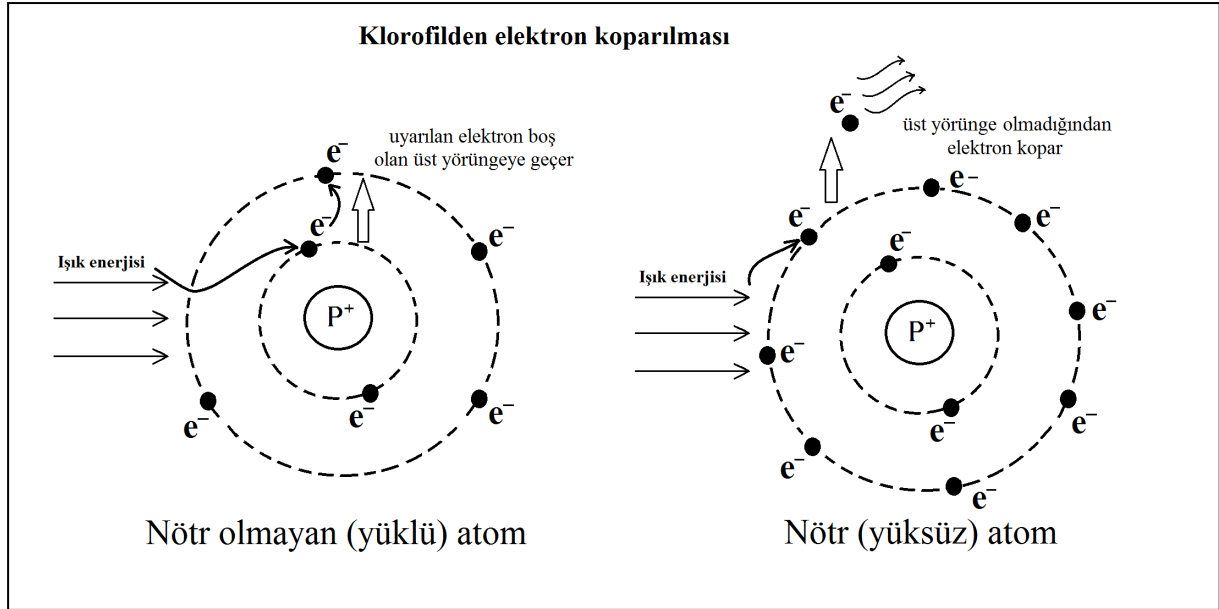


FOTOSENTEZ

Elektron Koparılması ve Floresans Enerjisi

Elektronlar negatif (e^-) ve protonlar pozitif (p^+) yüklüdür. Bu nedenle protonlar elektronları çekerler. Elektronlar ise, belli bir enerjiye sahiptir ve protondan uzaklaşmak isterler. Sonuç olarak elektronlar, proton etrafında bu çekme ve uzaklaşma isteğinin dengelendiği **yörünge** adı verilen hat üzerinde dönerler.

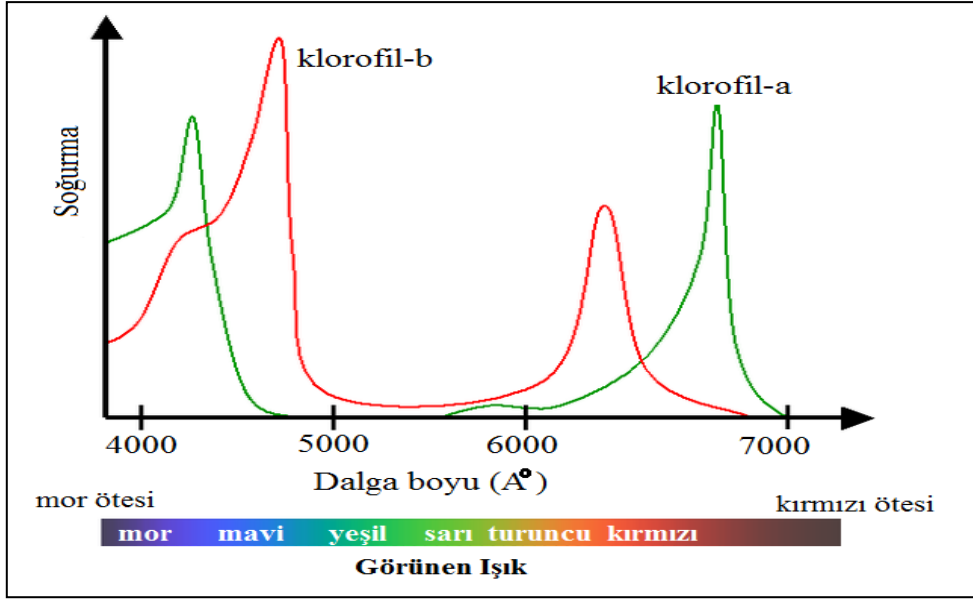
Nötr olmayan bir atomda, elektrona dışarıdan ilave bir enerji verildiğinde, elektron atomdan kopmaz, sadece boşluk bulunan bir üst yörüngeye geçer. Oysaki, klorofil (magnezyum, Mg) gibi nötr bir molekülde, ilave enerji kazanan elektron bir üst yörünge olmadığından, atomdan kopar. Elektron kaybeden atom pozitif yüklenir ve tekrar elektron kazanarak nötr olmak ister. Kopan elektron, almış olduğu ilave enerjiyi ortama salarak tekrar atoma döner. Elektron tarafından ortama salınan bu enerjiye **floresans enerjisi** denir.



