,256	27	4,009		
	Toplam	154,87	29			
Oran Faktörü	Gruplar Arası	0,152	2	0,076	1,323	0,283
	Gruplar İçi	1,556	27	0,058		
	Toplam	1,708	29			

Tam güneş gören yaprakların bu özellikler yönünden homojen gruplarını tespit etmek için Tukey HSD Testi uygulanmıştır. Tam güneş gören yapraklarda en düşük ortalama yaprak alanı 24,61cm² ile 320 metre yükseklikteki deneme alanında, en yüksek ortalama yaprak alanı ise 51,02 cm² ile 922 metredeki deneme alanında ölçülmüştür. Yükselti artışı ile beraber ortalama yaprak alanı artış göstermesine rağmen, yapılan istatistiksel analiz sonucunda, 320 metre ve 717 metredeki deneme alanlarının istatistiksel olarak önemli fark göstermediği ancak 922 metredeki alanın bunlardan kuvvetli fark sergilediği tespit edilmiştir (Tablo 36).

Güneş yapraklarında ölçülen yaprak genişliği verilerinde de yine en az ortalama değer 4,589 cm ile alt yükselti olan 320 metredeki alana aittir. Ortalama en yüksek değer ise 6,970 cm ile en üst yükselti olan 922 metrede ölçülmüştür. Yükselti artışı ile beraber ortalama yaprak genişliğinde artış olmasına rağmen, istatistiksel olarak 320 metre ve 717 metredeki alanlar birbirinden farklı çıkmamış, 922 metredeki alanın ise farklı olduğu saptanmıştır. Tam güneş gören yaprak uzunluk değerlerinde de benzer sonuçlar elde edilmiş, ilk iki yükseltinin istatistiki olarak anlamlı fark göstermediği, ortalama en yüksek yaprak uzunluğunun ölçüldüğü alan olan 922 metredeki alanın ise bu iki alandan kuvvetli fark sergilediği tespit edilmiştir (Tablo 36).

Yaprak yüzey ölçümleri ile ilgili bir parametre olan oran faktörü ise, tam güneş gören yapraklarda yükselti artışına bağlı olarak azalsa da bu azalış istatistiksel olarak yükselti alanları arasında bir fark olduğunu gösterecek düzeyde bulunmamıştır (Tablo 36).

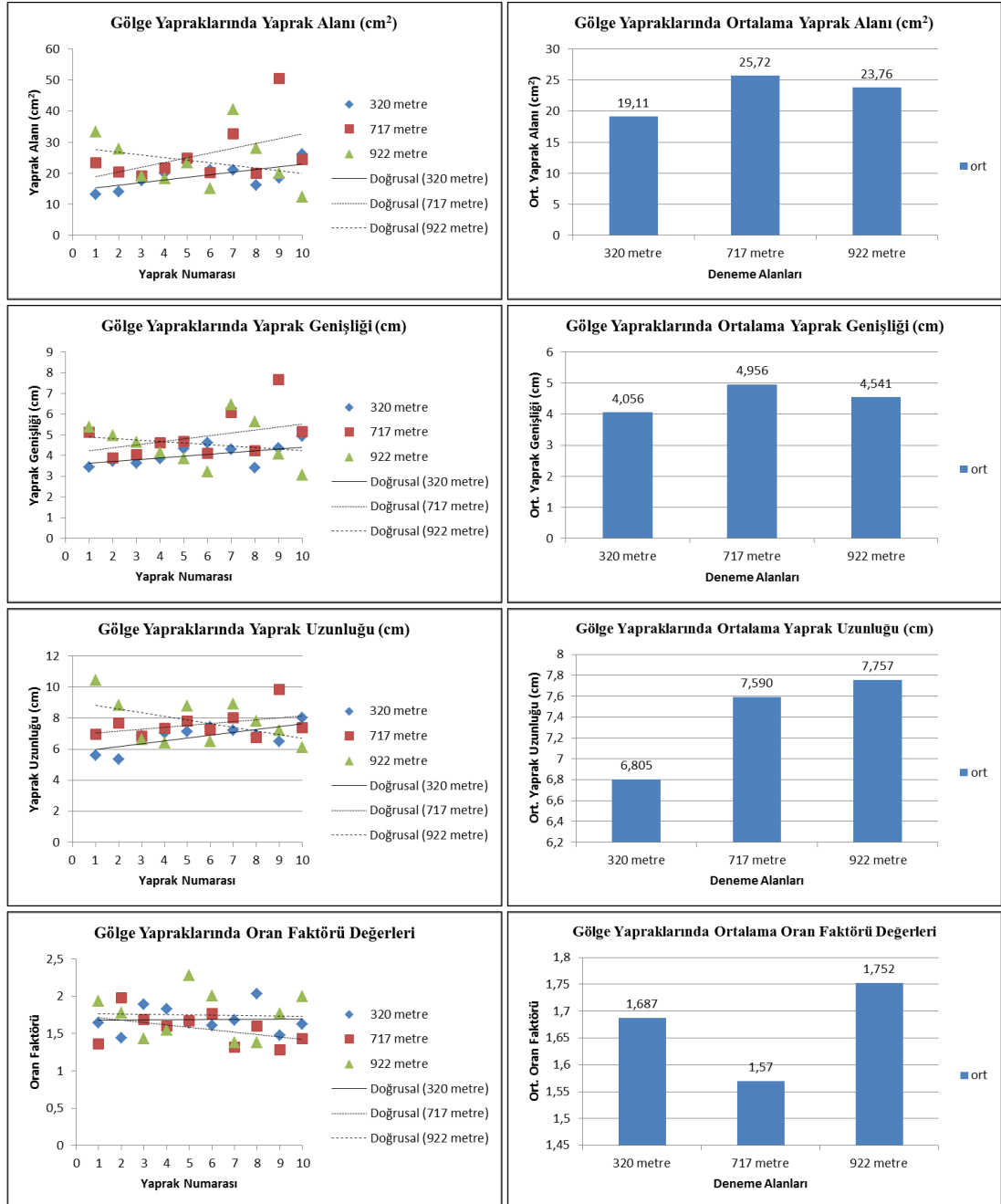
Tablo 36. Yükseltinin güneş yapraklarında alan, genişlik, uzunluk ve oran faktörü üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları

Güneş Yaprakları	Alan (cm ²)	Genişlik (cm)		Uzunluk (cm)		Oran Faktörü			
		Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG		
Yükselti	N	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
320 m	10	24,61	b	4,589	b	7,735	b	1,681	a
717 m	10	27,25	b	4,91	b	8,078	b	1,664	a
922 m	10	51,02	a	6,97	a	10,534	a	1,522	a

N: Örnek Sayısı, HG: Homojen Gruplar, a: en yüksek değere sahip grup, b: en düşük değere sahip grup

3.5.1.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Bulgular

Üç yükselti alanında belirlenen aynı 5'er ağaç üzerinde bulunan, 10'ar gölge yaprağı üzerinde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 37 ve Şekil 31'de verilmiştir.



Şekil 31. Gölge yapraklarında alan, genişlik, uzunluk ve oran faktörü değerleri

Tablo 37. Gölge yapraklarında alan, genişlik, uzunluk ve oran faktörü değerleri

GÖLGE YAPRAKLARI = 320 metre	Yaprak No	Alan (cm ²)	Genişlik (cm)	Uzunluk (cm)	Oran Faktörü
		z1k1	13,1	3,43	5,61
	z1k2	14,1	3,71	5,33	1,44
	z2k1	17,7	3,63	6,86	1,89
	z2k2	19,9	3,86	7,06	1,83
	z3k1	23,3	4,34	7,14	1,64
	z3k2	21,1	4,6	7,42	1,61
	z4k1	21,1	4,29	7,21	1,68
	z4k2	16,2	3,4	6,91	2,03
	z5k1	18,4	4,37	6,48	1,48
	z5k2	26,2	4,93	8,03	1,63
	Ortalama	19,11	4,056	6,805	1,687
GÖLGE YAPRAKLARI = 717 metre	Yaprak No	Alan (cm ²)	Genişlik (cm)	Uzunluk (cm)	Oran Faktörü
		y1k1	23,4	5,13	6,96
	y1k2	20,3	3,89	7,7	1,98
	y2k1	19,2	4,04	6,83	1,69
	y2k2	21,7	4,6	7,34	1,6
	y3k1	24,8	4,67	7,82	1,67
	y3k2	20,1	4,11	7,26	1,77
	y4k1	32,7	6,07	8,03	1,32
	y4k2	20	4,22	6,76	1,6
	y5k1	50,5	7,67	9,83	1,28
	y5k2	24,5	5,16	7,37	1,43
	Ortalama	25,72	4,956	7,59	1,57
GÖLGE YAPRAKLARI = 922 metre	Yaprak No	Alan (cm ²)	Genişlik (cm)	Uzunluk (cm)	Oran Faktörü
		x1k1	33,3	5,38	10,44
	x1k2	27,8	4,95	8,84	1,78
	x2k1	19,1	4,65	6,63	1,43
	x2k2	18,3	4,14	6,4	1,55
	x3k1	23,3	3,86	8,79	2,28
	x3k2	15	3,23	6,48	2,01
	x4k1	40,6	6,45	8,92	1,38
	x4k2	28	5,64	7,8	1,38
	x5k1	19,9	4,06	7,21	1,77
	x5k2	12,3	3,05	6,1	2
	Ortalama	23,76	4,541	7,757	1,752

Yaprak alanı, genişliği, uzunluğu ve oran faktörü değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak gösterdikleri farklılığı tespit etmek için tek yönlü varyans analizi

yapılmıştır. Varyans analizi sonucunda, gölgede kalan yapraklarda ölçülen yaprak alanı, genişliği, uzunluğu ve oran faktörü değerlerinde yükselti değişimlerine bağlı olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 38).

Tablo 38. Gölgede kalan yaprakların yükseltiye bağlı yaprak alanı, genişliği, uzunluğu ve oran faktörü farklılıklarının varyans analizi

Gölgede Kalan Yapraklar		Kareler Toplamı	df (Serbestlik Derecesi)	Kareler Ortalaması	F oranı	Önem Düzeyi ($P<0,05$)
Yaprak Alanı	Gruplar Arası	230,521	2	115,26	1,88	0,172
	Gruplar İçi	1654,99	27	61,296		
	Toplam	1885,51	29			
Yaprak Genişliği	Gruplar Arası	4,058	2	2,029	2,182	0,132
	Gruplar İçi	25,109	27	0,93		
	Toplam	29,167	29			
Yaprak Uzunluğu	Gruplar Arası	5,168	2	2,584	2,217	0,128
	Gruplar İçi	31,47	27	1,166		
	Toplam	36,638	29			
Oran Faktörü	Gruplar Arası	0,170	2	0,085	1,43	0,257
	Gruplar İçi	1,606	27	0,059		
	Toplam	1,776	29			

Gölgede kalan yapraklarda yaprak alanı, genişliği, uzunluğu ve oran faktörü özellikleri yönünden homojen grupların belirlenmesinde, Tukey HSD Testi uygulaması yapılmıştır. Gölgede kalan yapraklarda ölçülen yaprak alanı değerleri en düşük olarak ortalama $19,11 \text{ cm}^2$ ile 320 metredeki alanda, en yüksek olarak ise $25,72 \text{ cm}^2$ ile 717 metredeki alanda elde edilmiştir. Yaprak alanı değerleri yükseltiyle beraber artış göstermiş olsa da yapılan istatistiksel analiz sonucunda üç yükselti grubu arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Tablo 39).

Gölgede kalan yaprak genişliğine ait ortalama en küçük değer 4,056 cm ile 320 metre yükselti alanına aitken, en yüksek ortalama değer 4,956 cm ile 717 metre yükseltisine aittir. Yaprak alanı yönünden istatistiki olarak yükselti grupları arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır (Tablo 39).

Gölgede kalan yapraklara ait uzunluk değerleri alt yükseltiden üst yükseltiye doğru artış göstermiş, ancak bu artış istatistiksel olarak yükselti alan grupları arasında fark olduğunu ortaya koymaya yeterli bulunmamıştır (Tablo 39).

