
SERİ

B

CİLT

55

SAYI

2

2005

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



F.1

LİKENLERİN KAYA PARÇALANMASI VE AYRIŞMASINDAKİ İŞLEVLERİ

Uzm. Dr. Orhan SEVGİ¹⁾
Y. Doç. Dr. Ender MAKİNECİ¹⁾

Kısa Özet

Likenler kayaların parçalanması ve ayrışması süreçlerine etkili bir şekilde katılmaktadırlar. Bu etki, likenin ve etkilediği kayanın türü ile bunların bulunduğu ortama göre değişmektedir. Likenlerin kayaları parçalayıcı etkileri; 1) liken hüflerinin kayanın içine girmesi 2) Likenin büzülmesi ve genişlemesi, 3) Likenin donması ve çözülmesi, 4) Likenlerin mineralleri sarması şeklinde olur. Tüm bu parçalayıcı etkilerle ayrışma süreçleri beraber işler. Ayrışma süreci iki aşamadır. Birinci aşamada; likenlerin solunum yoluyla ortama verdikleri CO₂, liken asitleri ve diğer bileşiklerle ortamın yapısı değiştirilir. İkinci aşamada ise; değişen bu yapıyla birlikte likenler bünyelerinde veya kayayla temas ettiği yerde kayalardaki mineralleri de kullanarak yeni bileşikler oluştururlar.

Anahtar Kelimeler: Kaya likenleri, Kaya parçalanması, Kaya ayrışması

FUNCTIONS OF LICHENS ON DISINTEGRATION AND WEATHERING OF ROCKS

Abstract

Lichens are the effective agencies on disintegration and weathering processes of rocks. These effects mainly depend on the kind of rocks and site characteristics. The steps of the disintegration process is; 1) penetration hyphae of lichens into the rocks 2) expansion and contraction of lichen thallus 3) freezing and thawing of lichen thallus 4) incorporation of mineral fragments into lichen thallus. Weathering process also goes on together with all these disintegration effects, and include two steps. First step is CO₂ emission by respiration of lichens, lichen acids and other lichen compounds change the rock structure. Second step is; lichens constitute new compounds on their own bodies or contact points on rock accompanied by changed structure, and lichens use the minerals of rock in this step.

Keywords: Saxicolous lichens, Disintegration of rocks, Weathering of rocks

Likenler genelde bir mantarla bir yeşil alg veya mavi-bakterinin beraber, her birinin kendi yapılarına ait özelliklerinin de kullanıldığı, fakat daha karmaşık yapılanmaya girerek karşılıklı bütünleşme içinde oldukları bir hayat birlikteliğidir. Likenler, kendilerini oluşturan canlılardan

¹⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı

farklı türler olarak değerlendirilir. Likenler her ne kadar ortakyaşama örneği olarak verilse de, bu birliktelik bir tür olarak kabul görmüştür. Bu nedenle de bir çok çalışmada liken türleri ifadesi kullanılmıştır. Bazı araştırmacılar likenlerin küçük birer ekosistemler olduğunu, bunun da bir üreticisinin (alg) ve bir tüketicisinin (mantar) olduğunu ifade etmektedirler (TEHLER 1996). Liken sınıflandırılmasında temel olarak likene katılan mantarlar alınmış ve bunlar da likenleşebilen mantarlar olarak tanımlanmışlardır.

“Liken oluşumuna katılan yeşil alg ve mavi-bakterilerdeki cinslerin sayısının 40 olduğu belirtilmektedir. Bunlar arasında en çok rastlananları; yeşil alglerin *Trebouxia*, *Trentepohlia* ve mavi-bakterilerin *Nostoc* cinsidir” (FRIEDL/BÜDEL 1996). Liken oluşumuna katılan mantarlar arasında genelde *Ascomycotina* sınıfına ait türler yer alırken, *Basidiomycotina* ve *Deuteromycotina* sınıfına ait türler de daha az sayıda katılmaktadır (HONEGGER 1996).

Likenler dünyanın birçok farklı yerinde, oldukça özel yetişme ortamı koşullarında dahi bulunabilmektedir. Kutuplardan ekvatora, deniz seviyesinden en yüksek yerlere kadar liken türleri yaşayabilmektedir.

