

## FOTOSENTEZİN CANLILAR İÇİN ÖNEMİ, GERÇEKLEŞTİĞİ YAPILAR ve IŞIK

### 12. SINIF ÜNİTE, KONU, KAZANIM VE AÇIKLAMALARI

#### 12.2.2. Fotosentez

##### Anahtar Kavramlar

fotosentez, fotoliz, ışık, klorofil, kloroplast

#### 12.2.2.1. Fotosentezin canlılar açısından önemini sorgular.

Fotosentez sürecinin anlaşılmasına katkı sağlayan bilim insanlarına örnekler verilerek kısaca çalışmalarına değinilir.

#### 12.2.2.2. Fotosentez sürecini şema üzerinde açıklar.

a. Klorofil a ve klorofil b'nin yapısı verilmez.

b. Suyun fotolizi belirtilir.

c. Işığa bağımlı ve ışıktan bağımsız reaksiyonlar, ürün açısından karşılaştırılır.

Reaksiyonların basamaklarına girilmez ve matematiksel hesaplamalara yer verilmez.

ç. CAM ve C4 bitkileri verilmez.

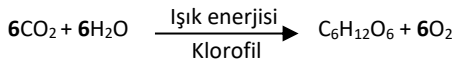
d. Fotosentez süreci görsel öğeler, grafik düzenleyiciler, e-öğrenme nesnesi ve uygulamalarından faydalanarak açıklanır.

### FOTOSENTEZ NEDİR?

Bitkilerin CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O gibi inorganik maddelerden güneş enerjisi ve klorofil yardımı ile organik besin üretmeleridir. Bu sırada atmosfere yan ürün olarak O<sub>2</sub> verilir.

**Amaç:** İnorganik maddelerden organik maddeler (besin) üretmektir.

#### Fotosentezin Genel Denklemi:



### FOTOSENTEZİN CANLILAR İÇİN ÖNEMİ

-Yeryüzündeki enerjilerin kaynağı Güneş'tir. Hiçbir canlının güneş enerjisini doğrudan kullanması ya da bu enerjiyi depolaması mümkün değildir. Enerjinin kullanılabilir hâle gelmesi farklı bir enerji türüne dönüşmesi ile gerçekleşebilir. Fotosentez bu dönüşümü gerçekleştiren bir olaydır.

- İnsanlar dâhil hemen hemen tüm heterotroflar besin ve fotosentezin bir yan ürünü olan O<sub>2</sub> için tümüyle üreticilere bağımlıdır.

-Fotosentez olayını sadece bitkiler gerçekleştirmez. Bazı bakteriler, öglena ve algler de fotosentez yapabilir. Bu canlılar hem kendi besinlerini fotosentezle üretir hem de diğer canlılara besin kaynağı oluşturur.

#### NOT:

Atmosferdeki oksijenin temel kaynağı alglerdir. Algler yaz kış sürekli fotosentez yapar. Fitoplanktonlar (çoğunlukla bir hücreli algler) atmosferdeki yaşamın kaynağı olan oksijenin en büyük üreticisi. Dünya'daki oksijenin yarısı denizdeki ve okyanuslardaki fitoplanktonlarca üretilir.

-Fotosentez olayı, canlıların besin ihtiyacını karşılarken aynı zamanda günlük hayatımızda kullanılan pamuk, keten gibi tekstil ürünlerinin oluşmasında; mobilyacılıkta ve kağıt ürünlerinin oluşmasında da katkı sağlamaktadır. Enerji üretmek için kullanılan kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtların da kaynağı aslında fotosentez yapan organizmalardır.

#### NOT:

Yeryüzündeki en önemli enerji dönüşümü fotosentezle gerçekleşmektedir. Işık enerjisi, fotosentezle canlıların kullanabileceği enerji biçimi olan kimyasal enerjiye dönüştürülür. Enerji elde etmek için kullandığımız kömür ve petrol gibi fosil yakıtlar da geçmişte fotosentez yoluyla üretilmiştir.

### KONU İLE İLGİLİ BİR HATIRLATMA

-Kendi besinlerini sentezleyebilen canlılara **üreticiler (ototroflar)** denir.

-Besinlerini sentezi sırasında ışık enerjisini enerji kaynağı olarak kullanan üreticilere **fotoototrof** veya **fotosentetik** canlılar denir. Bu canlılar bitkiler, bazı bakteriler bazı protistler (öglena) ve algler fotosentez ile besinlerini üretirler.

- Bazı ototrof bakteriler ise NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, H<sub>2</sub>S ya da NO<sub>2</sub><sup>-</sup> gibi inorganik maddelerden sağladıkları kimyasal enerjiyi kullanarak besin sentezlerler. Bu olaya kemosenoz, bu canlılara da **kemoototrof canlılar** veya **kemosentetik canlılar** denir.

- Kendi besinlerini sentezleyemeyen, dışarıdan hazır olarak alan canlılara **tüketiciler (heterotroflar)** denir. Hayvan ve mantarların tamamı ile bazı protist ve bakteriler bu gruba girmektedir.

- Bazı canlılar ise **hem ototrof hem de heterotrof** beslenir.

-Böcekçil bitkiler, azotça fakir topraklarda yaşar. Bu bitkiler azot ihtiyacını hücre dışı sindirim ile yakaladıkları böceklerin proteininden karşılar. Böcekçil bitkiler aynı zamanda fotosentez yaparak besinlerini üretir.

