

**UV-B RADYASYONUNUN *Corallina elongata*
J.Ellis&Solender (RHODOPHYTA) TÜRÜ ÜZERİNE
ETKİLERİ**

Şeyma TİRYAKİ



T. C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UV-B RADYASYONUNUN *Corallina elongata* J.Ellis&Solender
(RHODOPHYTA) TÜRÜ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Şeyma TİRYAKİ
0000-0002-2894-0219

Doç. Dr. Gamze YILDIZ
0000-0001-6461-0850
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Şeyma TIRYAKİ tarafından hazırlanan “UV-B Radyasyonunun *Corallina elongata* J.Ellis&Solender (Rhodophyta) türü üzerine etkileri ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. GamzeYILDIZ
0000-0001-6461-0850

Başkan : Doç. Dr. GamzeYILDIZ
0000-0001-6461-0850
Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Bölümü

İmza

Üye : Prof. Dr. Şükran DERE
0000-0002-6780-1270
Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Bölümü

İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Gökçe TANER
0000-0002-0290-1166
Bursa Teknik Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Biyomühendislik Bölümü

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü
... /... /2019

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.

14/10/2019

Şeyma TİRYAKİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

UV-B RADYASYONUNUN *Corallina elongata* J.Ellis&Solender (RHODOPHYTA)
TÜRÜ ÜZERİNE FİZYOLOJİK ETKİLERİ

Şeyma TİRYAKİ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gamze YILDIZ

Değişen iklim koşulları ve artan sera gazları etkisiyle stratosferik ozon tabakasında incelmeler meydana gelmektedir. Bu incelmeler ozon tabakasının, güneş ışınlarıyla yeryüzüne gelen UV-B radyasyonuna karşı koruyucu etkinliğini azaltmaktadır. Dünya yüzeyine ulaşan UV-B radyasyonu, karasal ve sucul biyosferde yaşayan canlılar için ciddi sorunlara sebep olmaktadır. Sucul ekosistemde birincil üretici olarak görev yapan deniz yosunlarının, UV-B radyasyonuna maruz kalmaları sonucu çeşitli yapısal ve fizyolojik değişimleri gözlenmektedir. Bu nedenle çalışmada, kırmızı alglerden (Rhodophyta) kalkerli yapıda olan *Corallina elongata* türünde UV-B radyasyonu ile meydana gelen fizyolojik değişimler araştırılmıştır.

C. elongata örnekleri Haziran-2014'de Bursa Mudanya (Zeytinbağı) kıyı şeridinden toplanmıştır. Deneysel çalışmalar için suni deniz suyu ile kültür ortamları hazırlanmıştır. Kültür çalışmasında uygulama tanklarının sıcaklıkları 28°C ve aydınlanma durumları 12A:12K olarak ayarlanmış, aydınlık periyot içerisinde örnekler 8 saat UV-B radyasyonu uygulanmıştır. 3 hafta süren kültür çalışmasında, örneklerin günlük büyüme oranları, fotosentetik pigmentleri (Klorofil-a, Fikoeritrin, Fikosiyanin) haftalık olarak ölçülmüştür. Ayrıca, 3 haftanın sonunda örneklerin CaCO₃ içerikleri, Nitrat redüktaz enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Tallus morfolojisi değişimlerini gözlemek için SEM (Taramalı elektron mikroskobu) görüntüleri tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışma ile iklim değişimi ve ozon tabakasının incelmeleriyle yeryüzüne ulaşan yüksek UV-B radyasyonuna maruz kalan *C.elongata* türünün büyümesinin ve fotosentetik pigmentlerinin olumsuz yönde etkileneceği tespit edilmiştir. Ancak, kalkerli tallus yapısı UV-B radyasyonuna karşı türün hücrelerini koruyabilmektedir. Gelecekte artan UV-B radyasyonuna, *C. elongata* türünün kalkersiz türlere nazaran daha çok adaptasyon sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Büyüme, *Corallina elongata*, fotosentetik pigmentler, UV-B Radyasyonu, SEM

2019, ix + 56 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF UVB RADIATION ON *Corallina elongata* J.
ELLIS & SOLENDER (RHODOPHYTA) SPECIES

Seyma TIRYAKI

Bursa Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gamze YILDIZ

Due to changing climatic conditions and increasing greenhouse gases, stratospheric ozone layer becomes thinner. These thinning reduces the protective effect of ozone layer against UVB radiation coming to the earth by sunlight. Various structural and physiological changes of marine algae, which serve as primary producers in aquatic ecosystem, are observed as a result of exposure to UVB radiation. For this reason, in this study, physiological changes caused by UVB radiation in *Corallina elongata* species which are calcareous structure of red algae (Rhodophyta) were investigated.

C. elongata samples were collected from Bursa Mudanya coastline in June-2014. Culture experiments were prepared with artificial sea water for experimental studies. The temperature of the application tanks was set to 28°C and the illumination conditions were set to 12A:12K in the culture study. In the 3-week culture study, daily growth rates, photosynthetic pigments (Chlorophyll-a, Phycoerythrin, Phycocyanin) of the samples were measured weekly. In addition, CaCO₃ contents and Nitrate reductase enzyme activities of the samples were determined after 3 weeks. SEM (Scanning electron microscopy) images were recorded to observe thallus morphology changes.

In this study, it was determined that the growth and photosynthetic pigments of *C. elongata* species exposed to high UVB radiation reaching the earth by climate change and thinning of ozone layer would be adversely affected. However, the calcareous thallus structure was found to be able to protect the cells of the species against UVB radiation. It is thought that *C. elongata* can provide more adaptation to UVB radiation in the future compared to calcareous species.

Keywords: *Corallina elongata*, growth, photosynthetic pigments, UVB Radiation, SEM

2019, ix + 56 pages

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının planlanma ve yürütülme aşamasında yardım, öneri ve desteklerini esirgemeyen, bana inancını hiçbir zaman kaybetmeyen tez danışmanım sayın Doç. Dr. Gamze YILDIZ'a,

Bu uzun ve yorucu süreçte gerek akademik bilgisi gerek hayat tecrübeleri ile bana yol gösteren sayın Prof. Dr. Şükran DERE'ye,

Çalışma boyunca gösterdiği maddi ve manevi tüm destek için kardeşim Said TİRYAKİ'ye, sevgili ev arkadaşlarım Betül SARAÇ ve Neslihan YÜCEBAĞ ŞEKER'e, manevi desteklerinden dolayı sevgili arkadaşlarım Gizem KAN, Buse CEVATEMRE ve Cenk AKBULUT'a,

Bugünlere gelebilmeme olanak sağlayan sevgili annem Nazmiye TİRYAKİ, sevgili babam Mehmet Recep TİRYAKİ'ye destek ve hoşgürülerinden ötürü sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Şeyma TİRYAKİ
14/10/2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1. UV ve Işık Spektrumu.....	3
2.2. Fotosentez Mekanizması ve Fotosentetik Pigmentler.....	5
2.3. UV Radyasyonunun Makroalgler Üzerine Etkileri.....	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal.....	12
3.1.1. Cihazlar.....	12
3.1.2. Arazi çalışması ve deneysel düzenek.....	12
3.2. Yöntem ve Ekofizyolojik Analizler.....	19
3.2.1. Günlük büyüme oranı.....	19
3.2.2. Fotosentetik pigmentler (Klorofil-a, Fikoeritrin, Fikosiyanin).....	19
3.2.3. Nitrat redüktaz aktivitesi.....	20
3.2.4. CaCO ₃ ve organik madde.....	20
3.2.5. PAM klorofil floresans ölçümleri (F _v /F _m , rETR _{max} , I _k , alfa).....	20
3.3. İstatistiksel Analizler.....	21
4. BULGULAR.....	22
4.1. PAM Klorofil Floresan Ölçümleri (F _v /F _m , rETR _{max} , I _k , alfa).....	22
4.2. Günlük Büyüme Oranı.....	29
4.3. Fotosentetik Pigmentler (Klorofil-a, Fikoeritrin ve Fikosiyanin).....	31
4.4. % CaCO ₃ Miktarı.....	36
4.5. Nitrat Redüktaz Aktivitesi.....	37
4.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri.....	39
5. TARTIŞMA.....	46
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	57

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
dk	Dakika
Ik	Doygunluk ışık yoğunluğu
alfa	FA-eğrisinin başlangıç eğimi
g	Gram
KW	Kilo watt
km	Kilometre
l	Litre
m-2	Metre kare
μmol	Mikromol
μ	Mikron
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
ppm	Milyonda Bir
min	Minute (Dakika)
M	Molar
nm	Nanometre
Fv/Fm	PSII'nin maksimum kuantum ürünü
oC	Santigrat derece
cm	Santimetre
n	Tekrar sayısı
W	Watt
%	Yüzde

Kısaltmalar	Açıklama
ATP	Adenozin Trifosfat
CHO	Aldehit
ANOVA	Çoklu karşılaştırma testi
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage (Uluslararası Işıklandırma Komisyonu)
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
EDTA	Etilen Diamin Tetra Asetikasit
FAR	Fotosentetik Aktif Radyasyon
PSII	Fotosistem II
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
CaCl ₂ .2H ₂ O	Kalsiyum Klorit di Hidrat
CO ₂	Karbondioksit

EDX	Kimyasal kompozisyon
rETR _{max}	Maksimum Elektron Transfer Oranı
CH ₃	Metil
DMF	N, N-Dimetilformamid
NADPH	Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat
NR	Nitrat redüktaz enzimi
O ₂	Oksijen
KNO ₃	Potasyum Nitrat
PAM	Pulse Amplitude Modulation (Modulasyonlu Atış Genişliği)
RuBisCO	Ribuloz 1,5 bifosfat Karboksilaz Oksijenaz
SEM	Scanning electron microscope (Taramalı elektron mikroskobu)
H ₂ O	Su molekülü
TDS	Toplam çözünmüş katı madde miktarları
UVR	Ultraviyole Radyasyonu
UVA	Ultraviyole-A
UVB	Ultraviyole-B
UVC	Ultraviyole-C

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Elektromanyetik spektrum (internetten değiştirilerek alındı)	4
Şekil 2.2. Genel fotosentez denklemi (İnternette değiştirilerek alındı)	6
Şekil 2.3. Kloroplast organelinin genel görünümü (İnternette değiştirilerek alındı)	6
Şekil 2.4. Fotosentetik pigmentler ve enerji transferi, Fotosistem ve Fotosentez ışık reaksiyonları (Graham ve ark. 2004)	7
Şekil 2.5. Işıktan bağımsız evre reaksiyonlarında Calvin döngüsü (Graham ve ark. 2004)	7
Şekil 2.6. Klorofil-a molekülünün organik yapısı (İnternette değiştirilerek alındı)	9
Şekil 2.7. Klorofil-b molekülünün organik yapısı (İnternette değiştirilerek alındı)	9
Şekil 3.1. Örnek toplama alanı (Google maps'den değiştirilerek alındı).....	13
Şekil 3.2. Tirilye kıyı şeridi (Google'dan değiştirilerek alındı).....	13
Şekil 3.3. <i>Corallina elongata</i> J. Ellis & Solender (Rhodophyta) (Fotoğraf sahibi, Christophe Quintin-2012)	14
Şekil 3.4. Deney düzeneği genel görünümü.....	16
Şekil 3.5. Deney düzeneği uygulama tankları görünümü	16
Şekil 3.6. Uygulama tankı genel görünümü.....	16
Şekil 3.7. Zeiss Evo 40 (Almanya) Taramalı elektron mikroskobu genel görünümü (a) ve taramalı elektron mikroskobuna yerleştirilen örnekler (b).....	18
Şekil 4.1. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan <i>Corallina elongata</i> türünün F_v/F_m oranları (n=6)	22
Şekil 4.2. UVB ve onarım sürecindeki <i>Corallina elongata</i> örneklerinin F_v/F_m oranları (n=6).....	23
Şekil 4.3. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan <i>Corallina elongata</i> türünün $rETR_{max}$ değerleri (n=6)	24
Şekil 4.4. UVB ve onarım sürecindeki <i>Corallina elongata</i> örneklerinin $rETR_{max}$ değerleri (n=6).....	25
Şekil 4.5. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan <i>Corallina elongata</i> türünün I_k değerleri (n=6).....	26
Şekil 4.6. UVB ve onarım sürecindeki <i>Corallina elongata</i> örneklerinin I_k değerleri (n=6).....	27
Şekil 4.7. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan <i>Corallina elongata</i> türünün alfa değerleri (n=6).....	28
Şekil 4.8. UVB ve onarım sürecindeki <i>Corallina elongata</i> örneklerinin alfa değerleri (n=6).....	29
Şekil 4.9. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan <i>Corallina elongata</i> türünün günlük büyüme oranları (n=4)	30
Şekil 4.10. UVB ve onarım sürecindeki <i>Corallina elongata</i> örneklerinin günlük büyüme oranları (n=4)	31
Şekil 4.11. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan <i>Corallina elongata</i> türünün klorofil-a miktarları (n=6).....	32
Şekil 4.12. UVB ve onarım sürecindeki <i>Corallina elongata</i> örneklerinin klorofil-a miktarları (n=6)	33
Şekil 4.13. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan <i>Corallina elongata</i> türünün fikoeritrin ve fikosiyanın miktarları (n=5)	34

Şekil 4.14. UVB ve onarım sürecindeki <i>Corallina elongata</i> örneklerinin fikoeritrin ve fikosiyanin miktarları (n=5)	35
Şekil 4.15. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan <i>Corallina elongata</i> türünün CaCO ₃ miktarları (n=5)	36
Şekil 4.16. UVB ve onarım sürecindeki <i>Corallina elongata</i> örneklerinin CaCO ₃ miktarları (n=5)	37
Şekil 4.17. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan <i>Corallina elongata</i> türünün Nitrat reduktaz aktivitesi (n=5)	38
Şekil 4.18. UVB ve onarım sürecindeki <i>Corallina elongata</i> örneklerinin Nitrat reduktaz aktivitesi (n=5)	39
Şekil 4.19. <i>Corallina elongata</i> türünün taramalı elektron mikroskobu görüntüleri (A: 60x, B: 200x, C: 1.00 Kx, D: 5.00Kx)	40
Şekil 4.20. <i>Corallina elongata</i> örneklerinin 14'üncü günde FAR (A) ve UVB (B) uygulamalarındaki taramalı elektron mikroskobu görüntüleri (Bar=2µm).....	40
Şekil 4.21. <i>Corallina elongata</i> örneklerinin 21'inci günde FAR (A), UVB (B) ve onarım (C) uygulamalarındaki taramalı elektron mikroskobu görüntüleri (Bar=2µm)	41
Şekil 4.22. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan <i>Corallina elongata</i> örneklerinin CaCO ₃ iskelet kalınlıkları (n=5)	42
Şekil 4.23. UVB ve onarım sürecindeki <i>Corallina elongata</i> örneklerinin CaCO ₃ iskelet kalınlıkları (n=5)	43
Şekil 4.24. Kimyasal bileşen analizinde kullanılan <i>Corallina elongata</i> bireyinin tallus yüzeyi (Bar=7µm)	44
Şekil 4.25. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan <i>Corallina elongata</i> örneklerinin % Ca atomu miktarları (n=5)	44
Şekil 4.26. UVB ve onarım sürecindeki <i>Corallina elongata</i> örneklerinin %Ca atomu oranları (n=5)	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Fotosentetik Organizmalarda bulunan pigmentler (Yılmaz ve ark. 2016) ...	8
Çizelge 3.1. Besin miktarlarının molar cinsinden derişimleri.....	15
Çizelge 3.2. Uygulama akvaryumlarının aydınlatma durumu	17

1. GİRİŞ

Dünyamız için vazgeçilmez öneme sahip olan denizlerimizde birincil üreticiler grubunu algler ve ototrofik canlılar oluşturmaktadır. Algler, fotosentez aktiviteleri sonucu ortamda karbondioksit (CO₂) ve oksijen (O₂) sağlayarak habitatlarında bulunan diğer canlılar için birincil üreticiler olarak görev yaparlar. Deniz faunasını paylaşan diğer canlılar algleri aynı zamanda besin ve sığınak olarak da kullanırlar (Durucan ve Turna 2011). Algler fotosentetik aktivitelerini gösterebilmeleri ve O₂ üretebilmeleri için güneş ışınlarına ihtiyaç duyarlar.

Alglerin yaşam döngülerinde önemli göreve sahip olan güneş ışınlarının yoğunluğu buldukları ortamın derinliğine ve ortam turbiditesine bağlı olarak değişim gösterir (Hanelt ve ark. 2001). Sucul üreticiler grubunda bulunan algler, güneş ışınlarından gelen ve elektromanyetik spektrumda 400–700nm aralığında yer alan görünür ışınları (Fotosentetik Aktif Radyasyon, (FAR)) fotosentez basamaklarında enerji transferi için kullanırlar. Ancak dünya üzerine ulaşabilen güneş ışınları algler için sadece faydalı olan görünür ışınlardan oluşmamaktadır. Elektromanyetik spektrumda daha kısa dalga boyunlarında olan, ultraviyole ışınlarının (UVR, 280–400nm), bu organizmalar üzerinde birçok olumsuz etkiye sahip olduğu da bilinmektedir. Ultraviyole ışınlarının deniz makroalglerinde, fotoinhibisyona ek olarak deoksiribo nükleik asit (DNA) molekülünde ve fotosentetik hedeflerdeki pigmentlerde bozulmalara yol açtığı bildirilmiştir (Helbling ve ark. 2004).

UVR ışınları Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'na (CIE-International Commission on Illumination) göre elektromanyetik spektrumda üç farklı dalga bandına ayrılmıştır. Bunlar; UVA (Ultra violet-A), UVB (Ultra violet-B) ve UVC (Ultra violet-C) olarak sıralanmaktadır.

Sera gazları etkisiyle stratosferik ozon tabakasında meydana gelen değişimler, yeryüzüne ulaşan UV ışığın zararlı etkilerini arttırmaktadır. UV ışınlarının karasal birçok organizmayı olumsuz etkilediği gibi genellikle denizlerin yüzey tabakalarında yayılış gösteren makroalgler üzerinde de, zararlı etkileri vardır (Hargreaves 2003).

UVB radyasyonunun fotosentetik mekanizmalarda, fotosistem-II (PS-II) reaksiyonunda görevli olan D-1 proteinlerinde bulunan disülfid bağlarının parçalanması ile protein hasarlarına sebep olduğuna ve dolayısıyla fotosentez özelliklerinin zarar gördüğüne dair çalışmalar vardır (Karentz ve ark. 1991a). Fotosentez mekanizmalarının aksaklığa uğraması komünite düzeyinde de ciddi sorunlara yol açabilmektedir. UVB radyasyonunun deniz makroalglerinde fotosentetik mekanizmalardaki etkilerinin yanı sıra; büyümelerinde, içerdikleri klorofil pigmentlerinde ve kalkerli yapıda olan makroalglerin kalker içeriklerinde de etkilerinin bulunduğunu düşündürmektedir.

UVB radyasyonunun organizmalar üzerinde birçok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Ancak, spesifik olarak makroalgler üzerindeki etkilerinin belirlenmesi konusunda literatürde yeterli miktarda çalışma bulunmamaktadır. Bu konudaki eksikliğin giderilebilmesi ve literatüre katkı sağlaması amacıyla tez çalışmasında kırmızı deniz yosunlarından olan kalkerli yapıdaki *Corallina elongata* türü üzerine UVB radyasyonunun etkilerini belirlenmesi hedeflenmiştir. Deneysel çalışmalar sırasında, türün örnekleri 21 gün boyunca hem yüksek UVB hem de FAR'a maruz bırakıldı ve 21 günlük periyodun sonunda, UVB ortamdaki kaldırılarak 7 günlük onarım fizyolojileri belirlendi.

