

FOTOSENTETİK ORGANELİN İNCE YAPISI VE GELİŞMESİ

ULTRASTRUCTURE AND THE DEVELOPMENT OF PHOTOSYNTHETIC APPARATUS

Doç. Dr. Bilkân CİRELİ

Ege Üniversitesi, Genel Botanik Kürsüsü

Bitki hücrelerinin en karakteristik özelliklerinden biri plastidlere sahip olmalarıdır. Plastidler elektron mikroskobun keşfine kadar hücre sitoplazmasında oldukça basit yapıda, renkli veya renksiz tanecikler olarak nitelendirilirken, bu aletle yapılan çalışmalarla kompleks bir yapıya sahip organeller olduğu anlaşılmıştır. Aynı zamanda kimyasal bileşimleri de tespit edilerek, bu yönden de hareket mekanizmaları açıklanmağa çalışılmıştır.

Plastidler çeşitli özelliklerine göre tasnif edilirler. Genellikle morfolojileri ile ve fizyolojik görevlerine uygunluk gösteren renklerine göre yapılan tasnif esas kabul edilmiştir.

Renklerine göre üç tip plastid ayırılmaktadır :

1. Kloroplastlar.
2. Kromoplastlar.
3. Levkoplastlar = Renksiz plastidler.

Bunlardan renkli olan ilk iki tipi ifade etmek için müşterek kromatofor terimi de kullanılmaktadır.

Fotosentetik bakımdan inaktif olan kromoplastlar karotin ve ksantofil ihtiva ederler ; turuncu veya sarı renktedirler. Birçok bitkilerin belirli kısımlarında, mesela taç yapraklarına, meyvelere ve bazı yumrulara karakteristik rengini vermektedirler. Fotosentez bakımından aktif olan kromoplastların hepsi, sadece bakteriel plastidler hariç olmak üzere, klorofil a maddesi ihtiva ederler. Ayrıca bölüm ile ilgili olarak diğer ilave klorofilleri, karotinoidleri ve fikobilini bünyelerinde taşıyabilmektedirler. Buna göre de renkli plastidler şu şekilde adlandırılırlar :

1. Kloroplastlar, 1/2 veya 1/3 oranında klorofil a ve b ihtiva eden yeşil renkli plastidlerdir. *Chlorophyceae*'nin ve bütün *Metaphyta*'nın fotosentez yapan renkli plastidleri bu nevidendir.

2. Feoplastlar, *Phaeophyceae* sınıfına has olup, karotinoidler, klorofil a ve biraz da c ihtiva ederler. Renkleri, karotinoidlerden dolayı tam yeşilden ziyade biraz kahverengine çalar.

3. Rodoplastlar, kırmızımtrak renkleri ile *Rhodophyceae*'ye mensup bütün algler için karakteristiktirler. Fikobilin, fikoeritrin, klorofil a ve eser miktarda d ihtiva ederler.

4. Mavi-yeşil kromatoforlar : Bilhassa *Cyanophyceae* için karakteristik olup, klorofilden başka ilaveten fikosiyanın ve fikoeritrin ihtiva ederler.

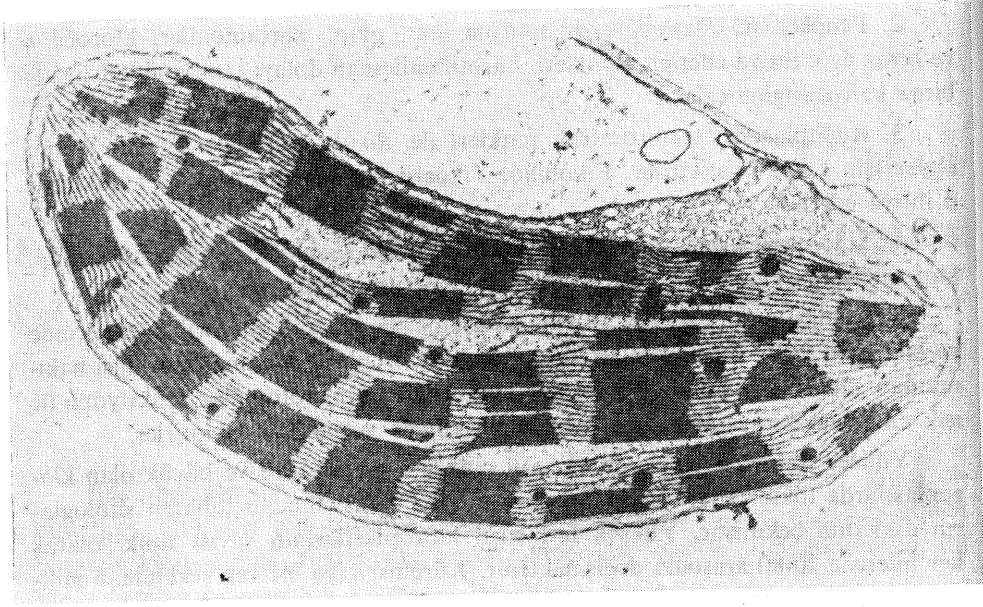
Kloroplastlar bilhassa fotosentetik dokularda, yaprak mezofil hücrelerinde ve bitkilerin diğer yeşil kısımlarında bulunurlar. Bunlar beslenme fizyolojisi bakımından bitkisel hücrelerin en önemli organelleri olup, fotosentez reaksiyonu ile ışık enerjisini kimyasal bağlar halinde biriktirme yeteneğine sahiptirler.