-Bu bitkiler, azot ihtiyacını böceklerden karşılarken heterotrof, fotosentezle besin üretirken ototrof olarak beslenmiş olur.

-Ayrıca öglena da sahip olduğu kloroplast organeli sayesinde ışık varlığında fotosentez yapabilir. Karanlıkta ise dışardan hazır besin alır. Dolayısı ile öglena da hem ototrof hem de heterotrof beslenir.

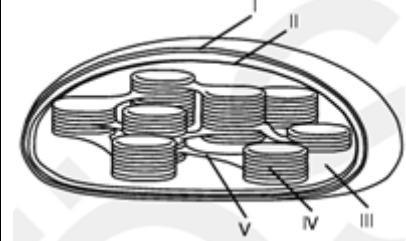
### SORU 1. (2010 – LYS2 / BİYO)

Bitkilerde fotosentez, yaprağın aşağıda verilen yapılarının hangisinde gerçekleşir?

- Soymuk boru hücrelerinde
- Arkadaş hücrelerinde
- Kütikula tabakasında
- Palizat parankima hücrelerinde
- Odun boru hücrelerinde

### SORU 2. (2011 LYS)

Bir kloroplastın kesiti aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Fotosentezin karbon tutma karbon tutma reaksiyonlarının gerçekleştiği yer hangi numara ile gösterilmiştir?

- I
- II
- III
- IV
- V

### SORU 3. (2006-ÖSS)

Fotosentezde aynı klorofil molekülünün tekrar tekrar kullanılabilmesini aşağıdakilerden hangisi sağlar?

- Ortamda ADP moleküllerinin bulunması
- Oksijenin sudan ayrılması
- Yüksek enerjili elektron enerjilerinin ATP lerde tutulması
- P ~5C P ~ bileşiğinin serbest karbondioksiti tutması
- Elektron taşıma sistemine elektron aktarılması

### SORU 4. (2006-ÖSS)

Normal çevre koşullarında, bitkilerin kloroplastlarında aşağıdaki olaylardan hangisi gerçekleşmez?

- Enzimlerin kullanılması
- ATP üretimi
- DNA'nın eşlenmesi
- Organik madde üretimi
- Yağ depolanması

### SORU 5. (1990-ÖSS)

Bir cisim, gelen ışınları;

- Geçirebilir
- Yansıtabilir
- Soğurabilir

Bitkilerin, güneşten gelen ışın enerjisinden fotosentezde yararlanabilmeleri için bu olaylardan hangilerini gerçekleştirmeleri gerekir?

- Yalnız I
- Yalnız II
- Yalnız III
- I ve II
- I ve III

### SORU 6. Fotoototrof canlılarda klorofil ile ilgili,

- Organik yapıdır.
- Tüm ototrof canlılarda üretilir.
- En fazla yeşil ışığı soğurur.
- Işık enerjisinin ATP enerjisine dönüşümünde görev alır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- Yalnız I
- Yalnız III
- I ve IV
- II ve III
- I, II ve IV

## MERAKLISINA

### Güneş Enerjisini Kullanan Hayvanlar da Var mı?

Bazı deniztavşanı türleri deniz algleriyle beslenirken alglerin fotosentezde görevli plastit denen organelleri sindirilmez. Deniztavşanının dokularında kalan bu organeller fotosentez yapmaya devam ederek deniztavşanları için besin sağlar.