Çalışma süresinde örneklerin göreceli maksimum elektron transfer oranları ($rETR_{max}$), PSII'nin maksimum kuantum ürünü (F_v/F_m), fotosentezin doymuş olduğu ışık yoğunluğu (I_k), klorofil-a, fikoeritrin ve fikosiyanın miktarları ölçülerek fotosentez mekanizmalarının yüksek UVB radyasyonundan nasıl etkileneceği araştırıldı. Ayrıca, *Corallina elongata* türünün ekofizyolojik özellikleri olarak da günlük büyüme oranları, $CaCO_3$ miktarları ve azot metabolizması hakkında bilgi veren nitrat redüktaz aktivitesi araştırıldı. Bunlara ek olarak, örneklerin tallus morfolojilerindeki değişimlerin gözlemlenmesi için UVB radyasyonuna maruz bırakılan örneklerin SEM (Scanning electron microscope) ile görüntüleri kaydedildi.

Yapılan tez çalışması ile *Corallina elongata* türünün yüksek UVB radyasyonuna maruz kaldığında oluşacak olan fizyolojik ve morfolojik değişimlerin araştırılması amaçlandı.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. UV ve Işık Spektrumu

Dünyamızı saran atmosfer tabakası çeşitli katmanlardan oluşmaktadır. Atmosferin ihtiva ettiği beş tabaka (sırasıyla troposfer, stratosfer, mezosfer, termosfer ve ekzosfer) yeryüzünü sarar. Troposfer tabakası en alt tabaka olup yeryüzünden yaklaşık olarak 10-12 km yüksekliğe uzanır ve çeşitli hava olayları bu katman içerisinde meydana gelir. Troposfer tabakasını takiben yüzeyden 50 km yükseğe ulaşan bölgede ise stratosfer tabakası bulunur. Dünyamızı güneşten gelen yüksek enerjili zararlı ışıklardan koruyan 'ozon tabakası' stratosfer katmanında yer alır. Ozon tabakası kısa dalga boyuna sahip ışınları (ultraviyole) soğurarak yeryüzünü korur. Stratosfer tabakası üstünde ise sırasıyla mezosfer, termosfer ve ekzosfer tabakaları yer alır (Anonim, 2003).

Ozon, atmosferde en yoğun olarak troposfer ve stratosfer tabakaları olmak üzere iki ayrı tabakada ve ayrı şekillerde bulunmaktadır. Bunlardan stratosfer tabakası içerisinde, yerden yaklaşık 10-50km'ler arasında doğal olarak bulunan ve atmosferdeki toplam ozonun %90'ını oluşturan stratosferik ozondur. Güneşten gelen zararlı ultraviyole radyasyonunu emmesi (tutması) nedeniyle hayati önem taşır ve 'iyi huylu ozon' olarak isimlendirilir.

Stratosferik ozon tabakası zararlı UVR'yi absorbe ederek, bu ışınların yerküreye ulaşmasını engellemektedir ancak çoğunlukla insan aktiviteleri sonucu klor ve brom içeren gazların atmosfere salınmasıyla oluşan reaktif halojen gazların (ClO, BrO, Br, Cl) miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Kimyasal olarak oldukça reaktif olan bu bileşiklerin miktarındaki artış, stratosferik ozon tabakasında incelmelere neden olmaktadır. Bu incelmeler nedeniyle, ozon tabakası UVR'ye karşı koruyuculuğunu kaybetmekte ve yerküreye ulaşan UVR miktarında artışlar olmaktadır (Bischof ve ark. 2006, Karsten ve ark. 2009).

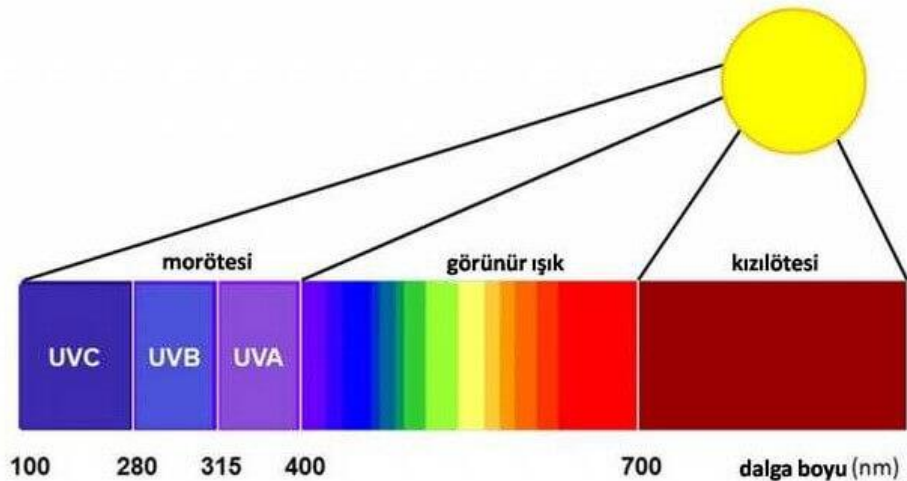
UVR, ışık spektrumunda, insan gözünün görebileceği dalga boylarındaki ışıklardan daha kısa dalga boylarına sahip olan ışınları kapsamaktadır. Bu ışınlar CIE (Uluslararası

Aydınlatma Komisyonu) tanımlamasına göre 3 dalga bandına ayrılmaktadır (UVA, UVB, UVC) (Şekil 2.1).

UVA ışınları 315-400nm arasında dalga boyuna sahip olan ışınları içermektedir. Yerküreye ulaşan miktarı, ozon tabakasından bağımsızdır. Bu nedenle ozon tabakasında meydana gelen incelmeler, UVA ışınlarının miktarını etkilememektedir (Karsten ve ark. 2009). UVA dalga bandı, küçük bir kısmı dışında, fotosentetik olarak aktif değildir, ancak ikincil bileşiklerin oluşmasında etkili olmaktadır (Holzinger ve Lütz 2006).

UVB ışınları, 280-315nm arasında dalga boyuna sahip olan ışınları içermektedir. Ozon tabakasında meydana gelen incelmelerle, yerküreye ulaşan miktarlarında artış olmaktadır. UVB ışınları, yerküreye ulaşan toplam güneş ışınlarının yüzde 1'inden daha az bir kısmı oluşturmasına rağmen, biyolojik açıdan oldukça zararlıdır (Franklin ve Forster 1997).

UVC ışınları 190-280nm arası dalga boyuna sahip olan ışınları içermektedir. Birçok organizma için kuvvetli mutajenik ve letal etkiye sahiptir. Ancak ozon tabakası tarafından tamamı absorbe edilmekte ve yerküreye ulaşmamaktadır. Bu nedenle UVC ışınları ekolojik açıdan önemsizdir (Holzinger ve Lütz 2006).



Şekil 2.1. Elektromanyetik spektrum (internetten değiştirilerek alındı)

UVR deniz sütununda derinlere kadar nüfuz edebilmektedir. Dolayısıyla deniz canlıları da UVR'den etkilenmektedir. Makroalgler ise genellikle denizlerin yüzey tabakalarında yayılış göstermekte ve bu nedenle UVR'ye büyük oranda maruz kalmaktadır (Hargreaves 2003). UVR'nin makroalglerin fotosentetik performansları (Dring ve ark. 2001), Deoksiribonükleik asit (DNA) moleküllerinin yapıları (Roleda ve ark. 2006) ve büyüme oranları (Gao ve Xu 2008) üzerine olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir.

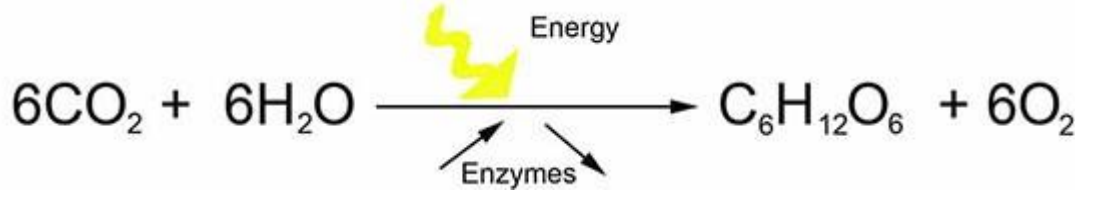
Makroalglerde nükleik asitler, proteinler, lipidler gibi biyolojik moleküllerin UVR soğurma özellikleri nedeniyle, UVR ışınları en zararlı çevresel stres faktörleri arasında yer almaktadır. UVR ışınlarının zararlı etkisi dalga boyuna, yoğunluğuna, maruz kalma süresine ve organizmanın genetik, morfolojik yapısına bağlı olarak değişmektedir (Tevini 2004).

UVB ışınlarının makroalgler üzerine olan biyolojik etkileri moleküler, hücresel, bireysel veya komünite düzeyinde olmakta ve sonuç olarak, denizel bitkilerin ekosisteminin yapısında ve fonksiyonunda değişimlere neden olabilmektedir.

2.2. Fotosentez Mekanizması ve Fotosentetik Pigmentler

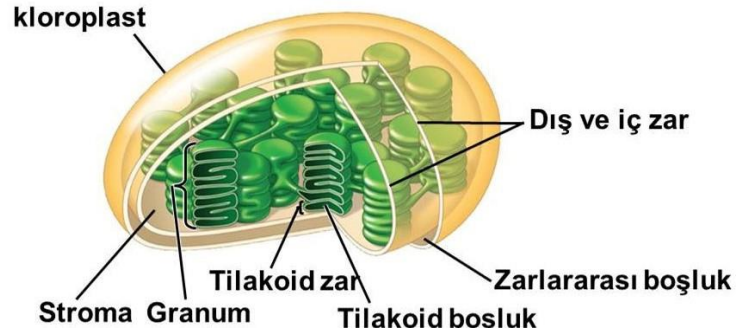
Denizel bitkiler, biyolojik ve ekolojik fonksiyonları ile deniz ekosisteminin en önemli canlı gruplarından. Fotosentez olayı ile ortamın oksijenini sağlayan bu bitkiler, oluşturdukları topluluklar ile diğer canlıların beslenme, barınma ve üreme ortamlarını da oluştururlar (Cirik ve Cirik 2011).

Canlılar tarafından doğrudan kullanıma uygun olmayan güneş enerjisi fotosentez reaksiyonu ile canlıların kullanabileceği kimyasal enerjiye dönüştürülür (Balkan ve Gençtan 2009). Fotosentez, fotosentetik pigmentler içeren canlıların bünyelerinde meydana gelen biyokimyasal reaksiyonlar zincirinde gerçekleşir (Kaçar ve ark. 2002). Karbondioksit (CO₂) ve suyun (H₂O) enzimler yardımı ile güneş enerjisi varlığında basit şekere dönüştürülmesi reaksiyonlarını içeren fotosentez mekanizması ototrof canlılar tarafından yapılır (Şekil 2.2).



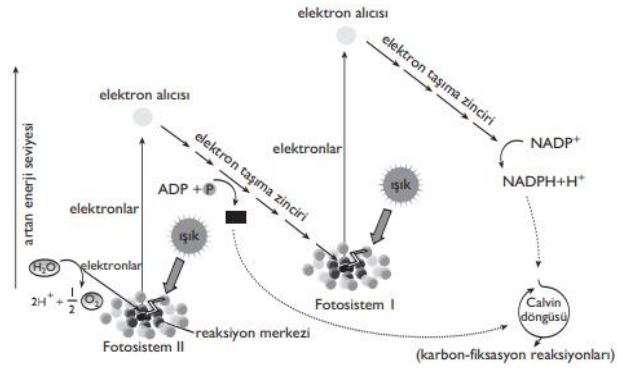
Şekil 2.2. Genel fotosentez denklemi (İnternette değiştirilerek alındı)

Fotosentez mekanizması ışığa bağlı ve ışıktan bağımsız olmak üzere iki basamaktan oluşan biyokimyasal reaksiyonlar zincirini içerir. Işığa bağlı reaksiyonlar kloroplast organeli içeren ökaryotik ototrof canlılarda, kloroplast organelinin granumlarında, ışıktan bağımsız tepkimeler ise kloroplast organelinin stromasında gerçekleşir (Türe 2009) (Şekil 2.3).



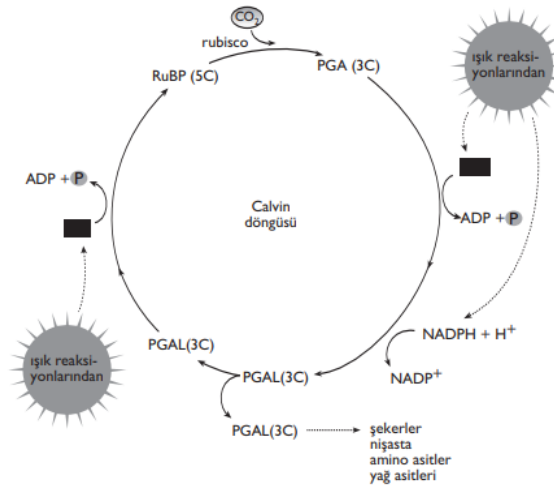
Şekil 2.3. Kloroplast organelinin genel görünümü (İnternette değiştirilerek alındı)

Işığa bağlı tepkimelerde, klorofil-a ve yardımcı pigmentler sayesinde güneşten enerji absorbe edilir. Absorbe edilen enerji klorofil pigmentinde bulunan elektronları uyarır ve bu elektronların enerji seviyelerini yükseltir. Uyarılan elektronların enerjilerinin bir kısmı suyun ayrıştırılmasını ve yapısında bulunan oksijen molekülünün serbest kalmasını sağlar. Enerjinin bir kısmı ise canlılarda enerji deposu olarak kullanılan ATP (Adenozin tri fosfat) molekülünde depolanır (Türe 2009). Su molekülünün parçalanması ile açığa çıkan protonlar ve elektronlar nikotinamid adenin dinükleotid fosfat (NADP) adı verilen molekül ile birleşerek NADPH moleküllerini oluşturur. Uyarılmış elektronların taşınmasını sağlayan NADPH molekülleri ışıktan bağımsız tepkimelerde kullanılmak üzere, ATP molekülleri ile birlikte stromaya geçer (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Fotosentetik pigmentler ve enerji transferi, Fotosistem ve Fotosentez ışık reaksiyonları (Graham ve ark. 2004)

Işıktan bağımsız tepkimeler ise kloroplast organelinin stromasında gerçekleşir. Karbondioksitin basit şekerlere dönüştürülmesi bu tepkimeler sırasında gerçekleşir. Atmosferden alınan karbon molekülleri, ATP ve NADPH moleküllerinin yapısındaki kimyasal bağ enerjisi ile bağlanıp şeker oluşturma tepkimelerinde kullanılır. Bu bir dizi biyokimyasal tepkimeler zincirine CO₂ fiksasyon yolu veya Kalvin döngüsü adı verilir (Woodrow ve Berry 1988) (Şekil 2.5).



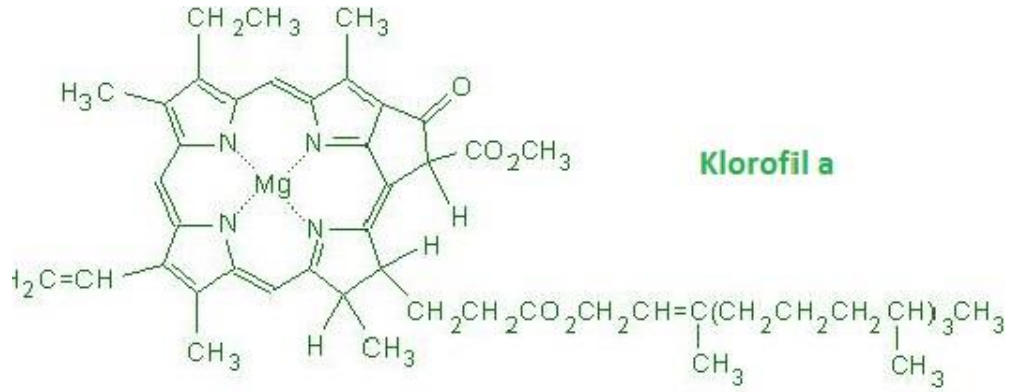
Şekil 2.5. Işıktan bağımsız evre reaksiyonlarında Kalvin döngüsü (Graham ve ark. 2004)

Kalvin döngüsü sonucunda oluşan glukoz veya fruktoz gibi 6 karbonlu şekerlerden, glukozun polimerizasyonu ile depo nişasta molekülü elde edilir. Fotosentez basamakları sonunda yüksek enerjili besinler ve oksijen üretimi gerçekleşir. Ototrofik canlılar bu besinleri metabolik faaliyetlerini yürütmek için de kullanırlar. Ototrofik canlılarda fotosentetik olayları gerçekleştiren çeşitli renk maddeleri (pigmentler) bulunur. Pigmentlerin bir kısmı plastidler içinde zar sistemlerinde (tilakoid membranlara) yerleşmiş, diğer bir kısmı ise vakuollerde çözülmüş durumda bulunur (Yılmaz ve ark. 2016). Fotoototrof canlılarda bulunan çeşitli pigmentler Çizelge 2.1’de verilmiştir (Yılmaz ve ark. 2016).

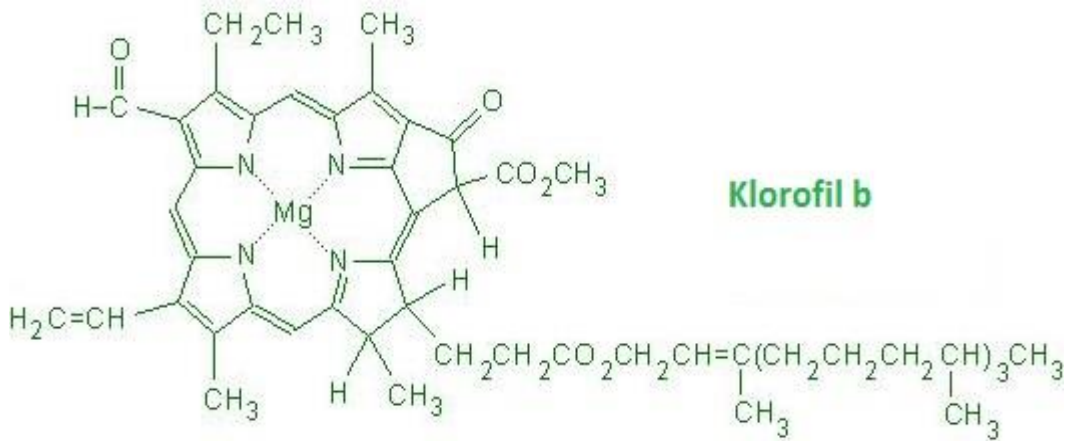
Çizelge 2.1. Fotosentetik Organizmalarda bulunan pigmentler (Yılmaz ve ark. 2016)

Organizma	Primer pigment	Aksesuar pigmentler	Absorbe ettiği dalgaboyu (nm)
Mor bakteriler	b.klo.a*	b klo.a b klo.b	Mavi, mor-kırmızı 470–750 Mavi, mor-kırmızı 400–1020
Yeşil kükürt Bakterileri	b.klo a	b klo.c Clorobium klo.	Mavi-kırmızı 470–750
Mavi-yeşil alg	klo.a**	fikosiyanin fikoeritrin allofikosiyanin	Turuncu 630 Yeşil 570 Kırmızı 650
Kırmızı alg	klo.a	fikosiyanin fikoeritrin allofikosiyanin	Turuncu 630 Yeşil 570 Kırmızı 650
Kahverengi Alg	klo.a	klo.c	Mor, mavi-kırmızı
Yüksek Bitkiler	klo.a	klo.b	Mavi, mor-turuncu, kırmızı 454–670
Çoğu yüksek bitki alg ve bakteri		a ve 13 karotenoidler ksantofiller	Mavi-yeşil 450
* Bakteriyoklorofil-a		** Klorofil- a	

Ökaryotik hücrelerde fotosentez etkinlikleri, kloroplast organeli içinde klorofil moleküllerinde gerçekleştirilir. Klorofil molekülünün farklı tipleri vardır, bunlar, klorofil a, b, c, d, e, bakteriyo klorofil a, b ve klorobium klorofil olarak listelenebilir (Karakurt ve Aslantaş 2008). Klorofillerin fotosentez açısından en önemli iki tipi klorofil-a ve b'dir. Klorofil-a mavimsi yeşil ve klorofil-b sarımsı yeşil renkte olup, klorofil-a fotosentezin ışık reaksiyonunu başlatırken, klorofil-b fotosentezde yardımcı pigment olarak rol almaktadır. Klorofil-a ve klorofil-b moleküllerinin organik molekül formları sırası ile Şekil 2.6 ve Şekil 2.7'de yer almaktadır.



