

## KLOROPLASTLARIN VE MAVİ-YEŞİL ALGLERİN İNCE YAPILARININ MUKAYESESİNE GENEL BİR BAKIŞ

Doç. Dr. Bilgin TÖZÜN (\*)

Mavi-yeşil algler ile daha yüksek algler ve bitkilerin kloroplastları arasındaki benzerlikler, birçok seneden beri çeşitli seviyelerde müşahede edilmektedir. Mereschkowsky'nin teorisine göre kloroplastların endosimbiyotik mavi-yeşil alglerden hasil olması son yıllarda ince yapılarının ve fizyolojilerinin ışığında tekrar değer kazanmaktadır. Eukaryotik hücrenin çeşitli organelleri daha basit prokaryotik hücrenin hücresel muhteviyatının yavaş yavaş tahavvülü ile gelişir. Kloroplastların mümkün-endoplasmik orijini henüz bir tahminden ibarettir. Bu sebepten mavi-yeşil alglerin ve kloroplastların bir mukayesesine ihtiyaç vardır. Böyle bir mukayese bakteriler ve mitokondria için yapılmıştır. Mavi-yeşil alglerin ve kloroplastların biyolojisi hakkındaki araştırmaların eksikliği nedeni ile, burada yalnız ince yapıları bakımından gözden geçirileceklerdir.

### Tilakoidler

Mavi-yeşil algler ve kloroplastlarda esas fotosentetik yapı tilakoiddir. Tilakoid, farklı genişlikte aralık bırakan ve kenarlarda birleşen iki zardan müteşekkil bir tabakadır. Tilakoidlerin mavi-yeşil alglerdeki durumunda, kloroplastlarda olduğundan daha fazla bir varyasyon vardır. Fakat, bazı eukaryotik organizmaların kloroplastlarında ve bazı Rhodophyta'da, mavi-yeşil alglerdeki benzer şekilde tilakoid tanzimi görülür. Mavi-yeşil alglerin tilakoidleri hücrenin dışı bakan kısmında içinde olduğundan daha çok sayıdadır veya bazan tamamen periferaldir. Bu son duruma *Anacystis nidulans* bir örnek teşkil eder; bu türde tilakoidler paralel tabakalar halinde uzanırlar.

*Chlorogloea fritschlii*'de büyüme yerine ve çevre şartlarına tabi olarak çeşitli örnekler bulunmuştur. *Batrachospermum moniliforme*'de tilakoidler

(\*) Botanik ve Genetik Kürsüsü.

fasılsız tabakalar halinde değillerdir, bunlar fasıllı tabakalar teşkil eden büyük tübüllerden yapılmışlardır. Angiospermlerde, bazı tropikal türlerin (Şekerkamışı) "bundle sheat" hücrelerinin kloroplastlarının kesitlerinde gösterildiği gibi (LAETSCH 1969) tilakoid tanzimi mavi-yeşil alglerdeki benzerlik gösterir. Mavi-yeşil alglerde ve kloroplastlarda tilakoidlerin bazan çevre zarı ile veya sitoplasmik zar ile veya kloroplast çeperinin iç tabakası ile temasta oldukları veya ondan çıktıkları görülebilir. Sitoplasmik zar ve tilakoidler arasındaki direkt bağlantılar, mavi-yeşil alglerde çok enderdir. Mamafih, mavi-yeşil alglerde tilakoid teşekkülünü başlatan sitoplasmik zar invaginasyonları, birçok kişi tarafından zikredilmiştir. Mavi-yeşil alglerde ve kloroplastlarda tilakoidler bazan büyük tabakalardan ziyade çok sayıda ufak yapılar halinde meydana gelir ve durumları da farklıdır. Anastomoz gösteren tilakoidler, hem mavi-yeşil alglerde hem de kloroplastlarda gösterilmiştir. Tilakoidlerin sık retikülasyonu (şebekleşmesi-ağ gibi olma) *Chlorogloea fritschii*'nin bazı hücrelerinde görülmüştür. Elektron migrografları ile, mavi-yeşil alglerde ve kloroplastlarda, tilakoidin iki zarı arasında uzanan vesiküller gösterilmiştir, fakat bunların varlıkları kullanılan fiksasyon teknikleri ile mübalaaya uğramaktadır. Belirgin vesiküller *Anabaena*'nın sp. çok yaşlı hücrelerinde görülür (LANG ve RAE 1967). Kloroplastlarda büyük intratilakoidal vesiküllerin sayıları hücrelerin yaşlanması ile ilgilidir. Meselâ yaşlanan *Phaseolus* yapraklarının mesofil hücrelerinin kloroplastlarında şişmiş tilakoidler vesiküller meydana getirir. Mamafih, intratilakoidal vesiküller bütün yaşlanan hücreler için karakteristik değillerdir. Mavi-yeşil alglerde, intratilakoidal vesiküller, ışık mikroskopunda bir tip vakuol ile benzer gözükürler. İntratilakoidal vesiküllerin, mavi-yeşil alglerde ve kloroplastlardaki internal durumları hakkında hiçbir bilgi yoktur.