### Fotosentez Sürecinin Anlaşılmasına Katkı Sağlayan Bilim İnsanlarının Çalışmaları

Bilim insanları	Fotosenteze sağladıkları katkılar
Jan Baptist Van Helmont	-Araştırmacı 2, 5 kg. ağırlığındaki bir söğüt fidanını içinde 100 kg. toprak bulunan bir saksıya dikmiş ve bunu 5 yıl süresince sadece yağmur suyuyla sulamıştır. Süre sonunda fidan 85 kg'lık bir ağaç olmuştur. Deneme sonunda toprak kuru ağırlığı 99, 994 kg. olarak belirlenmiştir. Aradaki 50 gramlık fark deney hatası olarak kabul edilmiş ve bitki ağırlığında oluşan 82, 5 kg'lık madde artışının yalnız sudan kaynaklandığı kanısına varmıştır.
Joseph Priestley,	- İlk kez 1771 yılında bitkiler tarafından dışarı verilen oksijenin hayvanlar tarafından kirletilen havayı temizlediği fikrini ortaya atmıştır.
-Jan Ingenhousz (1730-1799)	havanın temizlenmesinin yeşil bitkiler tarafından ışıkta yapıldığını açıklamıştır. Fotosentezde klorofilin önemini vurgulamıştır.
Senebier (1742-1804)	1782 yılında yeşil bitkilerin havaya O <sub>2</sub> vermesinin CO <sub>2</sub> almalarına ve bitkiler tarafından meydana getirilen O <sub>2</sub> miktarının tamamen ortamda varolan CO <sub>2</sub> miktarına bağlı olduğunu göstermiştir.
-De Saussure	bitkinin besin üretiminde karbondioksit ve su kullandığını göstermiştir. (1767-1843),
Liebig	CO <sub>2</sub> 'in bitkiler için C kaynağı olduğunu vurgulamıştır. (1803-1875)
-Robert Mayer,	ışığın enerji içerdiğini, canlılar tarafından kullanılan enerji kaynağının güneş ışığı olduğunu ve fotosentezde bitkinin yakaladığı güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürdüğünü belirtmiştir.
Theodor Wilhelm Engelman (1843-1909)	ışığın dalga boyunun fotosentez hızına etkisini "Engelman deneyi" olarak ifade edilen basit bir düzenele açıklamıştır. Deney sonucunda en çok fotosentezin mor-mavi daha sonra da kırmızı ışığın dalga boylarında olduğunu, en az ise yeşil ışığın dalga boyunda gerçekleştiğini açıklamıştır.
-F. F. Blackman (1872-1967),	fotosentezin yalnızca fotokimyasal bir olay değil aynı zamanda biyokimyasal bir olay olduğunu ileri sürerek, olayın ışık gerektirmeyen bir karanlık reaksiyon safhası olduğunu da vurgulamıştır. Ayrıca Blackman fotosentezde minimum yavaşlığı bulmuştur.
Richard Martin Willstätter	Alman kimyager. Klorofil de dahil olmak üzere bitki pigmentlerinin yapısı hakkındaki çalışmaları nedeniyle 1915 yılında Nobel Kimya Ödülü'nü kazanmıştır. (1872 -1942)
C.B. Van Niel (1897-1985),	fotosentezin, yükseltgenbilir bir maddeden açığa çıkan hidrojen ile karbondioksitin indirgenerek besinin ürettiği ışığa bağımlı bir olay olduğu saptanmıştır. Atmosfere verilen oksijenin sudan kaynaklandığını ileri sürmüştür.
Robert Hill (Rabirt Hiyıl, 1899-1991),	- fotosentezin ışık reaksiyonu üzerinde çalışarak ortamda ışık, su ve uygun bir hidrojen yakalayıcısı bulunduğunda, izole kloroplastların bile ortamda CO <sub>2</sub> olmadan O <sub>2</sub> oluşturabildiklerini görmüştür. Ayrıca yapraklarda doğal bir hidrojen yakalayıcısı maddenin bulunduğunu ortaya koymuştur. Bugünkü bilgilere göre bu maddeler Fereodoksin ve NADP+'dır. Hill reaksiyonu adını verdiği bir denklemle olayı açıklamıştır. Reaksiyon, fotosentezde O <sub>2</sub> 'nin ışık reaksiyonlarında oluştuğu ve bunun kökeninin CO <sub>2</sub> değil de H <sub>2</sub> O olduğunu göstermesi yönünden önemlidir.
-Peter Dennis Mitchell	ATP sentezi (fotofosforilasyonun kemioozmoz) mekanizmasının keşfi ile 1978 yılında Nobel Kimya Ödülüne layık görülmüştür. (1920 - 1992)
-Melvin Calvin (1911-1997),	fotosentezin karanlık reaksiyonları üzerinde çalışan Calvin ve arkadaşları, olaydaki C metabolizmasını (Calvin Döngüsünü) tüm ayrıntılarıyla açıklamışlardır. Bunun üzerine Calvin'e Nobel Ödülü verilmiştir.

### Fotosentezin Gerçekleştiği Yapılar

**Yaprak:** Bitkilerin çoğunda fotosentez yapraklarda gerçekleşir. Yaprak, **epidermis, iletim dokusu ve mezofil tabakası** olmak üzere üç ana bölümden oluşur.

**-Üst ve alt epidermis:** Tek sıralı bir hücre katmanı hâlinde koruyucu bir dokudur. Epidermis hücreleri kloroplast taşımaz, fotosentez yapmaz. Epidermis hücrelerinin farklılaşması ile oluşan, epidermis hücreleri arasında terleme ve gaz alışverişini sağlayan **stomalara** bulunur.

**Stomalarda kloroplast bulunur. Dolayısı ile fotosentez gerçekleşir.**

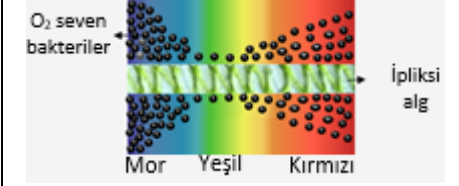
**-İletim dokusu:** Bitkilerde su, mineral ve besin maddelerinin taşındığı yapılardır. Fotosentez gerçekleşmezler.

**- Mezofil tabakası:** Yapraklarda kloroplast içeren hücreler, yaprağın iç kısmındaki mezofil tabakasında bulunur. Bu bölüm palizat ve sünger parankimasi olmak üzere ikiye ayrılır. Yapraklarda en fazla kloroplast palizat parankimasi hücrelerinde bulunur. Dolayısı ile en fazla fotosentez de burada gerçekleşir.

### NOT:

-Bir bitkinin bütün yeşil kısımları kloroplasta sahip olduğundan fotosentez yapabilir.Yaprakta, mezafil tabakasında (Palizat ve sünger parankimasi hücrelerinde) ve epidermis hücreleri arasındaki stomalarda fotosentez gerçekleşir.

**SORU 7.** Yeşil ipliksi algler ve farklı dalga boyları kullanılarak Engelman tarafından yapılan deney aşağıda gösterilmiştir.



