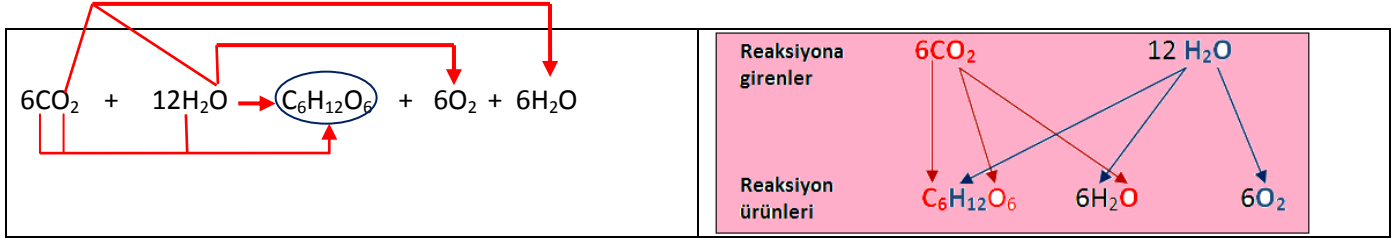


FOTOSENTEZDE ÇEŞİTLİLİK - FOTOSENTEZ DENKLEMLERİ-PİGMENTLER

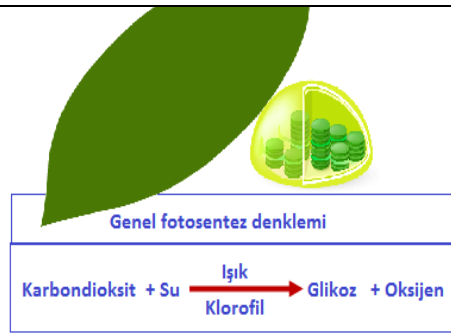
Fotosentez Nedir?

- ekosistemlerde temel enerji kaynağı güneştir. Güneşten ışık ile gelen enerjinin bazı canlılar tarafından kimyasal bağ enerjisine dönüştürülerek organik maddelerde depo edilmesine **fotosentez** denir.
- ışık enerjisi ve klorofil yardımıyla inorganik maddelerden organik madde üretimine **fotosentez** denir.
- fotosentezle güneş enerjisi canlılar tarafından kullanılabilir hale gelir. Bütün canlılar yaşamak için ihtiyaç duyduğu enerjiyi doğrudan veya dolaylı olarak fotosentezle üretilen organik bileşiklerden temin eder.
- fotosentez yapan canlılar sahip oldukları çeşitli pigmentler yardımıyla güneşten gelen enerjiyi **soğururlar(emerler=absorbe ederler)**.
- fotosentez yapan canlılar: **yeşil bitkiler, algler, öglena, böcekçil bitkiler, bazı bakteriler, siyanobakteriler** örnek olarak verilebilir.
- bitkiler ve algler soğurdıkları ışık enerjisi yardımıyla su(H₂O) ve karbondioksit(CO₂) adlı maddeleri enzimler yardımıyla organik bileşiklere dönüştürürler.
- fotosentez yapan canlılar üretici(fotoototrof) olarak bilinirler ve genelde dışarıdan organik besin almazlar. Cansız ortamdan canlı ortama enerji transferini gerçekleştirirler.

