



ÜNİTE III

CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

I. ENERJİ VE ENERJİ ÇEŞİTLERİ

- A. Işık Enerjisi
- B. Kimyasal Bağ Enerjisi
- C. Isı Enerjisi

II. ENERJİNİN TEMEL MOLEKÜLÜ ATP

III. CANLILARDA ENERJİ İHTİYACI

IV. OKSİJENSİZ SOLUNUM

- A. Etil Alkol Fermentasyonu
- B. Laktik Asit Fermantasyonu

V. FOTOSENTEZ

- A. Işık Enerjisi ve Klorofil
- B. Fotosentezin Evreleri
 - 1. Işık Reaksiyonları
 - 2. Karbon Tutma Reaksiyonları
- C. Fotosentez Hızını Etkileyen Etmenler

VI. KEMOSENTEZ

VII. OKSİJENLİ SOLUNUM

- A. Glikoliz
- B. Krebs Çemberi
- C. Elektron Taşıma Sistemi

ÖĞRENDİKLERİMİZİ PEKİŞTİRELİM

ÖZET

ARAŞTIRMA VE UYGULAMALAR

OKUMA PARÇASI

TEST III



BU BÖLÜMÜN AMAÇLARI



Bu bölümü bitirdiğinizde,

- ▶ Enerji çeşitlerini ve enerji çeşitlerinin özelliklerini öğrenecek,
- ▶ Canlı sistemlerde enerjinin temel molekülü olan ATP'nin önemini kavrayacak
- ▶ Fotosentez reaksiyonlarını ve fotosentez reaksiyonlarına etki eden etmenleri öğrenecek,
- ▶ Kemosentezin tanımını ve hangi canlılar tarafından gerçekleştiğini söyleyecek,
- ▶ Oksijensiz solunum çeşitleri ile oksijensiz solunum çeşitlerinin özelliklerini öğrenecek,
- ▶ Oksijenli solunum reaksiyonlarını ve bu reaksiyonlar sonucunda enerji verimini açıklayacak
- ▶ Solunum ile fotosentezin farklılıklarını kavrayacak,
- ▶ Yeşil bitki örtüsünün önemini anlayacaksınız.



NASIL ÇALIŞMALIYIZ ?



- ▶ Lise I biyoloji kitabınızda organik bileşenler konusu içeriğinde yer alan dehidrasyon, hidroliz reaksiyonları ile ATP molekülün yapısına bakarak hatırlayınız,
- ▶ Lise I biyoloji kitabınızda canlılar ve etkileşim ünitesine bakarak canlılar arasındaki besin zinciri ilişkilerini hatırlayınız,
- ▶ Konu içerisindeki soruları yanıtlayınız,
- ▶ Örnekleri tekrarlayınız,
- ▶ Uyarıları dikkatle okuyunuz, gerekiyorsa yazınız,
- ▶ ÖSS'ye yönelik kitaplardan konu ile ilgili soruları yanıtlamaya çalışınız.

GERİ DÖNÜŞÜMLÜ KAĞIT YAPIMI

Gerekli malzemeler :

Eski gazeteler

Bir parça çok ince delikli tel

Birkaç emici bez

Plastik kova ve leğen

Tahta kaşık ya da mutfak robotu

Toz boya (renkli kâğıt yapmak için)

Naylon poşet

Ağırlık (örneğin kalın kitaplar)

Yapılışı :

Eski gazeteleri kovaya koyun, su ekleyerek bir gece bekletin. Ertesi gün suyu süzün ve ıslak gazeteleri tahta kaşıkla ezerek hamur hâle getirin (bu işlemi mutfak robotunda da yapabilirsiniz, ama kullanmak için izin isteyin ve işiniz bittiği zaman temizleyin). Kâğıdınızın renkli olmasını istiyorsanız boya katabilirsiniz.

Kâğıt hamurunu leğene koyun ve eşit ölçüde su ekleyip karıştırın. Teli karışımın içine sokup üzerinde kalan hamurla birlikte çıkarın.

Temiz, düz bir yere bir bez serin ve teli, kâğıt hamurunun bulunduğu yüzey alta gelecek şekilde çabucak bunun üzerine koyun, iyice bastırın ve hamur beze yapışınca kaldırın. Hamurun üzerine ikinci bir bez örtüp tekrar bastırın.

Leğendeki hamur bitene kadar bir kat hamur, bir kat bez koyarak bu işlemi tekrarlayın. En üste naylon poşeti koyun ve ağırlık yapması için kitapları üst üste dizin. Birkaç saat sonra kâğıtları dikkatle bezlerden ayırın ve kurumaları için eski gazete ya da kâğıt havluların üzerine serin. Yeni kâğıtlarınız artık kullanılmaya hazırdır.



Kâğıt yapımı için bir ağaca ihtiyacımız olduğuna göre ağaçların fotosentezi sonucu doğada canlılar arasında enerji dönüşümü gerçekleşir ve bu şekilde canlılığın devamı sağlanır. Buna göre bir önceki sayfada verilen *geri dönüşümlü kâğıt yapımı* ile ilgili uygulamanın bu enerji dönüşümüne olan katkısı ne olabilir.

***Kaynak: "Ekoloji"
Richard Spurgeon
TÜBİTAK Yayınları
Sayı 64, Kasım 2000***

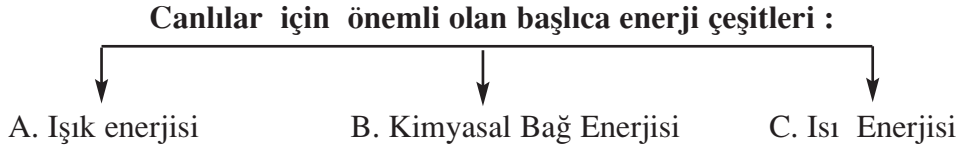
ÜNİTE III

CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

1. ENERJİ VE ENERJİ ÇEŞİTLERİ

Bir fabrikanın çalışması ve üretimi için nasıl işçilere ve makinalara ihtiyaç varsa canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için de enerjiye ihtiyaçları vardır.

Enerji, bir maddede değişiklik veya hareket oluşturma yeteneğidir. Kısaca bir sistemin iş yapabilme yeteneği olarak adlandırılır. Enerji, hayatın ve canlılığın temelini oluşturur.



A. Işık Enerjisi

Ekosistemde yaşayan bütün canlıların enerji kaynağı güneştir. Fakat, canlılar güneş enerjisini yaşamsal faaliyetleri için kullanamazlar. Canlıların yaşamsal faaliyetlerinde kullanabildikleri enerji çeşidi ATP'dir. Yeşil bitkiler gibi fotosentez yapma yeteneğine sahip canlılar, güneş enerjisini yaşamın devamı için gerekli enerji çeşidi olan ATP'ye dönüştürür. Bu dönüşümü sağlayan molekül ise yeşil bitkinin yapısında bulunan klorofil molekülüdür. Yeşil bitkiler güneşten gelen ışık enerjisini yapılarında bulunan klorofil ile soğurarak karbon dioksit ve su gibi inorganik maddelerden organik besinleri sentezlerler.

Bitkilerin fotosentezi sonucunda organik besin olarak karbonhidratlar sentezlenir.

Bu karbonhidratlar daha sonra farklı organik maddelere dönüştürülerek depolanır. Örneğin patatesten nişastaya, fasulyede proteine, cevizde yağa dönüştürülür.