**Buna göre, aşağıdaki yargılardan hangisine varılamaz.**

- A) Bakteriler oksijenli solunum yaparlar.
- B) Mor ve kırmızı ışıkta fotosentez hızı yüksektir.
- C) Yeşil ışıkta fotosentez en yavaştır.
- D) Bakteriler oksijen üretmez.
- E) Yeşil ışıkta üretilen oksijen bakteri üretmesini tetiklemiştir.

**SORU 8.** Canlılardaki bazı enerji dönüşümü olayları aşağıda verilmiştir.

- I. Kimyasal enerji → Elektrik enerjisi
- II. Işık enerjisi → Kimyasal enerji
- III. Kimyasal enerji → Isı enerjisi
- IV. Kimyasal enerji → Mekanik enerji

**Buna göre bu enerji dönüşümlerinin hangileri insan vücudunda gerçekleşmez?**

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

**SORU 9.** Işığın soğurularak (emilerek) ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürüldüğü, pigmentler, proteinler ve diğer moleküllerle birlikte tilakoit zarında kümelenecek oluşturdukları birime fotosistem denir. Fotosistemler anen kompleksi ve tepkime merkezi olmak üzere iki kısımdan oluşur.

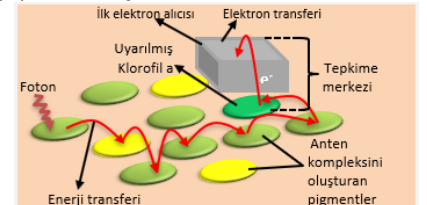
**Buna göre, fotosistemin anen kompleksinde;**

- I. Karotenoit
- II. Nükleik asit
- III. Ribozom
- IV. Klorofil

**moleküllerinden hangileri bulunur?**

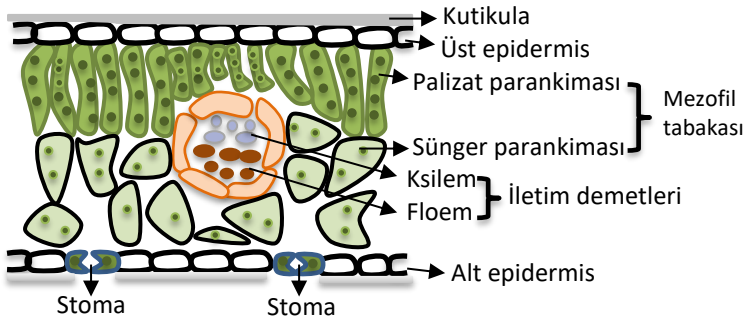
- A) Yalnız IV B) I ve IV C) II ve III
- D) II, III ve IV E) I, II, ve III

**SORU 10.** Aşağıdaki şekilde fotosistemin yapısı verilmiştir.



**Buna göre aşağıdaki açıklamaların hangisi yanlıştır?**

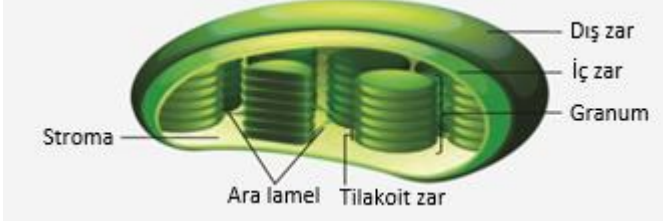
- A) İlk elektron tutucu anen kompleksine yerleşmiştir.
- B) Fotosistemler ışığı sorur.
- C) Tepkime merkezinde elektron veren bir pigment bulunur.
- D) Anten kompleksi klorofil ve karotenoitlerden oluşur.



Şekil: Yaprak enine kesiti ve bölümleri

### Bitkilerde Fotosentezin Gerçekleştiği Organel: Kloroplast

- Fotosentez, ökaryot canlılarda kloroplast organelinde gerçekleşir.
- Kloroplast, bir bitkinin tüm yeşil kısımlarında bulunur.
- Kloroplastın kimyasal bileşiminde %50 protein, %30 lipit, %5-10 arasında pigment maddesi ve karbonhidrat, DNA, RNA gibi diğer organik bileşikler vardır.
- Kloroplastın en dışında seçici geçirgen yapıda çift zar bulunur.
- Kloroplast, stroma, granum ve ara lamellerden oluşur.**
- Stroma** içerisinde DNA, RNA, ribozom, enzim, nişasta, lipit bulunan en içteki sıvı kısımdır. Fotosentezde üretilen şeker molekülleri geçici olarak nişasta halinde depolanır ve daha sonra da sükraza dönüştürülerek bitkinin diğer bölümlerine taşınır. **Fotosentezin ışıktan bağımsız (karbon tutma) tepkimeleri burada gerçekleşir.**
- Granullar**; Tilakoit zar denilen üçüncü bir zar sisteminin üst üste dizilerek oluşturduğu lamelli yapısıdır. Klorofil bu tilakoit zarlarında bulunur. **Fotosentezin ışığa bağımlı tepkimeleri burada gerçekleşir.** (Grana = Granullar)
- Granullar **ara lamellerle** birbirine bağlanarak güneş ışığının daha fazla emilmesini sağlar. Bu da bitkinin daha fazla ışık alması ve daha fazla fotosentez yapabilmesi demektir.