Şekil 2.6. Klorofil-a molekülünün organik yapısı (İnternette değiştirilerek alındı)



Şekil 2.7. Klorofil-b molekülünün organik yapısı (İnternette değiştirilerek alındı)

Klorofil-a ve b molekülleri arasındaki fark; 2'nci pirol halkasının 3'üncü karbon atomuna bağlanmış olan gruplardan kaynaklanır. Klorofil-a'nın 3'üncü karbonuna metil

(CH₃) grubu bağlanmışken, klorofil-b'nin 3'üncü karbonuna aldehit grubu (CHO) bağlanmıştır. Bu farklılığa bağlı olarak bu moleküller çözünürlük ve ışığı absorbe etme yönünden birbirlerinden ayrılırlar. Klorofil-a, tüm yeşil bitkilerde, klorofil-b, yüksek bitkilerde ve yeşil alglerde bulunur. Bunlara ek olarak, klorofil-d kırmızı alglerde bulunurken, klorofil-c ise kahverengi alglerde, diyatomlarda ve öglena gibi bir hücreli ökaryotik canlılarda bulunur.

2.3. UV Radyasyonunun Makroalgler Üzerine Etkileri

UV radyasyonun bitkilerde metabolik faaliyetlere etkileri konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Ozon tabakasında meydana gelen incelmeler güneş ışınlarından yeryüzüne ulaşan UV ışınlarında artışa neden olmaktadır (Bornman 1989). UV radyasyonu ototrof canlılarda birçok biyolojik reaksiyona etki etmektedir. Bitkilerde özellikle fotosentezi, dolayısıyla büyümeyi engellemektedir (Bischof ve ark. 2000). Büyümenin protein sentez mekanizmaları ile dolaylı yoldan ilişkisi vardır.

Proteinlerin özellikle UVB radyasyonuna karşı son derece duyarlı olduğu bilinmektedir. UVB radyasyonu proteinlerde bulunan disülfid bağlarına zarar vererek proteinlerin üçüncül yapısına zarar vermektedir (Karentz ve ark. 1991). Protein moleküllerinin bu şekilde bozulmaları ise fotosentez mekanizması içinde yer alan moleküllerin; özellikle D-1 proteini, PSII veya Ribuloz 1,5 bifosfat karboksilaz oksijenaz (RuBisCO) enziminin yapılarını olumsuz etkiler (Bischof ve ark. 2000). Etkilenen protein yapılı moleküller fotosentez etkinliğinde azalmaya sebep olur.

Protein moleküllerinin yapısında bulunan azot molekülü, güneş enerjisini bitki için yararlı enerji haline dönüştüren klorofil maddesinin temel yapı taşıdır. Azot metabolizmasında, Nitratın nitrite indirgenmesinden sorumlu olan, nitrat asimilasyon yolunun ilk enzimi nitrat redüktaz (NR) enziminin UVR'den etkilendiği bilinmektedir (Cabello-Pasini ve ark. 2010). Makroalglerde, artan UVR fotosentetik ve nitrojen asimilasyon enzimlerini inhibe ederek (Altamirano ve ark. 2000, Bischof ve ark. 2000) fotosentezin fotoinhibisyonuna sebep olduğu (Hader ve Figueroa 1997) dolayısıyla büyüme oranlarını azalttığı bildirilmiştir (Pang ve ark. 2001).

Bunun yanında yüksek bitkilerde UV'ye maruz kalma RuBisCO aktivitesinin yanı sıra klorofil-a içeriğinde de azalmaya sebep olduğu bilinmektedir. Yüksek bitkilere benzer şekilde dinofilagellatlardan *Prorocentrum micans* türünde de klorofil içeriğinin azalmasına sebep olduğu bildirilmiştir (Lesser 1996). Klorofil pigmenti yanında fikobilin (fikoeritrin ve fikosiyenin) molekülleri de UVR'den en çok etkilenen moleküllerdendir (Yıldız 2011).

Makroalglerle yapılan önceki çalışmalarda, UV radyasyonunun; örneklerin fizyolojik durumları hakkında bilgi veren F_v/F_m ve $rETR_{max}$ değerlerini etkilediği belirlenmiştir (Dring ve ark. 1996, Hanelt ve ark. 1997). Fotosentez mekanizmalarının etkilenmesi türlerin büyüme ve gelişmelerini de dolaylı yoldan etkilemektedir. UV radyasyonu fotosentetik mekanizmalara etkisinin yanı sıra kalkerli türlerde bulunan kalsiyum karbonat içeriklerini de olumsuz etkilemektedir (Gao ve Zheng 2009).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Cihazlar

Deney sırasında; klorofil floresan ölçümleri, Pulse Amplitude Modulated Chlorophyll Fluorometer PAM 2100 (Walz, Almanya) cihazı kullanılarak yapıldı. Deney düzeneklerinin aydınlatılmasında FAR için ışık kaynağı olarak dört adet Philips Master TLD/90 De luxe 36W/950 (Hollanda), UVB kaynağı olarak Philips Narrow Band TL 20W/101 RS (Almanya) lambaları kullanıldı. Işık spektrumunu belirlemek için RAMSES ACC UV/VIS (TriOs, Almanya) marka spektrometre kullanıldı.

3.1.2. Arazi çalışması ve deneysel düzenek

Rhodoptyta diviziyosuna ait *Corallina elongata* J. Ellis & Solender genellikle yaşam ortamları olarak kayalık ve taşlık sahillerin inter ve subtidal bölgelerini tercih eden, kalkerli yapıda dik talluslu organizmalardır (Yıldız 2011). Dikotom dallanma gösteren tallus, 50mm yüksekliğinde, kırmızımsı-lila renkli yapılar göstermektedir.

C. elongata örnekleri Haziran-2014 tarihinde Bursa Mudanya Tirilye (Zeytinbağı) Kıyı şeridinden (40°, 39' 27.77'' - 28°, 79' 81.06'') toplandı (Şekil 3.1). Şekil 3.1 ile gösterilen arazi çalışması alanında *C. elongata* türü ile birlikte *Ceramium sp.* türleri de yayılmış göstermektedir.



Şekil 3.1. Örnek toplama alanı (Google maps’den değiştirilerek alındı)

C. elongata örnekleri (Şekil 3.3) Mudanya Tirilye (Zeytinbağ) kıyı şeridinden (Şekil 3.2) kayalık sahilden el ile toplandı ve bir miktar deniz suyu içerisinde Bursa Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünde bulunan Fikoloji Araştırma Laboratuvarı’na getirildi. Örnekler suni deniz suyu ile temizlenerek epifitlerinden ve üzerlerinde bulunan yabancı maddelerinden arındırıldı. Temizlenen örnekler beş gün boyunca suni deniz suyu içeren tanklarda yeni ortama adaptasyon sağlaması için bekletildi. Deneysel çalışmalara beş gün sonra başlandı.



Şekil 3.2. Tirilye kıyı şeridi (Google’den değiştirilerek alındı)



Şekil 3.3. *Corallina elongata* J. Ellis & Solender (Rhodophyta) (Fotoğraf sahibi, Christophe Quintin-2012)

Deneysel çalışmalar, stok kültürden seçilen sağlıklı örneklerle yapıldı. Kültür ortamı olarak 21psu tuzluluğa sahip (Coral pro salt–red sea) suni deniz suyu kullanıldı. Suni deniz suyu whatman- 0.45µm ile filtre edildi ve provasoli çözeltisi ile zenginleştirildi (Provasoli 1968). *Corallina elongata* türünün kalkerli yapıda olması nedeniyle, kültür ortamlarına ayrıca $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ilave edildi (Woelkerling ve ark. 1983). Deney sırasında kullanılan uygulama tanklarının içerdiği besin miktarlarının molar cinsinden derişimleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Deney serileri sırasında uygulama tanklarının sıcaklıkları 28°C ve ışık rejimleri FAR için 12A:12K, aydınlık periyot içinde UVB 8 saat olarak uygulandı. Akvaryum pH’ları 8.5, iletkenlikleri 30mS/cm, toplam çözünmüş madde miktarları (TDS) 15g/l olarak ayarlandı.

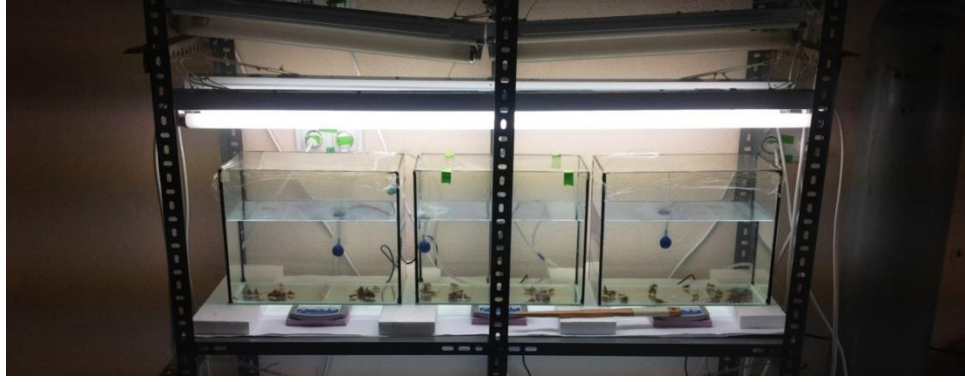
Tablo 3.1. Besin miktarlarının molar cinsinden derişimleri

Besin maddeleri	Derişim (M)
Trisma base	$4,12 \times 10^{-5}$
NaNO ₃	$2,06 \times 10^{-4}$
Na ₂ – gliserofosfat	$1,78 \times 10^{-5}$
KI	$8,04 \times 10^{-8}$
Tiyamin	$1,48 \times 10^{-7}$
Biyotin	$2,05 \times 10^{-9}$
Siyanokobalamin (B ₁₂)	$7,38 \times 10^{-10}$
P11 Çözeltisi	
Tritiplex III	$3,36 \times 10^{-6}$
H ₃ BO ₃	$2,31 \times 10^{-5}$
MnSO ₄ 4H ₂ O	$9,19 \times 10^{-7}$
ZnSO ₄ 7H ₂ O	$9,56 \times 10^{-8}$
CoSO ₄ 7H ₂ O	$2,13 \times 10^{-8}$
FeCl ₃ 6H ₂ O	$3,67 \times 10^{-7}$
Demir çözeltisi	
Titriplex III	$2,22 \times 10^{-6}$
Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ 6H ₂ O	$2,24 \times 10^{-6}$

Deney düzeneği genel görünümü Şekil 3.4., Şekil 3.5., Şekil 3.6.'da verildiği şekilde hazırlandı.



Şekil 3.4. Deney düzeneği genel görünümü



Şekil 3.5. Deney düzeneği uygulama tankları görünümü



Şekil 3.6. Uygulama tankı genel görünümü

Yüksek UVB radyasyonunun fotosentez üzerine olası etkilerini belirlemek için kurulan deney düzeneğinde, 6 adet uygulama tankı hazırlandı. Uygulamanın aydınlatma düzeneği Çizelge 3.2’de belirtildiği şekilde ayarlandı.

Uygulama için, stok kültürlerden sağlıklı alg örnekleri seçildi ve her uygulama tankına 10L filtre edilmiş suni deniz suyu ve 3g alg örneği konuldu. Uygulama tankları ayrıca provasili besin çözeltisiyle zenginleştirildi. 21 günlük uygulama periyodu süresince, tanklarda bulunan suni deniz suyu haftada iki kere değiştirildi.

21 günlük uygulama periyodu sonunda, 7 günlük UVB uygulaması olmaksızın yalnızca fotosentetik aktif radyasyon altında organizmaların adaptasyon ve onarımları izlendi.

Çizelge 3.2. Uygulama akvaryumlarının aydınlatma durumu

Uygulama Adı	Aydınlatma durumu
Kontrol Grubu	FAR
Stres Grubu	FAR + UVB
Onarım Grubu	FAR

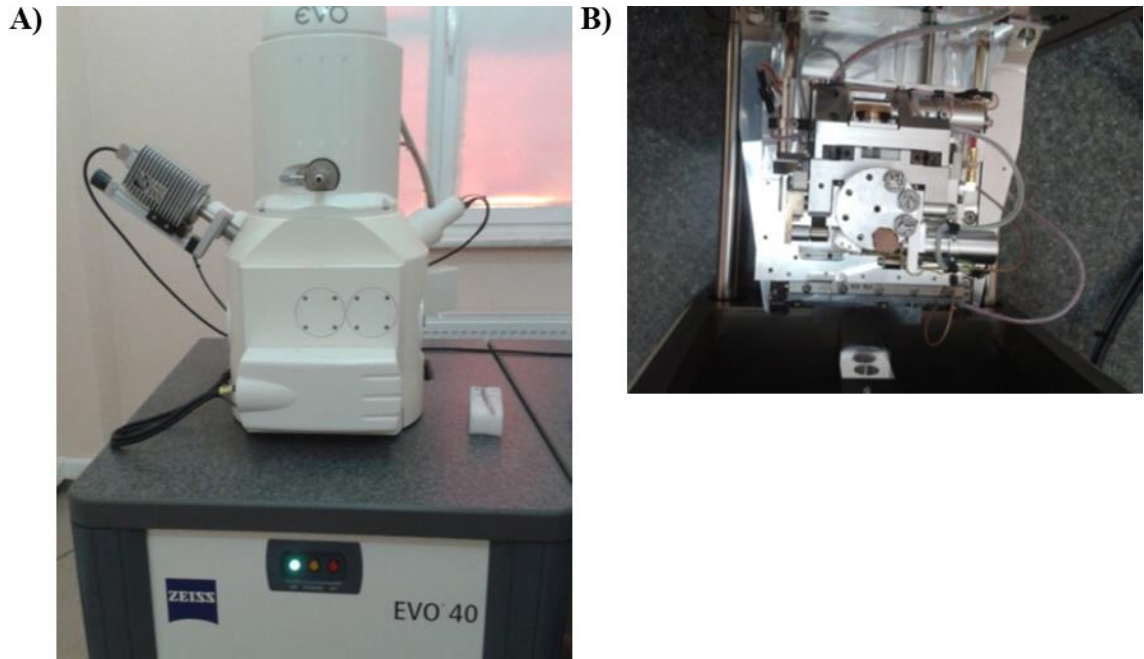
Uygulama tanklarının aydınlatılmasında dört adet gün ışığı (Philips Master TLD/90 De luxe 36W/950) ve iki adet UVB (Philips Narrow Band TL 20W/101 RS) kullanıldı. Işık yoğunluğu olarak ortalama: 3.20W, UVB (280-320nm), ortalama: 20,79W, FAR (400-700nm) uygulandı. Işık durumlarını ayarlamak için, uygulama tanklarının üzeri 2 farklı UV filtresi ile kaplandı.

UVB radyasyonunun tallus yapısı üzerine etkilerini SEM ile incelemek için, çalışmanın 7’nci, 14’üncü ve 21’inci günlerinde ortalama 0.5g ağırlığında sağlıklı doku örnekleri suni deniz suyu yardımı ile iyice temizlenip epifitlerinden arındırıldı. Daha sonra temizlenip hazırlanan bu doku örnekleri alüminyum kaplar içerisinde 50⁰C’de 24 saat etüvde bekletilerek kurutuldu. Ölçümlerin yapılacağı tarihe kadar içerisinde silika jel nem tutucularla birlikte karanlıkta oda sıcaklığında saklandı.

Alüminyum tablolara fikse edilen örnekler SEM ile incelenmeye hazır hale getirildi. Ancak tabladaki yüzey kontrastını arttırmak için örnekler Baltec SCD005 sputter coater (Almanya) cihazı kullanılarak altın-palladium ile kaplandı. Örnekler üzerinde Argon gazı kullanılarak soğuk plazma oluşturulmak için %60 altın, %40 paladyum ile kaplandı.

Altın-paladyum kaplı örnekler Zeiss Evo 40 (Almanya) SEM mikroskobunun (Şekil 3.7) örnek bölmesindeki tutacak kısmına yerleştirildi (Şekil 3.7) (Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi SEM laboratuvarı). Yüksek vakum altında örneklerin genel görünümü için 60X, 200X, 1.00 KX, 5.00 KX, ayrıca her bir örneğin morfolojik değişimi için ise 5.00 KX büyütmelemlerde yüzeylerine bakıldı.

SEM görüntüleri kaydedilen örneklerin kimyasal kompozisyonları hakkında bilgi veren EDX analizi için örneklere XR ışınları gönderildi. 20 KV voltaj uygulanan elektron tabancası ile elektron bombardımanı yapıldı ve görüntü alındı.



Şekil 3.7. Zeiss Evo 40 (Almanya) Taramalı elektron mikroskobu genel görünümü (a) ve taramalı elektron mikroskobuna yerleştirilen örnekler (b)

3.2. Yöntem ve Ekofizyolojik Analizler

3.2.1. Günlük büyüme oranı

Uygulama periyodu içerisinde, etiketlenerek özellikle belirlenmiş alg örnekleri 1'inci, 7'nci, 14'üncü ve 21'inci günlerde, onarım uygulaması periyodunda ise 1'inci, 7'nci günlerinde kurutma kâğıdı ile suyu alınıp epifitlerinden arındırıldıktan sonra hassas terazi yardımıyla tartıldı (Sartorius CPA224S). Logaritmik modele göre, aşağıda belirtilen formüle ile günlük büyüme oranları hesaplandı (Zou 2005).

$$\text{Günlük büyüme oranı (\%)} = \ln (W_1/W_0) / t \times 100$$

$$W_1 = \text{son ağırlık (g)}$$

$$W_0 = \text{başlangıç ağırlığı (g)}$$

$$t = \text{zaman (gün)}$$

3.2.2. Fotosentetik pigmentler (Klorofil-a, Fikoeritrin, Fikosiyanin)

Klorofil analizi için haftalık olarak alınan canlı doku örnekleri, Inskeep ve Bloom' un (1985) metodu göz önüne alınarak, 3ml N,N-Dimethylformamide (DMF) içerisinde 1 dk Ultrasonikatör (Bondelin Sonopuls, Almanya) yardımı ile hücreler organallerine parçalandı. 24 saat karanlıkta +4⁰C de inkübasyonda bırakıldı. Ekstraktın süpernatant kısmının spektrofotometrik olarak ölçülmesinin ardından, aşağıdaki formül yardımı ile klorofil-a miktarları hesaplandı.

$$\text{Chl-a} = 12,70 \times A_{664,5} - 2,79 \times A_{647}$$

Fikoeritrin ve Fikosiyanin içerikleri için Beer ve Eshel'in (1985) yöntemine göre, uygulama tanklarından seçilen ortalama 0,03g sağlıklı alg dokuları 5ml 0,1M fosfat tamponu ile ekstrakte edildikten sonra, 10.000g'de 20dk santrifüj edildi. İnkübasyon çözeltilisinin süpernatant kısmı spektrofotometrik olarak ölçüldü (A_{455nm}-A_{645nm} arası). Aşağıda verilen formüller ile fikoeritrin, fikosiyanin miktarları hesaplandı. Örnek ağırlığına göre gerekli düzenlemeler yapıldı.

$$\text{Fikoeritrin} = ((A_{564} - A_{592}) - (A_{455} - A_{592}) \times 0,20) \times 0,12$$

$$\text{Fikosiyanin} = ((A_{618} - A_{645}) - (A_{592} - A_{645}) \times 0,51) \times 0,15$$

3.2.3. Nitrat redüktaz aktivitesi

Nitrat redüktaz (EC 1.6.6.1, 1.6.6.2) aktivitesi Corzo ve Niell (1991) tarafından belirtilen in situ metoda göre yapıldı. Aktivite belirlenmesi için direk olarak uygulama tanklarından ortalama 0,025g alınan sağlıklı tallus parçaları, içerisinde 3ml fosfat tamponu çözeltisi bulunan (0,1M fosfat tamponu, 0,5m M EDTA, %0,1 1-propanol, 30m M KNO₃ ve 10m M glukoz) ışık geçirmez test tüplerine konuldu.