Elektromanyetik Spektrum :



Işık dalgalarının boylarına göre sıralanmasına elektromanyetik spektrum denir. Işık dalgalarının boyları \AA (angstrom) ile ölçülür (Şekil 3-1).

Şekil 3-1 Elektromanyetik spektrum.

Güneşin U.V (ultraviyole) ışınlarından olan mor ötesi, x, 8 vb. ışınları kısa dalga boyunda ışınlarıdır. Bu dalga boyundaki ışınlar fazla enerji yüküdür. Kısa dalga boyundaki ışınlar, DNA'nın yapısını bozarak mutasyonlara neden olur. Bu nedenle bu ışınlar canlılar için zararlıdır.

Atmosferdeki **ozon tabakası**, güneşin zararlı ışınlarının çoğunu emdiği ve geri uzaya yansıttığı için canlılar açısından koruyucu görev yapar.

B. Kimyasal Bağ Enerjisi

Yeşil bitkiler, güneşin ışık enerjisini fotosentez sonucu sentezlemiş oldukları organik moleküllerin yapısında kimyasal bağ enerjisi olarak depo ederler :



Yeşil bitkilerin fotosentezi sonucu organik moleküllerin yapısında depo edilen ATP, canlıların solunumu sırasında organik moleküllerin yapı birimlerine parçalanması ile açığa çıkar. Bu parçalanma ise oksijenli veya oksijensiz koşullarda olur.

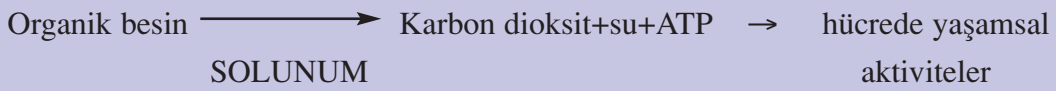
ATP, canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli olan bir enerji çeşididir. Bu enerji besinler aracılığı ile sağlanır. Besinlerden enerjinin yanısıra karbonhidrat, yağ, protein ve vitamin adını verdiğimiz organik molekülleri elde ederiz. Lise I. sınıf Biyoloji kitabınızda besinlerde bulunan organik bileşikleri öğrendiniz. Buna

göre bir dilim ekmek, bir tabak fasulye yemeği ve domates salatasından oluşan öğle yemeği ile hangi organik bileşikleri aldığımızı söyleyebilir misiniz?

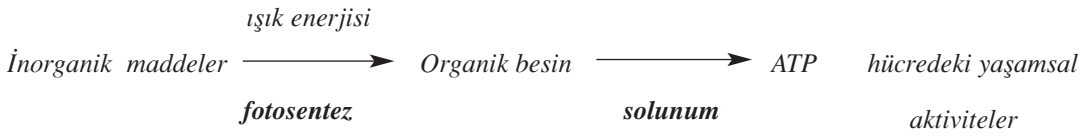
Bu mönüyü oluşturan bir dilim ekmeğin yapısında karbonhidrat, bir tabak fasulye yemeğinin yapısında karbonhidrat, protein ve yağ, domates salatasının yapısında ise karbonhidrat ve vitaminlerin olduğunu söyleyebiliriz.

Karbonhidratlar, yağlar ve proteinler hücrede enerji kaynağı olarak kullanılır. Canlılar, genellikle birinci derece enerji kaynağı olarak karbonhidratları kullanırlar.

Canlılar, solunum yaparak karbonhidrat, yağ ve proteinlerden enerji elde ederler.



Bitkilerin besin maddelerinde depoladıkları ATP enerjisi, besin zinciri ilişkileri ile üretici canlılardan tüketici canlılara doğru aktarılır.



Fotosentez ve solunumun enerji dönüşümünü sağlamada nasıl bir görevi vardır, açıklayınız?

Canlılarda enerji üretimi ve enerji dönüşümünü inceleyen bilim dalına biyoenerjistik denir.

Canlılar dünyasında kimyasal enerji, sinir sisteminde elektrik enerjisine, kas hücrelerinde mekanik enerjiye, ateş böceğinde ise ışık enerjisine dönüşebilir.

Ülkemizde çok sık görülen orman yangınları ile bitki örtüsünün yok olduğunu biliyoruz. Bitki örtüsünün yok olması durumunda ekosistemdeki enerji dönüşümü nasıl etkilenir?

C. Isı Enerjisi

Canlılar, solunumları sırasında besin maddelerini enzimlerle parçalarlar. Bu şekilde hücrede yaşamsal faaliyetlerin sürdürülmesi için gerekli olan ATP elde edilir. ATP'deki enerjinin yaklaşık % 40'ı yaşamsal faaliyetlerde kullanılır. Enerjinin geriye kalan % 60'ı ise ısı enerjisine dönüşerek çevreye verilir veya canlıların vücut ısısını oluşturur.



Bir cismin sıcaklığını artırmak için sisteme verilmesi gereken enerjiye ısı denir. Isı birimi kaloridir.

Biyolojik reaksiyonlar ısı isteklerine göre iki çeşittir :

1. Ekzotermik reaksiyonlar

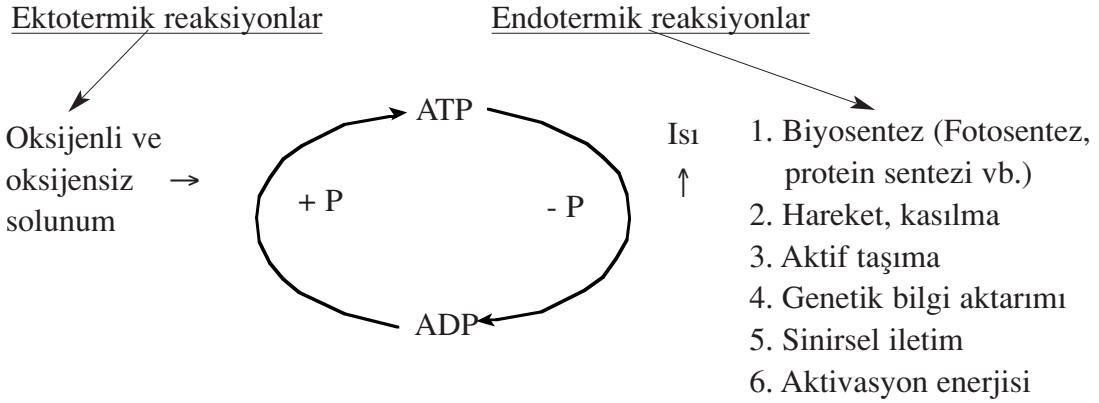
2. Endotermik reaksiyonlar

1. Ekzotermik reaksiyonlar :

Reaksiyon sonucunda ısı açığa çıkıyorsa ekzotermik reaksiyon olarak adlandırılır. Örneğin, solunum olayı ekzotermik reaksiyondur.

2. Endotermik reaksiyonlar :

Reaksiyonun gerçekleşmesi için ısı gerekiyorsa endotermik reaksiyon olarak adlandırılır. Örneğin, fotosentez ve protein sentezi gibi biyosentez olayları endotermik reaksiyonlardır.



Şemada görüldüğü gibi solunum sonucunda ADP'ye bir fosfat (+P) eklenmesi ile ATP üretilir. Bu nedenle solunum, ısı isteğine göre ekzotermik bir reaksiyondur. Örneğin, solunum sırasında açığa çıkan ATP enerjisinin bir kısmı çevreye ısı olarak verilirken bir kısmı canlıların vücut ısını oluşturur.

