

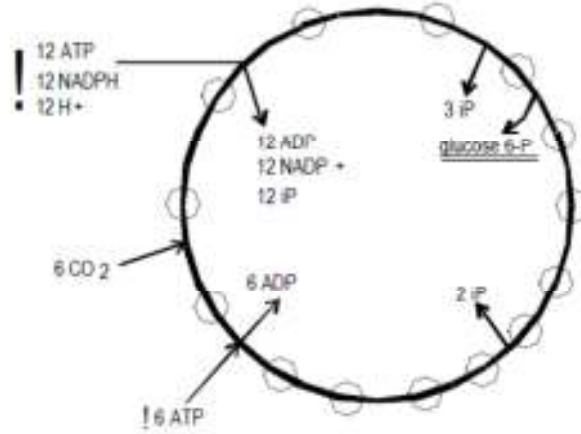
1.018/7.30J Ek Not: FOTOSENTEZE GENEL BAKIŞ

BİYOLOJİDE DERSLER

S.E. Luria, 1975 (MIT Profesörü, Nobel Adayı 1969) den uyarlanmıştır

[Not: Buradaki fotosentez açıklaması 35 yaşından fazladır. Fotosentezin mekanizması ve bu mekanizmanın biyofizik kuralları hakkında burada açıklanandan çok daha fazlası bilinmektedir. Fakat burada verilen açıklama, önemli kısımları basit ve zarif bir biçimde özetlemektedir. Luria bu konuda usta bir kalemdir ve zaman sınavına başarıyla direnmiştir. P.C.]

Fotosentez yeşil bitkilerin, alglerin ve bazı bakterilerin CO_2 'in karbonunu organik maddeye dönüştürmede kullandığı dikkat çekici bir süreçtir. Fotosentezde, CO_2 Amerikalı bir biyokimyacı olan Calvin'in (16. yy. Protestan reformcusuyla ilişkisi yoktur) adıyla anılan bir tepkimeler dizisi yoluyla sabitlenir. Bu döngü çok sayıda öğretici özelliğe sahiptir.



Her küçük çember bir ya da daha fazla karbon bileşiğini göstermektedir.

(Şekil döngünün 6 kere çalışmasını göstermektedir)

Bu döngü, bir seferde altı CO_2 molekülünü bir basamaklar dizisi boyunca tek tek almakta ve onları bir glikoz molekülüne dönüştürmektedir. Önemli noktalar:

- (1) Karbon, sadece CO_2 olarak girmekte ve sadece şeker olarak çıkmaktadır.
- (2) Döngü 6 mol CO_2 'den bir mol şeker $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ oluşturmak için, ADP ve P_i 'ye dönüştürülen 18 mol ATP kullanır ki bu gayet mantıklıdır. Çünkü bir hücre, şekeri glikoliz ve Krebs döngüsünde CO_2 oluşturmak üzere yaktığı zaman enerji açığa çıkar ve bunun bir kısmını ATP formunda depolar. O nedenle CO_2 'den

şeker yapmak için bir miktar ATP harcamak gerekir.

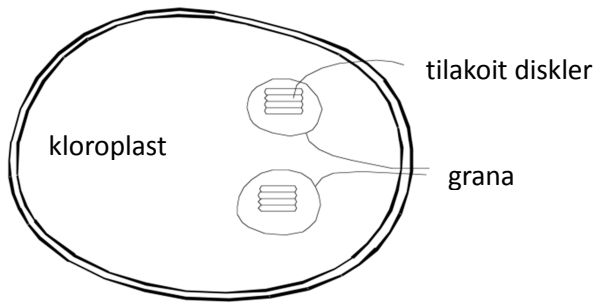
- (3) Glikoliz ve Krebs döngüsünde elektron açığa çıkar ve bunlar NAD^+ tarafından tutulur. CO_2 'den şeker yapma süreci bunun tam tersi olan bir süreçtir ve elektronlara ihtiyaç duyulur. Başka bir deyişle, CO_2 'i şekere dönüştürmek için *indirgeyici güce* ihtiyaç vardır. Döngü bunu NADH'ın bir türevi olan NADPH'tan sağlar. Üretilen bir mol şeker başına on iki mol NADPH gereklidir. Tüm tepkime şu şekilde yazılabilir:



NADPH sadece fotosentezde değil; çoğu hücrede biyosentetik faaliyetlerde elektron verici olarak kullanılır.