Anaerobik ortam oluşturmak için, fosfat tamponu içerisine alg örneği koyulmadan önce ve sonra 1'er dk boyunca test tüplerinin içine azot gazı verildi. Azot gazı verilen ve içine alg örneği koyulan test tüplerinin kapakları sıkıca kapatılarak karanlıkta oda sıcaklığında 60dk inkübasyona bırakıldı. Bir saat sonunda inkübasyon çözeltisinden 1ml örnek alınarak üzerine 0.5ml %4 sulfanilamid, 1ml %0.1 N-naftiletilediamin eklenerek 540nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak okundu.

3.2.4. CaCO₃ ve organik madde

Organik maddelerin uzaklaştırılması için 45°C de 1 gün kurutulmuş örnekler tartılarak kuru ağırlıkları belirlendi. Daha sonra kuru ağırlığı tespit edilmiş bu örnekler 5ml, %10'luk sodyum tetraklorat çözeltisi ile inkübe edildi. 1 haftalık inkübasyon süresince iki günde bir sodyum tetraklorat çözeltisi değiştirildi ve 3dk boyunca sonikatör cihazı ile (Bandelin Sonorex, Almanya) sonikasyon uygulandı. Bir haftanın sonunda örnekler tekrar kurutularak tartımları yapıldı ve organik madde uzaklaştırıldığı için CaCO₃ miktarları belirlendi. Örneklerin başlangıç ağırlıklarından CaCO₃ miktarları çıkartılarak organik madde miktarları belirlendi.

3.2.5. PAM klorofil floresans ölçümleri (F_v/F_m, rETR_{max}, I_k, alfa)

Fotosentetik performans ölçümleri, Pulse Amplitude Modulated Chlorophyll Fluorometer PAM 2100 (Walz, Almanya) cihazı kullanılarak yapıldı. Fotosistem-II'nin klorofil floresansının ölçülmesiyle in vivo olarak çalışıldı. Örneklerin fizyolojik durumları

hakkında bilgi veren F_v/F_m oranları, fotosentez verimliliği hakkında bilgi sağlayan diğer parametreler ise (α , $rEtR_{max}$ ve I_k) PAM cihazı ile ölçüldü ve değerler kaydedildi.

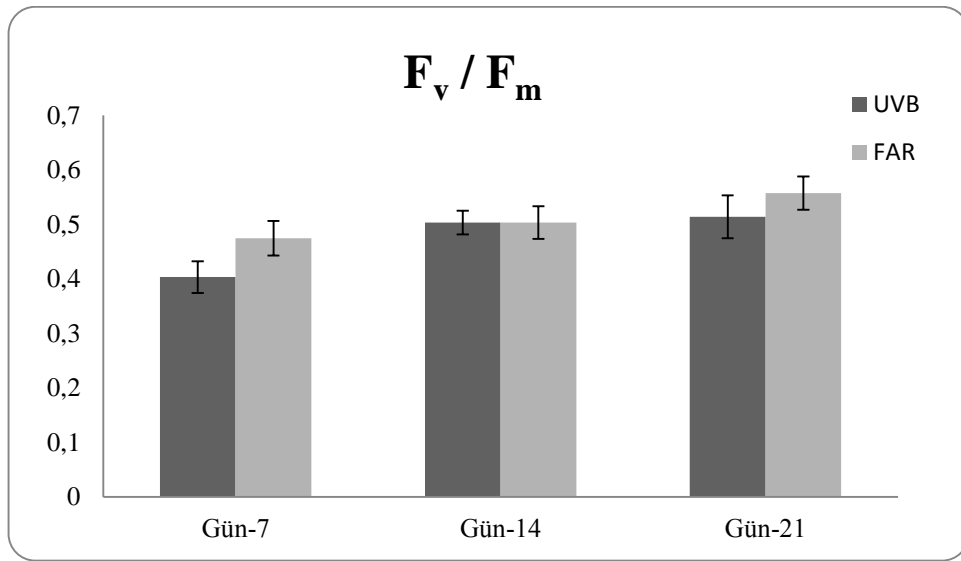
3.3. İstatistiksel Analizler

Çalışılan parametrelerin, uygulamalar arasındaki farklılıkları Tek Yönlü Varyans Analizi veya Çift Yönlü Varyans Analizi testleri (t-testi) ile belirlendi. Çoklu karşılaştırma testi (ANOVA) olarak Tukey varyans analizi kullanıldı. Normalite ve varyansın homojenliği Kolmogorov-Smirnov ve Levene testleri ile belirlendi. Tüm istatistiksel analizler SPSS paket programı kullanılarak 0,05 anlamlılık düzeyinde test edildi.

4. BULGULAR

4.1. PAM Klorofil Floresan Ölçümleri (F_v/F_m , $rETR_{max}$, I_k , α)

Corallina elongata türünün fotosentetik performans ölçümleri Modülasyonlu Klorofil Floresan Tekniği kullanılarak ölçülmüştür. F_v/F_m oranları klorofil floresansının indüksiyon kinetiğinden elde edilen veriler yardımıyla hesaplanmıştır. FAR ve UVB'ye maruz bırakılan *C. elongata* örneklerinin haftalık olarak ölçülen F_v/F_m değerleri ve standart hata değerleri şekil 4.1'de gösterilmiştir.



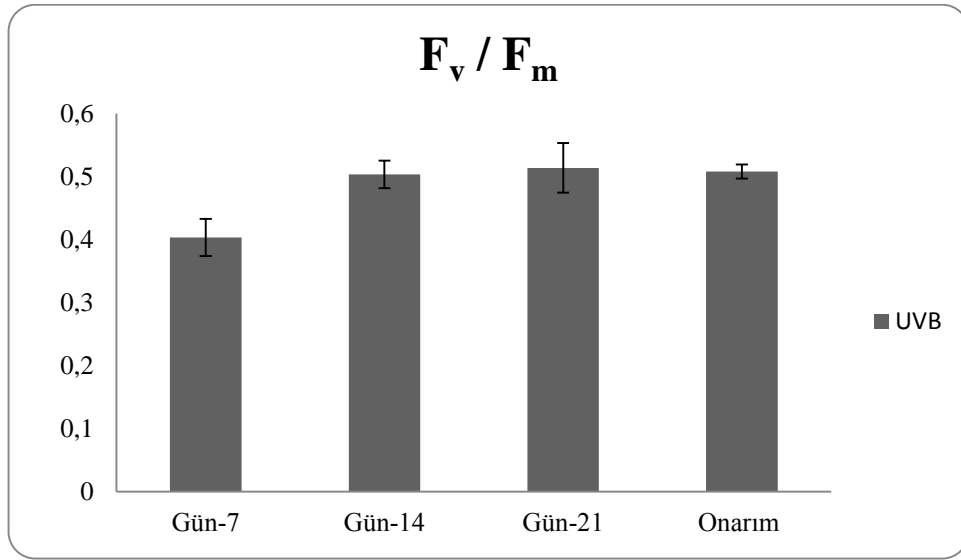
Şekil 4.1. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan *Corallina elongata* türünün F_v/F_m oranları (n=6)

Farklı ışık uygulamalarına maruz kalan örneklerin F_v/F_m oranları arasında farklılıklar gözlenmiştir. FAR uygulamasının F_v/F_m oranı, 7'nci, 14'üncü ve 21'inci günlerde sırasıyla $0,48\pm0,03$, $0,50\pm0,03$ ve $0,56\pm0,03$ olarak kaydedilmiştir. UVB uygulamasında ise kaydedilen değerler sırayla $0,40\pm0,03$, $0,50\pm0,02$ ve $0,51\pm0,04$ şeklinde belirlenmiştir.

Çift yönlü varyans analizi sonuçlarına göre 7'nci gün, 14'üncü gün ve 21'inci gün değerlerinin her biri birbirinden farklı gruplanmıştır. 21 günlük uygulama periyodu süresince zamanla F_v/F_m oranı değerleri her iki uygulamada da istatistiksel olarak anlamlı artış göstermiştir ($F=30,325$; $p=0,000$). FAR ve UVB uygulamaları arasında da

anlamli farklılık gözlenmiştir (F=13,904; p=0,001). FAR uygulamasında F_v/F_m oranı daha fazla artış gösterirken, UVB uygulamasında bu artış daha az bulunmuştur.

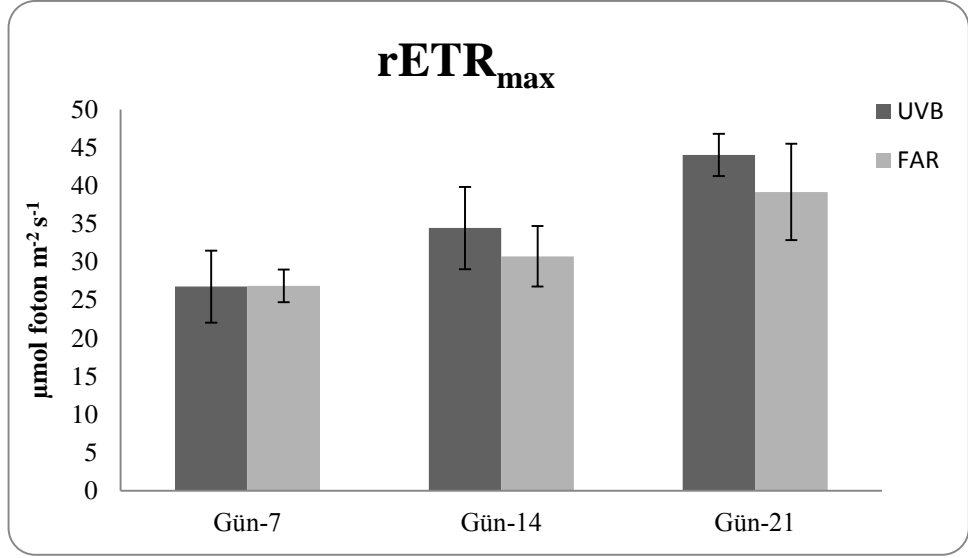
Çalışmanın 21'inci gününden itibaren ortamdan UVR kaldırılmış ve örneklerin 7 gün onarım sürecine bırakılmıştır. Süre sonunda örneklerin F_v/F_m oranları kaydedilmiştir. Şekil 4.2'de onarım sürecini de içeren F_v/F_m oranları ve standart hata değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.2. UVB ve onarım sürecindeki *Corallina elongata* örneklerinin F_v/F_m oranları (n=6)

Tek yönlü varyans analizine göre UVB uygulaması ve onarım süreci arasında F_v/F_m oranı istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir (F=18,269; p=0,000). Bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre 21'inci gün ve onarım uygulamaları arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir (F= 0,339; p=0,778).

Maksimum fotosentetik kapasiteyi gösteren $rETR_{max}$ değerleri ve standart hata değerleri şekil 4,3'de verilmiştir.

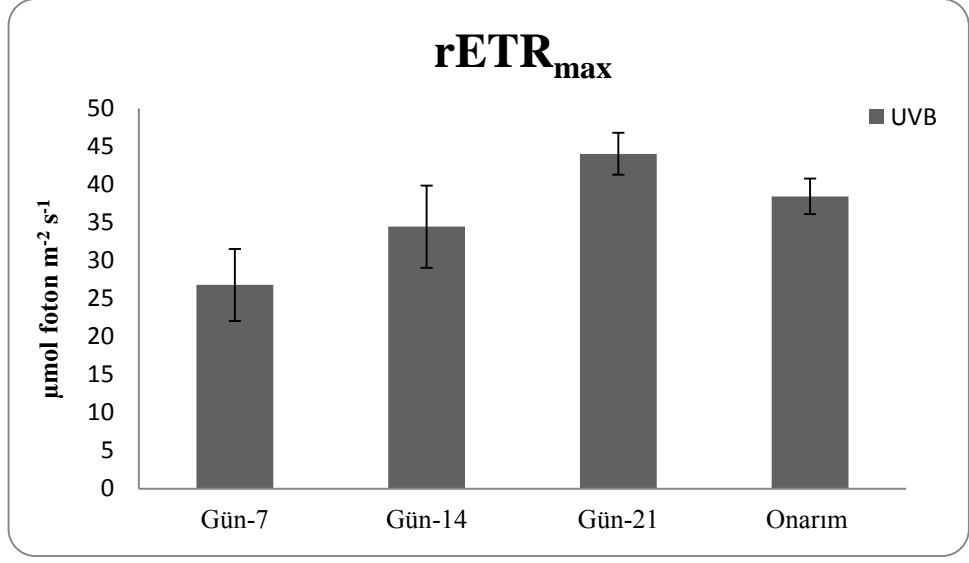


Şekil 4.3. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan *Corallina elongata* türünün rETR_{max} değerleri (n=6)

Farklı ışık uygulamalarına maruz kalan örneklerin rETR_{max} değerleri arasında farklılıklar gözlenmiştir. FAR uygulamasının rETR_{max} değerleri, 7'nci, 14'üncü ve 21'inci günlerde sırasıyla 26,9±2,1, 30,8±4 ve 39,2±6,3 olarak kaydedilmiştir. UVB uygulamasında ise sırayla 26,8±4,7, 34,5±5,41 ve 44,1±2,8 olarak kaydedilmiştir.

Çift yönlü varyans analizi sonuçlarına göre 7'nci gün, 14'üncü gün ve 21'inci gün değerlerinin her biri birbirinden farklı gruplanmıştır. 21 günlük uygulama periyodu süresince zamana bağlı olarak rETR_{max} değerleri her iki uygulamada da istatistiksel olarak anlamlı artış göstermiştir (F=33,484; p=0,000). FAR ve UVB uygulamaları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (F=3,603; p=0,067).

Şekil 4.4'de onarım sürecini de içeren rETR_{max} değerleri ve standart hata değerleri gösterilmiştir.

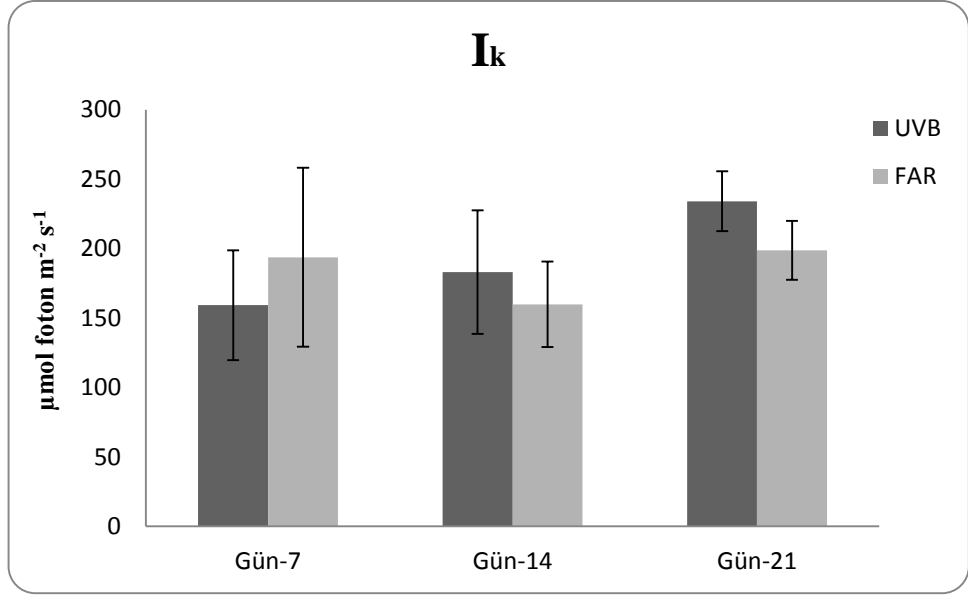


Şekil 4.4. UVB ve onarım sürecindeki *Corallina elongata* örneklerinin $rETR_{max}$ değerleri (n=6)

Tek yönlü varyans analizleri UVB uygulamaları arasında $rETR_{max}$ değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur ($F=13,743$; $p=0,000$). Haftalar arasında kaydedilen en düşük $rETR_{max}$ değeri 7'nci günde, en yüksek $rETR_{max}$ değeri ise 21'inci günde tespit edilmiştir. Uygulama süresince $rETR_{max}$ değerleri zamanla artış göstermiştir.

Bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre 21'inci gün ve onarım uygulamaları arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir ($F= 2,653$; $p=0,056$).

C. elongata örneklerinin ışığa doymun olduğu ışık yoğunluğunu temsil eden I_k değerleri şekil 4.5'de verilmiştir.

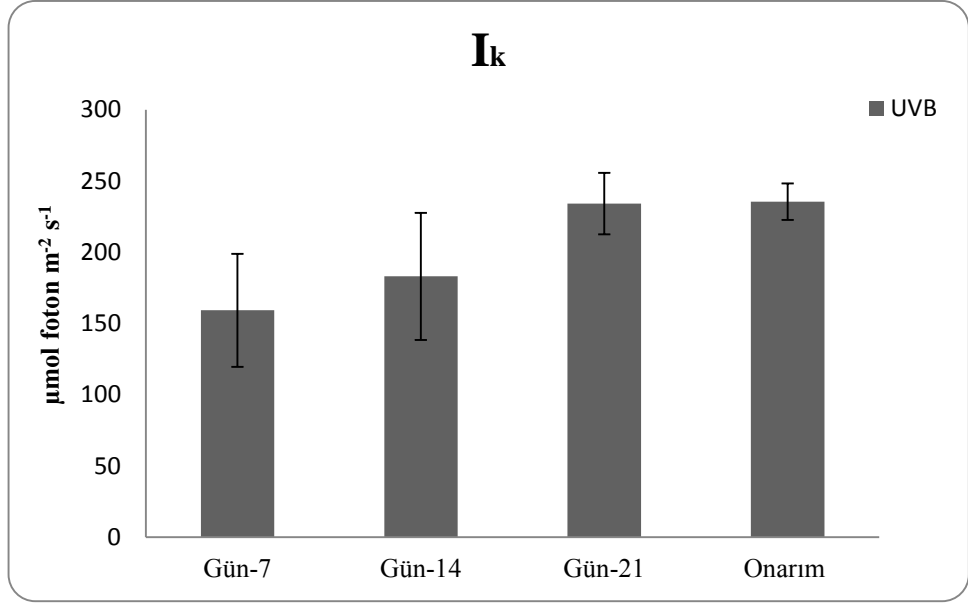


Şekil 4.5. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan *Corallina elongata* türünün I_k değerleri (n=6)

Farklı ışık uygulamalarına maruz kalan örneklerin I_k değerleri arasında farklılıklar gözlenmiştir. FAR uygulamasının I_k değerleri, 7'nci, 14'üncü ve 21'inci günlerde sırasıyla $193,75 \pm 64,4 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$, $159,9 \pm 30,8 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ve $198,7 \pm 21,2 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ olarak kaydedilmiştir. UVB uygulamasında ise sırayla $159,2 \pm 39,6 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$, $183,1 \pm 44,6 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ve $234,1 \pm 21,5 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ olarak kaydedilmiştir.

Çift yönlü varyans analizi sonuçlarına göre sadece 7'nci gün, diğer verilerden farklı gruplanmıştır. 21 günlük uygulama periyodu süresince zamana bağlı olarak her iki uygulamada I_k değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir ($F=4,562$; $p=0,019$). FAR ve UVB uygulamaları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($F=0,363$; $p=0,551$).

Şekil 4.6' da onarım sürecini de içeren I_k değerleri ve standart hata değerleri gösterilmiştir.

