



**FARKLI LOKALİTELERDEN TOPLANAN LİKEN TÜRLERİNDE
KLOOROFİL İÇERİĞİ VE ANATOMİK ÖZELLİKLERİN
İNCELENMESİ**

Vesile Ebru KARAKAŞ



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI LOKALİTELERDEN TOPLANAN LİKEN TÜRLERİNDE
KLOROFİL İÇERİĞİ VE ANATOMİK ÖZELLİKLERİN İNCELENMESİ**

Vesile Ebru KARAKAŞ

Prof. Dr. Şule ÖZTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2018

TEZ ONAYI

Vesile Ebru KARAKAŞ tarafından hazırlanan "Farklı Lokalitelerden Toplanan Liken Türlerinin Klorofil İçeriği ve Anatomik Özelliklerinin İncelenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği /oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Botanik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Şule ÖZTÜRK

Başkan : Prof. Dr. Şule ÖZTÜRK
U.Ü., Fen Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Anabilim Dalı

İmza



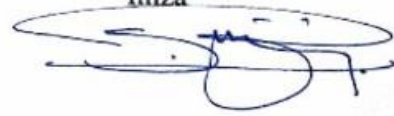
Üye : Prof. Dr. Atilla YILDIZ
A.Ü., Fen Fakültesi
Biyoloji Anabilim Dalı

İmza



Üye : Prof. Dr. Şaban GÜVENÇ
U.Ü., Fen Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.



Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

08 / 01 / 2018

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

08/01/2018

Vesile Ebru KARAKAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI LOKALİTELERDEN TOPLANAN LİKEN TÜRLERİNDE KLOROFİL İÇERİĞİ VE ANATOMİK ÖZELLİKLERİN İNCELENMESİ

Vesile Ebru KARAKAŞ

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Şule ÖZTÜRK

Bu çalışmada Bursa ili, Nilüfer, Osmangazi ve İznik ilçelerinde belirlenen 12 farklı lokalitede epifitik olarak yayılış gösteren *Parmelia sulcata* Taylor 1836 tallusundaki fotosentetik pigment içerikleri, morfolojik ve anatomik özellikleri incelenerek lokaliteler arası hava kalitesi karşılaştırılmıştır.

Ayrıca atmosferik kirleticilerden çok uzak kırsal bir bölge olan Uludağ Kirazlıyayla mevkiinde belirlenen kontrol bölgesinden, likenlerle kaplı *Abies* sp. dalları transplantasyon yapılarak kirleticilere daha fazla maruz kalan Bursa ilinin merkez ilçesi olan Nilüfer’ de bir bölgeye yerleştirilmiştir. *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. 1896, *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf 1903 ve *Parmelia sulcata* Taylor 1836 liken türleri, üç aylık periyotlarla fotosentetik pigment içeriği ölçülerek bir yıllık pigment değişim oranları ve bölgenin mevsimsel olarak kirleticilere maruz kalma oranı istatistiksel olarak tespit edilmiştir.

Bu amaçla araziden toplanan liken örneklerinden 20 mg alınarak CaCO₃ ile doymuş hale getirilmiş asetonla üç kez yıkama işlemi yapılmıştır. Liken ekstratlarının hazırlanmasında ise 10 ml saf DMSO (Dimetilsülfoksit) kullanılmıştır. Spektrofotometrik ölçümler için hazırlanan liken ekstratlarında klorofil a, klorofil b, toplam karotenoit ve klorofil a’nın feofitine dönüşüm oranını belirlemek için Beckman Coulter DU 730 marka spektrofotometrede 665, 649, 480, 435 ve 415 nm dalga boylarında absorpsiyon değerleri kaydedilmiştir. Liken talluslarında klorofil a, klorofil b, toplam karotenoit içerikleri (mg/gr) ile klorofil a / b oranı, toplam karotenoit / toplam klorofil oranı ve OD435 / OD415 oranının lokaliteler arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiş ve bu değişimin istatistiksel olarak da (p<0.001) anlamlı olduğu bulunmuştur. Spektrofotometrik ölçümler ve liken tallusunun anatomik ölçümleri baz alınarak yapılan değerlendirmeler sonucunda liken talluslarının fotosentetik pigment içeriğinin lokaliteler arasında farklı olduğu ve bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Bu sonuçların lokalitelerin hava kirliliği seviyeleriyle ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bursa, epifitik liken, fotosentetik pigment içeriği, tallus kalınlığı
2018, ix + 61 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

EXAMINATION IN TERMS OF CHLOROPHYLL CONTENT AND ANATOMICAL CHARACTERISTICS OF LICHEN SPECIES COLLECTED FROM DIFFERENT LOCALITIES

Vesile Ebru KARAKAŞ

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Şule ÖZTÜRK

In this study, photosynthetic pigment contents, morphological and anatomical characteristics were determined between different localities air quality levels were compared of *Parmelia sulcata* Taylor 1836 which shows the epiphytic spread in located 12 different localities distincts of Nilüfer, Osmangazi and İznik, in Bursa.

In addition, control zones identified at Uludağ Kirazlıyayla site isolated from atmospheric pollutants, *Abies* sp. branches were placed in a region in Nilüfer, which is the central district of Bursa province, which has been exposed to more pollutants by transplantation. *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. 1896, *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf 1903 and *Parmelia sulcata* Taylor 1836 lichens species were measured for three months period to determine photosynthetic pigment contents, and one year of pigment change rates and seasonal pollutant exposure rates were statistically determined.

For this purpose, 20 mg of the lichen samples collected from the field were taken and washed three times with acetone saturated with CaCO₃. 10 ml of pure DMSO (Dimethylsulfoxide) was used to prepare the lichen extracts. Concentrations of chlorophyll a, chlorophyll b and total carotenoids of the extracts was measured with label of Beckman Coulter DU 730 spectrophotometre at 665, 649 and 480 nm. Thallus of lichens chlorophyll a, chlorophyll b, total carotenoid content (mg/g) and chlorophyll a / b ratio, total carotenoid / total chlorophyll ratio and OD435 / OD415 ratio is different between localities and these changes are significantly statistical (p <0.001) it has been found.

Keywords: Bursa, epiphytic lichens, content of photosynthetic pigment, thickness of thallus

2018, ix + 61 pages.

TEŞEKKÜR

Tez danıőmanlıęı haricinde akademik anlamda aldığım kararlarımaya yön veren, tez çalışmam boyunca yardımlarını ve desteğini esirgemeyen, tez danıőmanım Sayın Prof. Dr. Şule ÖZTÜRK'e,

Tezin deneysel ve yazım aşamasında bana yardımcı olan değerli hocalarım Prof. Dr. Şaban GÜVENÇ, Doç. Dr. Gamze YILDIZ'a ve Araő. Gör. Dr. Seyhan ORAN'a,

Yardımlarını esirgemeyen ve desteklerini her zaman gösteren değerli çalışma arkadaşlarım Öğr. Gör. Gözde KARABULUT, Uzm. Biyolog Kıymet Burcu TÖRE, Çağla BARDAKCIOğLU, Cansu Nur KÖKSAL ve Tuğçe KARADUMAN'a,

Bana her konuda yardımcı olan, maddi ve manevi desteklerini gördüğüm, her zaman bana inanan kıymetli aileme çok teşekkür ederim.

Vesile Ebru KARAKAŞ

08/01/2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİN.....	ix
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1. Hava Kirliliği	6
2.2. Hava Kalitesinin Likenlerle İzlenmesinde Yapılan Çalışmalar	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. Çalışma Alanının Tanıtımı.....	18
3.1.1. Coğrafi Konum	18
3.1.2. İklim	19
3.1.3. Bitki Örtüsü.....	19
3.1.3.1. Uludağ' ın İklimi ve Bitki örtüsü.....	19
3.1.3.2. İznik' in İklimi ve Bitki Örtüsü.....	22
3.2. Materyal	24
3.2.1. Liken Örneklerinin Toplanması	24
3.2.2. Araştırmada İncelenen Liken Türleri.....	27
3.2.2.1. <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl. 1896.....	27
3.2.2.2. <i>Parmelia sulcata</i> Taylor 1836.....	28
3.2.2.3. <i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf 1903	29
3.3. Yöntem.....	30
3.3.1. Tayin Yöntemi	30
3.3.2. Klorofil Analiz Yöntemi	31
3.3.3. Anatomik İnceleme Yöntemi	33
4. BULGULAR.....	34
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	50
KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ	61

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
AAS	Atomik absorpsiyon spektrumu
cm	Santimetre
DEDTA	Disodyum etilen diamin tetraasetik asit
DNA	Deoksiribonükleik asit
DMSO	Dimetil sülfoksit
EDS	Enerji dağılımlı X ışını spektrometresi
EDTA	Etilen diamin tetraasetik asit
EGTA	Glikol tetraasetik asit
EU	Avrupa Birliği
EXAFS	Genişletilmiş X ışını emilim ince yapı spektroskopisi
ICP-AOS	İndüktif eşlenmiş plazma – atomik salınım spektroskopisi
ICP-Forests	Uluslararası Hava Kirliliğinin Ormanlar Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi ve Görüntülenmesi İşbirliği Programı
ICP-MS	İndüktif eşlenmiş plazma – kütle spektrometresi
km	Kilometre
km ²	Kilometrekare
LVD	Liken Çeşitlilik Değeri
m	Metre
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Ort	Ortalama
PM ₁₀ -PM _{2,5}	Partikül madde
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
VDI	Alman Mühendisler Birliği
XRD	X ışını kristalografisi

Simgeler	Açıklama
Sin.	Sinonim
μ	Mikron
pH	Maddenin asitlik-bazlık derecesini gösteren ölçüt
(\pm)	Az çok
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
Al	Alüminyum
As	Arsenik
B	Bor
Ba	Baryum
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
Hg	Civa
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Na	Sodyum
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
S	Kükürt
Si	Silisyum
Sb	Antimon
Sr	Stronsiyum
Ti	Titanyum
V	Vanadyum
Zn	Çinko
CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbon dioksit
CH ₄	Metan
NCH ₄	Metan olmayan hidrokarbonlar
HF	Hidrojen florür
HCl	Hidrojen klorür

Simgeler	Açıklama
HNO ₃	Nitrik asit
NaHSO ₃	Sodyum bisülfid
NO	Azot oksit
NO ₂	Azot dioksit
O ₂	Oksijen
O ₃	Ozon
SO ₂	Kükürt oksit
Cs-137	Sezyum-137
Pb-210	Kurşun-210
Po-210	Polonyum-210



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanı Bursa ili haritası	18
Şekil 3.2. <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl. 1896.....	27
Şekil 3.3. <i>Parmelia sulcata</i> Taylor 1836.....	28
Şekil 3.4. <i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf 1903.....	29
Şekil 3.5. Liken örneklerinin tartım işlemi.....	31
Şekil 3.6. Ekstraktlara saf dimetilsülfoksit eklenerek seyreltme işlemi.....	32
Şekil 3.7. Spektrofotometrenin kalibrasyon işlemi	33
Şekil 4.1. <i>Parmelia sulcata</i> enine kesit ışık mikroskobu görüntüsü.....	34
Şekil 4.2. <i>Parmelia sulcata</i> enine kesit ışık mikroskobu görüntüsü	35
Şekil 4.3. <i>Parmelia sulcata</i> 'nın toplandığı lokaliteler ile fotosentetik pigment içerikleri arasındaki korelasyonun ordınasyon grafiği (PCA).....	39
Şekil 4.4. Kontrol grubu ve transplante edilen üç liken türünün feofitinizasyon değerleri.....	44
Şekil 4.5. Kontrol grubu ve transplante edilen üç liken türünün klorofil a değerleri... 45	
Şekil 4.6. Kontrol grubu ve transplante edilen üç liken türünün klorofil b değerleri... 46	
Şekil 4.7. Kontrol grubu ve transplante edilen üç liken türünün karotenoit değerleri.. 47	
Şekil 4.8. Kontrol grubu ve transplante edilen üç liken türünün toplam klorofil değerleri.....	48
Şekil 4.9. Kontrol grubu ve transplante edilen üç liken türünün karotenoit / toplam klorofil değerleri.....	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Türlerin toplandığı istasyonların lokasyon bilgileri	25
Çizelge 3.2. Kontrol ve transplantasyon yapılan istasyonların lokasyon bilgileri.....	26
Çizelge 4.1. <i>Parmelia sulcata</i> tallus enine kesitlerinin ölçüm değerleri.....	36
Çizelge 4.2. <i>Parmelia sulcata</i> 'nın lokalitelerdeki fotosentetik pigment içerikleri.....	39
Çizelge 4.3. <i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Parmelia sulcata</i> ve <i>Pseudevernia furfuracea</i> 'nın kontrol alanı ve transplantasyon noktasında üçer aylık dönemlerde yapılan fotosentetik pigment analiz sonuçları	41
Çizelge 4.4. Bir yıllık Nilüfer ilçesi hava kalitesi verileri	43



1.GİRİŞ

Likenler, metabolik faaliyetleri çevredeki kullanıma uygun su içeriğine bağlı olan, kendi besinini üretemeyen heterotrof mantar ortak ile bir veya birden çok, fotosentez yoluyla kendi besinini üretebilen ototrof ortak arasında kurulan, uzun süreli ve zorunlu simbiyotik birliklerdir (Nash III 2008). Daha önceleri likenler tek bir sistematik birim olarak değerlendirilirken, 1869'da Schweneder tarafından farklı bileşenlerden oluşan organizmalar olarak tanımlanmıştır (Karamanoğlu, 1971). Linneaus'un 1753 yılında yayımlanan 'Species Plantarum' adlı eserinde, 80 farklı liken türü 'Lichen' adı altında tanımlanmaktadır. Ancak tarihteki ilk liken sınıflandırması, likenolojinin babası olarak kabul edilen, İsveçli botanikçi Acharius tarafından yapılmıştır (Nash III 1996, Tehler 1996).

Dünya üzerinde yayılış gösteren, asklı mantarlar olarak da bilinen yaklaşık 30 000 *Ascomycetes* türü mantarın yarısına yakın kısmı ile bazitli mantarlar olarak bilinen *Basidiomycetes* türü mantarlar liken tallusunda mikobiyont olarak yer almaktadır (Brodo ve ark. 2001).

Yaklaşık 40 farklı yeşil alg ve mavi-yeşil bakteri türü likenlerin yapısında fotobiyont olarak yer almaktadır. *Trentepohlia* ve *Trebouxia* cinslerine ait yeşil alg türleri ile *Nostoc* cinsine ait mavi-yeşil alg türleri likenlerde en sık rastlanan fotobiyontları oluşturmaktadır (Friedl ve Büdel 1996).

Liken tallusunun görünümü çoğunlukla mikobiyont tarafından belirlensede, zaman zaman fotobiyont tarafından da belirlenebilmektedir. Likenler morfolojik olarak yapraksı, dalsı, kabuksu ve pulsü olarak sınıflandırılabilir. Ancak bu temel gruplar dışında ara formlar da mevcuttur (Büdel ve Scheidegger 1996).

Likenler üzerinde geliştikleri birçok farklı substrat olmakla birlikte substrat çeşidine göre gruplara ayrılırlar:

- Epifitik likenler: Çeşitli bitki kısımları üzerinde gelişen liken türleridir.
- Kortikol likenler: Ağaç kabukları üzerinde gelişen liken türleridir.
- Lignikol likenler: Ölü odun üzerinde gelişen liken türleridir.

-Saksikol likenler: Taş ve kayalar üzerinde gelişen liken türleridir.

-Terrikol likenler: Silisli, kireçli, humuslu topraklar üzerinde yalnız ya da karayosunlarıyla birlikte gelişen likenlerdir.

Likenler çok yavaş büyüyen organizmalardır. Likenlerin yıllık büyüme miktarı 0,5 mm ile 1 cm arasında değişir. Işık, nem, sıcaklık, atmosferin temizlik oranı ve rüzgar gibi faktörler likenlerin büyümesine etki eden faktörlere örnek olarak verilebilir. Likenlerin renkleri alg bileşenleri, asitler, pigmentler, amorf maddeler ve bazı liken maddeleri arasındaki kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşur. Güneş ışığı altında veya gölgede bulunma gibi koşullarda, bu kimyasal maddelerin miktarlarındaki değişim renk değişimlerine neden olabilmektedir (Brodo ve ark. 2001).

Liken tallusu anatomik olarak homomerik ve heteromerik olmak üzere iki farklı düzende oluşmaktadır. Homomerik tallusta mikobiyont ve fotobiyont hücreleri tallus içinde homojen olarak dağılım gösterirken, heteromerik tallusta fotobiyont hücrelerin oluşturduğu gonidiyum ve mikobiyontun oluşturduğu medulla dokusu üst ve alt korteks arasında belirgin şekilde bir tabakalaşma göstermektedir (Büdel ve Scheidegger 1996, Nash III ve ark. 2002).

Likenler farklı özelliklerdeki canlı yapıların belirli bir düzen içerisinde oluşturduğu yapılar olmalarından dolayı, kendilerine özgü bir üreme modeline sahip değillerdir. Likenlerin spor üreten yapıları olan apotesyum ve peritesyum mikobiyont tarafından oluşturulduğu için, bu durum mikobiyontun organizasyon içerisindeki üstünlüğünün işareti olarak görülebilir. Fotobiyont ise vejetatif üreme davranışı sergiler ve üreme organı oluşturmaz. Kopan tallus parçaları ve mikobiyontun katkısı ile meydana getirilen soret ve izit adı verilen yapılar, tallusun vejetatif üreme yapmasına yardımcı olmaktadır (Brodo ve ark. 2001, Nash III ve ark. 2002). Tallusu oluşturan fotobiyont ile mikobiyont arasında fizyolojik bir iş bölümü bulunmaktadır.

Klorofil içermeyen ve besinini çürükçül olarak elde eden mantarlar likenlerin yapısında buldukları zaman, fotosentez yapan ortağı fotobiyont tarafından ihtiyaç duyduğu karbohidratları karşılayabilmektedir. Fotobiyontun ürettiği karbonhidratların türü, fotobiyontun cinsine göre değişiklik göstermektedir.

Mavi-yeşil bakteri içeren likenlerde fotobiyont tarafından üretilip, mikobiyonta aktarılan karbohidrat glukoz iken, yeşil alg içeren likenlerde eritritol, sorbitol ya da ribitol gibi şeker alkolleridir (Brodo ve ark. 2001, Nash III 1996). Sıcaklık ve nem gibi çevre faktörleri solunum ve fotosentez üzerinde etkilidir.

Likenlerde 800'den fazla liken maddesi üretilmektedir. Bu maddeler antiviral, antibiyotik, antitümör, allerjenik, bitki gelişim inhibitörü, antiherbivor ve enzim inhibitörü olarak etki göstermektedirler (Huneck ve ark.1989).