Bunun yanında biyosentez, hareket, kasılma, aktif taşıma, genetik bilgi aktarımı, sinirsel iletim, aktivasyon enerjisi vb. reaksiyonlar ısı isteklerine göre endotermik reaksiyonlardır. Bu reaksiyonların gerçekleşmesi için ATP'den bir fosfat (-P) ayrılması ve ADP'nin oluşması yani ATP'nin kullanılması gerekir.



“Peptit bağlarının kurulması sonucu protein sentezi gerçekleşir.” Yazılan ifade ısıya duyulan gereksinimine göre hangi reaksiyondur, nedenini açıklayınız?

II. ENERJİNİN TEMEL MOLEKÜLÜ ATP

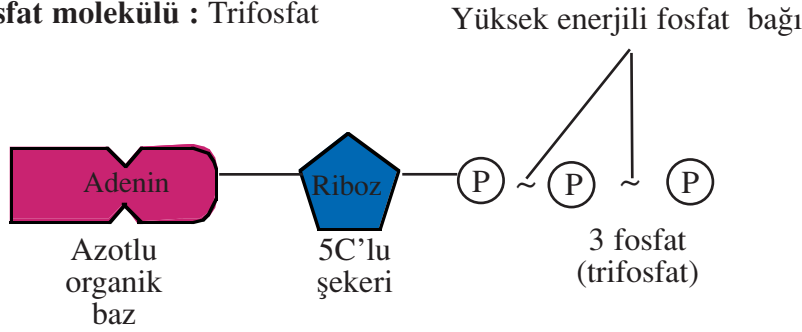
ATP'nin Yapısı :

ATP, adenozin trifosfat olarak adlandırılan bir organik moleküldür. Yapısında bulunan moleküller :

a. **Azotlu organik baz** : Adenin

b. **Beş karbonlu şeker** : Riboz adı verilen monosakkarit

c. **3 fosfat molekülü** : Trifosfat

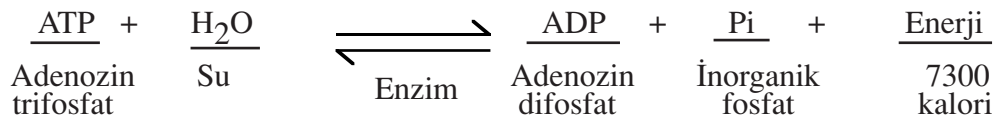


ATP'de fosfatlar arasındaki bağlar yüksek enerjili bağlar olup, bu bağların kopması sonucu açığa çıkan enerji çok fazladır. Bu çok büyük enerjinin bir anda serbest kalması canlının yüksek sıcaklıktan etkilenen reaksiyonlarının yürütülmesini sağlayan enzimlerinin yapısını bozar. Bu durum, biyolojik reaksiyonları olumsuz etkiler, hatta canlının ölümüne sebep olabilir. Bu nedenle ATP'den enerji açığa çıkması kademeli bir şekilde olur.



ATP'nin hidrolizi ile hücrede enerji ihtiyacı sağlanır.

a. ATP'nin hidrolizi reaksiyonu aşağıdaki gibidir.

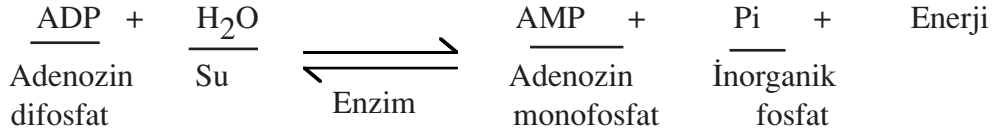


Su açığa çıkaran reaksiyonlara dehidrasyon denir. Biyosentez olayları dehidrasyon reaksiyonlarıdır. Su ile parçalanma reaksiyonları ise hidroliz olarak adlandırılır.

\rightleftharpoons : reaksiyonun çift yönlü olduğunu gösterir. Yani ATP'den ADP olduğu gibi tersi durumda ADP'ye bir fosfat bağlanarak ATP oluşabilir.

ATP'den bir fosfat kopması sonucu ADP oluşur. Bu sırada sistemde açığa çıkan enerji verimi 7300 kaloridir.

b. ADP'nin hidrolizi sonucu AMP oluşur. Bu reaksiyon aşağıdaki gibidir :



ATP'nin yapısını oluşturan moleküller nelerdir?

Fosforilasyon :



Bir organik moleküle fosfat grubu eklenmesine fosforilasyon denir.

ADP'ye fosfat eklenerek ATP sentezlenmesi de bir çeşit fosforilasyondur. ATP'nin fosforilasyonu üç şekilde gerçekleşir:

- Fotofosforilasyon
- Substrat düzeyde fosforilasyon
- Oksidatif fosforilasyon

a. Fotofosforilasyon :



Fotosentezin ışık reaksiyonları sırasında ATP sentezlenmesine fotofosforilasyon denir.

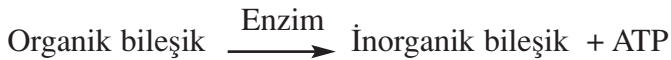


Işık enerjisi aracılığıyla klorofil molekülündeki elektronlardan birisi yüksek enerjili hale geçer. Bu elektronlardaki enerjinin ETS adını verdiğimiz elektron taşıma sistemi moleküllerine aktarılması sonucu ATP sentezlenir.

b. Substrat düzeyde fosforilasyon :



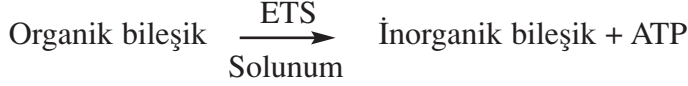
Solunum reaksiyonları sırasında sadece enzimler aracılığı ile ATP sentezlenmesine substrat düzeyde fosforilasyon denir. Bu reaksiyonların gerçekleşmesinde ETS adını verdiğimiz enzim sistemi görev yapmaz.



c. Oksidatif fosforilasyon (Oksijenli solunum) :



Oksijenli solunum reaksiyonları sırasında yüksek enerjili elektronların ETS'den geçmesi sırasında ATP sentezlenmesine oksidatif fosforilasyon denir.



Fotosentezde görev yapan ETS molekülleri ile oksijenli solunumda görev yapan ETS molekülleri farklıdır. Fotosentezde görev yapan ETS molekülleri klorofil, plâstokinon, ferrodoksin ve sitokromdur. Oksijenli solunumda görev yapan ETS molekülleri ise sitokromlar ve oksijendir. Ayrıca bu moleküllerin her biri enzimdir.

III. CANLILARDA ENERJİ İHTİYACI



Herhangi bir reaksiyonun başlayabilmesi için gerekli olan en düşük enerjiye aktivasyon enerjisi denir.

ATP enerjisinin başlıca kullanımı :

1. Biyokimyasal olaylarda aktivasyon enerjisi olarak kullanılır. Örneğin, glikoliz sırasında glikoz aktif değildir. Reaksiyonun başlayabilmesi için glikozun aktifleştirilmesi gerekir. Glikozun aktifleştirilmesi için 2ATP aktivasyon enerjisi olarak kullanılır.
2. ATP canlılarda değişik enerji çeşitlerine dönüşerek kullanılabilir. Örneğin, ATP kaslarda hareket enerjisine, elektrik balığında elektrik enerjisine, ateş böceğinde ışık enerjisine dönüşebilir.
3. Hücrede aktif taşıma olaylarında kullanılır.

Solunum :

Solunum, canlıların yaşamaları için gerekli olan biyokimyasal reaksiyonlardan birisidir.