#### **Hudut Tabakaları**

Tilakoid tertibinin aksine, mavi-yeşil alglerde ve kloroplastlarda hudut tabakaları daha fazladır. Mavi-yeşil algler tek bir "unit membran" yapısı ile (sitoplasmik membran) çevrilidir, bunun dışında çeşitli diğer tabakalar uzanır. Birçok yazar bunları 3 tabaka olarak tasvir eder: Dış, orta ve iç. Bunlardan başka bir de yapışkan bir tabaka bulunur. Birçok araştırmacı, kloroplastın bir çift zar ile ihata edildiğini iddia etmektedir. Mamafih, kloroplastların hudut tabakaları bazı varyasyonlar gösterir. Nukleus ve mitokondrianın bazı fiksatifler ile çift zarlı olduğu görülebildiği halde, kloroplastlar koyu renk bir çizgi ile ihata edilirler. Daha sonraki çalışmalarla, kloroplast zarfının eşit kalınlıkta üç membrandan ibaret olduğu bulunmuştur, bunlar bazan çok buruşuk ve zarfın kalınlığı da değişkendir; tilakoidlerin de genişlikleri değişir, fakat zarfın eni, tek bir tilakoidin eninden daha azdır.

#### **Plastoglobüller**

Bunlar OsO<sub>4</sub> ile fiske edilmiş mavi-yeşil alg hücrelerinde dağınık koyu ya-

pıllardır, ve genellikle lipid-yapılar denir, PANKRATZ ve BOWEN (1963)a göre ise bunlar  $\beta$ -granülleridir;  $\beta$ -granüllerini *Symploca muscorum*'da enine çeper bölgesinde tilakoidler arasında bulmuşlardır, bunlar çapları 30-90  $\mu$ m arasında değişen küresel granüllerdir. Buna benzer yapılar kloroplastlarda da vardır.

Periferde sık, iç kısımda daha seyrek ve kesitte gayrimuntazam dalgalı şekilde gözüktürler. LICHTENTHALER (1968) bu yapıların plastidlerde teşekkülünü incelemiş ve "plastoglobül" terimini kullanmıştır, kloroplastlarda stromada meydana gelir ve tilakoidlerle doğrudan doğruya bir münasebeti yoktur. En ufak olanları (30-100  $\mu$ m çapında) koyu siyah küresel yapılardır. Fakat daha büyük olanları muntazam olmayan bir siyahlık gösterirler ve plastidin uzun eksen boyunca uzamışlardır. Ortalama uzunluk genişliğin 1,5 kadardır. Koyu boyanmış plastoglobüller bir hudut membran ile çevrilmezler. Mavi-yeşil alglerde plastoglobül, hücrenin tilakoid bölgesinde bulunur fakat tilakoidler ile irtibatları yoktur. Yüksek bitkilerde plastoglobüllerin ölçüleri bitkinin yaşına ve fizyolojik durumuna bağlıdır. Genel olarak şöyle denilebilir: Genç kloroplastlarda plastoglobül mavi-yeşil alglerde bulunan ile benzer orandadır.

### Fukobilisomlar

Mavi-yeşil alglerde fukobiliprotein ihtiva ettiği düşünülen yapılar, ölçü ve tertip bakımından kısmen Rhodophyta'da bulunan yapılara benzerler. Bunlar GANTT ve CONTI (1966) tarafından *Porphyridium cruentum*'da incelenmişlerdir. Bu araştırmacılara göre, bu yapılar hücrede fukobiliprotein yerleridir, ve fukoeritrin taşıyan bütün kırmızı algler benzer granüllere sahiptir. *Porphyridium aerugineum* fukobiliprotein olarak fukosiyanın ve farklı tipte granül taşır. Fukobiliprotein ihtiva eden granüller buldukları bütün organizmalarda benzer şekillerdedir ve aralarında prodominant pigmente göre fark gösterirler. Kimyasal analizlerden bilindiğine göre, *Anacystis nidulans* gibi bazı mavi-yeşil algler, çok yüksek oranda fukosiyanın ihtiva etmektedir; bu miktar fukobilisomlarda bulunması beklenenden çok fazladır. Bu durumda fukosiyanın hücrenin herhangi bir yerinde yerleştiği ortaya çıkmaktadır.

