

CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ

ATP (Adenozin tri fosfat)

*Her canlının kullandığı tek enerji kaynağıdır.

*Virüsler hariç bütün canlıların üretilip kullandığı bir enerji molekülüdür.

*ATP'nin üretildiği ve kullanıldığı yer hücredir.

*Gerektiği kadar üretilip kullanılır.

*Depo edilmez.

*ATP hücreden hücreye aktarılamaz. Her hücre kendi ATP'sini kendisi sentezler.

*ATP'nin

-Büyük bir kısmı Ökaryot canlılarda mitokondride (Krebs devrinde substrat düzeyinde 2 ATP, Oksidatif fosforilasyonla 34 ATP) az bir kısmı sitoplazmada (substrat düzeyinde 4 ATP) sentezlenir.

-Prokaryot canlılarda sitoplazmada (substrat düzeyinde 4 ATP) sentezlenir.

-Bitkilerde organik besin üretiminde kullanılmak üzere kloroplastlarda üretilir. (Fotosentezin ışıklı evresinde 18 ATP üretilir.)

*ATP'nin ilk kaynağı güneştir.Yeşil bitkiler fotosentez olayı ile güneşin ışık enerjisini organik bileşiklerdeki kimyasal bağlarda depolarlar.

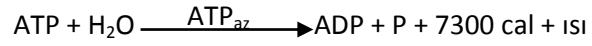
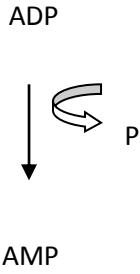
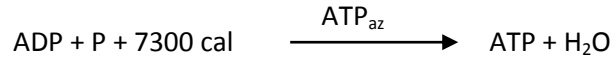
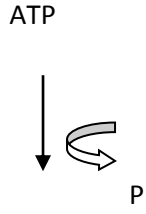
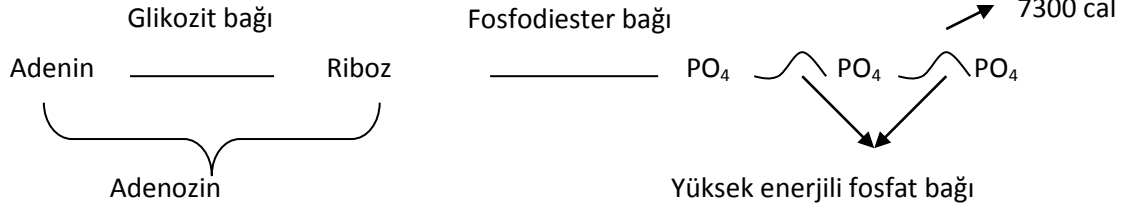
Işık enerjisi → 18 ATP → Organik bileşiklerin kimyasal bağlarında depolanan enerji

Canlı hücre solunumu ile bu organik bileşikler parçalar ve bu sırada açığa çıkan kimyasal bağ enerjisi ile ATP sentezler.

*ATP'de depo edilen kimyasal bağ enerjisi, canlıda gereken çeşitli olaylarda ve biyolojik sistemlerdeki tüm enerji dönüşümlerinde kullanılır.Örn; Kasarın kasılmasında hareket enerjisine, sinir hücrelerinde elektrik enerjisine.

*ATP üretileniyorsa o canlının öldüğü anlamına gelir.

***ATP'nin Yapısı:**



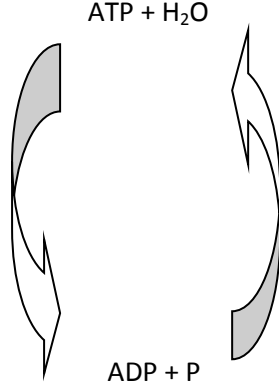
***FOSFORİLASYON:** Bir organik moleküle fosfat grubu bağlanmasına fosforilasyon denir. Hücrede ATP sentezlenmesi olayı fosforilasyon reaksiyonları ile gerçekleşir.

- *Fosforilasyon için ;
- 1.AMP veya ADP
 - 2.Enzimler
 - 3.Fosfat
 - 4.Enerji gereklidir.

SERBEST ENERJİ: Hücrede iş yapmak için kullanılabilen enerjiye serbest enerji denir. Hücrede gerçekleşen kimyasal tepkimeler serbest enerji değişimine göre iki gruba ayrılır. Enerji açığa çıkaran reaksiyona **ekzergonik reaksiyon**, enerji harcayan reaksiyona **endergonik reaksiyon** denir.

ATP tüketen reaksiyonlar (Endergonik reaksiyonlar)

- 1.Biyosentez
- 2.Aktif taşıma
- 3.Kas faaliyeti
- 4.Sinirsel ileti
- 5.Hücre bölünmesi
- 6.Işıma(Biyolüminans)
- 7.Kontraktıl koful faaliyeti



ATP oluşturan reaksiyonlar: (ekzergonik reaksiyonlar)

- 1.Solunum

FOSFORİLASYON ÇEŞİTLERİ

ATP sentezinde kullanılan enerjinin kaynağına göre dört çeşit fosforilasyon vardır:

1.Substrat düzeyinde Fosforilasyon: Yapısında fosfat bulunan bir substrattan ADP'ye bir fosfat grubu aktararak ATP sentezlenmesidir. Örn:Solunum, glikoliz, krebs devrinde gerçekleşir.

2.Oksidatif Fosforilasyon: Organik moleküllerden ayrılan hidrojenlerin yüksek enerjili elektronlarının Oksijene taşınması sırasında açığa çıkan enerji ile ATP sentezlenmesi olayıdır. Örn: Oksijenli solunum reaksiyonlarında gerçekleşir.

3.Kemosentetik Fosforilasyon: Kemosentetik bakterilerin, H₂S, NH₃ gibi inorganik maddeleri oksitleyerek elde ettikleri kimyasal enerji ile ATP sentezlenmesidir.(Kemosentez.)

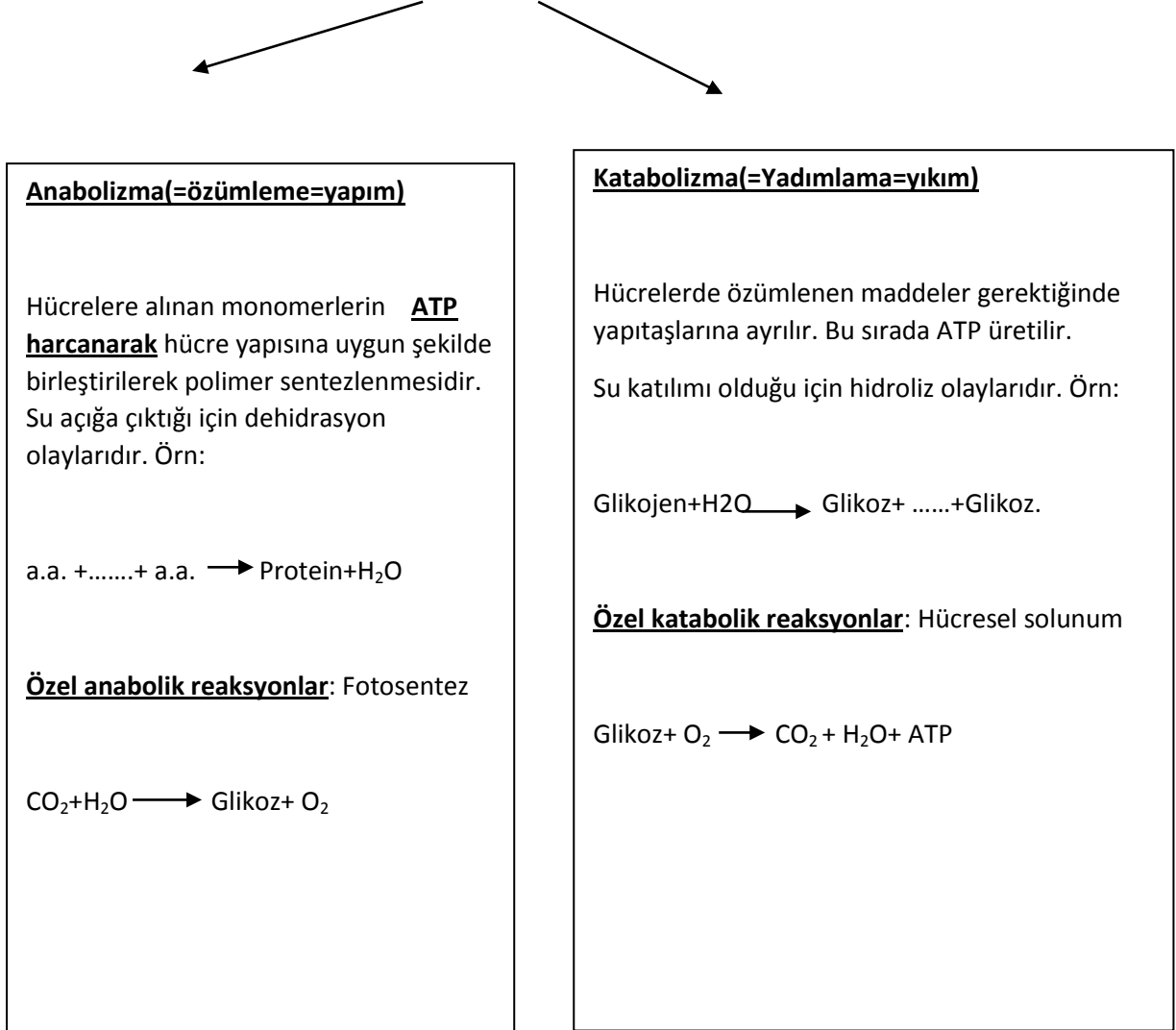
4.Fotosentetik Fosforilasyon: Klorofil pigmentinin soğurduğu enerjinin elektronlara aktararak ETS de taşınması sırasında bu elektronların enerjisinden yararlanılarak ATP sentezlenmesidir.(Fotosentez)

***DEFOSFORİLASYON:** ATP molekülünden bir fosfat grubunun kopartılmasına denir.

***P_i**: İnorganik fosfat

METABOLİZMA

Canlı vücudunda enzimler katalizörlüğünde gerçekleşen kimyasal olayların tamamına metabolizma denir.



NOT: Biyolojik reaksiyonların türünü belirlemede H₂O yanıtıcı olabilir. Bu nedenle direkt ATP'ye bakılmalıdır.

Metabolizma Hızını Etkileyen Faktörler

- 1.Yaş
- 2.Cinsiyet
- 3.Hormonlar
- 4.Enzimler
- 5.Sıcaklık
- 6.Beslenme
- 7.Korku
- 8.Heyecan
- 9.Stres
- 10.Ateşli hastalıklar
- 11.iklim
- 12.uyku

Bazal Metabolizma

Metabolizma hızının en düşük olmasına "bazal metabolizma" denir.

*Canlı sadece canlılığını sürdürmek için enerji üretir.

*Bazal metabolizma, bazal koşullarda canlının harcadığı O₂ miktarı veya ürettiği ısı miktarı ile ölçülür.

*Bakteri endosporu ve tohumda metabolizma, bazal metabolizmadır.