Bir an için soluk alıp veremediğimizi düşünelim. Acaba, soluk alıp veremezsek neler olabilir?

Genellikle çok sigara içen insanlarda içmeyenlere göre akciğer kanserine yakalanma riski daha fazladır. Akciğer kanseri olan insanların akciğerleri görev yapamaz. Bu nedenle bu insanlar, ömür boyu solunum işlevini sağlayan aygıtlara bağlı olarak yaşamaya çalışırlar. Bu durum akciğerlerimizin solunum için, solunumun ise hayatımız için ne kadar önemli olduğunu anlamamızı sağlar.

Solunumun amacı enerji elde etmektir. Enerjinin kaynağı ise organik besinlerdir. Canlılar, karbonhidrat, yağ ve protein gibi organik molekülleri oksijenli veya oksijensiz koşullarda enzimlerle parçalayarak enerji elde ederler. Canlılar genellikle, I. derece enerji kaynağı olarak karbonhidratları kullanırlar.

Hücrede bir karbonhidrat olan glikozun parçalanması, oksijen kullanılıp kullanılmamasına göre iki şekilde gerçekleşir :

- Oksijensiz solunum (substrat düzeyde fosforilasyon)
- Oksijenli solunum (substrat düzeyde fosforilasyon + oksidatif fosforilasyon)



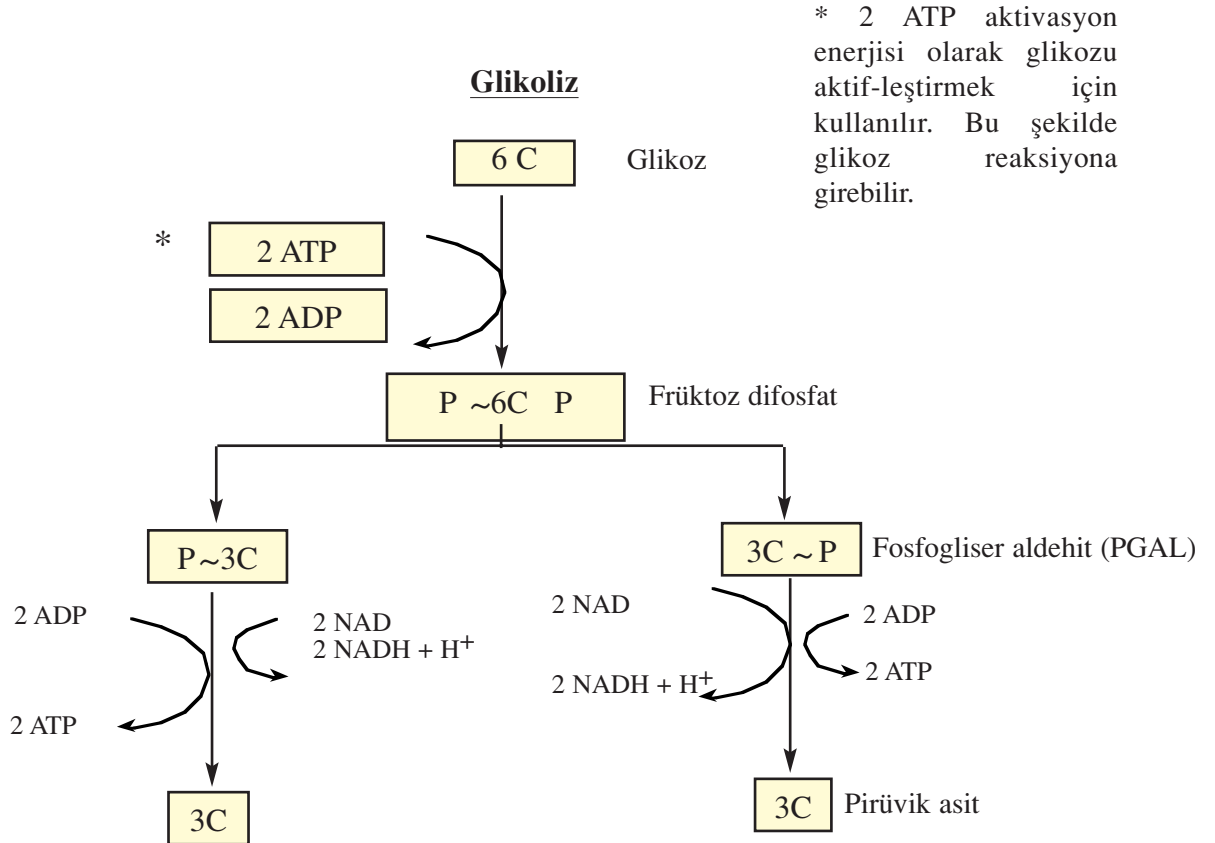
Enerji nasıl elde edilir, canlıların enerjisi elde ettiği şekilleri aynı mıdır?

IV. OKSİJENSİZ SOLUNUM

(Anaerobik solunum, fermantasyon)

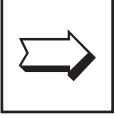


Glikozun çeşitli enzimler yardımıyla daha basit yapıya pirüvik asit (pirüvat)'e kadar parçalanmasına glikoliz denir.



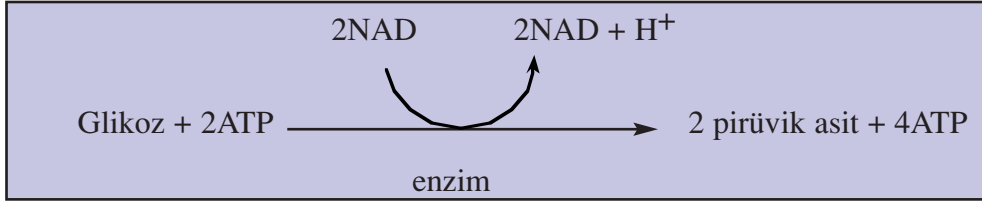
Glikoliz oksijenli ve oksijensiz solunum yapan canlılarda ortak yoldur.

Glikoz, ATP tarafından iki kez aktifleştirilerek glikoz difosfatı oluşturur. Glikoz difosfat enzimler tarafından früktoz difosfata dönüştürülür. Früktoz difosfat çok kararsız bir bileşik olduğu için hemen parçalanır ve fosfogliser aldehit oluşur. Fosfogliser aldehit, koenzim NAD (Nikotinamid adenin dinükleotit) ile reaksiyona girer. NAD, fosfogliser aldehitten 2H alarak 2 NADH+H⁺ olarak indirgenir ve bu arada 2 ATP sentezi gerçekleştirilerek 3 karbonlu pirüvik asit oluşur.



Glikoliz reaksiyonu sonucunda; 1 molekül glikozdan 2 molekül pirüvik asit oluşur. Bu arada 2NAD indirgenerek 2NADH+H⁺ ve 4ATP sentezi olur. Toplam 4ATP üretilmesine rağmen başlangıçta 2ATP, glikozun aktifleştirilmesi için harcadığı için net ATP kazancı 2ATP'dir.

Glikoliz denklemi :



Glikoliz, oksijenli ve oksijensiz solunum yapan canlılarda ortak yoldur. Çünkü, glikozun pirüvik asite kadar parçalanması reaksiyonları sırasında kullanılan enzimler aynıdır. Bu reaksiyonlar hücrenin sitoplazmasında gerçekleşir. Bu evrede oksijen kullanılmaz. Glikoliz substrat düzeyde bir fosforilasyondur. Sadece enzimlerle reaksiyon yürür. ETS adını verdiğimiz elektron taşıma sistemi yoktur.