Aşırı ışık, liken tallusundaki yeşil alg fotobiyontlarına zarar verebilmektedir. Likenin yapısı içerisindeki mantar dokuları ve mantar pigmentleri, ışığa karşı alg için bir koruma kalkanı görevi görür. Fakat buna ek olarak, mantarın en önemli katkısı alg için bir habitat oluşturması ve nemi sağlamasıdır. Eğer böyle olmasaydı, yeşil alglerin kaya yüzeyi, kuru ağaç kabukları ve diğer liken substratları üzerinde serbest halde yaşamını devam ettirmeleri mümkün olmazdı. Fotosentez, likenlerin pek çoğunda tallusun suya doygunluk oranı %50 ile %70 arasında olduğunda en iyi şekilde gerçekleşir. Solunum ise tallusun neredeyse veya tamamen suya doygun olduğu durumlarda en iyi seviyede gerçekleşir. Diğer bir deyişle, tallusun su içeriği fotosentezden ziyade, solunum reaksiyonları üzerinde daha etkilidir. Yine pek çok liken türünde, optimum solunum sıcaklığı, optimum fotosentez sıcaklığından daha yüksektir. Fakat bu optimum sıcaklık değerleri farklı türler için değişmekle beraber, çoğunlukla likenin doğal habitatlarına da bağlıdır. Örneğin Antartika bölgesi likenlerinde optimum fotosentez sıcaklığı 0 °C ve 10 °C aralığındayken, ılıman bölgelerde yer alan liken türlerinde 10 °C ile 15 °C aralığındadır. Bununla birlikte, optimum solunum sıcaklığı pek çok liken türü için 15 °C ile 30 °C aralığındadır (Brodo ve ark. 2001).

Likenlerde metabolik etkinlikler sonucu birincil (primer) ve ikincil (sekonder) metabolitler üretilir. Birincil metabolitler karbohidratlar, yağlar ve proteinler gibi temel ürünlerdir ve hem mikobiyont hem de fotobiyont tarafından üretilmektedir (Elix 1996).

İkincil metabolitlerin tümü ise mantar kökenlidir ve sayıları yaklaşık 854 civarındadır. İkincil metabolitlerin çok büyük bir kısmı, sadece liken oluşturan mantarlar tarafından üretilir, geri kalan kısmı ise serbest yaşayan mantar türleri ve yüksek bitkilerde bulunur.

İkincil metabolitlerin likenlere birçok yararı vardır. Örnek olarak, kortekste bulunan ikincil metabolitler, ışığı absorbe etme konusunda farklı özellikler gösterebilir ve tallusu UV radyasyondan korurlar. Böylece fotosentez yapan ortağın yer aldığı tabaka için uygun ışık koşulları sağlanmış olur. Ayrıca *Letharia vulpina* (L.) Hue 1899 türü likenlerin ürettiği vulpinik asit örneğinde olduğu gibi, bazı ikincil metabolitler tallusu biyotik faktörlere karşı korumaktadır (Seneviratne ve Indrasena 2006).

Evrimsel açıdan mantarlar ile fotosentez yapan ortakların birlikteliği çok başarılı olup, dünya genelinde boyut, şekil ve renk açısından zengin ve yaklaşık 20.000 farklı liken türü ile temsil edilmektedir (Galloway 1992). Likenler kutuplardan tropik bölgelere, dağ zirveleri gibi yüksek rakımlı bölgelerden gelgit alanlarına kadar çok geniş coğrafik koşullarda; ağaç kabuğu, cam yüzeyi, kaya, taş ve hatta kaplumbağa veya canlı böceklerin koruyucu sert kabukları gibi yüzeylerde gelişebilir. Likenler ayrıca sulak alanlardan çöllere kadar değişen ortamlarda, ormanlık alanlar, güneşli alanlar gibi çok çeşitli koşullarda yaşamlarını sürdürebilirler (Brodo ve ark. 2001).

Likenler doğada önemli bir role sahiplerdir. ‘Doğanın öncüleri’ olarak da isimlendirilen likenler çıplak kaya yüzeylerinde ilk yerleşen birliklerdir. Dünya genelinin yaklaşık % 8’inde baskın bitki örtüsünü likenler oluşturur. Likenler bu özelliklerinden dolayı toprak oluşumu ve süksesyon gibi olaylarda önemli bir rol üstlenmektedirler (Ahmadjian 1993, Brodo ve ark. 2001). Likenler fotosentez yaptıkları için, atmosferik karbondioksitin fiksasyonu ve buna karşılık oksijen salınımında önemli role sahiptirler (Nash III 1996). Ayrıca bir liken türü olan siyanolikenler, atmosferdeki serbest azotu bağlı azota çevirdikleri için, ekolojik açıdan da önem taşırlar (Henriksson ve Simu 1971).

Doğadaki önemli rollerine ek olarak, likenler pek çok alanda kullanılabilir. Likenler tıpta, kozmetik sanayisinde, bira ve boya imalatında, deri tabaklanmasında ve ayrıca besin veya zehir olarak çeşitli alanlarda ve çeşitli amaçlarla kullanılabilir (Brodo ve ark. 2001).

Ağaçlar üzerinde gelişen epiliftik likenler, hava kirliliğine duyarlıdır. Bu özellikleri sebebiyle epifitik likenler, yerleşim bölgeleri, kırsal ve yaşlı ormanlık alanlar gibi bölgelerde ekolojik sürekliliğin izlenmesi amacıyla, biyolojik izleme materyali olarak da kullanılabilir.

Bu çalışmada yapılan incelemeler iki başlıkta yer almaktadır. Birinci değerlendirmede Bursa ili, Nilüfer, Osmangazi ve İznik ilçelerinde belirlenen 12 farklı noktadan toplanan epifitik olarak yayılış gösteren *Parmelia sulcata* Taylor 1836 tallusundaki morfolojik ve anatomik özellikler incelenmiştir. Aynı zamanda liken örneğinin toplandığı 12 farklı lokalitede tallusun fotosentetik pigment içeriğindeki değişim karşılaştırılmış, örneğin toplandığı lokalitenin hava kalitesi ile tallusun fotosentetik pigment içeriği arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

İkinci değerlendirme transplantasyon çalışmasıdır. Uludağ Kirazlıyayla mevkisinde belirlenen kontrol bölgesinden alınan ve üzerinde *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *P. sulcata* ve *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf tallusları bulunan *Abies* sp. dalları Bursa ilinin merkez ilçesi olan Nilüfer’ de belirlenen bir bölgeye yerleştirilmiştir. 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlarda örneklerin fotosentetik pigment içeriğinde değişim olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Üç aylık periyotlarla *H. physodes*, *P. sulcata* ve *P. furfuracea* talluslarında fotosentetik pigment içeriği ölçülerek bir yıllık pigment değişim oranları ve bölgenin mevsimsel olarak kirleticilere maruz kalma oranı istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Hava Kirliliği

Hava kirliliği, havadaki yabancı ve zararlı maddelerin yoğunluğunun, normalin üzerine çıkması durumudur. Hava kirliliği insan kaynaklı (endüstriyel faaliyetler, ısınma amaçlı yakıt tüketimi veya motorlu taşıtlar gibi) veya doğal (yanardağ faaliyetleri, orman yangınları gibi) nedenlerden kaynaklanabilir (Doğrul 2007).

Hava kirliliğine neden olan maddelere hava kirleticileri adı verilir. Bu maddeler havanın doğal bileşimini değiştirerek, havadaki yabancı maddelerin oranında artışa neden olurlar. Bu maddeler is, duman, toz, buhar ve kimyasal aerosoller gibi maddelerden oluşmaktadır. Hava kirliliğine neden olan kaynaklar, yapay ve doğal olmak üzere iki gruba ayrılır. Doğal kaynaklı hava kirleticilere örnek olarak orman yangınları sonucu açığa çıkan duman veya gazlar, çöl veya kumluk alanlardan kaynaklanan tozlar, yanardağ faaliyetleri sonucu açığa çıkan hidroflorik asit (HF), hidroklorik asit (HCl) ve kükürt dioksit (SO₂) verilebilir. Yapay kaynaklı hava kirleticiler ise sabit ve hareketli kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Sabit kaynaklar, soba kullanılan evler, fabrikalar, fosil yakıt kullanarak elektrik üreten enerji santralleri gibi, kirleticilerin atmosfere bir baca yardımıyla salındığı kirletici kaynaklarıdır. Hareketli kaynaklar ise taşıtların egzozlarıdır (Doğrul 2007).

Meteorolojik olayların meydana geldiği atmosfer tabakası olan troposferde doğal ve yapay nem, karbondioksit (CO₂), kükürt dioksit (SO₂), karbon monoksit (CO), azot oksitleri (NO), ozon (O₃), hidrokarbon buharları, katı ve sıvı damlacıkları bulunur. Bu maddelerin atmosferdeki miktarları zaman ve mekana göre değişebilmektedir. Temel hava kirletici bileşenler ise radyoaktif maddeler, halojenler, karbon dioksit (CO₂), karbon monoksit (CO), çeşitli azotlu, kükürtlü ve organik maddeler ile toz gibi partiküllerden oluşur (Doğrul 2007). Hava kirleticilerin atmosferdeki miktarları çeşitli yöntemlerle ölçülebilir. Bu ölçümler çeşitli analiz cihazları yardımıyla yapılabildiği gibi, karayosunları ve likenler gibi biyolojik materyallerle görsel olarak da değerlendirilebilir.

Bu biyolojik göstergeler biyoindikatör organizmalar olarak adlandırılır. Biyoindikatör organizmalar belirli bir bölgedeki hava kalitesine dair daha uzun dönemi kapsayan bilgi verdikleri için, hava kirliliğinin ölçülmesi konusunda avantajlıdır (Doğrul 2007).

2.2. Hava Kalitesinin Likenlerle İzlenmesinde Yapılan Çalışmalar

Havadaki kirlilik oranının belirlenmesi amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerde çalışılan ortamın koşulları, mevcut veriler, çalışmaya ayrılan süre gibi faktörlere bağlı olarak çeşitlilik arz etmektedir. Bu yöntemler tüm liken florasını (mikrobiota) baz alan; haritalama metodu (yayıllık haritası), biyoindikatör türleri esas alan hava kalitesi indeksi (IAP) metodu; aktif izleme yöntemi (Transplantasyon), pasif izleme (Nicel laboratuvar analizleri) yöntemleridir. Çalışmanın yürütüleceği bölge için en uygun yöntemin seçilmesinden önce; analiz süresi ve maliyeti, incelenecek element çeşitleri ve gereken örnek miktarı gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir (Çobanoğlu 2009).

Geçtiğimiz 30 yılda, hava kirliliğinin likenler üzerindeki etkisini inceleyen pek çok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalarda temelde üç farklı yaklaşım uygulanmıştır. Bu yaklaşımlardan ilkinde, liken toplulukları incelenerek, aralarında hava kirliliğine hassas olan türlerin bulunup bulunmadığı değerlendirilir. İkinci yaklaşım, liken türleri laboratuvar koşullarında kirleticilere maruz bırakılarak meydana gelen değişimler incelenir. Bu çalışmalara “in situ” adı da verilmektedir.

Üçüncü yaklaşımda ise, likenler temiz bölgelerden kirli bölgelere aktararak (transplantasyon) incelenir. Hava kirleticilerinin likenler kullanılarak izlenmesinin pek çok avantajı vardır. Bu alanda yapılan çalışmalarda kirliliğe hassas olan ve olmayan liken türleri, likenlerde kirleticilerin birikme kapasitesi gibi pek çok yararlı bilgiler yer almaktadır (Çobanoğlu 2009, Yıldız ve ark. 2008, Yıldız ve ark. 2011).

Hava kirliliği, liken çeşitliliğinin haritalanmasına dayanan yöntemlerle belirlenebilir. İlk defa Sernander tarafından 1926 yılında İsveç’in başkenti Stockholm şehrinde uygulanan bu yöntemde, çalışmanın yürütüldüğü bölgedeki liken biyoçeşitliliğinin haritalar üzerinde belirtilmiştir. Bu yöntemde ayrıca liken türlerinin canlılık, bolluk ve çeşitlilik gibi özellikleri de haritalar üzerinde belirtilmiştir. Sernander yaptığı çalışmada, şehrin liken bulunmayan ağaçların yer aldığı bölümüne “Liken Çölü”, sadece birkaç kabuksu ve yapraksı liken türünün gelişebildiği bölümüne “Çabalama Zonu”, likenlerin bol miktarda ve sağlıklı bir şekilde geliştiği bölümüne de “Normal Zon” isimlerini vererek, bölgeyi üç kısma ayırmıştır (Tufan Çetin ve Sümbül 2010).

Hava kirliliğini incelemek üzere yapılan diğer çalışmalar, Sernander'in çalışmasıyla örtüşen veriler ortaya koymuşlardır. Bu veriler, Sernander'in çalışmasında tanımladığı üç ayrı bölgedeki kirlilik değerleri, kentsel alan büyüklükleri ve hakim rüzgar tipleriyle örtüşmektedir. Hava kirliliğinin tespitine yönelik yapılan araştırmalara 1967 yılında Laundon ve 1968 yılında Skye tarafından yapılan çalışmalar örnek verilebilir. Skye, kendi çalışmasında Stockholm şehrini 5 farklı bölgeye (zona) ayırmış ve her bölgeye özgü liken türleri ve kombinasyonları ile bu türlerin sıklıklarını tanımlamıştır (Tufan Çetin ve Sümbül 2010).

Hava kirliliğini incelemeye yönelik araştırmalarda yapay ortamlar da kullanılabilir. Laboratuvar ortamında liken örnekleri dumana maruz bırakılabilir (fumigasyon) veya örnekler kükürtdioksit (SO₂) e maruz bırakılarak, örneklerdeki değişimler saptanabilir. Bu şekilde yapılan bir çalışmada likenler sodyum bisülfid (NaHSO₃) maddesine maruz bırakılmış ve likenler tarafından üretilen etilen miktarında artış gözlemlenerek, artış miktarına göre likenlerin kükürtlü bileşiklerden görebileceği zararın tespit edilebileceği belirtilmiştir (Kauppi ve ark. 1998).

Başka bir çalışmada haritalama metodu, Slovenya'daki Salek Vadisi'nde kurulu olan Sostanj Termal Enerji Santrali'nin, bölgedeki hava kalitesi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla kullanılmıştır. Kullanılan dört farklı metottan üçü (Almanya VDI metodu, Avrupa EU metodu ve ICP-Forests metodu) farklı epifitik liken türlerinin varlığına dayanmaktayken, dördüncü metot olan Slovenya SI metodu, epifitik liken türlerinin farklı büyüme biçimlerinin sıklığı ve kapsam değerlendirmesini temel almaktadır. Ormanlık bölgelere kıyasla açık bölgelerin, liken türü çeşitliliği bakımından daha zengin olduğu gösterilmiştir.

Hava kirliliği açısından açık bölgelerdeki epifitik liken türlerinin haritalandırılmasının, aynı bölgedeki ormanlık alanların haritalandırılmasından daha iyi bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Açık alanlardaki türlerin belirlenmesine dayanan SI ve ICP-Forests metotlarının, araştırma bölgesindeki hava kirliliğinin belirlenmesi açısından daha güçlü ve kullanışlı metotlar olduğu belirlenmiştir (Poličnik ve ark. 2008).

Ülkemizde haritalama yöntemini kullanan sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan birisi İzmir ilinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada VDI 3799-1 metodu kullanılmış ve 1092 karede toplam 45 epifitik liken türü toplanarak liken varlığı ve hava kirliliği incelenmiştir. Çalışma, şehrin büyük bir kısmının ağır hava kirliliği altında olduğu ve şehrin dışında yer alan yeşil alanları kapsayan bölgelerde azaldığı tespit edilmiş, şehrin güney ve batı kısımlarında hava kalitesinin iyi durumda olduğu sonucuna varılmıştır (Sommerfeldt ve John 2001).

Freitas ve arkadaşlarının 2011 yılında Portekiz'in Porto şehrinde gerçekleştirdiği çalışmada; bölgenin kırsal, kırsal altı ve şehir olmak üzere 3 farklı kesiminde liken yoğunluğu ve çeşitliliği incelenerek, LVD (Lichen Diversity Value, Liken Çeşitlilik Değeri) ölçülmüştür. LVD ölçümü, ağaç üzerlerinde bulunan liken türlerinin frekansları toplamının, ağaç sayısına bölümüne dayanmaktadır. Çalışmada, LVD değerinin düşük olduğu bölgelerden toplanan liken türlerinde azotdioksit (NO₂) ve kükürtdioksit (SO₂) yoğunluğunun fazla olduğu görülmüş; likenlerin pahalı kimyasal görüntüleme cihazları yerine, iyi birer biyoindikatör olarak alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır (Freitas ve ark. 2011).

Likenler kullanılarak hava kalitesinin değerlendirilmesine yönelik çalışmalarda, bizim de çalışmamızda uyguladığımız Aktif İzleme Yöntemi (transplantasyon) de kullanılmaktadır.

Garty ve arkadaşlarının 2001 yılında yaptığı bir çalışmada, İsrail'in kirli olmayan bir bölgesinden toplanan *Ramalina lacera* (With.) J.R. Laundon 1984 örnekleri, Carmel Dağı Ulusal Parkı'nda belirlenen 17 noktaya ve Haifa Limanı'nda ki iki noktaya 10 aylık bir süre için yerleştirilmiş ve toplanan liken örneklerindeki Ca, Ti, Cu, Mg, Fe, Si, Ni, Zn, V, Cr, Mn, K, Na, Ba, Sr, B, S ve Al elementlerinin analizi yapılmıştır.

Kütlesi 1 ile 2 gr arasında değişen örnekler, yıkanıp açık havada kurutulmaya bırakıldıktan sonra, 24 saatlik süre için 105 °C sıcaklıkta inkübe edilmiştir. 250 mg'lık örnekler, 10 ml % 65 yoğunlukta nitrik asit (HNO₃) çözeltisi içeren 50 ml hacimli deney tüpleri içerisinde, 8 saatlik bir zaman dilimi için ısıtıcı üzerinde 80 °C'den başlayarak sırasıyla 100 °C ve 120 °C'ye kadar ısıtılmıştır.

Numunelerin element bileşimleri Atomik Salınım Spektroskopisi (ICP-AOS) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Garty ve ark. 2001).

Basile ve arkadaşlarının, İtalya'nın Acerra bölgesinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada, transplantasyon metodunun bir türü olan çanta tekniğini kullanmıştır. Bu çalışmada *Scorpiurium circinatum* (Brid.) M.Fleisch. & Loeske 1907 cinsi epifitik yosunlar ve *P. furfuracea* cinsi epifitik likenler 3 ay boyunca açık bir kap içerisinde bekletilerek, hava kirliliğine maruz bırakılmışlardır. 3 aylık süre sonunda organizmaların Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Ti, V ve Zn element içerikleri ICP-MS yöntemi ile ölçülerek, karayosunlarındaki element biriktirme kabiliyetinin likenlere kıyasla daha doğrusal olduğu sonucuna varılmıştır (Basile ve ark. 2008).