Bazal Koşullar

1. Birey tam dinlenme halinde olmalı
2. Bireyin en az 12 saat hiç besin almamış olması gerekir.
3. Bireyin korku, heyecan, stresten uzak olması gerekir.
4. Ortam ısısının 19-27,5 derece arasında olması gerekir.
5. Bireyin vücut yüzey alanının ölçülmesi gerekir.

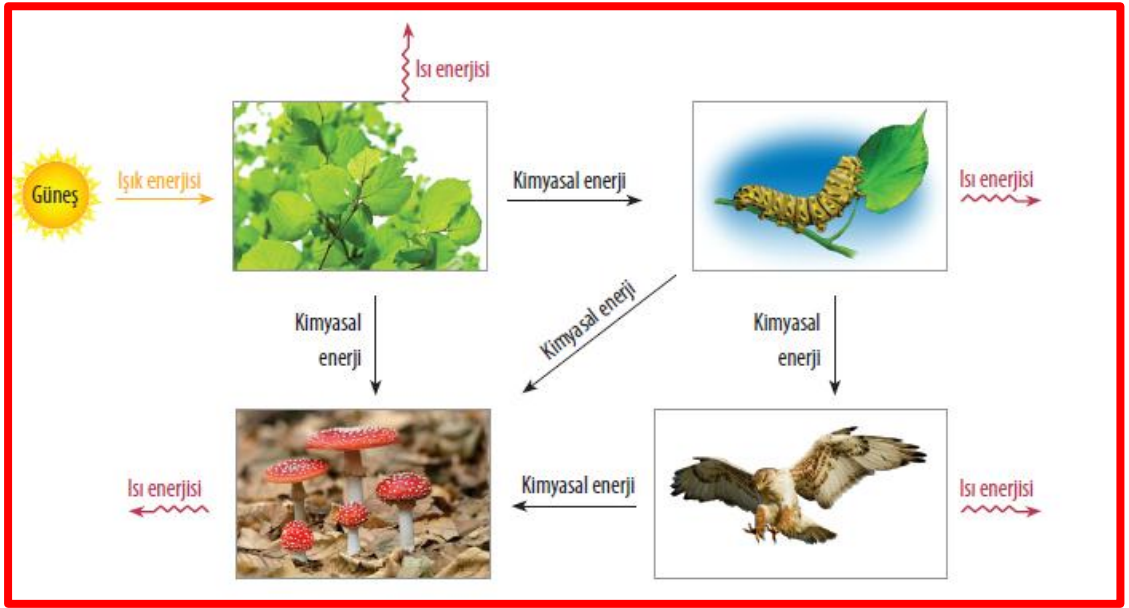
Bazal metabolizma düşük ise birey şişman

Bazal metabolizma yüksek ise birey zayıf olur.

FOTOSENTEZ

İnorganik maddelerden ışık enerjisi yardımıyla organik madde sentezinin gerçekleştirilmesi olayına FOTOSENTEZ denir.

Fotosentez olayını gerçekleştiren canlılar **fotototrof** canlılardır. Bunlar; Yeşil bitkiler, mavi-yeşil algler olarak bilinen Siyanobakteriler, fotosentetik bakteriler, öglena ve diğer alg türleridir. Bu canlılar klorofil pigmenti bulundurarak ışık enerjisini önce ATP'ye sonra kimyasal bağ enerjisine dönüştürürler.



ekosistemdeki enerji akışı

* Fotosentez yapan canlılar: Fotosentetik bakteriler (H_2 bakterileri, H_2S bakterileri, algler, yeşil bitkiler, öglena

GÜNEŞ ENERJİSİNİ KULLANAN HAYVANLAR DA VAR!

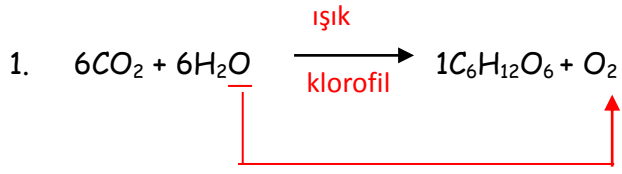
Bazı deniztavşanı türleri [Vaucheria litorea (Vokerya litoreya), Elysia chlorotica (Elizya klorotika) vb.] yaşamlarını tıpkı bitkiler gibi güneş enerjisini kullanarak devam ettiriyor. Bilindiği gibi bitkiler güneş enerjisi yardımıyla fotosentez yapar ve yaşamak için gerekli enerjiyi bu şekilde sağlar. Texas A&M Üniversitesinden biyolog Prof. Dr. James Manhart'ın (Ceyms Menhard) yaptığı bir araştırma bu konuya ışık tutuyor. Deniztavşanları deniz algleriyle beslenirken önce deniz alglerini keser, sonra emer ve ardından sindirim başlar. Sindirim sırasında alglerin fotosentezde görevli plastit denen organelleri sindirilmez. Deniztavşanının dokularında kalan bu organeller fotosentez yapmaya devam ederek deniztavşanları için besin sağlar. Dr. Manhart, fotosentez için 2-3 bin civarında gene gereksinim olduğunu ve bu genlerin hiçbirinin hayvanlarda bulunmadığını, bu nedenle de deniztavşanlarında fotosentezin nasıl devam ettiğini araştırdıklarını belirtiyor. Dr. Manhart, yaptıkları çalışmalarda deniztavşanlarının çekirdek genomlarında fotosentez için gerekli en az bir gene rastladıklarını ve bunun başka hiçbir hayvanda olmadığını da söylüyor. Bununla birlikte plastitlerin işlevlerini yerine getirmek için daha fazla gene gereksinim olduğunu da ekliyor. Deniztavşanları büyümek, gelişmek ve yaşamlarını devam ettirebilmek için alglere gereksinim duyar. Bununla birlikte bazı olumsuz durumlarda alglerden sağladıkları plastitlerle ve bunun sonucunda elde ettikleri besinlerle uzun süre (9 ay kadar) hayatta kalabilirler. Demek ki deniztavşanı yavruları fotosentez için gerekli olan gene doğuştan sahip, ama kendi plastitlerini sonradan kazanıyorlar. Şu anda durum böyle olsa da koşulların değişmesiyle (iklim değişikliği gibi) belki çok uzun bir süre sonra deniztavşanları tıpkı bitkiler gibi fotosentez yapar hâle gelecek.

Bülent Gözcelioğlu,

Bilim ve Teknik, Temmuz 2013

(Kısaltılmıştır.)

Yeşil Bitki Fotosentezi



2. Yan ürün olarak O_2 açığa çıkar. Kaynağı H_2O dur.

3. e^- kaynakları H_2O dur.

4. Klorofil pigmenti katalizör olarak görev yapar.

5. Klorofil pigmenti kloroplastlar içinde bulunur.

6. Atmosferdeki $\text{CO}_2 - \text{O}_2$ oranını dengeler.

Bakteri Fotosentezi



2. Kullanılan hidrojen kaynağına göre yan ürünler değişir. O_2 açığa çıkmaz.

3. e^- (hidrojen) kaynakları H_2 ve H_2S dir. Bu nedenle O_2 üretimi olmaz.

4. Klorofil pigmenti katalizör olarak görev yapar.

5. Kloroplast yoktur. Klorofil pigmenti sitoplazmada, ETS enzimleri ise hücre zarında bulunur.

NOT: Siyano bakteriler H^+ kaynağı olarak H_2O kullanırlar. İlk atmosferik oksijenin oluşumunda etkili oldukları tespit edilmiştir.

FOTOSENTEZİN KEŞFİ:

Aristoteles :

*M.Ö. dönemlerde yaşamış olan **Aristoteles** bitkilerin topraktan kökleri ile beslenerek yaşadıklarını söylemiştir.

*Ancak Aristotelesin bu görüşü Cen Baptist Von Helmont tarafından yapılan bir deney sonucunda çürütülmüştür.

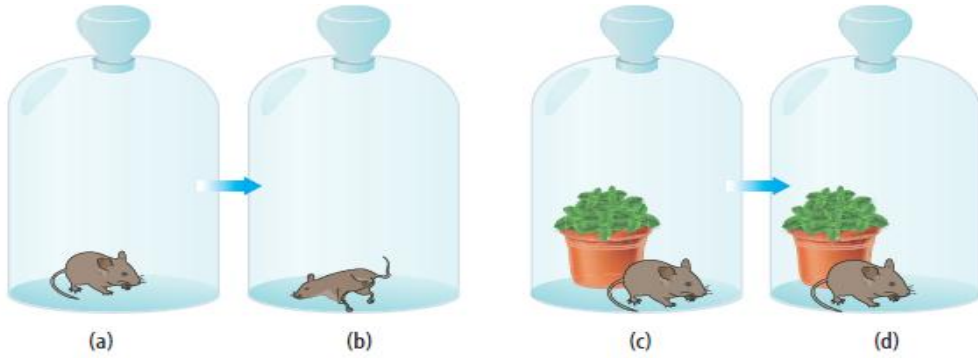
Cen Baptist Von Helmont Deneyi:

Helmont, bir söğüt fidanını içinde toprak bulunan bir saksıya dikmiş ve bitkiyi 5 yıl boyunca sadece sulamıştır. 5 yılın sonunda söğüt ağacının ağırlığı 74,4 kg artarken toprağın ağırlığında sadece 50 g azalma olmuştur. Bunun üzerine araştırmacı bitkiyi yalnızca suyun beslediği sonucuna varmıştır.

Bu sonuç günümüz bilgilerine göre eksik olmasına rağmen yeni araştırmalara zemin hazırlamıştır.

Joseph Priestley Deneyi:

Bitkilerin kirlenmiş havayı temizlediğini bulmuştur.



- (a) Hava geçirmeyen cam fanusa canlı fare koymuştur.
- (b) Bir süre sonra farenin öldüğünü gözlemlemiştir.
- (c) Canlı farenin bulunduğu kavanoza nane bitkisini eklemiştir.
- (d) Bir süre sonra farenin ölmediğini gözlemlemiştir.

Sonuç: Nane bitkisi kavanozdaki havayı temizlemiştir.

Tabii ki bugünkü bilgiler bu deneyin sonucunun bitkinin havayı temizlediği değil ortama oksijen vermesi olarak yorumlanır.

Jan ingenhousz Denevi:

Yaptığı deneylerle priestly' i doğrulamış ve ek olarak bitkinin bunu yapabilmesi için güneş ışığına ihtiyacı olduğunu belirlemiştir.

FOTOSENTEZ DENKLEMİ:



Bu eşitliğe göre su molekülü ve karbon atomundan karbonhidrat sentezlenirken yan ürün olarak da oksijen açığa çıkmaktadır.

Cornelis Bernardus Van Niel :

Niel, fotosentezde su yerine hidrojen sülfür (H₂S) kullanan bakterilerin yan ürün olarak kükürt açığa çıkardığını göstermiştir.

Böylece Niel, fotosentez sırasında açığa çıkan oksijenin karbondioksitten değil, sudan geldiğini öne sürmüştür.

Robert Hill:

Niel'in hipotezini, ağır oksijen izotopu kullanarak kanıtlamıştır.



FOTOSENTEZİN YAPISAL TEMELLERİ

Özellikle bitkilerde yoğunluğu yapraklarda olmak üzere genç bitki gövdelerinde ve yeşil gövdelerde fotosentez olayı gerçekleşir. Kök organları ışık almadığı için fotosentez kökte görülmez.

