

FOTOSENTEZ

Fotosentez olmadan Dünya'da yaşamı düşünmek mümkün değildir. Çünkü fotosentez çoğu yaşam formunu destekleyen temel bir süreçtir. Eğer fotosentez olmasaydı, atmosferimizde yeterli oksijen olmazdı. Bu da insanlar ve hayvanlar için ciddi bir sorun yaratırdı. Oksijensiz bir dünyada yaşam mümkün olamazdı.

Yeryüzündeki birçok canlı için gerekli olan enerjinin kaynağı Güneş'tir. Canlıların Güneş enerjisini doğrudan kullanması ya da bu enerjiyi depolaması mümkün değildir. Güneş'ten gelen ışık enerjisinin canlıların kullanabileceği enerji şekline dönüşmesi fotosentez ile sağlanır.

-Canlıların ışık enerjisini kullanarak CO₂ ve H₂O gibi inorganik maddelerden organik madde sentezlemelerine **fotosentez** denir.

NOT:

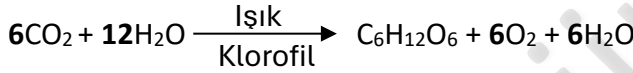
-Fotosentezin amacı organik besin üretmektir.

-**Fotosentez gerçekleştiren prokaryot hücre yapısında olan canlılar:** Siyanobakteriler ve mor kükürt bakterileridir.

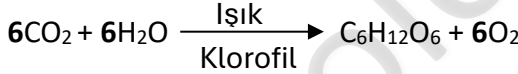
-**Fotosentez gerçekleştiren ökaryot hücre yapısında olan canlılar:** Öglena, alg gibi protistler ile bitkiler (**tam parazit bitkiler hariç**) dir.

-Organik madde sentezi sırasında enerji kaynağı olarak ışığı kullanan bu canlılara **fotoototrof (fotosentetik)** canlılar denir.

Bitkiler (Tam parazit bitkiler hariç. Bu bitkiler fotosentez yapmaz), algler, öglena ve siyanobakteriler fotosentez sırasında H₂O kullanır ve yan ürün olarak O₂ üretir.



-Denklemden eşitliğin her iki tarafında H₂O bulunması, suyun hem tüketildiğini hem de üretildiğini gösterir. Denklemden su molekül sayıları sadeleştirilirse aşağıdaki denklem elde edilir:



- **Mor kükürt bakterileri (fotosentetik bakteridir) fotosentez sırasında hidrojen kaynağı olarak H₂S kullanır ve yan ürün olarak kükürt üretir.**



-Bu durumda yan ürün olarak oksijenin oluştuğu ve oksijenin oluşmadığı iki fotosentez tipinden bahsedilebilir.

-Oksijenin oluştuğu fotosentez hem prokaryot hem de ökaryot hücre yapısına sahip organizmalar tarafından gerçekleştirilirken, oksijenin oluşmadığı fotosentez sadece prokaryot hücre yapısında olan organizmalar tarafından gerçekleştirilir.

-Atmosfere verilecek yan ürün çeşitlerini belirleyen, kullanılan hidrojen kaynağıdır. Hidrojen kaynağı H₂O ise yan ürün O₂'dir. H₂S ise yan ürün S'dir.

Bütün fotosentez tepkimelerinin ortak özellikleri:

- Işık enerjisi kullanılır.
- Klorofil görev yapar.
- CO₂ indirgenir (=özümленir, =kullanılır.)
- İnorganiklerden organik besin sentezlenir.
- Glikoz ve su oluşur.
- Enzimatik tepkimelerdir.
- ETS görev yapar.
- Hidrojen ve elektron kaynağı kullanılır.

Işığın Özellikleri

- Fotosentez sırasında görünür ışık pigmentler tarafından soğurularak besinlerin yapısındaki kimyasal enerjiye dönüştürülür.
- Işık enerjisi dalgalar halinde yayılan bir elektro manyetik enerji biçimidir.

SORU 1. 2025-AYT/FEN

- I. Stoma bekçi hücreleri
- II. Tüy hücreleri
- III. Palizat parankimasi hücreleri

Bir menekşe bitkisinin yaprağında bulunan yukarıdaki hücrelerin hangilerinde Calvin döngüsü gerçekleşir?