Likenler hava kirliliğine karşı hassaslığı sebebiyle son zamanlarda birçok çalışmada kullanılmıştır. Özellikle “Orman Sağlığının İzlenmesi” çalışmalarında önemli yer tutmuştur. Likenler sanayide bir çok alanda hammadde olarak kullanılırlar. Sadece Güney Fransa, Fas ve eski Yugoslava’da *Evernia prunastri* ve *Pseudevernia furfuracea* türlerinden yılda 8 000 ile 10 000 ton liken, sanayide kullanılmak üzere toplanmaktadır (ELIX 1996). Likenlerin insan yaşamına olan bu katkıları dışında, buldukları ekosistemlerde önemli işlevleri vardır. Likenler bulunduğu yere göre yaptıkları özümsemeyle ekosistemin besin döngüsü içinde farklı oranlarda yer alırlar. Farklı ekosistemlerde likenlerin azot döngüsüne katkıları $0,04 - 40,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ’dir (NASH 1996). Likenler kendi hayatlarını devam ettirirken ürettikleri ürünlerle çevrelerinde değişikliğe sebep olurlar. Özellikle kaya yüzeylerinde yaşayan likenler diğer türlerin büyümesi (süksesyon) için gerekli ön şartları oluştururlar, bu açıdan da liken toplulukları önem taşımaktadırlar.

Kayanın² parçalanması ve ayrışması süreçlerinde birçok etmenin işlevi bulunmaktadır. Bu etkenlerden hangisinin daha etkili olduğu konusu ise kayanın bulunduğu ortama göre değişmektedir. Bu parçalanma ve ayrışma süreçlerinde likenlerle birlikte diğer canlıların da önemli katkısı vardır.

Likenlerin kayaları parçalayıcı ve ayrıştırıcı etkileri konusunda yapılan tartışmalarda bazı araştırmacılar, likenlerin kayaların üstünü örterek diğer ayrıştırıcı etkenlerden kayayı koruduğunu belirtmişlerdir (SILVA ve ark. 1999). Ayrıca, likenlerin ufalanan kaya parçalarının diğer etkenlerce ortamdan taşınıp götürülmesine karşı koruma işlevini de yaptığı belirtilmiştir (MOTTERSHEAD/LUCAS 2000). Likenler aynı zamanda buldukları yerde oluşturdukları yetişme ortamı koşullarıyla, bir çok canlının burada yaşamasına imkan sağlarlar (RIOS ve ark 2002). Böylece likenler parçalanma ve ayrıştırma süreçlerinde birikimli etki yapmakta, yani ortamı diğer canlılara hazırlayarak kayanın parçalanma ve ayrışma hızını arttırmaktadır. Kayanın parçalanma ve ayrışma süreçlerindeki karmaşıklık ve likenlerin çeşitli kayaların üzerinde yaşaması belki de bu tartışmaların oluşmasına neden olmuştur. 20. yy.’ın başlarında yapılan çalışmalarda likenlerin kayaları parçaladığı kabul edilirken, son yıllarda teknolojinin ilerlemesi sonucunda likenlerin kayaların ayrışmasındaki etkileri daha somut bir şekilde ortaya konmuştur. Ayrıca kaya kimyasının likenlerce nasıl değiştirildiği çeşitli çalışmalarla belirlenmiştir.

² Likenler arazideki kayalar üzerinde doğal ortamlarda bulunduğu gibi insan yapımı taş binaların üzerinde yapay ortamlarda da bulunabilmektedir. Bu sebeple bu çalışmada likenlerin binalardaki etkileri belirtilmeyecektir. İnsan etkisinin bulunmadığı süreçler temel alınmıştır.