2 molekül glikozun glikolizi sonucunda;



- Kaç molekül pirüvik asit oluşur?
- Kaç molekül NADH+H⁺ oluşur.
- Toplam ATP üretimi nedir?
- Net ATP kazancı nedir?

Yukarıda verilen sorunun cevabını bularak sorunun çözümü ile karşılaştırınız.

Çözüm :

a. 1 molekül glikozun glikolizi sonucu	2 molekül pirüvik asit oluşursa
2 molekül glikozun glikolizi sonucu	X
<hr/>	
$\frac{2 \times 2}{1} = 4$ molekül pirüvik asit oluşur.	

b. 1 molekül glikozun glikolizi sonucu	2NADH+H ⁺ oluşursa
2 molekül glikozun glikolizi sonucu	X
<hr/>	
x = 4 molekül NADH+H ⁺ oluşur.	

c. 1 molekül glikozun glikolizi sonucu	toplam 4ATP kazanç
2 molekül glikozun glikolizi sonucu	X
<hr/>	
x = 4 x 2 = 8 ATP toplam kazanç olur.	

d. Buna göre, 1 molekül glikozun glikolizi sonucu	net 2 ATP kazanç
2 molekül glikozun glikolizi sonucu	X
<hr/>	
X = 4ATP net kazanç sağlanır.	



Glikoliz hücrede nerede gerçekleşir, niçin oksijenli ve oksijensiz solunum yapan canlılarda glikoliz ortak yoldur?

Fermentasyon (Mayalanma) :

Glikoliz sonucunda oluşan pirüvik asit, oksijenli ve oksijensiz koşullarda iki farklı şekilde değişikliğe uğrar.

a. Pirüvik asit oksijensiz koşullarda etil alkol veya laktik asite parçalanabilir.

b. Pirüvik asit oksijenli koşullarda karbon dioksit ve suya kadar parçalanabilir.



Bir çok hücre, oksijen yokluğunda veya yetersizliğinde glikozu etil alkol veya laktik asite kadar parçalayarak enerji elde eder. Bu olaya fermentasyon denir.

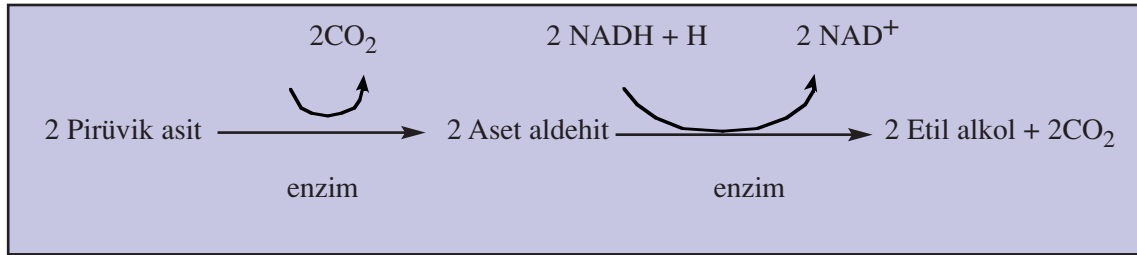
A. Etil Alkol Fermentasyonu

Glikolizden sonra oluşan pirüvik asitin hücrenin sitoplazmasında alkole kadar parçalanmasını içeren reaksiyonlara etil alkol fermentasyonu denir.

Etil alkol fermentasyonunda pirüvik asitten CO_2 açığa çıkması ile önce aset aldehit oluşur. Aset aldehit ise $\text{NADH} + \text{H}^+$ (İndirgenmiş nikotinamid adenin dinükleotit) den hidrojenleri alarak etil alkole indirgenir. Bu arada NAD^+ (yüksengenmiş NAD) oluşur.

Etil alkol fermentasyonu, maya mantarı hücreleri, bazı bakteri hücreleri gibi basit yapıları organizmaların enerji elde etme yoludur. Fermentasyon sanayiinde bazı bakteriler kullanılarak etil alkol, laktik asit, yoğurt gibi ürünler elde edilebilir.

Etil alkol fermentasyonu denklemi :



Etil alkol fermentasyonunda 2 molekül pirüvik asitten 2 molekül etil alkol oluşur. 2CO_2 , 2NAD^+ açığa çıkar. Pirüvik asitten etil alkol oluşumu sırasında ATP sentezinin olmadığına dikkat ediniz.



Glikoliz ile etil alkol fermentasyonu arasındaki farklılıklar nelerdir?



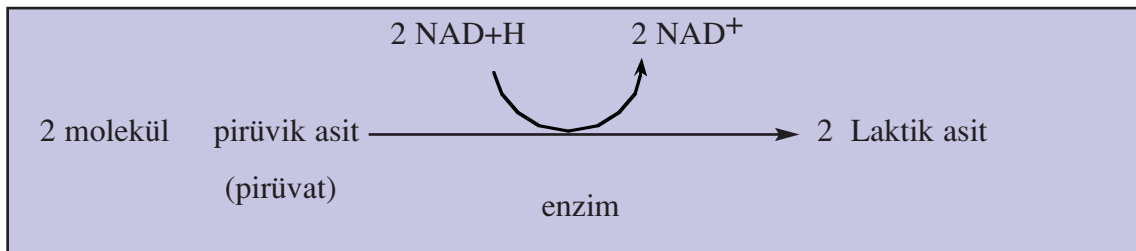
B. Laktik Asit Fermentasyonu

Glikolizden sonra oluşan pirüvik asitin hücrenin sitoplâzmasında laktik asite kadar parçalanmasını içeren reaksiyonlara laktik asit fermentasyonu denir.

Laktik asit fermentasyonunda glikolizin son ürünü olan pirüvik asit ortamdaki $\text{NADH} + \text{H}^+$ 'den 2H alarak laktik asite indirgenir. Bu arada yükseltgenmiş $\text{NAD}(\text{NAD}^+)$ oluşur.

İnsanın kaslarının oksijen yetersizliğinde ve yoğurt bakterilerinde laktik asit fermentasyonu görülür.

Laktik asit fermentasyonu denklemi :





Laktik asit fermentasyonunu sonucunda 2 molekül pirüvik asitten 2 molekül laktik asit oluşur. Laktik asit fermentasyonu sonucunda etil alkol fermentasyonundan farklı olarak CO₂ oluşmaz. Laktik asit fermentasyonu sonucunda etil alkol fermentasyonunda olduğu gibi 2 molekül yükseltgenmiş NAD(NAD⁺) oluşur. Pirüvik asitten laktik asit oluşumu sırasında ATP sentezinin olmadığına dikkat ediniz.



Etil alkol ile laktik asit fermantasyonu arasındaki benzerlik ve farklılıklar nelerdir?



Etil alkol fermantasyonu ve laktik asit fermantasyonu sırasında glikolizden farklı olarak yükseltgenmiş NAD (NAD⁺) oluşur. Yükseltgenmiş NAD oluşumu glikolizin devamını sağlar. Bu şekilde fermentasyon reaksiyonları ile ortamda pirüvik asit ve aşırı hidrojen birikimi olmaz. Çünkü pirüvik asit ve hidrojen birikimi sonucu glikoliz durur ve hücrede ölüm meydana gelir.

Etil alkol ve laktik asit fermantasyonu sonucu pirüvik asitten etil alkol veya laktik asit oluşurken toplam 4ATP üretilir. Net enerji kazancı ise 2ATP dir.