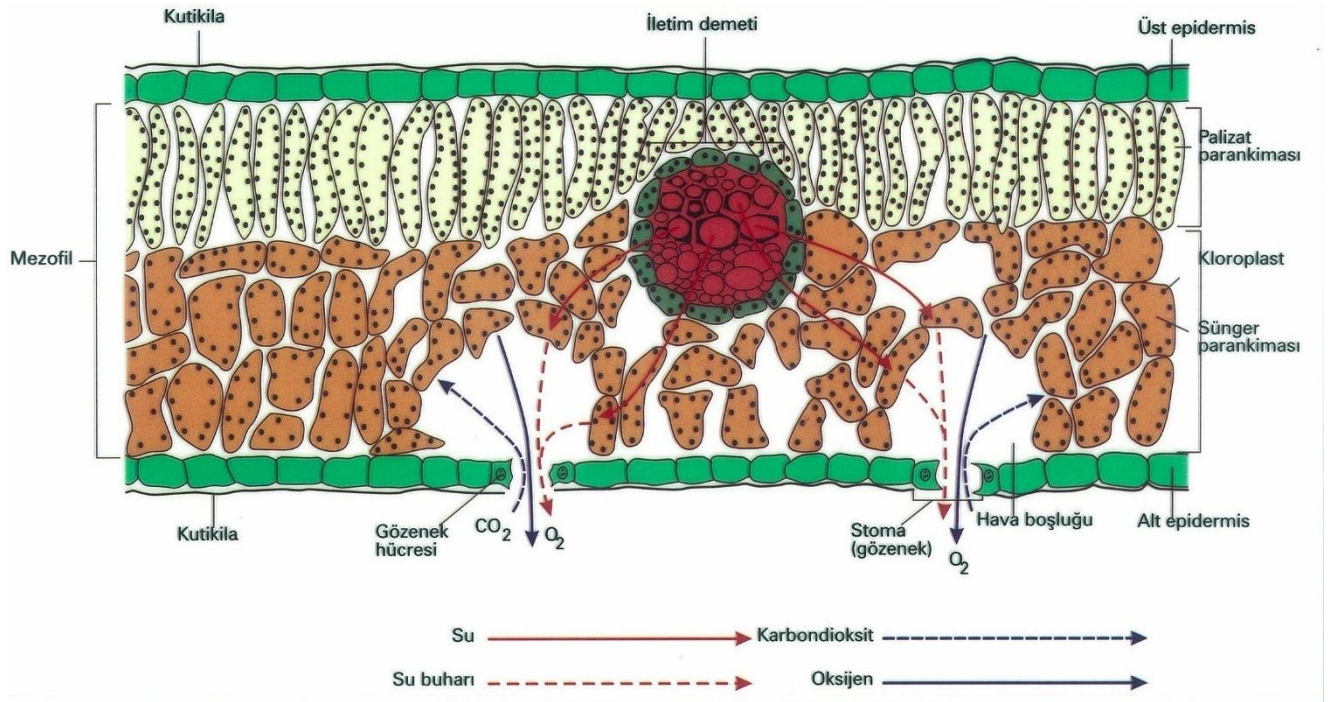
Yaprağın enine kesiti incelendiğinde ; epidermis, iletim dokusu ve mezofil tabaka olmak üzere üç ana bölüm göze çarpar.

Alt ve üst epidermis tabakaları koruyucu bir özellik gösterip kloroplast içermediğinden bu hücrelerde fotosentez görülmez.

Epidermis hücrelerinin arasına yerleşmiş olan stoma hücreleri gaz alışverişini sağlar. Bu hücrelerde kloroplast bulunduğu için fotosentez görülür.

İletim dokusu, bitkilerde su, mineral ve besin maddelerinin taşınmasını sağlayan yapıdır. Fotosentez görülmez.

Mezofil tabaka; palizat ve sünger parankimalarından oluşur. Bu hücreler fotosentezin gerçekleştiği hücrelerdir. Mezofil tabakada ayrıca iletim demetleri de yer alır.



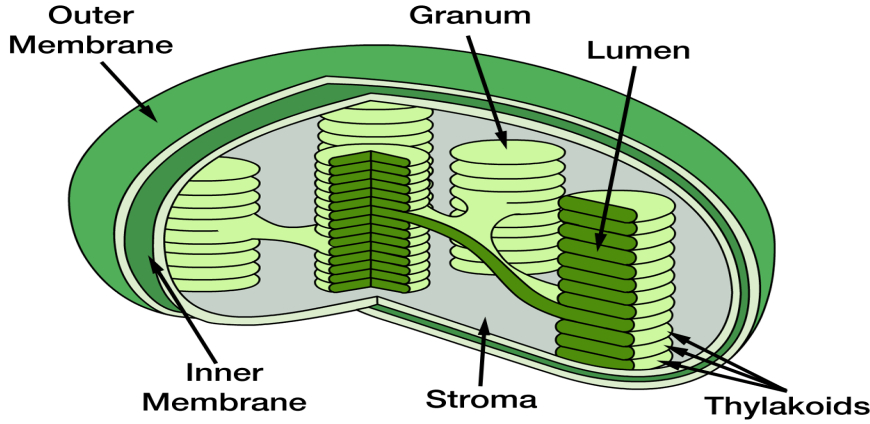
* Fotosentez yapan hücre;

- Prokaryot ise olay sitoplazmada gerçekleşir.. Örn : Fotosentetik bakteriler,

- Ökaryot ise olay kloroplastlarda gerçekleşir. Çünkü klorofil pigmenti kloroplastlarda bulunur. Örn: yeşil bitkiler

KLOROPLASTIN YAPISI

Chloroplast



Kloroplastın kimyasal bileşiminde %50 protein, %30 lipit, % 5-10 arasında pigment maddesi ve karbonhidrat, DNA, RNA gibi organik bileşikler vardır.

Kloroplastın en dışında madde geçişini kontrol eden bir çift zar sistemi vardır. Bu sisteme ek olarak tilakoit zar sistemi denilen üçüncü bir zar sistemi bulunur. Diske benzeyen tilakoitler ara madde içinde gömülü olarak bulunur. Bu tilakoitler üst üste dizilmiş kümeler halinde dizilerek **granumları** oluştururlar. Klorofiller, granumların lipit tabakasına yerleşmişlerdir.

Granumlar ara lamellerle birbirine bağlanarak güneş ışığının daha fazla emilmesini dolayısıyla daha fazla fotosentez yapımını sağlar.

Klorofil, ksantofil, karoten gibi renk pigmentleri tlakoit zar sistemine yerleşmiştir. Kloroplastlarda granumları çevreleyen **stroma** adı verilen bir sıvı bulunur. Bu sıvı içinde DNA, RNA, ribozomlar ve fotosentez enzimleri bulunur. Stromada çeşitli lipit damlacıkları, nişasta taneleri de bulunabilir.

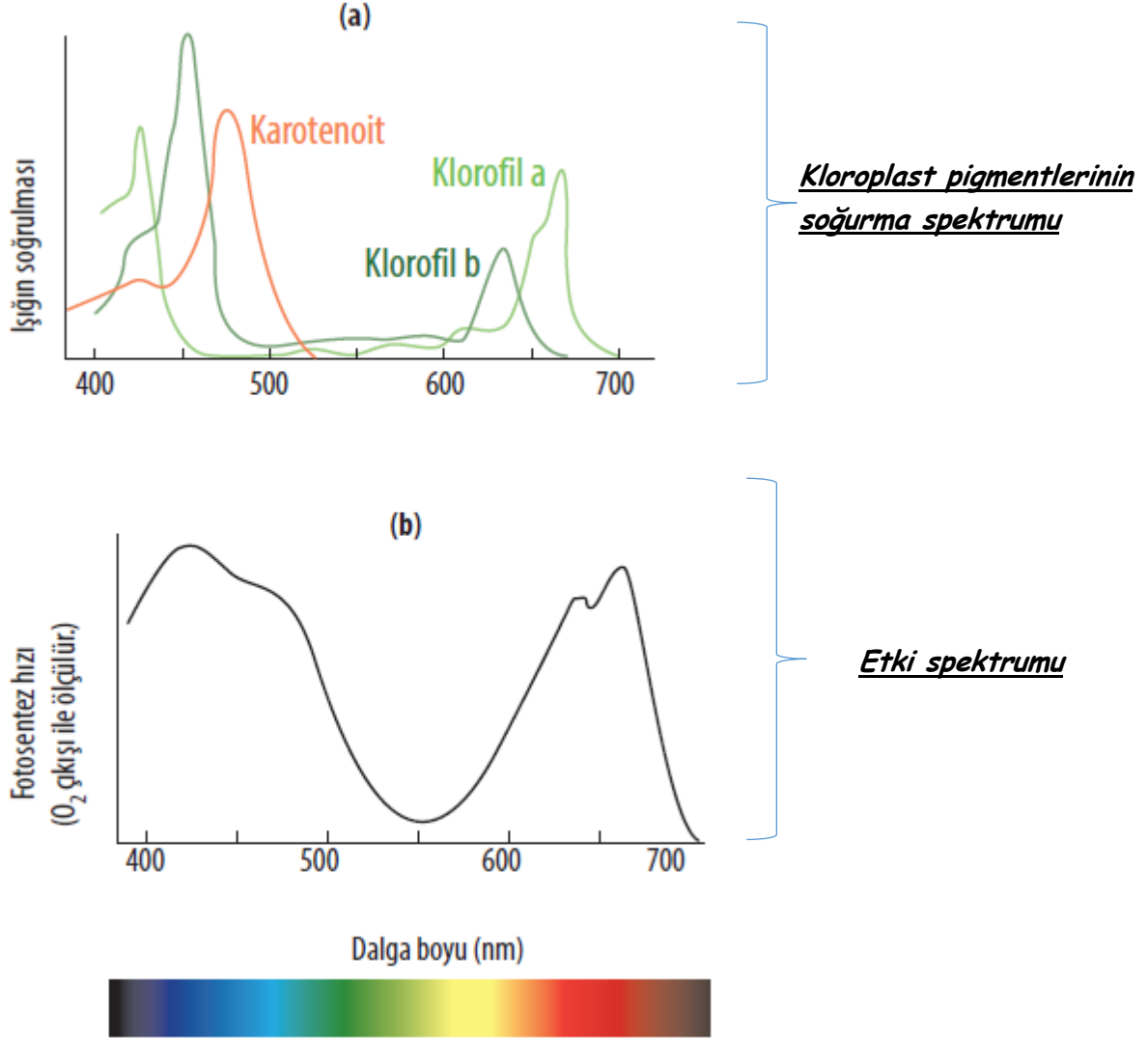
Fotosentezle üretilen şeker molekülleri kloroplastın stromasında geçici olarak nişasta halinde depolanır ve daha sonra sükroza dönüştürülerek bitkinin diğer bölümlerine taşınırlar.

Kloroplastlar yapılarındaki DNA sayesinde ihtiyaç duydukları proteinleri sentezleyebilir ve kendi kendilerine çoğalabilirler.