2. KAYA LİKENLERİN SINIFLANDIRILMASI ve ÖZELLİKLERİ

Likenlerin sınıflandırılmasında yaşadıkları yüzeyler önem taşımaktadır. Böylece likenlerin nerede bulunabileceği de kabaca belli olur. Likenler yaşadıkları yüzeye göre üçe ayrılırlar. Likenlerin ağaç veya çalı kabukları üzerinde yaşayanlarına **Kabuk likenleri**, toprakta yaşayanlarına **Toprak likenleri** ve kayada yaşayanlarına **Kaya likenleri** denir. Kaya likenleri kayada bulunuş yerlerine göre Kayaüstü, Kayaiçi ve hem Kayaüstü hem de Kayaiçinde bulunabilenler olarak üçe ayrılırlar (Şekil 1). Kayaüstü likenlerinin ayrımında dış görünüşleri temel alınmıştır. Kayaüstü likenleri daha sonra Kabuksu, Yapraksı ve Dalsı olarak üçe ayrılırken, Kayaiçi likenleri; Kayaboşluğu, Kayayarığı ve Kayadelici likenler olarak üçe ayrılırlar (Şekil 1).

Kabuksu likenlerin alt yüzeyleri geniş olduğundan buldukları kayaya sıkıca tutunurken, yapraksı ve dalsı likenlerin buldukları yere tutunma yüzeyleri oldukça azdır (BÜDEL/SCHIEDEGGER 1996). Kaya likenleri üzerinde buldukları kayanın mineral bileşiminden etkilenirler (PURVIS/HALLS 1996). Demir, kükürt, bakır, kurşun, çinko, krom ve nikel bakımından zengin kayalar üstünde bulunan farklı liken türleri ve toplulukları bildirilmiştir (PURVIS/HALLS 1996). Kaya likenlerine dünyanın her yerinde rastlamak mümkündür. Hatta, kayaboşluğu likenleri Antartika'nın en olumsuz yetiştirme koşullarında yaşayabilmektedir (FINEGOLD ve ark. 1990). Likenlerin bir çok türü sıcaklığın 0 °C'ye düştüğünde dahi özümleme yapabilmektedir (COCKELL ve ark. 2000).

3. LİKENLERİN KAYALARI PARÇALAYICI ve AYRIŞTIRICI İŞLEVLERİNİ ETKİLEYEN ETKENLER

Likenleri kayaları parçalama ve ayrıştırma işlevlerini gerçekleştirirken, bunu hangi likenin yaptığı, hangi kayanın yüzeyinde bulunduğu ve bu sürecin geliştiği ortam özellikleri önem taşımaktadır.

3.1 Liken Türü

Likenler kendi türlerine özgü olarak farklı kayalar üstünde yaşamaktadırlar. Likenlerin üzerinde yaşadığı kayanın bulunduğu ortamın özelliği liken tür dağılımını etkilemektedir. Bu sebeple, likenin parçalama ve ayrıştırma işlevlerini gerçekleştirebilmesi kaya ve ortam özelliklerine göre değişmektedir. Likenlerin dış yapıları ve yaşadığı yüzeye bağlanma şekilleri de bu işlevlerde etkilidir. Liken türlerinin hayatlarını sürdürürken yaptıkları etkiler ve ürettikleri bileşikler de farklıdır. Ürettikleri bileşikler aynı olsalar bile miktarları farklıdır. Bileşimi aynı olan kayalar üstünde liken hüflerini³ (geliştirme derinliği) sayısı birbirinden farklıdır (Tablo 1). Bu sebeple farklı liken türlerinin aynı minerale yaptığı etki de farklı olabilmektedir (Tablo 2).

3.2 Kaya Türü

Kayanın parçalanması ve ayrışmasını önemli derecede belirleyen etkenlerden biri kayanın özellikleridir. Hangi minerallerden oluştuğu, hangi elementlerce zengin olduğu, hem liken tür sayısını hem de parçalanma ve ayrışma hızını belirlemektedir. Kireç ve kireç taşı alanlarında, silisli veya granit kayalarının her birinde tamamıyla farklı liken toplulukları bulunmaktadır (PURVIS ve ark. 1992). Farklı likenlerin aynı kayada hüflerini geliştirme derinlikleri de farklı