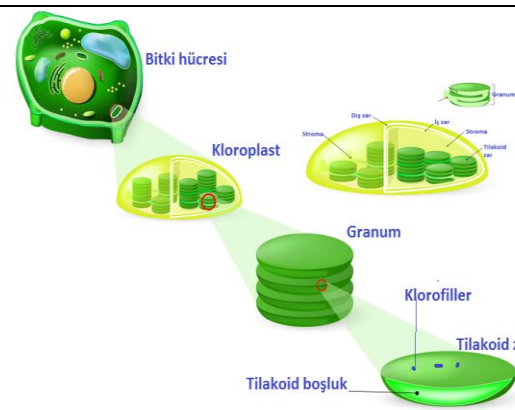


- fotosentez yapan prokaryotik (bakterilerde) **klorofiller sitoplazmada** yer alır(kloroplastları olmadığı için).
- ökaryotik olan bitkiler, algler, yosunlar, böcekçil bitkiler, öglena gibi bitkilerde klorofiller **kloroplast organelinde** yer alır.
- tüm fotosentez reaksiyonlarında elektron taşıma zinciri olarak ETS kullanılır ve ETS'de kemiozmotik enerji eşleşmesi ile enerji açığa çıkar.
- fotosentez reaksiyonlarında fotofosforilasyonla ETS'de ATP üretimi gerçekleşir. Oluşan ATP'ler **sadece** organik besin yapımında kullanılır.
- kloroplast organelinde inorganik maddelerden organik madde üretimi dışında kalan olaylarda hücre sitoplazması ve mitokondride üretilen ATP'ler kullanılır.
- fotosentez reaksiyonları sırasında hidrojen ve elektron taşıyıcısı olarak **NADP⁺** adlı molekül kullanılır. Fotosentezle organik madde oluşumu gerçekleştiği için hücre veya canlı yapıda ağırlık artışına neden olur.
- fotosentezle inorganik maddelerden organik madde üretimi gerçekleşir. Fotosentezle bir hücrenin pH derecesi hafifçe yükselebilir(CO₂'ler azaldığı için)

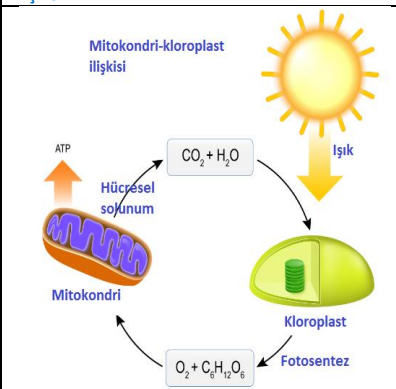
Fotosentez genel şekli



Fotosentezin görüldüğü yaprak yapısı



Fotosentez ile oksijenli solunum arasındaki ilişki

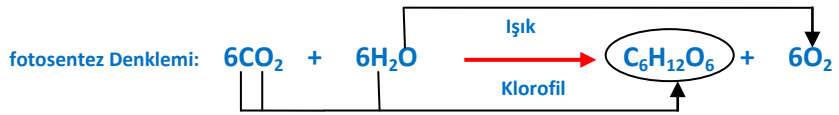


Canlıların Gerçekleştirdiği Fotosentez Denklemleri:

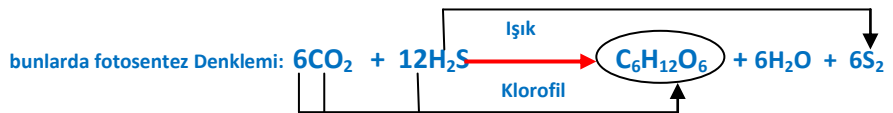
Canlıların Gerçekleştirdiği Fotosentez Denklemleri:

-canlılarda gerçekleşen fotosentez reaksiyonları fotosentez sırasında kullanılan hidrojen(elektron) kaynağına göre çeşitlilik gösterir: Hidrojen kaynağı olarak su(H₂O) kullanan canlılar, hidrojen kaynağı olarak hidrojen gazı (H₂) kullananlar, hidrojen kaynağı olarak hidrojen sülfür(H₂S) kullananlar olmak üzere üç grupta incelenirler.

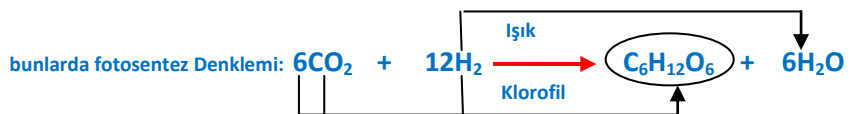
a-bitkiler, algler, siyanobakteriler, öglenanın gerçekleştirdiği fotosentez sırasında hidrojen kaynağı olarak su(H₂O) kullanılır ve yan ürün olarak su(O₂) gazı meydana getirirler. Siyanobakterilerde klorofiller sitoplazmada yer alırken, bitki-alg-yosun-öglena'da klorofiller kloroplastta yer alır.



b-bakterilerden mor sülfür bakterileri fotosentez sırasında hidrojen kaynağı olarak hidrojen sülfür(H₂S) kullanılır ve yan ürün olarak S₂ gazı oluştururlar. Klorofilleri sitoplazmada yer alır.



c-bakterilerden hidrojen bakterileri fotosentez sırasında hidrojen kaynağı olarak hidrojen gazı kullanılır ve yan ürün olarak kükürt gazı ve oksijen oluşturmazlar. Klorofilleri sitoplazmada yer alır.