Transplantasyon tekniğinin kullanıldığı bir diğer çalışma, ülkemizde Yıldız ve arkadaşları tarafından 2011 yılında yapılmıştır. Çankırı ilinden toplanan *P. furfuracea* talluslarının Kayseri ilindeki on farklı noktaya yerleştirildiği çalışmada, liken örnekleri üçer aydan oluşan 2 ayrı dönemde yeniden toplanmıştır. Örneklerin Cu, Cd, Mn, Ni, Pb ve Zn elementleri içeriği ICP spektrometre yöntemi ile, klorofil a ve klorofil b miktarları ise DMSO (dimetil sülfoksit) yöntemi ile belirlenmiştir. Klorofil a+b, a/b ve b/a oranları hesaplanmış ve yorumlanmıştır. Yapılan analizler sonucu Kayseri ilinde yapay kaynaklı hava kirliliğinin olduğu tespit edilmiş ve bu sonuçlar klorofil b/a oranları ile desteklenmiştir (Yıldız ve ark. 2011).

Haritalama ve transplantasyona ek olarak, likenlerin biyoindikatör olarak kullanılarak, hava kirliliğinin değerlendirilmesinin amaçlandığı pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu alanda likenlerin, kirlenici etmenleri biriktirme mekanizmasını inceleyen araştırmalar da bulunmaktadır. Branquinho ve Brown tarafından 1994 yılında *Cladonia portentosa* (Dufour) Coem. 1865 üzerinde yapılan çalışmada, hücre duvarına bağlanmış kurşun elementini çıkartabilme yeteneği açısından çeşitli iyon tutucu ajanlar araştırılmıştır.

Kullanılan 3 farklı iyon tutucu ajan; pH değeri 2,7 olan etilen diamin tetraasetik asit (EDTA), pH değeri 4,5 olan disodyum etilen diamin tetraasetik asit (DEDTA) ve pH değeri 9,5 olan etilen glükol tetraasetik asit (EGTA) şeklindedir. Çalışma sonucunda DEDTA'nın etkisinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Branquinho ve Brown 1994).

Sarret ve arkadaşlarının 1998 yılında yaptığı bir diğer çalışmada da, likenlerdeki element birikimi incelenmiştir. Fransa'dan, metal biriktirici (hiperakümülatör) özellikleriyle bilinen *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. 1860 ve *Diploschistes muscorum* (Scop.) R. Sant. 1980 liken türleri incelenmiş ve bu likenlerdeki metal biriktirme mekanizmaları araştırılmıştır. Bu iki tür XRD ve EXAFS yöntemleri ile incelenmiştir. Çalışmada her iki liken türüne ait hücrelerin, ağır metallerin kompleks oluşturmasıyla metal kirlenmesinden korunabildiği, fakat bunu farklı stratejilerle gerçekleştirdikleri bulunmuştur. *D. muscorum* türünde kurşun ve çinko elementlerinin, zehirli elementleri çözünemeyen tuzlar halinde çökerten okzalit kristalleriyle artan sayılarda sentez yaptığı; *X. parietina*'da ise mikobiyonttaki mantarlara ait hücre duvarlarında kurşun elementinin karboksil gruplarıyla kompleks oluşturdukları belirlenmiştir (Sarret ve ark. 1998).

X. parietina, ülkemizde Yenisoy Karakaş ve Tuncel tarafından 2004 yılında yapılan bir diğer çalışmada, Ege Bölgesi'nin hava kalitesinin ölçümü amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada 51 800 km²' lik bir alan içerisinde toplanan 234 örnek üzerinde, 35 farklı elemente ait ölçümler yapılmış; demir-çelik fabrikalarının bulunduğu ve yakıt olarak kömürün kullanıldığı bölgelerden alınan örneklerde, element yoğunluklarının yüksek olduğu tespit edilmiştir (Yenisoy Karakaş ve Tuncel 2004).

Hava kalitesinin değerlendirilmesinde Pasif İzleme Metodu (nicel laboratuvar analizleri) de sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Riga Karandinos ve Karandinos'un 1997 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada; Yunanistan'ın güney bölgesindeki Megalopolis ovasının 250 km² genişliğe sahip bölgesinden, yerden 110 ile 180 metreye varan yüksekliklere kadar çeşitli kirlenmelerin salınımını yapan linyit termik santraline göre farklı uzaklıklarda, doğrultularda ve yükseltilerde, 22 farklı noktadaki meşe ağaçları üzerinden üç farklı liken türüne (*Anaptychia ciliaris* (L.) Körb. ex A. Massal. 1853, *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. 1796 ve *Ramalina farinacea* (L.) Ach. 1810) ait örnekler toplanmıştır. Belirtilen liken türlerinin talluslarında Ca, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn elementlerinin yoğunlukları ile, tallusun pH değeri, toplam protein miktarı, klorofil a ve feofitin/klorofil a oranı gibi çeşitli biyokimyasal parametreler değeri analiz edilmiştir.

Çalışma sonucunda element yoğunlukları ve biyokimyasal parametreler açısından liken örneklerinin toplandığı alanlar arasında, termik santrale olan konuma bağlı değişimler gözlenmiş, sülfür ve çeşitli metallerin miktarı üzerinde termik santrale olan uzaklığın negatif etkisinin bulunduğu, yükseltinin ise pozitif etkisinin bulunduğu görülmüştür (Riga Karandinos ve Karandinos 1998).

2000 yılında, İtalya'nın Tuscany bölgesindeki Amiata Dağı'nda yapılan çalışmada termal kaplıcaların ve fümerollerin çevreye çeşitli elementlerin salınımındaki rolü likenler yardımıyla incelenmiştir. Amiata Dağı üzerindeki iki noktadan 10'ar adet *P. sulcata* türü liken ve *Hypnum cupressiforme* Hedw. 1801 türü yosun örnekleri toplanmış; 150 mg kütleyle sahip örnekler toz haline getirilip homojenize edilmiş, basınçlı çürütme sistemi içerisinde, 120°C sıcaklıkta 8 saat süresince mineralize edilmiştir. Örnekler Al, As, B, Cd, Cu, Fe, Hg, Mo, Pb, S, Sb ve Zn elementleri içeriği bakımından incelenmiş; çalışma sonucunda Tuscani bölgesinde yüksek miktarda arsenik (As), bor (B) ve kükürt (S) elementlerine rastlanmış ve jeotermal enerji santrallerinin yüksek arsenik kaynağı olduğu sonucuna varılmıştır (Loppi 2000).

Ng ve arkadaşları tarafından Singapur'da 2005 yılında yapılan bir başka çalışmada, 6 farklı bölgeden *Dirinaria picta* (Sw.) Clem. & Shear 1931 türü likenler toplanmış; ICP-MS yöntemi ile As, Cd, Cu, Ni, Pb ve Zn elementlerine ait analizler yapılmış; çinko (Zn), bakır (Cu) ve kurşun (Pb) elementine ait ölçümlerin tepe değeri aldığı görülmüştür (Ng ve ark. 2005).

Likenlerde radyoaktif elementlerin birikimine yönelik çalışmalar çoğunlukla nükleer santral kazalarının yaşandığı bölgelerin civarında gerçekleştirilmiştir. Biazrov tarafından 1994 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada, 1986'da gerçekleşen Çernobil faciası ve 1957 yılında gerçekleşen Kyshtym faciasının neden olduğu nükleer serpinti düzeyini ölçmek amacıyla likenler kullanılmıştır. Çalışmada olayın meydana geldiği bölgelerden *H. physodes*, *P. sulcata*, *Cladina mitis* (Sandst.) Mong. 1938 türlerine ait liken örnekleri toplanmış ve radyoaktif elementlerin birikiminin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Biazrov 1994).

Yine Çernobil yakınlarında yapılan bir çalışmada sezyum-137 (Cs-137) radyo izotopunun kalıntılarının incelenmesi amacıyla likenler ve karayosunları kullanılmıştır. Çalışmada *Cladonia fimbriata* (L.) Fr. 1831, *Cladonia squamosa* (Scop.) Hoffm. 1796, *P. furfuracea* ve *H. physodes* türü likenler ile *Leucobryum glaucum* (Hedw.) Angstr. ex. Fr. 1801, *Sphagnum papillosum* Lindb. 1872, *Dicranodontium denudatum* (Brid.) E. Britton 1913, *Polytrichum strictum* Bridel, J. Bot. (Schrader). 1800, *Sphagnum fallax* (H. Klinggräff) 1880 türü karayosunları kullanılmış ve elde edilen sonuçlar, aynı bölgede daha daha önce yapılmış çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır (Iurian ve ark. 2011).

Çernobil kazasının etkilerini incelemek amacıyla likenlerin kullanıldığı bir çalışma da, 1994 yılında Baysal ve Yazıcı tarafından ülkemizde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Akçaabat ve Çamlıhemşin ilçelerinden *Parmelia perlata* (Huds.) Ach. 1803, *Parmelia caperata* (L.) Ach. 1803, *Parmelia conspersa* (Ehrh. ex Ach.) Ach. 1803, *X. parietina*, *Diploschistes ocellatus* (Fr.) Norman 1853, *Cladonia portentosa* (Dufour) Coem. 1865, *Dermatocarpon miniatum* (L.) W. Mann 1825, *Peltigera praetextata* (Flörke ex Sommerf.) Zopf 1909 ve *Parmelia caperata* (L.) Ach. 1803 talluslarında radyoaktif Cs-137 izotopunun varlığı aranmıştır (Baysal ve Yazıcı 1995).

Hava kalitesinin tespitine amacıyla likenlerin kullanıldığı ve ülkemizde yapılmış bir diğer çalışma 2012 yılında Doğrul ve arkadaşları tarafından Kocaeli ilinde gerçekleştirilmiştir. 11 farklı noktadan toplanan liken örneklerinde, yüksek oranda Zn, Cd, Pb, Mo ve Cu elementlerine rastlanmış ve bu durumun nedeni olarak Kocaeli ilinde metal ve kimya sanayisinin gelişmiş olduğu gösterilmiştir (Doğrul ve ark. 2012).

Kınalıoğlu ve arkadaşlarının 2010 yılında ülkemizin Samsun ilinde yapılan bir çalışmada bazı yapraksı ve dalsı liken türleri kullanılmış ve Cd, Cu, Pb ve Zn elementlerine ait izler araştırılmıştır. *Physcia adscendens* H. Olivier 1882 liken türünde kurşun (Pb), bakır (Cu) ve çinko (Zn) seviyeleri yüksek çıkmış, kadmiyum (Cd) elementinin birikiminin en yüksek olduğu türün ise *H. physodes* olduğu gözlenmiştir (Kınalıoğlu ve ark. 2010).

İçel tarafından 2005 yılında gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise, İstanbul ilinin Anadolu yakasından çeşitli liken ve karayosunu türleri (*P. caperata*, *P. sulcata*, *Parmelia tinctoria* Maheu & A. Gillet 1925, *Cladonia* sp., *X. parietina*, *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Hav. 1918, *Evernia prunastri* (L.) Ach. 1810 ve *P. adscendens*) toplanmıştır.

Örnekler atomik absorpsiyon spektrometrisi (AAS) yöntemiyle Al, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Zn elementleri açısından incelenmiş ve fosil yakıt kullanımı ile motorlu taşıt kullanımının yoğunluğu, likenlerdeki yoğun kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) metalleri içeriği arasında pozitif korelasyon saptanmıştır (İçel 2005).

Bargagli ve arkadaşlarının 2002 yılında gerçekleştirdikleri bir başka çalışmada, likenler kullanılarak iz elementlerin incelenmesi amaçlanmıştır. Liken ve karayosunlarındaki metal birikiminin tabakalaşması, element yoğunluğunun mevsimlere bağlı olarak değişimi, likenlerdeki element içeriği üzerinde yağmur ve nem kaybının etkileri ve metal yoğunluğu ile yükseklik arasındaki ilişki gösterilmiş ve biyoindikatör olarak liken ve karayosunlarının kullanımında bazı sorunlar bulunduğu sonucuna varılmıştır. İz elementlerin birikiminin takip edilmesinin, çevre kirliliğinin kontrolü açısından önemli olduğu belirtilmiş, fakat çalışmaların uzun zaman almasının ve sadece ağır metal kirlenmesi ile ilgili bilgiler vermesinin bir dezavantaj olduğuna değinilmiştir (Bargagli ve ark. 2002).

Mikhailova ve Scheidegger tarafından 2001 yılında yapılan bir çalışmada ise, hava kirliliğinin likenlerin üremesi üzerindeki etkilerinin incelenmiştir. Çalışmada Orta Urallar bölgesinde yer alan bir bakır madeni civarından toplanan *H. physodes* kullanılmıştır. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak, liken örneklerinin loblarındaki tabakalar üzerindeki soredler incelenmiş ve kirli noktalardan alınan likenlerde soredlerin gelişiminde bozulmalar olduğu tespit edilmiştir (Mikhailova ve Scheidegger 2001).

Hava kirliliğinin hücreler üzerindeki etkilerini gösteren çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalarda hava kirletici maddelerden olan kükürtdioksitin (SO₂) değişen yoğunlukları dolayısıyla, liken alginde yaralar ve şişlikler, mitokondride bozulmalar, kloroplast zarında gerileme, kloroplastta protein içeren granüller olan pirenoglubulide bozulmaların başladığı görülmüş; ileri aşamalarda bu yaralanmaların iyice arttığı, kloroplast ve mitokondrilerin tamamıyla bozulduğu ve tilakoit zarın iyice deforme olduğu gözlenmiştir. Mikobiyontta yer alan mezozom benzeri yapılarda kabarcıklar gözlenmekle beraber, mantarların alg ortağına kıyasla daha geç etkilendiği belirlenmiştir (Nash III 2008).

Conti ve Cecchetti'nin 2001 yılında yürüttüğü çalışmada ise kükürtlü bileşikler, liken tallusu ve alg ortağındaki klorofil içeriği değerlendirilmiştir.

Klorofil bünyesinde açığa çıkan feofitin adlı maddedeki artışın klorofil bozulmasına işaret ettiği düşünülerek; klorofil a/feofitin oranının 1,4'eşit olduğu durumda klorofilde bir değişim olmadığı, bu oranın 1,4'ün altına düşmesinin klorofilin yapısında bozulmalar meydana geldiğine işaret ettiği sonucuna varmışlardır (Conti ve Cecchetti 2001).

Likenler kullanılarak hava kirliliğinin belirlenmesine yönelik Türkiye'de yapılan diğer çalışmalar kronolojik olarak;

1992 yılında Topçuoğlu ve arkadaşları, Çernobil kazasından yayılan radyoaktif sezyum-137 (Cs-137) izotopunu Türkiye likenlerinde incelemişlerdir.

2000 yılında Yenisoy Karakaş tarafından, *X. parietina* üzerindeki element ölçümlerine dayanarak Ege Bölgesi'ndeki kirliliğin haritalandırılması yapılmıştır.

2001 yılında Akcin ve arkadaşları tarafından, kuru likenlerin yer aldığı sulu çözeltilerden ağır metallerin emilimi incelenmiştir.

2003 yılında Çiçek ve Koparal tarafından, *X. parietina* türü liken kullanılarak Eskişehir iline ait hava kalitesinde ölçümler yapılmış ve kirliliğin kaynakları tespit edilmiştir.

2003 yılında Uğur ve arkadaşları tarafından, Türkiye'nin batısındaki termik santral çevresinden toplanan liken örneklerindeki polonyum-210 (Po-210) ve kurşun-210 (Pb-210) radyoaktif izotopları araştırılmıştır.

2004 yılında Aslan ve arkadaşları tarafından, Erzurum ili çevresinde yayılış gösteren likenlerde Fe, Ba, Sr, K, Ca ve Ti elementlerinin varlığı araştırılmıştır.

2004 yılında Tuncel ve arkadaşları tarafından, likenler üzerinde farklı dijesyon tekniklerinin uygulanmasının ardından, ICP-MS tekniğiyle ağır metal analizi yapılmıştır.

2004 yılında Uğur ve arkadaşları tarafından, Yatağan termik santrali çevresindeki liken ve karayosunları üzerinde polonyum-210 (Po-210) ve diğer iz elementler incelenmiştir.

2005 yılında Acar ve arkadaşları tarafından, Elektrotermal ve AAS kullanılarak liken ve bitki örnekleri içerisinde Cd, Cu, Fe, Mn, Pc ve Zn elementleri araştırılmıştır.

2005 yılında Mendil ve arkadaşları, Trabzon ilinin endüstriyel bölgeleri ve yol kenarlarından toplanan liken örneklerinde ağır metal analizi yapmışlardır.

2006 yılında Aslan ve arkadaşları tarafından, Giresun ve Ordu illerinde yetişen bazı liken örnekleri üzerinde, EDS yöntemi kullanılarak element analizi yapılmıştır.

2008 yılında Beyaztaş ve arkadaşları tarafından, likenlerdeki ağır metal birikiminin DNA üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2008 yılında Çayır ve arkadaşları, Çanakkale çevresinden toplanan *C. rangiformis* üzerinde element analizi yapmışlardır.

2008 yılında Yazıcı ve arkadaşları, Trabzon ve Rize çevresinden toplanan liken örnekleri üzerinde radyoaktif kirlilik tespitine yönelik çalışma yürütmüşlerdir.

2008 yılında Yıldız ve arkadaşları, Ankara ilinden toplanan *P. furfuracea* liken örnekleri üzerinde ağır metal analizleri yapmışlardır.

2009 yılında Coşkun ve arkadaşları, toprak üzerinde gelişen biyoindikatör özellikli *H. cupressiforme* türü yosunlar ile *C. rangiformis* türü likenleri karşılaştırmıştır.

2009 yılında Cansaran-Duman ve arkadaşları, Karabük demir-çelik fabrikası yakınlarından toplanan *P. furfuracea* liken örnekleri üzerinde ağır metal birikimini incelemiştir.

2009 yılında İçel ve Çobanoğlu, İstanbul ilinden toplanan liken ve karayosunu örnekleri üzerinde havadaki ağır metallerin varlığına yönelik çalışma yapmışlardır.

2009 yılında Kahraman ve arkadaşları, çevresel kirliliği incelemek amacıyla Gökçeada'dan topladıkları liken örnekleri üzerinde araştırma yapmışlardır.

2009 yılında Kınalıoğlu ve arkadaşları, *Usnea longissima* Ach. üzerinde taşıtların neden olduğu kurşun kirlenmesi incelenmiştir.

2009 yılında Tay ve arkadaşları, *Ramalina fraxinea* (L.) Ach. türündeki cansız liken örnekleriyle hazırladıkları sulu çözeltilerdeki kadmiyum emilimini incelemişlerdir.