Gölgede kalan yaprakların yüzey ölçümünden elde edilmiş ortalama oran faktörü değerleri incelendiğinde, bu değerlerin en düşük 717 metre alanında, en yüksek ise 922 metre alanında olduğu görülmüştür. Ancak bu artış düzeyleri, istatistiksel olarak üç yükselti arasında anlamlı bir fark ortaya koymaya yeterli değildir (Tablo 39).

Tablo 39. Yükseltinin gölge yapraklarında alan, genişlik, uzunluk ve oran faktörü üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları

Gölge Yaprakları		Alan (cm ²)		Genişlik (cm)		Uzunluk (cm)		Oran Faktörü	
Yükselti	N	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
320 m	10	19,11	a	4,056	a	6,805	a	1,687	a
717 m	10	25,72	a	4,956	a	7,59	a	1,57	a
922 m	10	23,76	a	4,541	a	7,757	a	1,752	a

N: Örnek Sayısı, HG: Homojen Gruplar, a: en yüksek değere sahip grup, b: en düşük değere sahip grup

3.5.4. Yaprak % N, C, H, S İçeriğine İlişkin Bulgular

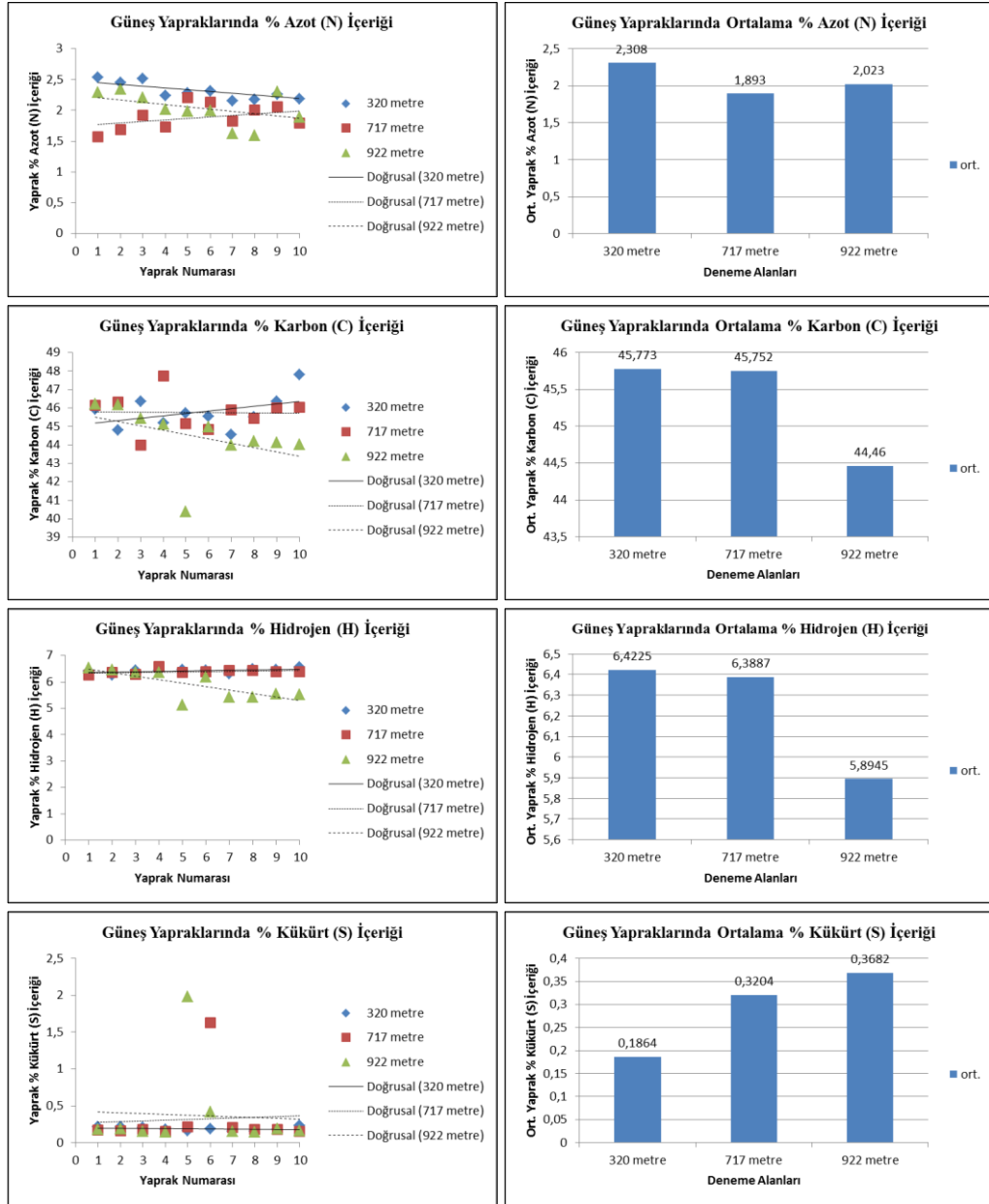
Üç yükseltide belirlenmiş aynı ağaçlarda yaprak % N, C, H ve S ölçümlerine ait bulgular tam güneş gören yapraklar ve gölgede kalan yapraklar ayrımı yapılarak ayrı ayrı incelenmiştir.

3.5.4.1. Tam Güneş Gören Yapraklara İlişkin Bulgular

Üç yükselti alanında belirlenen aynı 5'er ağaç üzerinde bulunan, 10'ar güneş yaprağı üzerinde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 40 ve Şekil 32'de verilmiştir.

Tablo 40. Güneş yapraklarında % N, C, H, S değerleri

1. yükselti (320 metre) Güneş Yaprakları				
Yaprak No	N (%)	C (%)	H (%)	S (%)
z1g1	2,53	45,92	6,399	0,211
z1g2	2,45	44,8	6,254	0,209
z2g1	2,51	46,34	6,43	0,202
z2g2	2,24	45,2	6,434	0,181
z3g1	2,28	45,71	6,471	0,159
z3g2	2,31	45,54	6,438	0,185
z4g1	2,15	44,55	6,322	0,15
z4g2	2,17	45,52	6,472	0,152
z5g1	2,26	46,36	6,457	0,182
z5g2	2,18	47,79	6,548	0,233
Ortalama	2,308	45,773	6,4225	0,1864
2. yükselti (717 metre) Güneş Yaprakları				
Yaprak No	N (%)	C (%)	H (%)	S (%)
y1g1	1,57	46,13	6,271	0,166
y1g2	1,69	46,31	6,349	0,157
y2g1	1,92	43,97	6,285	0,175
y2g2	1,73	47,75	6,591	0,153
y3g1	2,21	45,17	6,362	0,211
y3g2	2,13	44,84	6,383	1,625
y4g1	1,83	45,9	6,438	0,208
y4g2	2	45,42	6,442	0,176
y5g1	2,06	46,01	6,391	0,181
y5g2	1,79	46,02	6,375	0,152
Ortalama	1,893	45,752	6,3887	0,3204
3. yükselti (922 metre) Güneş Yaprakları				
Yaprak No	N (%)	C (%)	H (%)	S (%)
x1g1	2,29	46,2	6,527	0,177
x1g2	2,34	46,18	6,456	0,186
x2g1	2,21	45,42	6,362	0,152
x2g2	2,02	45,12	6,362	0,142
x3g1	1,98	40,37	5,134	1,977
x3g2	1,99	44,99	6,196	0,415
x4g1	1,62	43,98	5,425	0,15
x4g2	1,59	44,21	5,41	0,139
x5g1	2,3	44,12	5,552	0,187
x5g2	1,89	44,01	5,521	0,157
Ortalama	2,023	44,46	5,8945	0,3682



Şekil 32. Güneş yapraklarında % N, C, H, S içerik değerleri

Tam güneş gören yaprakların % N, C, H ve S değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak gösterdiği farklılığı tespit etmek için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre, tam güneş gören yapraklara ait % Azot, Karbon ve Hidrojen içerik değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı farklar gösterdiği tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Ancak bu yapraklara ait % Kükürt içerik değerinde yükselti değişimlerine bağlı anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$) (Tablo 41).

Tablo 41. Tam güneş gören yaprakların yükseltiye bağlı N, C, H ve S farklılıklarının varyans analizi

Tam Güneş Gören Yapraklar		Kareler Toplamı	df (Serbestlik Derecesi)	Kareler Ortalaması	F oranı	Önem Düzeyi (P<0,05)
Azot (N)	Gruplar Arası	0,901	2	0,451	10,007	0,001
	Gruplar İçi	1,216	27	0,045		
	Toplam	2,117	29			
Karbon (C)	Gruplar Arası	11,312	2	5,656	3,664	0,039
	Gruplar İçi	41,675	27	1,544		
	Toplam	52,987	29			
Hidrojen (H)	Gruplar Arası	1,747	2	0,874	8,840	0,001
	Gruplar İçi	2,668	27	0,099		
	Toplam	4,415	29			
Sülfür (S)	Gruplar Arası	0,178	2	0,089	0,496	0,615
	Gruplar İçi	4,837	27	0,179		
	Toplam	5,015	29			

Tam güneş gören yapraklarda % N, C, H ve S içerikleri yönünden homojen grupların belirlenmesinde Tukey HSD Testi uygulaması yapılmıştır. Tam güneş gören yaprakların ortalama % Azot içeriği 2. yükselti alanında en düşük, 1. yükselti alanında ise en yüksek olarak bulunmuştur. İstatistiksel analizler sonucunda, 2. ve 3. yükselti alanları kendi aralarında anlamlı fark sergilemezken, 1. yükselti alanı ise diğer iki alandan kuvvetli fark ortaya koymaktadır (Tablo 42).

Güneş yapraklarına ait % Karbon içerikleri incelendiğinde ise, yükselti artışı ile beraber ortalama % Karbon değerinin azaldığı görülmektedir. Ancak bu azalış, istatistiki olarak üç yükselti alanının birbirinden anlamlı fark ortaya koyduğunu söylemek için yeterli değildir (Tablo 42).

Güneş yapraklarının % Hidrojen değerlerinin en düşük ortalaması 3. yükselti alanında, en yüksek ortalaması ise 1. yükselti alanında gerçekleşmiştir. İstatistiksel olarak, 1. ve 2. yükselti alanları kendi aralarında anlamlı fark sergilememektedir. 3. yükselti alanının ise diğer iki alan ile arasında anlamlı fark olduğu bulunmuştur (Tablo 42).

Tam güneş gören yaprakların % Kükürt içerik ortalamalarının yükselti artışı ile arttığı bulunmuştur. Ancak yapılan istatistiksel analiz sonucunda, bu artış üç yükselti alanı arasında anlamlı bir fark olduğunu söylemeye yeterli bulunmamıştır (Tablo 42).