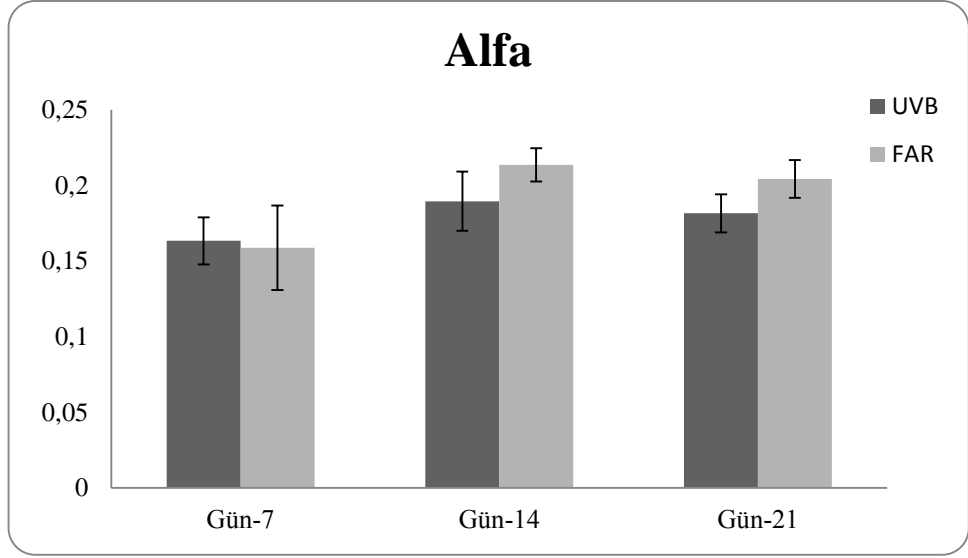


Şekil 4.6. UVB ve onarım sürecindeki *Corallina elongata* örneklerinin I_k değerleri (n=6)

Tek yönlü varyans analizi sonucuna göre UVB uygulamaları arasında I_k değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür ($F=6,954$; $p=0,002$). 7'nci gün değerleri uygulamalar arasında kaydedilen en düşük değerlerdir. 21'inci gün değerleri ise kaydedilen en yüksek I_k değerleridir. Uygulama periyodunda I_k değerleri zamanla artış göstermiştir.

Bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre 21'inci gün ve onarım uygulamaları arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($F= 0,070$; $p=0,930$).

Alfa değeri örneklerin düşük ışık yoğunluklarındaki fotosentez etkinlikleri hakkında bilgi vermektedir. Çalışmada kaydedilen alfa değerleri ve standart hata değerleri şekil 4.7'de gösterilmiştir.

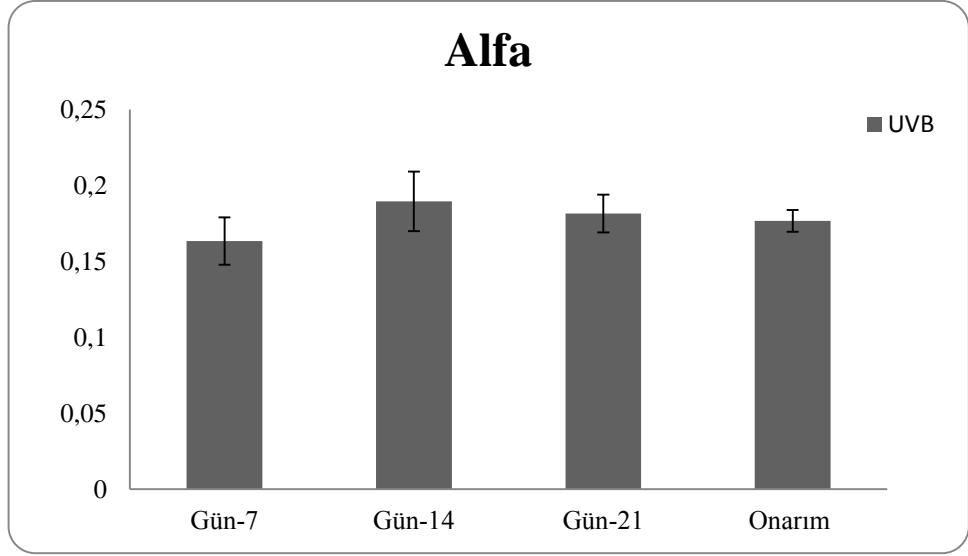


Şekil 4.7. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan *Corallina elongata* türünün alfa değerleri (n=6)

Farklı ışık uygulamalarına maruz kalan örneklerin alfa değerleri arasında farklılıklar gözlenmiştir. FAR uygulamasının alfa değerleri, 7'nci, 14'üncü ve 21'inci günlerde sırasıyla 0,16±0,03, 0,21±0,01 ve 0,20±0,01 olarak kaydedilmiştir. UVB uygulamasında ise sırayla 0,16±0,02, 0,19±0,02 ve 0,18±0,01 olarak kaydedilmiştir.

Çift yönlü varyans analizi sonuçlarına göre sadece 7'nci gün verileri 14'üncü gün ve 21'inci gün verilerinden farklı gruplanmıştır. 21 günlük uygulama periyodu süresince zamana bağlı olarak alfa değerleri her iki uygulamada da istatistiksel olarak anlamlı değişim göstermiştir (F=17,805; p=0,000). FAR ve UVB uygulamaları arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (F=5,793; p=0,022).

Onarım sürecini de içeren alfa değerlerine standart hata değerleri Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

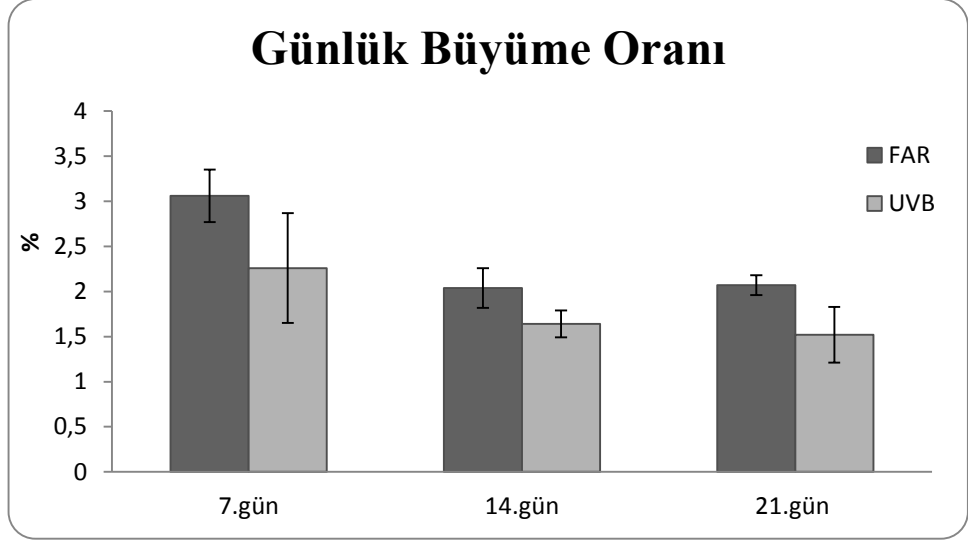


Şekil 4.8. UVB ve onarım sürecindeki *Corallina elongata* örneklerinin alfa değerleri (n=6)

Tek yönlü varyans analizleri sonucuna göre uygulamaların alfa değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($F=2,649$; $p=0,077$). Haftalık değerler arasında en düşük alfa değeri 7'nci günde, en yüksek alfa değeri ise 14'üncü günde kaydedilmiştir. Uygulama periyodu içinde örneklerinin alfa değerlerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre 21'inci gün ve onarım uygulamaları arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($F=1,440$; $p=0,596$).

4.2. Günlük Büyüme Oranı

Farklı ışık uygulamalarına maruz bırakılan *C. elongata* örneklerinin günlük büyüme oranları UVB ve FAR uygulamaları arasında farklılık göstermiştir. Şekil 4.9'da uygulamalara ait günlük büyüme oranları ve standart hata değerleri gösterilmiştir.

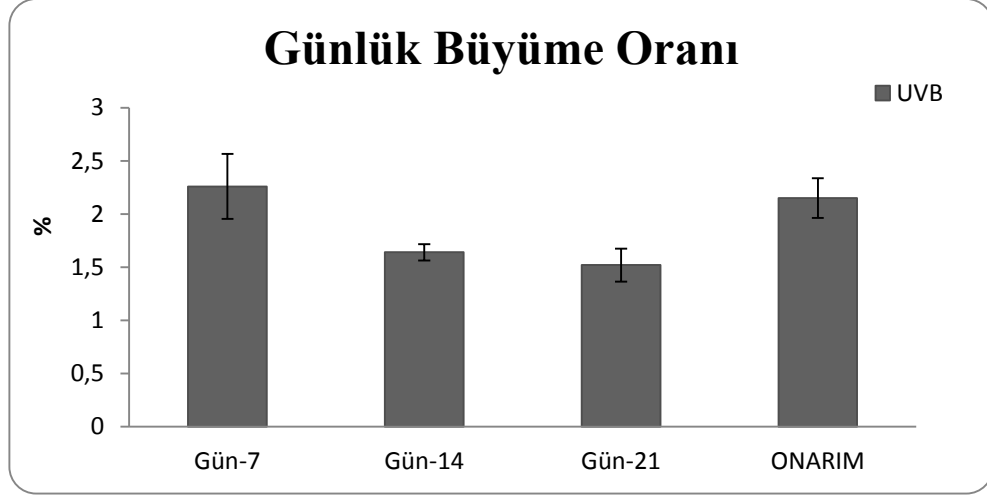


Şekil 4.9. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan *Corallina elongata* türünün günlük büyüme oranları (n=4)

Çalışmanın 7'nci gününde FAR uygulamasında, % 3,06 ± 0,29 olarak bulunan günlük büyüme oranı, UVB uygulamasında %2,26±0,61 değerinde bulunmuştur. 14'üncü günde sırayla %2,04±0,22 ve %1,65±0,15 olarak, 21'inci günde ise FAR %2,07±0,11 ve UVB %1,52±0,31 olarak kaydedilmiştir.

3 hafta süren çalışmada hem FAR hem de UVB uygulamalarında günlük büyüme oranı zamana bağlı olarak azalma göstermiştir. İstatistiksel analiz verileri FAR ve UVB uygulamaları arasında farklılık olduğunu göstermiştir (F=19,233; p=0,00). UVB radyasyonu *C. elongata* türünün günlük büyüme oranını düşürmüştür.

Onarım sürecini de içeren günlük büyüme oranları ve standart hata değerleri şekil 4.10'da gösterilmiştir.

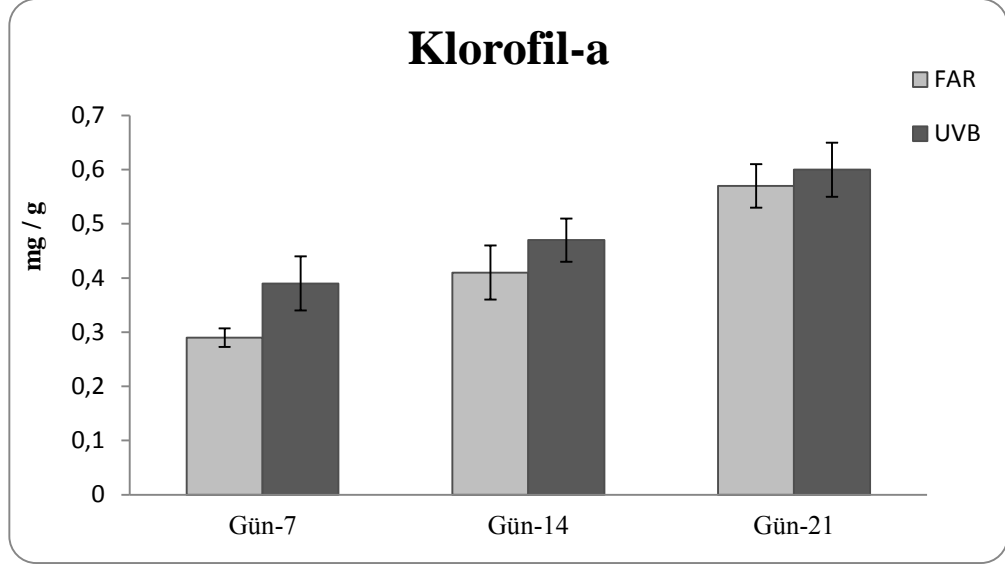


Şekil 4.10. UVB ve onarım sürecindeki *Corallina elongata* örneklerinin günlük büyüme oranları (n=4)

Tek yönlü varyans analizlerine göre UVB radyasyonu ortamdaki kaldırıldığında örneklerin büyüme oranı artış göstermiştir, ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı görülmemiştir (F=3,444; p= 0,052). Bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre ise 21'inci gün ve onarım sürecindeki örnekler karşılaştırıldığında anlamlı farklılık görülmektedir (F= 0,206; p=0,039).

4.3. Fotosentetik Pigmentler (Klorofil-a, Fikoeritrin ve Fikosiyanin)

C. elongata türü ile yapılan çalışma da örneklerin klorofil-a içerikleri $0,29 \pm 0,017$ mg/g ile $0,6 \pm 0,05$ mg/g değerleri arasında kaydedilmiştir (Şekil 4.11).



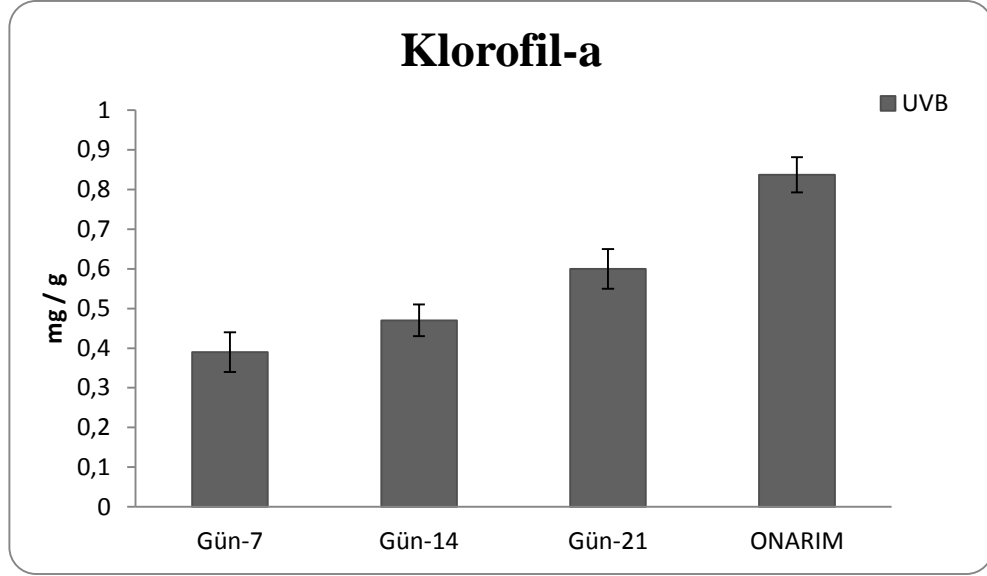
Şekil 4.11. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan *Corallina elongata* türünün klorofil-a miktarları (n=6)

Çalışmanın 7'nci gününde FAR ve UVB uygulamalarının klorofil-a içerikleri sırasıyla $0,29\pm 0,017$ mg/g ve $0,39\pm 0,05$ mg/g, 14'üncü gününde sırasıyla $0,41\pm 0,05$ mg/g ve $0,47\pm 0,04$ mg/g, 21'inci gününde sırasıyla $0,57\pm 0,04$ mg/g ve $0,6\pm 0,05$ mg/g olarak tespit edilmiştir.

Çalışmanın her haftasında UVB'ye maruz bırakılan örneklerin klorofil-a miktarı FAR uygulamasındaki örneklere kıyasla daha yüksek değerler göstermiştir. Çalışmada kaydedilen en düşük klorofil-a miktarı çalışmanın 7'nci gününde FAR uygulamasında gözlenmiştir.

Her iki uygulamadaki örneklerin klorofil-a içerikleri zamana bağlı olarak artış göstermiştir. İlâveten, UVB *C. elongata* türünün klorofil-a miktarını istatistiksel olarak da yükseltmiştir ($F=21,808$; $p=0,00$).

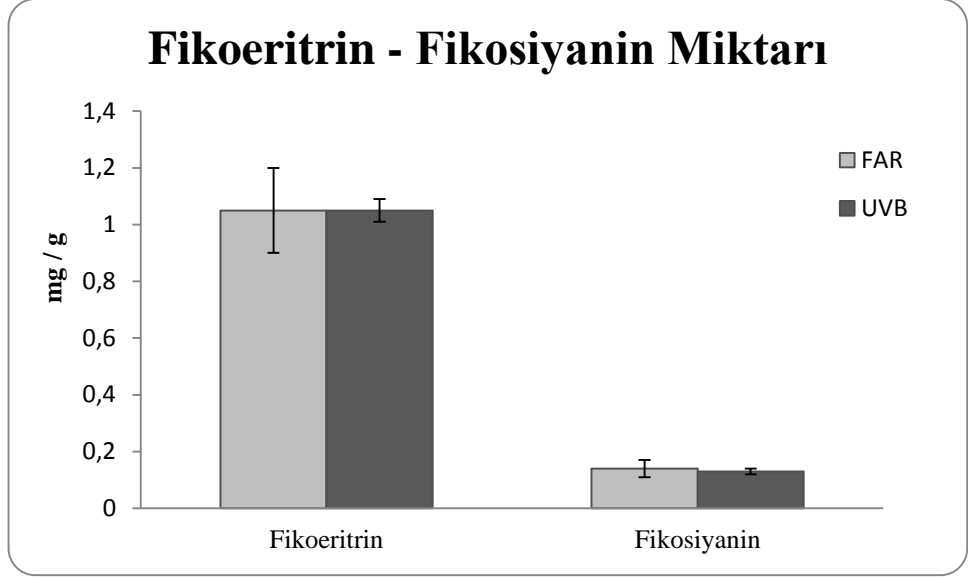
Onarım sürecini de içeren klorofil-a miktarları ve standart hata değerleri Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. UVB ve onarım sürecindeki *Corallina elongata* örneklerinin klorofil-a miktarları (n=6)

Tek yönlü varyans analizleri sonucuna göre UVB radyasyonu ortamdaki kaldırıldığında örneklerin klorofil-a miktarı istatistiksel olarak anlamlı artış göstermektedir ($F=50,842$; $p=0,000$). Bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre 21'inci gün ve onarım örnekleri karşılaştırıldığında uygulamalar arasında anlamlı farklılık görülmüştür ($F=4,448$; $p=0,001$).

Çalışmanın 21'inci gününde kaydedilen fikoeritrin ve fikosiyanin miktarları ve standart hata değerleri şekil 4.13'de gösterilmiştir.

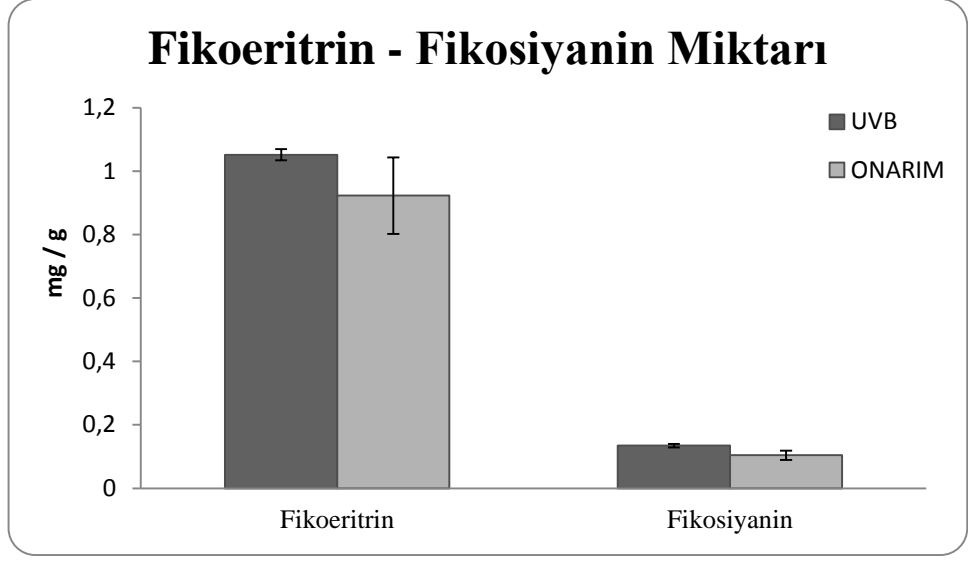


Şekil 4.13. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan *Corallina elongata* türünün fikoeritrin ve fikosiyanin miktarları (n=5)

Çalışmanın 21'inci gününde fikoeritrin miktarı FAR ve UVB uygulamalarında sırasıyla $1,05 \pm 0,15$ mg/g ve $1,05 \pm 0,04$ mg/g olarak ölçülmüştür. Yine çalışmanın 21'inci gününde fikosiyanin miktarı FAR ve UVB uygulamalarında sırasıyla $0,14 \pm 0,03$ mg/g ve $0,13 \pm 0,01$ mg/g olarak ölçülmüştür.