Fotosentez, ışığın klorofil tarafından soğurulması ile başlayan bu temele dayanır. Ancak, farklı olarak fotosentezde klorofilin sahip olduğu bu ilave enerji ortama salınmaz, onun yerine ATP sentezinde kullanılır.

Işık ve Renk Oluşumu

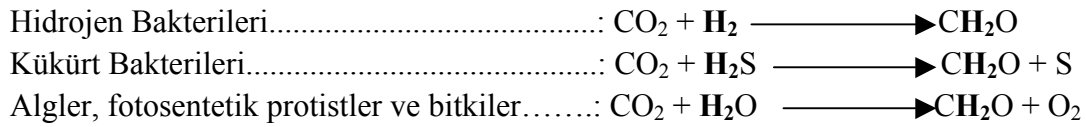
İnsan gözü yaklaşık olarak 3900-7600 Å arasındaki dalga boyuna sahip ışıkları görebilir. **Görünen ışık** dediğimiz bu kısım, elektromagnetik olarak dalga boylarına ayrılır. Cisimler, bu dalga boylarından hangisini yansıtıyorsa o renkte görünür. Bu dalga boylarının tamamını emen cisimler siyah, tamamını yansıtan cisimler ise beyaz görünür. Klorofil veya başka bir deyişle magnezyum (Mg) yeşil dalga boylarının çoğunu yansıtır ve fotosentezde kullanmaz. Bu yüzden bitkiler yeşil görünürler. Bitkiler en fazla mor-mavi ve kırmızı ışık dalgalarını emerler ve fotosentezde kullanırlar.



Fotosentez Tepkimelerinin Kimyasal Temeli

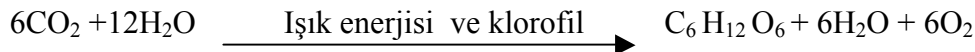
Klorofil taşıyan bir canlının güneş ışığından faydalanarak karbondioksit (CO₂) ve su (H₂O) kullanarak, enzimler yardımıyla organik madde sentezlemesine **fotosentez** denir. Klorofil; algler, fotosentetik protistler ve bitkilerde kloroplast içinde, bakterilerde ise sitoplazmada serbest olarak bulunur. Fotosentetik canlılarda klorofilden başka, karoten, ksantofil, fikoeritrin ve fikosiyanın gibi pigmentler de bulunabilir.

Temel organik bileşiklerin yapısı esas itibarıyla karbon (C), hidrojen (H) ve oksijenden (O) oluşur. Tüm fotosentetik canlılarda karbon ve oksijen, karbondioksitten (CO₂) elde edilir. Hidrojen ise, fotosentetik bakterilerde hidrojen gazı (H₂) veya kükürlü hidrojenden (H₂S), algler, fotosentetik protistler ve bitkilerde sudan (H₂O) elde edilir. Farklı canlı gruplarında görülen fotosentez tiplerinin kimyasal tepkimeleri özet olarak aşağıda verilmiştir;



Fotosentezin Genel Denklemi

Klorofilli bir hücrede hem fotosentez ve hem de oksijenli solunum meydana gelir. Bu iki olay arasında karşılıklı gaz alışverişi vardır. Fotosentez şu formülle özetlenebilir;