- A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve II
D) I ve III E) II ve III

SORU 2. (2023-AYT/FEN)

Bitkilerde fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonlarında;

- I. besinlerdeki kimyasal enerji kullanılarak ATP üretilmesi,
- II. kloroplastlardaki pigmentlerin ışık enerjisini soğurması,
- III. suyun ayrıştırılması

olaylarından hangileri görülür?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

SORU 3. (2021-AYT/FEN)

Fotosentez yapan canlıları inceleyen bir öğrenci, bu canlıların fotosentez sırasında atmosfere verdikleri ürünlerin farklı olduğunu gözlemliyor.

Bu ürünler arasındaki farklılığa canlıların;

- I. fotosentez hızları arasındaki değişkenlik,
- II. maruz kaldıkları ışık şiddetindeki değişkenlik,
- III. fotosentezde kullandıkları hidrojen

kaynaklarındaki değişkenlik durumlarından hangileri neden olarak gösterilebilir?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

SORU 4. (2018-AYT/Fen Bilimleri)

Fotosentez yapan bir yaprağın kloroplastında gerçekleşen;

- I. ışığın soğurulması,
- II. CO₂ nin tutulması,
- III. suyun parçalanması,
- IV. karbonhidratların üretimi

olaylarından hangileri stromada gerçekleşir?

- A) I ve III B) II ve IV C) I, II ve III
D) II, III ve IV E) I, II, III ve IV

SORU 5. (2017-LYS2/BİY)

Kloroplastlarda fotosentez sırasında;

- I. elektron taşıma sisteminde yükseltgenme ve indirgenme olaylarının gerçekleşmesi,
- II. oksijenin üretilmesi,

-Dalgalar hâlinde yayılan ışığın oluşturduğu iki ardışık tepe noktası arasındaki mesafeye **ışığın dalga boyu** denir. Işığın dalga boyu nm (nanometre)'den küçük olabileceği gibi km'den büyük olabilir. Örneğin gama ve X-ışınlarının dalga boyu nm'den küçük radyo dalgalarının km'den büyüktür. Işığın dalga boylarına göre sıralanmasıyla elektromanyetik spektrum elde edilir.

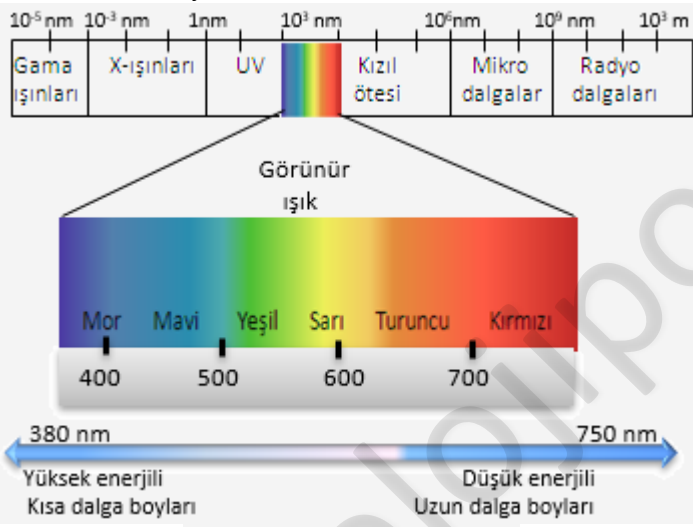
-**Spektrumda yer alan ışığın yaklaşık 380 nm ile 750 nm arasındaki dalga boyları insan gözüyle görülebildiğinden görünür ışık olarak isimlendirilir.**

-Tüm renklerin karışımı olan beyaz ışık, prizmadan geçirildiğinde mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renkli ışık bantları oluşur. Görünür ışık spektrumunda dalga boyu en uzun olan kırmızı ışık, en kısa olan ise mor ışıktır.

-Enerji miktarı ışığın dalga boylarıyla ters orantılıdır. Dalga boyu uzun olan ışığın enerjisi düşük, kısa olanın ise enerjisi yüksektir.

-Mor renkli ışığın enerjisi kırmızı ışığın sahip olduğu enerjinin iki katıdır. Bitkiler fotosentez yaparken spektrumdaki görünür ışığı kullanır. Görünemeyen ışık ise klorofil tarafından tutulmaz ve fotosentezde kullanılmaz.

-Işık; **foton** adı verilen, yüksek hızda hareket eden ve enerji taşıyan temel taneciklerden oluşan bir enerji türüdür. Işık hem dalga hem de tanecik (parçacık) yapısına sahiptir. Güneş'in yaydığı elektromanyetik ışınlardan, görünür dalga boyunda olanların fotonlarındaki enerji fotosentezde kullanılır.