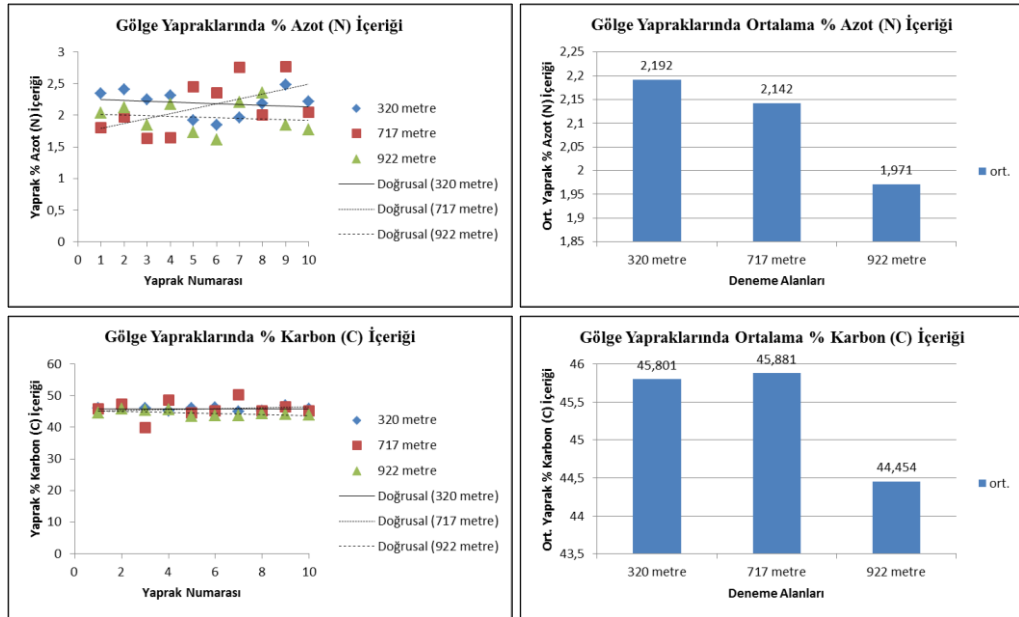
Tablo 42. Yükseltinin güneş yapraklarında % N, C, H ve S üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları

Güneş Yaprakları		% N		% C		% H		% S	
Yükselti	N	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG	Ort.	HG
320 m	10	2,308	a	45,773	a	6,4225	a	0,1864	a
717 m	10	1,893	b	45,752	a	6,3887	a	0,3204	a
922 m	10	2,023	b	44,46	a	5,8945	b	0,3682	a

N: Örnek Sayısı, HG: Homojen Gruplar, a: en yüksek değere sahip grup, b: en düşük değere sahip grup

3.5.4.2. Gölgede Kalan Yapraklara İlişkin Bulgular

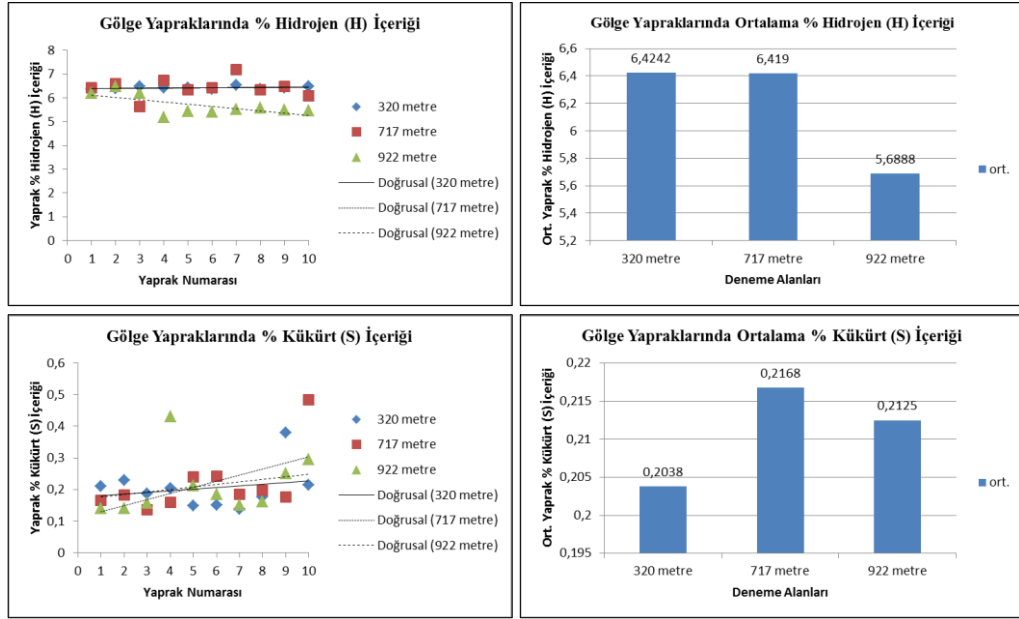
Üç yükselti alanında belirlenen aynı 5'er ağaç üzerinde bulunan, 10'ar gölge yaprağı üzerinde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen bulgular Tablo 43, Şekil 33 ve Şekil 34'de verilmiştir.



Şekil 33. Gölge yapraklarında % N, C içerik değerleri

Tablo 43. Gölge Yapraklarında % N, C, H, S değerleri

1. yükselti (320 metre) Gölge Yaprakları				
Yaprak No	N (%)	C (%)	H (%)	S (%)
z1k1	2,34	46,05	6,374	0,211
z1k2	2,41	45,78	6,387	0,229
z2k1	2,25	45,94	6,467	0,186
z2k2	2,31	45,27	6,408	0,204
z3k1	1,92	45,95	6,419	0,149
z3k2	1,85	46,17	6,356	0,151
z4k1	1,96	45,02	6,537	0,139
z4k2	2,18	45,14	6,373	0,176
z5k1	2,48	46,9	6,434	0,379
z5k2	2,22	45,79	6,487	0,214
Ortalama	2,192	45,801	6,4242	0,2038
2. yükselti (717 metre) Gölge Yaprakları				
Yaprak No	N (%)	C (%)	H (%)	S (%)
y1k1	1,8	45,85	6,426	0,165
y1k2	1,97	47,32	6,584	0,182
y2k1	1,63	39,88	5,633	0,136
y2k2	1,64	48,54	6,723	0,16
y3k1	2,45	44,64	6,339	0,24
y3k2	2,35	45,24	6,428	0,243
y4k1	2,76	50,37	7,182	0,185
y4k2	2	45,29	6,341	0,197
y5k1	2,77	46,4	6,464	0,176
y5k2	2,05	45,28	6,07	0,484
Ortalama	2,142	45,881	6,419	0,2168
3. yükselti (922 metre) Gölge Yaprakları				
Yaprak No	N (%)	C (%)	H (%)	S (%)
x1k1	2,04	44,65	6,206	0,141
x1k2	2,12	45,78	6,466	0,141
x2k1	1,85	45,46	6,205	0,158
x2k2	2,17	45,53	5,163	0,43
x3k1	1,73	43,42	5,418	0,212
x3k2	1,61	43,7	5,41	0,185
x4k1	2,21	43,7	5,517	0,151
x4k2	2,36	44,37	5,569	0,162
x5k1	1,85	44,07	5,479	0,251
x5k2	1,77	43,86	5,455	0,294
Ortalama	1,971	44,454	5,6888	0,2125



Şekil 34. Gölge yapraklarında % H, S içerik değerleri

Gölge yapraklarının % N, C, H ve S değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak gösterdiği farklılığı tespit etmek için tek yönlü varyans analizi uygulaması yapılmıştır (Tablo 44).

Tablo 44. Gölgede kalan yaprakların yükseltiye bağlı N, C, H ve S farklılıklarının varyans analizi

Gölgede Kalan Yapraklar		Kareler Toplamı	df (Serbestlik Derecesi)	Kareler Ortalaması	F oranı	Önem Düzeyi (P<0,05)
Azot (N)	Gruplar Arası	0,269	2	0,134	1,421	0,259
	Gruplar İçi	2,552	27	0,095		
	Toplam	2,821	29			
Karbon (C)	Gruplar Arası	12,857	2	6,429	2,234	0,127
	Gruplar İçi	77,693	27	2,878		
	Toplam	90,550	29			
Hidrojen (H)	Gruplar Arası	3,580	2	1,790	15,131	0,000
	Gruplar İçi	3,194	27	0,118		
	Toplam	6,774	29			
Sülfür (S)	Gruplar Arası	0,001	2	0,000	0,057	0,945
	Gruplar İçi	0,208	27	0,008		
	Toplam	0,208	29			

Uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre, gölgede kalan yaprakların % Azot, Karbon ve Kükürt içerik değerlerinde yükselti değişimlerine bağlı olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p>0,05$). % Hidrojen değeri açısından ise farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,05$) (Tablo 44).

Gölge yapraklarında % N, C, H ve S içerikleri yönünden homojen grupların belirlenmesinde Tukey HSD Testi uygulaması yapılmıştır. Gölge yapraklarında ölçülen % Azot içerik ortalama değerlerinin yükselti artışı ile beraber azaldığı görülmüştür. Ancak bu azalış üç yükselti alanının istatistiki olarak birbirinden anlamlı şekilde farklı olduğunu söylemeye yeterli değildir (Tablo 45).

Gölgede kalan yapraklarda en düşük % Karbon içeriği ortalama değeri 3. yükseltide, en yüksek % Karbon içeriği ortalama değeri ise 2. yükseltide bulunmuştur. Ancak bu değerler üzerinde yapılan istatistiksel analiz sonucunda üç yükselti alanı arasında kuvvetli bir fark bulunmamıştır (Tablo 45).

Gölge yapraklarının % Hidrojen değerlerine bakıldığında en düşük ortalama değerin 3. yükseltide, en yüksek ortalama değerin ise 1. yükseltide olduğu görülmektedir. İstatistiksel analizler sonucunda 1. ve 2. yükselti alanları arasında anlamlı bir fark bulunamazken, 3. yükseltinin alanının diğer iki yükselti alanı ile arasında kuvvetli fark olduğu tespit edilmiştir (Tablo 45).

Gölgede kalan yaprakların % Kükürt içeriği değerlerine bakıldığında, 1. yükselti alanında en düşük, 2. yükselti alanında ise en yüksek ortalama değerin elde edildiği görülmektedir. Ancak bu değerler de istatistiki olarak bu üç alanın kendi aralarında anlamlı bir fark sergilediğini söylemeye yeterli bulunmamıştır (Tablo 45).

Tablo 45. Yükseltinin gölge yapraklarında % N, C, H ve S üzerine etkisine ilişkin Tukey HSD Testi sonuçları

Gölge Yaprakları	Yükselti	% N		% C		% H		% S	
		N	Ort. HG	Ort. HG	Ort. HG	Ort. HG	Ort. HG		
320 m	10	2,192	a	45,801	a	6,4242	a	0,2038	a
717 m	10	2,142	a	45,881	a	6,419	a	0,2168	a
922 m	10	1,971	a	44,454	a	5,6888	b	0,2125	a

N: Örnek Sayısı, HG: Homojen Gruplar, a: en yüksek değere sahip grup, b: en düşük değere sahip grup

3.6. Korelasyon Analizlerine İlişkin Bulgular

Yükselti değişimlerine bağlı olarak incelenen bir çok bitkisel özelliğin, hangilerinin birbiriyle pozitif veya negatif ilişki içerisinde bulunduğunu tespit edebilmek amacıyla korelasyon analizleri yapılmıştır. Tam güneş gören yapraklara ve gölgede kalan yapraklara ait özellikler ayrı ayrı analize tabi tutulmuştur.

3.6.1. Tam Güneş Gören Yaprak Özelliklerine İlişkin Korelasyon Bulguları

Yapılan korelasyon analizi sonucunda tam güneş gören yapraklarda bir çok özelliğin birbiri ile anlamlı ilişki içinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 46). Örneğin, yaprak alanı ile yaprak genişliği, yaprak uzunluğu, g_s , C_i , E , C_i / C_a oranı ve yaprak kuru ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki vardır ($p < 0,01$). Değişkenler arasında pozitif yönlü kuvvetli bir korelasyon vardır (yaprak genişliği ($r = 0,956$), yaprak uzunluğu ($r = 0,925$), g_s ($r = 0,630$), C_i ($r = 0,533$), E ($r = 0,533$), C_i / C_a oranı ($r = 0,543$), kuru ağırlık ($r = 0,937$)). Yani yaprak alanı arttıkça bu bitkisel özelliklere ait değerler de artmaktadır.

Yaprak alanı ile P_n arasında da ($p < 0,05$) önem düzeyinde anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Değişkenler arasında pozitif kuvvetli bir korelasyon vardır ($r = 0,420$). Yani yaprak alanı arttıkça, P_n de artış göstermektedir. Yaprak alanının, V_{pdL} ve yaprak % Hidrojen içeriği ile arasında ($p < 0,01$) önem düzeyinde, su kullanım etkinliği olan P_n / E oranı ile de ($p < 0,05$) önem düzeyinde anlamlı ilişkisi vardır. Değişkenler arasında negatif korelasyon olduğu saptanmıştır (V_{pdL} ($r = - 0,503$), yaprak % Hidrojen içeriği ($r = - 0,481$), P_n / E oranı ($r = - 0,377$)). Diğer bir ifade ile yaprak alanı arttıkça bu özelliklere ait değerlerde azalış görülmektedir.

Tam güneş gören yapraklarda ölçülen en önemli parametrelerden olan P_n 'in , g_s , C_i , E ve C_i / C_a oranı ile ($p < 0,01$) önem düzeyinde anlamlı ilişkisi vardır. Değişkenler arasında pozitif kuvvetli bir korelasyon olduğu saptanmıştır (g_s ($r = 0,802$), C_i ($r = 0,594$), E ($r = 0,865$) ve C_i / C_a oranı ($r = 0,636$)). P_n arttıkça sayılan bu özelliklere ait ölçüm değerleri de artış göstermektedir.