Yüksek bitkiler ve alglerde klorofil maddesi gayet belirli ve büyük olan kloroplastlarda lokalize olmuştur. Bu durum daha 1800 yılından itibaren sitologların dikkatini çekmiştir. Yüksek bitkilerin kloroplastlarının sayısı tipik olarak her hücrede 20-80 arasında değişmektedir. Küremsi veya merccek şeklinde, 5 mikron çapında ve yaklaşık 3 mikron kalınlığında oluşumlardır. Halbuki alglerin çoğunda bir veya birkaç kloroplast mevcuttur ; bunlar da yıldız, spiral veya çan şeklinde olabilirler.

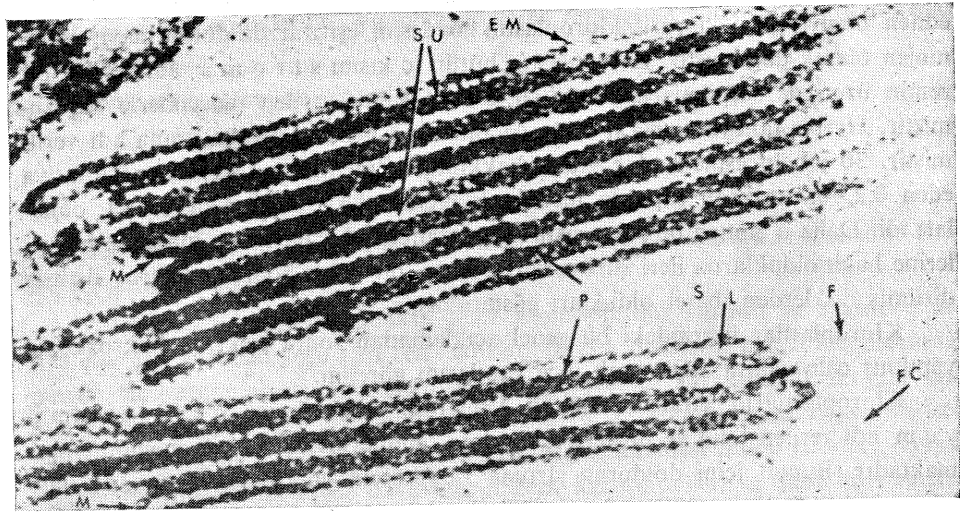
Kloroplastların yapısı üzerindeki ışık mikroskopik araştırmalardan elde edilen bilgiye göre klorofil, kloroplastın gövdesini eşit tarzda doldurmayıp inhomojen olarak dağılmıştır. Kloroplastın bütün iç kısmı *stroma* adı verilen bir zemin üzerinde serpilmiş koyu renkli *grana* adı verilen taneciklerle kaplanmıştır. Herbir taneye «*grana*» ve tanelerin hepsine birden *grana* adı verilmiştir. 30 yıl öncesine kadar *grana* hakkında bilinenler, bunların klorofil ihtiva eden 0,2 - 0,7 mikron çapında mercimek biçimindeki tanelerden ibaret olmaları idi. Daha o zaman birçok araştırmacılar *grana*'nın bir nevi ince ipliklerle birbirlerine bağlı olduklarını ileri sürüyorlardı. Kısa bir süre sonra bunların üstüste dizilmiş disklerden ibaret oldukları gösterilmiştir.

Kloroplastlar üzerindeki bu genel açıklamadan sonra elektron mikroskopla yapılmış çalışmalara dayanarak ince yapılarını görelim.

Kloroplastların etrafını 90-100 Angström kalınlığında *peristromiyum* adı verilen lipid ve protein tabiatında semipermeabl bir çift membran sarmaktadır. Bunun içini dolduran stroma ise protein yapısında bir madde olup bünyesinde küçük granüller, osmiofilik damlalar ve nişasta taneciklerini ihtiva etmektedir. Stroma içine gömülü olarak da plastidin genişliği boyunca uzanan çift membranlardan ibaret bir lameller sistem mevcuttur. Bunlar 20-30 Angström kalınlığında stroma lamelleri adı verilen daha az yoğun bölgelerle, 40-60 Angström kalınlığındaki ve *grana* lamelleri adı verilen daha yoğun bölgeler ha-

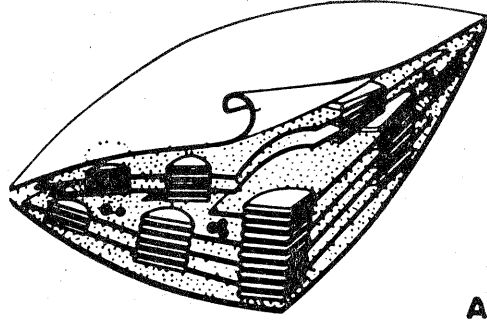


Şekil 1 : *Zea mays* kloroplastının ince kesitinde elektron mikroskobu ile grana ve stroma lamellerinin görünüşü; 32.000 ×. (Shumway ve Weier'e göre, 1967; DuPraw'dan).