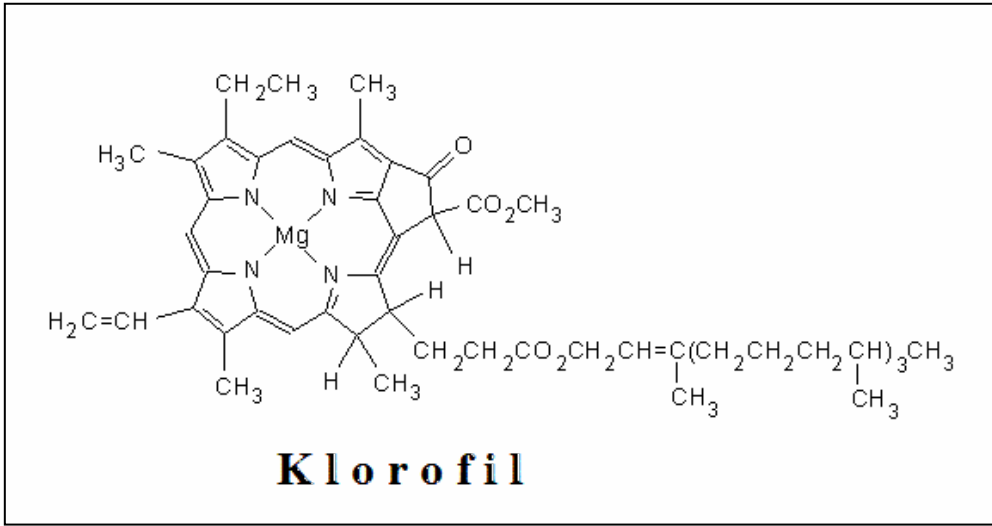


Kloroplast ve Klorofil

Algler, fotosentetik protistler ve bitkiler gibi ökaryotik canlılarda, fotosentez kloroplastlarda gerçekleşir. Klorofil, fotosentezin ışık kullanılan evreleri için gereklidir. Klorofiller **granayı** oluşturan tilakoid zarların üstünde bulunduğundan, ışıklı evreler burada gerçekleşir.

Fotosentezin ışık kullanılmayan evresi (enzimatik evre) kloroplastın stroma bölgesinde gerçekleşir.

Klorofil ışığı soğurup kimyasal enerjiye dönüştüren moleküldür. Görünen ışığın en fazla yeşil dalga boyunu yansıttığı için, bitkiye yeşil rengi verir. Klorofilin temelini **4 pirol** halkalı **porfirin çekirdeği** oluşturur ve bunun ortasında **Mg** atomu yer alır. Klorofil veya benzeri bir molekülü olmayan hiçbir hücre fotosentez yapamaz.



FOTOSENTEZ REAKSİYONLARI

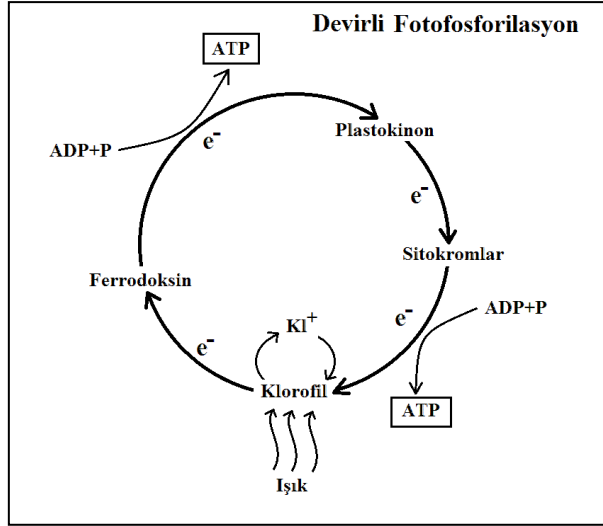
Fotosentez reaksiyonları ışık enerjisinin kullanılıp, kullanılmamasına göre; ışık veya enzimatik reaksiyonlar olmak üzere iki kısımda incelenir. Işık reaksiyonları sadece gündüz olmasına karşın, enzimatik reaksiyonlar gündüz veya gece olabilir.

A- Işık Reaksiyonları Evresi

Işık reaksiyonları için ışık ve H₂O gereklidir. Bu evrede CO₂ kullanılmaz. Bu reaksiyonlar kloroplastların grana lamellerinde gerçekleşir. Burada, güneş enerjisi klorofil tarafından emilir ve ATP sentezlenir. Ayrıca suyun iyonlaşması sonucu (**fotoliz**) elde edilen hidrojenler kullanılarak NADPH₂ üretilir. Enzim kullanılmadığından, bu evre ısı ve pH değişimlerinden etkilenmez.