FOTOSENTEZDE ROLÜ OLAN PİGMENTLER

- Her cisim bazı renkteki ışıkları soğurur, bazılarını ise geri yansıtır. Ve yansıttığı ışığın renginde görünür.
- Bitkinin ışık enerjisinden faydalanabilmesi için ışığın bitki tarafından absorbe edilmesi gerekir.
- Her pigment belirli dalga boylarındaki ışığı soğurur. Bu nedenle her pigmentin kendine özgü bir **soğurma spektrumu** vardır.
- Soğurma spektrumuna göre her pigment belirli dalga boylarındaki ışığı soğururken diğerlerini ise yansıtır. Ve gözlerimiz pigment tarafından yansıtılan ışığı görür.
- **Fotosentez olayında iki çeşit pigment rol oynar. Bunlar, klorofiller ve karotenoidlerdir.**
- Klorofil pigmenti yeşil ışığın çoğunu yansıtır. Görünür ışık spektrumunun mavi- mor ile kırmızı bölgelerindeki ışığı soğurarak fotosentezde kullanır.
- ***Yeşil ışık yansıtıldığı için fotosentez en az yeşil ışıktaki gerçekleşir.***
- **NOT:** Klorofil sadece ışığı absorbe etmekle kalmaz, elde edilen enerjiyi transfer ederek katalizör görevi yapar.
- Klorofile çarpan ışığın yansıyan ve geçen miktarı değil, soğrulan miktarı önemlidir.
- Klorofil C, H, O, N ve Mg elementlerinden oluşur. 20 çeşit klorofil olup en yaygın olanları
- Klorofil-a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$)
- Klorofil-b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) dir.

- "Klorofil a" ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesinde doğrudan rol oynar. Bu nedenle fotosentez için en önemli pigmenttir.
- "Klorofil b" , soğurduğu ışık enerjisini "Klorofil a" ya aktararak fotosenteze yardımcı olur.
- Klorofil, prokaryot canlılarda hücre zarı kıvrımlarında ökaryot hücrelerde ise kloroplastın tilakoit denilen yapılarında bulunur.
- klorofil fotosentez reaksiyonlarında defalarca kullanılır.
- Klorofil yapımı için gerekli olan maddeler:
a)ışık b)Fe elementi(sentezinde görevli enzimin kofaktörüdür.) c)enzimler
- **Diğer pigment grubu karotenoitler:** Bitkilerin plastidlerinde ksantofil,karoten ve likopen gibi başka pigmentlerde bulunur. Ksantofil pigmenti sarı, karoten turuncu, likopin ise kırmızı renk verir. Ve bitkinin çiçek ve meyvelerinde daha fazla bulunur.
- **Karotenoitler,** mor ile mavi-yeşil ışığı soğururlar.
- Bu pigmentler fotosentez tepkimelerinde doğrudan değil dolaylı olarak görev alırlar. Bu pigmentler klorofilin soğuramadığı ışınları absorbe ettikleri için fotosentezde kullanılan ışık spektrumunu genişletirler. Absorbe ettikleri ışığı klorofile aktarırlar bu sayede kloroplastlar ışıktan daha fazla oranda yararlanmış olurlar.
- Bu pigmentler aşırı ışığın emilmesini sağlayarak bitkinin zarar görmesini önlerler.



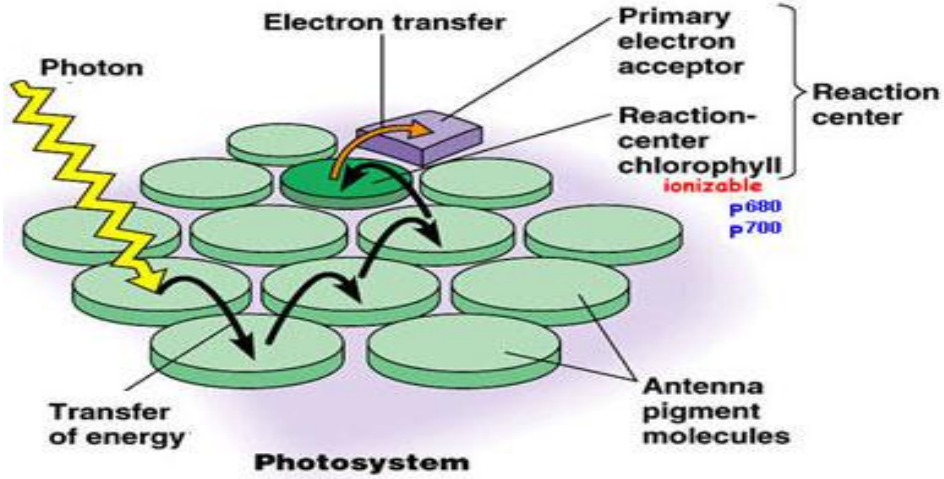
Etki spektrumu , farklı dalga boylarındaki ışığın fotosentezde ne derece etkili olduğunu gösterir.

FOTOSENTEZİN E. T. S ELEMANLARI

1.Ferrodoksin	Bu moleküller elektron alıcı ve verici bir sıra meydana getirir.
2.Plastokinon (Flavoprotein)	Elektron alan indirgenir, elektron veren yükseltgenir.
3.Sitokromlamlar	
4.Plastosiyenin	

KLOROFİLİN IŞIK TARAFINDAN ETKİNLEŞTİRİLMESİ

- Işığın emen pigmentler, proteinler ve diğer moleküller tilakoit zarında **fotosistem** adı verilen birimler halinde düzenlenmiştir.
- Fotosistemler ışığın emildiği ve kimyasal enerjiye dönüştürüldüğü birimlerdir.
- Her fotosistemde **anten kompleksi** ve **tepkime merkezi** bulunur.
- **Anten kompleksi** çok sayıda klorofil ve karotenoid pigmentleri içerir. Bu pigmentler ışığı toplayıp tepkime merkezine iletir. Tepkime merkezinde ise klorofil a ve ilk elektron alıcı molekül vardır. İlk elektron alıcı ETS'nin elektron tutan ilk elemanıdır.
- Tilakoit zarında fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde iş gören iki tip fotosistem bulunur. Bunlar **fotosistem I** ve **fotosistem II** 'dir.
- Bu fotosistemlerin tepkime merkezlerinde birbirinin aynısı olan klorofil a molekülleri bulunur. Ama farklı proteinlerle birleştiklerinden ışık emme özellikleri farklıdır.
- Fotosistem I, II'ye göre daha az klorofil b içerir ama klorofil a miktarları aynıdır.
- Bir ışık bir pigment molekülüne çarptığında enerji tepkime merkezine ulaşınca kadar bir molekülden diğerine geçer.
- Tepkime merkezindeki klorofilden ayrılan elektron özelleşmiş bir molekül tarafından yakalanır. Bu molekül **ilk elektron alıcısı** olarak isimlendirilir.



FOTOSENTEZ REAKSİYONLARI

Işıklı Evre

(Işığa Bağımlı Evre)

(Granalarda gerçekleşir.)

Karanlık Evre

(Işıktan Bağımsız Evre)

(Stromada gerçekleşir.)

1. IŞIKLI EVRE

- Tepkimeleri fotokimyasaldır. Yani ışık yeterlidir.
- Klorofiller, Enzimler ve ETS molekülleri rol oynar.
- Suyun fotolizi bu evrede olur.

- Suyun yapısındaki O_2 bu evrede açığa çıkar.
- Karanlık devre reaksiyonlarında , besin üretilirken tüketilecek olan ATP bu evrede sentezlenir. (Dikkat: Mitokondride ve mezozomlarda solunumla üretilen ATP, besin üretilirken yani fotosentezde kullanılmaz.)
- Suyun H^+ 'leri bu evrede $NADP^+$ 'ye alınır.
- Fotofosforilasyon bu evrededir. Devirsiz fotofosforilasyon olmak üzere basamakta gerçekleşir.

A)DEVİRSİZ FOTOFOSFORİLASYON:

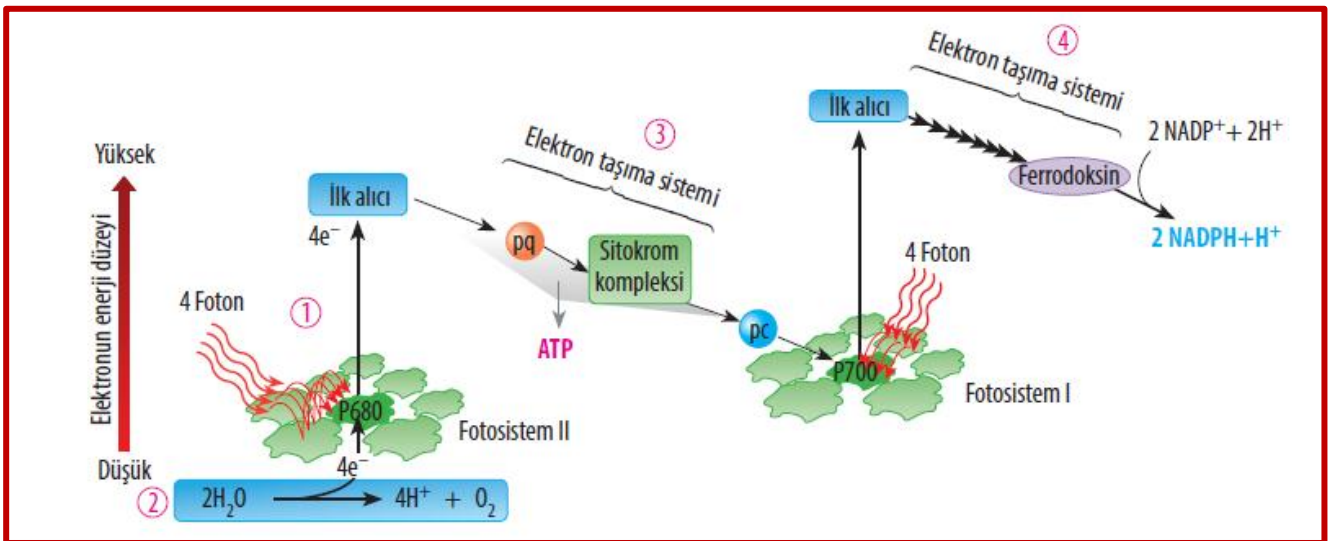
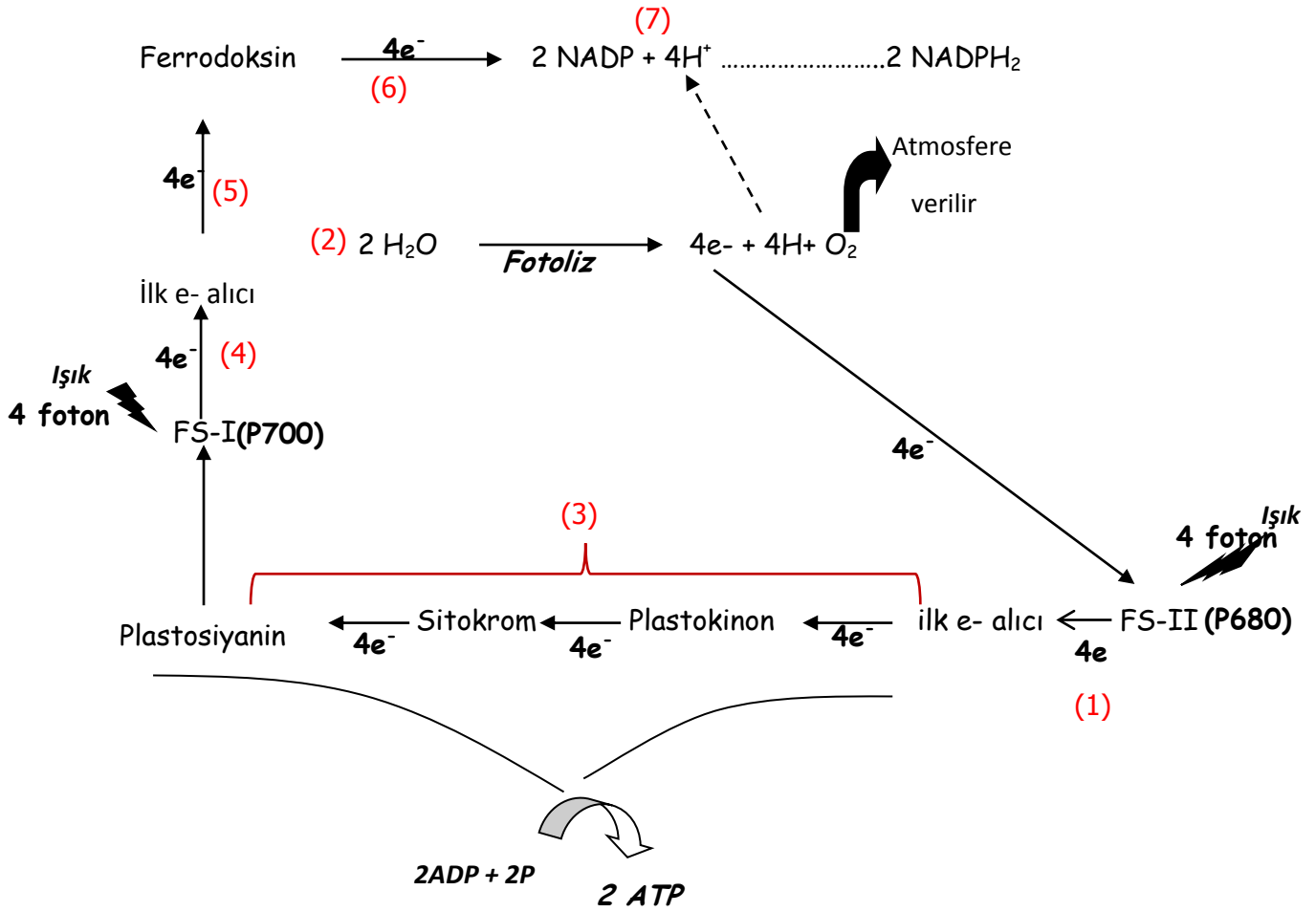
AMAÇ: 1. Işık enerjisinden ATP sentezlemek. (Fotofosforilasyon)