P_n ile yaprak alanı, yaprak genişliği, yaprak uzunluğu ve yaprak kuru ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki vardır ($p < 0,05$). Değişkenler arasında doğru yönlü (pozitif)

kuvvetli bir korelasyon olduğu bulunmuştur (yaprak alanı ($r = 0,420$), yaprak genişliği ($r = 0,369$), yaprak uzunluğu ($r = 0,402$) ve yaprak kuru ağırlığı ($r = 0,459$)). P_n artışı ile beraber bu özelliklerde de artış görülmektedir.

Yine, P_n ile V_{pdL} arasında ($p<0,01$) önem düzeyinde anlamlı bir ilişki vardır. Değişkenler arasında negatif korelasyon vardır ($r = - 0,630$). P_n artışı ile V_{pdL} 'nin azaldığı görülmektedir.

Tam güneş gören yaprak % Azot İçeriği ile yaprak klorofil içeriği (SPAD) arasında ($p<0,01$) önem düzeyinde anlamlı ilişki vardır. Değişkenler arasında kuvvetli bir pozitif korelasyon bulunmaktadır ($r = 0,689$). Yaprak % Azot içeriğinin, yaprak % Hidrojen içeriği ile arasında ise ($p<0,05$) önem düzeyinde anlamlı bir ilişki vardır. Değişkenler arasında pozitif bir ilişki (korelasyon) vardır ($r = 0,363$). Yaprak % Azot İçeriği arttıkça bu değerler de artış göstermektedir.

3.6.2. Gölgede Kalan Yaprak Özelliklerine İlişkin Korelasyon Bulguları

Yapılan korelasyon analizi sonucunda, gölgede kalan yapraklara ait incelenen bir çok değişkenin birbiri ile farklı önem düzeylerinde pozitif veya negatif korelasyon ilişkisi içinde olduğu görülmüştür (Tablo 47). Örneğin, yaprak alanı ile beklendiği üzere yaprak genişliği, yaprak uzunluğu ve yaprak kuru ağırlığı arasında ($p<0,01$) önem düzeyinde anlamlı bir ilişki vardır. Değişkenler arasında pozitif kuvvetli bir ilişki (korelasyon) vardır (yaprak genişliği ($r = 0,948$), yaprak uzunluğu ($r = 0,851$) ve yaprak kuru ağırlığı ($r = 0,906$)). Ancak tam güneş gören yapraklarda tespit edilenden farklı olarak, gölgede kalan yaprakların alan değerleri ile P_n , g_s , C_i , E , P_n / E oranı, V_{pdL} , C_i / C_a oranı değerleri arasında ($p<0,01$ ve $p<0,05$) önem düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir. Yaprak alanının, yaprak % Azot içeriği ile arasında ise ($p<0,05$) önem düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Değişkenler arasında pozitif korelasyon olduğu saptanmıştır ($r = 0,429$).

Gölgede kalan yaprakların P_n değerlerinin tıpkı güneş yapraklarında tespit edildiği gibi, g_s , C_i , E ve C_i / C_a oranı özellikleri ile anlamlı bir ilişkisi vardır ($p<0,01$). Değişkenler arasında pozitif kuvvetli bir korelasyon vardır (g_s ($r = 0,880$), C_i ($r = 0,611$), E ($r = 0,931$), C_i / C_a oranı ($r = 0,668$)). P_n arttıkça sayılan bu özelliklere ait

ölçüm değerleri de artış göstermektedir. Ayrıca yine tam güneş gören yapraklarda tespit edildiği gibi gölgede kalan yaprakların P_n değerlerinin de V_{pdL} değerleri ile arasında ($p<0,01$) önem düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur. Değişkenler arasında negatif kuvvetli bir korelasyon olduğu görülmüştür ($r = -0,677$). Ancak tam güneş gören yapraklardan farklı olarak P_n ile yaprak alanı, yaprak genişliği ve yaprak uzunluğu arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Ayrıca yine tam güneş gören yapraklardan farklı olarak gölgede kalan yapraklarda P_n ile P_n / E oranı ve LDMC arasında ($p<0,05$) önem düzeyinde anlamlı bir ilişki vardır. Değişkenler arasında negatif bir korelasyon vardır (P_n / E oranı ($r = -0,368$), LDMC ($r = -0,390$)). Yani P_n arttıkça bu özelliklere ait değerler azalmaktadır.

Gölgede kalan yapraklarda yaprak % Azot içeriğinin, daha önce tam güneş gören yapraklarda tespit edildiği gibi, ($p<0,01$) önem düzeyinde yaprak klorofil içeriği (SPAD) ile anlamlı bir ilişki içinde olduğu görülmektedir. Değişkenler arasında pozitif kuvvetli korelasyon vardır ($r = 0,609$). Yine tam güneş gören yapraklarda görüldüğü gibi yaprak % Azot içeriğinin ($p<0,05$) önem düzeyinde yaprak % Hidrojen içeriği ile anlamlı ilişkisi vardır. Değişkenler arasında pozitif korelasyon vardır ($r = 0,417$). Tam güneş gören yapraklardan farklı olarak ise yaprak % Azot içeriği, yaprak genişliği ve LMA ile ($p<0,01$) önem düzeyinde anlamlı ilişki göstermektedir. Değişkenler arasında pozitif korelasyon vardır (yaprak genişliği ($r = 0,464$), LMA ($r = 0,480$)). Yani yaprak % Azot değeri arttıkça, bu iki özelliğe ait değerler de artmaktadır. Ayrıca yaprak % Azot değeri ile yaprak alanı ve yaprak % Karbon içeriği arasında anlamlı ilişki vardır ($p<0,05$). Değişkenler arasında pozitif korelasyon vardır (yaprak alanı ($r = 0,429$), yaprak % Karbon içeriği ($r = 0,445$)). Yaprak % Azot değeri arttıkça, bu özelliklere ait değerler de artmaktadır.

Tablo 46. Tam güneş gören yapraklara ait özellikler üzerine korelasyon analizi (P.K: Korelasyon Katsayısı, Ö.D: Önem Düzeyi)

Tam Güneş Gören Yapraklar	Yaprak Alanı	Genişlik	Uzunluk	Oran F.	P_n	G_s	C_i	E	P_n/E Oranı	V_{pdL}	C_i/C_a Oranı	Klorofil İçeriği	Yaprakta % Azot	% C	% H	% S	Kuru Ağırlık	SLA	LMA	LDMC	Su Pot.	
Y. Alanı	P.K.	1	,956**	,925**	-,041	,420*	,630**	,533**	,533**	-,377*	-,503**	,543**	-,104	-,127	-,298	-,481**	,004	,937**	-,073	,118	-,296	-,227
	Ö.D.		,000	,000	,828	,021	,000	,002	,002	,040	,005	,002	,585	,503	,109	,007	,982	,000	,700	,536	,112	,416
Genişlik	P.K.	1	,809**	-,303	,369*	,646**	,609**	,551**	-,477**	-,539**	,611**	-,210	-,163	-,316	-,542**	-,027	,827**	,104	-,065	-,435*	-,164	
	Ö.D.		,000	,104	,045	,000	,000	,002	,008	,002	,000	,265	,388	,089	,002	,888	,000	,583	,735	,016	,559	
Uzunluk	P.K.	1	,287	,402*	,521**	,353	,399*	-,158	-,398*	,369*	,038	-,142	-,244	-,308	,003	,973**	-,317	,350	-,136	-,447		
	Ö.D.		,125	,028	,003	,056	,029	,405	,029	,045	,842	,454	,194	,098	,988	,000	,087	,058	,473	,095		
Oran Faktörü	P.K.	1	-,010	-,234	-,413*	-,247	,441*	,267	-,396*	,316	-,024	,106	,315	,023	,189	-,597**	,591**	,441*	-,325			
	Ö.D.		,957	,214	,023	,187	,015	,154	,030	,089	,898	,576	,090	,905	,318	,000	,001	,015	,237			
P_n	P.K.	1	,802**	,594**	,865**	-,280	-,630**	,636**	-,134	-,047	-,119	-,204	,058	,459*	-,104	,114	,027	-,367				
	Ö.D.		,135	,000	,000	,481	,805	,531	,279	,760	,011	,584	,547	,887	,179							
g_s	P.K.	1	,896**	,916**	-,619**	-,815**	,915**	-,252	-,153	-,363*	-,548**	,166	,558**	,132	-,136	-,321	-,095					
	Ö.D.		,000	,000	,000	,000	,000	,179	,419	,049	,002	,381	,001	,488	,474	,083	,737					
C_i	P.K.	1	,802**	-,688**	-,887**	,999**	-,430*	-,206	-,315	-,578**	,152	,385*	,376*	-,379*	-,518**	,074						
	Ö.D.		,000	,000	,000	,018	,275	,090	,001	,422	,036	,041	,039	,003	,794							
E	P.K.	1	-,711**	-,642**	,828**	-,248	-,124	-,326	-,535**	,117	,444*	,144	-,147	-,231	,140							
	Ö.D.		,000	,000	,187	,514	,079	,002	,539	,014	,446	,438	,219	,618								
P_n/E	P.K.	1	,292	-,683**	,207	,039	,387*	,647**	-,109	-,164	-,431*	,450*	,477**	-,573								
	Ö.D.		,117	,000	,273	,837	,035	,000	,568	,387	,017	,013	,008	,026								
V_{pdL}	P.K.	1	-,890**	,487**	,328	,226	,414*	-,163	-,435*	-,216	,208	,388*	,391									
	Ö.D.		,000	,006	,077	,230	,023	,389	,016	,253	,271	,034	,149									
C_i/C_a	P.K.	1	-,416*	-,197	-,313	-,571**	,148	,403*	,354	-,356	-,495**	,056										
	Ö.D.		,022	,296	,092	,001	,434	,027	,055	,053	,005	,844										
Klorofil İçeriği	P.K.	1	,689**	,154	,398*	,000	,058	-,431*	,415*	,427*	-,049											
	Ö.D.		,000	,415	,029	,999	,761	,018	,023	,019	,861											
% N	P.K.	1	,121	,363*	-,002	-,082	-,092	,131	,155	,243												
	Ö.D.		,524	,049	,991	,667	,629	,491	,414	,384												
% C	P.K.	1	,800**	-,583**	-,242	,007	-,021	,416*	-,206													
	Ö.D.		,000	,001	,197	,969	,911	,022	,462													
% H	P.K.	1	-,363*	-,319	-,215	,210	,480**	-,305														
	Ö.D.		,049	,085	,254	,266	,007	,270														
% S	P.K.	1	,011	,098	-,070	-,225	,082															
	Ö.D.		,954	,607	,714	,233	,771															
Kuru Ağırlık	P.K.	1	-,375*	,413*	-,076	-,458																
	Ö.D.		,041	,023	,691	,086																
SLA	P.K.	1	-,989**	-,641**	-,328																	
	Ö.D.		,000	,000	,233																	
LMA	P.K.	1	,631**	-,321																		
	Ö.D.		,000	,243																		
LDMC	P.K.	1	,047																			
	Ö.D.		,868																			

Tablo 47. Gölgede kalan yapraklara ait özellikler üzerine korelasyon analizi (P.K: Korelasyon Katsayısı, Ö.D: Önem Düzeyi)