³ Hypha, tekil ve Hyphae çoğul hali olup, 2-3µ'dan daha kalın olmayan zarlarla bölünmüş, tek tarafı dallanmış, sarılma yeteneğindeki yapıdır (STEARNS 1991). Bazı Türkçe kaynaklarda hüf olarak okunuşu veya iplik, iplikçik olarak Türkçe karşılığı kullanılmaktadır. Bu karşılığın yeterli olmadığı düşünülerek terimin okunuşu kullanılmıştır.

olabilmektedir (Tablo 1). Kayanın yapısındaki farklı mineralleri aynı liken türü farklı derecede etkileyebildiği gibi aynı minerali farklı likenler farklı derecelerde etkilemektedir (Tablo 2). İspanya'da yarı kurak koşullar altında yapılan çalışmada volkanik kayaların kireç taşlarına göre liken hüflerinin girişine daha fazla direnç gösterdiği bildirilmektedir (SOUZA-EGIPSY ve ark. 2002).

3.3 Liken ve Kayanın Bulunduğu Ortamın Özellikleri

Liken-kaya etkileşimi buldukları yetişme ortamına göre değişmektedir. Örneğin, Havai Adası'nda değişik yükselti, yağış ve sıcaklıkta bulunan bazalt lavı üzerinde yaşayan *Stereocaulon vulcani*'nin kayaları ayrıştırma miktarlarında farklılıklar saptanmıştır (BRADY ve ark. 1999).

4. LİKENLERİN KAYALARI PARÇALAYICI ETKİLERİ

4.1 Hüflerin kaya içinde ilerlemesi

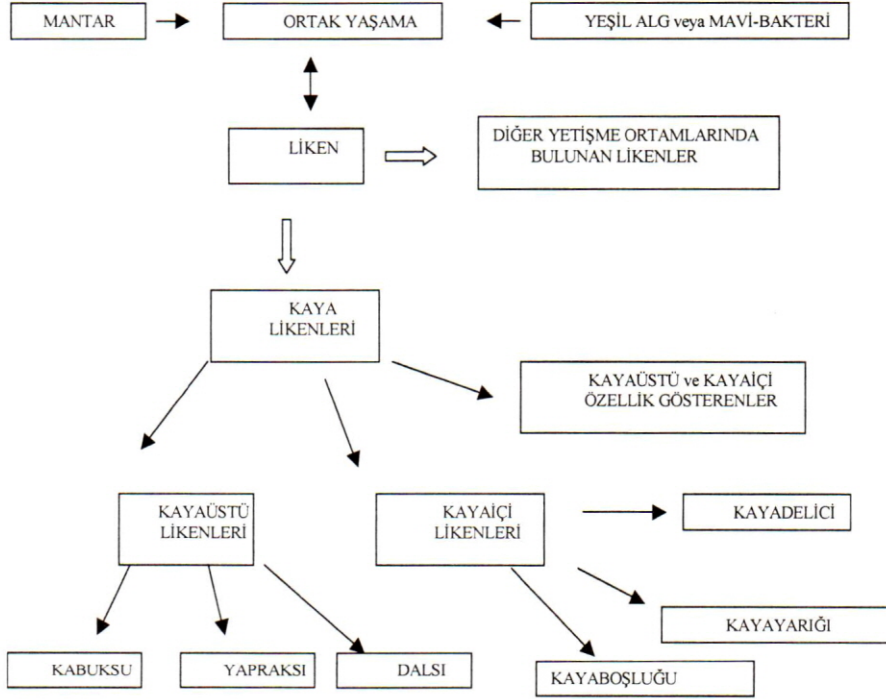
Likenlerin buldukları yerlere etkileri, hüflerin çeşitli kaya boşluklarına girmesiyle başlar ve bu kaya parçalanmasına yönelik doğrudan etki, diğer parçalama süreçlerini hızlandıran en önemli etkendir (CHEN ve ark. 2000). Hüflerin kaya içinde ilerlemesi, kaya ve liken türlerine göre değişmektedir (Tablo 1). Örneğin *Lecidea sarcogynoides* türünün hüfü kum taşında 3,21 mm ilerlerken, kuvarsitte 1,12 mm ilerlemiştir (Tablo 1).