2010 yılında Aras ve arkadaşları, Kayseri ilinden toplanıp çeşitli kirleticilere maruz bırakılan *P. furfuracea* türüne ait örnekler kullanarak hava kirliliğinin genotoksik etkisini değerlendirmişlerdir.

2010 yılında Aslan ve arkadaşları, Türkiye’de yetişen bazı liken örnekleri üzerinde iz elementlerin yoğunluklarını incelemişlerdir.

2010 yılında Belivermiş ve Çotuk, Marmara bölgesinden topladıkları *H.cupressiforme* türü karayosunu ve *C. rangiformis* liken örnekleri üzerinde radyoaktivite ölçümü yapmışlardır.

2010 yılında Kınalıoğlu ve arkadaşları, Samsun ilinden topladıkları likenler üzerinde iz elementlerin varlığını incelemişlerdir.

2010 yılında Şenkardeşler ve Aysel, İzmir, Karaburun yarımadasında biyoindikatör liken türlerini belirlemişlerdir.

2011 yılında Yıldız ve arkadaşları, Kayseri ilindeki *P. furfuracea* likeninde ağır metallerin klorofil yıkımı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

2012 yılında Doğrul ve arkadaşları, Kocaeli ilinden topladıkları *X. parietina* türü liken örnekleri üzerinde ağır metallerin varlığına dair analizler yapmışlardır.

2012 yılında Kurnaz çalışmasında, İstanbul ilinin Avrupa yakasındaki hava kalitesinin incelemek amacıyla biyoindikatör likenleri kullanmıştır

2014 yılında Günönü, Çorum ilinde ağır metal kirliliğine maruz bırakılmış *P. furfuracea* genotoksitesini moleküler işaretçilerle incelemiştir.

2014 yılında Sümer, Ankara ilinde, ağır metallere maruz kalmış *P. furfuracea* talluslarının genotoksitesini, moleküler işaretçilerle incelemiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

3.1.1. Coğrafi Konum



Şekil 3.1. Çalışma alanı Bursa ili haritası (Anonim 1 2017)

Bursa ili Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara bölgesinin güneybatısında, 39°30'-40°37' kuzey enlemleri ve 28°06'-29°58' doğu boylamları arasında yer alır. Yüzölçümü 10 891 km²'dir (Anonim 2 1974). Kuzeyinde Marmara Denizi ile Yalova ve Kocaeli illeri, kuzeydoğusunda Sakarya ili, doğusunda Bilecik ili, güneydoğusunda Kütahya ili, güneybatısı ve batısında Balıkesir illeri ile çevrilidir. Bursa ilinin kapladığı alan, doğal bakımdan çeşitlilik gösterir. İl sınırları içerisinde Marmara kıyıları oldukça düz olmakla beraber, deniz kıyısındaki en önemli girintisini Gemlik Körfezi oluşturur. Yüzeşekilleri bakımından Bursa ili, yer yer plato özelliği gösteren, doğu-batı doğrultusunda uzanan dağlar ile bu dağlar arasında yer alan geniş çöküntü alanlarından oluşur. İlin kuzeyinde yer alan Samanlı Dağları, İznik Gölü çöküntüsü nedeniyle kesintiye uğrar. İlin güneyinde Mudanya Dağları, İznik Gölü'nün güneyinde ise Katırlı (Aydın) Dağları yer almaktadır.

Bu dağlar Bursa Ovası'na doğru açılmaktadır. Ovanın bitiminin ardından yükselmeye başlayan Uludağ-Domaniç kitlesi, bu kısımdaki en büyük engebeleri oluşturur. Bursa'nın batısında, Marmara kıyılarında, yüksekliği 1 000 m'yi bulmayan tepeler yer almaktadır.

Bu bölgenin güney kısmında, Balıkesir'e doğru uzanan geniş bir çöküntü alanı dikkat çekmektedir. Bu çöküntü alanı içerisinde Karacabey Ovası ile Uluabat Gölü yer almaktadır (Anonim 2 1974).

Bursa ili verimli ovalara da ev sahipliği yapmaktadır. Bu ovalara verilebilecek en önemli örnek Bursa Ovası olup, bu ova Uludağ'ın kuzey eteklerinde geniş yer kaplamaktadır. Buna ek olarak Mustafakemalpaşa, İznik, Yenişehir, Orhangazi, Karacabey ve İnegöl ovaları da il sınırları içerisindeki diğer önemli ovalardır (Anonim 2 1974).

3.1.2. İklim

Bursa ili az-yağışlı serin Akdeniz iklim tipinin etkisi altındadır (Akman 1999). Bursa il merkezinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Bursa istasyonuna ait verilere göre, 1929 ile 1970 yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık 14,4 °C, yıl içerisindeki en yüksek sıcaklık 42,6 °C, yıl içerisindeki en düşük sıcaklık ise -25,7 °C olarak kayıtlara geçmiştir. Ortalama en yüksek sıcaklık 30,9 °C , ortalama en düşük sıcaklık 1,7 °C'dir. Yıl içerisindeki ortalama nispi nem oranı % 69, yıllık ortalama yağış miktarı ise 731,1 mm olarak kayıtlarda yer almaktadır (Anonim 2 1974).

3.1.3. Bitki Örtüsü

Bursa ili zengin bir doğal bitki örtüsüne sahiptir. İlin kapsadığı alanın yaklaşık %40'ı ormanlarla kaplıdır. İlin güney kesimindeki platolarda ise, ormanlar büyük ölçüde tahrip edildiği için hakim bitki örtüsü step (bozkır) olarak görünmektedir. Marmara Denizi kıyılarına maki bitki örtüsü ve zeytin ağaçları hakimdir. Az yükselteli alanlardaki ormanlar genellikle ıhlamur, gürgen, kızılâğaç ve kestane ağaçlarından oluşmaktadır. Daha yükseklere çıkıldıkça hakim ormanların kayın, göknar, karaçam ve meşe ağaçlarından meydana geldiği görülmektedir. Uludağ'da 1 600 m'den yüksek kesimlerde, Uludağ göknarı ormanları yer almaktadır (Anonim 3 2017).

3.1.3.1. Uludağ' ın İklimi ve Bitki örtüsü

Çevresindeki çöküntü sahalarının etrafında yükselen Uludağ'da tabakalar arasında yer yer maden yataklarına ve maden damarlarına rastlanmaktadır. Türkiye'nin en önemli volfram yatakları bu bölgede yer alır.

İklimi yüksek dağ özelliğini yansıtmaktadır. Yüksek rakımlara çıkıldıkça kar yağışı miktarında artış, sıcaklık seviyelerinde ise düşüş gözlemlenir. Dağın doruğundaki karlar yıl boyunca erimez. Şubat ayının sonunda, 1 700 m'den daha yüksek konumlarda kar kalınlığı 150 cm ile 400 cm aralığında değişmektedir.

Uludağ bitki türleri zenginliği açısından ender yerlerden biri olma özelliği taşır. Mart ayıyla birlikte alçalarda başlayan uyanış, yaz mevsimi boyunca dorukta devam eder. Orman alt sınırının üzerinde yer alan ve sıklıkla kıraç olarak tanımlanan Uludağ bitki türleri açısından çok zengindir ve Uludağ'da bölgeye özgü endemik, nadir rastlanan bitki türleri de yayılış göstermektedir. Uludağ üzerinde dağılım gösteren bitki türleri buldukları rakımlara göre aşağıdaki tabakalaşmayı göstermektedir.

350 m'den itibaren: kızılçam, funda, laden, katran ardıcı, zeytin, defne, fındık, maki ve çalılık alanlar;

350 - 700 m arası: karaçam, kayın, yabani defne, geyik dikenini, kızılçık, mazı meşesi, titrek kavak, karağaç, sırimbağı, alıç, gürgen, Girit ladeni, zeytin, kocayemiş, akçakesme, katırtırnağı, dağ çileği, erguvan, kestane;

700 - 1 000 m arası: muşmula, alıç, titrek kavak, kayın, geyik dikenini, karaçam, kızılçık, sapsız meşe, kestane;

1 000 - 1 050 metreden itibaren: kayın ormanları;

1 500 - 2 100 m arası: Uludağ göknarı, yabani elma, bahar yıldızı, misk soğanı, kekik, sırimbağı, gürgen, karaçam, çoban üzümü, yabani gül, yaban mersini, bodur ardıç, çok çiçekli gelincik, hindiba, bitotu, yoğurtotu, titrek kavak, kayın, söğüt, geyik dikenini, ayı üzümü yer almaktadır. Karaçam ormanları arasında sarıçam, 2 100 m'den sonra bodur ardıçlar, 2 300 m'ye kadar otsu türler ve Alpin bitkiler hüküm sürmektedir. Dağın eteklerinde ceviz, kestane, meşe ve çınar ağaçları; 300 m ile 400 m aralığındaki yüksekliklerde Akdeniz bitkilerine ve daha yüksek kesimlerde nemli orman bitkileri görülmektedir (Anonim 3 2017).

Aşağı kesimlerden zirveye doğru çıkıldıkça dağın ikliminde kademeli, değişimler görülmektedir. Aşağı kesimlerde Karadeniz ikliminin geçiş tipi ile Akdeniz iklimi hakimdir. Zirveye doğru çıkıldıkça hüküm süren iklim, nemli mikro termik iklim tipine dönüşürken, kış mevsiminde yüksek rakımlarda buzlu iklim gözlenir. Doğu Akdeniz iklim grubunun birinci familyasında bulunmaktadır. Zirveye doğru çıkıldıkça yıllık ortalama sıcaklıkta düşüş gözlenmekte, yağış miktarında ise artış gözlenmektedir. Rakımı 100 m olan Bursa’da yıllık ortalama sıcaklık 14,6 °C ve yıllık toplam yağış miktarı 696,3 mm iken; Uludağ’ın kuzey yamacında, 1 620 m yükseklikte yer alan Sarıalan meteoroloji ortalama sıcaklık 5,5 °C ve yıllık toplam yağış miktarı 1 252,1 mm; 1 877 m yükseklikte yer alan Uludağ Zirve meteoroloji istasyonunda ise ortalama sıcaklık 4,6 °C ve toplam yağış miktarı 1 483,6 mm’dir. Uludağ’ın kuzeye bakan tarafında Karadeniz iklimine benzer iklim görülür. Çobankaya, Sarıalan ve Bakacak bölgelerinde yaz mevsiminde yamaç yağışları (oroğrafik yağış) meydana gelir. Yaz mevsiminde Sarıalan bölgesinde yıllık yağışın % 14,3’ü düşerken, Uludağ oteller bölgesinde bu oran % 10,9’a, Bursa şehir merkezinde % 10,4’e kadar geriler (Anonim 3 2017).

Zirveye doğru çıkıldıkça toplam kar yağışlı gün sayısında da artış gözlenir. Bursa şehir merkezinde kar yağışlı gün sayısı 7,5 ve karla kaplı gün sayısı 9,4 iken; 1 620 m rakımda yer alan Sarıalanda kar yağışlı gün sayısı 48,9’a, karla kaplı gün sayısı 109,9’a; 1 877 m rakımda yer alan Uludağ oteller bölgesinde kar yağışlı gün sayısı 67,5, karla kaplı gün sayısı ise 179,3 güne yükselir. Uludağ’da bugüne kadar ölçülmüş en yüksek kar kalınlığı 4,3 m’dir. Kar kalınlıkları en yüksek değerlerine genellikle Mart ayında ulaşır (Anonim 3 2017).

Oteller bölgesinde Eylül ayı ile Haziran ayı arasında kar yağışı gözlenebilir. Fakat kar yağışları ağırlıklı olarak Ekim ayında başlar ve Mayıs ayına dek aralıklarla devam eder. Genellikle kayak yapmaya elverişli kalınlığa 25 Kasım ile 15 Aralık arasında ulaşılır ve bu kar kalınlığı 15 Nisan ile 1 Mayıs arasındaki tarihlere dek devam eder. Kayak sporu açısından istatistiksel verilere bakıldığında; ortalama donlu gün sayısının 144,7, gündüz en yüksek sıcaklığın 0 °C’nin altında olduğu gün sayısının ise 54,9 olduğu görülür (Anonim 3 2017).

3.1.3.2. İznik' in İklimi ve Bitki Örtüsü

İznik, Marmara Bölgesi'nin işlek yolların yoğun olarak bulunduğu bir bölgesinde yer almakta ve bu bölgenin batısında trafiğin yoğun olduğu İstanbul-Bursa karayolu bulunmaktadır. Bu yol Yalova'nın ardından Samanlı Dağlar arasındaki bir geçitte devam ettikten sonra, güneye doğru inip Orhangazi'den geçer ve Orhangazi'nin güneyinden batıya doğru yönelerek Garsak Boğazi'ndan geçerek bölgeyi terkeder. Bununla beraber İznik şehri ve bölgenin doğu kesimi fazla işlek olmayan bir yol üzerinde yer alır (Anonim 4 2017).

Yıllık ortalama sıcaklıkların 14 °C ile 16 °C arasında seyrettiği İznik bölgesinin iklim özelliklerine baktığımızda, yağış miktarının en fazla olduğu mevsimlerin kış ve ilkbahar olduğunu; bölgenin kışların ılık, yazların ise fazla sıcak olmadığı bir geçiş iklimine sahip olduğunu görürüz. Bölgede en düşük sıcaklığa Ocak ayı içerisinde, en yüksek sıcaklığa ise Temmuz ve Ağustos ayları içerisinde rastlanmakta olup; ortalama sıcaklıklar göl çevresindeki düzlüklerden dağlık alanlara çıkıldıkça azalmakta; yağış miktarı ise kuzeyden güneye doğru ve batıdan doğuya doğru gidildikçe az miktarda artış göstermektedir (Anonim 4 2017).

Göl çevresinde ise en soğuk ayda ortalama sıcaklık 5 °C'ye, en sıcak ayda ortalama sıcaklık 25 °C'ye yakındır ve yıllık ortalama yağış miktarı 500 mm ile 800 mm arasında değişmektedir. Yıllık ortalama yağış değerleri bölgenin doğusunda 528 mm civarındadır ve bu değer batıya doğru gidildikçe artarak, Orhangazi'de 775 mm'ye kadar ulaşır. Bölgenin tabanından dağlık alanlara doğru çıkıldıkça yağış miktarlarında artış görülür. Bu bölgede en yağışlı mevsim kış mevsimidir ve en sık görülen yağış tipleri düzlüklerde yağmur iken, dağlık alanlarda kardır (Anonim 4 2017).

İznik bölgesi doğal bitki örtüsü bakımından Akdeniz flora alanı ile Paleoboreal Avrupa flora alanının temas noktasında yer alır. İklim özellikleri, yeryüzü şekilleri, eğim, bakı, toprak özellikleri ve insan faktörünün etkisi nedeniyle; orman, maki ve psödomaki olmak üzere 3 ana hakim bitki örtüsü gözlenmektedir (Anonim 4 2017).

İnsanların ulaşamadığı bölgelerde ormanlar hala varlıklarını devam ettirmekle beraber; insanların etkisi altındaki alanlarda ormanlık alanların maki, fundalık ve çıplak alanlara dönüştüğü görülür (Anonim 4 2017).

Ormanlarda hakim türler düşük rakımlarda meşe, yükseklerde ise kızılçamlardan oluşur. İnsan tahribatının yoğun olduğu bölgelerde ormanın yerini, maki ve psödomaki almaktadır. Bölgenin kuzeyinde, İznik Gölü'ne bakan yamaçlarda hakim türler maki bitki örtüsüne dahilken; Sarımeşe, Avdan ve Gürle dağlarının kuzeye bakan yamaçlarında psödomaki bitki örtüsüne ait türler hakimiyet kazanır. En sık rastlanan maki türleri arasında erguvan, defne, akçakesme, kocayemiş, delice, sandal ve funda yer almaktadır (Anonim 4 2017).



3.2. Materyal

3.2.1. Liken Örneklerinin Toplanması

Bu çalışmada ilk olarak epifitik olarak yayılış gösteren *Parmelia sulcata*'nın farklı lokalitelerde morfolojik ve anatomik özelliklerini karşılaştırmak; aynı zamanda liken örneğinin toplandığı farklı lokalitelerde, örneklerin fotosentetik pigment içeriğinde değişim olup olmadığını belirlemek amacıyla Bursa ili, Nilüfer, Osmangazi ve İznik ilçelerinde belirlenen 12 farklı lokalitede (Çizelge 3.1.) örnekleme yapılmıştır. *P. sulcata*'ya ait liken örnekleri 09 Nisan – 25 Ekim 2016 tarihleri arasında *Quercus* sp. üzerinden toplanmıştır. Tallusa ait özelliklerin, lokalitelerdeki hava kirliliği verileri ile değişim gösterip göstermediği değerlendirilmiştir.

Örneklerin toplanması sırasında liken türlerinin tayininde kolaylık sağlaması açısından, toplama işlemi sırasında apotesyum, peritesyum, soret ve izit gibi likenlerin üreme ve dağılımından sorumlu yapıları içeren tallus parçalarının alınmasına özen gösterilmiştir. Toplanan örnekler taşıma sırasında bozulmaması için yumuşak kağıt ile sarılmıştır.

Örnekler daha sonra üzerine toplandığı lokalite adı, habitat özelliği, tarih, GPS aleti ile belirlenen yükseklik ve koordinat bilgileri not edilmiş olan kese kâğıdı içine yerleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Türlerin toplandığı istasyonların lokasyon bilgisi

Lokalite	İlçe	Mahalle	Habitat	Yükseklik (m)
1	Nilüfer	Görükle	Uludağ Üniversitesi Kuzeybatı Sınırı, meşelik alan; 40°15'03"K 28°52'40"D	130
2	Nilüfer	Görükle	KYK öğrenci yurdu doğusu, meşelik alan; 40°14'05"K 28°52'32"D	135
3	Nilüfer	Görükle	İktisat Fakültesi doğusu, meşelik alan; 40°13'41"K 28°52'47"D	113
4	Osmangazi	Soğukpınar	Meşe ve kayın ormanı; 40°03'K 29°07' D	1110
5	Osmangazi	Hüseyinalan	Köy içi mesire alanı; 40°07'05"K 29°01'09"D	969
6	İznik	Aydınlar	Tarım arazisi; 40°22'19"K 29°38'51"D	270
7	İznik	Nüzhetiye	Yol kenarı meşelik alan; 40°23'10"K 29°43'31"D	290
8	İznik	İhsaniye	Meşelik alan; 40°27'33"K 29°48'35"D	767
9	İznik	Sağırhisar	Çam ve meşe ormanı; 40°31'46"K 29°51'49"D	773
10	İznik	Sarıağıl	Meşe ormanı; 40°32'52"K 29°39'34"D	460
11	İznik	Süleymaniye	Meşelik alan; 40°34'02"K 29°40'54"D	500
12	Nilüfer	İnegazi	Köy yolu, meşelik alan; 40°07'50"K 28°52'11"D	384

Çalışmanın ikinci bölümünü oluşturan transplantasyon incelemesinde, Uludağ Kirazlıyayla mevkinde belirlenen iki farklı kontrol bölgesinden alınan ve üzerinde *H. physodes*, *P. sulcata* ve *P. furfuracea* tallusları bulunan *Abies* sp. dalları Bursa ilinin merkez ilçesi olan Nilüfer’ de belirlenen bir bölgeye taşınmıştır. Transplantasyon işlemiden sonra 3, 6, 9 ve 12. aylarda klorofil ölçümleri yapılarak transplantasyon sonrasında sonrasında kontrol değerlerinde değişim olup olmadığı değerlendirilmiştir. Örneklerin alındığı istasyona ve transplantasyonda yerleştirildiği istasyona sit lokalite bilgileri Çizelge 3.2’ de yer almaktadır.