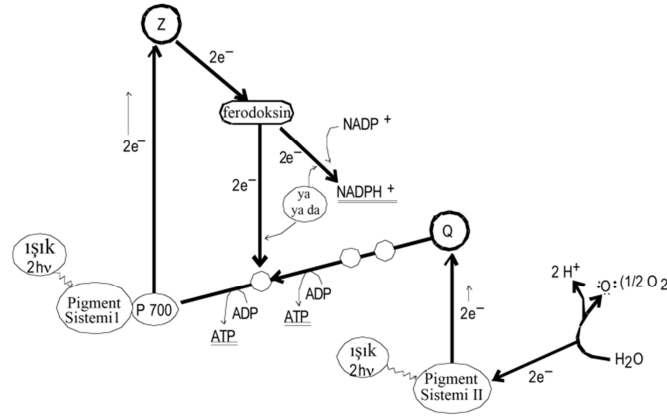
[Calvin döngüsü sadece fotosentez yapan canlılar değil, karbondioksit kullanarak kendi organik karbonunu yapan tüm canlılar tarafından kullanılır. Örneğin bazı önemli bakteri grupları H_2 , H_2S ya da S ve hatta CO 'i (egzoz gazı) yükseltger ve bu bileşiklerdeki elektronları NADH ya da NADPH oluşturmak için kullanırken, elektron taşıma sistemi yoluyla ATP şeklinde ürettiği enerjiyi depolar. CO_2 'i Calvin döngüsü ile sabitleyerek karbon kaynağı olarak kullanırlar. Ancak bu şekilde yapılan CO_2 sabitlemesi, dünya üzerinde meydana gelen tüm CO_2 sabitleme faaliyetinin çok az bir kısmını oluşturur.]

Dikkat ederseniz, fotosentez denkleminde içeriye H_2O ve O_2 verirken ışığı dışarıda bıraktığımı göreceksiniz. Calvin döngüsü fotosentezin *karanlık tepkimesini* oluşturmaktadır. Peki, ışık ne işe yaramaktadır? Işık, sürecin *ışık reaksiyonu* kısmında ATP ve NADPH oluşturmak için gerekli enerjiyi sağlar. Bu olay bitki hücrelerinde yer alan ve *kloroplast* adı verilen karmaşık bir aparat içinde gerçekleşmektedir. Kloroplastlar belli dalga boylarındaki ışığı emerek bunu kimyasal enerjiye dönüştüren pigmentler içermektedir.



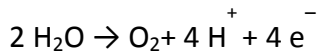
Bitkiler yeşildir, çünkü kloroplasttaki klorofil ve karotenoid pigmentleri kırmızı ışığı

soğurur. Bunlar *grana*'da kümelenmiş halde bulunan ve *tilakoid* adı verilen zar yapılarında bulunur. Düzen şu şekildedir: Işık tarafından pigment moleküllerinde oluşturulan uyarı, bir yoğunlaştırıcı gibi uyarım enerjisini toplayan özel bir grup klorofil pigmentine (pigment sistem I ya da PSI) iletilir. Sonra elektronlar ağzına kadar demir atomları ile dolu *ferrodoksin* moleküllerine aktarılır. Klorofilden elektron alan ferrodoksin'in demir atomları, indirgenmiş Fe^{++} haline gelir; bu haldeki demir atomları güçlü elektron vericilerdir.