2.Suyun fotolizinden yararlanıp suyun H^+ 'lerini $NADP^+$ 'ye almak.

($NADPH_2$ üretmek.)

*İki pigment sistemi kullanılır:

- PS-I...Fotosistem I
- PS-II...Fotosistem II



1. Işığa bağımlı reaksiyonlar sırasında FS II' nin ışığı soğurmasıyla reaksiyon merkezinde bulunan klorofil-a'ya (P680) ait elektron uyarılır ve elektronun enerji seviyesi artar. Bu elektron, klorofilden koparak ilk elektron alıcı tarafından yakalanır. Bu durumda klorofil, elektron kaybederek yükseltgenmiş olur. Yani klorofilin elektron açığı oluşmuştur.

2. Kloroplastta bulunan bir enzim, su molekülünü ayrıştırarak iki elektron, iki proton (H+) ve bir oksijen atomunu oluşturur. Oluşan bu elektronlar, P680'e verilerek P680'in elektron açığı kapatılmış olur. Oluşan oksijen atomu başka bir oksijen atomu ile birleşerek O₂ molekülünü oluşturur. Bu O₂ molekülü, atmosfere verilerek oksijenli solunum yapan diğer canlılar tarafından da kullanılabilir.

3. Uyarılmış ve FS II' den ilk e- alıcıya geçmiş olan elektron, kloroplastın tilakoit zarında dizilmiş olan elektron taşıma sistemi (ETS) elemanlarına aktarılır. Burada sırasıyla plastokinon, sitokrom kompleksi ve plastosiyanin adlı ETS moleküllerinden geçen elektron son olarak FS I 'e aktarılır. ETS üzerinden ilerleyen elektron burada ATP sentezlenmesi için gerekli enerjinin üretilmesini sağlar.

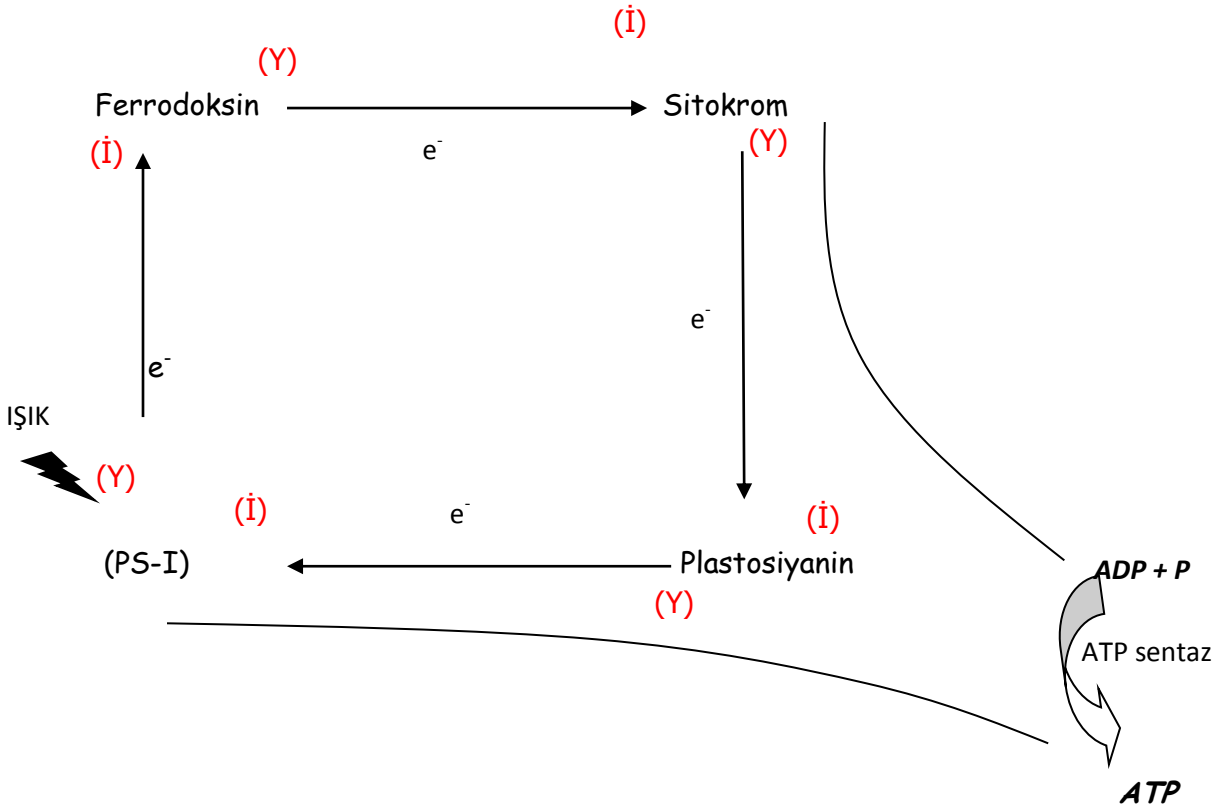
4. FS I ' in ETS' den aldığı elektron, aslında Klorofil a' ya ait elektron açığını kapatmaktadır. Çünkü daha önce P700 tarafından soğurulan ışık, P700'e ait elektronu uyarılmış ve bu elektronlar da klorofilden koparak ilk elektron alıcıya aktarılmıştır. P700'den ilk elektron alıcıya geçen elektron, buradan ferrodoksin adlı demir içerikli bir ETS elemanına aktarılır. NADP+ redüktaz isimli enzim, elektronları ferrodoksinde alarak NADP+ye taşır. NADP+, gelen bu iki elektron ve stromadan aldığı iki proton (H+) ile NADPH+H+ye indirgenmiş olur (Burada NADP+ molekülü iki elektron ve bir proton alarak NADPH'ye indirgenir, diğer proton ise çözeltiye bırakılır).

NOT:Fotosentezin karanlık devre tepkimeleri için gerekli olan NADPH ve ATP genellikle devirsiz fotofosforilasyonla karşılanır. bitkinin ATP ihtiyacına göre devirli fotofosforilasyon da gerçekleşebilir.

B)DEVİRLİ FOTOFOFORİLASYON:

AMAÇ: Işık enerjisini, ADP'ye Pi bağlayıp ATP enerjisine çevirmektir (fotofosforilasyon).

NOT: Doğada organik ya da inorganik bir madde harcanmadan ATP üretilen tek olaydır.



1. Işık enerjisini soğurmuş olan Kl-a yüksek enerjili bir elektronunu Ferrodoksin'e aktarır. Böylece kl-a yükseltgenir, Ferrodoksin indirgenir.
2. Ferrodoksin yükseltgenmek için e⁻ nu Sitokroma aktarır.
3. İndirgenen sitokrom , yükseltgenmek için e⁻ nu plastosiyanine gönderir.
4. İndirgenen plastosiyenin, yükseltgenmek için e⁻ nu Kl-a'ya gönderir.
5. Bu geri dönüş sırasında e⁻ ların serbest kalan enerjisinden yararlanılarak ADP' ye P eklenir ve ATP üretilir.



SORU: Neden bu evreye Devirli Fotofosforilasyon denilmektedir?