Kontrol değerleri, üç liken türünün doğal ortamlarından alındığı günden bir gün sonra, 04.08.2016 tarihinde belirlenmiştir.

Morfolojik ve anatomik incelemeler için toplanan örnekler üzerinde olabilecek zararlıları elimine etmek için 5 gün süreyle -18 °C’deki derin dondurucuda bekletilmiştir.

Çizelge 3.2. Kontrol ve transplantasyon yapılan istasyonlarının lokasyon bilgileri

Kontrol Alanı Olarak Seçilen Lokalite			
İlçe	Mahalle	Habitat	Yüks.
Osmangazi	Uludağ-Kirazlıyayla	Çamlık alan; 40°06'27"K 29°06'18"D	1703 m
Transplantasyon Alanı Olarak Seçilen Lokalite			
Nilüfer	İhsaniye Mah. FSM Bulvarı	40°13'23"K 28°58'46"D	158 m

3.2.2. Araştırmada İncelenen Liken Türleri

Lokaliteler arasında hava kalitesi değerlendirilmesinde *P.sulcata*, transplantasyon çalışmasında ise *H.physodes*, *P. sulcata* ve *P. furfuracea* yer almaktadır. Bu türlere ait temel karakteristik özellikler belirtilmiştir. Araziden toplanan türlere ait fotoğraflar Şekil 3.2., Şekil 3.3., ve Şekil 3.4.' te yer almaktadır.

3.2.2.1. *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. 1896

Sin.: *Ceratophyllum physodes* (L.) M. Choisy



Şekil 3.2. *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. 1896

Substrata gevşek tutunmuş olan tallus 10 cm çapında, rozet formunda ya da düzensiz yayılmış; loplara 2-3 mm genişliğinde ve çoğunlukla uçlara doğru kalkık durumda; üst yüzey gri, düz ve parlak; alt yüzey siyah, uçlara doğru kahverengi ve kırık kıvrıktır. Soraller dudak şeklindedir. Apotesyum oldukça nadir, kısa ve kalın saplı, disk kırmızı-kahverengidir. Medulla ve soraller P(+) turuncu-kırmızı, KC(+) kırmızı, C(-) ve K(-). Silisli kayalar üzerinde, ağaçlar ve diğer asidik ortamlarda bol bulunur (Smith ve ark. 2009).

3.2.2.2. *Parmelia sulcata* Taylor 1836

Sin.: *Parmotrema sulcatum* (Taylor) M. Choisy



Şekil 3.3. *Parmelia sulcata* Taylor 1836

Substrata kabaca tutunmuş tallus 5-10 (-20) cm çapında ve genellikle rozet şeklinde, ayrı ya da bir arada bulunan loplar 0,5 cm genişliktedir. Üst yüzeyin rengi gri-beyazdan gri-yeşile kadar ve kısmen unsu yapıda ve tam olmayan bir ağ yapısı meydana getiren pseudosifeller uzun, dağınık ve beyaz renktedir. Pseudosifellerin ve korteks çatlaklarının üzerinde bulunan soraller uzun, yanlarda ve uçta; alt yüzeyin merkezi kısımları siyah, kenarlara doğru kahverengi renkte; rizinler basit ya da çatallı, bazıları da fırça şeklindedir. Apotesyum nadirdir. Korteks K (+) sarı → kırmızı. Medulla ve soraller P (+) turuncu, K (+) turuncu, KC (+) turuncu, C(-).

Ağaçlar ve kayalar üzerinde, bazen toprak üzerinde gelişen, kıyı bölgelerinden dağ zirvelerine kadar yayılış gösterir (Smith ve ark. 2009).

3.2.2.3. *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf 1903

Sin.: *Hypogymnia furfuracea* (L.) Krog



Şekil 3.4. *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf 1903

Substrata sıkıca tutunmuş ya da nadiren gevşek durumda olan tallus 10 cm çapına kadar ve şerit şeklinde; loplar 1-4 cm genişlikte; üst yüzey grimsi-beyaz ve genelde basit veya dallanmış izidli; alt yüzey kanallı, uçlarda kahverengimsi-beyaz ya da pembemsi, merkezi kısma doğru siyah renktedir. Dal uçlarında bulunan apotesyum nadirdir; askus 30-40 x 14-16 μm ' dir; askosporlar 7,5-10 x 4-5,5 μm , basit ve elipsottir. Korteks K(+), P(-), KC (-), C(-) (var. *furfuracea*) ya da C(+) kırmızı (var. *ceratea*). Korunmasız, iyi ışık alan, koniferlerin ve esas olarak asit kabuklu yaprak döken ağaçların, kabuk ve odunları üzerinde gelişir (Smith ve ark. 2009).

3.3. Yöntem

3.3.1. Tayin Yöntemi

Liken örneklerinin tayininde değerlendirmelerin doğru yapılabilmesi için ışık mikroskobu ve stereomikroskop kullanılmıştır. Morfolojik incelemeler için Leica L2 marka stereomikroskop, diğer anatomik özelliklerin değerlendirilmesi için de, Nikon Eclipse E100 ve Olympus CX 21 marka ışık mikroskopları kullanılmıştır.

Liken tallusunda oluşan metabolik ürünlerin, bazı kimyasal çözeltilerle verdikleri renk reaksiyonlarının değerlendirilmesinde, bileşimleri ve sembolleri aşağıda belirtilen kimyasal reaktifler kullanılmıştır.

K : %10'luk potasyum hidroksit çözeltisi

P: 1 g parafenilendiamin, 10 g sodyum sülfid, 5 ml deterjan ve 100 ml distile suda hazırlanmış parafenilendiamin çözeltisi

C : %3'lük sodyum hipoklorit çözeltisi (ya da ticari çamaşır suyu)

I: 0,5 g iyot, 1,5 g potasyum iyodür, 100 ml distile suda hazırlanmış iyot çözeltisi

KC ve CK: K ve C'nin ard arda uygulanması.

N : %50'lik nitrik asit çözeltisi (Smith ve ark. 2009).

Bu reaktifler, metabolik ürünleri içeren korteks, medulla gibi tallus kısımlarına, stereomikroskop veya ışık mikroskobu incelemelerinde uygulanmıştır. İncelenen yapıların reaktifle reaksiyon oluşturmaması (-) simgesi ile, reaksiyon oluşturması ise (+) simgesi ve oluşan renk vurgulanarak belirtilmiştir.

Liken örneklerinin tayin edilmesinde çeşitli flora kitapları, monograf ve tayin anahtarlarından yararlanılmıştır (Purvis ve ark. 1994, Wirth 1995, Brodo ve ark. 2001, Dobson 2003, Nash III ve ark. 2002, 2004, 2007, Wasser ve Nevo 2005, Smith ve ark. 2009).

3.3.2. Klorofil Analiz Yöntemi

Toplanan liken örneklerinden 20 mg'lık tallus parçaları Şekil 3.5. te görüldüğü gibi tartıldıktan sonra alınarak 15 ml'lik test tüplerine konulmuştur. Ekstraksiyon sırasında fotosentetik pigmentlerin azalmasına neden olacak maddeleri uzaklaştırmak için CaCO_3 ile doygun hale getirilmiş aseton kullanılmıştır. Liken tallus parçaları 5 kez, 1'er dakika süreyle, 3 ml asetonla yıkanmıştır (Barnes ve ark. 1992).



Şekil 3.5. Liken örneklerinin tartım işlemi

Sonra tüplere 5 ml saf Dimetilsülfoksit (DMSO) ilave edilmiş ve klorofilaz enzimi tarafından olabilecek klorofil bozulmasını en aza indirmek için 40 dakika boyunca 65 °C sıcaklıkta etüvde bekletilerek ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir (Ronen ve Galun 1984).

Etüvden çıkarılan örnekler fotosentetik pigmentlerin ışık tarafından parçalanmasını, yani fotolizi önlemek için karanlıkta oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra içinde liken ekstratı bulunan tüplere 5 ml daha saf Dimetilsülfoksit (DMSO) ilave edilerek çözelti seyreltilmiştir (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Ekstratlara saf Dimetilsülfoksit eklenerek seyreltme işlemi

DMSO ile kalibre edilmiş olan Beckman Coulter DU 730 marka spektrofotometre ile 400-750 nm dalga boyu aralığında ışık absorbansları belirlenmiştir. Ekstrenin klorofil a, klorofil b ve toplam karotenoit içeriğini hesaplamada 665, 649, 480 nm dalga boylarındaki absorbans değerleri kullanılmıştır (Şekil 3.7.). Klorofil a, klorofil b ve toplam karotenoid konsantrasyonları aşağıda belirtilen Wellburn tarafından düzenlenen dimetilsülfoksit denklemleri (3.1) ile hesaplanmıştır (Welburn 1994).

$$Ca = 12,19 \times A_{665} - 3,45 \times A_{649}$$

$$Cb = 21,99 \times A_{649} - 5,32 \times A_{665}$$

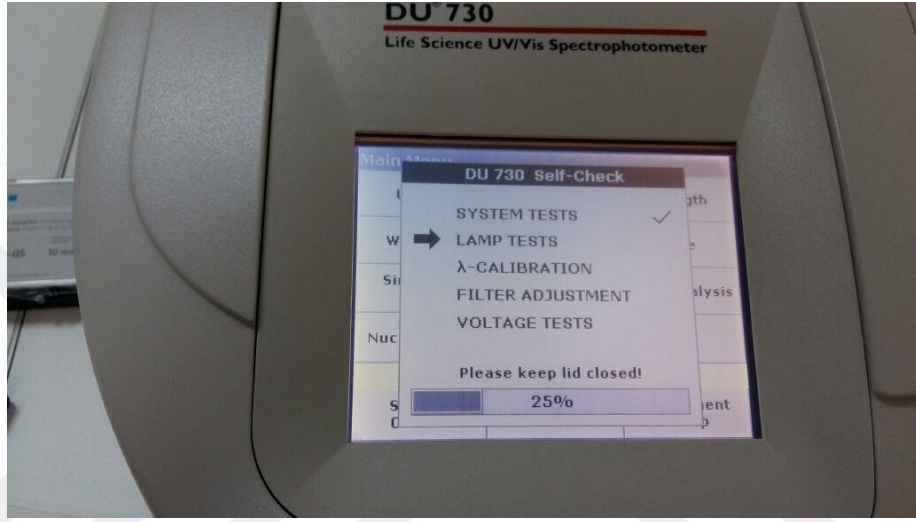
$$C_{x+c} = (1000 \times A_{480} - 2,14 \times A_{665} - 70,16 \times A_{649}) / 220$$

Ca: Klorofil a , Cb: Klorofil b, C_{x+c} : Toplam karotenoid

(3.1)

415 ve 435 nm dalga boyundaki absorbans değerleri ise klorofil a'nın feofitine dönüşüm oranını (OD_{435} / OD_{415}) belirlemede kullanılmıştır. 435 nm dalga boyu klorofil a'nın, 415 nm dalga boyu ise pigmentlerin yıkım ürünü olan feofitin a'nın yüksek emilim gösterdiği dalga boylarıdır. Bu nedenle OD_{435} / OD_{415} oranının yüksek olması klorofil bozulmasının az olduğunu göstermektedir.

İstatistiksel analizler ise SPSS versiyon 22 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Tüm testlerde anlamlılık düzeyi $p \leq 0,05$ olarak alınmıştır. Fotosentetik pigment içeriği yönünden lokaliteler arasındaki değişimi belirlemek için Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Lokalitelerin gruplandırılmasının belirlenmesinde CANOCO 4.5 paket programı kullanılarak PCA analiz sonucuna göre grupların ordinasyon grafikleri elde edilmiştir (Ter Braak 1995). Gruplar arası anlamlılık testleri SPSS paket programında K-Means Cluster Analizi ile değerlendirilmiştir.



Şekil 3.7. Spektrofotometrenin kalibrasyon işlemi

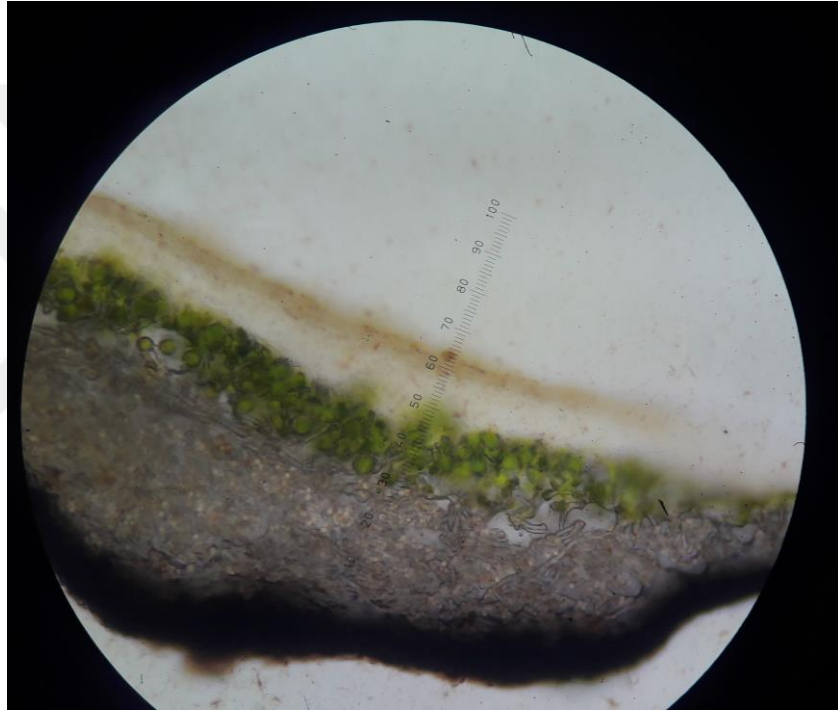
3.3.3. Anatomik İnceleme Yöntemi

P. sulcata tallusundan köpük arasında jilet yardımıyla alınan kesitlerden preparatlar hazırlanmıştır. Bu preparatlarda, Nikon Eclipse E100 marka ışık mikroskobu altında, korteks tabakası, alg tabakası (gonidyum), medulla tabakası ve tallusun toplam kalınlığı ölçülmüştür (Şekil 4.1. ve şekil 4.2.).

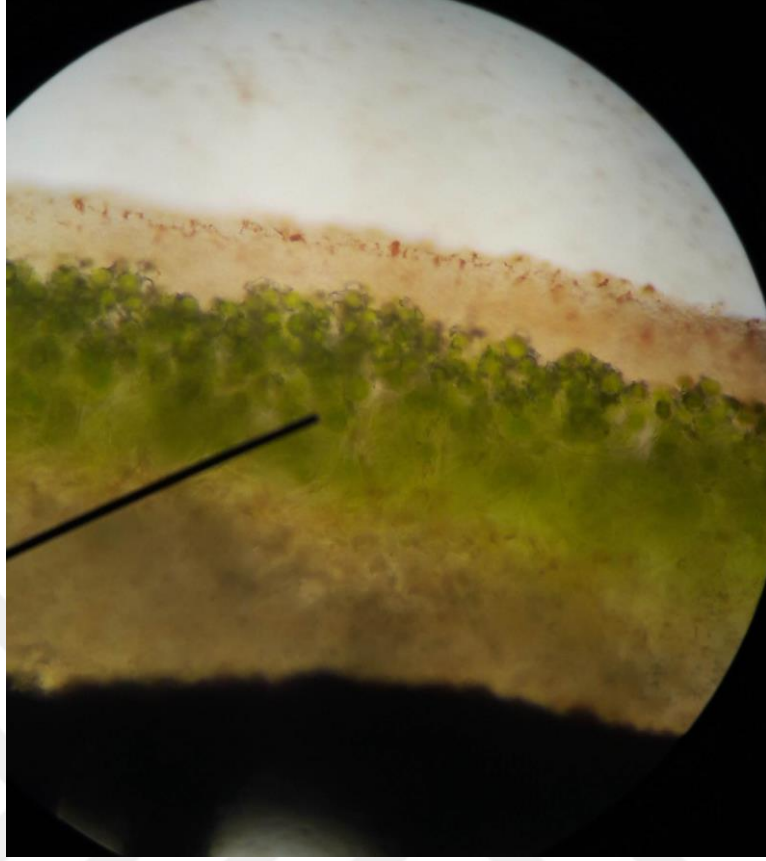
Ölçülen değerler için mikroskop cetvelinde 10x10 büyütmede her birim 10 μm ile çarpılmıştır. Bu değerler tallusun üç farklı noktasından 50 tekrarlı ölçümlerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

Bu çalışmada *P. sulcata* tallusunun farklı lokalitelerdeki morfolojik ve anatomik değerlendirmesini yapmak amacıyla farklı lokalitelerden toplanan örneklerden alınan enine kesitler ışık mikrosobunda 10 x 10 büyütmede incelenmiştir. Ölçümlere ait veriler Çizelge 4.1.'de verilmiştir. 1. Lokaliteden toplanan örneğin tallus enine kesiti Şekil 4.1.'de ve 10. lokaliteden toplanan örneğin tallus enine kesiti Şekil 4.2.'de yer almaktadır.