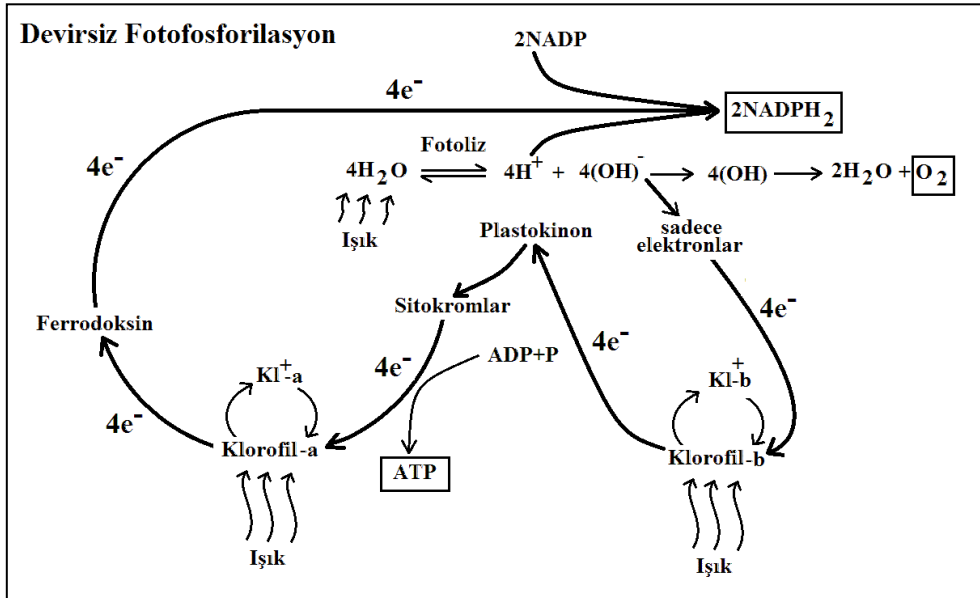
Işık enerjisi yardımıyla ADP' ye bir fosfat (~P) bağlayarak ATP sentezlenmesine **fotofosforilasyon** denir. Işık reaksiyonları, klorofilden ayrılan elektronun tekrar aynı klorofile dönüp dönmemesine göre **devirli** veya **devirsiz fotofosforilasyon** olmak üzere iki kısımda incelenir.

a) Devirli fotofosforilasyon: Güneşten aldığı ışık enerjisi sayesinde klorofilden kopan elektron aynı klorofile geri döner. Sonuçta hiçbir madde harcanmadan 2 ATP sentezi yapılır.



b) Devirsiz fotofosforilasyon: Klorofil-a (Kl-a) ve Klorofil-b (Kl-b) birlikte görev alır. Kl-a' dan kopan elektronlar NADPH_2 yapısına katılır. Kl-a elektron ihtiyacını Kl-b' den karşılar. Kl-b ise elektronunu fotoliz sonucu iyonize olmuş sudan elde eder. Kopan elektronlar tekrar aynı klorofillere geri dönmaz. Reaksiyon sonucunda 1 ATP ve 2 NADPH_2 sentezi yapılır. Bu evrede suyun iyonlaşması sonucu (**fotoliz**) yan ürün olarak O_2 açığa çıkar. Bu reaksiyonun temel amacı NADPH_2 üretilmesidir. Suyun ışık enerjisi etkisiyle iyonize olmasına **fotoliz** denir. Fotoliz sonucu oluşan hidrojen iyonları (H^+) NADPH_2 yapısına katılır. Hidroksit iyonları (HO^-) ise tekrar suya ve oksijene (O_2) dönüşür. Su fotosentezde elektron, hidrojen ve oksijen kaynağı olarak kullanılır.

Devirli ve devirsiz fotofosforilasyon reaksiyonlarında ilk elektron tutucu **ferrodoksin**'dir. Bu durumda ferrodoksin en güçlü, klorofil ise en zayıf elektron tutucudur. Işık reaksiyonları sonucu toplam 3 ATP ve 2 NADPH_2 üretilir. Aynı klorofil değişik zamanlarda devirli veya devirsiz fotofosforilasyon reaksiyonlarına katılabilir. Bu, ortamdaki NADPH_2 miktarı tarafından kontrol edilir. NADPH_2 azaldığında devirsiz fotofosforilasyon gerçekleşir.