Fotosentez denklemleri özet olarak karşılaştırıldığında:

- bütün fotosentez denklemlerin **ışık ve klorofil** kullanımı ortaktır.
- bütün fotosentez denklemlerinde karbon kaynağı olarak **karbondioksit(CO₂)** kullanılır.
- bütün fotosentez yapan canlılarda mutlaka klorofil bulunurken kloroplast bulunmayabilir.
- bütün fotosentez reaksiyonlarında inorganik maddelerden organik madde üretilir.
- fotosentez reaksiyonları kullanılan hidrojen(elektron) kaynağına göre farklı biçimlerde gerçekleşir.
- bütün fotosentez reaksiyonlarında suyun kullanımı ile oksijen üretimi ortak olarak gerçekleşmez.

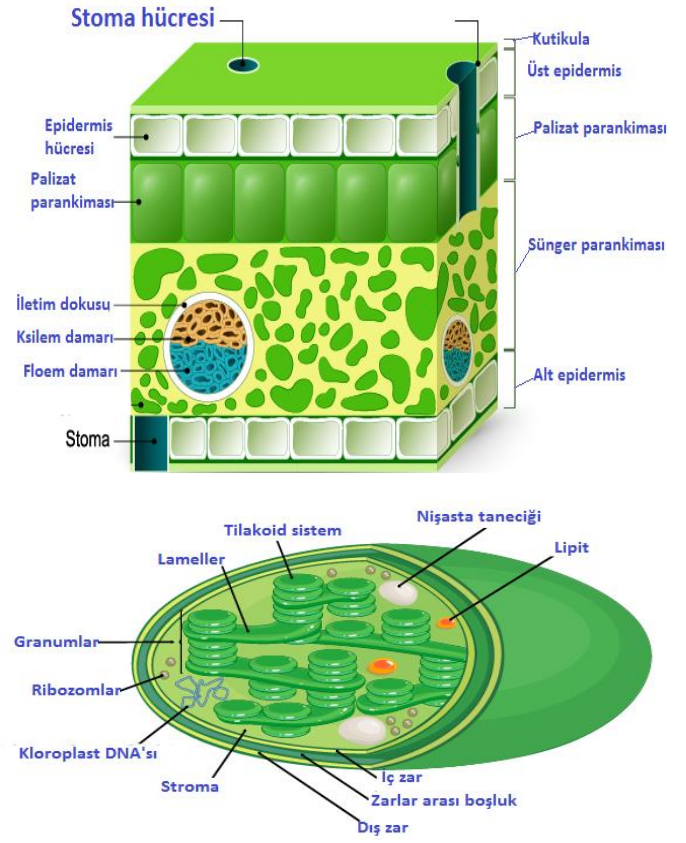
FOTOSENTEZDE ÇEŞİTLİLİK - FOTOSENTEZ DENKLEMLERİ-PİGMENTLER

Fotosentezin Gerçekleştiği Hücre Kısımları Olarak Kloroplast Organeli

- içerdikleri klorofil ve güneş ışığı yardımıyla fotosentez tepkimlerini gerçekleştiren yapılara **plastid**denir.
- klorofil taşıdıkları için yeşil renkli plastidlerdir.
- bitkinin yeşil kısımlarında bulunur: yeşil yaprak, yeşil gövde, yeşil çanak yaprak, yeşil dal, eliş sebze ve meyvelerde bulunur
- kloroplast organeli mitokondri gibi çift zarlıdır. Dış ve iç zar düz yapılıdır.
- kloroplastların iç kısmında tilakoit adı verilen üçüncü bir zar sistemi bulunur. -tilakoit zar sisteminin içinde fotosentez enzimler ve ATP üretim enzimleri yer alır.
- tilakoit zar üzerinde yeşil renkli **klorofil pigmenti** yer alır.
- tilakoit zarlar üst üste yığılarak **granum adlı yığınları** oluşturur. Granuların üst üste yığılarak fotosentez için yüzey artar ve biim zamanda daha fazla fotosentez reaksiyonu gerçekleşir.
- kloroplastın içini dolduran sıvıya **stroma** denir.
- stoma içinde: halkasal DNA, 70S'lik ribozom, RNA, enzimleri, nişasta, glikoz gibi maddeler bulunur.
- sahip olduğu DNA ile hücreden kısmen bağımsız yaşar.
- sahip olduğu ribozomlar ile ihtiyaç duyduğu proteinlerin bir kısmını üretebilir.
- mitokondri gibi bölünerek sayısını artırabilir, hücre içinde hareket edebilir. İçinde gerçekleşen en önemli olay fotosentezdir. Fotosentez genel denklemi aşağıda verilmiştir.