Şekil: Elektromanyetik spektrum
FOTOSENTEZ PİGMENTLERİ

-Görünür ışığı emen, soğuran maddeler **pigment** olarak isimlendirilir.

- **Fotosentez olayında görev yapan temel pigment klorofildir. Klorofilin soğurduğu ışık enerjisi fotosentezde kullanılır.**

-Farklı pigmentler, farklı dalga boyundaki ışığı soğurur, soğurulmayan ışıkları ise geçirir ya da yansıtır. Eğer bir pigmente beyaz ışık gönderilirse pigment tarafından yansıtılan ya da geçirilen ışık gözümüzün seçebileceği rengi oluşturarak cisimleri farklı renklerde görmemizi sağlar.

NOT:

Yapraklar, klorofilin yansıttığı ya da geçirdiği yeşil ışık nedeniyle yeşil renkte görülür. Bitkilerde klorofilden başka mor ve mavi-yeşil ışığı soğuran yardımcı pigmentler de bulunur. Bunlar klorofilin soğurduğu ışıktan farklı dalga boyundaki ışınları soğurarak klorofile aktarır. Bazıları da fazla ışığı soğurarak klorofil molekülünün zarar görmesine engel olur.

Fotosentez, iki ana basamakta gerçekleşir.

1. Birinci basamakta ışık enerjisi, hücrenin doğrudan kullanabileceği kimyasal enerjiye dönüştürülür. Dönüşüm sırasında mutlaka ışık enerjisi kullanıldığından bu olaya **ışığa bağımlı reaksiyonlar** denir.

2. İkinci basamakta CO₂ kullanılarak birinci basamaktan gelen ATP ve NADPH molekülleri yardımıyla organik madde sentezlenir. Bir dizi kimyasal tepkimelerin gerçekleştiği bu basamağa **ışıkta bağımsız reaksiyonlar (Calvin Döngüsü)** denir.

-Ökaryot hücrelerde fotosentez, kloroplast denilen organellerde gerçekleşirken prokaryot hücrelerde sitoplazmada bulunan içe doğru katlanmış hücre zarı kıvrımlarında gerçekleşir.

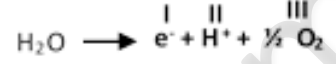
III. karbonhidrat üretimi

olaylarından hangileri granalarda gerçekleşir?

- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

SORU 6. (2016-LYS2/BİY)

Fotosentez sırasında su molekülü aşağıdaki gibi ayrışır.



Buna göre I, II ve III ile numaralandırılmış olan elemanlardan hangileri fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimelerinde kullanılacak moleküllerin sentezinde işlev görür?

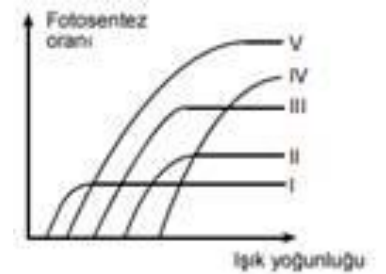
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

SORU 7. (ÖSS FEN-2 / 2008)

Fotosentezde aşağıdaki olaylardan hangisi ilk olarak gerçekleşir?

- A) Oksijen üretilmesi
B) ATP sentezlenmesi
C) Suyun ayrıştırılıp elektronlarının klorofile iletilmesi
D) Elektronun ferredoksin tarafından tutulması
E) Klorofildeki elektronun enerjisinin yükseltilmesi

SORU 8. (2010 YGS FEN)



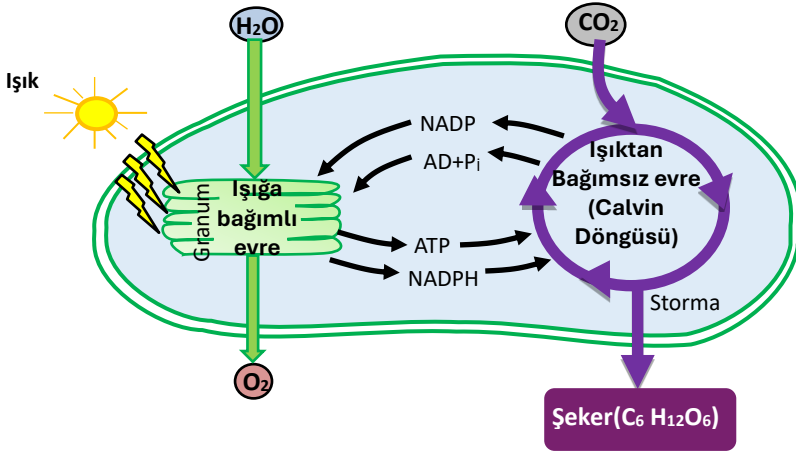
Yukarıda verilen grafikteki eğriler beş bitkinin ışık yoğunluğuna göre değişen fotosentez oranlarını göstermektedir.