Çoklu karşılaştırma analizleri fikoeritrin ve fikosiyanin miktarları açısından FAR ve UVB uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını göstermiştir (F=8,779 p=0,965).

Şekil 4.14'de onarım sürecini de içeren fikoeritrin ve fikosiyanin miktarları ve standart hata değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.14. UVB ve onarım sürecindeki *Corallina elongata* örneklerinin fikoeritrin ve fikosiyanin miktarları (n=5)

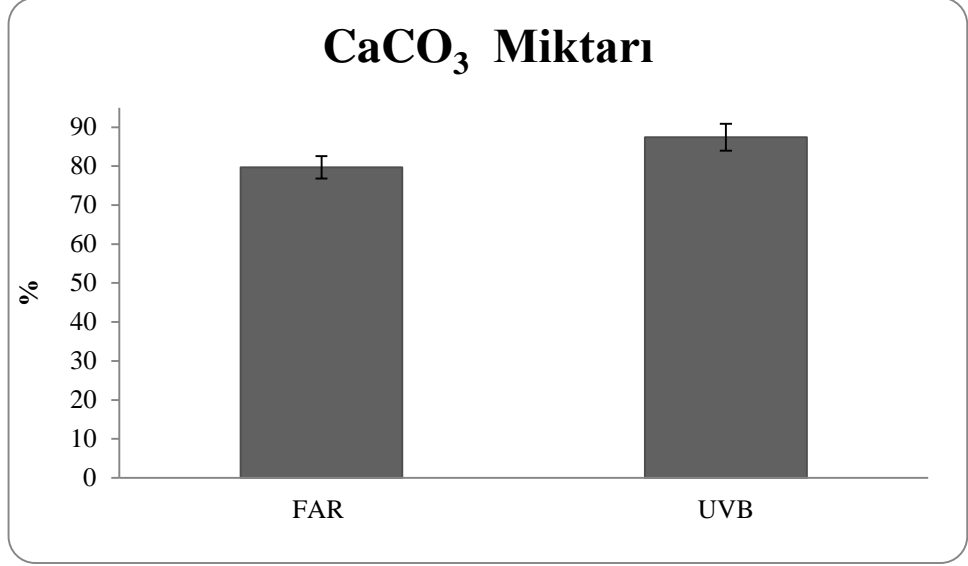
UVB uygulamasında çalışmanın 21'inci gününde fikoeritrin miktarı $1,05 \pm 0,04$ mg/g, fikosiyanin miktarı $0,13 \pm 0,01$ mg/g olarak kaydedilmiştir. Onarım sürecinde ise fikoeritrin miktarı $0,92 \pm 0,12$ mg/g, fikosiyanin miktarı ise $0,10 \pm 0,02$ mg/g olarak kaydedilmiştir.

Tek yönlü varyans analizleri sonucuna göre UVB radyasyonu ortamdaki kaldırıldığında örneklerin fikoeritrin miktarı azalma göstermiştir, ancak bu azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F=0,886$; $p=0,438$). Fikosiyanin miktarlarında ise yine istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir ($F=2,468$; $p=0,127$).

Bağımsız örneklem t-testi sonuçları da fikoeritrin miktarının 21'inci gün ve onarım uygulamalarında farklılık olmadığını göstermiştir ($F=10,557$; $p=0,332$). Fikosiyanin miktarlarında ise yine anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($F=2,249$; $p=0,112$).

4.4. % CaCO₃ Miktarı

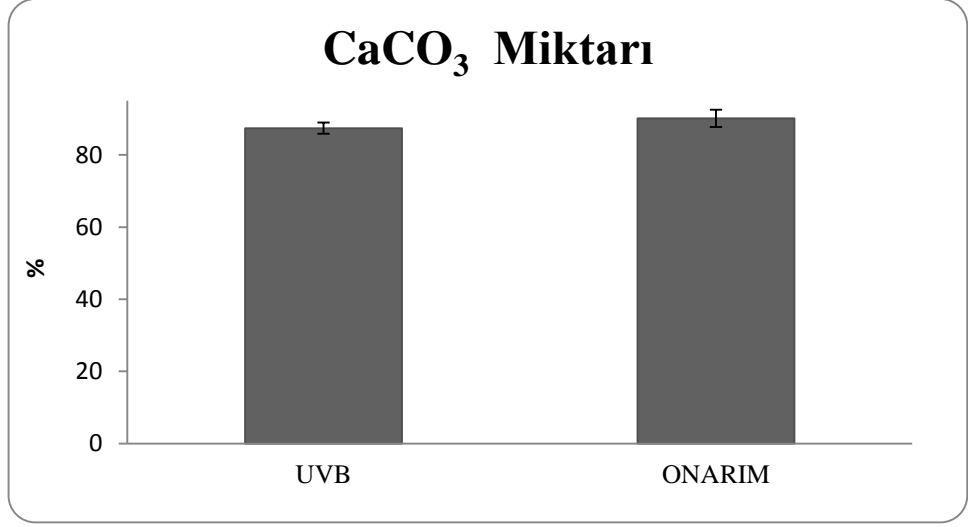
Farklı ışık uygulamalarına maruz bırakılan *C. elongata* örneklerinin 21'inci gün sonunda içerdiği CaCO₃ miktarları ve standart sapma değerleri Şekil 4.15'de verilmiştir.



Şekil 4.15. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan *Corallina elongata* türünün CaCO₃ miktarları (n=5)

FAR uygulamasında CaCO₃ miktarı %79,7±2,88 bulunurken bu oran, UVB uygulamasında %87,4±3,44 olarak belirlenmiştir.

Çoklu karşılaştırma analizleri FAR ve UVB uygulamalarındaki bireylerin, CaCO₃ içerikleri bakımından farklı olduğunu göstermiştir (F=0,366; p=0,005). Şekil 4.16'da onarım sürecini de içeren CaCO₃ miktarı ve standart hata değerleri gösterilmiştir.

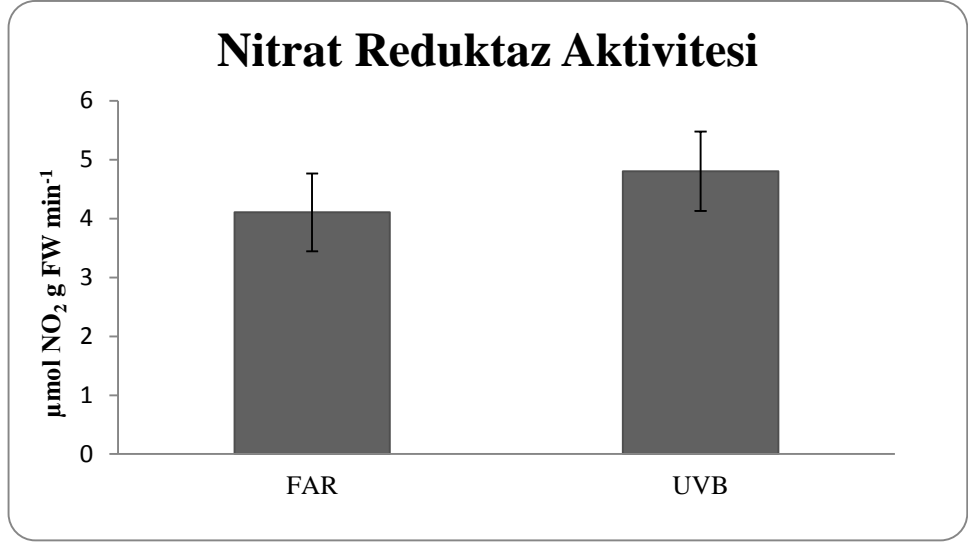


Şekil 4.16. UVB ve onarım sürecindeki *Corallina elongata* örneklerinin CaCO₃ miktarları (n=5)

UVB'ye maruz kalan bireylerin CaCO₃ içerikleri çalışmanın 21'inci gününde %87,43±1,54, onarım sürecinde ise %90,15±2,36 olarak bulunmuştur. Tek yönlü varyans analizleri sonucuna göre UVB radyasyonu ortamdaki kaldırıldığında örneklerin CaCO₃ miktarı istatistiksel olarak artış göstermiştir (F=9,161; p= 0,004).

4.5. Nitrat Reduktaz Aktivitesi

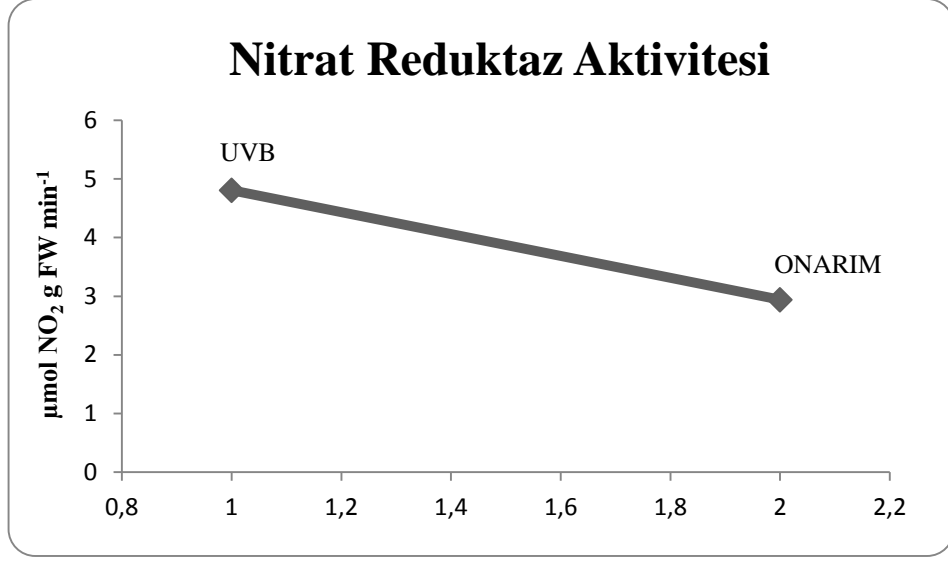
C. elongata türü ile yapılan çalışmada örneklerin nitrat reduktaz aktiviteleri 4,11±0,66 µmol NO₂ g FW min⁻¹ ile 4,8±0,68 µmol NO₂ g FW min⁻¹ değerleri arasında kaydedilmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan *Corallina elongata* türünün Nitrat reduktaz aktivitesi (n=5)

Çalışmanın 21'inci gününde FAR uygulamasındaki örneklerin nitrat reduktaz aktivitesi $4,11 \pm 0,66 \mu\text{mol NO}_2 \text{ g FW min}^{-1}$, UVB uygulamasındaki örneklerin nitrat reduktaz aktivitesi ise $4,81 \pm 0,68 \mu\text{mol NO}_2 \text{ g FW min}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. FAR uygulamasında nitrat reduktaz aktivitesi daha düşük olmasına rağmen uygulamalar arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır ($F=0,117$ $p=0,136$).

Çalışmanın 21'inci gününden itibaren ortamdan UVB kaldırılmış ve 7 günlük onarım sürecinin sonunda nitrat reduktaz aktivitesi tekrar ölçülmüştür. Şekil 4.18'de onarım sürecini de içeren nitrat reduktaz aktivite değerleri gösterilmiştir.

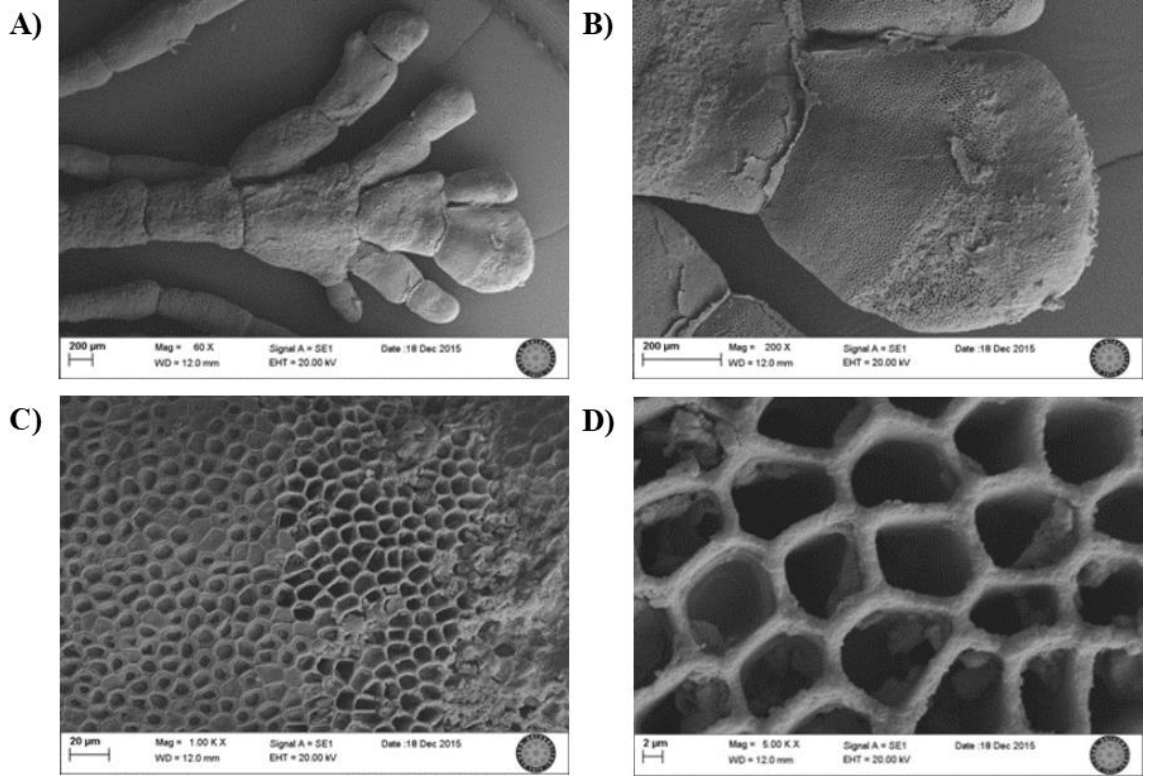


Şekil 4.18. UVB ve onarım sürecindeki *Corallina elongata* örneklerinin Nitrat reduktaz aktivitesi (n=5)

Tek yönlü varyans analizleri sonucuna göre UVB radyasyonu ortamdaki kaldırıldığında nitrat reduktaz aktivitesi istatistiksel olarak anlamlı bir azalma göstermiştir (F=11,874; p=0,001). Bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre 21'inci gün ve onarım uygulamaları karşılaştırıldığında, uygulamalar arasında anlamlı fark görülmüştür (F=1,322; p=0,001).

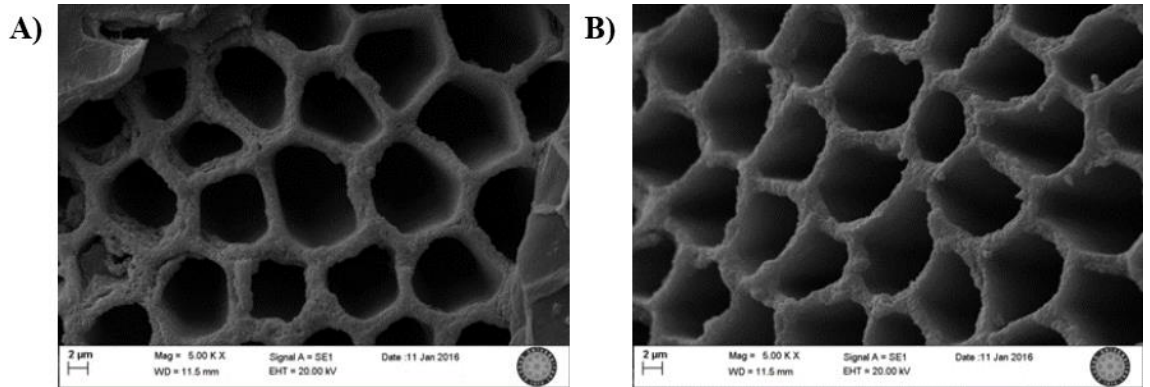
4.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri

UVB'nin *Corallina elongata* türünün tallus morfolojisi üzerine etkilerini belirleyebilmek için örneklerin elektron mikroskobu görüntüleri ve kimyasal kompozisyon verileri incelenmiştir. Şekil 4.19'da *Corallina elongata* türünün farklı büyütmelerdeki genel tallus yapısı ve yüzey görüntüleri verilmiştir.



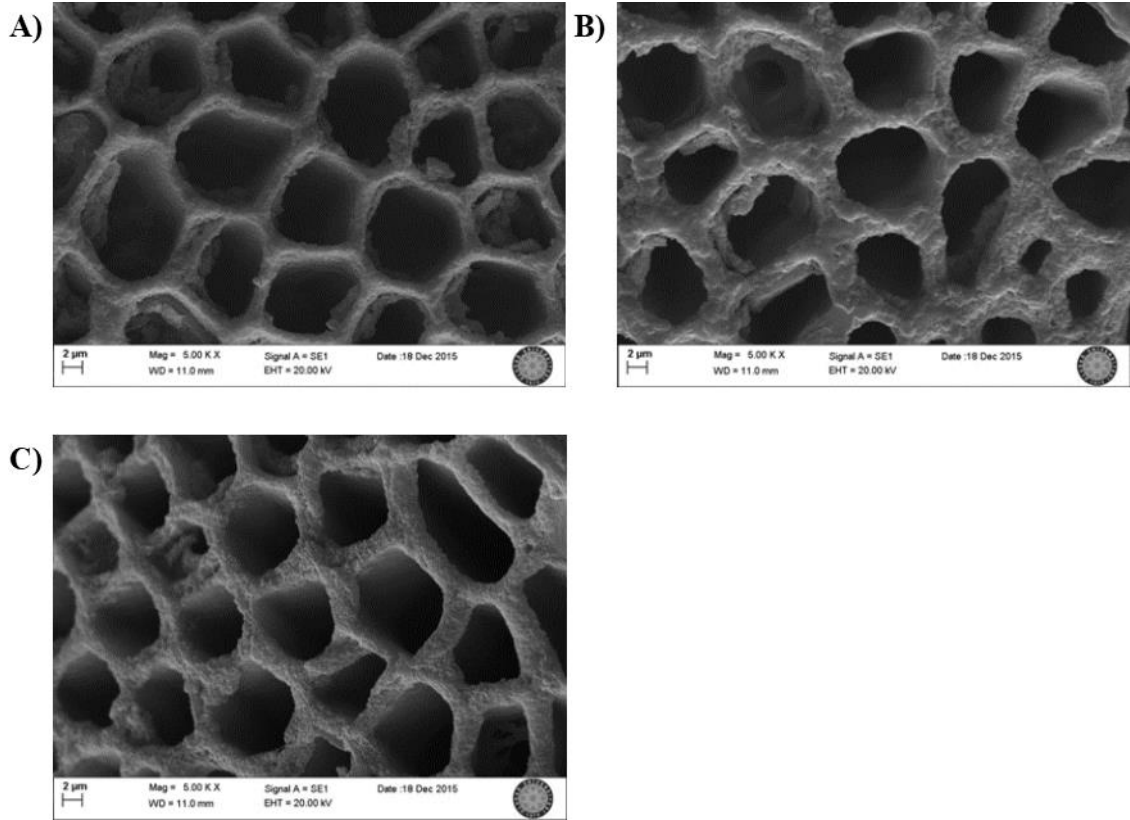
Şekil 4.19. *Corallina elongata* türünün taramalı elektron mikroskobu görüntüleri (A: 60x, B: 200x, C: 1.00 Kx, D: 5.00Kx)

Farklı ışık uygulamalarına maruz bırakılan örnekler çalışmanın 14'üncü gününde kalan örneklerin yüzey görüntüleri karşılaştırılmıştır.