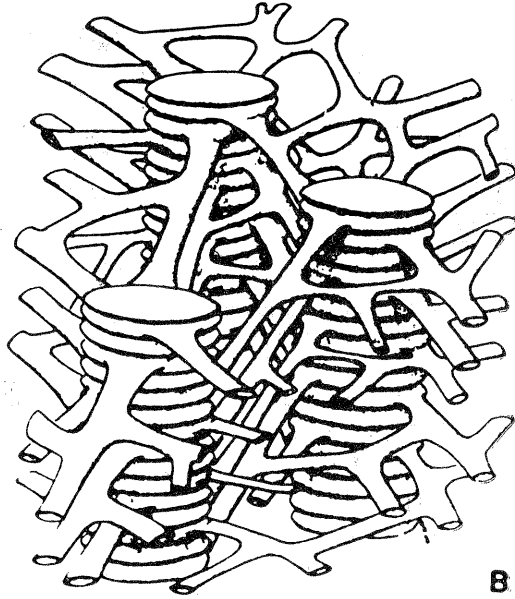


Şekil 2 : *Phaseolus vulgaris*'de grana lamellerinin mikrografı. Işık ve karanlık merkezleri havi sferoidlerden müteşekkil membranlar görülüyor; 250.000 × . P : Partisyon (Birbirine sıkıca yaklaşmış iki tabakanın partiküllerini ihtiva eder), EM : En dış membran, M : Marjin, F : Stroma lameli (Tek bir tabaka ihtiva eder), L : Lokuli, EC : Aradaki kanallar, S : Stroma (Weier ve Benson'dan, 1966).

linde farklılaşmıştır. Grana ve intergranal alanlar beraberce tilakoid sistem adını alır. Böyle bir granum bölgesindeki herbir yoğun çift membran yapısı bir disk olarak adlandırılmaktadır. Bunların sayısı granumlara göre değişmektedir. Bu diskler bazen bütün kloroplastın yüksekliğinde olmasına rağmen, bazen de bu yüksekliğin 1/4 - 1/5 ini kapsıyacak boydadır. Her bir granum sütununun 10-100 arasında diske sahip olduğu ve her bir disk çapının 0,3-1,0 mikron olduğu bildirilmektedir. Bu iki disk arası bazen birbirine yapışık görünecek kadar dardır. Aradaki mesafenin bu kadar yakın olması diskler arasında ışık enerjisinin nakline hizmet bakımından bir ilişki olabileceğini düşündürmüştür (Şekil : 1).



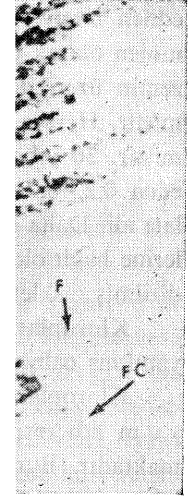
A



B

Şekil 3 : Kloroplastların iç yapılarını ve grana yerleşmesini gösteren şema. B : Granumun membranöz bölümleri ile birleşmiş 3 granumun ultrastrüktürel diyagramı (Weier, Stocking, Thomson ve Drever'e göre; DeRobertis ve ark.'dan, 1965).

a ve stroma lamel-
DuPraw'dan).



c merkezleri havi
n (Birbirine sıkıca
ran, M : Marjin,
ki kanallar, S :

Daha sonraki yıllarda yapılan araştırmalara göre kloroplastların ince yapısı hakkındaki görüşlere yenileri eklenmiştir. Bu yeni açıklamalarda bazı yeni terimler kullanılmıştır. Buna göre granum bölgelerindeki elektronca yoğun hatlar veya plaklara partiyon ve bunların kenarları ile çevrilen elektronlarca transparan alanlara da lokuli adı verilmiştir. Partiyon, kenar ve lokuli beraberce bir kompartıman teşkil etmektedir. Granumların birbirine bağlanmış olduğu intergranal alanlarda yassılaşmış tüplerden ibaret ve anastomozlar yapan bir sistemin varlığı da ortaya konmuş, bu kanallara da ağımsı yapılarına dayanarak ağ rgs (Fretwork veya network) adı verilmiştir (şekil : 2).



şekil 4 : *Cyanophyceae*'den *Oscillatoria* hücresinde tilakoidlerin görünüşü (Ohmann'a göre Bielka'dan, 1969).

şekilde de görüldüğü gibi komşu iki lokuli arasında ilişki vardır. Böyle son yıllarda yapılan elektron mikroskopik çalışmalara göre granal ve strom membranların eskiden zannedildiği gibi tamamen farklı teşekküller olmadığ bir membran sisteminin iki modifikasyonu olduğu ve granumların üstüste dizmiş bağımsız disklerden meydana gelen sütunlar olmayıp, kompartımanlara ayrımiş bir silindir şeklinde oldukları ve bu kısımların hepsinin birbirleri ile irtibat olduğu gösterilmiştir (şekil : 3).

Yukarıda belirtilen i membranlar sistemi organizmalarda farklı sistem seviyede ve gelişim kademelerinde çok değişik görünümde olabilir. Fakat bug

ının ince yapısı azı yeni terim-
gun hatlar veya
onlarca trans-
okuli beraberce
ine bağlanmış
omozlar yapan
apılarına daya-
(Şekil : 2).

bilinmektedir ki, şimdiye kadar araştırılan bütün fotosentetik membran sistemleri dış görünüşlerdeki değişikliklere rağmen ortak bir moleküler yapı prensibine sahiptir.

Bu arada klasik yapıya uymayan değişik tiplere örnek verebiliriz : Meselâ, *Cyanophyceae* hücresinde tilakoidler hücre plazmasında teker teker lokalize olmuştur. Bir kloroplast membranı vasıtası ile hücrenin diğer kısımlarından ayrılmış bir kloroplasttan burada bahsedilemez (Şekil : 4).

Fakat *Rhodophyceae* ve *Chlorophyceae*'de bir kloroplast olduğu halde, burada membranlar sistemi kloroplastı boylu boyunca kateden kesintisiz lamellerden yapılmış tilakoid sistemi halindedir.

