

Fotosentezde Cereyan Eden Asal Tepkimeler

Fotosentezde cereyan eden tepkimeler ışık tepkimeleri ve karanlık tepkimeleri olmak üzere iki ana bölüm altında toplanabilir. Fotosentezin ışık tepkimelerinde su ve ışığa gereksinim bulunmaktadır. Karanlık tepkimelerinde ise karbondioksite gereksinim vardır. Karanlık tepkimelerinde ışığın olması ya da olmaması önemli değildir. Bir başka deyişle karanlık tepkimeleri ışık bulunan ortamlarda da oluşabilir.

Işık tepkimelerinde su molekülleri ışık enerjisi ile parçalanır, bir başka deyişle *fotolize* olur. Tepkime sonunda hidrojen iyonları (H^+), elektronlar (e^-) ve oksijen açığa çıkar. Hidrojen iyonları ve elektronlar izleyen fotosentetik tepkimelerde elektron taşıyıcılarına ya da elektron taşıyıcı moleküllerine aktarılarak kullanılır. Elektron taşıyıcıları H^+ iyonlarını ve elektronları aldıkları zaman kimyasal olarak indirgenmiş, verdikleri zaman da yükseltgenmiş olurlar.

Yukarda açıklandığı şekilde hidrojen iyonlarının ve elektronların oluşumuna ek olarak tepkimelerde enerji kaynağı şeklinde görev yapan ATP (adenozin trifosfat)'da oluşur. Bunun için Pi (inorganik fosfor) ADP (adenozin difosfat) ile birleşir. Bu birleşmeye *fosforilasyon* ve tepkimenin ışık karşısında oluşması halinde de *fotofosforilasyon* adı verilir.

Işık tepkimelerinde, aşağıda formüle edildiği gibi, ışık karşısında su, ADP ve Pi tepkimeye girmekte, tepkime ürünü olarak elektronlar ,H⁺ iyonları ve ATP oluşturmaktadır. Yan ürün olarak oksijen oluşmaktadır.

Işık tepkimeleri



Karanlık tepkimeleri de aşağıda formüle edildiği gibi ışık tepkime ürünleri (4H⁺ + 4e⁻ + ATP) kullanılarak karbondioksitin fiksasyonu ya da kimyasal indirgenmesi ile şeker (CH₂O) oluşmaktadır.

Karanlık tepkimeleri



Işık tepkimelerinde ana tepkime maddesi olan su, karanlık tepkimelerinin bir yan ürünü şeklinde oluşur. Fotosentez anında cereyan eden tepkimeleri gösteren formüllerin en başında ve en sonunda H_2O yer alır.

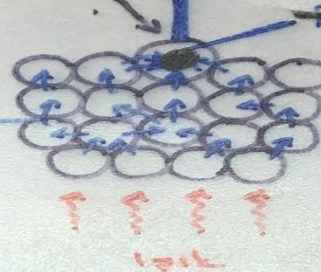
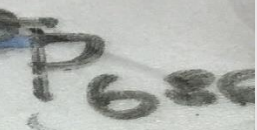
Işık Tepkimeleri ve Elektron Aktarımı

Bitkilerde kloroplastlar tarafından absorbe edilen ışık enerjisi fotosentez sonucu gıda enerjisine yani kimyasal enerjiye dönüşmektedir. Fotosentezde cereyan eden temel yükseltgenme ve indirgenme tepkimeleri kloroplastın farklı yerlerinde oluşmaktadır. Örneğin ışım tepkimleri kloroplastın GRANUM, karanlık tepkimeleri ise STROMA adı verilen bölümlerinde gerçekleşir. Klorofil molekülleri ise granumların tilakid tabakaları arasında yer alır.

Fotosentezde temel işlem pigmentler aracılığıyla ışığın absorbe edilmesi, elektron aktarımının sağlanması v absorbe edilen ışığın kimyasal enerjiye dönüştürülmesidir. Bu işlemler sonucu kimyasal enerji ATP ve NADPH şeklinde ortaya çıkar.