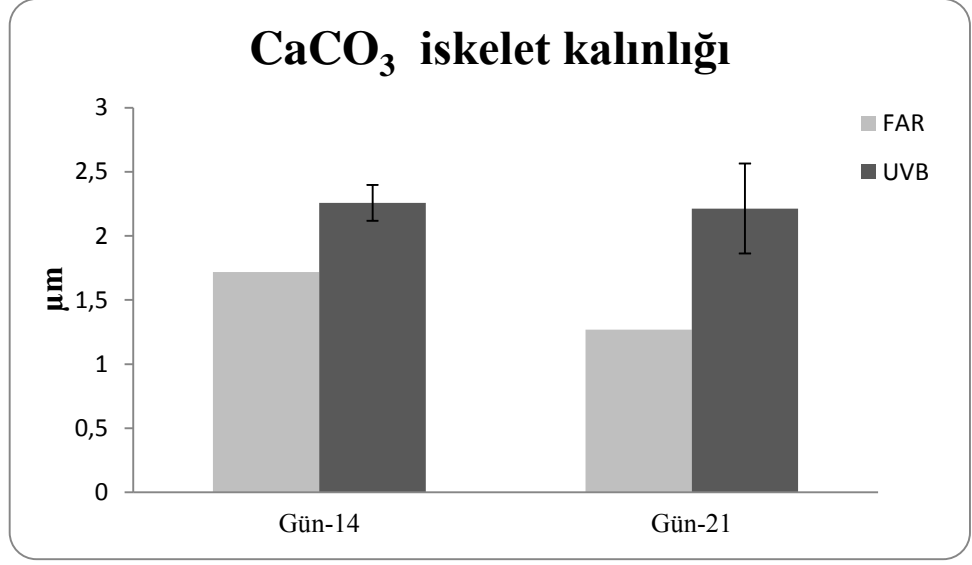
Şekil 4.20. *Corallina elongata* örneklerinin 14'üncü günde FAR (A) ve UVB (B) uygulamalarındaki taramalı elektron mikroskobu görüntüleri (Bar=2µm)

Çalışmanın 21'inci gününde FAR ve UVB uygulamalarındaki *Corallina elongata* örnekleri ile onarım sürecindeki örneklerin tallus yüzey görüntüleri taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Şekil 4.21'de farklı uygulamalara ait bireylerin yüzey görüntüleri verilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri FAR örnekleri ile karşılaştırıldığında, UVB ve onarım sürecindeki örneklerin daha kalın bir iskelet yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen görüntüler UVB ve onarım sürecindeki bireylerin daha fazla CaCO₃ içerdiğini göstermektedir.



Şekil 4.21. *Corallina elongata* örneklerinin 21'inci günde FAR (A), UVB (B) ve onarım (C) uygulamalarındaki taramalı elektron mikroskobu görüntüleri (Bar=2µm)

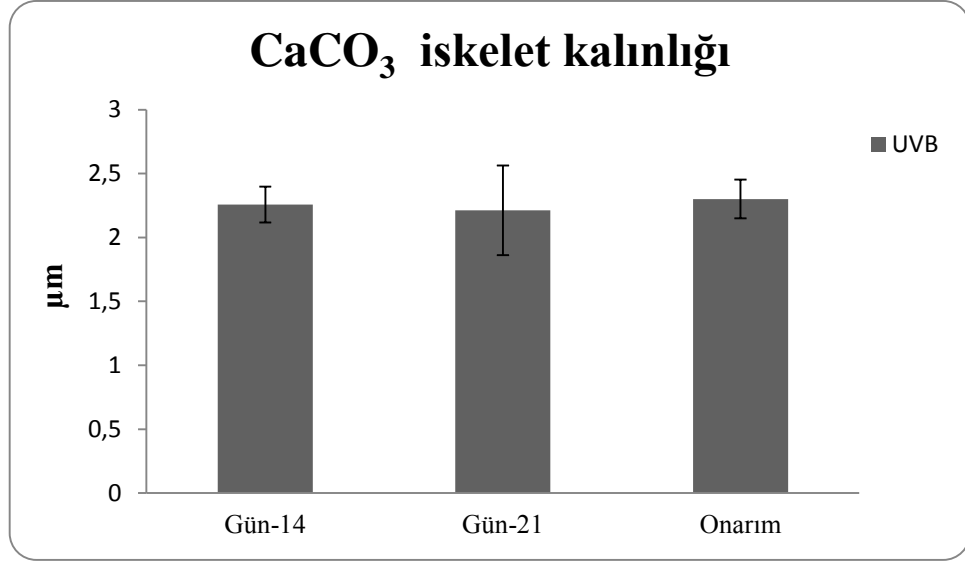
Taramalı elektron mikroskobu ile elde edilen mikrograflar ölçülerek, örneklerin hücre çeperinde birikmiş olan CaCO₃ iskelet kalınlıkları ölçülmüştür. Örneklerin CaCO₃ iskelet kalınlıkları UVB ve FAR uygulamaları arasında farklılık göstermiştir. Şekil 4.22'de uygulamalara ait CaCO₃ iskeleti kalınlığı ve standart sapma değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.22. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan *Corallina elongata* örneklerinin CaCO₃ iskelet kalınlıkları (n=5)

FAR uygulamasındaki örneklerin CaCO₃ iskelet kalınlığı çalışmanın 14'üncü ve 21'inci günlerinde sırasıyla 1,72±0,18 µm ve 1,30±0,13 µm olarak kaydedilmiştir. UVB uygulamasında kaydedilen değerler ise sırayla 2,26±0,14 µm ve 2,21±0,35 µm olarak tespit edilmiştir.

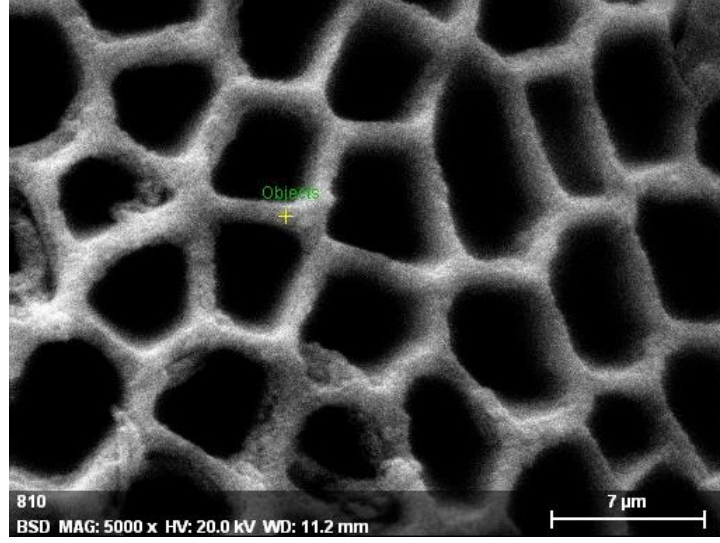
Çift yönlü varyans analizi sonuçlarına göre FAR uygulamasında zamana bağlı olarak CaCO₃ iskelet kalınlığı anlamlı bir azalma göstermiştir (F=30,325; p=0,000). Şekil 4.23'de onarım sürecini de içeren CaCO₃ iskelet kalınlıkları ve standart hata değerleri verilmiştir.



Şekil 4.23. UVB ve onarım sürecindeki *Corallina elongata* örneklerinin CaCO₃ iskelet kalınlıkları (n=5)

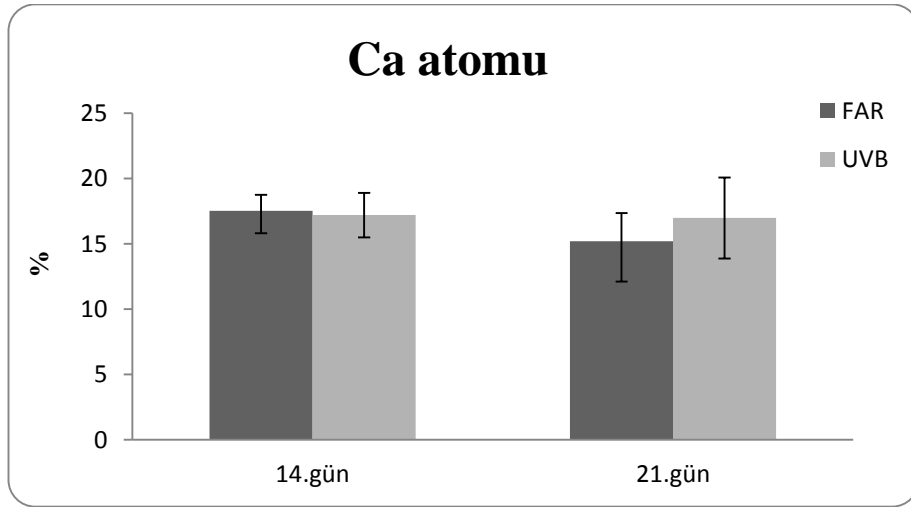
Tek yönlü varyans analizleri sonucuna göre UVB'ye maruz kalan örnekler ve onarım sürecindeki örneklerin CaCO₃ iskelet kalınlıkları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (F=0,113; p=0,894). Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre de 21'inci gün ve onarım uygulamaları arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (F=0,011; p=0,696).

Taramalı elektron mikroskobu altında görüntüleri kaydedilen örneklerin kimyasal bileşenlerini tespit etmek amacıyla X-ray spektrofotometre kullanılarak kimyasal bileşenler % atom cinsinden belirlenmiştir. Farklı ışık rejimlerine maruz bırakılan türün, CaCO₃ iskeleti yapısında bulunan Ca atomu oranları Bruker Quantax 200 paket programı ile % cinsinden hesaplanmıştır. Şekil 4.24'de ölçümlerde kimyasal bileşen analizinde kullanılan örneğin tallus yüzeyi gösterilmiştir.



Şekil 4.24. Kimyasal bileşen analizinde kullanılan *Corallina elongata* bireyinin tallus yüzeyi (Bar=7 μ m)

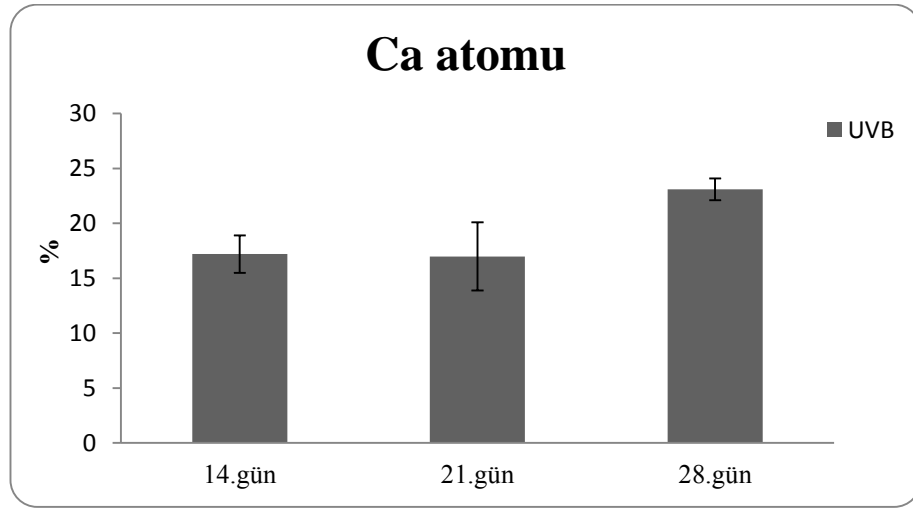
% Ca atomu değerleri FAR ve UVB uygulamaları arasında farklılık göstermiştir. Şekil 4.25’de uygulamalara ait Ca atomu miktarları ve standart sapma değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.25. Farklı aydınlanma koşullarına maruz kalan *Corallina elongata* örneklerinin % Ca atomu miktarları (n=5)

FAR uygulamasının Ca atomu miktarları 14'üncü ve 21'inci günlerde sırasıyla %17,53±1,22 ve %15,21±2,15 olarak kaydedilmiştir. UVB uygulamasında ise kaydedilen değerler sırayla %17,2±1,71 ve %17±3,11 olarak belirlenmiştir.

Çift yönlü varyans analizi sonuçlarına göre FAR uygulamasında zamana bağlı olarak Ca atomu oranları azalma gösterse de bu azalma istatistiksel olarak anlamlılık ifade etmemiştir (F=0,555; p=0,467). FAR ve UVB uygulamaları arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir (F=1,118; p=0,292). Şekil 4.26'da onarım sürecini de içeren Ca atomu miktarları ve standart hata değerleri verilmiştir.



Şekil 4.26. UVB ve onarım sürecindeki *Corallina elongata* örneklerinin %Ca atomu oranları (n=5)

Bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre 21'inci gün ve onarım sürecindeki örneklerin Ca atomu miktarları arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (F=0,011; p=0,696).

5. TARTIŞMA

Tez çalışmasında UVB radyasyonunun *Corallina elongata* türü üzerine fizyolojik etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yapılan analizler UVB'nin bazı açılardan *C. elongata* türünü etkilediğini göstermiştir.

Günümüze kadar yapılan birçok çalışmada UV radyasyonunun özellikle fotosentez üzerine olan etkileri yaygın olarak çalışılmıştır (Flores-Moya ve ark. 1999, Bischof ve ark. 2006, Yıldız ve ark. 2013). Fotosentez bitki metabolizmasında en önemli metabolik yollardan biri olduğu ve oksijene bağımlı olan hayatın temelini oluşturduğu için önemli görülmektedir.

Yapılan çalışmada fotosentetik performans analizleri modülasyonlu klorofil floresan ölçümleri ile belirlenmiştir. Bu yöntemde fotosistem-II'nin etkinliği birçok yönden belirlenebilmektedir. Yapılan çalışmalar da fotosistem-I'in UVB'den minimum oranda etkilendiğini, fotosistem II'nin ise daha fazla etkilendiğini göstermektedir (Bornman 1989).

Floresan parametrelerinden biri olan F_v/F_m oranı, fotosistem-II'nin maksimum potansiyel kuantum etkinliğini göstermektedir ve bu sayede örneklerin fizyolojik durumu hakkında bilgi edinilmektedir. Çalışmada UVB'ye maruz kalan *C. elongata* örneklerinin F_v/F_m oranlarında anlamlı bir azalma olduğu ve bu azalmanın onarım sürecinde telafi edilmediği tespit edilmiştir. Bu veri *C. elongata* türünün UVB radyasyonu nedeniyle fizyolojik olarak strese girdiğini düşündürmektedir. Ancak örneklerin $rETR_{max}$ değerlerinin uygulamalar arasında değişmemesi, UVB'nin *C. elongata* türünün fotosentetik performansını etkilemediğini göstermektedir. Bu durumda F_v/F_m oranındaki azalmanın kültür etkisiyle oluşan bir stres olduğu düşünülmektedir. Her iki uygulamada da hem F_v/F_m oranının hem de $rETR_{max}$ değerlerinin zamana bağlı olarak artış göstermesi bu düşüncüyü desteklemektedir. Örnekler zamanla kültür ortamına alışmakta ve kültürden kaynaklı olan stres etkisi azalmaktadır.

Elde edilen verilerle uyumlu olarak Rautenberger ve ark. (2009) 5 makroalg türü ile yaptıkları çalışmada 4 saat boyunca UVA ve UVB'ye maruz kalan örneklerde $rETR_{max}$ değerlerinin değişmediğini fakat F_v/F_m oranının azaldığını belirtmiştir. Araştırmacılar UVR'nin kalvin döngüsünü etkilemediğini ancak F_v/F_m oranının UVR'ye karşı $rETR_{max}$ 'dan daha hassas bir parametre olduğunu belirtmiştir. Buna karşın UVR'ye maruz bırakılan *Gracilaria lemaneiformis* türünde UVB radyasyonunun, fotosentetik performansı azalttığı belirtilmiştir (Xu ve Gao 2010). Bir başka çalışmada dalga hareketlerinin etkisiyle su dışında veya bazen suyun örttüğü sahil şeridinde (intertidal ve supralittoral zon) yayılış gösteren *Urospora penicilliformis* (Roth) Areschoug, *Prasiola crista* (Lightfoot) Kützinger ve *Fucus distichus* L. türlerinin UVR'ye karşı geniş bir fizyolojik toleransa sahip olduğu belirtilmiştir (Hanelt ve ark. 1997, Holzinger ve ark. 2006, Roleda ve ark. 2009, 2010). Benzer olarak *Gracilaria lemaneiformis* (Bory de Saint-Vincent) Greville ve *Fucus gardneri* Silva türlerinde UVA ışınlarının etkisiyle fotosentetik performansın arttığı tespit edilmiştir (Gao ve Xu 2008, Zheng ve Gao 2009). Holzinger ve ark. (2004) tarafından ise, *Palmaria palmata* (Linnaeus) Kuntze türünün UVR'ye maruz kaldığında PSII'nin fotosentetik etkinliğinde azalma olduğunu belirtmesi, makroalg türlerinin UVR'ye karşı toleranslarının farklı olduğunu göstermektedir.

Fotosentez mekanizması için floresan parametrelerinden alfa değeri, düşük ışık yoğunluklarındaki fotosentetik etkinlik hakkında bilgi vermektedir. Işık yakalama kompleksinden reaksiyon merkezine enerji transferini göstermektedir. Çalışmada UVB'ye maruz kalan bireylerin alfa değeri azalma göstermiştir. Aynı örneklerde klorofil-a değerlerinin artış göstermesi, *C. elongata* türünün antenna boyutunu artırarak, UVB'ye karşı bir savunma mekanizması geliştirdiğini göstermektedir. Benzer olarak Roleda ve ark. (2004) *Mastocarpus stellatus* ve *Chondrus crispus* türlerinde UVB'nin klorofil-a sentezini artırdığını belirtmiştir.

Fotosentezin doymuş olduğu ışık yoğunluğunun da (I_k) uygulamalar arasında farklılık göstermemesi, bu düşünceyi desteklemektedir. Bu sayede *C. elongata* örneklerinin elektron transfer oranı UVB'den etkilenmemiştir.

UVB radyasyonunun makroalgler üzerine olası etkileri birçok çevresel değişkenden etkilenmektedir. Bunlar içerisinde türün yayılış gösterdiği enlem-boylam, deniz suyunun optik özellikleri, türün bulunduğu derinlik, mevsimler ve daha önemlisi UV radyasyonunun dalga boyu ve şiddeti ile maruz kalma süresi bulunmaktadır (Kirk 1994). Bu nedenle türler arasında hatta aynı türün farklı coğrafik bölgelerde yayılış gösteren bireyleri arasında bile farklı sonuçlar elde edilmektedir.

UVB'ye maruz kalan *C. elongata* örneklerinin fotosentetik performansı değişmediği halde, büyüme oranlarında azalma olmuştur. Birçok çalışmada UVB'nin makroalglerin büyüme oranını azalttığı belirtilmiştir (Grobe ve Murphy 1994, Schmidt ve ark. 2010, Eder ve ark. 2012). Büyüme oranındaki bu azalmanın, UVB'den kaynaklanan hasarın onarılması için gereken enerji ihtiyacından kaynaklandığı düşünülmektedir (Van de Poll ve ark. 2001). Ancak, kalkerli tallus yapısındaki makroalg türlerinde büyüme oranı sadece fotosentez ile ilişkili olmayıp, CaCO₃ iskelet yapısı ve nütrient alımıyla da yakından ilişkilidir. Buna karşın, *C. elongata* örneklerinde hem %CaCO₃ miktar analizleri hem de SEM mikrograflarından yapılan ölçümler, UVR'ye maruz kalan örneklerde CaCO₃ iskelet yapısının azalmadığını hatta arttığını göstermektedir. Kalkerli tallus yapısına sahip olan türlerde CaCO₃ iskeletin yüksek ışık ve UVR'ye karşı koruyucu bir mekanizma olduğu bilinmektedir (Littler 1976). Buna karşın *Corallina sessilis* türünde UVR'nin kalsifikasyonu inhibe ettiği belirlenmiştir. (Gao ve Zheng 2009). Benzer olarak UVR, *Corallina officinalis* türünde de kalsifikasyonu inhibe etmiştir (Yıldız 2011). *Corallina elongata* türünde ise tam aksine CaCO₃ iskelet yapısı artış göstermiştir. CaCO₃ miktarının artış göstermesi, örneklerin UVB'ye karşı geliştirdiği bir savunma mekanizması olarak gözükmemektedir.