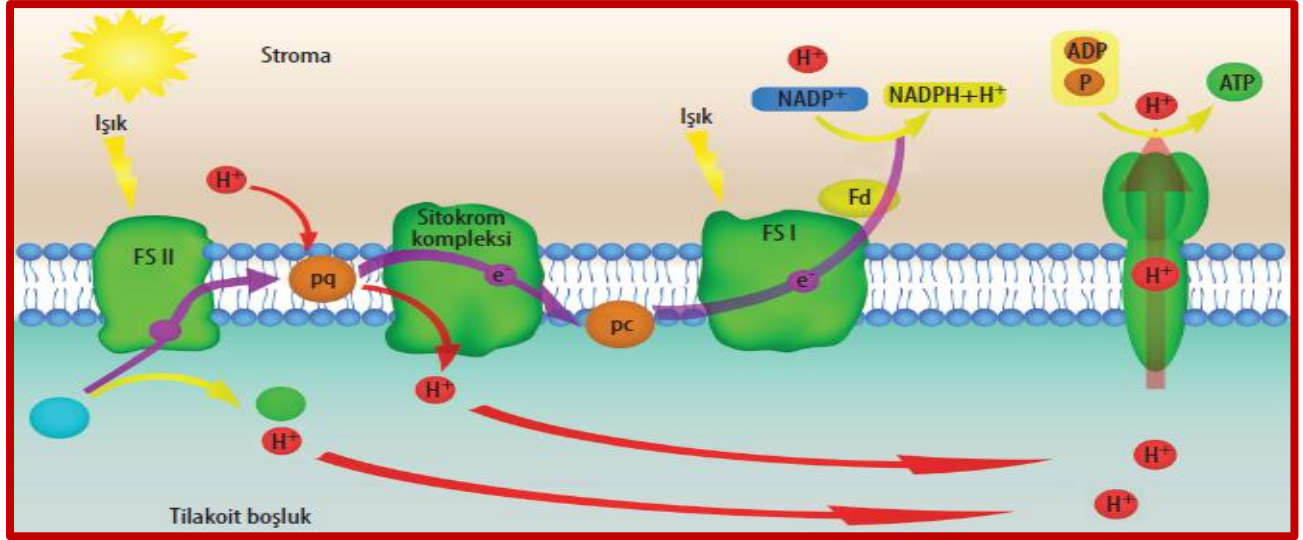
Kl-a'dan kopan e- , ETS'ye girdikten sonra tekrar Kl-a'ya geri döner.

Devirli Fotofosforilasyon sonucu:

- 1 ATP sentezlendi.
- Hiçbir bileşik tüketilmedi.
- Işık kullanıldı.
- ETS görev yaptı.
- Elektron kaynağı Kl-a dır.
- Granalarda gerçekleşti. (çünkü klorofil pigmenti Grana lamelleri üzerinde bulunur.)

NOT: Granalardaki lamelli yapı ışığın ekonomik kullanımını

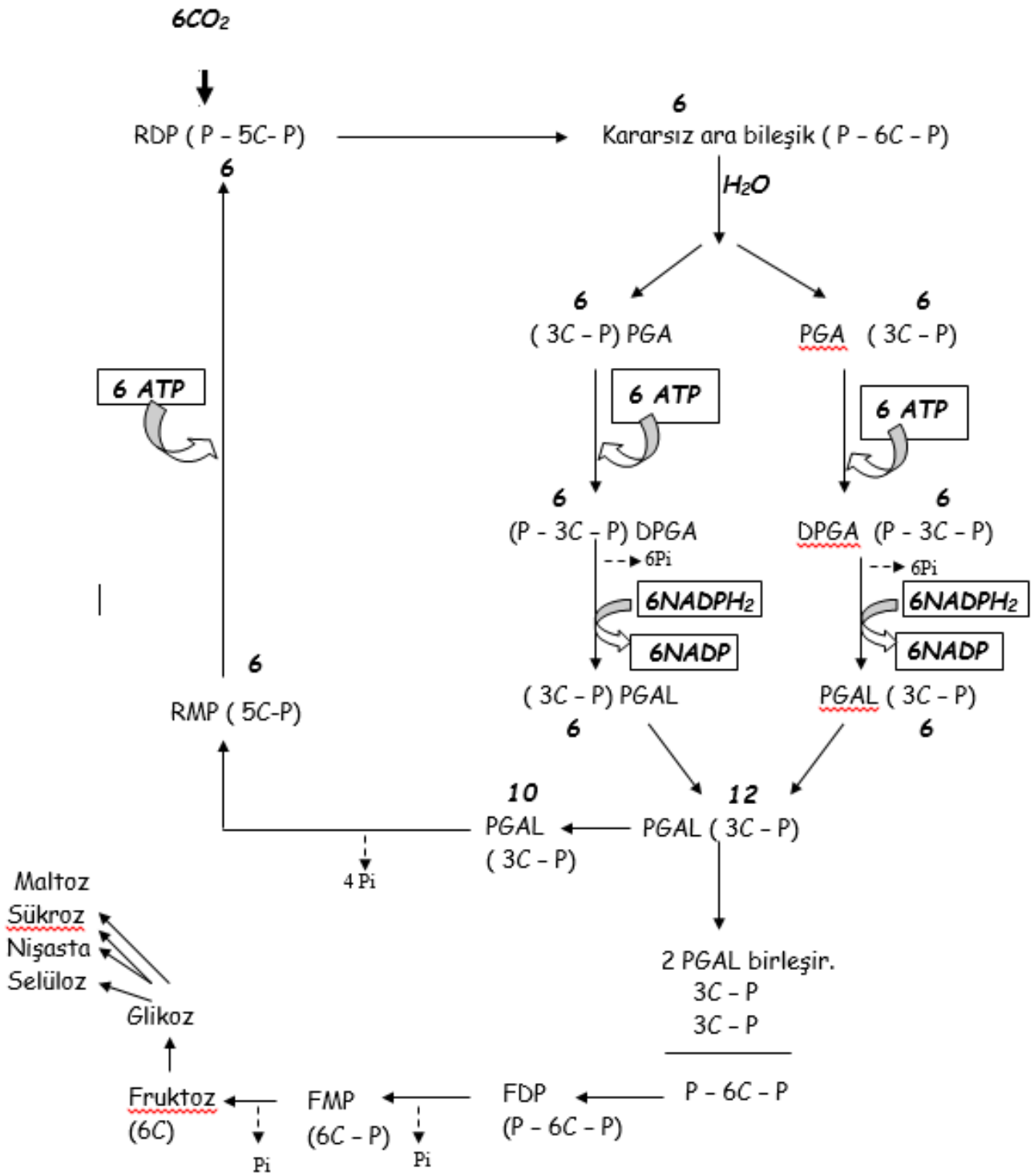
KEMİOZMOSİZ HİPOTEZİ

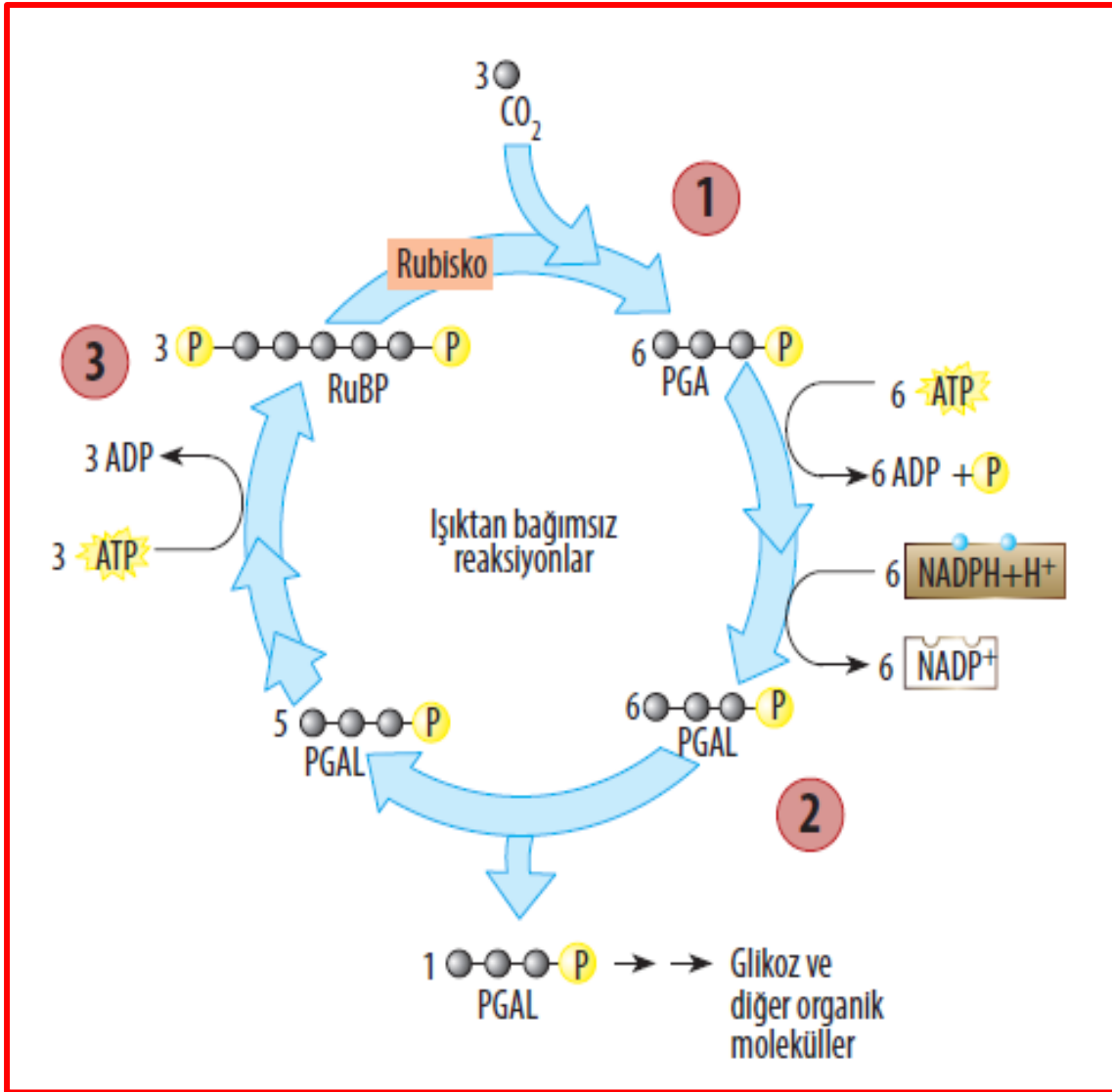


- Elektronlar, yüksek enerji düzeyinden düşük enerji düzeyine inerler.
- Bu sırada açığa çıkan enerji sayesinde stromada bulunan protonlar (H^+) tilakoit boşluğa pompalanır.
- Bu esnada suyun ayrıştırılmasıyla ortaya çıkan protonlar da tilakoit boşluğa girmiştir.
- Böylece tilakoit boşlukta proton yoğunluğu artar.
- Tilakoit zarda bulunan ATP sentaz enzimi, protonların stromaya geçişini sağlayan bir kanal oluşturur.
- Protonlar ATP sentaz kanalından geçerek yoğunluklarının yüksek olduğu tilakoit boşluktan stromaya geri dönerler.
- Protonların kanaldan geçişi, ADP'ye bir inorganik fosfat bağlanarak ATP sentezlenmesini sağlar.
- ATP, ışık enerjisi kullanılarak sentezlendiği için bu olaya **fotofosforilasyon** denir.
- Zarın iki tarafındaki H^+ yoğunluğu farkına bağlı olarak ATP sentezlenmesine **kemiozmozis** denir.