Kaslarda görev yapan bir diğer molekül kreatin fosfattır. Dinlenme sırasında kaslara yeterince oksijenin gitmesi ile laktik asitin bir kısmı parçalanarak ATP ve kreatinfosfat sentezlenir. Geri kalan laktik asit ise önce pirüvik aside daha sonra glikoza dönüşür. Çizgili kaslar ile karaciğerde glikozdan glikojen sentezi gerçekleşir. Böylece glikojen, çizgili kaslarda ileride enerji üretimi sırasında kullanılmak üzere sentezlenmiş ve depolanmış olur.

1. Dinlenme :



Dinlenme sırasında kreatin molekülü ATP'den bir fosfat alarak kreatin fosfat molekülüne dönüşür. Kreatin fosfat doğrudan kasların kasılması reaksiyonlarında kullanılmaz.

2. Kasılma :



Kasılma olayında kreatin fosfat kreatine dönüşür. Bu sırada sentezlenen ATP ise kasılma olayında kullanılır.



Kasların kasılması sırasında glikojen, glikoz, kreatin fosfat, oksijen ve ATP azalır. CO₂, laktik asit, inorganik fosfat, ADP ve ısı artar.



Kas hücrelerinin enerji elde etmek için maddeleri kullanma sırası :

ATP - Kreatin fosfat - Glikoz - Glikojen şeklinde olur.



Fermentasyonda glikolizden farklı olarak yükseltgenmiş NAD (NAD⁺) oluşmasının canlılar için önemi nedir?

V. FOTOSENTEZ

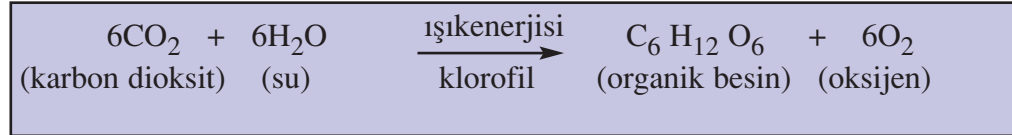
Biyosfer adını verdiğimiz yaşam kuşağında bütün enerjilerin kaynağı güneş enerjisidir. Güneş enerjisi ise yeşil bitkiler gibi klorofile sahip ototrof canlılar tarafından kullanılabilir. Çünkü, klorofil hem bir renk pigmenti olup ışığın etkisi ile bitkinin yeşil renk almasını hem de güneşten gelen ışık enerjisini soğurarak bitkinin fotosentez yapmasını sağlar.



Yeşil bitkiler gibi klorofile sahip ototrof canlıların, güneş enerjisi ile karbon dioksit (CO₂) ve su (H₂O) gibi inorganik maddelerden organik madde sentezlemesine fotosentez denir.

Fotosentez olayında madde dönüşümü :

Inorganik madde → organik madde şeklindedir. Karbon dioksit, su inorganik madde, glikoz ise organik maddedir. Buna göre fotosentezin denklemi aşağıdaki gibi olur :

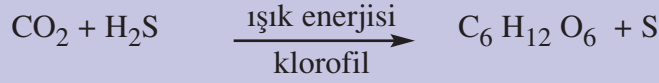


Ayrıca yeşil bitkiler dışında öglena, bazı bakteri, siyanobakteri, alg gibi basit yapılu canlılar da klorofile sahip oldukları için fotosentezi gerçekleştirebilir.



Ototrof canlıların ışık enerjisini soğurarak gerçekleştirdiği biyolojik reaksiyon nedir, bu biyolojik reaksiyonun gerçekleşmesini sağlayan madde dönüşümünü söyleyiniz?

Kükürt bakterilerinin bazıları klorofile sahiptir ve fotosentez yapabilir. Bu bakterilerin yeşil bitkilerden farkı hidrojen kaynağı olarak su (H₂O) yerine hidrojen sülfür (H₂S)'ü kullanarak fotosentezi gerçekleştirmeleridir. Bu nedenle yan ürün olarak S (kükürt) açığa çıkar. Kükürt bakterilerinde fotosentez aşağıdaki gibidir.



?

Fotosentezin canlılar için önemi nedir?

A. Işık Enerjisi ve Klorofil :

Fotosentez olayı en fazla bitkinin yapraklarında gerçekleşir. Bunun nedeni, bitkinin yapraklarının geniş olması ve bu şekilde ışığın alınmasında en elverişli organ olmasıdır. Yapraklarda bitkiye yeşil rengi veren klorofil pigmenti bulunur. Klorofilin ışığı soğurma özelliği vardır. Ayrıca, klorofil molekülü ETS elemanlarından birisidir. Bu nedenle ışık reaksiyonları sırasında klorofil yükseltgenme ve indirgenme ile ATP sentezlenmesini sağlar. Işık reaksiyonları sırasında sentezlenen ATP fotosentezin karbon tutma reaksiyonlarında organik besinin üretilmesinde harcanır.

Klorofilin Yapısı :

Klorofil, yeşil bitkilerin yapısında bulunan organik bir moleküldür. Yapısında karbon, hidrojen, oksijen, azot ve magnezyum atomları bulunur. Klorofil, kromotografi adı verilen bir teknikle ışığı soğurma farklılıklarına göre;

Klorofil a ($\text{C}_{55}\text{N}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$),

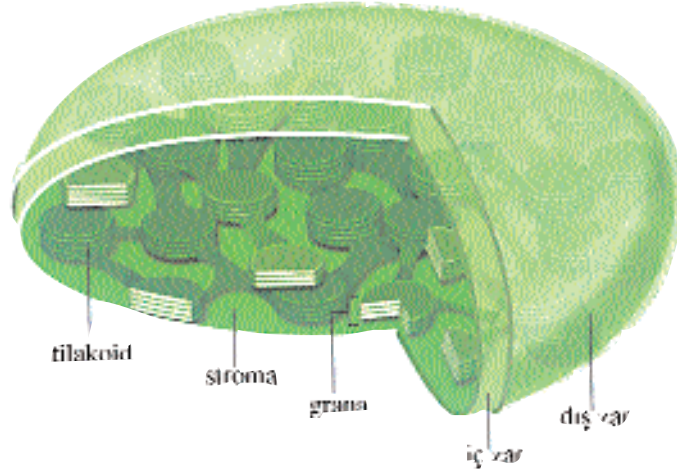
Klorofil b ($\text{C}_{55}\text{N}_{70}\text{O}_6\text{N}_4\text{Mg}$) olmak üzere iki çeşittir.

Bakteri ve siyanobakteri gibi prokaryot hücre yapısı gösteren organizmaların belirgin bir çekirdeği ve zarla çevrili organelleri yoktur. Bu nedenle bu organizmaların kloroplâstları yoktur. Fakat, tilakoit adı verilen zarlarının üzerinde klorofilleri vardır. Öglena, alg ve yeşil bitkilerde ise klorofil, kloroplâst içerisinde yer alır.

Kloroplâstın Yapısı :

Kloroplâst, zarla çevrili bir organeldir. Bu nedenle ökaryot hücre yapısına sahip ototrof canlılarda bulunur. Genellikle kloroplâstlar disk şeklinde olup koyu renkli granüller içerir. Bu granüller stroma adı verilen renksiz bir ortam içerisine gömülüdürler.