Şekil 4.1. *Parmelia sulcata* enine kesit ışık mikroskobu görüntüsü (10x10 büyütme)



Şekil 4.2. *Parmelia sulcata* enine kesit ışık mikroskobu görüntüsü (10x10 büyütme)

Çizelge 4.1. *Parmelia sulcata* tallus enine kesitlerinin ölçüm değerleri

<i>Parmelia sulcata</i>												
Lokalite	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Korteks tabakası kalınlığı (µm)	46,75	36,04	41,76	42,43	41,50	32,36	32,97	39,16	38,70	28,97	36,63	40,43
Alg tabakası (Gonidiyum) Kalınlığı (µm)	46,16	56,90	61,16	50,59	53,83	59,57	61,03	57,11	60,37	78,75	61,97	59,64
Medulla tabakası kalınlığı (µm)	130,09	122,43	110,16	121,84	98,82	98,70	75,37	103,64	140,77	90,42	107,31	90,62
Tallus kalınlığı (µm)	250,23	217,96	217,97	232,29	188,30	173,63	189,30	186,30	246,83	170,95	208,63	177,29

Çalışmanın bu bölümünde aynı zamanda farklı lokalitelerden toplanan *P. sulcata* tallusunda fotosentetik pigment analizi yapılmış ve *P. sulcata* tallusunda klorofil a, klorofil b, toplam karotenoid içerikleri (mg/gr) ile klorofil a / b oranı, toplam karotenoid / toplam klorofil oranı ve feofitinizasyon (OD435 / OD415) oranı değerleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

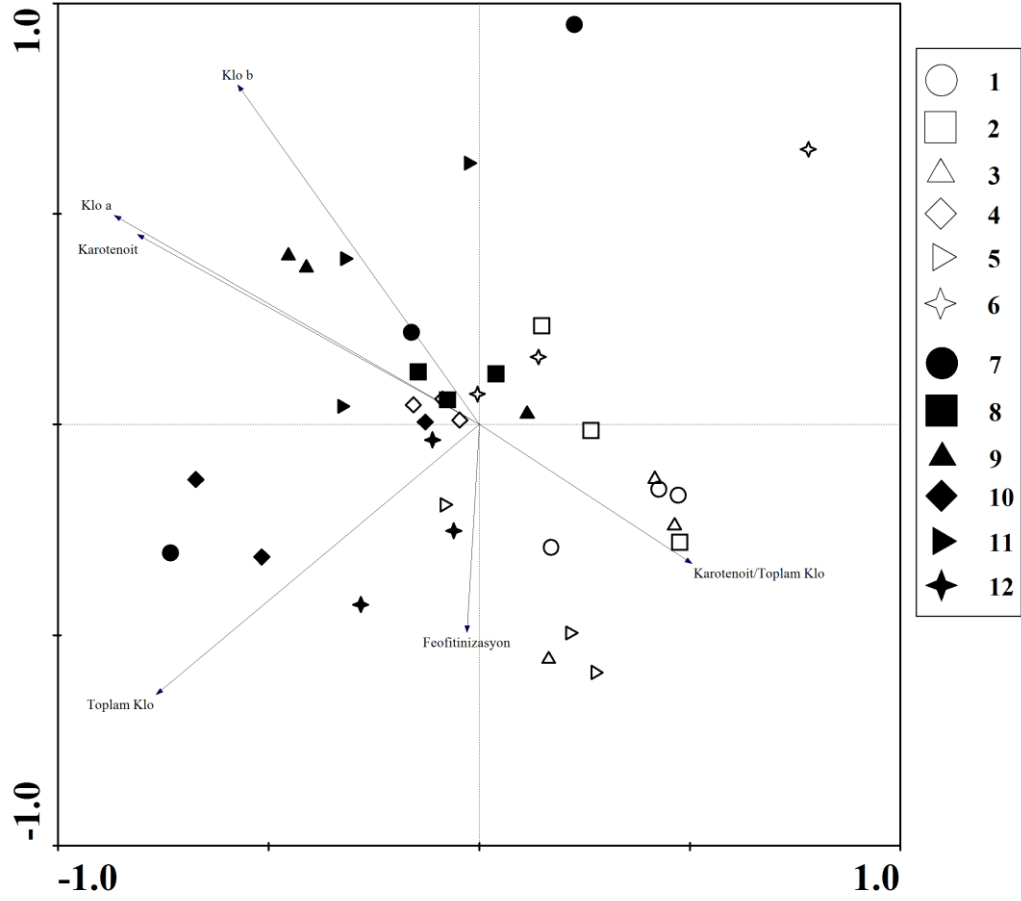
Şehir merkezinden uzakta yer alan, 10. lokalite İznik (Sarıağıl)' te klorofil a içeriğinin ($1,92 \pm 0,16$) ve klorofil bozulmasını yansıtan OD435 / OD415 oranının ($1,01 \pm 0,04$) yine en yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir.

Uludağ Üniversitesi Görükle kampüs alanında yer alan 1.lokalitede ise hem klorofil a içeriğinin ($0,99 \pm 0,01$) hem de klorofil bozulma oranının (OD435/OD415) en düşük değerde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.2 *Parmelia sulcata*'nın lokalitelerdeki fotosentetik pigment içerikleri (Ortalama±Standart Değişim (SD), n=3, mg/g).

<i>Parmelia sulcata</i>							
Lokalite	N	Feofitinizasyon	Klorofil a	Klorofil b	Karotenoit	Klorofil a/b	Karotenoit/Klorofil a+b
		Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
1	3	0,88±0,04	0,99±0,01	0,32±0,02	0,29±0,01	3,10±0,11	0,21±0,01
2	3	0,92±0,02	1,56±0,18	0,49±0,05	0,41±0,03	3,16±0,08	0,19±0,01
3	3	0,96±0,13	1,41±0,43	0,42±0,10	0,35±0,06	3,32±0,26	0,19±0,03
4	3	1,00±0,02	1,40±0,32	0,44±0,08	0,35±0,07	3,13±0,10	0,19±0,01
5	3	0,98±0,03	1,45±0,64	0,44±0,19	0,36±0,14	3,25±0,11	0,19±0,03
6	3	1,01±0,03	1,69±0,44	0,49±0,13	0,37±0,09	3,45±0,21	0,17±0,01
7	3	1,00±0,01	1,37±0,05	0,40±0,01	0,32±0,01	3,43±0,03	0,17±0,01
8	3	1,00±0,03	1,89±0,63	0,52±0,14	0,41±0,10	3,51±0,24	0,17±0,03
9	3	0,95±0,02	1,53±0,18	0,49±0,02	0,36±0,03	3,10±0,34	0,18±0,01
10	3	0,94±0,03	1,92±0,16	0,55±0,06	0,42±0,04	3,63±0,46	0,17±0,01
11	3	1,01±0,04	1,38±0,25	0,40±0,10	0,31±0,05	3,45±0,22	0,17±0,01
12	3	0,91±0,00	1,28±0,21	0,41±0,05	0,31±0,05	3,12±0,11	0,18±0,01
Toplam	36	0,96±0,06	1,49±0,38	0,45±0,10	0,36±0,07	3,31±0,26	0,18±0,02

Şekil 4.3. *Parmelia sulcata*'nın toplandığı lokaliteler ile fotosentetik pigment içerikleri arasındaki korelasyonun ordinasyon grafiği (PCA).



P. sulcata'nın fotosentetik pigment içeriğindeki değişime göre lokaliteler temel bileşenler analizi sonucunda (Principal component analysis (PCA)) 12 lokalite kirlilik seviyelerine göre dört küme halinde dağılım göstermektedir.

Transplante edilen *Abies* sp. dalları üzerindeki *H. physodes*, *P. sulcata* ve *P. furfuracea* talluslarında üçer aylık periyotlarda fotosentetik pigment analizleri ölçümleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.3.'de yer almaktadır. Bursa ilinin merkez ilçesi Nilüfer' de belirlenen transplantasyon bölgesinde havada bulunan kirleticilere ait ortalama bilgiler ise Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Kontrol ölçümü (1) 4 Ağustos 2016' da yapılmaya başlanan ölçümler; üçer aylık periyotlarla 2. ölçüm (2) 4 Kasım 2016, 3. ölçüm (3) 3 Şubat 2017, 4. ölçüm (4) 5 Mayıs 2017, son ölçüm (5) 4 Ağustos 2017' de yapılmıştır.



Çizelge 4.3. *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata* ve *Pseudevernia furfuracea*'nın kontrol alanı ve transplantasyon noktasında üçer aylık dönemlerde yapılan fotosentetik pigment analiz sonuçları (Ortalama±Standart Değişim (SD), n=6, mg/g).

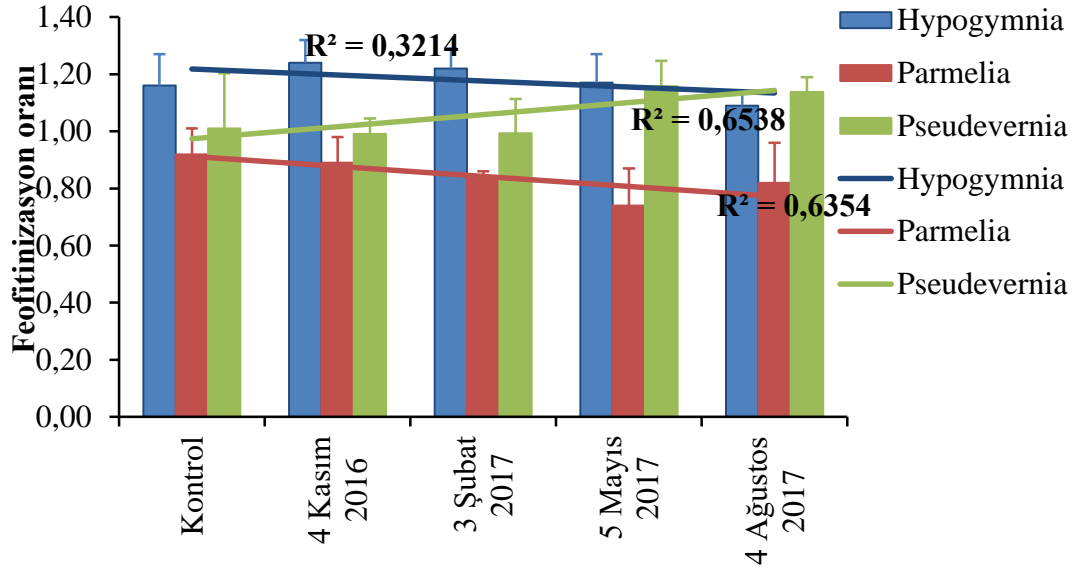
	Kontrol Alanı	Transplantasyon Alanı				ONE WAY ANOVA	
	1	2	3	4	5		
Dönem Aralığı	Transplantasyon öncesi	01. 08. – 31. 10. 2016	01. 11. – 31. 01. 2017	01. 02. – 30. 04. 2017	01. 05. – 31. 07. 2017		
Ölçüm Zamanı	5 Ağustos 2016	4 Kasım 2016	3 Şubat 2017	5 Mayıs 2017	4 Ağustos 2017		
N=6	Ortalama±SD	Ortalama±SD	Ortalama±SD	Ortalama±SD	Ortalama±SD	F	Sig.
<i>Hypogymnia physodes</i>							
Feofitinizasyon	1,16±0,11	1,24±0,08	1,22±0,07	1,17±0,10	1,09±0,05	3,077	,034
Klorofil a	1,22±0,54	1,26±0,36	1,08±0,27	0,88±0,39	0,60±0,23	3,226	,029
Klorofil b	0,40±0,18	0,39±0,11	0,36±0,08	0,33±0,11	0,24±0,08	1,756	,169
Karotenoit	0,31±0,09	0,29±0,06	0,23±0,04	0,22±0,06	0,16±0,05	5,820	,002
Klorofil a/b	3,02±0,31	3,10±0,39	2,97±0,39	2,54±0,37	2,47±0,37	3,709	,017
Karotenoit/Toplam klorofil	0,20±0,03	0,18±0,02	0,16±0,02	0,19±0,03	0,19±0,02	1,445	,249
<i>Parmelia sulcata</i>							
Feofitinizasyon	0,92±0,09	0,89±0,09	0,84±0,02	0,74±0,13	0,82±0,14	2,707	,053
Klorofil a	1,38±0,24	1,46±0,57	1,49±0,22	0,81±0,42	0,54±0,22	8,657	,000
Klorofil b	0,54±0,13	0,45±0,16	0,47±0,06	0,28±0,10	0,16±0,05	11,757	,000

Çizelge 4.3. Devamı

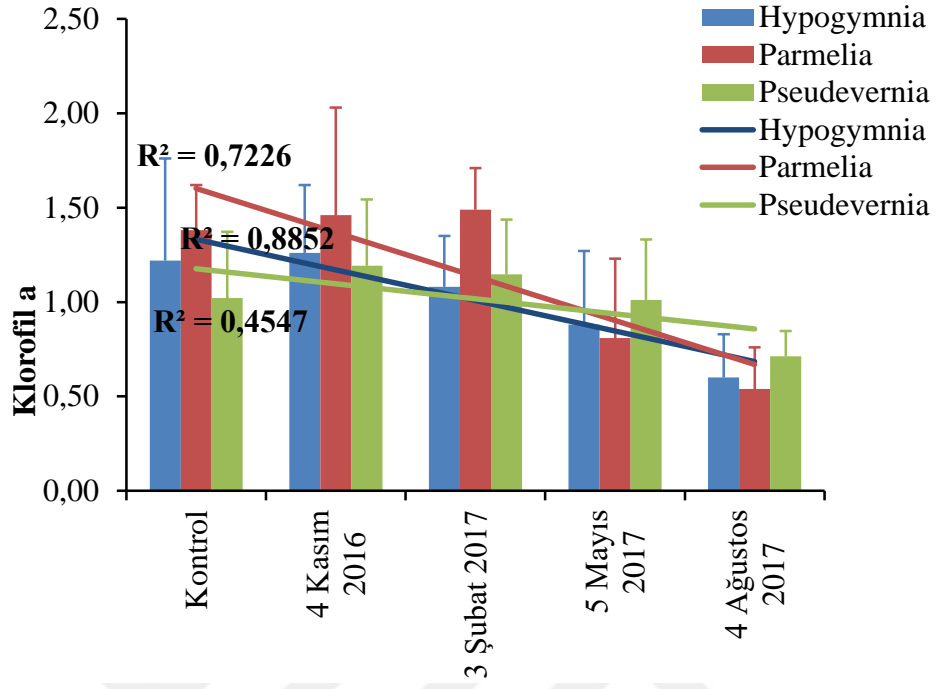
Karotenoit	0,34±0,06	0,31±0,09	0,32±0,05	0,19±0,08	0,11±0,06	11,659	,000
Klorofil a/b	2,64±0,65	3,19±0,12	3,16±0,12	2,73±0,52	3,23±0,39	2,658	,056
Karotenoit/Toplam Klorofil	0,18±0,05	0,17±0,02	0,17±0,02	0,18±0,02	0,15±0,03	,702	,598
<i>Pseudevernia furfuracea</i>							
Feofitinizasyon	1,01±0,19	0,99±0,05	0,99±0,12	1,16±0,09	1,14±0,05	3,166	,031
Klorofil a	1,02±0,35	1,19±0,35	1,15±0,29	1,01±0,32	0,71±0,13	2,335	,083
Klorofil b	0,38±0,12	0,35±0,11	0,33±0,11	0,33±0,11	0,21±0,03	2,198	,098
Karotenoit	0,27±0,09	0,31±0,07	0,27±0,09	0,24±0,04	0,17±0,03	3,360	,025
Klorofil a/b	2,78±0,71	3,47±0,10	3,56±0,53	3,19±0,26	3,34±0,40	2,729	,052
Karotenoit/Toplam Klorofil	0,20±0,03	0,20±0,01	0,18±0,04	0,19±0,04	0,18±0,01	,705	,596

Çizelge 4.4. Bir yıllık Nilüfer ilçesi hava kalitesi verileri (Anonim 5).

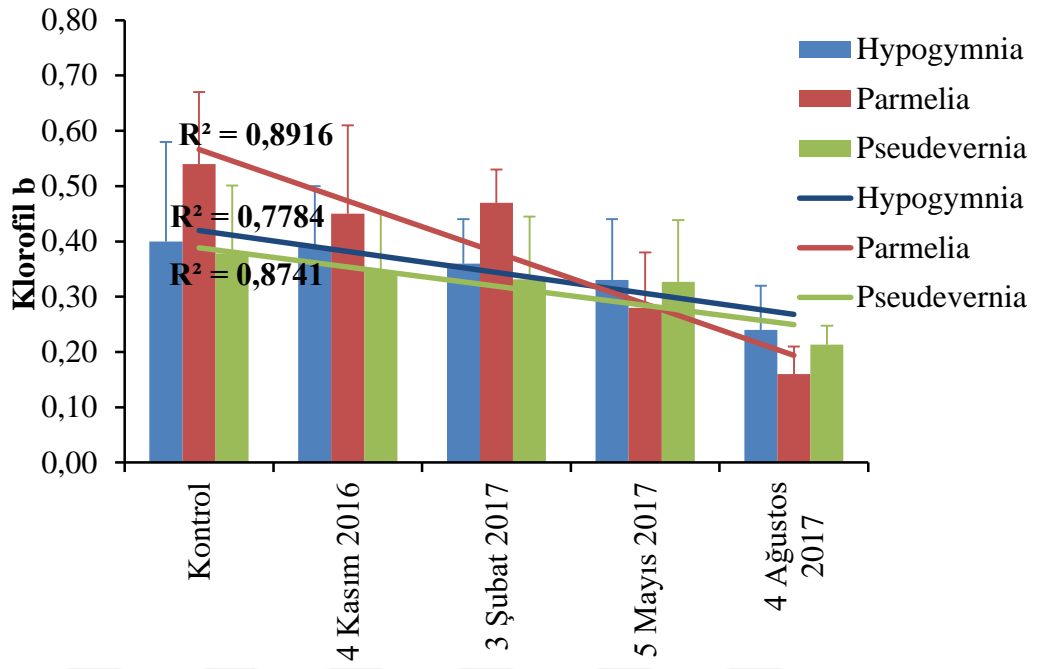
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kontrol Alanı	Transplantasyon Alanı			
N=6	1	2	3	4	5
Dönem	Transplantasyon	1 Ağustos – 31 Ekim 2016	1 Kasım – 31 Ocak 2017	1 Şubat – 30 Nisan 2017	1 Mayıs – 31 Temmuz 2017
Zaman	4 Ağustos 2016	4 Kasım 2016	3 Şubat 2017	5 Mayıs 2017	4 Ağustos 2017
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mean	Ortalama \pm SD	Ortalama \pm SD	Ortalama \pm SD	Ortalama \pm SD
PM ₁₀	0	44,72 \pm 16,87	37,74 \pm 8,12	43,61 \pm 3,57	37,80 \pm 1,55
PM _{2.5}	0	29,39 \pm 14,54	28,28 \pm 5,16	24,96 \pm 3,78	14,05 \pm 8,65
SO ₂	0	9,09 \pm 4,97	12,01 \pm 1,49	7,55 \pm 1,02	3,48 \pm 0,59
NO	0	22,77 \pm 23,71	23,88 \pm 15,04	11,32 \pm 4,72	2,09 \pm 1,14
NO ₂	0	45,66 \pm 15,89	50,06 \pm 8,23	41,01 \pm 5,93	27,75 \pm 4,02
CO	0	661,91 \pm 369,86	761,94 \pm 117,63	549,49 \pm 90,94	361,39 \pm 27,54
O ₃	0	42,93 \pm 23,55	27,04 \pm 8,25	43,79 \pm 9,91	76,50 \pm 5,37
CH ₄	0	1307,47 \pm 72,83	1287,75 \pm 39,09	1257,88 \pm 84,13	1120,03 \pm 21,59
NCH ₄	0	32,16 \pm 12,95	28,05 \pm 8,98	21,18 \pm 4,87	14,30 \pm 1,41