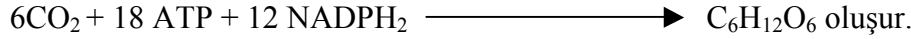


B- Enzimatik Reaksiyonlar Evresi

Bu reaksiyonlar gece veya gündüz olabilir, ancak ışık gerekli değildir. Enzimler görev aldığından ısı ve pH değişimlerinden etkilenir. Kloroplastın stroma bölgesinde meydana gelir. Bu evrede, ortamdaki karbondioksit ve ışık reaksiyonları evresinde sentezlenen 3 ATP ve 2 NADPH₂ kullanılır. Buna göre;

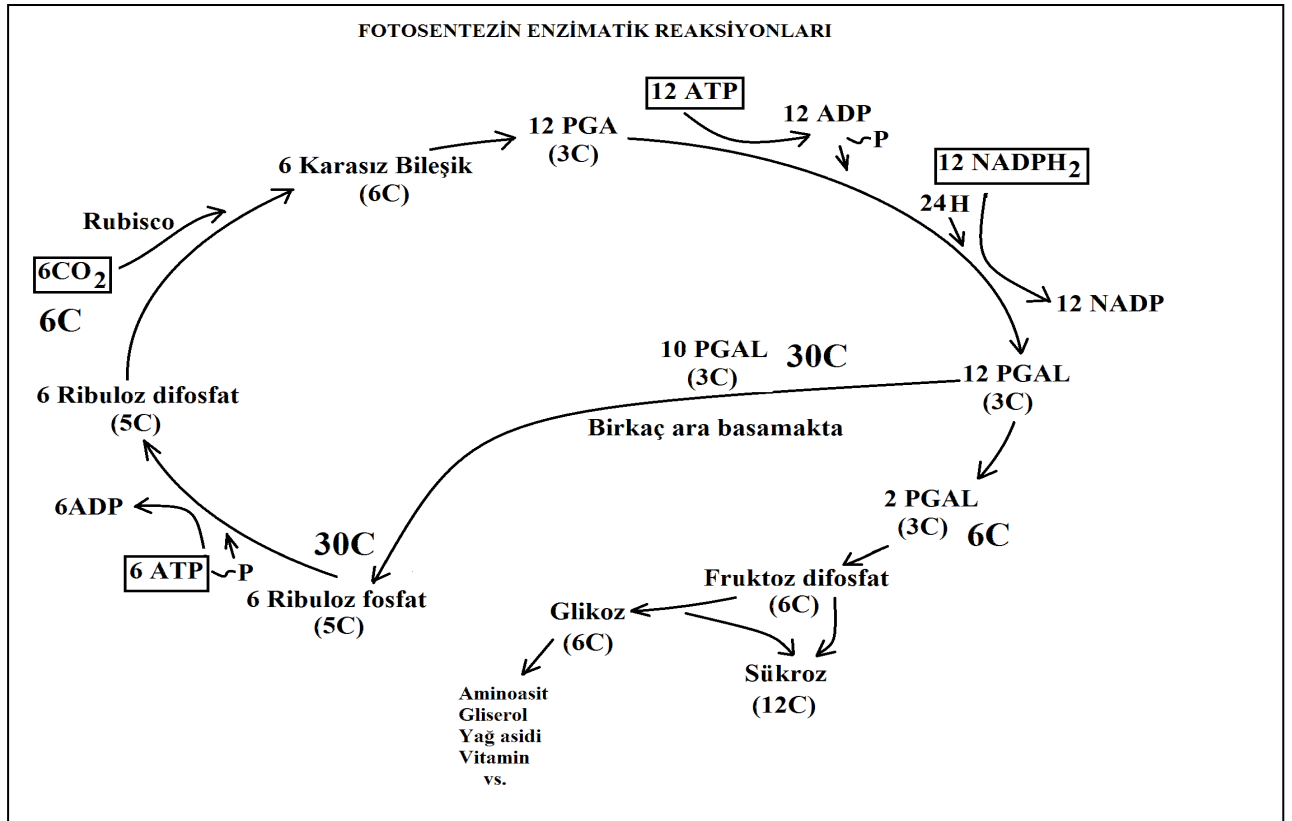


Oluşan bu bileşiğin glikoz olması için denklemin her iki tarafı 6 ile çarpılmalıdır. Sonuçta;