Kloroplâstlar içerisindeki granüllere grana adı verilir. Granalarda bol miktarda klorofil pigmenti bulunur. Granalar stroma içerisinde yer alır. Granalar, sanki bozuk paraların üst üste dizilmesinden oluşmuş bölmeler halinde stroma içerisinde bulunur. Ayrıca, granaları birbirine bağlayan ara bağlantılar vardır. Granaların bu yapısı ışığın en verimli şekilde kullanımını sağlar. Böylece bitkinin daha fazla fotosentez yapması sağlanır.



Şekil 3-2 Kloroplâstın yapısı



Kloroplâstın kendine özgü DNA'sı, RNA'sı ve ribozomu vardır. Bu nedenle hücrenin kontrolü altında kendi kendine çoğalabilir ve protein sentezi yapabilir.

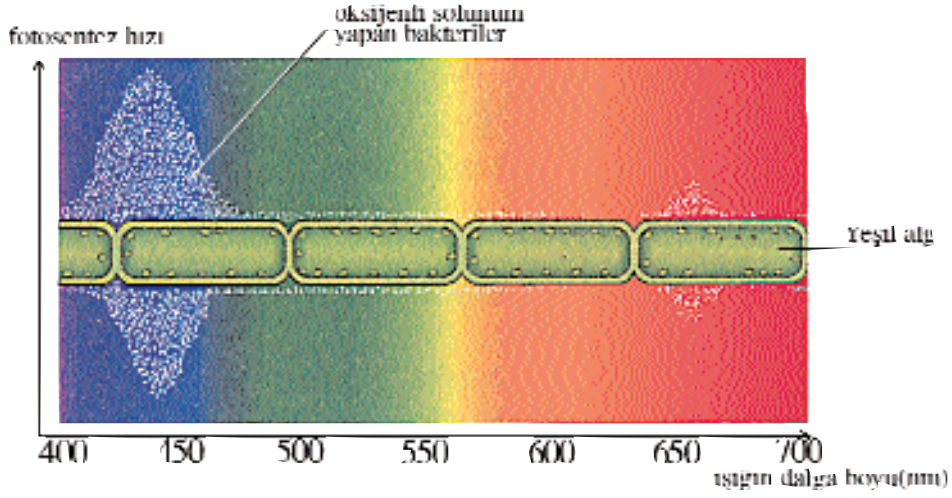
Kloroplâstlar birçok yönden mitokondrilere benzerlik gösterir. Bunlar :

- a. Zarla çevrili organellerdir.
- b. Kendilerine özgü elektron taşıma sistemi içerir (ETS).
- c. Kendilerine özgü DNA'ları vardır.
- d. Enerji dönüşümünü gerçekleştirirler.

Engelmann adında bir bilim adamı ışığı dalga boylarına göre ayırarak fotosentez hızını ölçmüştür. Bunun için Engelmann, ışığı prizmadan geçirmiştir. Bu şekilde, değişik renklere ayırdığı ışığı (kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, mor ışınlar) yeşil bir alg üzerine düşürmüştür. Alg'in fotosentez hızını ölçebilmek için oksijenli ortamda yaşayabilen bakteriler kullanmıştır. Deney sonucunda bakterilerin en fazla mavi-mor ve kırmızı ışınların olduğu bölgede toplandığını, buna rağmen yeşil dalga boyunda ise daha az bakterinin toplandığını görmüştür. Engelmann, bakterilerin besin ve oksijenden daha fazla yararlanabilmek amacıyla mavi-mor ve kırmızı ışıklarda toplanmasını mavi-mor ve kırmızı dalga boyunda fotosentezin daha hızlı olduğu sonucuyla açıklamıştır.

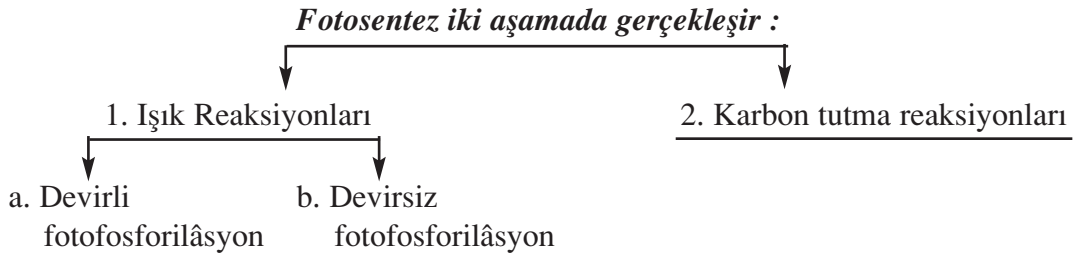


Fotosentez hızı en fazla mavi-mor ve kırmızı dalga boyunda en az ise yeşil dalga boyundaki ışıktaki gerçekleşir.



Şekil 3-3 Farklı dalga boylarında fotosentez hızının etkisini gösteren deney düzeneği.

B. Fotosentez Evreleri :



1. Işık Reaksiyonları

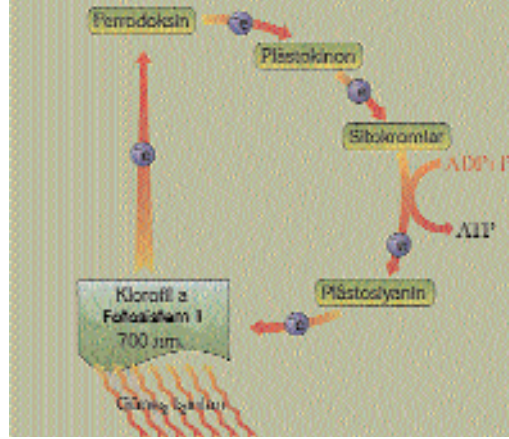
Işık reaksiyonları için mutlaka ışık gereklidir. Işık reaksiyonları kloroplâstın granasında gerçekleşir. Çünkü granada bol miktarda klorofil molekülü vardır.

Daha önce bahsettiğimiz gibi güneşten gelen ışık enerjisi klorofil tarafından soğurularak organik besinlerin yapısında kimyasal bağ enerjisi olan ATP şeklinde depo edilir.



Fotosentezin ışık reaksiyonlarında ışık enerjisi ve elektron taşıma sistemi enzimleri aracılığı ile ATP sentezlenmesine fotofosforilasyon denir.

Işık reaksiyonları, devirli fotofosforilasyon ve devirsiz fotofosforilasyon olmak üzere iki aşamada gerçekleşir.

a. Devirli Fotofosforilasyon :

Şekil 3-4 Devirli fotofosforilasyon

Devirli fotofosforilasyon reaksiyonları sırasında ışık enerjisi klorofil tarafından soğurulur. Bu arada klorofil molekülündeki elektronlardan biri yüksek enerjili hale geçerek klorofilden ayrılır. Klorofilden ayrılan elektron, elektron taşıma sistemini oluşturan ferrodoksin, plâstokinon ve sitokromlardan geçip tekrar klorofile dönerken sahip olduğu enerjisinin bir kısmını sisteme bırakır. Bu şekilde 1 ATP sentezlenir. Bu reaksiyon sırasında klorofili terkeden elektron tekrar klorofile döndüğü için devirli fotofosforilasyon olarak adlandırılır (Şekil 3-4).