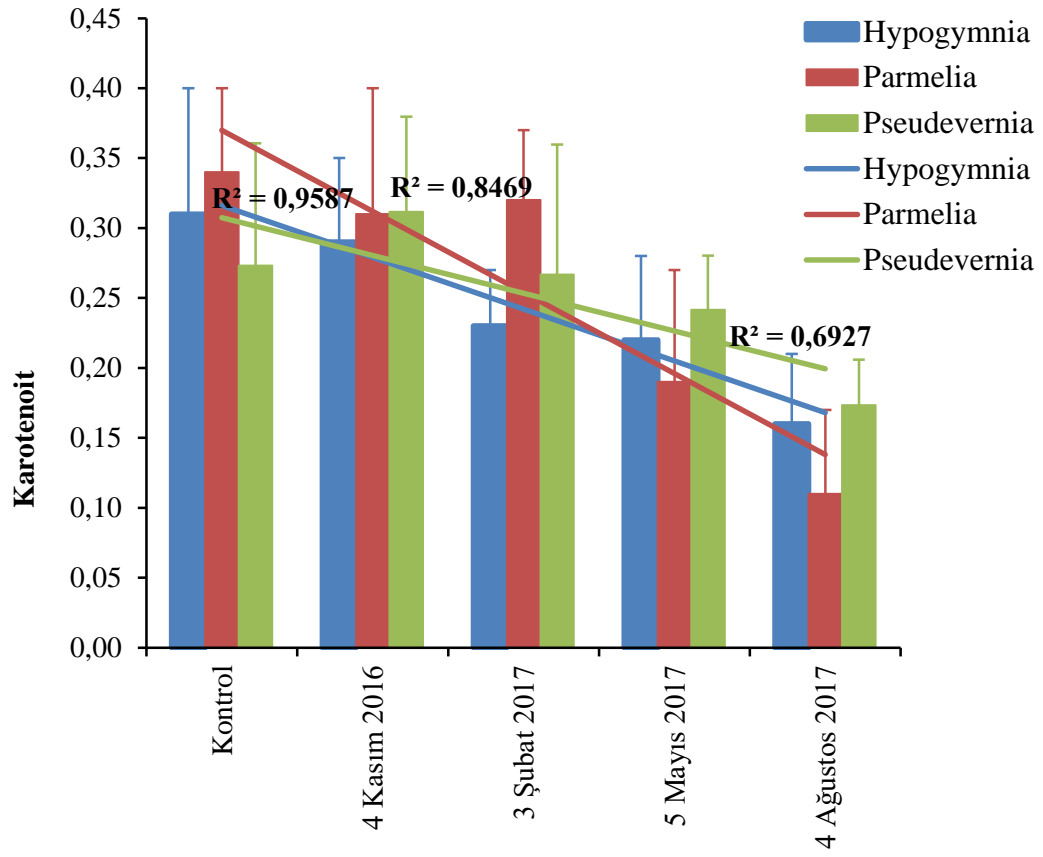
Şekil 4.4. Kontrol grubu ve transplante edilen üç liken türünün feofitinizasyon değerleri



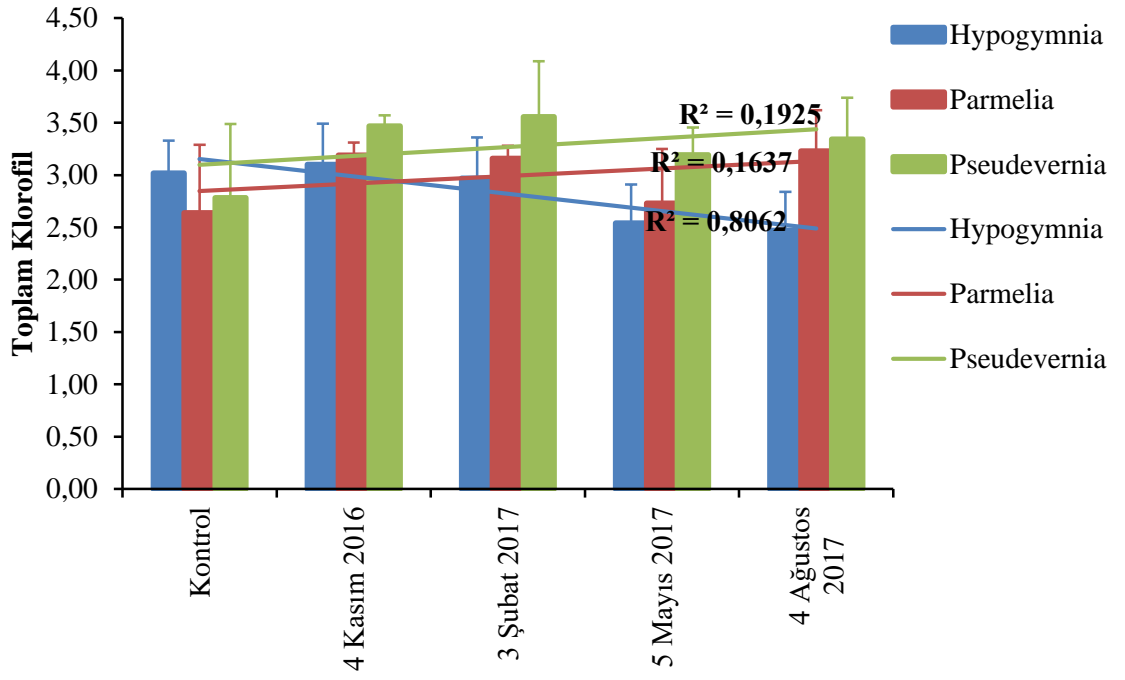
Şekil 4.5. Kontrol grubu ve transplante edilen üç liken türünün klorofil a değerleri



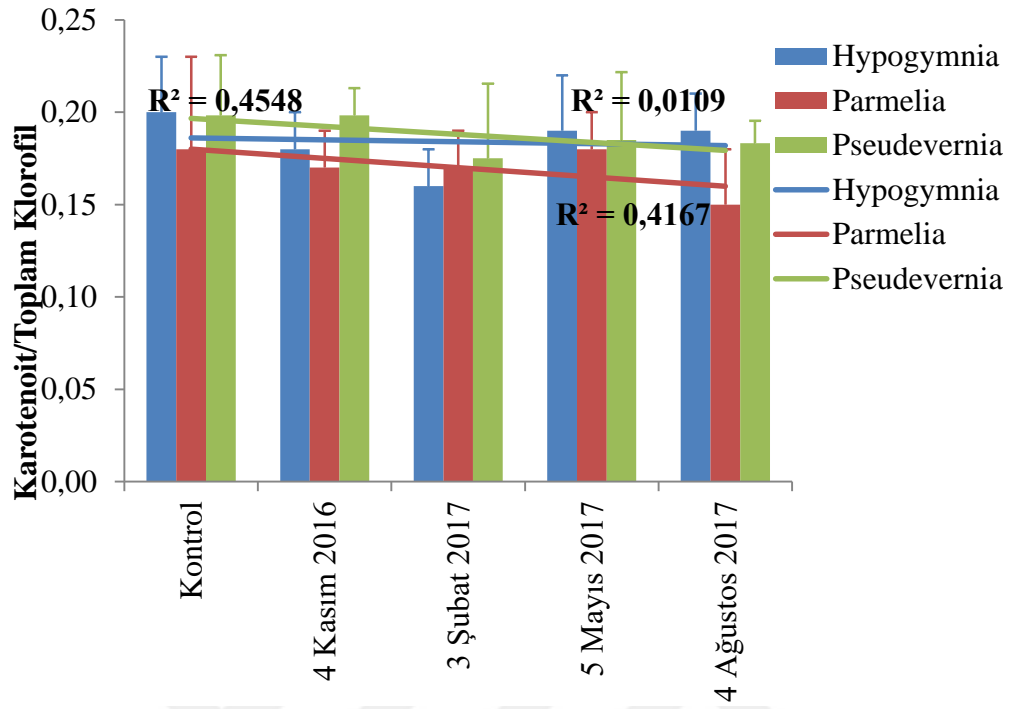
Şekil 4.6. Kontrol grubu ve transplante edilen üç liken türünün klorofil b değerleri



Şekil 4.7. Kontrol grubu ve transplante edilen üç liken türünün karotenoid değerleri



Şekil 4.8. Kontrol grubu ve transplante edilen üç liken türünün toplam klorofil değerleri



Şekil 4.9. Kontrol grubu ve transplante edilen üç liken türünün karotenoit / toplam klorofil değerleri

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Hava kalitesinin liken klorofil içeriği ve anatomik özellikleri ile değerlendirilmesinin amaçlandığı bu çalışmada, analizler 12 farklı lokaliteden toplanmış doğal ortam örneklerinde ve transplante edilen liken türlerinde yapılmıştır.

Bursa ilinde 12 farklı lokaliteden *Quercus* sp. üzerinden toplanan *P. sulcata* tallusunda klorofil a, klorofil b, toplam karotenoit içerikleri (mg/gr) ile klorofil a / b oranı, toplam karotenoit / toplam klorofil oranı ve feofitinizasyon (OD435 / OD415) oranının lokaliteler arasında farklı olduğu ve bu değişimin istatistiksel olarak ($p < 0.001$) anlamlı olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.1.).

En düşük klorofil a içeriği ve klorofil bozulmasını yansıtan OD435/OD415 oranı 1 numaralı lokalite olan, Nilüfer ilçesinde bulunan Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü'nün kuzeybatı sınırından toplanan liken örneklerinde ölçülmüştür (Çizelge 4.2.). Uludağ Üniversitesi şehir merkezinde iki büyük sanayi bölgesinin arasında bulunmaktadır. Ayrıca bölgeye hakim olan rüzgarların kirleticileri taşımasıyla atmosferdeki kirleticilerden çok fazla etkilenen bir bölgedir. Bu lokaliteden toplanmış olan *P. sulcata*' da yapılan anatomik ölçümler için alınan enine kesitlerde Şekil 4.1' de görüldüğü gibi korteks tabakası kalınlığı en kalın, alg tabakası kalınlığı en ince ve en fazla tallus kalınlığı ölçülmüştür (Çizelge 4.1.).

Farklı lokalitelerden toplanan *P. sulcata* tallusunda yapılan klorofil pigment içeriği analizleri sonucunda, merkezden uzak olan 10 numaralı lokalite İznik (Sarıağıl)' te en yüksek klorofil a içeriği ve klorofil bozulmasını yansıtan OD435 / OD415 oranının (feofitinizasyon) yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2.). İznik Bursa'nın kuzeydoğusunda yer alan kırsal bir ilçedir. Sarıağıl mevkiisi yerleşim alanlarından uzak antropojenik etkilerden daha az etkilenen bir bölgedir. Bu lokaliteden toplanmış olan *P. sulcata* da yapılan anatomik ölçümler için alınan enine kesitlerde, Şekil 4.2.'de görüldüğü gibi, korteks tabakası kalınlığı en ince, alg tabakası kalınlığı en fazla, en az medulla kalınlığı ve en ince tallus kalınlığı değerleri ölçülmüştür (Çizelge 4.1.).

Feofitinizasyon oranı hava kirleticilerinin liken tallusunda neden olduğu zararın belirlenmesinde kullanılan önemli bir kriterdir. Bu çalışmada da, feofitinizasyon oranının, hem doğal ortam örneklerinde hem de transplante edilen liken türlerinin kirleticilere maruz kalma süresine bağlı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar kaynak bilgileri ile uygunluk göstermektedir (Conti ve Cecchetti 2001, Yıldız ve ark. 2008).

P. sulcata'nın fotosentetik pigment içeriğindeki değişime göre lokaliteler, temel bileşenler analizi sonucunda (Principal component analysis (PCA) dört küme halinde dağılım göstermektedir. Hava kalitesi bakımından benzer özellik taşıyan kırsal bölgede bulunan 4, 10 ve 11 numaralı lokaliteler birinci kümeyi, 6 ve 7 numaralı lokaliteler ikinci kümeyi oluştururken, üçüncü kümeyi 1, 2, 3 ve 5 numaralı kentsel lokaliteler ve 8,9 ve 12 numaralı lokaliteler de dördüncü kümeyi oluşturmaktadır. Fotosentetik pigment içerikleri, kümeler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir (Şekil 4.3.).

Uludağ-Kirazlıyayla bölgesi hava kirliliği etmenlerinden ve antropojenik faktörlerden daha az etkilenen izole bir bölgedir. Buradan alınan üzerinde liken örnekleri bulduran *Abies* sp. dalları, yerleşim merkezinde trafiğin yoğun olduğu ve kentsel dönüşüm projeleriyle inşaat aktivitelerinin yoğunlaştığı bir bölgeye yerleştirilmiştir. Bu bölgeye yakın konumda iki büyük organize sanayi tesisinin bulunması ve bölgeye hakim olan rüzgarlar aracılığıyla atmosferik kirleticilerin taşınması sonucu transplante edilen dallardaki liken türleri bu etmenlere oldukça fazla maruz kalmışlardır.

Uludağ-Kirazlıyayla' da belirlenen kırsal kontrol noktasından *Abies* sp. dallarının toplanarak şehrin merkez ilçesi olan Nilüfer'de kentsel bir noktaya yerleştirilen dallardaki *H. physodes*, *P. sulcata* ve *P. furfuracea* türlerinden bir yıl boyunca üç aylık periyotlarla klorofil içeriği analizi yapılmıştır. Ölçümler sonucunda klorofil a, klorofil b, toplam karotenoid içerikleri (mg/gr) ile klorofil a/b oranı, toplam karotenoid / toplam klorofil oranı ve klorofil bozulma (feofitinizasyon) oranını gösteren, OD435/OD415 oranındaki değişimlerde istatistiksel olarak ($p < 0.001$) anlamlı değerler elde edilmiştir (Şekil 4.4., 4.5., 4.6., 4.7., 4.8. ve 4.9.)

Transplantasyon yapılan üç liken örneğinde, bir yıllık sürecin başında alınan ilk kontrol grubunda yapılan ölçümlerden sonra üç aylık periyotlarda, liken tallusunda yapılan fotosentetik pigment analizlerinin, hava kalitesi istasyon verilerinden elde edilen hava kirlilik parametreleri ile değişim gösterdiği tespit edilmiştir. İlk üç aylık periyodun sonunda yapılan ölçümlerde üç liken türünde klorofil miktarında artış gözlemlenmiştir. Bu durum kontrol bölgesinin iklim koşullarının transplante edilen konumun iklim koşullarından farklı olmasıyla ilişkilendirilmiştir. İkinci ve üçüncü ölçümlerde ise hava kirliliği parametrelerindeki artış, mevsimsel koşullar ve kirleticilere maruz kalma sürecine bağlı olarak klorofil pigment içerik ve klorofil pigment oranlarının değerlerinde ciddi bir düşüş saptanmıştır.

Çalışma lokalitelerine yakın istasyonlara ait atmosferik kirlilik değerlerindeki artışlar ile liken türlerinin klorofil içeriklerinin azalması literatür bilgileri ile paralellik göstermektedir (Ateş ve ark. 2007).

Diğer taraftan bu çalışmada incelenen *P. furfuracea*'nin fotosentetik pigment içeriğinde çevresel strese bağlı olarak meydana gelen değişimin, *H. physodes* ve *P. sulcata*'dan çok daha belirgin olduğu tespit edilmiştir.

P. furfuracea'nin dalsı morfolojik yapıda olması ve buna bağlı olarak substrata bir noktadan tutunması, atmosferle temas yüzeyinin fazla olması ve kirleticilere daha fazla maruz kalması sonucunda klorofil içeriklerinde daha yüksek bir bozulma (degradasyon) gözlenmiştir. Bu sonuç kaynak bilgilerine paralellik göstermektedir (Yıldız ve ark. 2011).

Atmosferik kirleticilerden ikinci derecede etkilenen yapraksı formdaki *P. sulcata*'nın tallus çapı küçük ve tallus dokusu incedir. En önemli özelliği ise *P. sulcata*'nın tallus yüzeyinde pseudosifel adı verilen korteks çatlaklarına sahip olmasıdır. Pseudosifellerin yüksek bitkilerin stomalarına benzer şekilde tallus dokusunun gaz alışverişine yardımcı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle klorofil pigment içeriklerindeki bozunma oranı *P. furfuracea*'den sonra *P. sulcata*'da yüksek gözlenmiştir.

Yapraksı formdaki *H. physodes* tallusu substrata alt yüzeyi ile sıkıca tutunmuş olduğu için, sadece üst yüzeyi hava ile temas etmesi nedeniyle bu türde klorofil bozulması en az oranda bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç, *P. furfuracea*'nin çevresel stresin

değerlendirilmesinde daha iyi bir gösterge tür olabileceğini ortaya koymakta ve kaynak bilgileri ile uygunluk göstermektedir (Günönü 2014, Sümer 2014).

Dalsı likenler ağaç gövde ve dalları üzerinde sadece bir noktadan tutunarak, substrat etkilenmesi olmaksızın sarkık ya da dik konumda gelişme gösterirler. Bu nedenle hava ile temas eden yüzey alanlarının yapraksı ve kabuksulara göre çok daha fazladır. Kaynak bilgilerinde de hava kalitesinin likenler ile belirlenmesinde dalsı likenlerin, diğer morfolojik gruplara göre daha uygun olduğu belirtilmektedir (Brodo et al. 2001).