2. IŞIKTAN BAĞIMSIZ EVRE (KARANLIK EVRE)

- Bu reaksiyonlar Melvin Calvin tarafından keşfedildiği için Calvin Döngüsü olarak da adlandırılır.
- Tamamen enzimattir.
- Işık doğrudan kullanılmadığı için karanlık evre denilmiştir.
- Işık devri reaksiyonları durduğunda çok kısa süre sonra karanlık devri de durur.
- Kloroplastın stromasında gerçekleşir.
- CO_2 , ATP ve $NADPH_2$ kullanılarak basit şekerler sentezlenir.
- CO_2 ilk kez bu evrede tüketilir.
- Işık devrinde üretilen ATP , bu evrede tüketilir.
- $NADPH_2$ 'ler bu evrede yükseltgenir.
- CO_2 ' yi ilk tutan molekül 5 karbonlu RuBP (ribuloz bi fosfat) 'dir.
- İlk oluşan ürün kararsız ara bileşiktir.
- İlk kararlı ürün PGA 'dır.
- Karanlık devri reaksiyonları hücre solunumun ilk aşaması olan glikoliz olayının tersi şeklinde değerlendirilebilir.
- Işıktan bağımsız reaksiyonlar : 1.Karbon bağlama 2.İndirgenme
3. CO_2 alıcısının (RuBP) yenilenmesi olmak üzere üç kademede incelenebilir.





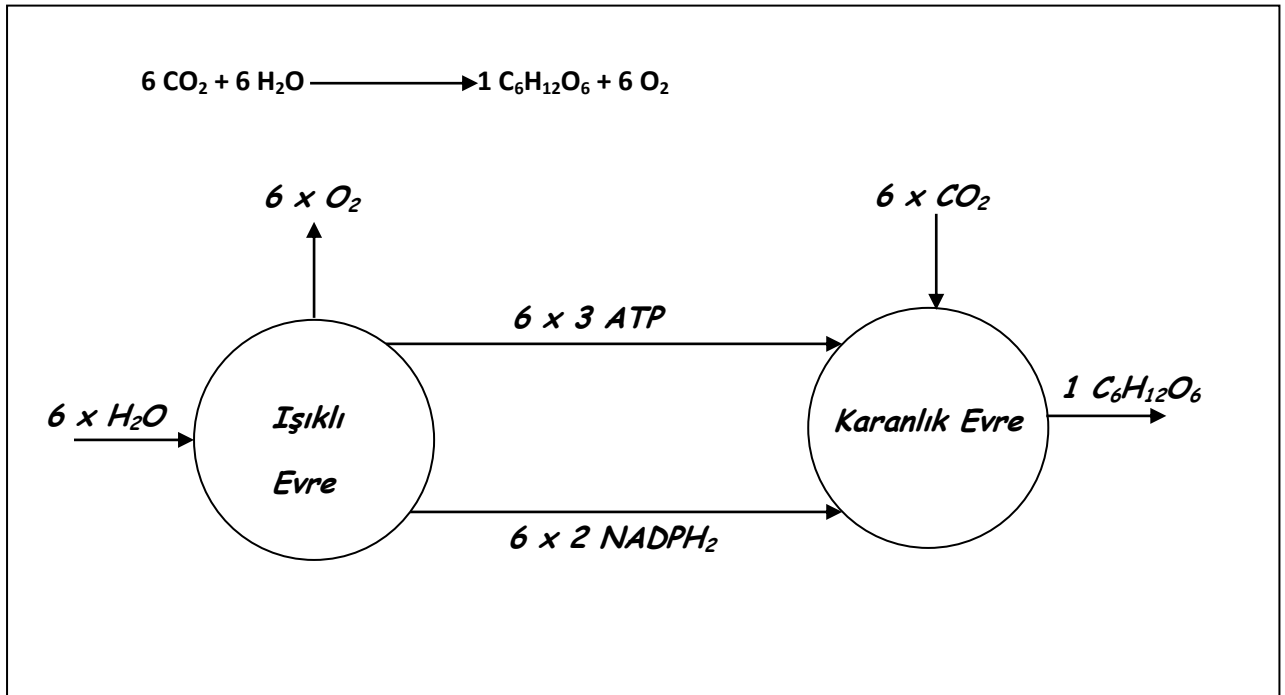
- RDP: Ribuloz di fosfat
 - RMP : Ribuloz mono fosfat
 - PGA : Fosfogliserik asit
 - DPGA : Di fosfo gliserik asit
 - PGAL: Fosfo gliser aldehit
 - FDP: Fruktoz di fosfat
 - FMP: Fruktoz mono fosfat
1. RDP, atmosferden stomalar aracılığı ile CO_2 alır ve 6C'lu kararlı ara bileşiğe dönüşür.
 2. Kararlı hale geçebilmek için PGA'ya ayrılır.
 3. PGA, ATP'den 1 P alarak DPGA'ya dönüşür.
 4. DPGA, NADPH_2 'yi kullanarak ve 1 P kaybederek PGAL'e dönüşür.
 5. PGAL'ler birleşerek fruktozfosfatı oluşturur. Daha sonra glikoz oluşur.
 6. Glikoz, organik madde sentezinde hammadde olarak kullanılır.

7. PGAL' in bir kısmından da RMP sentezlenir.
8. RMP, kalan ATP' yi kullanarak RDP' ye dönüşür.

SORU:

Bitkiler besin üretirken;

1. klorofil
2. mineral
3. CO_2
4. H_2O gibi molekülleri kullanırlar. Buna göre;
 - a) Aminoasit üretirken tüketilenler nelerdir?
 - b) gliserol üretilirken tüketilenler nelerdir?
 - c) Glikoz üretilirken tüketilenler nelerdir?
 - d) Yağ asidi üretilirken tüketilenler nelerdir?



- 1 CO₂ redüksyonu için 3 ATP ve 2 NADPH₂ kullanılırsa

6 CO₂ redüksyonu için 18 ATP VE 12 NADPH₂ kullanılır.

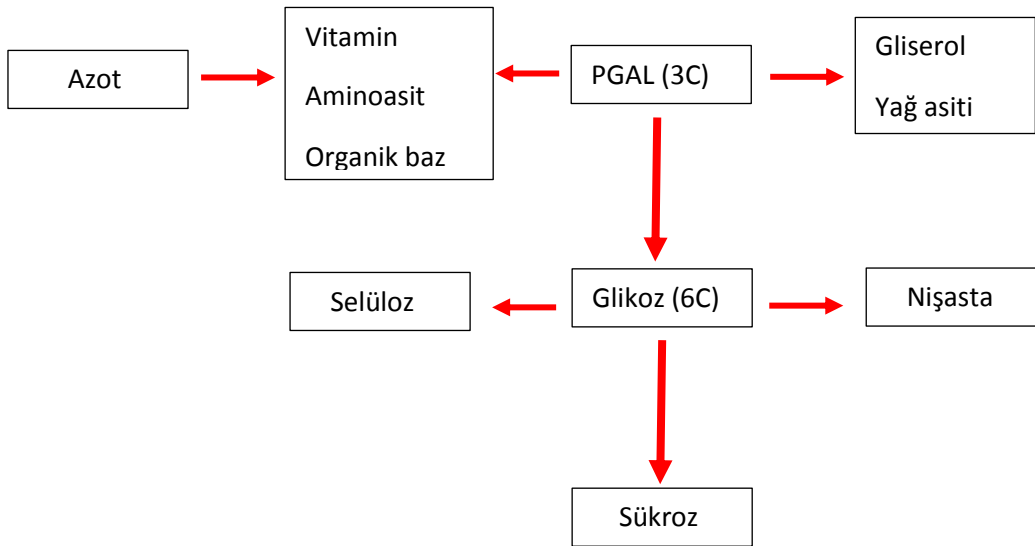
- 1 Glikoz sentezi için 18 ATP ve 12 NADPH₂ gerekir.

NOT: Tüm fotosentez yapan canlılarda;

- CO₂ redüklenmesi (CO₂ indirgenmesi=C kaynağı olarak CO₂ tüketilmesi)
- Işık kullanılması
- Bir H⁺ kaynağı kullanılması
- Klorofil molekülünün iş görmesi
- Fotosenteze ait ETS 'nin iş görmesi

Olayları **ORTAKTIR.**

ORGANİK MADDE SENTEZİ



SORU:

Karanlık devirde 4 CO₂ indirgenmesi (redüksiyon) için

- Kaç ATP gerekir?
- Kaç NADPH₂ gerekir?

SORU:

Karanlık devirde 1 glikoz molekülünün üretilmesi için ışık devrinden gelen

- ATP sayısı nedir?
- NADPH₂ sayısı nedir?
- Olması gereken devirli ve devirsiz fotofosforilasyon sayısı nedir?

***Redüksiyon:** İndirgenme tepkimeleri. Örn: CO₂ redüklenmesi (CO₂ indirgenmesi=C kaynağı olarak CO₂ tüketilmesi)

***Oksidasyon :** Yükseltgenme tepkimeleri. Örn: Oksijenin en önemli özelliklerinden biri maddeleri

÷

Glikoz + + glikoz_(n) → polisakkarit + (n- 1) H₂O ise

N - 1= 12 ise n =13 olur.Yani glikoz sayısı = 13 tür.

1 glikoz üretimi için 12 NADPH₂ gerekiyorsa

13 glikoz " X = 156 NADPH₂ gerekir.

FOTOSENTEZ HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

A) KALITSAL FAKTÖRLER

- Genler- kalıtım : *Albino (tohum) bitkilerde klorofil üretme geni yoktur.
*Böyle bir tohum çimlenme sonrası hemen ölür. (Besi doku tükenince)
- Stoma sayısı
- Yaprak yüzeyi
- Enzim miktarı
- Klorofil miktarı
- Kloroplast miktarı
- Kutikula kalınlığı

***Stoma sayısı :**

Bitkilerde terleme ve gaz alışverişini gerçekleştirir. Fotosentez yapma özellikleri vardır. Stoma sayısı ne kadar çok ise alınan karbondioksit oranı artar ve fotosentez hızı yükselir



Kurak ortam bitkilerinde ; stomalar yaprakta alt durumda ve sayıca az

Nemli ortam bitkilerinde; stomalar yaprakta alt ve üst durumda, sayıları kurak ortama göre fazla

Sulak ortam bitkilerinde; stomalar yaprakta üst durumda ve sayıları oldukça fazladır.

***Yaprak Sayısı Ve Genişliği:**

Yaprak sayısı ve genişliği arttıkça ışıktan yararlanma oranı da artacağından fotosentez hızlanır.

*Enzim Miktarı:

Fotosentezde görev yapan enzim miktarı arttıkça fotosentez hızı artar.

*Kloroplast ve klorofil sayısı:

Klorofil ve kloroplast miktarı arttıkça fotosentez hızı artar.

* Kutikula kalınlığı :

Kütikula, su kaybını azaltan koruyucu mumsu bir yapıdır.

Kütikula kalınlığı arttıkça güneş ışığı daha az geçireleceğinden fotosentez hızı yavaşlar.