4.2. Likenlerin büzülmesi ve genişlemesi

Kayanın boşluklarına giren hüfler vasıtasıyla liken-kaya ilişki yüzeyi genişlemekte, böylece likenin kayayı etkilemesi artmaktadır. Likenlerin *Medulla*'sı kuru ağırlığının 3 katından fazla su tutabilmekte, böylece kısa zaman aralıkları ile ıslanması (genişlemesi) ve kuruması (büzülmesi) sonucunda kayanın parçalandığı düşünülmektedir (CHEN ve ark. 2000). İtalya koşullarında SEAWARD ve ark. 1989'a atfen bildirildiğine göre; likenlerin kuruma ve ıslanmasından dolayı genişleyip büzülmesi, parçalayıcı diğer etkenlerle birlikte 10 yıldan daha az bir sürede duvarlarda gözle görülebilir gevşeme ve ufalanmalar oluşturabilmektedir (CHEN ve ark. 2000).

4.3 Likenin donması ve çözülmesi

Özellikle soğuk bölgelerde önemli bir parçalanma etkenidir (CHEN ve ark. 2000). Hüflerin kaya içine girmesi sonucu, yüzey suyu aşağılara inmekte, sıcaklığın sıfırın altına düşmesiyle likenin donarak genişmesiyle oluşan bu duruma "buz kaması" denmektedir (CHEN ve ark. 2000). Böylece kaya boşluklarını dolduran likenlerin donması ve çözülmesi ile kayalar parçalanmaktadır.



Şekil 1: Kaya likenlerinin sınıflandırılması (CHEN ve ark. 2000)

Tablo 1: Liken Türlerinin Farklı Kayalarda Hüflerinin Derinliği veya Gevşeme Kalınlığı

Liken Türü	Kaya	Hüflerin derinliği(1)/Gevşeme kalınlığı (2)	Ülke	Kaynaklar
<i>Fuscidea cyathoides</i>	Kum taşı	8,5 mm (2)	Norveç	BJELLAND/THORSETH2002
<i>Ochrolechia tartarea</i>	Kum taşı	10,0 mm (2)	Norveç	BJELLAND/THORSETH 2002
<i>Ophioparma ventosa</i>	Kum taşı	16,0 mm (2)	Norveç	BJELLAND/THORSETH 2002
<i>Pertusaria corallina</i>	Kum taşı	9,1 mm (2)	Norveç	BJELLAND/THORSETH 2002
Crustose	Mikaşist	0,2-0,5 mm	ABD	AGHAMIRI/SCHWARTZMAN 2002
<i>Stereocaulon vesuvianum</i>	Bazalt lavı	325,13 µm	Kanarya Adaları	STRETCH/VILES 2002
<i>Ramalina bourgeana</i>	Bazalt lavı	239,30 µm	Kanarya Adaları	STRETCH/VILES 2002
Crustose Türler	Bazalt lavı	33,51 µm	Kanarya Adaları	STRETCH/VILES 2002
<i>Lecidea sarcogynoides</i>	Kum taşı	3,21 mm	-	WESSELS/SCHOEMAN 1988 atfen CHEN ve ark. 2000
<i>Lecidea sarcogynoides</i>	Kuarsit	1,12 mm	-	COOKS/OTTO 1990 atfen CHEN ve ark. 2000

Tablo 2: Bazı Liken Türleri Altında Bulunan Kum Taşında “Apatit”, “Kalsit” ve “Klorit”in Çözünme Derinliklerinin Ortalaması (mm) (BJELLAND/THORSETH 2002)

Liken Türü\ Mineral	Apatit	Kalsit	Klorit
<i>Fuscidea cyathoides</i>	2,47	8,45	1,58
<i>Ochrolechia tartarea</i>	2,10	9,98	1,39
<i>Ophioparma ventosa</i>	3,98	15,69	3,08
<i>Pertusaria corallina</i>	2,43	9,12	1,52

4.4 Likenler tarafından minerallerin sarılması

Birçok araştırmacı, likenlerin kaya veya mineral parçalarını sararak bünyelerinde tuttuklarını tespit etmişlerdir (CHEN ve ark. 2000). Özellikle SEM (Tarayıcı Elektron Mikroskopu) çalışmalarında bu tür örneklerle rastlanmıştır. *Stereocaulon vesuvianum*'ın volkan kayaları üzerinden alınan örneklerinde SEM'le bazı kaya parçacıklarının likenin içinde olduğu gözlenmiştir (ADAMO/VIOLANTE 1991). ARİÑO ve ark. 1995'e atfen kum taşı üzerinde bulunan *Calopaca variabilis* ve *Lecanora albescens*'in ortalama olarak bünyelerindeki mineral parçacıkları veya taneleri sırasıyla 25 ve 30 mg m⁻² 'dir (CHEN ve ark. 2000).