Bu yapıların yanında bakterilerdeki fotosentetik organelin çok daha basit olduğu tespit edilmiştir. Meselâ erguvansı bakterilerin submikroskopik yapısında, bunlar ya küçük birbirine bağlı keseciklerden ibaret bir sistemden meydana gelmiştir yahut da birbiri üzerinde duran yassı membran cepciklerinden ibarettir. Birinci tipte olan keseciklerin çapları 50-100 nm dir. Her iki sistem bakterilerin sitoplazmik membranından invaginasyon suretiyle meydana gelir. Bu fotosentetik organellerin bakterilerde basit veziküller, mavi-yeşil alglerde serbest lameller, yüksek alglerde lamellerle kuşatılmış kloroplastlar, gelişmiş bitkilerde grana ihtiva eden kloroplastlar halinde olması bunların filogenetik bir silsile takip ettiği fikrini vermektedir.

Kloroplastlardaki lameller sistemi gözden geçirdikten sonra stroma muhteviyatını da belirtmemiz gerekir :

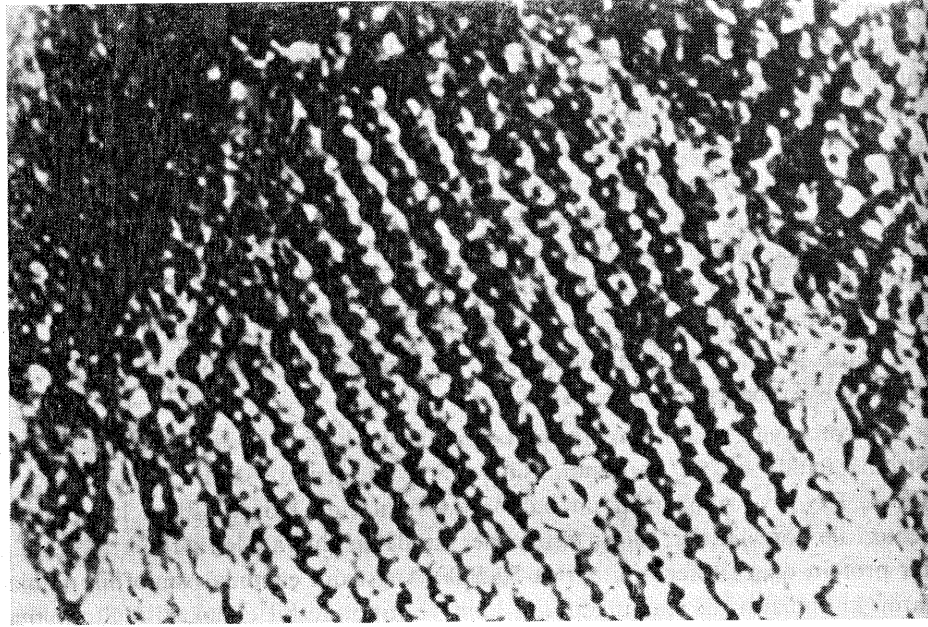
Stroma yüksek bir protein miktarı ile sentetik bir yönetim gücüne sahiptir. Stroma içinde sadece karbondioksit redüksiyon enzimi lokalize olmayıp ayrıca DNA, RNA ve ribozomlar da bulunur ki, bunlar da kloroplastlara has protein sentezi ile görevlidirler. Diğer cisimcikler ise demir ihtiva eden yüksek moleküllü bir protein olan fitoferritin, ayrıca 50-5000 Angström çapında osmiofilik damlacıklardır ki bunların da esas maddesini lipid ve kinon teşkil etmektedir. Stromanın diğer önemli bir elementi de burada sentez edilen asimilasyon nişasta granullarıdır.

FOTOSENTİK AYGITIN MOLEKÜLER YAPISI

Tilakoidlerin moleküler yapısı üzerindeki görüşler birçok araştırmalara rağmen hala tartışma konusudur. Fakat genellikle grana membranlarının iç yüzeylerinin granüler bir organizasyon gösterdikleri tespit edilmiştir. Özel bazı teknikler ile kloroplastların muamelesinde lameller sistemin elementer yapı taşları hazırlanmış ve bunlara kuantozom adı verilmiştir. Kuantozomlar elektron optik yönden de gösterilebilmiştir. Bu oluşumlar yaklaşık 180 Angström çapında ve 100 Angström kalınlığında substrüktürel yapılar olup, partikül ağırlığı 2 mil-

yondur, kitlesinin % 52 si lipidlerden teşekkül etmiştir. Hill reaksiyonu yeteneğindedirler ve ilâve edilen CO₂ i tespit ettikleri de gösterilmiştir. Böylece kuantozomların fotokimyasal reaksiyonda iştiraki olan en küçük üniteler olduğu kabul edilmekte ve 200-300 kadar klorofil molekülü ihtiva ettikleri, bunun da 10 tanesinin diğer pigmentler ve muhtemelen bir sitokrom-c molekülü ile birlikte kuantal enerjinin tutulmasına yardım ettiği bildirilmektedir (Şekil : 5).

Sitokrom f ve b yüksek bitkilerin kloroplastları için çok tipiktir. Bunların bitki hücrelerinin diğer hiçbir strüktüründe bulunmadığı zannedilmektedir. Sitokrom oksidaz kloroplastlarda bulunamamıştır. Bu organellerde solunum olayının olmadığı kabul edilmektedir. Buna rağmen elektron mikroskobik yapısal



Şekil 5 : Granada kuantozomları gösterir resim; 140.000 ×. (Park'a göre; Bielka'dan).

görünüşler fonksiyonel durumu henüz tam açıklayamamıştır. Fakat kuantozomların biyokimyasal analizleri gösteriyor ki, bunlar yukarıda bahsedilen fotosentetik ünitelerin morfolojik görünüşleridir. Bu partiküller aynı zamanda fotosentetik elektron taşınmasına ve ışık enerjisinden kimyasal enerjiye dönüşümlerde de rol oynayan ünitelerdir.