Buna göre I, II, III, IV ve V olarak numaralandırılan eğrilerin hangisi en fazla ışığa gereksinim duyan bitkiye aittir?

- A) I B) II C) III D) IV E) V

CEVAPLAR

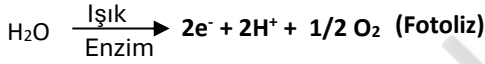
1. Calvin döngüsü fotosentezin ışığa bağımlı olmayan evresidir. Dolayısı ile fotosentez yapabilen hücreler sorulmuştur. Tüy hücreleri epidermis farklılaşması ile oluşur. Fotosentez yapamaz. Stoma bekçi hücreleri de epidermis farklılaşması ile oluşur. Ancak fotosentez yapar. Palizat parankiması ise en yoğun kloroplast içeren dolayısı ile fotosentez yapan özümleme parankimasıdır.



Şekil: Fotosenteze genel bir bakış: Işığa bağımlı evre ve ışıktan bağımsız (Calvin Döngüsü) evre arasındaki iş birliği

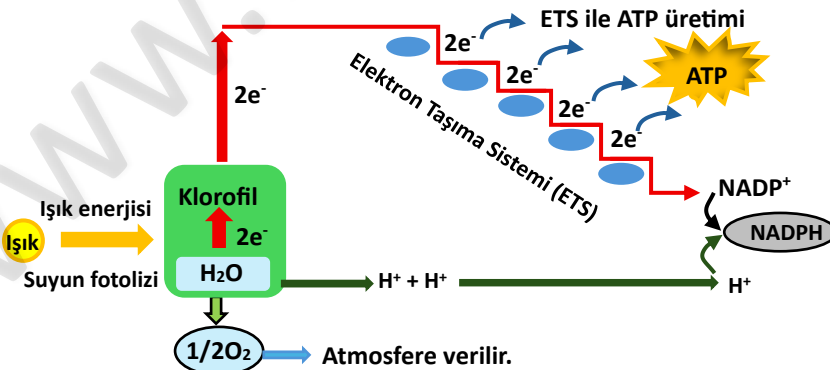
1. Işığa Bağlı Evre

- **Amaç;** ışıktan bağımsız tepkimeler için gerekli ATP ve NADPH üretmektir.
- Işık ve klorofil olmadan gerçekleşmez.
- Kloroplastların granullarını oluşturan tilakoit zarlarında gerçekleşir.
- İlk gerçekleşen olay klorofil moleküllerinin ışığı soğurması ve elektron kaybederek yükseltgenmesidir.
- İkinci sırada gerçekleşen olay, suyun fotolizidir.
- Daha sonra ATP üretilir. Fotosentezde üretilen ATP'ler fotosentezde kullanılır.
- En son gerçekleşen olay NADP'nin indirgenmesidir. Yani NADPH+H⁺ üretimidir. Işık enerjisini ATP ve NADPH formunda kimyasal enerjiye dönüştürür.
- Suyu ayrıştırır ve oksijen açığa çıkar.
- **Bu evrede gerçekleşen en önemli olay suyun fotolizidir.**
- **Suyun fotolizi (suyun oksidasyonu):** Işık enerjisi ve enzimlerle su moleküllerinin iyonlarına ayrışması olayıdır.



Fotosentezde kullanılan suyun 3 önemli işlevi vardır:

1. NADP⁺ için hidrojen kaynağıdır. açığa çıkan hidrojen iyonları, NADP⁺ ile birleşerek NADPH molekülünü oluşturur. Bu NADPH, Calvin döngüsünde organik madde sentezinde kullanılır.
2. Atmosfer için oksijen kaynağıdır. Fotoliz sonucu serbest kalan oksijen, bir yan ürün olarak atmosfere verilir.
3. Klorofil için elektron kaynağıdır. Elektronlar, elektron taşıma sistemi üzerinde yükseltgenme ve indirgenme reaksiyonları ile taşınırken taşıma sırasında enerjilerinin bir kısmı ATP molekülünün sentezi için kullanılır.