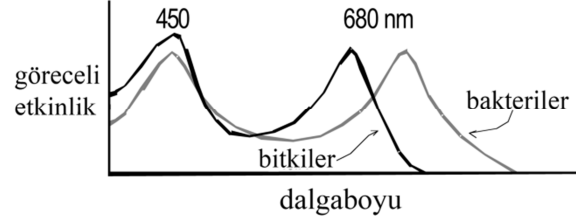
Bu elektronlar daha sonra çeşitli şekillerde kullanılabilir. Bazıları önemli miktarda ATP oluşturan bir dizi tepkime ile klorofile geri döner. İndirgenmiş ferrodoksin'den gelen diğer elektronlar NADPH üretmek için kullanılır.

Bu noktada, Calvin döngüsünde CO_2 sabitleyerek şeker oluşumu için gerekli tüm ATP ve NADPH'ı oluşturmuş oluyoruz. Hepsinin bu kadar olduğunu düşünmek doğrusu biraz safça olurdu İşte burada Luria'nın birinci kuralı çirkin başını yine kaldırıyor. Elektronlar NADPH yapmak için indirgenmiş ferrodoksin'den alındığında, klorofile geri döndürülemez. Klorofili yeniden oluşturmak için tamamlayıcı bir plana ihtiyacımız vardır. Bu plana göre, bitki hücrelerinde ikinci bir pigment molekülleri dizisi olan PSII kullanılır. Bu molekül dizisi de ışık tarafından uyarıldığı zaman PSI gibi elektron bırakır. Bu elektronlar PSI'in klorofil moleküllerine aktarılır. Fakat fark şudur ki, PSII'nin klorofil molekülleri elektronlarını sudan geri alarak oksijeni açığa çıkarabilir:



İşte bu nedenle bitkiler fotosentez sonucu O_2 oluşturur. Bu tepkime atmosferdeki tüm oksijenin kaynağı olup, fotosentetik hücrelerin fotosentez tepkimelerini dengelemelerini ve bizim de rahat bir nefes alabilmemizi sağlar (H_2O 'nun PSI'e doğrudan elektron sağlayamayacağını unutmayınız).

H_2O ile yapılan deneyler oksijenin CO_2 'den değil, tamamen sudan geldiğini göstermiştir. Eylem spektrumu, yani fotosentez için çeşitli dalga boylarının göreceli etkinliği aşağıdaki şekilde verildiği gibidir.



İki adet soğurma tepe noktası bulunur; biri yaklaşık 680 nm'de kırmızıdadır, diğeri ise yaklaşık 450 nm'de mavidedir. Kırmızıdaki tepe noktası aynı zamanda fotosentez için en etkin olandır. Yeşil bir madde olan klorofil, sarıdan kırmızıya kadar değişen *sitokromların hem grubuna benzeyen bir porfirin halkasına* sahiptir.

Fotosentez yapan organizmalar sadece bitkiler değildir. Bazı bakteriler de fotosentez yapar, fakat bakteriler O_2 üretemezler. Çünkü onlar fotosentezde kullandıkları elektronları sudan almak yerine H_2S 'den veya organik bileşiklerden alırlar.

Fotosentetik bakteriler oksijen üretmediği için hava, yaptıkları fotosentezi kısıtlar. Yazın bir göle bakarsanız, suyun yüzeyine yayılmış yeşil algleri görürsünüz. Fotosentetik bakteriler alglerin altındaki az oksijenli bölgeye yerleşir. Işık bu bölgeye bir alg tabakasından geçerek gelir, ama hala bu bakteriler tarafından kullanılacak miktardadır. Bakteriyel pigmentler ışığın, algler tarafından soğurulmayan, daha uzun dalga boylarını tercih ederler.

Fotosentez ne kadar etkindir? Çoğu bitkide ışık olarak emilen enerjinin % 1 ile 3'ü şekere dönüştürülür. Şeker kamışında verim % 8 gibi yüksek bir değerde olabilmektedir. Şeker kamışı bu nedenle olağanüstü bir tarım ürünüdür.

MIT OpenCourseWare

<http://ocw.mit.edu>

1.018J / 7.30J Ekoloji I: Dünya

Güz 2009

Bu materyallere atıfta bulunmak ya da kullanım koşulları için <http://ocw.mit.edu/terms> adresini ziyaret ediniz.