PLASTİDLERİN GELİŞMESİ

Elektron mikroskobunun yardımı ile yalnız fotosentetik aygıtın yapısı ile ilgili tatmin edici bilgiler elde edilmeyip geliştirilen araştırmalarla bu yapıların gene

iyonu yeteneğince kuantozomluğu kabul edilmediğinde 10 tanesinin içinde kuantal enerjisi saklanır.

piktir. Bunların dilmektedir. Silole solunum olayı oskobik yapısal



öre; Bielka'dan).

kat kuantozom-sedilen fotosensitizasyon zamanında fotosentez dönüşümü

n yapısı ile ilgili yapıların genel

zine ait taslaklar da ortaya konmuştur. Gelişmenin çıkış noktalarını proplastidler teşkil eder. Bunlar içerisindeki gelişme, mitokondriyumların gelişmesi gibidir. Yani proplastidin büyüklüğü henüz çok fazla artmamış iken iç plastid membranının plastid içine doğru tüpçük tarzındaki invaginasyonu ile başlar. Gelişmenin ileri kademelerinde bu tüpçükler keseciklere parçalanır. Bunlar ise kloroplastın yüzeyini artırır ve tilakoid membranlarının tomurcuklanması ile tilakoid içinde bir çoğalma safhasını yönetir, onun sonunda da grana teşekkül eder. Bu bilgilere rağmen grananın teşekkülünün seyri ve tarzı üzerindeki birçok sorular henüz tam olarak cevaplandırılmamıştır. Fakat stromadan membranların yeniden teşekkül etmediği bir gerçektir. Daima özel membran gelişme safhaları ya kloroplast membranında yahut daha önce mevcut tilakoidlere ilâve sureti ile meydana gelmektedir. Plastid içindeki bahis konusu edilen invaginasyon olayları yanında kloroplastlarda çok tabakalı bir organizasyonun meydana gelmesinde üstüste kayma safhalarının da dikkate alınması gerekmektedir. Bu tilakoid membranlarının üstüste düzenlenmesine bir başlangıç noktası teşkil etmektedir. Öyle ki bir granum tilakoidinin iç boşluğu altalta ve tabaka tarzındaki membranel yapısı komşu granumun tilakoidi ile bir bağlantı kurabilir.

Plastidlerin karanlıkta gelişmesi farklı şekilde ceryan eder. Plastid membranının iç tabakasından hasil olan veziküller yassılaşıp düzgün hatlar halinde dizilecekleri yerde, sferik hallerini muhafaza edip merkezi kısımda biraraya gelirler. Bu formasyona primer granum, prolameller cisim veya proplastid merkezi gibi çeşitli adlar verilmiştir. 3 - 10 gün karanlıkta gelişen bitkilerin proplastidlerin merkezini teşkil eden veziküller, birbiri içine akmak sureti ile helezoni tübüllerden ibaret bir kristal kafes yapısı meydana getirirler. Bu durumdan sonra gelişme hala karanlıkta devam ediyorsa, bu kafesle ilişkili olarak miyelin figürlerini andıran konsantrik lameller hasil olmaya başlar. Zamanla kafes ortadan kalkar, sadece konsantrik lameller kalır.

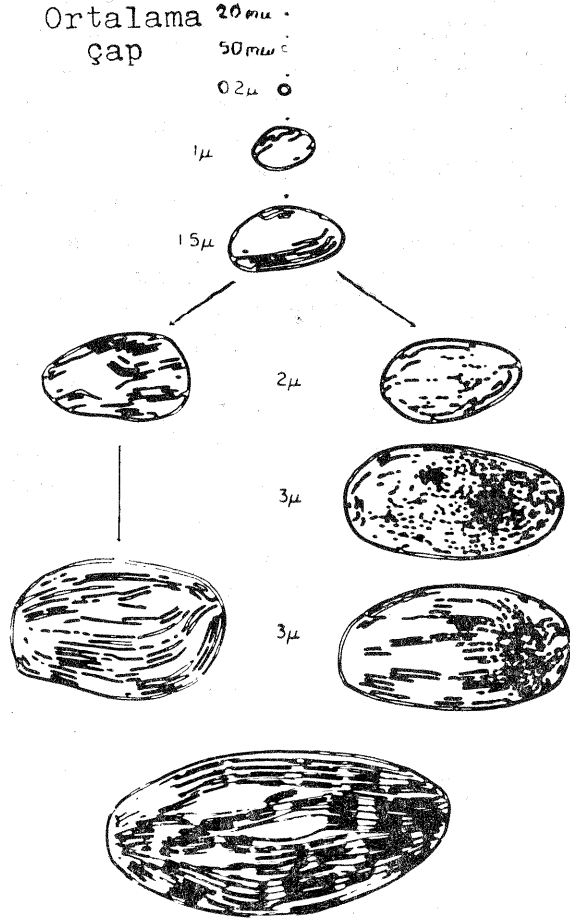
Primer granumu havi kloroplastlar ışığa maruz bırakıldıklarında gayrimuntazam olan veziküllerin tabakalar halinde dizildiği ve bu olayın muhakkak surette ışık ile ilgili olduğu tespit edilmiştir (Şekil : 6 ve 7).