5. LİKENLERİN KAYALARI AYRIŞTIRICI ETKİLERİ

Likenlerin ürettiği bileşiklerin bazıları diğer canlılar için öldürücü, bazılarının büyümesini engelleyici, bazılarını da kaçırıcı (örneğin salyangozlar için) özelliklere sahiptir (HUNECK 1999). Likenler buldukları ortamı bu şekilde etkiledikleri gibi ürettiği bileşiklerle kayaların ayrışmasını da gerçekleştirirler. Likenlerin kayaları ayrıştırma süreçleri, kayanın parçalanma süreçleriyle birlikte devam eder. Parçalanma süreçleri hızlandıkça, yüzey genişler ve buna bağlı olarak ayrışma da hızlanır (ADAMO/VIOLANTE 2000).

Kayaların likenler tarafından ayrıştırılması süreçleri iki aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşamada likenlerin solunum yoluyla ortama verdikleri CO₂, liken asitleri ve diğer bileşiklerle ortamın yapısını değiştirir. İkinci aşamada ise; değişen bu yapıyla birlikte likenlerin içinde veya kaya ile temas ettiği yerde yeni bileşikler oluştururlar. Bu aşamada kayanın minerallerinden yararlanırlar. Böylece kayanın yapısı ayrışır.

Likenler tarafından tutulan suda likenin solunumu sonucu açığa çıkan CO₂'in artmasıyla ortaya çıkan karbonik asit, likenin içinde ve çevresindeki ortamın pH'sını düşürerek çözülme süreçlerini ilerletir (CHEN ve ark. 2000). Likenin mantar kısmınca oluşturulan “oksalik”, “sitrik”, “glukonik”, “laktik” asit gibi düşük molekül ağırlıklı “karboksilik” asitler, suda çok az çözünen asit özellikli “çelat” oluşturan “polifenolik” bileşikler “liken asidi” olarak isimlendirilirler (ADAMO/VIOLANTE 2000). Likenlerin özellikle kayayla temas eden yüzeyinde tespit edilen “kalsiyum oxalat” açık bir şekilde görüntülenmiştir (ADAMO/VIOLANTE 2000). Yetiştirme ortamı koşulları ve özellikle anakaya değişikçe, likenle kayanın temas ettiği yerde ayrışma ürünleri de farklılaşmaktadır. FRIEDMANN 1982'ye atfen bildirildiğine göre; Antarktika'nın soğuk çölleriindeki demir bakımından zengin koyu renkli kumtaşlarında bulunan kayaboşluğu likenlerinin tabanında çözülmüş demir olduğu gözlemlenmiştir (ADAMO/VIOLANTE 2000). Benzer şekilde *Stereocaulon vesuvianum* ile volkanik kaya yüzeyi arasında demir bileşikleri üzerine likenin etkileri ve koşulların pH, nem vb. etkiyi şekillendirdiği belirtilmektedir (ADAMO

ve ark. 1997). ADAMO/VIOLANTE 2000'de aynı şekilde likenle kayanın temas ettiği yerde, silikat, alüminyum-silikat ve karbonatların bulunduğunu birçok araştırmaya atıf yaparak ortaya koymuştur. Likenlerin içerdiği asitler türden türe değişebilmektedir. Örneğin *Ophioparma ventosa* ve *Pertusaria corallina* türleri "thammolic"⁴ asit, *Ophioparma ventosa* buna ek olarak "divaricativ"⁴ ve "üsnik" asit içermesiyle *Fuscidea cyathoides* ve *Ochrolechia tartarea*'dan ayrılmakta, bu farklı asit içeriği kayaları ayrıştırmalarında fark yaratmalarına neden olmaktadır (BJELLAND/THORSETH 2002).