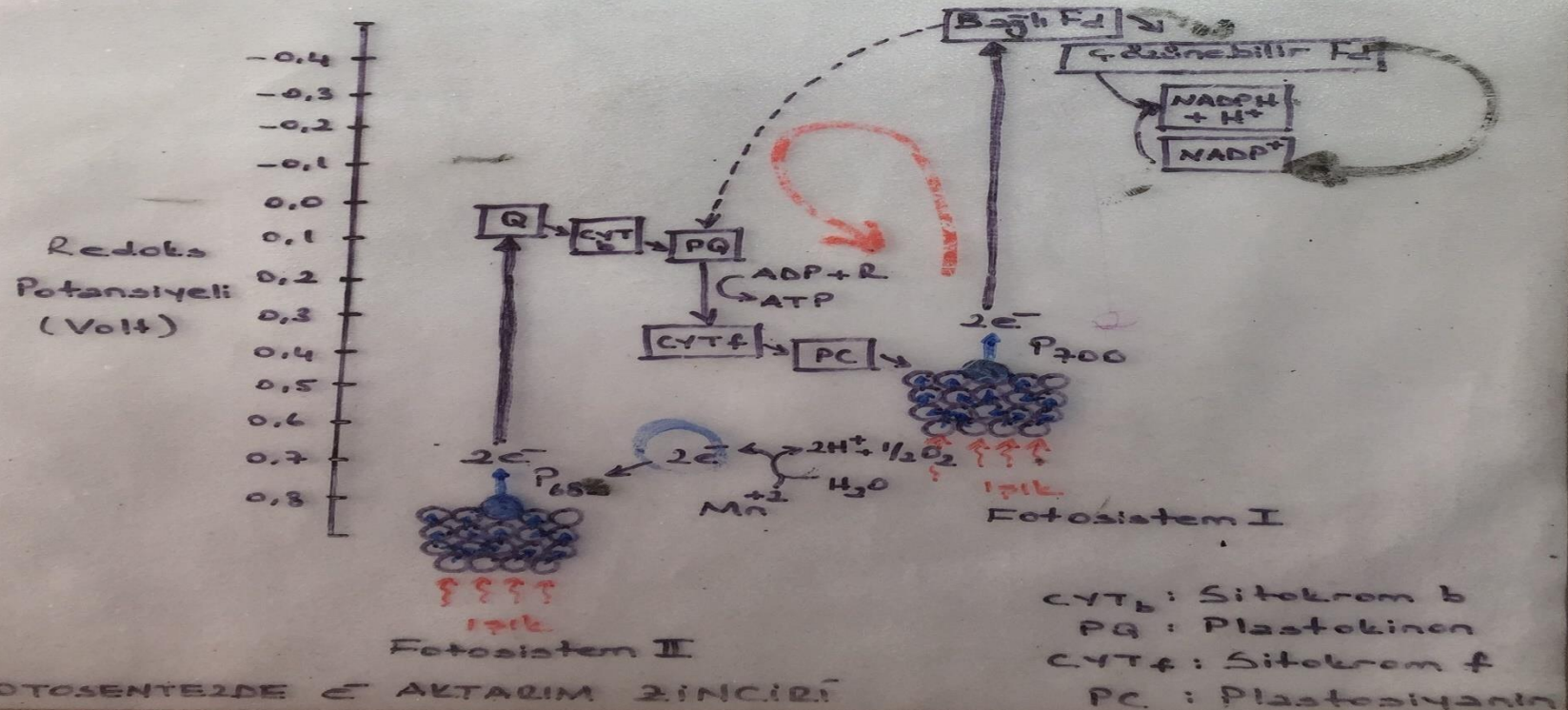
Yüksek bitkilerde ışık absorpsiyonunda ve enerji değişiminde fotosistem I ve fotosistem II olmak üzere 2 fotosistem görevlidir. Granumların tilakoid tabakaları arasında yer alan her iki fotosistem de pigment moleküllerinin dizilişleri huniye benzetilir.

Bakınız Sekil



FOTOSISTEM II

Yüksek bitkilerde ısıt absorpsiyonunda ve enerji değişiminde görev yapan Fotosistem I ve Fotosistem II.

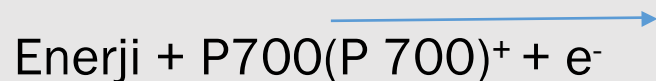


Her iki fotosistemde yaklaşık 400 klorofil molekülleri ile karotin ve karotinoidler gibi pigmentler bulunur. Tüm bu pigmentlerin görevi ışığı absorbe etmek ve ışık enerjisini pigment moleküllerinden birinden diğerine aktararak her iki fotosistemde bulunan özel klorofil-a moleküllerine aktarmaktır.

Fotosistem-I

Fotosistem-I de özel klorofil-a molekülü pigment 700 (P 700) olarak tanımlanmakta olup, en yüksek ışık absorpsiyonu 700 nm'de gerçekleşir. Özel klorofil-a molekülünün diğer klorofil moleküllerinden farklı daha uzun dalga boyundaki ışıkları absorbe edebilmesidir.

Fotosistem-I de karotin, karotinoid, klorofil-b ve normal klorofil-a molekülleri tarafından absorbe edilen ışık enerjisi molekülden moleküle aktarılarak en sonunda P 700 molekülüne (klorofil-a) ulaştırılır. Bir elektron vericisi olarak görev yapan P700 molekülü elektron vererek yükseltgenir. Bu işlem elektron aktarımında temel işlemdir.



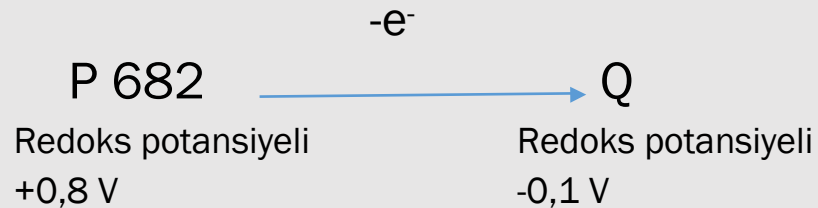
Fotosistem-I de elektronun alıcısı bağlı ferrodoksindir. P 700'ün redoks potansiyeli + 0,46 volt iken, elektron alıcısı olarak görev yapan bağlı ferrodoksinin redoks potansiyeli – 0,44 voltur.