Kloroplastın normal gelişme kademeleri, bilhassa tabakalaşması her objede farklı fizyolojik şartlara bağlıdır. Fakat bunlarda tam olarak ayrıntısı ile bilinmemektedir. Kloroplastın gelişmesi hücrenel bir düzene dayanır. Grana teşekkülü için her durumda bir protein sentezi ve ekseri safhalarda da kâfi bir ışık alınımı şarttır. Karanlıkta uygun olmayan ısı şartlarında, genetik ket vurmada, yahut da zehirlenmede tipik membran teşekkülü meydana gelmez. Buna rağmen karakteristik yapıların teşekkülünde proplastid merkezi yahut prolameller cisimcik tanınır. Prolameller cisimciğin ince yapısı farklı olabilir. Genellikle çok az teripleşmiş bir vezikül topluluğundan ibarettir. Bu arada kristal ağ manzarasındaki

tertiplenmeler de tanınabilir. Belki de bunlar bazı araştırmacılara göre tübüllerin yüksek seviyede bir gelişim merkezini teşkil ederler.

Prolameller cisimcikler levkoplastlar için tipiktir. Zira bitkilerde depo nişastasının sentezini bu noktalar üzerine almıştır. Müteakiben ışıklandırmada prolameller cisimciklerin organizasyonunun bozulmasına sebep olur. Kısa zamanda prolameller kaybolur ve onun yapısal elementleri tilakoid yüzeylerini teşkil ederler. Tilakoidlerin gelişmesi ve klorofil sentezi kademeli şekilde bağdaştırılır.

Bazı alglerde ve *Conifer*'lerin embriyolarında tamamen karanlıkta dahi normal klorofil muhteviyatı ile kloroplastlar ve tamamen gelişmiş tilakoid sistem

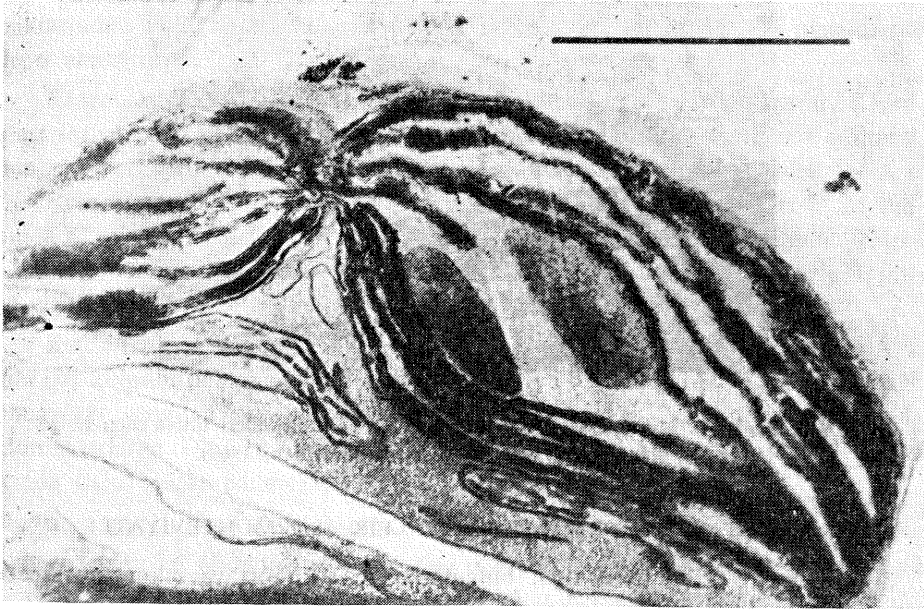


Şekil 6 : Bir proplastidden aydınlıkta ve karanlıkta plastidin gelişmesinin şeması (Mühlethale ve Frey-Wyssling'e göre, 1959; Park'dan).

göre tübüllerin
erde depo nişas-
andırmada pro-
. Kısa zamanda
erini teşkil eder-
şekilde bağdaş-
nlıkta dahi nor-
tilakoid sistem

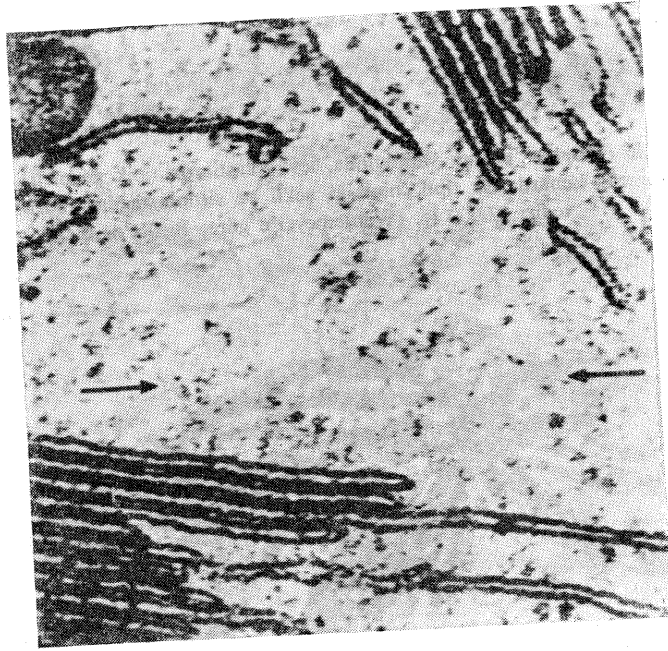


Şekil 7 : Etiyole *Phaseolus* primer yaprağında, levkoplastlarda tipik geometrik şekilde prolameller cisimcik, kenarda ise tipik tilakoid şekli ve sitoplazmada ribozomlar görülmektedir; 27.000 \times . (Wehremeyer'e göre; Bielka'dan).