### Polihedral Cisimler

Polihedral elektron-kesif cisimler mavi-yeşil alglerin periferik olmayan kesitlerinde görülebilirler ve genellikle nukleoplasm ile bitişik gözüktürler. Bunlar

için "polifosfat cisimler" terimi kullanılmıştır, fakat polifosfat cisimlerin ve polihedral cisimlerin farklı yapılar oldukları da ileri sürülmektedir. Teşekkülleri ve ölçüleri hücrenin yaşına, gelişme durumuna ve ortamın fosfat muhteviyatına bağlıdır. Polihedral cisimler genellikle heterosistlerde azalmıştır veya hiç bulunmaz. Diğer taraftan, hemen hemen bütün serbest mavi-yeşil alg hücrelerinde vardır. Buna benzer yapılar bazı bakterilerde de bulunmuştur. Kloroplastlarda polihedral cisimlere benzer yapılar görülmemiştir. *Nostoc sphaericum*'da meydana geldikleri halde, Cyanocyta ve Skujapelta gibi cyanellerde tipik polihedral cisimler bulunmazlar. Cyanellerde özellikleri bilinmeyen farklı yapılar vardır. Mavi-yeşil alglerle çalışanların çoğu  $\pm 23-30 \mu\text{m}$  çapında küresel veya uzun granüllerden bahsetmekte ve bunların poliglukosid yapısında olduklarını düşünmektedir. Bu ölçü hem tilakoidlerinkine hem de fukobiliprotein cisimlerininkine yakındır. Bu granüller  $\text{KMnO}_4$  ile fikseden sonra iyi muhafaza edildikleri halde fukobiliprotein cisimler öyle değildir. Başka tip depo-cisimleri de mavi-yeşil alglerde mevcuttur. En çok tanınanları siyanofisin granülleridir; bu proteinli bir yedek maddedir, ışık mikroskopunda çok ışık kırıcı (refraktif) olarak gözükür.

### Gaz - Vakuolleri

Oldukça farklı bir yapıdır. Kloroplastlarda bulunamamıştır fakat mavi-yeşil alglerde çok görülür. Bir varsayım göre, gaz vesikülleri simbiyotik bir virüs ile alelade bir mavi-yeşil alg hücresinin birliğinden gelişirler. Bunlar vesiküllerden yapılmış olup bir zar ile çevrilidir ve mavi-yeşil alglerde silindirik şeklindedir. Gaz silindirleri kümeleşmemiş, seyrek halde belirgin olurlar. Birçok planktonik eukaryotik algin ince yapısı santrifugasyon esnasında tahrip olmakta ve gaz silindirleri de bozulmaktadır. Gaz silindiri olan formlar, Chlorococcales'in en ufak hücreli olan üyeleridir ve birçok eutropik sularda mevcuttur.

### Diğer Cisimler

Kloroplastların depo mahsülleri, gerek görünüş ve gerek tertip bakımından mavi-yeşil alglerdekinden oldukça fazladır. Birçok algal kloroplast depo-granülleri taşımaz (plastoglobüllerden başka). Yalnız bazı hallerde bir pirenoid taşırlar. Bu cismin yapısı gruptan gruba değişir, fakat tipik olarak koyu bir matriks ihtiva eder ve aralıklı tek tilakoidler ile katedilir. Chlorophyta'da polisakkarid taneleri kloroplast içinde pirenoidlerin mevcut olduğu yerde teşekkül eder. Polisakkarid tanelerinin kloroplastın içinde meydana gelmesi Chlorophyta'yı diğer eukaryotik alg sınıfindan daha fazla mavi-yeşil alglere benzeten bir özelliktir. Başka çeşit yapılar da zikredilebilir. Bazı yeşil algler için çok enterasan olan mikrotübül - benzeri yapılar, mavi-yeşil alglerde yoktur.

## BIBLIYOGRAFYA

- 1 - GANTT, E., ve S. F. CONTI (1965) : The ultrastructure of *Porphyridium cruentum*. J. Cell Biol., 26: 365-381,
- 2 - LAETSCH, W. M. (1969) : Relationship between chloroplast struure and photosynthetic carbon fixation pathway. Sci. Prog. Oxf., 57 : 323-351,
- 3 - LANG, N. J. ve P. M. M. RAE. (1967) : Structures in a blue-green alga resembling prolamellar bodies. Protoplasma 64 : 67-74,
- 4 - LICHTENTHALER, H. K. (1968) : Plastoglobuli and the fine structure of plastids. Endeavour 27: 144-149,
- 5 - PANKRATZ, H. S., ve C. C. BOWEN. : (1963). Cytology of blue-green algae. I. The cells of *Symploka muskorum*. Amer. J. Bot., 50:387-399,
- 6 - WHITTON, B. A., N. G. CARR ve I. W. CRAIG. (1971) : A comparison of the fine structure and nucleic acid biochemistry of chloroplasts and blue-green algae. Protoplasma 72:325-357