Bu ayrışma ürünleri ve yeni oluşan ürünler µm ölçeğinde görüntülenmiş ve birçok çalışmada bu veriler ortaya konulmuştur (ADAMO/VIOLANTE 1991; ADAMO ve ark. 1993; ADAMO ve ark. 1997; ADAMO/VIOLANTE 2000; BJELLAND/THORSETH 2002; RIOS ve ark. 2002; SOUZA-EGIPSY ve ark. 2002).

6. SONUÇLAR

İlk zamanlarda yapılan gözlemler sonucunda likenlerin kayalar üzerindeki parçalayıcı ve ayrıştırıcı etkilerinin var olduğu düşünülürken, son zamanlarda teknolojiye gelişmelerle birlikte bu etkinin boyutları ortaya konulmaktadır. Özellikle mikroskop ve mikro analiz yöntemlerinin gelişmesiyle bu konuda önemli mesafeler alınmıştır.

Likenler üzerinde buldukları kayaları parçalamakta ve ayrıştırmaktadırlar. Bu süreç gerçekleşirken birçok etken etkili olmaktadır. Bu sebeple, yapılan araştırmalarda tüm etkenler denetlenemediğinden aynı konuda bazen farklı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Çok fazla etkenin karıştığı süreçlerde bu olağandır. Likenlerin kaya yüzeyini örterek onları korudukları belirtilse de, bu durum kayanın parçalanmasını ve ayrışmasını olumlu yönde etkilemektedir. Çünkü ufalanmış kaya parçacıklarının yüzeyine ve kaya çatlaklarına diğer küçük canlılar gelebilecektir. Likenler böylece buldukları ortamı diğer canlılar için daha uygun duruma getirmektedir. Bu da kayanın parçalanma ve ayrışmasına birikimli etki yapmaktadır.

Likenlerin kaya parçalanması ve ayrıştırılması süreçlerinde; liken türü, kaya türü ve yetişme ortamı koşulları etkili olmaktadır.

TEŞEKKÜRLER

Çalışmayı baştan sona okuyarak önerilerde bulunan Prof. Dr. M. Doğan KANTARCI, Prof. Dr. M. Ömer KARAÖZ, Prof. Dr. Gülen ÖZALP ve Biyolog Ece SEVGİ'ye, çalışmada geçen bazı kimya terimlerinin yazılmasında yardımcı olan Y. Doç. Dr. Öznur ÖZDEN'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

ADAMO, P.; VIOLANTE, P. 1991: Weathering of Volcanic Rocks from Mt. Vesivius Associated with the Lichen *Stereocaulon vesuvianum*. *Pedobiologia* 35, 209-217.

ADAMO, P.; MARCHETIELLO, A.; VIOLANTE, P. 1993: The Weathering of Mafic Rocks by Lichens. *Lichenologist* 25(3): 285-297.

⁴ Bu terimlerin Türkçe okunuşları bulunamadığından İngilizce'leri yazılmıştır.