Şekil 8 : *Chlorella*'da kloroplastın bölünmesi (Stetler'e göre; Park'dan).

teşekkül eder. Bu da gösteriyor ki ışık sadece çözücüdür ve özel indüksiyonlar muhtemelen maddeler üzerinde sonuçlanır. Proplastidlerden tam olarak olgunlaşan kloroplastların çoğalmaları, yüksek bitkilerde ortadan ikiye bölünmek suretiyle olmaktadır (Şekil : 8). Ötedenberi bilinmektedir ki hücre bölündüğü zaman kloroplast da bölünmektedir. Bölünmenin değişik bitkilerde 7-8 saatten 1-2 veya 7-8 güne kadar devam eden bir zaman içinde olduğu gözlenmiştir. Kloroplastların bölünmesi kromozom bölünmesi gibidir. Kloroplast ihtiva eden gametlerin eşeysel birleşmesi sonunda kloroplast diploid hücreleri meydana gelmektedir. Bazı klasik çalışmalar, bu olayın gerçekten meydana geldiğini ve meiotik bölünmeye analog olan kloroplast redüksiyonu olayı ile ilgili olduğunu belirtmektedir. Kloroplast karakterleri nuklear genler tarafından etkilenmektedir. Klorofil, karotinoid ve bazı fotosentetik elektron taşıyıcılarının sentezinin de nuklear genlere bağlı olduğu bildirilmektedir.



Şekil 9 : *Zea mays* kloroplastlarında, stromada DNA molekülleri ihtiva eden bölge ; 67.000 \times . (Shumway'a göre; DuPraw'dan, 1969).

FOTOSENTETİK ORGANELİN NUKLEİK ASİT MUHTEVİYATI

A. DNA : Genetik ile ilgili bulgularda şu soru ortaya çıkmıştır: Acıplastidlerin genetik sistemi, hücre çekirdeğinin aynı tarz prensipleri ile karşıla

redüksiyonlar muh-
olarak olgunlaşan
ölünmek suretiyle
düğü zaman klo-
saatten 1-2 veya
tır. Kloroplastla-
eden gametlerin
ana gelmektedir.
ve meiotik bölün-
nu belirtmektedir.
dir. Klorofil, ka-
de nuklear gen-

rılabilir mi ve muhteviyatındaki aktif DNA dan protein sentezine kadar olan safhalar aynen ceryan etmekte midir?

Plastidlerdeki DNA nın mevcudiyeti uzun süredir tartışma konusu olmakta idi. Son yıllarda metodik güçlüklerin çözümlenmesinden sonra yapılan araştırmalarla bünyelerindeki çok az miktardaki DNA muhteviyatı da ispatlanabilmiştir (Şekil : 9).

Elektron mikroskopik resimlerde sayısız plastid stromasında 25-30 Angström kalınlığında iplikler görülmektedir. Bunlar desoksiribonukleaz muamelesi ile kaybolurlar. Bu alanlar Feulgen ile pozitif reaksiyon verirler. Şu halde bu ipliksel komponentler DNA yı temsil etmektedirler.

DNA mevcudiyetinin plastidlerde ispatından elde edilen bulgular ilgi çekicidir. Timidin, kloroplastlarda toplanabilen özel yapıtaşdır. Eğer genç tütün yapraklarına ve *Spirogyra*'ya etiketlenmiş radyoaktif timidin verilirse, mikrootografi metodu ile bunlar plastid DNA sında ispatlanır. Fakat gelişmiş yaprakların kloroplastlarında ispatlanamamıştır.

Wollgien'in bildirdiklerine göre *Euglena* ile yapılan çalışmalarda plastid DNA sının çekirdek DNA sına nazaran ultraviyoleye karşı daha hassas olduğu gösterilmiştir. Bunun sonucunda şu nokta açıklanabilirki, plastidlerdeki plastid DNA sı hücre çekirdeğinden gelmemektedir. Yapılan denemelere göre ekseri bitkilerdeki plastidler için DNA miktarı her bir kloroplastta 10^{-12} mg dir. Bu durum türden türe değiştiği halde tipik bir bakteri olan *Escherichia coli*'deki DNA miktarından daha azdır. Hücrenin total DNA sının yalnız % 1-5 i plastidlerde depo olmuştur.

Kloroplast DNA sı çekirdek DNA sından belirgin bir şekilde ayrılır. Kloroplast ihtiva eden dokulardan bu her iki DNA tipinin farklı sedimente edilmesi, bunların baz bileşiklerinin farklı olmasına bağlıdır. *Euglena*'da çekirdek DNA sı % 50 oranında C : G baz çifti ihtiva ettiği halde, kloroplast DNA sı % 25 oranında C : G baz çifti ihtiva etmektedir. Buna karşılık yüksek bitkilerde kloroplast DNA sı çekirdek DNA sına nazaran daha yüksek oranda C : G baz çifti ihtiva etmektedir.

Bütün fiziksel ve kimyasal bulgular kloroplast DNA sının çekirdek DNA sı gibi çift kolonlu heliks molekülü teşkil ettiğini ve hatta çekirdek DNA sına bağlı olmayarak yeniden meydana geldiğini göstermektedir. En son araştırmalarda kloroplastlarda DNA polimerazı ispatlanmıştır ve bu izole kloroplast DNA sı içinde dahi sentez edilmektedir.