Makroalg örneklerinin büyüme oranları ile ilişkili olan bir diğer yolak azot metabolizmasıdır. Makroalg türlerinde azot, özellikle amino asitler, enzimler ve proteinlerin yapısına katılması bakımından önemlidir. Deniz suyunda makroalgler için en önemli inorganik azot kaynakları amonyum ve nitrattır (Hurd ve ark. 2014). Amonyum ve nitratın hücre içerisine alınması ve amino asitler içerisine girişi arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Amonyum enerji gerektirmeyen kolaylaştırılmış difüzyon ile hücre içerisine alınmakta ve doğrudan amino asitler içerisine girmektedir.

Fakat nitrat ATP'nin kullanıldığı aktif taşıma ile hücre içerisine alınmakta ve önce nitrite sonra da amonyuma indirgendikten sonra amino asitler içerisine girebilmektedir (Solomonson ve Barber 1990, Hurd ve ark. 2014).

Farklı makroalg türleri birincil azot kaynağı olarak farklı inorganik azot türlerini tercih edebilmektedir. Fakat, *C. elongata* türünün hangi inorganik azot çeşidini birincil olarak tercih ettiği ile ilgili bilgi bulunmamaktadır. Buna karşın, Pritchard ve ark. (2015) tüm makroalg türlerinin bir miktar nitrat asimilasyonu yaptığını belirtmiştir. Nitrat redüktaz, nitrat asimilasyonunda ilk basamak olan nitratın nitrite indirgenmesini katalizleyen enzimdir. Dolayısıyla azot metabolizması hakkında önemli bilgi sağlamaktadır. Bu çalışmada UVB'ye maruz kalan örneklerin nitrat redüktaz aktivitesi bir miktar artış göstermiş, ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlılık göstermemiştir. Onarım sürecinde ise nitrat redüktaz aktivitesi istatistiksel olarak anlamlı bir azalma göstermiştir. Bu veriler *C. elongata* türünün UVB'ye maruz kaldığında azot kaynağı olarak nitrate daha yüksek affinite gösterdiğini düşündürmektedir. Nitrat alımı ve nitrat redüktaz aktivitesi enerji gerektiren süreçler olduğu için, UVB *C. elongata* türünün daha fazla enerji harcamasına neden olmaktadır. Bu durum büyüme oranındaki azalmayı açıklamaktadır. Çalışmanın 4. haftasında UVB ortamdan kaldırıldığında *C. elongata* örneklerinin nitrat redüktaz aktivitesi azalmakta buna paralel olarak da büyüme oranı artış eğilimi göstermektedir. Elde edilen sonuçlar UVB'nin *C. elongata* türünde azot tercihinin düzenlediğini düşündürmektedir. Benzer şekilde çevresel değişkenlerin *Gracilaria lemaneiformis* türünde de azot metabolizmasını düzenlediği rapor edilmiştir (Kang ve ark. 2017).

3 hafta süren kültür çalışmasından elde edilen veriler *C. elongata* türünün UVB'ye karşı hassas olmadığını hatta toleranslı olduğunu düşündürmektedir. *C. elongata* örnekleri üstlittoral zonda yayılış göstermektedir. Birçok çalışmada *Urospora penicilliformis* (Roleda ve ark. 2009), *Prasiola crista* (Holzinger ve ark. 2006) ve *Fucus distichus* (Hanelt ve ark. 1997) gibi intertidal veya supralittoral bölgede yayılış gösteren türlerin UVR'ye karşı geniş bir toleransı olduğunu belirtmektedir. Buna karşın daha derin sularda yayılış gösteren türlerin ise UVR'ye karşı daha hassas oldukları (Karsten ve ark

2009) ve UVR'den kaynaklanan hasarın onarımının da daha zor olduğu bildirilmektedir (Roleda ve ark. 2005).

C. elongata türü fotosentetik performans bakımından UVB'ye karşı toleranslı bulunsa da, bu tolerans türün enerji ihtiyacını artırmaktadır. UVB'ye maruz kalan bireylerde büyüme oranının azalması, türün ekolojik başarısı bakımından düşündürücü olmaktadır. Büyüme makroalg türlerinin ekolojik başarısını gösteren en önemli parametrelerdendir. Bu nedenle *C. elongata* türünün diğer türlerle, özellikle de kalkerli olmayan tallus yapısındaki türlerle rekabetinde dezavantajlı olabileceği düşünülmektedir. Ancak, UVB'nin ekosistem üzerine etkilerini tam olarak belirleyebilmek için kommunitte düzeyinde daha detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Altamirano, M., Flores-Moya, A., Conde, F., Figueroa, F.L. 2000.** Growth seasonality, photosynthetic pigments, and carbon and nitrogen content in relation to environmental factors: a field study of *Ulva olivascens* (Ulvales, Chlorophyta). *Phycologia*, 39: 50–58.
- Anonim, 2003.** WMO (World Meteorological Organization), Scientific assessment of ozone depletion: 2002. *Global Ozone Research and Monitoring Project–Report No:47*, Geneva.
- Balkan, A., Gençtan, T. 2009.** Bazı Fotosentez Organlarının Ekmeklik Buğdayda Verim Unsurları Üzerine Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(2)-137-145.
- Beer, S., Eshel, A. 1985.** Determining Phycoerythrin and Phycocyanin Concentrations in Aqueous Crude Extracts of Red Algae. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 36: 785-792.
- Bischof, K., Gomez, I., Molis, M., Hanelt, D., Karsten, U., Lüder, U., Roleda, M.Y., Zacher, K., Wiencke, C. 2006.** Ultraviolet radiation shapes seaweed communities. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*, 5: 141-166.
- Bischof, K., Hanelt, D., Wiencke, C. 2000.** Effects of ultraviolet radiation on photosynthesis and related enzyme reactions of marine macroalgae. *Planta*, 211: 555-562.
- Bornman, J.F. 1989.** Target sites of UVB radiation in photosynthesis of higher plants. *J. Photochem Photobiol B: Bio.*, 4: 145-158.
- Cabello-Pasini, A., Carranza, V.M., Abdala, R., Korbee, N., Figueroa, F.L. 2010.** Effect of nitrate concentration and UVR on photosynthesis, respiration, nitrate reductase activity, and phenolic compounds in *Ulva rigida* (Chlorophyta). *J. Appl Phycol.*, 23: 363–369.
- Cirik, Ş., Cirik, S. 2011.** Su Bitkileri I (Deniz Bitkilerinin Biyolojisi, Ekolojisi, Yetiştirme Teknikleri). *Ege Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi Yayınları*, 58: 135–145.
- Corzo, A., Niell, F.X. 1991.** Determination of nitrate reductase activity in *Ulva rigida* C. Agardh by the in situ method. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 146: 181-191.
- Dring, M.J., Wagner, A., Boeskov, J., Lüning, K. 1996.** Sensitivity of intertidal and subtidal red algae to UVA and UVB radiation, as monitored by chlorophyll fluorescence measurements: influence of collection depth and season, and length of irradiation. *Eur. J. Phycol.*, 31: 293-302.
- Dring, M.J., Wagner, A., Lüning, K. 2001.** Contribution of the UV component of natural sunlight to photoinhibition of photosynthesis in six species of subtidal brown and red seaweeds. *Plant, Cell and Environment*, 24: 1153-1164.

Durucan, F., Turna, İ.İ. 2011. Antalya batı kıyılarının (Antalya-Kalkan) Makrobentik Deniz Algleri. *SDU Journal of Science*, 6(2): 91-98.

Éder, C.S., Beatriz, P., Rodrigo, W.S., Claudiane, G., Giulia, B.C., Gabriel, S.M.F., Fernando, S., Paulo, A.H., Roberta, P.M., Alexandra, L., Fernanda, R., Marcelo, M., Zenilda, L.B. 2012 Responses of the macroalgae *Hypnea musciformis* after in vitro exposure to UV-B. *Aquat Bot.*, 100: 8-17.

Flores-Moya, A., Hanelt, D., Figueroa, F.L., Altamirano, M., Vinegla, B., Salles, S. 1999. Involvement of solar UVB radiation in recovery of inhibited photosynthesis in the Brown alga *Dictyota dichotoma* (Hudson) Lamouroux. *J. Photochem. Photobiol.*, 49(2-3): 129-135.

Franklin, L., Forster, R. 1997. The changing irradiance environment: consequences for marinemacrophyte physiology, productivity and ecology. *Eur. J. Phycol.*, 32: 207-232.

Gao, K., Xu, J. 2008. Effects of solar UV radiation on diurnal photosynthetic performance and growth of *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta). *European Journal of Phycology*, 43: 297-307.

Gao, K., Zheng Y. 2009. Combined effects of ocean acidification and solar UV radiation on photosynthesis, growth, pigmentation and calcification of the coralline alga *Corallina sessilis* (Rhodophyta). *Global Change Biology*, 16(8): 2388-2398.

Graham, L.E., Graham, J.M., Wilcox, L.W. 2004. Bitki biyolojisi (Çeviri editörü: K. Işık). Palme, Ankara, 123 s.

Grobe, C.W., Murphy, T.M. 1994. Inhibition of growth of *Ulva expansa* (Chlorophyta) by ultraviolet-B radiation. *J Phycol.* 30: 783–790.

Hader, D.P., Figueroa, F.L. 1997. Photo ecophysiology of marine macroalgae. *Photochem. Photo. biol.*, 66: 1–14.

Hanelt, D., Tüg, H., Bischof, K., Grob, C., Lippert, H., Sawal, T., Wiencke, C. 2001. Light regime in an arctic fjord: a study related to stratospheric ozone depletion as a basis for determination of UV effects on algal growth. *Marine Biology*, 138: 649-658.

Hanelt, D., Wiencke, C., Nultsch, W. 1997. Influence of UV radiation on the photosynthesis of Arctic macroalgae in the field. *J. Photochem. Photobiol B: Biol.*, 38: 40-47.

Hargreaves, B.R. 2003. Water column optics and penetration of UVR: UV effects in aquatic organisms and ecosystems, Ed.: Helbling, E.W., Zagarese, H.E., Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, pp: 59-105.

Helbling, E.W., Barbieri, E.S., Sinha, R.P., Villafane, V.E., Hader, D.P. 2004. Dynamics of potentially protective compounds in Rhodophyta species from Patagonia

(Argentina) exposed to solar radiation. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol. Biology*, 75: 63–71.

Holzinger, A., Karsten, U., Lütz, C., Wiencke, C. 2006. Ultrastructure and photosynthesis in the supralittoral green macroalgae *Prasiola crispa* from Spitsbergen (Norway) under UV exposure. *Phycologia*, 45: 168-177.

Holzinger, A., Lütz, C. 2006. Algae and UV irradiation: Effects on ultrastructure and related metabolic functions. *Micron*, 37: 190-207.

Holzinger, A., Lütz, C., Karsten, U., Wiencke, C. 2004. The effect of ultraviolet radiation on ultrastructure and photosynthesis in the red macroalgae *Palmaria palmata* and *Odon thalia dentata* from Arcticwaters. *Plant Biol.*, 6: 568-577.

Hurd, C.L., Harrison, P.J., Bischof, K., Lobban, C.S. 2014. Seaweed ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 562.

Inskeep, W.P., Bloom, P.R. 1985. Extinction Coefficients of Chlorophyll a and b in N,N-Dimethylformamide and 80% Acetone. *Plant. Physiol.*, 77: 483-485.

Kacar, B., Katkat, A. V., Öztürk, Ş., 2002. Bitki Fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Yayın No: 198, Bursa, 563 s.

Kang, J. W., Kambey, C., Shen, Z. 2017. The short-term effects of elevated CO₂ and ammonium concentrations on physiological responses in *Gracilariopsis lemaneiformis* (Rhodophyta). *Fisheries and Aquatic Sciences*, 20: 18-22.

Karentz, D., Cleaver, J.E., Mitchell, D.L. 1991a. Cell survival characteristics and molecular responses of Antarctic phytoplankton to ultraviolet-B radiation. *J. Phycol.*, 27: 326-34.

Karentz, D., McEuen, F.S., Dunlap, W.C. 1991. Survey of mycosporine-like amino acid compounds in Antarctic marine organisms: potential protection form ultraviolet exposure. *Mar. Biol.*, 108:157–166.

Karakurt, H., Aslantaş, R., 2008. Bitki Renk Maddelerinin (Pigmentler) Oluşum ve Değişim Fizyolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü. *Alatarım* 7(2): 34-41.

Karsten, U., Wulff, A., Roleda, M.Y., Müller, R., Steinhoff, F.S., Fredersdorf, J., Wiencke, C. 2009. Physiological responses of polar benthic algae to ultraviolet radiation. *Bot. Mar.*, 52: 639-654.

Kirk, J.T.O. 1994. Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. Cambridge: Cambridge University Press., Cambridge, UK, pp. 72.

- Lesser, M.P. 1996.** Acclimation of phytoplankton to UVB radiation: oxidative stress and photoinhibition of photosynthesis not prevented by UV absorbing compounds in the dinoflagellate *Prorocentrum micans*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 132: 287-297.
- Littler, M., 1976.** Calcification and its role among the macro-algae. *Micronesica*, 12: 27-41.
- Pang, S., Gómez, I., Lüning, K. 2001.** The red macroalga *Delesseria sanguinea* as a UVB sensitive model organism: selective growth reduction by UVB in outdoor experiments and rapid recording of growth rate during and after UV pulses. *Eur. J. Phycol.*, 36: 207–216.
- Pritchard, D.W., Hurd, C.L, Beardall, J. 2015.** Restricted use of nitrate and a strong preference for ammonium reflects the nitrogen ecophysiology of a light limited red alga. *Journal of Phycology*, 51: 277–287.
- Provasoli, L. 1968.** Media and prospects for the cultivation of marine algae: Cultures and collections of algae. *Jpn. Soc. Plant Physiol.*, pp. 63-75.
- Rautenberger, R., Mansilla, A., Gomez, I., Wiencke, C., Bischof. K. 2009.** Photosynthetic responses to UV-radiation of intertidal macroalgae from the Strait of Magellan (Chile). *Revista Chilena de Historia Natural*, 82: 43-61.
- Roleda, M. Y., Campana, G., Wiencke, C., Hanelt, D., Quartino, M.L., Wulff, A. 2009.** Sensitivity of Antarctic *Urospora penicilliformis* (Ulotrichales, Chlorophyta) to ultraviolet radiation is life stage dependent. *Journal of Phycology*, 45: 600-609.
- Roleda, M. Y., Lütz-Meindl, U., Wiencke, C. 2010.** Physiological, biochemical and ultra structural responses of the green macroalga *Urospora penicilliformis* from Arctic Spitsbergen to UV radiation. *Protoplasma*, 243: 1-4.
- Roleda, M.Y., Wiencke, C., Hanelt, D. 2006.** Thallus morphology and optical characteristics affect growth and DNA damage by UV radiation in juvenile Arctic *Laminaria sporophytes*. *Planta*, 223: 407-417.
- Roleda, M.Y., Wiencke, C., Hanelt, D., van de Poll, W.H., Gruber, A. 2005.** Sensitivity of *Laminaria leszoospores* from Helgoland (North Sea) to ultraviolet and photosynthetically active radiation: implications for depth distribution and seasonal reproduction. *Plant, Cell and Environment*, 28: 466-479.
- Roleda, M.Y., Van de Poll, W.H., Wiencke, C., Hanelt, D. 2004,** PAR and UVBR effects on photosynthesis, viability, growth and DNA in different life stages of two coexisting Gigartinales: implications for recruitment and zonation pattern. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 281: 37–50.
- Schmidt, E.C., Nunes, B.G., Maraschin, M. Bouzon, Z.L. 2010.** Effect of ultraviolet-B radiation on growth, photosynthetic pigments, and cell biology of *Kappa*

phycusalvarezii (Rhodophyta, Gigartinales) macroalgae brown strain. *Photosynthetica* 48: 161–172.

Solomonson, L.P., Barber, M.J. 1990. Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 41: 225–253.

Tevini, M. 2004. Plant responses to ultraviolet radiation stress: Chlorophyll a Fluorescence. A Signature of Photosynthesis, *Advances in Photosynthesis and Respiration Series*. Ed.: Papageorgiou, G.C., Govindjee, Springer, Netherlands, pp: 605-621.

Türe, C. 2009. Genel Biyoloji. Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi Yayın No: 1045, Eskişehir, 111 s.

Woelkerling, W.J., Spenceri K.G., West, J.A. 1983. Studies on selected Corallinaceae (Rhodophyta) and other algae in a defined marine culture medium. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 67: 61-77.

Woodrow, I.E., Berry, J.A. 1988. Enzymatic regulation of photosynthetic CO₂ fixation in C₃ plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39: 533-594.

Xu, J., Gao, K. 2010. Use of UV-A energy for photosynthesis in the red macroalga *Gracilaria lemaneiformis*. *Photochemistry and Photobiology*, 86: 580-585.

Van de Poll, W.H., Eggert, A., Buma, A.G.J., Breeman, A.M. 2001. Effects of UV-B induced DNA damage and photoinhibition on growth of temperate marine red macrophytes: habitat-related differences in UV-B tolerance. *J. Phycol.* 37: 30–38.

Yıldız, G. 2011. *Corallina officinalis* L. (Rhodophyta) türünün ekofizyolojisi; pH ve UV radyasyonunun fotosentez üzerine etkileri. *Doktora Tezi*, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Bursa.

Yıldız, G., Hofmann, L.C., Bischof, K., Dere, Ş. 2013. Ultraviolet radiation modulates the physiological responses of the calcified rhodophyte *Corallina officinalis* to elevated CO₂. *Botanica Marina*, 56(2), 161-168.

Yılmaz, K.H., Dikbaş M.D., Bilgüven M. 2016. Siyanobakterilerden Elde Edilen Pigment Maddeleri ve Kullanım Alanları. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 30(1): 139-155.

Zheng, Y., Gao, K. 2009. Impacts of solar UV radiation on the photosynthesis, growth and UV-absorbing compounds in *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) grown at different nitrate concentrations. *Journal of Phycology*, 45: 314-323.

Zou, D. 2005. Effects of elevated atmospheric CO₂ on growth, photosynthesis and nitrogen metabolism in the economic brown seaweed, *Hizikia fusiforme* (Sargassaceae, Phaeophyta). *Aquaculture*, 250: 726-735.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şeyma Tiryaki
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa, 20.01.1988
Yabancı Dil : İngilizce
Eğitim Durumu
Lise : Fatih Sultan Mehmet Lisesi, Ankara
Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen- Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Bölümü,
İletişim : seymameric@gmail.com

Yayınları : **Yıldız, G., Tiryaki, Ş. 2017.** The effects of salinity on the photosynthetic performance of red seaweeds. *Iğdır Univ. J. Inst. Sci. Tech.* 7(1):55-61.

Yıldız, G., Tiryaki, Ş. 2017. Physiological effects of light intensity on the opportunistic alga *Ulva rigida*. C. Agardh (Chlorophyta). *Celal Bayar University Journal of Science*, 13(3): 631-634.

Yıldız, G., Tiryaki, Ş., Dere, Ş. 2018. Physiological responses of the mediterranean subtidal alga *Peyssonnelia squamaria* to elevated CO₂. *Marine Biology Research* (in pres).

Yıldız, G., Tiryaki, Ş. 2018. The effects of salinity on photosynthetic performance of Brown seaweeds. *AKÜ J. Sci. Eng.* (in pres).

Yıldız, G., Dere, Ş. İklim Değişiminin Akdeniz'deki Yeşil Deniz Yosunları Üzerine Olası Fizyolojik zEtkileri.TÜBİTAK-1001. (TÜBİTAK 113Y071), Bursiyer.