Gölgede Kalan Yapraklar	Yaprak Alanı	Genişlik	Uzunluk	Oran F.	P_n	g_s	C_i	E	P_n/E	V_{pdL}	C_i/C_a	Klorofil İçeriği	% N	% C	% H	% S	Kuru Ağırlık	SLA	LMA	LDMC	Su Pot.	
Y. Alanı	P.K.	1	,948**	,851**	-,424*	,114	,054	,077	,057	,043	-,165	,083	,165	,429*	,150	,140	-,236	,906**	-,328	,299	-,182	,101
	Ö.D.		,000	,000	,019	,549	,778	,688	,765	,821	,385	,662	,383	,018	,430	,460	,210	,000	,077	,109	,336	,720
Genişlik	P.K.	1	,711**	-,664**	,129	,047	,007	,036	,133	-,139	,018	,210	,464**	,253	,205	-,149	,851**	-,323	,273	-,156	,033	
	Ö.D.		,000	,000	,496	,805	,973	,851	,484	,465	,926	,264	,010	,177	,277	,433	,000	,082	,145	,411	,908	
Uzunluk	P.K.		1	,028	,214	,168	,204	,175	-,046	-,291	,216	,021	,177	,028	,078	-,309	,756**	-,273	,253	-,204	-,020	
	Ö.D.			,881	,257	,374	,279	,354	,809	,118	,252	,911	,350	,884	,680	,097	,000	,144	,178	,278	,942	
Oran Faktörü	P.K.			1	,000	,093	,241	,129	-,294	-,121	,230	-,323	-,451*	-,337	-,257	-,111	-,376*	,208	-,129	-,032	,007	
	Ö.D.				,998	,625	,199	,497	,115	,525	,221	,082	,012	,068	,170	,561	,040	,270	,496	,866	,980	
P_n	P.K.				1	,880**	,611**	,931**	-,368*	-,677**	,668**	,041	-,092	,078	-,218	,087	-,022	,214	-,285	-,390*	,191	
	Ö.D.					,000	,045	,000	,000	,830	,630	,681	,247	,647	,909	,256	,127	,033	,495			
g_s	P.K.					1	,789**	,924**	-,523**	-,829**	,829**	-,220	-,200	-,035	-,452*	,120	-,097	,279	-,334	-,498**	,134	
	Ö.D.						,000	,000	,003	,000	,000	,243	,290	,856	,012	,527	,611	,135	,071	,005	,634	
C_i	P.K.						1	,788**	-,820**	-,836**	,997**	-,446*	-,175	-,185	-,530**	,120	-,066	,323	-,342	-,556**	,024	
	Ö.D.							,000	,000	,000	,013	,354	,327	,003	,527	,728	,081	,065	,001	,933		
E	P.K.							1	-,648**	-,715**	,826**	-,129	-,178	-,035	-,395*	,060	-,125	,363*	-,417*	-,518**	,201	
	Ö.D.								,000	,000	,000	,497	,347	,853	,031	,752	,511	,049	,022	,003	,472	
P_n/E	P.K.								1	,390*	-,800**	,397*	,182	,170	,472**	-,028	,224	-,486**	,483**	,511**	-,068	
	Ö.D.									,033	,000	,030	,336	,368	,008	,882	,234	,006	,007	,004	,810	
V_{pdL}	P.K.									1	-,854**	,354	,182	,160	,468**	-,135	-,065	-,144	,181	,489**	-,031	
	Ö.D.										,000	,055	,335	,398	,009	,475	,734	,447	,337	,006	,914	
C_i/C_a	P.K.										1	-,410*	-,175	-,167	-,515**	,114	-,063	,318	-,343	-,556**	,037	
	Ö.D.											,024	,356	,378	,004	,550	,741	,087	,063	,001	,896	
Klorofil İçeriği	P.K.											1	,609**	,284	,451*	-,117	,217	-,306	,277	,418*	,465	
	Ö.D.												,000	,128	,012	,540	,249	,100	,138	,022	,080	
% N	P.K.												1	,445*	,417*	,165	,554**	-,473**	,480**	,258	,027	
	Ö.D.													,014	,022	,383	,001	,008	,007	,169	,925	
% C	P.K.													1	,735**	,051	,268	-,328	,313	,315	-,081	
	Ö.D.														,000	,787	,152	,077	,092	,090	,775	
% H	P.K.														1	-,278	,322	-,496**	,480**	,547**	-,049	
	Ö.D.															,138	,083	,005	,007	,002	,863	
% S	P.K.															1	-,155	-,051	,029	-,070	-,423	
	Ö.D.																,414	,790	,881	,715	,116	
Kuru Ağırlık	P.K.																1	-,639**	,640**	,129	,029	
	Ö.D.																	,000	,000	,496	,919	
SLA	P.K.																	1	-,966**	-,665**	,202	
	Ö.D.																		,000	,000	,471	
LMA	P.K.																		1	,725**	-,152	
	Ö.D.																			,000	,588	
LDMC	P.K.																			1	-,076	
	Ö.D.																				,789	

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yükselti artışı ve bunun fotosentez üzerindeki etkileri yıllardır ekologlar ve bitki fizyologlarının ilgi alanındadır (Billings ve ark., 1961; Körner ve Diemer, 1987; Friend ve ark., 1989; Terashima ve ark., 1995; Bowman ve ark., 1999; Sakata ve Yokoi, 2002; Kumar ve ark., 2005). *Vaccinium myrtillus* L. ve *Nardus strica* L. üzerine yapılan bir çalışmada net fotosentetik hız (P_n), 200 m ve 1100 m yükselti gradientleri boyunca ölçülmüş ve P_n ' in her iki türde de yükselti artışı ile beraber arttığı görülmüştür (Friend ve ark., 1989). Bu durumun muhtemel sebeplerinden biri, birim yaprak alanı başına düşen Azot miktarındaki artış olarak düşünülmüştür.

Sapsız meşe üzerinde yapılan bir çalışmada, yükseltiyle beraber fotosentez hızı ve yaprak alanı başına düşen azot miktarının arttığı bulunmuştur (Bresson ve ark., 2011). Bu çalışmalarla benzer olarak, sapsız meşeye ait P_n değerlerinin yükseltiyle beraber arttığı görülmüştür, ancak bu çalışmalardan farklı olarak en yüksek yaprak Azot değerlerine üst yükseltelerde değil, en alt yükselti olan 320 m de rastlanmıştır. Bu farklılığın temel nedeni, Friend ve ark. (1989)'nın yaprak alanı başına Azot içeriğini hesaplamalarına karşılık, bu çalışmada yaprak kütlesi başına Azot içeriğinin hesaplanması olabilir. Çünkü birçok çalışmada, yapraklarda ölçülen N_{alan} ve $N_{kütle}$ değerlerinin yükseltiye bağlı olarak farklılık sergilediği ortaya konmuştur.

Örneğin, *Quercus aquifolioides* yaprakları üzerinde yükseltiye bağlı $N_{kütle}$ ölçümleri yapılmış, yükseltiyle beraber $N_{kütle}$ değerlerinin düştüğü rapor edilmiştir (Li ve ark., 2006). *Hippophae rhamnoides* üzerine yapılan bir çalışmada ise, $N_{kütle}$ değerlerinin yükseltiyle beraber önce düştüğü sonra arttığı bildirilmiştir (Li ve ark., 2007). Yapılan bu çalışmada da güneş yapraklarında ölçülen $N_{kütle}$ değerleri yükseltiyle beraber önce azalmış, sonra ise artmıştır. Gölge yapraklarında ise yükselti artışı ile beraber görülen azalma, istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Bu durumun sebepleri arasında yükseltiye bağlı olarak yaprak alanı, kalınlığı, yoğunluğu ve üretilen azot içeren organik madde miktarlarının farklı olması sayılabilir. Bu çalışma için yapılan ölçümlerde, tam güneş gören yaprak % Azot

değerleri en yüksek olarak 320 m, en düşük olarak da 717 m de saptanmıştır. Varyans analizi sonuçları, yükseltiyle beraber yaprak % Azot içeriği değerlerinin anlamlı farklılıklar ortaya koyduğunu göstermiş ($p<0,05$), Tukey HSD testi sonuçları da özellikle 922 m yükselti alanının diğer iki alanla farklılık sergilediğini ortaya çıkarmıştır. Gölgede kalan yapraklarda ise yükseltiyle beraber yaprak % azot değerinin azaldığı görülmüştür. Ancak bu azalış istatistiki olarak ($p<0,05$) önem düzeyinde anlamlı bulunmamıştır. Alanlar arasında da anlamlı bir fark yoktur ($p<0,05$).

Toprakta mekanik (tekstür) analizinden elde edilen sonuçlara göre, Schlichting ve Blume'un 1966'da ortaya koyduğu metod baz alınarak, 1. ve 2. yükselti alanlarındaki toprakların kation tutma kapasitesinin m. val/ 100 gr. toprakta, 11-19 arası olduğu söylenebilir. Yani orta derecede kation tutma kapasitesine sahip topraklardır. 3. yükselti alanına ait toprak ise kation tutma kapasitesi yönünden yüksek seviyededir. Toprağın kation tutma kapasitesi içerdiği organik madde miktarına bağlı olarak artmaktadır. % 1-2 lik az miktardaki organik madde bile toprağın kation tutma kapasitesini 3 m. val./100 gr toprak arttırmaktadır. % 2-5 arası orta seviyede organik madde bulduran bir toprakta ise bu artış 6 m. val/100 gr toprak olmaktadır.

Yapılan toprak kimyası (pH) analizi sonucuna göre, Schlichting ve Blume'un 1966'da ortaya koyduğu toprak sınıflamasına göre; 1. ve 2. yükselti alanları alkalen (7,2 – 8,5 arası), 3. yükselti alanı ise nötr (6,5 – 7,2 arası) toprak yapısına sahiptir. Alanlara ait bulunan pH değerleri, dünyada çeşitli meşe türlerinin bulunduğu toprakların pH değerleri aralığı içerisinde kalmaktadır (pH: 3,4 – 7,7 arası).

Değerler incelendiğinde, bu elementlerin % değerlerinin toprakta en çok rastlanan % değerler ile uyumlu olduğu görülmektedir. Schröder'in 1972 yılında yayınladığı tabloya göre toprakta azot en çok % 0,03-0,3 aralığında bulunmaktadır. Dolayısıyla üç yükseltiye ait % N değerlerinin bu sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir. Ayrıca dünyada kükürtün en çok rastlanan % değerleri ile üç yükselti alanına ait % kükürt değerleri kıyaslanırsa yine benzer durumla karşılaşırız. Tüm yükselti alanlarına ait % kükürt değerleri, % 0,01-0,1 değer aralığında bulunmuştur. Yine özellikle önemli parametrelerden biri olan toprak % C/N oranlarının kabul edilebilir düzeyde olduğu yani % C/N oranına göre toprak örneklerinde ciddi bir eksiklik

olmadığı görülmektedir. Çünkü toprak yapısına ve bir çok faktöre göre % C/N oranları değişkenlik gösterse de tipik olarak bu değer 8-17 arası değişmektedir. 10-12 arası ise özellikle tarım topraklarında en istenilen düzey olarak kabul edilmektedir.

1. Deneme Alanına ait % C/N = 1 / 0,08 = 12,5

2. Deneme Alanına ait % C/N = 2,93 / 0,19 = 15,4

3. Deneme Alanına ait % C/N = 3,16 / 0,22 = 14,36

Toprak organik maddesi Petri ve Wagner'in 1978 yılında yayınlamış oldukları çizelgeye göre sınıflandırılırsa, 1. yükselti alanına ait toprak örneği, orta derecede humuslu toprak (% 2-5 arası) sınıfına girmektedir. 2. ve 3. yükselti alanlarına ait toprak örnekleri ise az humuslu toprak (% 1-2 arası) sınıfında kabul edilmektedir.

Bitki türü ayırımı yapmaksızın genelleme yapılacak olursa, bitki yapraklarına ait kuru ağırlık değerleri incelenirse, kuru maddenin % 1,5 Azot, % 45 Karbon, % 6 Hidrojen, % 45 Oksijen içerdiği söylenebilir (Taiz ve Zeiger, 2008). Bu çalışma için yapılan ölçümler sonucunda, hem tam güneş gören hem de gölgede kalan yaprak örnekleri üzerinde bu rakamlarla uyumlu % N, C, H, S değerleri elde edilmiştir. Yani çalışılan bitki örneklerine ait yapraklarda N, C, H, S eksikliğine bağlı bir stres durumu olmadığı düşünülmektedir.