Şekil: Işığa bağımlı evre

2. Işıktan Bağımsız Evre (Calvin Döngüsü)

- **Amaç;** organik besin üretmektir.
- Ökaryot hücrelerde kloroplastın stromasında; prokaryot hücrelerde ise sitoplazmada gerçekleşir.
- CO₂ özümленerek (tutularak, kullanılarak) başta glikoz olmak üzere organik madde çeşitlerinin birçoğu sentezlenir.

CEVAP: D

2. Besinlerdeki kimyasal enerji kullanılarak ATP üretilmesi fermentasyon veya hücre solunumunda olur. **CEVAP: D**

3. Fotosentezde atmosfere verilen ürün çeşidini belirleyen kullanılan hidrojen kaynağıdır. H₂O kullanılırsa oksijen verilir. H₂S kullanılırsa kükürt verilir.

CEVAP: C

4. I. ışığın soğurulması, (GRANADA)
- II. CO₂ nin tutulması, (STROMADA)
- III. suyun parçalanması, (GRANADA)
- IV. karbonhidratların üretimi (STROMADA)

CEVAP: B

5. Granularda ışığa bağımlı reaksiyonlar gerçekleşir. Buna göre, I. elektron taşıma sisteminde yükseltgenme ve indirgenme olaylarının gerçekleşmesi, (Işığa bağımlı reaksiyondur)
- II. oksijenin üretilmesi, (Işığa bağımlı reaksiyondur)
- III. karbonhidrat üretimi (Karbon tutma reaksiyonudur. Stromada gerçekleşir.)

CEVAP: B

6. Elektronların enerjisi ile ATP, H⁺ ile NADPH üretilir. Bunlar da ışıktan bağımsız tepkimelerinde kullanılır. Oksijen ise duruma göre atmosfere verilir.

CEVAP: D

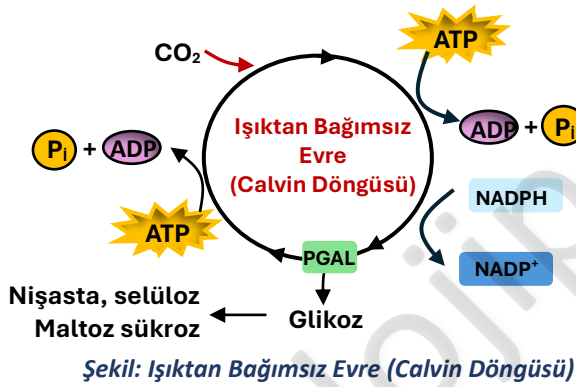
7. İlk gerçekleşen olay klorofil moleküllerinin ışığı soğurması ile enerji düzeyinin yükselmesi ve elektron kaybederek yükseltgenmesidir.

CEVAP: E

8. Işık yoğunluğunun en yüksek olduğunda fotosentez yapmaya başlayan bitki ışığa en fazla gereksinimi olan bitkidir. Grafikte bu bitki IV ile gösterilmiştir.