Sonuç olarak, likenler hava kalitesine ve stres koşullarına karşı morfolojik, anatomik ve fizyolojik tepkiler göstererek ortam şartlarına adaptasyon sağlayabilirler. Aynı morfolojik grupta yer alan likenler stres faktörlerine benzer şekilde yanıt vermemektedirler. Tallus dokusunun yapısı da büyük önem taşımaktadır. Talluslarında gaz alış verişini kolaylaştıracak yapılara sahip türler, bu yapıları bulundurmayan türlere göre kirleticilere karşı daha duyarlıdır. Hava kalitesinin değerlendirilmesinde, dalsı formdaki epifitik likenlerin klorofil içeriklerinin incelenmesinin yararlı ve pratik bir yol olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar, O., Özvatan, S., İlim, M. 2005.** Determination of Cadmium, Copper, Electrothermal and Flame Atomic Absorption Spectrometry, *Turk. J. Chem.*, (29), 335-344.
- Ahmadjan, V. 1993.** Lichen Symbiosis. John Wiley ve Sons, New York. 250 p.
- Akcin, G., Saltabaş, O., Yeşilçimen, F. 2001.** Biosorption of Heavy Metal From Aqueous Solution by Dried Lichens, *International Jour. Chem.*, 11(3), 141-146.
- Akman, Y. 1999.** İklim ve Biyoiklim. Kariyer Matbaacılık Ltd. Şti, Ankara. s. 214-218
- Anonim 1.** Bursa ili dilsiz haritası; <https://www.thinglink.com/scene/>, (Erişim tarihi: 27.05.2017).
- Anonim 2 1974.** Meteoroloji Bülteni. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 11,12, 159, 160, 245, 246.
- Anonim 3.** <https://www.btch.org.tr>, (Erişim tarihi: 25.05.2017).
- Anonim 4.** <https://www.iznik.gen.tr>, (Erişim tarihi: 26.05.2017).
- Anonim 5.** <https://www.nilufer.bel.tr>, (Erişim tarihi: 15.09.2017).
- Aras, S., Kanlıtepe, Ç., Cansaran-Duman, D., Halıcı, M. G., Beyaztaş T. 2010.** Assessment of air pollution genotoxicity by molecular markers in the exposed samples of *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf in the province of Kayseri, Central Anatolia, *Journal of Environmental Monitoring*, (12), 536-543.
- Aslan, A., Budak, G., Karabulut, A. 2004.** The amounts Fe, Ba, Sr, K, Ca and Ti in some lichens growing in Erzurum province, Turkey, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, (88), 423-431.
- Aslan, A., Budak, G., Tıraşoğlu, E., Karabulut, A. 2006.** Determination of elements in some lichens growing in Giresun and Ordu province (Turkey) using energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, (97), 10-19.
- Aslan, A., Apaydın, G., Yazıcı, K., Cengiz, E., Aylıkçı, V., Tıraşoğlu, E. 2010.** Analysis of trace element concentrations of some lichens of Turkey, *Asian Journal of Chemistry*, Vol, 22, No:1, 389- 400.
- Ateş, A., Yıldız, A., Yıldız, N., Çalimli, A. 2007.** Heavy Metal Removal from Aqueous Solution by *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf. *Annali di Chimica*. 97 (5-6): 385-393. DOI: 10.1002/adic.200790023.

- Bargagli, R., Monaci, F., Borghini, F., Bravi, F., Agnorelli, C. 2002.** Mosses and lichens as biomonitors of trace metals. A comparison study on *Hypnum cupressiforme* and *Parmelia caperata* in a former mining district in Italy, *Elsevier Environmental Pollution*,(116), 279 - 287.
- Barnes JD., Balaguer L., Manrique E., Elvira S., Davison, AW. 1992.** A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants, *Environ. Exp. Bot.* 32:85– 100.
- Basile, A., Sorbo, S., Aprile, G., Conte, B., Cobianchi, R.C. 2008.** Comparison of the heavy metal bioaccumulation of an epiphytic moss and epiphytic lichen, *Environ. Poll.*, 151(2), 401-407.
- Baysal, A., Yazıcı, K. 1995.** Radioactive contamination in lichens collected from Akçaabat and Çamlıhemşin in the eastern black sea region of Turkey,1994, *Toxicol. Environ. Chem.*, 48(3), 145-148
- Belivermiş, M., Çotuk, Y. 2010.** Radioactivity measurements in moss (*Hypnum cupressiforme*) and lichen (*Cladonia rangiformis*) samples collected from Marmara region of Turkey, *Journal of Environmental Radioactivity*, (101), 945–951.
- Beyaztaş, T., Aras, S., Cansaran-Duman, D. 2008.** Likenlerde Ağır Metal Birikiminin DNA Üzerindeki Etkileri, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 1(2), 37-43.
- Biazrov, L.G. 1994.** The radionuclides in lichen thalli in Chernobyl and East Urals areas after nuclear accidents, *Phyton (Horn)*, (34), 85-94.
- Branquinho, C., Brown, D.H. 1994.** A Method for Studying the Cellular Location of Lead in Lichens, *Lichenologist*, (26), 83 - 89.
- Brodo, I.M., Sharnoff, S.D., Sharnoff S. 2001.** Lichens of North America. Yale University Press, New Haven and London. 795 p.
- Büdel, B., Scheidegger, C. 1996.** Thallus morphology and anatomy, in Nash III, T.H., *Lichen Biology*, Cambridge University Press, London.
- Cansaran Duman, D., Atakol, O., Atasoy, İ., Kahya, D., Aras, S., Beyaztaş, T. 2009.** Heavy Metal Accumulation in *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf from the Karabük Iron-Steel Factory in Karabük, Turkey, *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung*, (64c), 717-723.
- Conti, M.E., Cecchetti, G. 2001.** Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment a review, *Environmental Pollution*, 471-492.
- Coşkun, M., Steinnes, E., Coşkun, M., Çayır, A. 2009.** Comparison of epigeic moss (*Hypnum cupressiforme*) and lichen (*Cladonia rangiformis*) as biomonitor species of atmospheric metal deposition, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, (82), 1–5.

Çayır, A., Coşkun, M., Coşkun, M. 2008. Çanakkale Çevresinde Toplanan Biyoindikatör Organizma *Cladonia rangiformis'* de Bazı Element Konsantrasyonları, *Ekoloji*, 18(69), 7-13.

Çiçek, A., Koparal, S. 2003. The Assessment of Air Quality and Identification of Pollutant Sources in The Eskisehir Region Turkey Using *Xanthoria Parietina* (L.) Th.Fr. (1860), *Fresenius Environmental Bulletin*, 12(1):, 24-28.

Çobanoğlu, G. 2009. Hava Kirliliği ve Likenler, Ders Notları, İstanbul.

Dobson, F.S. 2003. A Field Key to Common Churchyard Lichens, Field Studies Council, England.

Doğrul, A. 2007. Kocaeli İli Çevresinde Atmosferik Element Çökeliiminin Liken ve Karayosunu Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye,

Doğrul Demiray, A., Yolcubal, İ., Akyol, N.H., Çobanoğlu, G. 2012. Biomonitoring of airborne metals using the lichen *Xanthoria parietina* in Kocaeli Province, Turkey, *Ecol. Indicat*, doi:10.1016/j.ecolind.2012.01.024.

Elix, J.A. 1996. Biochemistry and secondary metabolites, in Nash III, T.H., Lichen Biology, Cambridge University Press, London.

Freitas, M., Costa, N., Rodrigues, M., Marques, J., Da Silva, M.V. 2011. Lichens As Bio Indicators Of Atmospheric Pollution In Porto, Portugal, *Journal Of Biodiversity And Ecological Sciences (Jbes)*, Winter, 1(1), 29-39.

Friedl, T., Büdel, B. 1996. Photobionts (Chapter 2). 8-23. In Lichen Biology. Eds Nash III. T.H., Cambridge University Press, Cambridge. 315 p.

Galloway, D.J. 1992. Biodiversity: a lichenological perspective., *Biodiv. Conserv.* 1: 312-323.

Garty, J., Weissman, L., Cohen, Y., Karnieli, A., Orlovsky, L. 2001. Transplanted Lichens In And Around Mount Carmel National Park And The Haifa Bay Industrial Region In Israel: Physiological And Chemical Responses, *Environmental Research Section*, A 85, 159-176.

Günönü, T. 2014. Çorum ilinde ağır metal kirliliğine maruz bırakılmış *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf liken türünün genotoksisitesinin moleküler markörlerle değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Henriksson, E., Simu, B. 1971. Nitrogen fixation by lichens, *Oikos* 22: 119121, Copenhagen.

Huneck, S., Jakupovic, J., John, V., Tabacchi, R. 1989. The Chemistry of *Parmelia pokornyi* and *Parmelia pulla* from Turkey, *Journ. Hattori Bot. Lab.*, 67: 255-262.

Iurian, A.R., Hofmann, W., Lettner, H., Tuerk, R., Cosma, C. 2011. Long term study of Cs-137 concentrations in lichens and mosses, *Romanian Journal of Physics*, (56), 983–992.

İçel, Y. 2005. İstanbul İli'nde Atmosferik Element Kirliliğinin Biyomonitör Likenlerle İzlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

İçel, Y., Çobanoğlu, G. 2009. Biomonitoring of atmospheric heavy metal pollution using lichens and mosses in the city of Istanbul, Turkey, *FEB*, 18(11), 2066–2071.

Kahraman, A., Kaynak, G., Gürler, O., Yalçın, S., Öztürk, S., Gündoğdu O. 2009. Investigation of environmental contamination in lichens of Gökceada (Imbroz) Island in Turkey, *Radiation Measurements*, (44), 199-202.

Karamanoğlu, K. 1971. Türkiye'nin Önemli Liken Türleri. Ankara Ecz. Fak. Mec., 1: 53-75.

Kauppi, M., Kauppi, A., Garty, J. 1998. Ethylene produced by the lichen *Cladina stellaris* exposed to sulphur and heavy metal-containing solutions under acidic conditions, *New Phytologist*, (139), 537547.

Kınalıoğlu, K., Çavuşoğlu, K., Yapar, K., Türkmen, Z., Yalçın, E., Şengül, B., Şengül, Ü., Duyar, Ö. 2009. Taşıtların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliğinin *Usnea longissima* Acharius kullanılarak araştırılması, *SDÜ Fen Dergisi (E-dergi)*, 4(2), 129–135.

Kınalıoğlu, K., Bayrak Özbucak, T., Güray Kutbay, H., Hüseyinova, R., Bilgin, A., Demirayak, A. 2010. Biomonitoring of trace elements with lichens in Samsun city, Turkey, *Ekoloji*, 19(75), 64–70. Doi: 10,5053/Ekoloji.2010.759

Kurnaz, K. 2012. Biyomonitör likenlerle İstanbul ili Avrupa yakası hava kalitesinin izlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

Loppi, S. 2000. Lichen Biomonitoring As A Tool For Assessing Air Quality In Geothermal Areas, Proceedings World Geothermal Congress.

Mendil, D., Tüzen, M., Yazıcı, K., Soylak, M. 2005. Heavy Metals in Lichens from Roadsides and an Industrial Zone in Trabzon, Turkey, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, (74), 190–194.

Mikhailova, I.N., Scheidegger, C. 2001. Early Development Of *Hypogymnia physodes* Nyl. In Response To Emissions From A Copper Smelter, *Lichenologist*, 33(6), 527-538.

Nash III, T.H. 1996. Introduction (Chapter 1). 1-7. 'In Lichen Biology. Eds NASH III, T.H.'. Cambridge University Press, Cambridge. 315 p.

Nash III, T.H., Ryan, B.D., Gries, C., Bungartz, F. 2002. Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region, Vol 1. Thomson-Schore, Dexter, A.B.D. 532 p.

Nash III, T.H., Diederich, P., Gries, C., Bungartz, F. 2004. Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region, Vol 2. Thomson-Schore, Dexter, A.B.D. 742 p.

Nash III, T.H., Diederich, P., Gries, C., Bungartz, F. 2007. Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region, Vol 3. Thomson-Schore, Dexter, A.B.D. 567 p.

Nash III, T. H. 2008. Lichen Biology, Cambridge University Press.

Ng, O-H., Tan, B.C., Obbard, J.P. 2005. Lichens as Bioindicators of Atmospheric Heavy Metal Pollution in Singapore, *Environmental Monitoring and Assessment*, (123), 63-74.

Poličnik, H., Simončič, P., Batič, F. 2008. Monitoring Air Quality With Lichens: A Comparison Between Mapping In Forest Sites In Open Areas, *Environ. Pollut*, [Print ed.], Issue 2, vol. 151, str., 395-400.

Purvis, O.W., Coppins, B.J., Hawksworth, D.L., James, P.W., Moore, D.M. 1994. The Lichen Flora of Great Britain and Ireland. Natural History Museum Publications in association with The British Lichen Society, London. 710 p.

Riga-Karandinos, A.N., Karandinos, M.G. 1998 . Assessment of air pollution from a lignite power plant in the plain of Megalopolis Greece using as biomonitors three species of lichens; impacts on some biochemical parameters of lichens, *Elsevier; The Science of the Total Environment*, (215), 167-183.

Ronen R., Galun, M. 1984. Pigment extraction from lichens with dimethylsulfoxide (DMSO) and estimation of chlorophyll degradation, *Environ. Exp. Bot.*, 24:239– 45.

Sarret, G., Manceau, A., Cuny, D., Van Haluwijn, C., Deruelle, S., Hazemann, J.L., Soldo, Y., Eybert-Berard, L., Menthonnex, J.J. 1998. Mechanism of lichen resistance to metallic pollution, *Environmental Science and Technology*, (32), 3325-3330.

Seneviratne, G., Indrasena, I.K. 2006. Nitrogen fixation in lichens is important for improved rock weathering, *Journal of Biosciences*, 31/5: 639-643.

Smith, C.W., Aptroot, A., Coppins, B.J., Fletcher, A., Gilbert, O.L., James, P.W., Wolseley, P.A. 2009. The Lichens of Great Britain and Ireland. Natural History Museum Publications in association with The British Lichen Society, London, 1046 p.

Sommerfeldt, M., John, V. 2001. Evaluation of a Method for the Reassessment of Air Quality by Lichen Mapping in the City of İzmir, Turkey, *Tr. J. of Botany*, 25: 45-55.

Sümer, S. 2014. Ankara ilinde ağır metal kirliliğine maruz bırakılmış *Pseudevernia furfuracea* (L.) zopf liken türünün genotoksitesinin moleküler markörlerle değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.

Şenkardeşler, A., Aysel, V. 2010. Lichen bioindication in the Karaburun Peninsula (Izmir, Turkey). – *Mantar Dergisi* 1(2): 13-23.

Tay, T., Candan, M., Erdem, M., Çimen, Y., Türk, H. 2009. Biosorption of Cadmium ions from aqueous solution onto non-living lichen *Ramalina fraxinea* biomass, *Clean-Soil Air Water*, 37(3), 249–255.

Tehler, A. 1996. Systematics, phylogeny and classification. In *Lichen Biology*, ed. T.H. Nash III, pp. 217–239. New York: Cambridge Univ. Press.

Ter Braak, C.J.F. 1995. Ordination. Chapter 5 in: *Data Analysis in Community and Landscape Ecology* (Jongman, R.H.G., Ter Braak, C.J.F. and Van Tongeren, O.F.R., Eds) Cambridge University Press, Cambridge, UK, 91-173 pp.

Topçuoğlu, S., Zeybek, U., Küçükcezzar, R., Güngör, N., Bayülgen, N., Cevher, E., Güvener, B., John, V., Güven, K.C. 1992. The Influence of Chernobyl on the Radiocesium Contamination in Lichens in Turkey, *Toxicological and Environmental Chemistry*, Vol.35:, 161-165.

Tufan Çetin, Ö., Sümbül, H. 2010. Hava kirliliğinin belirlenmesinde likenlerin kullanımı, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (MAKUFEBED)*, (2), 73–85.

Tuncel, S.G., Yenisoy-Karakaş, S., Doğangün, A. 2004. Determination of metal concentrations in lichen samples by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy technique after applying different digestion procedures, *Talanta*, (63), 273–277.

Uğur, A., Özden, B., Saç, M.M., Yener, G. 2003. Biomonitoring of ²¹⁰Po and ²¹⁰Pb using lichens and mosses around a uraniumiferous coal-fired power plant in western Turkey, *Atmospheric Environment*, (37), 2237– 2245.

Uğur, A., Özden, B., Saç, M.M., Yener, G., Altınbaş, Ü., Kurucu, Y., Bolca, M. 2004. Lichens and mosses for correlation between trace elements and ²¹⁰Po in the areas near coal-fired power plant at Yatağan, Turkey, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, (259), 87–92.

Wasser, S.P., Nevo, E. 2005. *Lichen-forming, Lichenicolous, and Allied Fungi of Israel*. E. Gantner Verlag K.G, Germany. 384 p.

Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution, *J. Plant. Physiol.*, 144:307– 13.

Wirth, W. 1995. *Die Flechten Baden-Württembergs*. Ulmer, Stuttgart, Germany. 1006 p.

Yazıcı, K., Ertuğral, B., Damla, N., Apaydın, G. 2008. Radioactive contamination in lichens collected from Trabzon and Rize in the eastern Black Sea region, Turkey, and a comparison with that of 1995, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, (80), 475–479.

Yenisoy Karakaş, S. 2000. Biomonitoring of Atmospheric Pollutants at Western Anatolia, The Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, The Department of Chemistry, *Doctor of Philosophy*, Ankara, Türkiye.

Yenisoy Karakaş, S., Tuncel, S. G. 2004. Geographic patterns of elemental deposition in the Aegean Region of Turkey indicated by the lichen, *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr., *The Science of the Total Environment*, 329 (1), 43-60.

Yıldız, A., Aksoy, A., Tuğ, G.N., İşlek, C., Demirezen, D. 2008. Biomonitoring of heavy metals by *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf in Ankara, Turkey, *J. Atmos. Chem.*, (60), 71–81.

Yıldız, A., Aksoy, A., Akbulut, G., Demirezen, D., İşlek, C., Altuner, E.M., Duman, F. 2011. Correlation Between Chlorophyll Degradation and the Amount of Heavy Metals Found in *Pseudevernia furfuracea* in Kayseri (Turkey), *Ekoloji*, 20, (78), 82-88, Doi:10.5053/ekoloji.2011.7813.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Vesile Ebru KARAKAŞ
Doğum Yeri ve Tarihi : Bakırköy, 10/06/1992
Yabancı Dili : İngilizce
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise : Bursa Nilüfer Fatih Lisesi, 2010
Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 2014
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Botanik
Anabilim Dalı, 2015-2017
İletişim (e-posta) : webru92@gmail.com

Yayınları:

Karakaş, V.E., Öztürk, Ş., Güvenç, Ş., Oran, S., Bardakçioğlu, Ç. 2016. Bursa İlinde Farklı Lokalitelerden Toplanan Liken Örneklerinin Fotosentetik Pigment İçeriğinin Karşılaştırılması. II. Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu (Uluslararası Katılımlı), 31 Ağustos-3 Eylül 2016, Mersin, Türkiye, Bildiri Kitabı, s. 66.

Karakaş, V.E., Güvenç, Ş., Oran, S., Öztürk, Ş., Bardakçioğlu, Ç. 2016. Farklı Lokalitelerden Toplanan *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale'nin Fotosentetik Pigment İçeriği. II. Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu (Uluslararası Katılımlı), 31 Ağustos-3 Eylül 2016, Mersin, Türkiye, Bildiri Kitabı, s. 114.

Karakaş, V.E., Öztürk, Ş., Oran, S. 2017. Comparison of photosynthetic pigment contents in lichen samples were collected from different localities in Bursa. 1st International Eurasia Mycology Congress, 3-5 July 2017, Manisa, Turkey, Abstract Book, p. 48