Şekil: Kloroplastın yapısı

#### NOT:

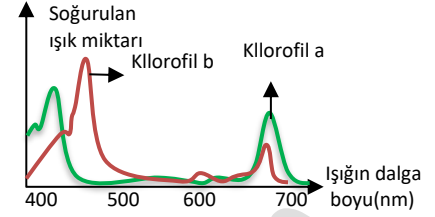
- Kloroplastların kendilerine ait DNA'sı olduğundan gerektiğinde DNA'sını eşleyerek çoğalabilir.
- Kloroplast içerisinde gerçekleşecek tepkimelerde görevli enzimlerin üretim yeri kloroplast stromasında bulunan ribozomlardır. Hücre sitoplazmasındaki ribozomlar değil.
- Kloroplastlarda fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonlarında fotofosforilasyon ile üretilen ATP'ler yine fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonlarında besin sentezi için harcanır. Kloroplast dışında başka bir metabolik olayda harcanmaz.

### Güneş Işığının Yapısı

- Bütün canlıların enerji kaynağı güneştir. Yeryüzünde yaşam güneşten gelen enerjiye bağlıdır. Hücrelerimizin kullandığı enerjinin temeli, bitkiler aracılığıyla bize taşınan güneş enerjisidir.
- Fotosentez sırasında güneş ışınları soğurularak besinlerin yapısındaki kimyasal enerjiye dönüştürülür.
- Işık enerjisi dalgalar halinde yayılan bir elektro manyetik enerji biçimidir.
- 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.

E) Bitkilerde fotosistem I (FS I) ve fotosistem II (FS II) olmak üzere iki çeşit fotosistem bulunur.

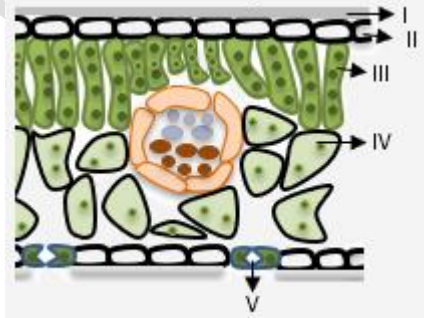
**SORU 11.** Aşağıdaki grafikte klorofil a ve klorofil b'nin farklı dalga boyundaki ışıkları soğurma oranları gösterilmiştir.



**Buna göre;**

- Fotosentezde sadece klorofil a işlev gösterir.
  - Klorofil a 670 nm, klorofil b 470 nm dalga boyundaki ışığı daha iyi soğurur.
  - Fotoototrof canlılarda klorofil a ve klorofil b birlikte bulunmaz.
- Yorumlarından hangileri yapılamaz?**
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III  
D) I ve II E) I ve III

**SORU 12.** Şekilde yaprak enine kesitinde bazı kısımlar numaralandırılmıştır.



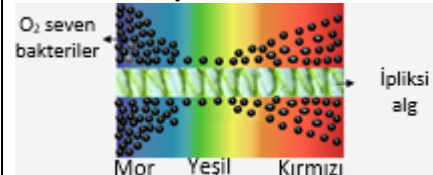
**Numaralı kısımlarla ilgili aşağıdaki yorumlardan hangisi yanlıştır?**

- I, hüresel yapıya sahip kutikula tabakasıdır.
- II, Karasal bitkilerde kloroplast taşımadığı için fotosenteze katılmayan üst epidermistir.
- III, fotosentezin en yoğun gerçekleştiği sünger parankimyasıdır.
- D) Aralarında boşlukların bulunduğu ve fotosentez yapabilen sünger parankimyasıdır.
- E) V ile hem fotosentez hem de gaz alışverişini sağlar.

**SORU 13.** Theodore Engelmann, ışığın farklı dalga boylarının fotosenteze etkisini 1883 yılında alg ve bakterilerle yaptığı deneyle göstermiştir.

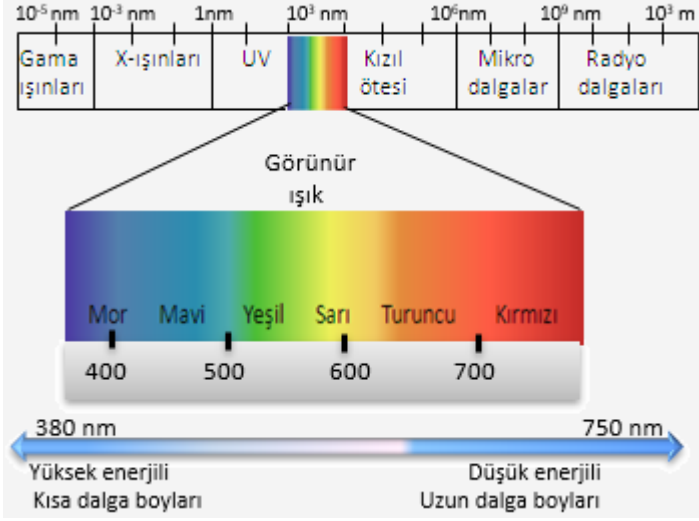
-Engelmann, ışığı prizmadan geçirerek elde ettiği kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor ışıkları ipliksi bir alg üzerine düşürmüştür.

-Algdeki fotosentez hızını ölçebilmek için oksijenli ortamda yaşayan bir tür aerobik bakteri kullanmıştır.





-Işığın yapısında yüksek hızla hareket eden ve enerji yüklü olan taneciklere **foton** denir. Güneş'in yaydığı elektromanyetik ışıklardan, görünür dalga boyunda olanların fotonlarındaki enerji fotosentezde kullanılır.