B)ÇEVRESEL FAKTÖRLER

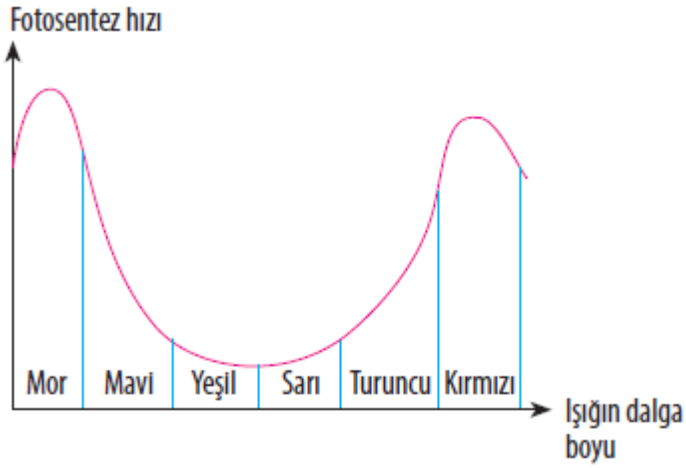
- Su miktarı
- CO₂ miktarı
- Işık şiddeti
- Işık dalga boyu
- Sıcaklık
- Mineral miktarı
- Ortam pH'ı

*Işığın Fotosentez Hızına Etkisi :



Işık şiddeti, birim zamanda yayılan foton sayısıdır.

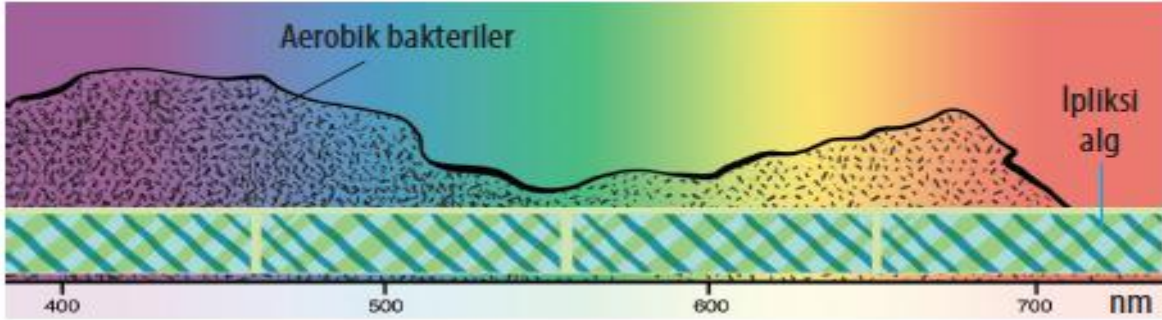
Işık şiddeti arttıkça fotosentez hızı belirli bir seviyeye kadar artar ve sonra sabit kalır.



Canlıların fotosentez yapabilmesi için öncelikle ışığın soğurulması gerekir. Klorofil, mavi, mor ve kırmızı dalga boylarındaki ışığı en iyi soğurduğu için fotosentez daha hızlıdır.

Fotosentez hızının en düşük olduğu dalga boyu ise klorofil tarafından yansıtılan yeşil renge karşılık gelmektedir.

Engelmann Deneyi:



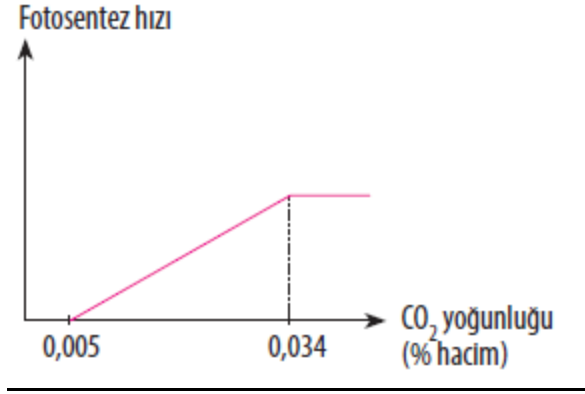
Theodore Engelmann (Teyodor Engılın, 1843-1909) ışığın farklı dalga boylarının fotosenteze etkisini 1883 yılında alg ve bakterilerle yaptığı deneyle göstermiştir.

Engelmann iplikli bir yeşil algi, beyaz ışığı prizmadan geçirerek elde ettiği kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor renklerle ışıklandırmıştır. Fotosentezde ortaya çıkan oksijen miktarını saptamak için oksijenli ortamda yaşayabilen aerobik bir bakteri türü kullanmıştır. Deney sonucunda bakterilerin alg üzerinde en çok mor, mavi ve kırmızı ışığın düştüğü bölgelerde toplanması, bu bölgelerde daha fazla oksijen ortaya çıktığını ve dolayısıyla fotosentezin daha hızlı gerçekleştiğini göstermiştir.

Yapay ışıklandırma: Işık ihtiyacının elektrik enerjisi kullanılarak karşılanmasıdır.

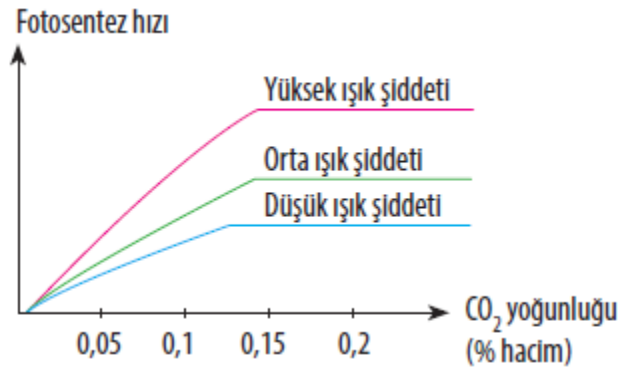
Fotoperiyodik ışıklandırma: Çiçeklenme gibi dönemlerde bitkisel tepkilerin bağlı olduğu ışık aralıklarına müdahale edilir.

***Karbondiyoksit miktarının Fotosentez Hızına Etkisi:**



Karbondiyoksit miktarı arttıkça fotosentez hızı belirli bir seviyeye kadar artırır ve sonra sabit kalır.

NOT: Ca(OH)₂ ve KOH bileşikleri karbondiyoksit tutucu bileşiklerdir. Bu bileşiklerin bulunduğu ortamlarda fotosentezde kullanılan karbondiyoksit oranını ve dolayısıyla



Düşük ışık şiddetinde, orta ışık şiddetinde ve yüksek ışık şiddetinde karbondiyoksit miktarı arttıkça fotosentez hızı da artmakta, ancak sonra sabit kalmaktadır.

Işık şiddeti artırıldıkça karbondiyoksit miktarındaki artış ile birlikte fotosentez hızı biraz daha artmakta, ancak sonra yine sabit kalmaktadır.

Doyma noktasına kadar fotosentez hızını karbondiyoksit belirlerken doyma noktasından sonra ışık şiddeti belirleyici duruma geçer.

Karbondiyoksit zenginleştirme yöntemleri:

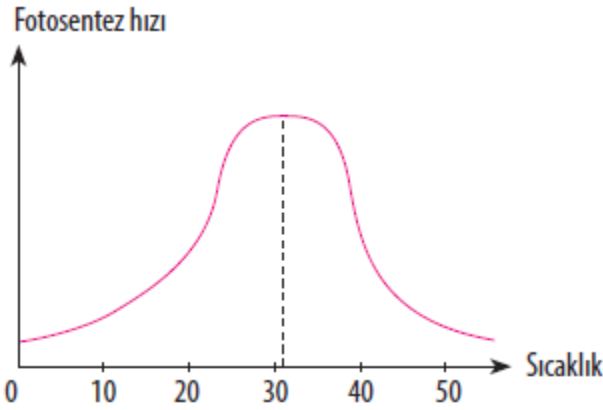
1. Seralarda organik gübre kullanımı : Seralarda kullanılan organik gübre mikroorganizmalar tarafından parçalanır ve CO₂ ıkışı olur.

2. Petrol, bütan, propan gazı, parafin gibi karbon içeriği zengin organik maddeler : Ortamda bu maddelerin yakılması CO₂ oranını artırır. Ancak bu maddeler ortamda sıcaklık ve kükürt artışına neden olduğu için bitkiler ve diğer canlılar için tehlikeli durumlar ortaya çıkarabilir.

3. Ortama sıvı veya katı halde CO₂ eklemek

4. Sera havalandırma saati: Gece boyunca solunumla CO₂ birikiminin olduğu seralarda CO₂ kaybının engellenmesi adına güneş doğduktan 1 ya da 2 saat sonra havalandırılması.

* Sıcaklığın Fotosentez Hızına Etkisi:

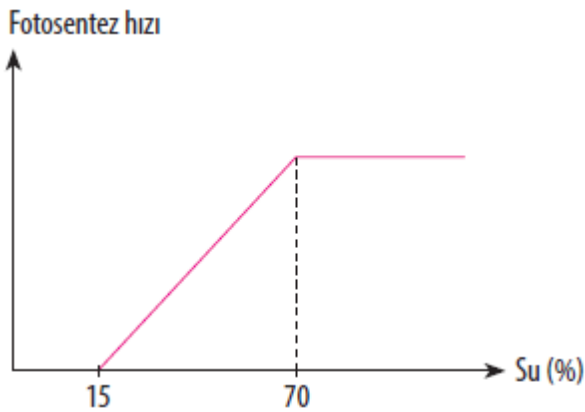


Tüm biyokimyasal tepkimelerde olduğu gibi fotosentez reaksiyonlarında da enzimler kullanılır. Enzimler proteinsel yapılarından dolayı sıcaklıktan etkilenirler.

Düşük Işık Şiddeti Ve Sıcaklık..... Işık Şiddeti düşük iken sıcaklık artırılrsa bile fotosentez hızı yüksek oranda artış göstermez. Çünkü minimum yasasına göre bitki fotosentez için ortamda en az olan faktöre göre fotosentez hızını belirler. Bu durumda da sınırlayıcı faktör düşük olan işık Şiddeti olacaktır.

Yüksek Işık Şiddeti Ve Sıcaklık..... Yüksek ışık şiddetinde sıcaklık artışı fotosentez hızını belirli bir seviyeye kadar artırır. Bitki fotosentezinde optimum sıcaklık (fotosentezin max. Gerçekleştiği sıcaklık) genellikle 33⁰C'dir. Sıcaklığın 35 derecenin üzerine çıkması enzimlerden dolayı fotosentez hızını düşürecektir.

*** Suyun Fotosentez Hızına Etkisi:**



1. Fotosentezde görev yapan enzimlerin çalışması için ortamdaki su miktarının min.%15 olması gerekir.
2. Bitkilerde O₂ ve CO₂ giriş çıkışının yapıldığı stomaların açılıp kapanabilmesi için suya ihtiyaç vardır.
3. Su ayrıca fotosentezde hidrojen kaynağı olarak görev yapar.

*** Mineral Maddelerin Fotosenteze Etkisi:**

Mg (Magnezyum)..... Magnezyum, klorofilin merkezinde yer alan mineraldir.

Fe (Demir)..... *Korofil sentezinde görev yapan bir enzimin yapısına katılır.

*E.T.S. elemanlarından ferrodoksinin yapısında yer alır.

Mn (Mangan).....Fotosentezde rol oynayan enzimlerde kofaktör olarak rol oynar.

Ca (Kalsiyum)..... Fotosentezde rol oynayan enzimlerde kofaktör olarak rol oynar.

K (Potasyum).... Fotosentezde rol oynayan enzimlerde kofaktör olarak rol oynar.

Minimum Yasası: Fotosentez hızı ortamda en az olan minerale göre belirlenir.

***Ortam pH'ının Fotosenteze Etkisi:**

Yine enzimler üzerine etkili bir faktördür. Her enzimin çalıştığı bir pH aralığının olması fotosentez hızını etkiler.