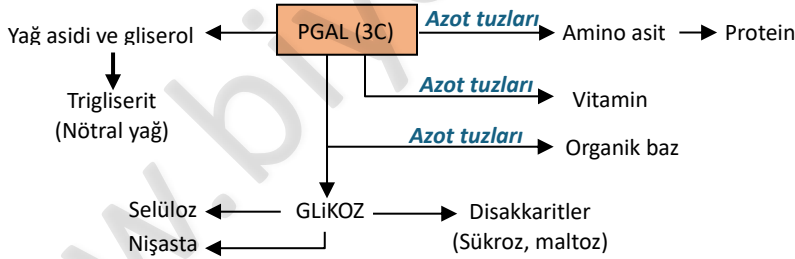
CEVAP: D

- Işık doğrudan kullanılmadığı için bu aşamaya "karanlı evre" adı da verilir.
- Işığa bağlı evrede açığa çıkan ATP ve NADPH'a ihtiyaç duyulur. Bunun için gündüz gerçekleşir.
- Enzimatik yönü yüksek olan tepkimeler olduğu için sıcaklık değişimlerine karşı hassastır.
- Klorofil ve ETS görev yapmaz.
- Işığa bağımlı evreden gelen ATP'lerin enerjisi ile NADPH'ın hidrojenleri ve CO₂ birleştirilir, 3 karbonlu fosfogliseraldehit (PGAL) molekülleri sentezlenir.
- PGAL'in bir kısmı glikoza dönüşürken bir kısmı da bitkinin ihtiyaç duyduğu diğer organik maddelerin sentezinde kullanılır.
- Oluşan ADP ve NADP⁺ler tekrar ışığa bağımlı evrede tekrar kullanılır.
- Işıktan bağımsız tepkimelerde üretilen PGAL, deyim yerinde ise her derde deva bir moleküldür diyorum. Çünkü;
- PGAL'in bir kısmı ile ışıktan bağımsız reaksiyonların sürekliliği sağlanmış olur.
- PGAL'in bir kısmından ise glikoz sentezlenir. Glikozun fazlası lökoplastlarda nişastaya dönüştürülerek bitkinin kök tohum, ve meyve gibi yapılarında depo edilir.
- PGAL'in bir bölümü yağ asidi ve gliserol yapımında kullanılır.
- Bir bölümü ile de amino asit, vitamin ve organik bazlar sentezlenir. Bu dönüşümler sırasında topraktan su ile alınan N, S, Fe, Mg gibi mineral maddeler de kullanılabilir.



Şekil: Işıktan Bağımsız Evre (Calvin Döngüsü)

PGAL kullanılarak Işıktan bağımsız evrede sentezlenen organik bileşikler



Şekil: Işıktan bağımsız evrede sentezlenen organik bileşikler

Fotosentezin ışığa bağımlı ve ışıktan bağımsız reaksiyonlarının karşılaştırılması

Işığa bağımlı reaksiyonlar	Işıktan bağımsız reaksiyonlar
Ökaryot hücrelerde kloroplastın granalarında, prokaryotlarda hücre zarı kıvrımlarında gerçekleşir.	Ökaryot hücrelerde kloroplastın stromasında, prokaryotlarda ise sitoplazmada gerçekleşir.
Işık ve su kullanılır.	Işık doğrudan kullanılmaz.
ETS görev yapar.	ETS görev yapmaz.
ATP üretilir.	ATP tüketilir.
Suyun fotolizi gerçekleşir.	Fotoliz görülmez.
Suyun fotolizi ile oluşturulan hidrojenler NADP ⁺ tarafından tutulur ve NADPH oluşturulur.	NADPH'ın hidrojenleri glikoz sentezinde kullanılır.
Oksijen oluşur, CO ₂ tüketilmez.	CO ₂ tüketilir. O ₂ oluşmaz ve kullanılmaz. Organik besinler üretilir.
Sıcaklıktan çok ışık şiddeti etkilidir.	Işık şiddetinden çok sıcaklık değişimleri etkilidir.

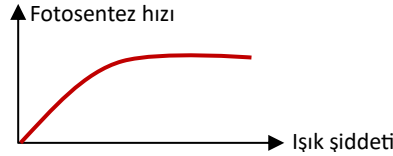
Fotosentez Hızına Etki Eden Çevresel Faktörler

-Bir hücrenin fotosentez hızı, birim zamanda tükettiği CO₂ veya ürettiği O₂ miktarı ile ölçülür.

-Fotosentez aynı anda birden çok faktörün etkisi altındadır. Bu durumda fotosentezin hızını, (bitkinin ihtiyacına göre) miktarı en az olan faktör belirler. Buna **minimum yasası** denir.

1. Işık Şiddeti: Bitkiler ışısız ortamda fotosentez yapamaz. Işık, fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde ATP ve NADPH+H⁺ sentezlenmesinde kullanılır. Işık şiddeti arttıkça fotosentez hızlanır. Ancak ışık şiddetinin sürekli artırılması, fotosentez hızını aynı oranda artırmaz. Miktarı sabit kalan diğer faktörler fotosentez hızını sınırlandırır. Bu nedenle ışık şiddetinin sürekli artışı fotosentezi belirli bir seviyeye kadar hızlandırır. Daha sonra fotosentez sabit bir hızla gerçekleşmeye devam eder.