Sapsız meşenin yetiştiği ortam koşullarına adaptif bir cevabı olduğu düşünülen, gerçekleştirdiği en önemli fizyolojik faaliyetleri arasında sayılan gaz değişim faaliyetleri incelendiğinde, bunların ciddi anlamda yükselti değişimleri ile beraber farklılıklar sergilediği görülmüştür. Özellikle güneş ışığını tam olarak alan yapraklar üzerinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen bulgular, sapsız meşenin hayati derecede önemli birçok fizyolojik etkinliğinin yükselti değişimlerine bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmaya konu olan tüm gaz değişimi değerleri yani net fotosentez hızı (P_n), stomatal iletkenlik (g_s), hücrelerarası CO₂ konsantrasyonu (C_i), transpirasyon hızı (E), su kullanım etkinliği (P_n/E), yaprak sıcaklığına bağlı buhar basıncı açığı (V_{pdL}), hücreler arası CO₂ konsantrasyonu / çevresel CO₂ konsantrasyonu (C_i/C_a), yükselti değişimlerine bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı farklar göstermiştir ($p < 0,05$). Yükseltiye bağlı olarak gerçekleşen bu

farklılıklar, özellikle net fotosentez hızı (P_n), stomatal iletkenlik (g_s), hücrelerarası CO_2 konsantrasyonu (C_i), hücreler arası CO_2 konsantrasyonu/çevresel CO_2 konsantrasyonu (C_i/C_a) değerlerinde kendini çok net şekilde göstermektedir. Çünkü bu özelliklere ait değerlerin araştırma alanlarının yükseklikleri olan 320 m, 717 m, 922 m seviyeleri ile tamamen uyumlu şekilde arttığı görülmüştür. Yani minimum değerler ile 320 m yükselti alanında, maksimum değerler ile ise 922 m alanında karşılaşmıştır. Sapsız meşenin tam güneş gören yapraklarının gerçekleştirdiği gaz değişimi değerleri ile alakalı şu ana kadar bahsi geçen tüm sonuçlar, gölgede kalan yapraklar için de geçerlidir. Güneş ışığına tam olarak ulaşamaları da, gölge yapraklarında da minimum değerler 320 m alanında, maksimum değerler ise 922 m alanında ölçülmüştür ve bu değerler net fotosentez hızı (P_n) hariç istatistiksel olarak yükselti değişimlerine bağlı olarak anlamlı farklılıklar sergilemiştir ($p<0,05$). Gölge yapraklarında net fotosentez hızı (P_n), ($p<0,05$) önem düzeyinde istatistiksel anlamda anlamlı bir fark sergilemese de yükselti artışına bağlı olarak arttığı görülmektedir.

Bazı çalışmalarda yükseltiyle beraber birçok bitkide ölçülen P_n değerlerinin ciddi değişimler göstermediği de ortaya konmuştur. Örneğin, yapılan bir çalışmada, 1800 m ve 3500 m yükseltisinde yetiştirilen *Frasera speciosa* türüne ait bireylerin benzer düzeylerde fotosentez hızına sahip oldukları bildirilmiştir ve bu durum daha üst yükseltelerde yetiştirilen bitkilerin yapraklarındaki içsel iletim artışına bağlanmıştır. (Brown ve ark., 1999).

Tam güneş gören ve gölgede kalan yapraklara ait gaz değişim değerleri, üç yükselti alanında birbirleri ile kıyaslamaya tabi tutulmuş ve elde edilen değerlerin çok yakın olduğu görülmüştür. Yine de ortalama değerler yönünden, net fotosentez hızının (P_n), su kullanım etkinliğinin (P_n/E) ve yaprak sıcaklığına bağlı buhar basıncı açığının (V_{pdL}) tam güneş gören yapraklarda, gölge yapraklarına göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Stomatal iletkenlik (g_s), hücrelerarası CO_2 konsantrasyonu (C_i), transpirasyon hızı (E), hücreler arası CO_2 konsantrasyonu/çevresel CO_2 konsantrasyonu (C_i/C_a) ortalama değerlerinin ise gölge yapraklarında daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Stomatal iletkenlik (g_s) değerleri yükselti ile beraber anlamlı fark göstermiştir. Diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlara uygun şekilde alt yükseltelerde g_s değerleri, üst

yükseltilere göre oldukça düşük bulunmuştur (Kumar ve ark., 2005). Hem tam güneş gören hem de gölgede kalan yapraklara ait g_s değerleri yükselti arttıkça artış göstermiştir. En üst yükselti olan 922 m alanının, g_s yönünden diğer iki alan ile arasında kuvvetli fark olduğu saptanmıştır.

Yaprak klorofil içeriğinin net fotosentez hızını etkileyebileceği ve klorofil içeriği ile SPAD değerleri arasında kuvvetli pozitif ilişki olduğu rapor edilmiştir (Monje ve Bugbee, 1992). Ancak yapılan bu çalışmada, istatistiksel olarak P_n ile yaprak klorofil içeriği arasında korelasyon bulunamamıştır. Benzer şekilde, P_n ile klorofil içerik değerlerinin ilişkili olmadığı Fujimura ve ark. (2009) tarafından da tespit edilmiştir.

Güneş yapraklarında ölçülen klorofil içerik değerleri yükselti değişimleri ile anlamlı düzeyde farklı bulunmuştur. En düşük ortalama değere sahip 320 metre yükselti alanı diğer iki alandan kuvvetli fark sergilemiştir. Gölge yapraklarında klorofil içerik değerleri yükselti ile azalma gösterse de, istatistiksel olarak bu durum anlamlı bulunmamıştır. Alanlar arasında da fark tespit edilememiştir. Ayrıca beklendiği üzere, tüm alanlara ait bitki örneklerinde yaprak % azot içeriğinin, yaprak klorofil içeriği ile kuvvetli pozitif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir.

Yaprak su potansiyel değerleri incelendiğinde, tam güneş gören ve gölgede kalan yapraklara ait değerlerin yükselti değişimleri ile istatistiksel olarak ($p<0,05$) önem düzeyinde anlamlı fark sergilemediği, alanlar arasında da fark olmadığı tespit edilmiştir.

Su stresi, toprak su potansiyeli ve V_{pdL} ile ilintilidir. Özellikle V_{pdL} , günlük sıcaklık değişimleri ve bağıl nemden etkilenmektedir. Her iki su stresi durumu da yaprak su potansiyeli ve stomatal iletkenliği düşürür (Farquhar ve Sharkey, 1982; Zweifel ve ark., 2007) ve bu da daha düşük transpirasyon ve fotosenteze sebep olur. Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. V_{pdL} ve transpirasyon (E) arasında yapılan korelasyon analizi sonucunda ($p<0,01$) önem düzeyinde negatif ilişki bulunmuştur. Yani V_{pdL} arttıkça, transpirasyon düşmektedir.

P_n ile V_{pdL} arasında, tam güneş gören ve gölgede kalan yaprak ayrımı yapılmaksızın ($p<0,01$) önem düzeyinde anlamlı bir ilişki vardır. Değişkenler arasında negatif korelasyon vardır. P_n artışı ile V_{pdL} 'nin azaldığı görülmektedir.

Tam güneş gören yapraklarda ve gölgede kalan yapraklarda ölçülen P_n 'in, g_s , C_i , E ve C_i/C_a oranı ile ($p<0,01$) önem düzeyinde anlamlı ilişkisi vardır. Değişkenler arasında pozitif kuvvetli bir korelasyon olduğu saptanmıştır. P_n arttıkça sayılan bu özelliklere ait ölçüm değerleri de artış göstermektedir.

Yaprak alanı değerleri incelendiğinde özellikle tam güneş gören yaprakların yükselti değişimleri ile beraber anlamlı farklar sergiledikleri görülmüştür, özellikle 922 m alanı diğer alanlardan kuvvetli fark ortaya koymuştur. Gölgede kalan yapraklarda ise böyle bir durum gözlenmemiştir. Bazı çalışmalarda yükselti ile beraber yaprak alanının azaldığı bildirilmektedir (Li ve ark., 2008). Yapılan bu çalışmada yaprak alanının yükselti ile beraber artması, bitki örneklerinin sıcaklık ve su stresi altında olmadığını düşündürmektedir. Ayrıca araştırmaya mevzu en üst yükselti olan 922 m daha üst yükseltiyle kıyaslanabilirse bu durumun değişebileceği düşünülmektedir.

Tam güneş gören yaprakların kuru ağırlık değerleri yükseltiyle beraber artış göstermektedir. Bu artış istatistiksel olarak ($p<0,05$) önem düzeyinde anlamlıdır. Alanlar da kuru ağırlık yönünden birbirleri arasında kuvvetli fark sergilemektedir. Gölge yapraklarına ait kuru ağırlık değerleri, yükseltiyle beraber önce artmış sonra ise azalış göstermiştir. Ancak bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Bir çok çalışmada, yapraklarda ölçülen kuru ağırlık, SLA, LMA ve LDMC değerlerinin yükselti değişimlerine bağlı olarak artması, azalması veya stabil kalması durumları ile karşılaşılmıştır. Bu değerler türlere, bulunulan ortamın diğer belirleyici koşullarına, hatta ağaç yükselti sınır derecelerine göre değişebilmektedir. Örneğin, yükseltiyle beraber, LMA'nın arttığını (Bresson ve ark., 2011), dar yükselti gradientleri boyunca sabit kaldığını (Kudo, 1995), ve azaldığını (Schoettle ve Rochelle, 2000) gösteren farklı türler üzerinde yapılmış araştırma sonuçları yayınlanmıştır. SLA konusunda da benzer bir durum söz konusudur. *Quercus aquifolioides* üzerine yapılan bir çalışmada belli bir yükselti sınırına kadar, SLA değerinin arttığı, sonra ise azalmaya başladığı bulunmuştur (Li ve ark., 2006). Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tam güneş gören yapraklara ait SLA değerleri yükselti artışına bağlı olarak artmış, LMA değerleri ise azalma ve artma şeklinde farklılıklar sergilemiştir. Gölgede kalan yapraklara ait SLA ve LMA değerlerinde de artış ve azalışlar gözlemlenmiştir.

LDMC (Yaprak Kuru Madde İçeriği) değerlerinin, yaprağın dayanıklılığı ve sertliği ile yakından ilişkili olduğu bilinmektedir. LDMC değeri daha yüksek olan yapraklar daha kalın ve sert hücre duvarlarına sahip olma eğilimi gösterirler. LDMC'nin türlerin tolere edebileceği minimum mevsimsel yaprak su potansiyeli ile yakından ilişkili olduğu bildirilmiştir (Kursar ve ark., 2009). Bu bilgiden yola çıkılarak kuraklık sezonu boyunca Bitki türlerinin kuraklık performanslarını ve yayılım kabiliyetlerini tespit etmede LDMC değerlerinden yararlanılabilir (Markesteyn ve ark., 2011). Yapılan bu çalışmada elde edilen LDMC değerleri, hem tam güneş gören hem de gölgede kalan yapraklarda yükselti artışı ile azalış göstermektedir. Güneş yapraklarına ait LDMC değerleri istatistiksel olarak, yükselti değişimleri ile anlamlı fark sergilemektedir ($p < 0,05$). Özellikle 320 m ve 922 m alanları arasında kuvvetli fark gözlemlenmiştir. Gölge yapraklarındaki yükselti değişimlerine bağlı LDMC değerlerindeki değişimler ise istatistiksel olarak ($p < 0,05$) nem düzeyinde yeterli bulunmamıştır.

Yapılan bazı çalışmalarda, su kullanım etkinliğinin SPAD değerleri ile pozitif, SLA değerleri ile ise negatif ilişkili olduğu saptanmıştır (Sheshshayee ve ark., 2006; Songsri ve ark., 2009). Benzer şekilde, bu çalışmada da su kullanım etkinliğinin güneş yapraklarında SLA ile negatif ilişkili olduğu saptanmıştır. Gölge yapraklarında ise su kullanım etkinliğinin SPAD değerleri ile pozitif, SLA ile negatif ilişkili olduğu grlmştir.

5. ÖNERİLER

Atmosferik CO₂ seviyesinin, 2050 yılına kadar, 80-180 ppm kadar artarak 460–560 ppm seviyelerine çıkacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2007). Görülmektedir ki bir çok araştırma, artan CO₂ seviyesinin gelecekte karşılaşılabileceği düşünülen kuraklık ve buzulların erimesi gibi coğrafik olaylar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bitkilerin gerek dünya gerekse canlı yaşamı üzerine sayılamayacak kadar çok etkisi bulunmaktadır. Dolayısıyla artan CO₂ seviyesinin bitki morfolojisi ve fizyolojisi üzerine etkileri daha yoğun bir şekilde incelenmelidir. Bitkilerin bu duruma ne derece adapte olabilecekleri, varlıkları tehlikeye düşebilecek türler, besin zincirinin etkilenme düzeyi vb. birçok konuda araştırmalar yapılmalıdır.