- fotosentezle cansız ortamdan canlı ortama enerji bağlanması gerçekleşir.
- kloroplastlar fotosentez için ışık enerjisinden ATP üretirler ve ürettikleri enerjiyi(ATP) sadece fotosentezde organik besin sentezinde kullanırlar.
- kırmızı ve mor ışıkta daha fazla fotosentez yapılırken yeşil ışıkta daha az fotosentez gerçekleşir(klorofilin yeşil ışığı yansıtmamasından dolayı)
- kloroplastlar: Bitkinin yeşil kısımlarında, otsu gövde, yeşil meyva ve yeşil tohumlarda bulunur.
- kloroplastlar fotosentezin hızını etkileyen genetik faktörlerdendir.
- yeşil bir yapraktaki her hücrede kloroplast bulunmadığı için yeşil bir yapraktaki her hücre fotosentez yapmaz. Örneğin: Yeşil bir yapraktaki epidermis, ksilem, floem, kök hücreleri kloroplast taşımadıkları fotosentez yapmazlar.



Güneş Işığı ve Pigmentler:

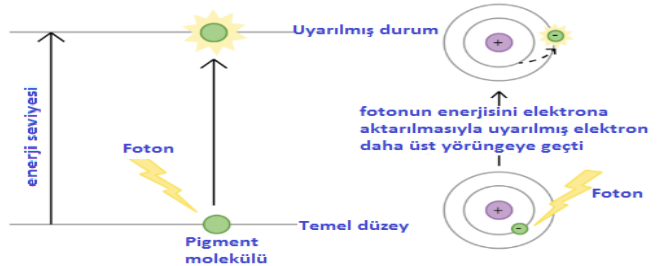
Güneş Işığı ve Pigmentler: Bitkiler doğada genelde yeşil renkte görülürler. Doğada yaygın olarak bulunan renk yeşil rengidir. Bitilerin yeşil renkli olmasının temel nedeni hücrede yer alan güneş ışınlarını bağlayan klorofil pigmentidir.

-Güneş ışığı ve fotonlar

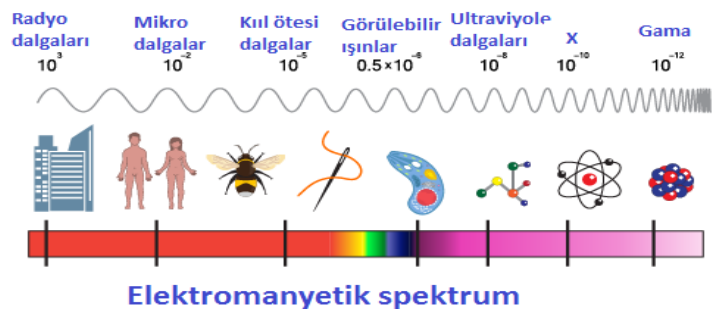
- ekosistemlerde temel enerji kaynağı güneştir. Güneşten gelen ışınlar hücrede yer alan pigmentler tarafından yakalanır(absorbe edilme=emilme).
- ışık elektromanyetik bir çeşit enerji formudur. Elektromanyetik ışınlar **Radyasyon** veya **ışıma** olarak isimlendirilir. Elektromanyetik ışınların belli bir frekansı ve belli bir sıklıklı bulunmaktadı.
- elektromanyetik dalgaların birbirlerini takip etmesi sonucu oluşan iki tepe veya iki çukur arasındaki mesafeye **ışığın dalga boyu** denir.
- güneşten gelen her bir ışının dalga boyu farklıdır.
- güneşten gelen ışınların dalga boylarına sıralanmasına **elektromanyetik spektrum** denir. Güneşten gelen ışınların dalga boyları 38-750 nm arasında olanları **görünür ışık** olarak adlandırılır. -görünür ışık denildiğinde insan gözü tarafından görülebilen ışınlar kast edilmiş olur.
- görünür ışık: kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, mor ışınları kast edilir. fotosentez yapan canlılar ancak bu ışınlarla fotosentez yapabilir.
- yani fotosentez sadece güneşten ışınların insan gözüyle görülebilen kısmıyla gerçekleşir. İnsan gözü ile görülmeyen ışınlar fotosentezde kullanılmaz.
- beyaz ışık bir prizmadan geçirildiğinde kendini oluşturan görünür ışınları yani farklı dalga boylarına sahip ışınları meydana getirir.
- güneşten gelen ışınlar belli miktarda enerji taşırlar.
- güneşten gelen ışınların kütlesi olmamasına rağmen belli bir enerji değerleri vardır.
- güneşten gelen ışınlar foton denilen enerji paketçiklerinden meydana gelmiştir.
- fotonlarda belli miktarda enerji bulunur ve fotonlar ışık enerjisi ile çok hızlı hareket ederler.
- her bir fotonun taşıdığı enerji miktarı fotonun dalga boyu ile ters orantılıdır.
- bir ışının dalga boyu azaldıkça fotonun sahip olduğu enerji miktarı da artış gösterir.