P700 den çıkan e- bağlı ferrodoksine ulaşır. Bu yukarı doğru taşınmadır. Gerek duyulan enerji fotosistem-I pigmentleri tarafından absorbe edilen ışık enerjisinden sağlanır.

Fotosistem-II

Fotosistem-II de elektron vericisi, ışık absorpsiyonunu maksimum 682 dalga boyunda gerçekleştiren ve P682 olarak tanımlanan özel klorofil-a molekülüdür. P682 tarafından verilen elektron Q ile gösterilen madde tarafından alınır. Fotosistem-II de birincil elektron alıcısı olan bu madde bazı bilim adamlarına göre bir plastokinon dur. Birincil enerji aktarımı;



Şeklinde bir yukarı doğru taşınmadır. Bunun için gerekli enerji sudan sağlanır ve bu enerji ile H₂O parçalanarak gerekli e⁻ açığa çıkar.

Yüksek bitkilerde cereyan eden bu 2 tip fotosistem birlikte görev yaparlar ve elektronların sudan başlayarak NADP⁺ ye değin aktarılmasını gerçekleştirirler. Diğer bir değişle ışık tepkimelerinde su elektron veren, NADP⁺ ise elektron alan maddelerdir.

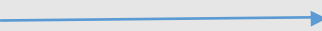
Fotosistemlerde Elektron Akışı

Fotosistem-II de elektron vericisi olan su

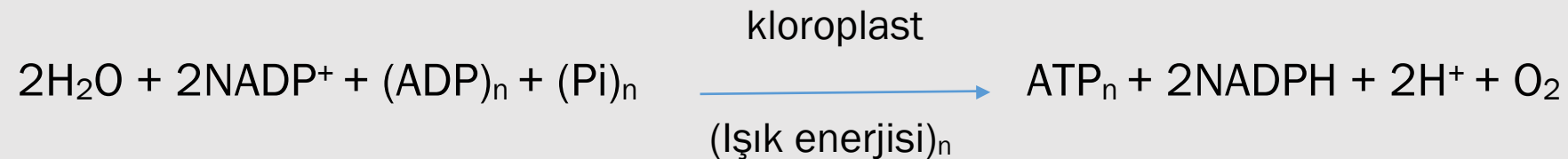


Şeklinde parçalanır ve açığa çıkan elektronlar P 682 ye oradan da daha önce açıklandığı gibi Q bileşiğine aktarılır. Q bileşiğine gelen elektronlar aşağı doğru taşınma ile önce sitokrom-b ye oradan da plastokinona aktarılır. Ayrıca plastokinona fotosistem-I deki bağlı ferrodoksenden de elektronlar aktarılmaktadır. Plastokinonlardaki elektronlar sitokrom-f ye oradan da plastosiyanine aktarılır. Plastosiyan kendine gelen elektronları daha önce açıklandığı şekilde yükseltgenmiş durumda bulunan P 700 e aktarılır.

Fotosistem-I de P 700 e gelen elektronlar yukarı doğru taşıma ile önce bağlı ferrodoksine gelirler. Bağlı ferrodoksine gelen elektronlar buradan çözünebilir ferrodoksine aktarılırlar. Ferrodoksin elektronları NADP^+ ya aktararak NADP^+ yı

NADP^+  $\text{NADPH} + \text{H}^+$ şeklinde indirgeyerek NADPH oluşur. Böylece elektron taşınımı sona erer.

Işık tepkimeleri sonunda açığa çıkan enerji ATP ve NADPH şeklinde depo edilirler. Fotosentezde cereyan eden ışık tepkimeleri özet olarak;



gösterilebilir.

Fotosistem-II de P 682 den çıkan elektronun NADP+ aktarılması aşamasında ADP nin fotolize edilerek ATP nin sentezlenmesine *Döngüsel Olmayan Fosforilizasyon* denir. Buna karşın fotosistem-I de P 700 den çıkan ve bağlı ferrodoksin tarafından alınan elektronların bir bölümü NADP+ yerine fotosistem-II deki Pilastokinona aktarılır. Pilastokinon bağlı ferrodoksinin elektron alıcısı görevini yapar. Böylelikle döngüsel bir elektron akımı oluşur. Bu tür elektron akımının neden olduğu fosforilizasyona ise *Döngüsel Fosforilasyon* denir.

Karanlık Tepkimeleri (CO₂ Özümlemesi)

Karanlık tepkime aşamasında ışık tepkimesi sonucu NADPH ve ATP şeklinde depo edilen enerji kullanılarak CO₂ karbonhidratlara ve çeşitli organik bileşiklere dönüştürülür.