Yükselti değişimlerine bağlı olarak kısmi CO₂ basıncı, sıcaklık, yağış, su buharı, güneşten gelen radyasyon vb. birçok çevresel parametre doğal olarak değişmektedir. Bu durum gelecekte yaşanılması muhtemel kuraklık, sıcaklık artışı, aşırı güneş radyasyonuna maruz kalma gibi öne sürülen birçok tehlikeli sürecin sınanması için bir fırsat doğurmaktadır. Yükselti gradientleri boyunca yapılacak kontrollü deneyler, değişen çevresel şartlara bitkilerin nasıl cevaplar geliştirebileceğini anlamamıza ipucu sağlayacaktır.

Yükselti gradientleri boyunca bitkilerin sergiledikleri morfolojik, fizyolojik cevaplar iyi gözlemlenmeli, özellikle ileri seviyelerde yapılacak teknik ölçümler ile hangi türün hangi yükselti seviyesinde optimum düzeyde yaşamını idame ettirebildiği tespit edilmelidir. Bu durum sadece tarım bitkileri için değil, özellikle ormancılık alanında da büyük önem taşımaktadır. Farklı yükselti alanlarında yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında, türlerin alana karşı sergileyecekleri uyum önceden tespit edilmelidir.

Yapraklarda alan başına ölçülen Azot (N_{alan}) ve kütle başına ölçülen Azot ($N_{\text{kütle}}$) değerleri, yükselti değişimlerine göre farklı yorumlanmalıdır. N_{alan} genellikle yükseltiyle beraber artma eğilimindeyken $N_{\text{kütle}}$ bitki türüne ve yükselti gradientlerine bağlı olarak artma, azalma, stabil kalma gibi bir çok farklı sonuç ortaya koyabilmektedir. Çoğu çalışma N_{alan} üzerine gerçekleştirilmiştir. $N_{\text{kütle}}$ üzerine

yeterince çalışma olmaması verilerin yorumlanması ve kıyaslanmasını güçleştirmektedir. Daha çok bitki türü üzerinde yaprak $N_{kütle}$ çalışması yapılmalıdır.

Benzer şekilde, bitkilerin yaprak boyutları, SLA, LMA, LDMC gibi karakteristik birçok özelliği yükseltti gradiyentlerine karşılık türden türe farklı cevaplar sergilemektedir. Dolayısıyla araştırılan tür çeşitliliğinin artması daha sağlıklı yorumlar yapılması için zorunludur.

Portatif klorofil içerik ölçerler tarım bitkilerinin özellikle azot eksikliği yaşayıp yaşamadığını anlamada gelişmiş ülkelerde yıllardır kullanılmaktadır. Ölçülen bulgular, önceden oluşturulmuş indislerle karşılaştırılıp toprağa verilecek azotlu gübre miktarı oldukça pratik bir şekilde tespit edilebilmektedir. Orman fidanı yetiştiriciliğinde de yetiştirme ortamındaki toprağa verilecek gübre miktarının belirlenmesinde bu tip kullanımı pratik cihazlardan faydalanma yoluna gidilmesi çeşitli avantajlar sağlayacaktır. Bunun için de orman ağacı türlerinde topraktaki azot miktarları ile ilişkili yaprak klorofil ve azot içerik indisleri oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aitken, S.N., Yeaman, S., Holliday, J.A., Wang, T.L. and Curtis-McLane, S., 2008. Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. *Evol. Appl.*, 1, 95–111.
- Altun, L., 1995. Maçka (Trabzon) Orman işletmesi Orman Üstü Serisinde Orman Yetiştirme Ortamı Birimlerinin ayrılması ve Haritalanması Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 177 s.
- Anonim, 1990. Artvin İli Arazi Varlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No:08, Ankara.
- Anonim, 2006. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin İşletme Müdürlüğü, Saçınka İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2006-2025), Artvin.
- Austrheim, G., 2002. Plant diversity patterns in semi-natural grasslands along an elevational gradient in southern Norway. *Plant Ecol.*, 161, 193-205.
- Billings, W.D., Clebsch, E.E.C. and Mooney, H.A., 1961. Effect of low concentrations of carbon dioxide on photosynthesis rates of two races of *Oxyria*. *Science*, 133, 1864.
- Birmann, K., and Körner, C., 2009. Nitrogen status of conifer needles at the alpine treeline. *Plant Ecol. Div.*, 2, 233–241.
- Bowman, W.D. and Roberts, S.W., 1985. Seasonal changes in tissue elasticity in chaparral shrubs. *Physiol. Plantarum*, 65, 233–236.
- Bowman, W.D., Keller, A. and Nelson, M., 1999. Altitudinal variation in leaf gas exchange, nitrogen and phosphorus concentrations, and leaf mass per area in populations of *Frasera speciosa*. *Arct. Antarct. Alpine Res.*, 31, 191-195.
- Bresson, C.C., Kowalski, A.S., Kremer, A. and Delzon, S., 2009. Evidence of altitudinal increase in photosynthetic capacity: gas exchange measurements at ambient and constant CO₂ partial pressures. *Ann. For. Sci.* 66, 505–505.
- Bresson, C.C., Vitasse, Y., Kremer, A. and Delzon, S., 2011. To what extent is altitudinal variation of functional traits driven by genetic adaptation in European oak and beech? *Tree Physiol.*, 31, 1164–1174.
- Charles-Edwards, D.A., David, D. and Rimmington, G.M., 1986. Modelling plant growth and development. Academic Pres Australia, Centrecourt, 25-27 Paul Street North, North Ryde.
- Charles-Edwards, D.A., Muchow, R.C. and Wood, I.M., 1981. Effect of sowing data on the growth and yield of Kenaf (*Hibiskus cannibus*) growth under irrigation in tropical Australia. III. Physiological analysis of growth. *Field Crops Res.*, 7, 103-113.

- Cheung, Y.N.S., Tyree, M.T. and Dainty, J., 1975. Water relations parameters on single leaves obtained in a pressure bomb and some ecological interpretations. *Can. J. of Bot.*, 53, 1342–1346.
- Comstock, J.P., 2002. Hydraulic and Chemical Signalling in the Control of Stomatal Conductance and Transpiration. *J. Exp. Bot.*, 53, 195-200.
- Cordell, S., Goldstein, G., Mueller-Dombois, D., Webb, D. and Vitousek, P.M., 1998. Physiological and morphological variation in *Metrosideros polymorpha*, a dominant Hawaiian tree species, along an altitudinal gradient: the role of phenotypic plasticity. *Oecologia*, 113, 188–196.
- Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., *et al.*, 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Aust. J. Bot.*, 51, 335–380.
- Çalıkoğlu, M. ve Tilki, F., 2004. Orman Ağacı Tohumlarında Çimlenme – Su Stresi İlişkisi. *İstanbul Üniv. Orman Fak. Derg.*, B, 52 (1), 77-87.
- Çepel, N., 1988. Orman Ekolojisi, 3. Baskı, İ.Ü. Or. Fak. Yayın No, 399.
- Díaz, S., Hodgson, J.H., Thompson, K., Cabido, M., Cornelissen, J.H.C., Jalili, A., *et al.*, 2004. The plant traits that drive ecosystems: evidence from three continents. *J. Veg. Sci.*, 15, 295–304.
- Engelbrecht, B.M.J. and Kursar, T.A., 2003. Comparative drought-resistance of seedlings of 28 species of co-occurring tropical woody plants. *Oecologia*, 136, 383–393.
- Epstein, E., 1972. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. Wiley, New York, 412 p.
- Epstein, E., 1999. Silicon. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 50, 641-664.
- Evans, H.J. and Sorger, G.J., 1966. Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. *Annu. Rev. Plant. Physiol.*, 17, 47-76.
- Fajardo, A. and Piper, F.I., 2011. Intraspecific trait variation and covariation in a widespread tree species (*Nothofagus pumilio*) in southern Chile. *New Phytol.*, 189, 259–271.
- Farquhar, G. and Sharkey, T., 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annu. Rev. Plant. Physiol.* 33, 317-345.
- Field, C., 1983. Allocating leaf nitrogen for the maximization of carbon gain: leaf age as a control on the allocating program. *Oecologia*, 56, 341–347.
- Field, C. and Mooney, H.A., 1986. The photosynthetic-nitrogen relationship in wild plants. In: Givnish, T.J. (ed.). *On the economy of plant form and function*. Cambridge University Press, New York. p. 25–55.

- Friend, A.D. and Woodward, F.I., 1990. Evolutionary and ecophysiological responses of mountain plants to the growing season environment. *Adv. Ecol. Res.*, 20, 59–124.
- Friend, A.D., Woodward, F.I. and Switsur, V.R., 1989. Field measurements of photosynthesis, stomatal conductance, leaf nitrogen and $\delta^{13}\text{C}$ along altitudinal gradients in Scotland. *Funct. Ecol.*, 3, 117–122.
- Fujimura, S., Shi, P., Iwama, K., Zhang, X., Gopal, J. and Jitsuyama, Y., 2009. Comparison of growth and grain yield of spring wheat in Lhasa, the Tibetan Plateau, with those in Sapporo, Japan. *Plant Prod. Sci.*, 12, 116–123.
- Garnier, E., Shipley, B., Roumet, C. and Laurent G., 2001. A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Funct. Ecol.*, 15, 688–695.
- Geske, J., 1994. Leaf morphology along environmental gradients in Hawaiian *Metrosideros polymorpha*. *Biotropica*, 26, 17–22.
- Greenwood, D.R., 2005. Leaf form and the reconstruction of past climates. *New Phytol.*, 166, 355–357.
- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Yöntemleri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, O.F Yayın No, 201, Kurtuluş Matbaası, İstanbul, 225 s.
- Han, W., Fang, J., Guo, D. and Zhang, Y., 2005. Leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry across 753 terrestrial plant species in China. *New Phytol.*, 168, 377–385.
- Han, W.X., Chen, Y.H., Zhao, F.J., Tang, L.Y., Jiang, R.F., *et al.*, 2012. Floral, climatic and soil pH controls on leaf ash content in China's terrestrial plants. *Global Ecol. Biogeogr.*, 21, 376–382.
- He, J.S., Fang, J.Y., Wang, Z.H., Guo, D.L., Flynn, D.F.B., *et al.*, 2006. Stoichiometry and large-scale patterns of leaf carbon and nitrogen in the grassland biomes of China. *Oecologia*, 149, 115–122.
- Hou, X.Y., 1982. Chinese Vegetable Geography and Chemical Elements: Analyses of the Dominant Plant Species. Science Press, Beijing, China.
- Hovenden, M.J. and Broadribb, T., 2000. Altitude of origin influences stomatal conductance and therefore maximum assimilation rate in Southern Beech, *Nothofagus cunninghamii*. *Aust. J. Plant Physiol.*, 27, 451–456.
- Hovenden, M.J. and Vander Schoor, J.K., 2003. Nature vs nurture in the leaf morphology of Southern beech, *Nothofagus cunninghamii* (Nothofagaceae). *New Phytol.*, 161, 585–594.
- Hultine, K.R. and Marshall, J.D., 2000. Altitude trends in conifer leaf morphology and stable carbon isotope composition. *Oecologia*, 123, 32–40.

- IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Irmak, A., 1954. Arazide ve Laboratuarda Toprağın Araştırılması Metotları İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No, 27, İstanbul.
- Kılınç M. ve Kutbay H., 2008. Bitki Ekolojisi, Palme Yayıncılık, Ankara, 448 s.
- Körner, C., 1999. Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems. Springer. Berlin Heidelberg, New York. p. 344.
- Körner, C. and Cochrane, P.M., 1986. Stomatal responses and water relations of *Eucalyptus pauciflora* in summer along an elevational gradient. *Oecologia*, 66, 443–455.
- Körner, C., Allison, A. and Hilscher, H., 1983. Altitudinal variation of leaf diffusive conductance and leaf anatomy in heliophytes of montane New-Guinea and their interrelation with microclimate. *Flora*, 174, 91–135.
- Körner, C., 2012. Alpine Treelines: Functional Ecology of the Global High Elevation Tree Limits. Springer, Basel, 220 p.
- Körner, C. and Diemer, M., 1987. In situ photosynthetic responses to light, temperature and carbon dioxide in herbaceous plants from low and high altitude. *Funct. Ecol.*, 1, 179–194.
- Körner, C., Farquhar, G.D. and Wong, S.C., 1991. Carbon isotope discrimination by plants follows latitudinal and altitudinal trends. *Oecologia*, 88, 30–40.
- Körner, C., Neumayer, M., Menendez-Riedl, S.P. and Smeets-Scheel, A., 1989. Functional-morphology of mountain plants. *Flora*, 182, 353–383.
- Körner, C., 1989. The nutritional status of plants from high altitudes. *Oecologia*, 81, 379–391.
- Körner, C., 2007. The use of ‘altitude’ in ecological research. *Trends Ecol. Evol.*, 22, 569–574.
- Kudo, G., 1995. Altitudinal effects on leaf traits and shoot growth of *Betula platyphylla* var. *japonica*. *Can. J. Forest Res.*, 25, 1881–1885.
- Kumar, N., Kumar, S. and Ahuja, P.S., 2005. Photosynthetic characteristics of *Hordeum*, *Triticum*, *Rumex*, and *Trifolium* species at contrasting altitudes. *Photosynthetica*, 43, 195-201.
- Kursar, T.A., Engelbrecht, B.M.J., Burke, A., Tyree, M.T., El Omari, B. and Giraldo, J.P., 2009. Tolerance to low leaf water status of tropical tree seedlings is related to drought performance and distribution. *Funct. Ecol.*, 23, 93–102.

- Küçük, M., 2013. Farklı Eğim ve Bakı Gruplarında Bulunan Meşe Meşcerelerinde ve Mera Alanlarında Azot Mineralizasyonu ve Toprak Solunumunun Belirlenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 173 s.
- Larcher, W., 2003. Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups. Springer, Berlin, Germany, 450 s.
- Li, C., Xu, G., Zang, R., Korpelainen H. and Berninger F., 2007. Sex-related differences in leaf morphological and physiological response in *Hippophae rhamnoides* along an altitudinal gradient. *Tree Physiol.*, 27, 399–406.
- Li, C., Zhang, X., Liu, X., Luukkanen, O. and Berninger, F., 2006. Leaf morphological and physiological responses of *Quercus aquifolioides* along an altitudinal gradient. *Silva Fennica*, 40, 5–13.
- Li, G.Y., Yang, D.M. and Sun, S.C., 2008. Allometric relationships between lamina area, lamina mass and petiole mass of 93 temperate woody species vary with leaf habit, leaf form and altitude. *Funct. Ecol.*, 22, 557-564.
- Lima, A.L.S., Damatta, F.M., Pinheiro, H.A., Totola, M.R. and Loureiro, M.E., 2002. Photochemical Responses and Oxidative Stress in Two Clones of *Coffea canephora* Under Water Deficit Conditions. *Environ. Exp. Bot.*, 47, 239-247.
- Lomolino, M.V., 2001. Elevation gradients of species diversity: historical and prospective views. – *Glob. Ecology and Biogeogr.*, 10, 3-13.
- Luo, J.X., Zang, R.G. and Li, C.Y., 2006. Physiological and morphological variations of *Picea asperata* populations originating from different altitudes in the mountains of southwestern China. *Forest Ecol. Manag.*, 221, 285–290.
- Markesteyn, L., Poorter, L., Paz, H., Sack, L. and Bongers, F., 2011. Ecological differentiation in xylem cavitation resistance is associated with stem and leaf structural traits. *Plant Cell and Environ.*, 34(1), 137–148.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A., 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Worblaufen- Bern, Switzerland.
- Monje, O.A. and Bugbee, B., 1992. Inherent limitations of nondestructive chlorophyll meter: a comparison of two types of meters. *Hortscience*, 27, 69-71.
- Monson, R.K. and Smith, S.D., 1982. Seasonal water potential components of Sonoran desert plants. *Ecology*, 63, 113–123.
- Oleksyn, J., Modrzynski, J., Tjoelker, M.G., Zytowskiak, R., Reich, P.B. and Karolewski, P., 1998. Growth and physiology of *Picea abies* populations from elevational transects: common garden evidence for altitudinal ecotypes and cold adaptation. *Funct. Ecol.*, 12, 573–590.

- Öztürk, S., 2013. Türkiye Meşeleri Teşhis ve Tanı Kılavuzu, Orman Zararlarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı, CTA Ltd., Ankara, 368 sayfa.
- Paridari, I.C, Jalali, S.G., Sonboli, A., Zarafshar, M. and Bruschi, P., 2013. Leaf macro- and micro-morphological altitudinal variability of *Carpinus betulus* in the Hyrcanian forest (Iran). *J. Forest. Res.*, 24(2), 301-307.
- Perez-Harguindeguy, N., Diaz, S., Garnier, E., *et al.* 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Aust. J. Bot.*, 61, 167-234.
- Poorter, H., Niinemets, U., Poorter, L., Wright, I.J. and Villar, R., 2009. Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis. *New Phytol.*, 182, 565–588.
- Premoli, A.C. and Brewer, C.A., 2007. Environmental vs genetically driven variation in ecophysiological traits of *Nothofagus pumilio* from contrasting elevations. *Aust. J. Bot.*, 55, 585–591.
- Reich, P.B. and Oleksyn, J., 2004. Global patterns of plant leaf N and P in relation to temperature and latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 101, 11001–11006.
- Sakata, T. and Yokoi, Y., 2002. Analysis of the O₂ dependency in leaflevel photosynthesis of two *Reynoutria japonica* populations growing at different altitudes. *Plant Cell Environ.*, 25, 65-74.
- Scheepens, J., Frei, E.S. and Stöcklin, J., 2010. Genotypic and environmental variation in specific leaf area in a widespread Alpine plant after transplantation to different altitudes. *Oecologia*, 164, 141–150.
- Schoettle, A.W. and Rochelle, S.G., 2000. Morphological variation of *Pinus flexilis* (Pinaceae), a bird-dispersed pine, across a range of elevations. *Am. J. Bot.*, 87, 1797–1806.
- Sheshshayee, M.S., Bindumadhava, H., Rachaputi, N.R., Prasad, T.G., Udayakumar, M., Wright, G.C. and Nigam, S.N., 2006. Leaf chlorophyll concentration relates to transpiration efficiency in peanut. *Ann. Appl. Biol.*, 148, 7–15.
- Sinclair, T.R., Tanner, C.B. and Bennet, J.M., 1984. Water Use Efficiency in Crop Production. *Biol. Sci.*, 34, 36-40.
- Songsri, P., Jogloy, S., Kesmala, T., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Patanothai, A. and Holbrook, C.C., 2008. Responses of reproductive characters of drought resistant peanut genotypes to drought. *Asian J. Plant. Sci.*, 5, 427–439.
- Sparks, J.P. and Ehleringer, J.R., 1997. Leaf carbon isotope discrimination and nitrogen content of riparian trees along an elevational gradient. *Oecologia*, 109, 362–367.

- Sveinbjornsson, B., Nordell, O. and Kauhanen, H., 1992. Nutrient relations of mountain birch growth at and below the elevational tree-line in Swedish Lapland. *Funct. Ecol.*, 6, 213–220.
- Taiz, Z., and Zeiger, E., 2008. *Bitki Fizyolojisi 3.Baskı*. Palme Yayıncılık, Ankara, 720 s.
- Teiz, L. and Zeiger, S.C.E., 1998. *Plant Physiology*, University of California, Los Angeles Sinauer Associates, Inc., Publisher, 792 s.
- Terashima, I., Masuzawa, T., Ohba, H. and Yokoi, Y., 1995. Is photosynthesis suppressed at higher elevations due to low CO₂ pressure? *Ecology*, 76, 2663-2668.
- Thomas, S.C., 2011. Genetic vs. phenotypic response of trees to altitude. *Tree Physiol.*, 31, 1161-1163.
- Tschaplinski, T.J., Gebre, G.M. and Shirshac, T.L., 1997. Osmotic Potential of Several Hardwood Species as Affected by Manipulation of Throughfall Precipitation in an Upland Oak Forest During a Dry Year. *Tree physiol.*, 18, 291-298.
- Tyree, M.T., Engelbrecht, B.M.J., Vargas, G. and Kursar, T.A., 2003. Desiccation tolerance of five tropical seedlings in Panama. Relationship to a field assessment of drought performance. *Plant Physiol.*, 132, 1439–1447.
- Velaquez-Rosas, N., Meave, J. and Vazquez-Santana, S., 2002. Elevational variation of leaf traits in montane rain forest tree species at La Chinantla, Southern Mexico. *Biotropica*, 34, 534–546.
- Vitasse, Y., Delzon, S., Bresson, C.C., Michalet, R. and Kremer A., 2009. Altitudinal differentiation in growth and phenology among populations of temperate-zone tree species growing in a common garden. *Can. J. For. Res.*, 39, 1259–1269.
- Wang, G.H., Zhou, G.S., Yang, L.M. and Li, Z.Q., 2003. Distribution, species diversity and life-form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slopes of Qilianshan Mountains, Gansu China. *Plant Ecol.*, 165, 169-181.
- Way, D.A. and Oren, R., 2010. Differential responses to changes in growth temperature between trees from different functional groups and biomes: a review and synthesis of data. *Tree Physiol.*, 30, 669-688.
- Weiqi S., Guoan W. and Wenxuan H., 2012. Altitudinal Variation in Leaf Nitrogen Concentration on the Eastern Slope of Mount Gongga on the Tibetan Plateau, China. *PLoSOne*, 7(9), 1.
- Wilson, P.J., Thompson, K. and Hodgson, J.G., 1999. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytol.*, 143, 155–162.

- Witkowski, E.T.F. and Lamont, B.B., 1991. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia*, 88, 486–493.
- Wright, I.J. and Westoby, M., 2002. Leaves at low versus high rainfall: coordination of structure, lifespan and physiology. *New Phytol.*, 155, 403–416.
- Xu, Z., Zhou, G. and Shimizu, H., 2010. Plant responses to drought and rewatering. *Plant Sign. Behav.*, 5, 649-654.
- Yüksek, T. ve Ölmez, Z., 2002. Artvin Yöresinin İklim, Toprak Yapısı, Orman Alanları, Ağaç Serveti ve Ormancılık Çalışmalarıyla İlgili Genel Bir Değerlendirme, KAÜ Artvin Orm. Fak. Derg., 1, 50-62.
- Yüksel-Erdoğan, E., 2009. Artvin-Saçınka Yöresindeki Orman ve Otlak Arazilerinde Bazı Toprak Özelliklerinin Yükselti ve Derinlik Kademelerine Göre Değişiminin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin, 106 s.
- Zhang, J.W. and Marshall, J.D., 1995. Variation in carbon isotope discrimination and photosynthetic gas exchange among populations of *Pseudotsuga menziesii* and *Pinus ponderosa* in different environments. *Funct. Ecol.*, 9, 402–412.
- Zhu, Y., Siegwolf, R.T.W., Durka, W. and Körner, C., 2010. Phylogenetically balanced evidence for structural and carbon isotope responses in plants along elevational gradients. *Oecologia*, 162, 853-863.
- Zimmermann, U., 1978. Physics of turgor- and osmoregulation. *Annual Review of Plant Physiol.*, 29, 121–148.
- Zweifel, R., Steppe, K. and Sterck, F.J., 2007. Stomatal regulation by microclimate and tree water relations. *J. Exp. Bot.*, 58, 2113-2131.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SADIKLAR, Murat Sabri
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 08/03/1979-İstanbul
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (466) 2151035
Faks : 0 (466) 2151034
e-mail : sadiklar@artvin.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	İstanbul Ü. / Orta Öğr. Alan Öğr. / Biyoloji Prg	2004
Lisans	İstanbul Üniv. / Biyoloji Bölümü	2002
Lise	Trabzon Fatih (YDA) Lisesi	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-devam	Artvin Çoruh Üniversitesi	Uzman

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Tilki, F., Göktürk, A., Bayraktar, F., and Sadıklar, M.S., The use of three shelters with *Picea orientalis* and *Fagus orientalis*, " International Caucasian Forestry Symposium", (2013).