Güneş Işığı ve Pigmentler:

- ışık bir cisme çarptığında ya içinden geçer, ya cisim tarafından emilir, ya da yansıtılır.
- güneşten gelen görünür ışınları soğurabilen(emebilen=absorbe edebilen) maddelere **pigment** denir.
- güneşten gelen herhangi bir foton bir pigmente çarptığında sahip olduğu enerjiyi pigmentin elektronlarına aktarabilmektedir. Enerji almasıyla enerji artan elektron bulunduğu düzeyden daha üst düzeydeki bir enerji basamağına geçer ve böylece pigmentin sahip olduğu bir elektron uyarılmış olur.
- güneşten gelen her bir ışının sahip olduğu enerji miktarı farklılık gösterir dolayısıyla her bir pigment görünür spektrumun farklı dalga boylarındaki belli fotonları absorbe eder.



- canlı hücrelerde yer alan her bir pigmentin kendine özgü belli bir spektrum aralığı vardır. Her pigment belli dalga boylarına sahip fotonları emer.
- güneşten gelen fotonlar bir pigmente çarptığında sahip olduğu enerji pigment aktarıbu durumda pigmentte ısı veya kimyasal bağ enerjisine dönüşür.
- fotosentezde kullanılan ışığı absorbe eden iki çeşit pigment bulunur: **klorofiller ve karotenoidler**



FOTOSENTEZDE ÇEŞİTLİLİK - FOTOSENTEZ DENKLEMLERİ-PİGMENTLER

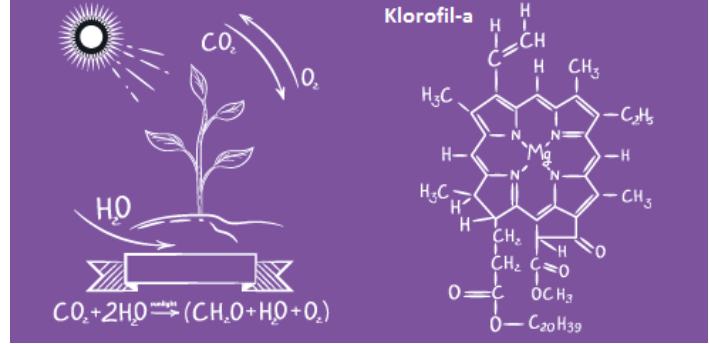
Fotosentez için ışığı absorbe eden pigment çeşitleri

Klorofil:

- görünür ışık spektrumun mavi-mor ile kırmızı arasındaki ışınları absorbe ederek fotosentezde kullanılmasını sağlar.
- klorofil görünür ışık spektrumun yeşil ışığın büyük çoğunluğunu yansıtır (bitkilerin yeşil görünmesinin nedeni).
- klorofilin yapısında uzun bir halkasal molekül yapı ve buraya bağlı bir kuyruktan oluşur. Halkasal yapının merkezinde **magnezyum(Mg)** atomu yer alır.
- klorofil yapısında: **C, H, N, O, Mg** atomlarının bir araya gelmesiyle oluşur. -klorofilin yapısında Fe minerali olmamasına rağmen klorofil sentezi için hücre ortamında bulunması gerekir.
- klorofiller prokaryotik hücrelerin hücre zarlarının oluşturduğu kıvrımlarda yer alırken ökaryotik hücrelerde **kloroplast organelinde** bulunur.
- bitkilerde **klorofil-a ve klorofil-b** olmak üzere genelde iki çeşit klorofil bulunur.
- fotosentezde en önemli klorofil çeşidi **klorofil-a'dır**.
- klorofil-a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) atomlarından oluşurken klorofil-b ise ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) atomlarından oluşur.
- klorofil-a güneşten gelen fotonlardaki enerjiyi doğrudan kimyasal bağ enerjisine çevirebilmektedir.
- klorofil-a ile klorofil-b arasında yapısal olarak **çok küçük farklılıklar** bulunur.
- klorofil-b güneşten gelen ışınları soğurup klorofil-a'ya aktararak fotosentez yardımcı olmaktadır.
- her bir klorofil farklı dalga boylarında yer alan fotonları farklı oranlarda absorbe eder.
- klorofiller ne fazla **mor ve kırmızı** ışınları soğurur.

Karetenoidler:

- sarı, turuncu, kırmızı gibi ışık spektrumun geniş bir aralığındaki ışınları absorbe etmektedirler.
- karetenoitler mor-yeşil-mavi ışığı absorbe ederler. Klorofilin soğuramadığı ışınları absorbe ederek fotosentezde kullanılan ışık spektrumu aralığını genişletirler.
- karetenoitler absorbe ettikleri ışınların enerjisini **klorofil-a'ya** aktarırlar.
- karetenoitler genellikle bitkilerin meyve-çiçek gibi kısımlarda bulunurlar.
- karetenoidlere örnek olarak: **sarı rengi veren ksantofil, kırmızı rengi veren likopen, turuncu rengi veren karoten** örnek olarak verilebilir.
- karetenoidler klorofille zarar veren ışınları absorbe ederek klorofili korurlar.



Kloroplast pigmentlerinin soğurma spektrumu ve etki spektrumu:

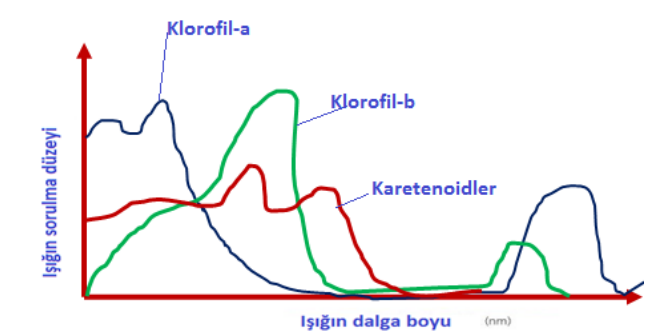
-kloroplast organelinde yer alan pigmentlerin ışığı absorbe durumları fotosentezde kullanılan ışığın dalga boyları hakkında bilgi verir.

-etki spektrumu ile klorofilin ışığı soğurma spektrumu arasında paralellik vardır.

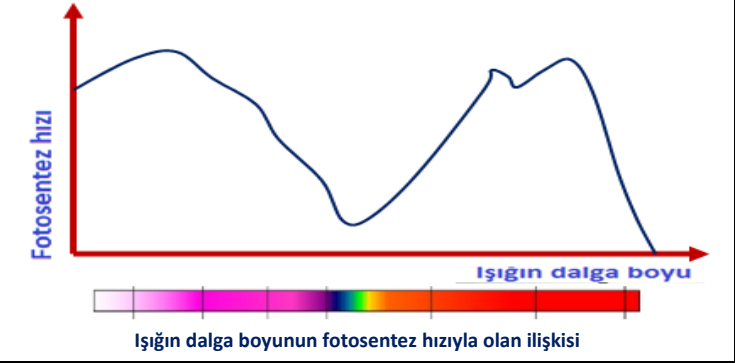
-fotosentez olayında güneşten gelen ışığın sadece absorbe edilenleri kullanılır. Işık spektrumunun farklı dalga boylarındaki ışınların fotosentezdeki etkisine **etki spektrumu** denir.