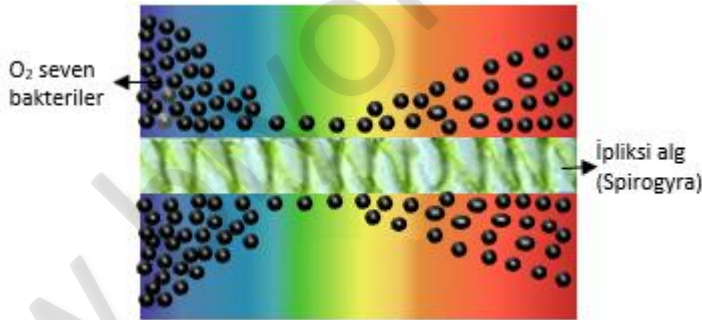
**Grafik: Işık Şiddetinin
Fotosentez Hızına
Etkisi**



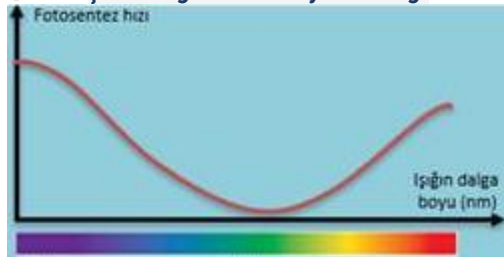
2. Işığın Dalga Boyu: Fotosentez, 350-780 nm dalga boyu aralığındaki görünür ışıkta gerçekleşir. Canlıların fotosentez yapabilmesi için öncelikle ışığın soğurulması gerekir. Klorofil mor, mavi ve kırmızı dalga boylarındaki ışığı en iyi soğurduğu için fotosentez bu dalga boylarında daha hızlıdır. Fotosentez hızının en düşük olduğu dalga boyu ise klorofil tarafından yansıtılan yeşil renge karşılık gelmektedir.

ENGELMAN DENEYİ

- Theodore Engelmann (Teyodor Engılın, 1843-1909) ışığın farklı dalga boylarının fotosenteze etkisini 1883 yılında alg ve bakterilerle yaptığı deneyle göstermiştir.
- Engelmann, ışığı prizmadan geçirerek elde ettiği kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor ışıkları ipliksi bir alg üzerine düşürmüştür.
- Algdeki fotosentez hızını ölçebilmek için oksijenli ortamda yaşayan bir tür aerobik bakteri kullanmıştır.
- Deney sonucunda mor, mavi ve kırmızı ışıkların alg üzerine düştüğü bölgelerde oksijeni seven (aerob) bakterilerin en fazla toplandığı görülmüştür. Bakterilerin toplanması, fotosentezin bu bölgelerde daha hızlı gerçekleştiğini dolayısıyla daha fazla oksijen üretildiğini göstermiştir.
- Yeşil ışık ise bakterilerin en az bulunduğu yerdir. Çünkü algler klorofilden dolayı yeşil ışığın çok az bölümünü soğurur. Bu nedenle bu bölgede fotosentez hızı daha düşük olur.



Şekil: Engelman deneyi düzeneği



Grafik : Işığın dalga boyunun fotosentez hızına etkisi

Engelman Deneyinin Yorumu

- Fotosentez hızı, mor -mavi ve daha sonra da kırmızı ışıkta maksimum düzeydedir.
- Fotosentez hızı yeşil ışıkta minimum düzeydedir.
- Fotosentez hızı ışığın dalga boyu ile orantılı olarak artmaz, azalmaz da.
- Fotosentez hızı ışığın dalga boylarının enerji miktarına göre orantılı olarak artmaz, azalmaz da.

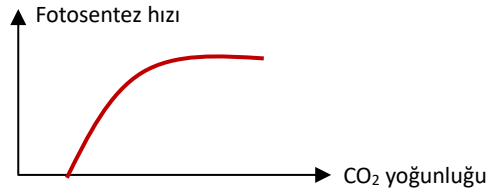
- Fotosentez hızını belirleyen durum, ışığın klorofil tarafından emilebilme (absorbe edilebilme) durumudur.
- Klorofil tarafından en çok emilen mor-mavi daha sonra da kırmızı ışık olduğu için fotosentez hızı bu dalga boylarında en yüksektir.
- En az emilen (en çok yansıtılan) yeşil ışık olduğu için fotosentez hızı, bu ışıktaki en düşüktür.