Şekil: Elektromanyetik spektrum

**NOT:**

Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin en fazla %5'i fotosentezde kullanılmaktadır.

**FOTOSENTEZ PİGMENTLERİ**

-Görünür ışığı emen maddeler **pigment** olarak isimlendirilir. Farklı pigmentler, farklı dalga boyundaki ışığı soğurur, soğurulmayan ışınları 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:**

Kloroplastlardaki klorofil ve diğer pigmentler, diğer renkleri soğururken, yeşil ışığı yansıtır veya iletir. Yaprakların yeşil renkli olmasının sebebi budur.

**-Fotosentezde görev alan pigmentler:**

**a. Klorofil:** Çeşitli dalga boylarındaki ışınları emerek bitkide fotosentez olayının gerçekleşmesini sağlayan yeşil renkli bir pigmenttir.

-Klorofil, ökaryot hücrelerde kloroplastın tilakoit denilen yapılarında bulunur. Prokaryot hücrelerde ise kloroplastlar bulunmaz. Bunlarda fotosentetik pigmentler iç zar sistemlerine kaynaşır. Bu sistemler sitoplazmik zarın içeriye doğru girinti yapmasıyla oluşur.

-Yapısında C, H, O, N ve Mg atomları bulunur.

-“Klorofil a” ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesinde doğrudan rol oynar. Bu nedenle fotosentez için en önemli pigmenttir. Esas olarak mavi-mor ve kırmızı ışığı soğurur. “Klorofil b”, ışık reaksiyonlarında doğrudan yer almaz. Bunun yerine soğurduğu enerjisini “klorofil a” ya geçirir.

**b. Karotenoitler:** Turuncu renkli **karoten**, sarı renkli **ksantofil**, kırmızı renkli **likopin** gibi pigmentlerdir. Esas olarak mavi-yeşil ışığı soğururlar.

**NOT:**

- Karotenoitler çiçek ve meyvelere renklerini verir.
- Ayrıca klorofilin soğuramadığı farklı dalga boylarındaki ışınları soğurabilir.
- Soğurulan ışık ışınları daha sonra klorofile aktarılarak fotosentezde kullanılır.
- Bununla birlikte bazı karotenoitler, klorofile zarar verebilecek aşırı ışığı saçarlar.
- Bazı karotenoitler insan besinini oluşturur: Örneğin beta karoten insan vücudunda A vitaminine dönüştürülür.

-Fotosentezde görev alan kloroplast pigmentlerin tamamı tilakoit zarında bulunur. Bu pigmentler orada fotosistem olarak isimlendirilen ışık toplayan kompleksler şeklinde düzenlenmiştir.

**NOT:**

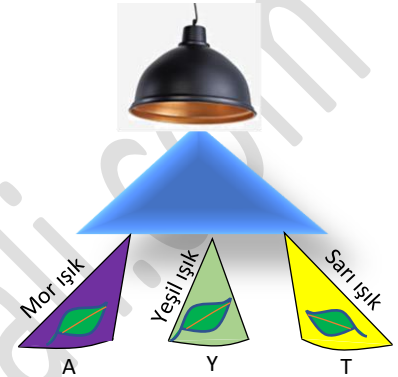
1. Fotosentezin başlaması için öncelikle pigmentler tarafından ışığın soğurulması (absorbe edilmesi) gerekir.
2. Klorofil sentezinin gerçekleşmesi için ışık mutlaka olmalıdır.
3. Demir (Fe), klorofil yapısına katılmadığı halde klorofil sentezi için ortamda bulunması şarttır. Çünkü demir, klorofil sentezinde görevli enzimin kofaktörüdür.
4. Klorofil b ve karotenoitler yardımcı pigmentlerdir. Bunlar sayesinde fotosentez için kullanılabilir durumda olan dalga boylarının sınırları genişlemiştir.
5. Fotosentez sadece görülebilen beyaz ışıkta (380-750 nm dalga boyları arasında) gerçekleşebilir.

**Buna göre deneyi gerçekleştiren Theodore Engelmann'ın;**

- I. Mor-mavi ve kırmızı ışıkta fotosentez hızının yüksek olduğu,
  - II. Yeşil ışıkta bitkinin fotosentez yapmadığı,
  - III. Daha çok yeşil ışıktan kısmen de sarı ışıktan bakterilerin sürekli kaçtığı,
- sonuçlarından hangilerine ulaşması beklenir?**

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

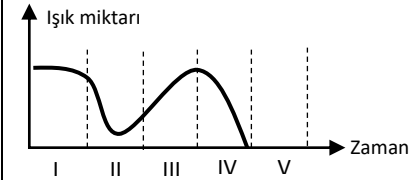
**SORU 14.** Bir bitkiye ait üç özdeş yaprak 12 saat boyunca aşağıda gösterildiği gibi aydınlatılıyor.