-etki spektrumları farklı dalga boylarına sahip ışınların fotosentez üzerinde ne kadar etkisinin olduğunu bulmayı sağlar.

-fotosentez kırmızı, mavi-mor ışınlarda daha fazla gerçekleşirken yeşil ışıkta daha az gerçekleşir.

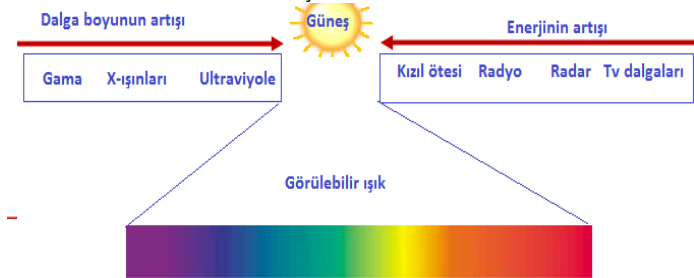


Farklı pigmentlerin ışığı soğurma yetenekleri arasında grafiksel ilişki



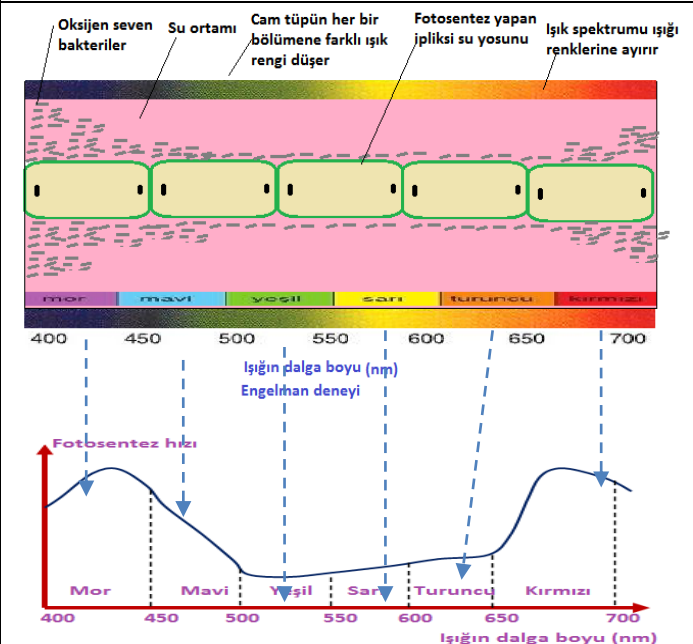
Işığın Dalga Boyunun Fotosentez Hızına Etkisi

-fotosentezin gerçekleşmesi için güneşten gelen ışığın klorofil tarafından absorbe edilmesi gerekmektedir. Bitkiler fotosentez yaparken elektromanyetik spektrumun görünür ışık aralığını kullanılır. Theodore Engelmann adlı bilim adamı ışığın farklı dalga boylarının fotosenteze olan etkilerini ölçmek için beyaz ışığı bir prizmadan geçirerek kırmızı-turuncu-sarı-yeşil-mavi-mor ışınlar elde etti ve daha sonra ipliksi su yosunlarını bir su ortamına yerleştirdi. Su ortamında yeşil ipliksi su yosunlarının üzerine farklı ışınların düşmesini sağlayacak şekilde bir deney düzeneği hazırladı. Su yosunlarının ortamına oksijen seven bakteriler koydu belli bir süre sonra deney düzeneğini izlendiğinde bakterilerin mavi ve kırmızı ışığın geldiği bölgede daha fazla toplandığını gördü. Yeşil ışığın geldiği kısımda ise daha az sayıda bakterinin toplandığını gördü. Buradan ulaştığı sonuç klorofiller kırmızı, mavi-mor ışınların olduğu bölgede daha fazla fotosentez gerçekleşirken yeşil ışığın düştüğü bölgede daha oranda fotosentezin gerçekleştiğini çıkardı. Yani ışığın dalga boyu ile fotosentez arasında belirli bir ilişki vardır.



Fotosentez, gelen ışığın sadece görülebilir ışık aralığında gerçekleşir.

Engelmann deneyinin fotosentez hızı açısından grafiksel olarak gösterimi



Gelen ışığın mor ve kırmızı dalga boylarında fotosentezin hızı fazla iken yeşil dalga boyunda fotosentez hızı yavaş olarak gerçekleşir.