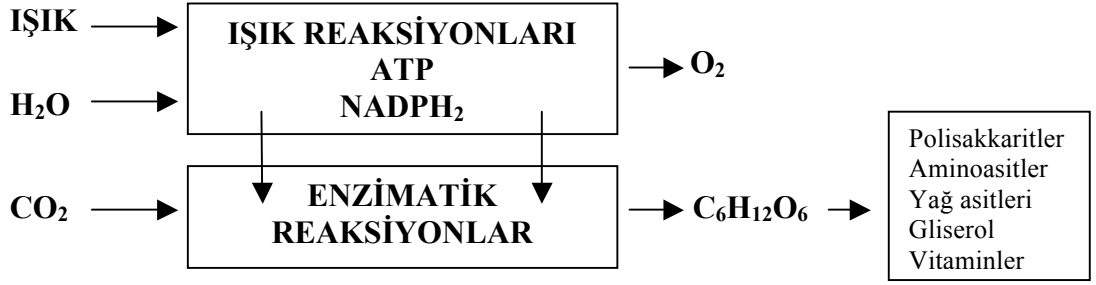


Yukarıdan kolaylıkla anlaşılacağı üzere, bir molekül glikoz için ışıklı evre reaksiyonlarının tam 6 kez tekrarlanması gerekmektedir.

Calvin döngüsü veya C₃ olarak da bilinen bu evre, 4 ana kademede tamamlanmaktadır. İlk önce ATP, Ribuloz fosfatı aktive eder ve bir fosfat vererek onu ribuloz difosfata dönüştürür. Ardından CO₂ **rubisco** (ribuloz difosfat karboksilaz / oksijenaz enzimi) ribuloz difosfata bağlanır ve bundan 3 karbonlu fosfoglisirik asit (PGA) oluşur. NADPH₂ ve ATP'lerin katılımıyla fosfoglisirik asit (PGA), fosfoglisirik aldehite (PGAL) dönüşür. Oluşan bu PGAL'lerin bir kısmı birkaç ara basamak ile tekrar ribuloz fosfata dönüşür. Diğer kısmından ise, bitki için gerekli olan her türlü organik madde sentezlenir. Bu nedenle, geniş anlamda düşünüldüğünde fotosentezin son ürünü bitkinin kendisidir.



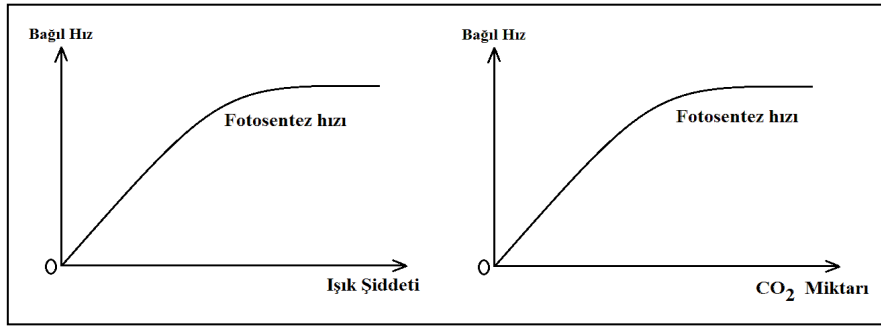
FOTOSENTEZİN HAMMADDELERİ VE ÜRÜNLERİ



FOTOSENTEZİN BAĞIL HIZINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

1- Ortamdaki ışık şiddeti fotosentez hızını belli düzeye kadar doğru orantılı olarak artırır, ancak daha sonra bu artış durur ve hız sabitlenir.

2- Ortamdaki CO₂ yoğunluğu belli düzeye kadar fotosentez hızını doğru orantılı olarak artırır, ancak belli yoğunluktan sonra bu artış durur ve hız sabitlenir.



3- İstisnalar dışında fotosentez için ideal sıcaklık 20-30 °C' dir. Bu dereceler arasında hız en yüksektir. Daha düşük veya daha yüksek sıcaklıklarda hız düşer. Düşük sıcaklıklarda enzim çalışmaz, ancak yapısı bozulmaz. Yüksek sıcaklıklarda ise enzim yapısı bozulur. Bu durumun geri dönüşü yoktur.

4- pH içinde sıcaklığa benzer bir durum söz konusudur. Ancak pH'da düşük veya yüksek değerlerin her ikisinde de enzim yapısı bozulur. Bunun geri dönüşü yoktur. Ayrıca ortamdaki mineral tuzların da fotosentez hızına etkisi vardır. Örneğin Mn, Fe ve Mg tuzları klorofil sentezi için büyük önem taşır, bu yüzden yokluklarında fotosentez olumsuz etkilenir.