- ADAMO, P.; COLOMBO, C.; VIOLANTE, P. 1997: Iron Oxides and Hydroxides in the Weathering Interface Between *Stereocaulon vesuvianum* and Volcanic Rock. *Clay Minerals* 32: 453-461.
- ADAMO, P.; VIOLANTE, P. 2000: Weathering of Rocks and Neogenesis of Minerals Associated with Lichen Activity. *Applied Clay Science* 16:229-256.
- AGHAMIRI, R.R.; SCHWARTZMAN, D.W. 2002: Weathering Rates of Bedrock by Lichens: a Mini Watershed Study. *Chemical Geology* 188 (2002) 249-259.
- BJELLAND, T.; THORSETH, I.H. 2002: Comparative Studies of the Lichen-Rock Interface of Four Lichens in Vingen, Western Norway. *Chemical Geology* 192 (2002) 81-98.
- BRADY, P.; DORN, R.I.; BRAZEL, A.J.; CLARK, J.; MOORE, R.B.; GLIDEWELL, T. 1999: Direct Measurement of the Combined Effects of Lichen, Rainfall, and Temperature on Silicate Weathering. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol.63, No.19/20, pp.3293-3300.
- BÜDEL, B.; SCHEIDEGGER, C. 1996: Lichen Biology. Chapter 4, Page: 37-64, Edit: Nash,T.H., Cambridge University Pres, ISBN:0 521 45368 2 Hardback.
- CHEN, J.; BLUME, H.P.; BEYER, L. 2000: Weathering of Rocks Induced by Lichen Colonization A Review. *Catena* 39 (2000) 121-146.
- COCKELL, C.S.; STOKES, M.D.; KORSMEYER, K.E. 2000: Overwintering Strategies of Antarctic Organisms. *Environ. Rev.* 8: 1-19.
- ELIX, J.A. 1996: Biochemistry and Secondary Metabolites. Lichen Biology. Chapter 9, Page: 154-180, Edit: Nash,T.H., Cambridge University Pres, ISBN:0 521 45368 2 Hardback.
- FINEGOLD, L.; SINGER, M.A.; FEDERLE, T.W.; VESTAL, J.R. 1990: Composition and Thermal Properties of Membrane Lipids in Cryptoendolithic Lichen Microbiota from Antarctica. *Applied and Environmental Microbiology*. Apr. 1990. pp. 1191-1194.
- FRIEDL,T.; BÜDEL, B. 1996: Photobionts. Lichen Biology. Chapter 2, Page: 9-23, Edit: Nash,T.H., Cambridge University Pres, ISBN:0 521 45368 2 Hardback.
- HONEGGER, R. 1996: Mycobionts. Lichen Biology. Chapter 3, Page: 24-36, Edit: Nash,T.H., Cambridge University Pres, ISBN:0 521 45368 2 Hardback.
- HUNECK, S. 1999: The Significance of Lichens and Their Metabolites. *Naturwissenschaften* 86, pp. 559-570.
- MOTTERSHEAD, D.; LUCAS, G. 2000: The Role of Lichens in Inhibiting Erosion of a Soluble Rock. *Lichenologist* 32 (6): 601-609.
- NASH, T.H. 1996: Nitrogen, Its Metabolism and Potential Contribution to Ecosystems. Lichen Biology. Chapter 7, Page: 121-135, Edit: Nash,T.H., Cambridge University Pres, ISBN:0 521 45368 2 Hardback.
- PURVIS, O.W.; COPPINS, B.J.; HAWKSWORTH, D.L.; JAMES, P.W.; MOORE, D.M. 1992: The Lichen Flora of Great Britain and Ireland. The British Lichen Society. ISBN: 0 952304902.
- PURVIS, O.W.; HALLS, C. 1996: A Review of Lichens in Metal-Enriched Environments. *Lichenologist* 28 (6): 571-601.

RIOS, A.; WIERZCHOS, J.; ASCASO, C. 2002: Microhabitats and Chemical Microenvironments under Saxicolous Lichens Growing on Granite. *Microbial Ecology* (2002) 43: 181-188.

SILVA, B.; RIVAS, T.; PRIETO, B. 1999: Effects of Lichens on the Geochemical Weathering of Granitic Rocks. *Chemosphere*, Vol. 39, No 2, pp. 379-388.

SOUZA-EGIPSY, V.; WIERZCHOS, J.; GARCÍA-RAMOS, J.V.; ASCASO, C. 2002: Chemical and Ultrastructural Features of the Lichen-Volcanic/Sedimentary Rock Interface in a Semiarid Region (Almería, Spain). *Lichenologist* 34 (2): 155-167.

STEARNS, W.T. 1991: *Botanical Latin*. ISBN: 0-7153-8548-8.

STRETCH, R.C.; VILES, H.A. 2002: The Nature and rate of Weathering by Lichens on Lava Flows on Lanzarote. *Geomorphology* 47 (2002) 87-94.

TEHLER, A. 1996: Sytematics, Phylogeny and Classification. *Lichen Biology* Chapter 12, Page:217-239, Edit: Nash,T.H., Cambridge University Pres, ISBN:0 521 45368 2 Hardback.