**Buna göre yaprakların ortamdaki karbondioksit miktarının ÇOKTAN AZA DOĞRU sıralanışı nasıl olmalıdır?**

- A) Y-T-A B) T-A-Y C) A-T-Y  
D) Y-A-T E) T-Y-A

**SORU 15.** Bir bitkinin bulunduğu ortamın ışık miktarındaki değişim aşağıdaki grafikte verilmiştir.



**Buna göre, bu bitki verilen zaman aralıklarından hangisinde inorganik maddelerden glukoz üretemez?**

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

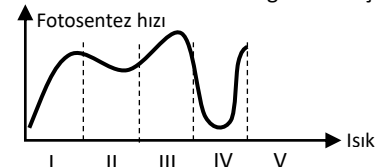
**SORU 16.** Aşağıda renkleri verilen yapraklar eşit sürede ışığın farklı dalga boyları altında tutuluyor.

- |                     |                |
|---------------------|----------------|
| I. Yeşil yaprak     | → Yeşil ışık   |
| II. Sarı yaprak     | → Kırmızı ışık |
| III. Kırmızı yaprak | → Yeşil ışık   |
| IV. Yeşil yaprak    | → Kırmızı ışık |
| V. Kırmızı yaprak   | → Kırmızı ışık |

**Buna göre en hızlı fotosentezin gözlemlendiği yaprak aşağıdakilerden hangisidir?**

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

**SORU 17.** Aşağıdaki grafikte fotosentetik bir alg üzerine numaralarla gösterilen farklı dalga boylarında ışınlar gönderildiğinde belirlenen fotosentez hızları gösterilmiştir.



## FOTOSİSTEMLER

-Işığın soğurularak (emilerek) ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürüldüğü, pigmentler, proteinler ve diğer moleküllerle birlikte tilakoit zarında kümelenerek oluşturdukları birime **fotosistem** denir.

-Fotosistemler iki kısımdan oluşur.

**a. Anten kompleksi:** Anten kompleksi çok sayıda klorofil ve karotenoid pigmentleri içerir. Bu kompleksteki pigmentler ışığı toplayıp tepkime merkezine iletir.

**b. Tepkime merkezi:** Klorofil a ve ilk elektron alıcı molekülünü içerir.

-Tilakoit zarında fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde iş gören **Fotosistem I (FS I)** ve **Fotosistem II (FS II)** olmak üzere iki tip fotosistem bulunur.

### NOT:

Bu fotosistemlerin tepkime merkezlerinde aslında birbirinin aynı olan klorofil a molekülleri bulunur.

-FS I ve FS II'deki klorofil a molekülleri farklı proteinlerle birleştiğinden ışık emme özelliklerinde farklılık vardır.

- FS I'in tepkime merkezindeki klorofil, **P700** olarak isimlendirilir. Çünkü bu pigment 700 nm dalga boyundaki ışığı en iyi soğurur.

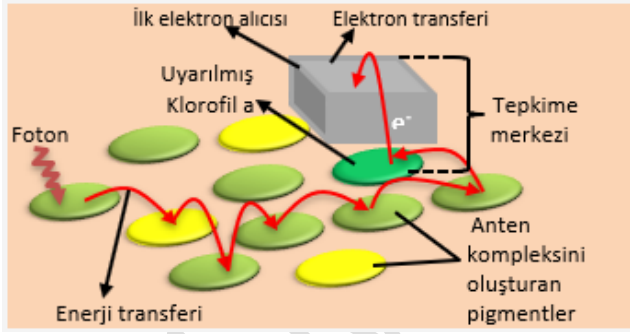
-FS II'nin tepkime merkezindeki klorofil ise 680 nm dalga boyundaki ışığı en iyi soğurduğu için **P680** olarak isimlendirilir.

### NOT:

Fotosistemler keşfedilme sırasına göre numaralandırılmıştır. Işık reaksiyonlarında ilk olarak FS II iş görür.

- Bir foton (Işığın yapısında yüksek hızla hareket eden ve enerji yüklü olan tanecikler), bir pigment molekülüne çarptığında enerji tepkime merkezine ulaşmaya kadar bir molekülden diğerine geçer. Tepkime merkezindeki klorofilden ayrılan uyarılmış bir elektron, özelleşmiş bir molekül tarafından yakalanır. Bu molekül ilk elektron alıcısı olarak isimlendirilir.

-Elektron aktarımı enerji dönüşümlerinin başlangıcıdır.



Şekil: Işığın bir fotosistem tarafından toplanması



Şekil: Işığın klorofil molekülüne çarpmasıyla oluşan elektron kopması ve enerji dönüşümü

## ENGELMAN DENEYİ

-Theodore Engelmann (Teyodor Engilmin, 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 iplikli 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 ürettiğini göstermiştir.

Buna göre, hangi aralıkta alg üzerine yeşil ışık gönderilmiştir?

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

## CEVAPLAR ve ÇÖZÜMLERİ

1. Yaprakta en yoğun kloroplastın bulunduğu palzimat parankimasi hücreleridir. Dolayısıyla fotosentez burada gerçekleşir.

**Cevap: D**

2. Karbon tutma (ışıkta bağımsız) reaksiyonlar stromada gerçekleşir. Stroma, III numara ile gösterilmiştir.

**Cevap: C**

3. Işığın soğurulan klorofil elektron kaybeder, yükseltgenir. Kaybedilen elektronlar elektron taşıma sistemi tarafından taşınarak tekrar klorofile aktararak indirgenir. Bu sayede klorofiller tekrar tekrar kullanılabilir.

**Cevap: E**

4. Normal çevre koşullarında bitkilerin kloroplastında fotosentez gerçekleşir ve glikoz üretimi olur. Fotofosforilasyon ile ATP üretilir. DNA'sını eşleyebilir. Kloroplastlarda yağ bulunur ama depo edilmez.