B. RNA : Eğer kloroplastlar kendi özel DNA sını kontrol eden, protein sentezi yapan bir sistem ihtiva ediyorsa, o zaman şüphesiz kendi RNA larını da kendilerinin sentez etmesi beklendiği gibi, hatta bütün protein sentezinde gerekli

RNA tiplerini, yani m-RNA, t-RNA, r-RNA ve ribozomları da sentez etmesinin beklenilmesi tabiidir.

Yapılan araştırmalara göre bütün hücrenin total RNA miktarının yaklaşık % 20-30 u plastidlerde lokalize olmuştur. Fakat RNA nın karakterize edilmesinde yapılan analitik çalışmaların sayısı az olmasına rağmen, plastidler tıpkı sitoplazma gibi r-RNA ve t-RNA ihtiva ederler. Deneysel olarak kloroplastlarda DNA ya bağlı RNA sentezi de yani m-RNA gösterilmiştir.

Protein biyosentezinin reaksiyon yerleri olarak ribozomlar elektron mikroskopla apı 170 Angström olan bazofil strüktürler halinde kloroplastlarda ispat edilmiştir. Ribozomlar bilhassa genç kloroplastlarda, ışığa tutulmuş yaprakların kloroplastlarında ışığa tutulmamışlara nazaran daha boldur. Etiyole yaprakların yeşillenmeğe başlaması ile i membran sisteminin gelişmesiyle beraber bunlar poliribozom halinde görünürler.

PLASTİDLERDE PROTEİN SENTEZİ

Kloroplastlar DNA, m-RNA, t-RNA ve ribozom ihtiva ettikleri için protein sentezi yapabilirler. Kloroplastların protein muhteviyatı üzerinde yapılan çeşitli araştırmalar sonucuna göre yeşil hücrelerin toplam proteinlerinin % 50 si kloroplastlarda lokalize olmuştur. Takriben bunun yarısı yapıya bağlı lipoproteid kompleksleridir. Geri kalan yarısı ise tamponda eriyebilen matriks proteindir. Bu eriyebilen protein ışığa bağlı olmayan olayların seyri esnasında kloroplastlardaki enzimler için bir toplama merkezi devi görmektedir.

Fotosentezin ışık reaksiyon enzimleri grana lamellerinin içinde veya üzerinde onların submikroskopik üniteleri halinde lokalize olmuştur. Yeşil hücrelerin kloroplastlarında bulunan birkaç enzim bilinmektedir. Bunlar karboksidismutaz, ribulokinaz ve fotosentetik elektron transperant enzimi, gliserat dehidrogenaz ve bir alkalik fruktoz-difosfatazdır.

Kloroplastlar hücrenin, gelişmesi ve farklılaşması direkt olarak ışığa bağlı olan özel organelleridir. Sayısız diğer maddelerin sentezi gibi plastidlerin protein sentezi de ışık vasıtası ile kuvvetli bir şekilde uyarılmaktadır. Bu iç bilhassa etiyolmandan sonra tekrar ışığa çıkarılan yapraklarda daha kuvvetlidir. Fakat buna rağmen ışık hangi yoldan bu fazları sağlar bilinmemektedir. Çeşitli araştırmalar şu noktaları ortaya koymuştur. Eğer kloroplastlar fotosentetik C¹⁴ l CO₂ ile etiketlenirse, ışıkta membran proteinleri matriks proteinine nazaran daha çabuk işaretlenir. Bu bulgular enteresandır. Çünkü kloroplast ribozomları stroma bölgesinde lokalize olurlar ve bugünkü düşüncelere göre burada protein sentezi husule gelir.

İn vivo denemeler protein sentezinin mekanizması hakkında aydınlatıcı bilgi verememiştir. Bu sebepten izole kloroplastlarda protein sentezini incelemek için

daima radyoaktif amionoasitlerle yapılmış çalışmalar sonuçlandırılmıştır. Çünkü izole kloroplastlar mitokondriyum ve diğer hücre organellerinin aksine Co-faktör enzim ve substratlar birbirine uymasa dahi aminoasitleri çok iyi toplamaktadır.

Şimdiye kadar fotosentetik organelin gerek inceyapısı, gerekse gelişimi ve muhteviyatları üzerinde çeşitli yönden araştırmalar yapılmış olmasına rağmen, bu konularda aydınlığa kavuşması gereken pek çok noktanın bulunduğu da şüphesizdir.

BİBLİYOGRAFYA

1. BIELKA, H. (1969) : Molekulare Biologie der Zelle. Stuttgart.
2. BONNER, J. and VARNER, J. E. (1965) : Plant biochemistry. 2nd Ed. New York and London.
3. DeROBERTIS, E. D. P., NOVINSKI, W. W. and SAEZ, F. A. (1965) : Cell biology. 4th Ed. Philadelphia and London.
4. DuPRAW, E. J. (1968) : Cell and molecular biology. New York and London.
5. O'BRIEN, T. P. and McCULLY, M. E. (1969) : Plant structure and development. London.
6. OKYAR, S. (1967) : Son yıllardaki elektron mikroskopik araştırmaların ışığı altında kloroplastların ince yapısı hakkında. - Türk Biol. Derg. 17(1) : 25 - 40.
7. VARDAR, Y. (1969) : Bitki anatomisi dersleri (Yüksek bitkilerin genel yapısı). I. Hücre ve dokular. İzmir.