3. Karbondioksit Miktarı (CO₂ Yoğunluğu): CO₂, fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimelerinin başlaması için gereklidir. CO₂ miktarı arttığında fotosentez hızı belirli bir değere kadar artar. Sonra da sabit kalır. Havadaki CO₂ yoğunluğu belirli bir sınırın altına düşerse bitki CO₂ bağlayamaz ve fotosentez durur.

NOT:

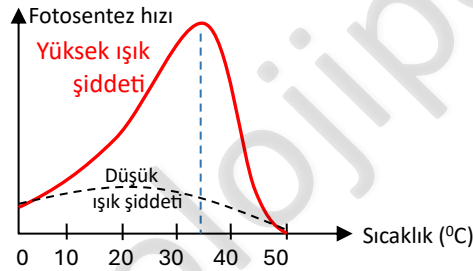
-Kalsiyum hidroksit Ca(OH)₂ veya potasyum hidroksit (KOH), Na(OH), Ba(OH)₂ gibi CO₂ bağlayan bileşiklerin ortamda bulunması fotosentez hızını düşürür. Sodada ve gazozda CO₂ ve mineral fazla olduğu için fotosentez hızını olumlu etkiler.

**Grafik: CO₂ Miktarının
Fotosentez Hızına
Etkisi**



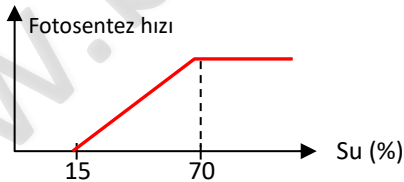
4. Sıcaklık: Fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimeleri üzerinde daha çok etkilidir. Çünkü bu tepkimelerde birçok enzim görev yapmaktadır. Sıcaklık artışı tepkimelerin hızını da artırır; belirli bir noktadan sonra ise bu artış tepkimeleri durdurabilir. Fotosentezin **ideal sıcaklık (optimum sıcaklık)** derecesi 25-35°C arasındır. 35°C'un üstüne çıktığında genellikle enzim yapısı bozulacağından fotosentez hızı düşer ve durur.

**Grafik: Sıcaklığın
Fotosentez Hızına
Etkisi**



5. Su Miktarı: Fotosentezde su; oksijen, elektron ve hidrojen kaynağı olarak kullanılır. Su miktarının belirli oranda artışı fotosentez hızını artırır. Fakat yeterli suyun bulunduğu ortamda su miktarının artması tek başına fotosentez hızını etkilemez. Su miktarı azaldıkça fotosentez hızı azalır. Ortamda su miktarının azalması fotosentez hızını etkiler. Su miktarının belli bir değer altına olması fotosentezle ilişkili enzimlerin yapısını ve işlevini bozarak fotosentez sürecini yavaşlatabilir veya durdurabilir.

**Grafik: Su Miktarının
Fotosentez Hızına
Etkisi**



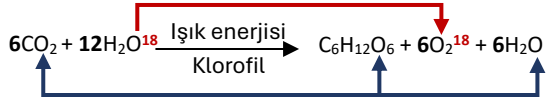
6. Mineraller: Mineraller hem biyokimyasal süreçlerde görev yapar hem de fotosentez elemanlarının yapısına katılır. Örneğin Fe, ETS elemanlarından ferrodoksinin ve klorofil sentezini katalizyen bir enzimin yapısına katılır. Mg klorofilin yapısında bulunur. Mn, Ca, K ise fotosentezde rol oynayan bazı enzimlerin kofaktörüdür. Minimum yasasına göre fotosentez hızını miktarı en düşük olan mineral belirler.

7. Ortamın pH değeri: Fotosentez, özellikle ışığa bağımlı olmayan reaksiyonların enzimatik yönü yüksek olduğundan, enzimler de belirli pH aralıklarında çalıştıklarından dolayı ortam pH'ı fotosentez hızını etkiler.

Fotosentezde Kullanılan ve Üretilen Maddeler

-1937 yılında O₂'in kaynağının su olduğu Robert Hill (Rabirt Hil) tarafından ispatlanmıştır. Ayrıca yeşil alg çeşidiyle yapılan deneyde yeşil algin ortamında ağır

oksijenli (O^{18}) H_2O molekülleri ile normal CO_2 bulunduğunda fotosentez sonucu çıkan oksijenin ağır oksijen olduğu ve O_2 'in H_2O 'dan geldiği görülmüştür.



Tepkimeye girenler: $6CO_2 + 12H_2O^{18}$

Ürünler: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2^{18} + 6H_2O$