**Cevap: E**

5. Fotosentez sırasında güneş ışınları soğurularak besinlerin yapısındaki kimyasal enerjiye dönüştürülür.

**Cevap: C**

6. I. Organik yapıdır. **Doğru.**

II. Tüm ototrof canlılarda üretilir.

Kemootoroflarda üretilmez. **Yanlış.**

III. En fazla yeşil ışığı soğurur. **En fazla mavimor sonra da kırmızıyı en fazla soğurur.**

**Yeşil en az soğurulur. Yanlış.**

IV. Işık enerjisinin ATP enerjisine dönüşümünde görev alır.

**Fotofosforilasyonda görev alır. Doğru**

**Cevap: C**

7. En fazla bakteri mor ve kırmızı ışığın düştüğü bölgelerde olduğuna göre, oksijen buralarda fazladır. Fotosentez hızı da yüksektir. En az bakteri yeşil ışığın düştüğü bölgede olduğuna göre en az oksijenin olduğu ve fotosentezin en yavaş olduğu ışıktır. Fotosentezi bakteriler değil alg yapmıştır.

**Cevap: E**

8. I. Kimyasal enerji → Elektrik enerjisi

(Sinir hücrelerinde gerçekleşir)

II. Işık enerjisi → Kimyasal enerji

(İnsanda gerçekleşmez. Bitkilerde

fotosentez sırasında gerçekleşir)

III. Kimyasal enerji → Isı enerjisi

(İnsandaki enerji dönüşümlerde gerçekleşir)

IV. Kimyasal enerji → Mekanik enerji

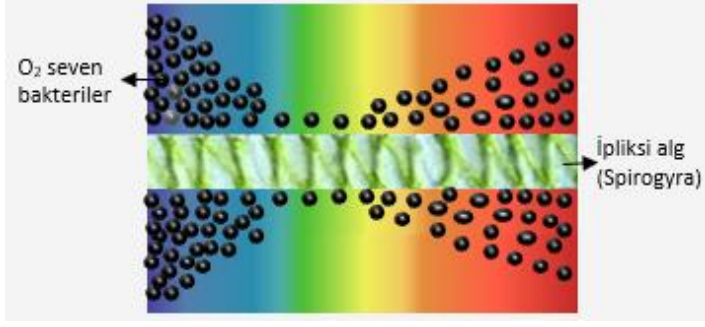
(Hareket ederken kaslarımızda gerçekleşir)

**Cevap: A**

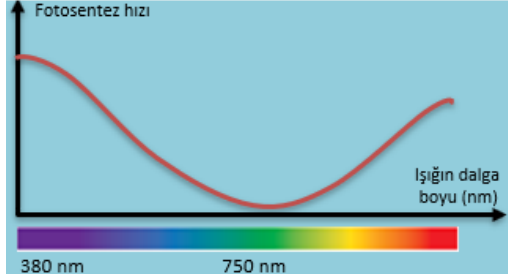
9. Anten kompleksi: Anten kompleksi çok sayıda klorofil ve karotenoid pigmentleri içerir. Bu kompleksteki pigmentler ışığı toplayıp tepkime merkezine iletir.

**Cevap: B**

-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 ışıktaki maksimum düzeydedir.
- Fotosentez hızı yeşil ışıktaki 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.

10. İlk elektron tutucu anten kompleksine değil, tepkime merkezine yerleşmiştir.

**Cevap: A**

11. Verilen grafikte I ve III. öncül yorumlanamaz.

**Cevap: E**

12. Kutikula tabakası mumsu salgıdır. Hücresel yapıya sahip değildir.

**Cevap: A**

13. Bakterilerin mor-mavi ve kırmızı ışıktaki yoğunlaşmasının nedeni oksijenin fazla olmasıdır. Bu da bu ışıklarda fotosentezin hızlı olduğunu gösterir.

**Cevap: A**

14. En fazla fotosentezin yapıldığı ışıktaki ortamdaki en fazla karbondioksit alınmasına neden olacaktır. Beyaz ışığın farklı dalga boylarındaki fotosentez miktarı çoktan aza: Mor-mavi-kırmızı -turuncu-sarı-yeşil şeklindedir. Buna göre verilen ışıklar sıralanırsa. Mor(A)-sarı(T)-yeşil(Y) olur.

**Cevap: C**

15. İnorganiklerden glukoz üretmek için fotosentez gerekir. Fotosentez için de ışık gerekir. Grafik incelenirse V. aralıkta ışık yok. Yani ortam karanlıktır. Karanlıkta fotosentez olmaz.

**Cevap: E**

16. Yaprğa yeşil rengi veren klorofildir. O halde yeşil yapraklarda klorofil fazladır. Daha fazla ışık soğurur daha fazla fotosentez yapar. Işığın dalga boylarında ise mor-mavi-kırmızı-turuncu-sarı-yeşil sıralaması ile çoktan aza fotosentez gerçekleşir. Verilenler incelenirse, Yeşil yaprak → Kırmızı ışıktaki fotosentez en hızlı olacaktır.

**Cevap: D**

17. Yeşil ışıktaki fotosentez en az gerçekleşir. Çünkü çoğu yansıtılmaktadır.

**Cevap: D**