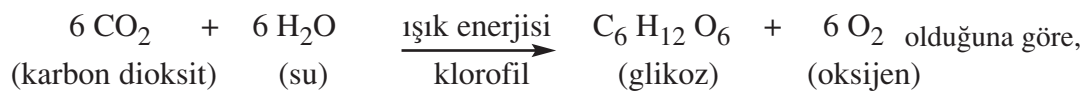
Karbon tutma reaksiyonlarında 1 molekül CO_2 'in reaksiyona dahil olabilmesi için devirli fotofosforilasyonla 1 ATP sentezlenmesi gerekir. Fakat, karbon tutma reaksiyonunda 1 molekül glikozun sentezlenmesi için 6 molekül CO_2 gerekir. Bu durumda karbon tutma reaksiyonlarına 6 molekül CO_2 dahil olduğu için devirli fotofosforilasyon sonucu 6ATP sentezlenmesi gerekecektir.

Örnek :

Yeşil bir bitkinin fotosentezi sonucu 12 molekül glikoz sentezlendiğine göre ışık devresinin devirli reaksiyonları sonucu kaç ATP sentezlenmesi gerekir?

Çözüm :

Fotosentez denklemi :



1 molekül $C_6 H_{12} O_6$ sentezlenmesi için 6 molekül CO_2 gerekir
 12 molekül $C_6 H_{12} O_6$ X

$$x = 12 \times 6 = 72 \text{ molekül } CO_2 \text{ gerekir.}$$

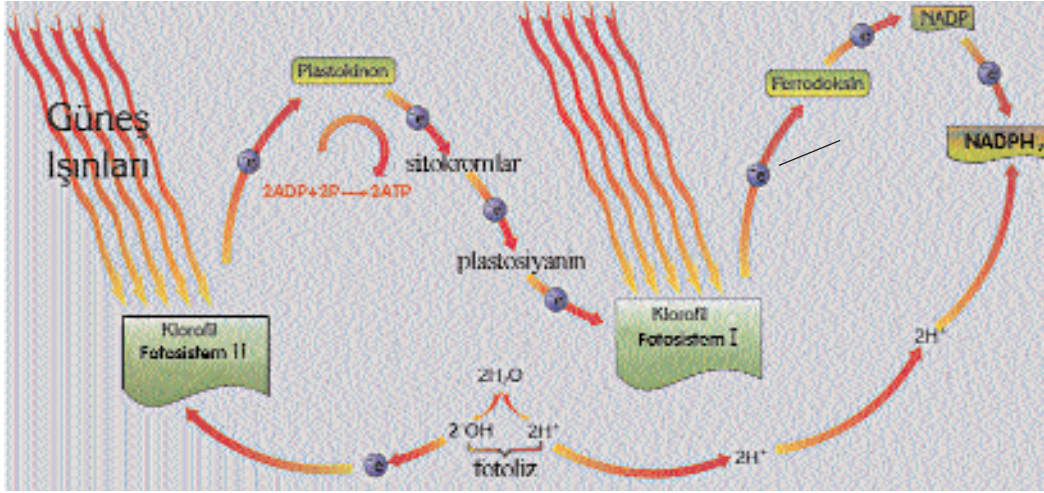
6 molekül CO₂ için 6 ATP sentezlenmesi gerekir.
72 molekül CO₂ için X

$$x = \frac{72 \cdot 6}{6} = 72 \text{ molekül ATP sentezlenmesi gerekir.}$$

?

Yeşil bir bitkinin fotosentezi sırasında 24 molekül CO₂ reaksiyona katıldığına göre, ışık devresinin devirli reaksiyonları sonucu kaç ATP sentezlenmesi gerekir?

b. Devirsiz Fotofosforilasyon :



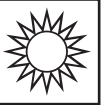
Şekil 3-5 Devirsiz fotofosforilasyon.

Devirsiz fotofosforilasyon reaksiyonlarında iki fotosistem görev yapar. Fotosistem I'deki klorofilin ışığı soğurması ile serbest hâle geçen elektron (e⁻) tekrar aynı klorofile dönmaz. Fotosistem I'deki klorofil kaybettiği elektronunu fotosistem II'deki klorofilden sağlar. Bu nedenle bu reaksiyona devirsiz fotofosforilasyon denir.

Işık reaksiyonlarının devirli reaksiyonlarında olduğu gibi bu reaksiyonların gerçekleşmesi sırasında da ETS görev yapar.

Devirsiz fotofosforilasyonun gerçekleşmesi aşağıdaki gibi olur :

Fotosistem I'deki klorofilin ışığı soğurması ile serbest hale geçen elektron önce ETS adını verdiğimiz elektron taşıma sistemini oluşturan moleküllerden ferrodoksin tarafından tutulur. Klorofil elektronunu kaybettiği için yükseltgenir. Ferrodoksin ise elektron kazandığı için indirgenir. Bu sırada ışık enerjisi ile su iyonize olur. H⁺ ve OH⁻ oluşur. Hidrojenin protonu NADP tarafından tutularak NADPH₂ oluşur. Böylece karbon tutma reaksiyonları sırasında CO₂'in indirgenmesi için gerekli hidrojenler üretilir.



Işık enerjisi ile suyun iyonize olarak H⁺ (hidrojen iyonu) ve OH⁻ (hidroksit iyonu) nu oluşturmasına fotoliz denir.

Bu arada Fotosistem II'deki klorofil ışığı soğurur. Bu klorofil molekülündeki elektronlardan birisi yüksek enerjili hale geçerek klorofilden ayrılır ve sitokromlardan fotosistem I'deki klorofil'e dönerken ATP sentezlenir. Böylece klorofil kaybettiği elektronunu tekrar kazanarak kararlı hale gelir.

Fotosistem II'deki klorofil ise kaybettiği elektronunu OH⁻ (hidroksit iyonu) dan sağlar. Bu arada elektronunu kaybetmiş olan hidroksil kökleri (OH) kendi arasında birleşerek oksijen gazını (O₂) ve suyu (H₂O) oluşturur. (Şekil 3-5)

Devirsiz fotofosforilasyonla 2ATP üretilir. Bu ATP ise karbon tutma reaksiyonları sırasında fotosentez ürünü olan glikozun sentezlenmesi için gereklidir. Karbon tutma reaksiyonlarına 6 molekül CO₂ dahil olduğu için devirsiz fotofosforilasyon sonucu 12 ATP sentezlenir. Ayrıca devirsiz fotofosforilasyon suyun fotolizi ile üretilen NADPH₂ karbon tutma reaksiyonlarında CO₂ indirgenmesi için kullanılır. Karbon tutma reaksiyonlarına 1 molekül CO₂ dahil olursa 2NADPH₂ sentezlenmesi gerekir. Fakat karbon tutma reaksiyonlarına 6 molekül CO₂ dahil olduğu için devirsiz fotofosforilasyon sonucu 12 NADPH₂ sentezlenir. Böylece karbon tutma reaksiyonlarının gerçekleşmesi için gerekli olan ATP ve NADPH₂ sentezlenmiş olur.



Yeşil bir bitkinin fotosentezi sırasında devirsiz fotofosforilasyonla 24 molekül NADPH₂ sentezlenmiştir. Buna göre :



- Işık devresi reaksiyonları sonucu kaç molekül ATP sentezlenmiştir?*
- Fotosentez sonucu kaç molekül glikoz sentezlenmiştir?*
- Fotosentezin gerçekleşmesi için kaç molekül CO₂'e ihtiyaç vardır?*

2. Karbon Tutma Reaksiyonları

Karbon tutma reaksiyonlarına 6 molekül CO₂ dahil olduğu için 1 molekül glikoz sentezi için toplam 18 ATP ve 12NADPH₂ ışık reaksiyonları sonucu açığa çıkar.



Karbon tutma reaksiyonunda CO₂'in indirgenmesi için gerekli olan hidrojenler devirsiz fotofosforilasyon sonucunda sentezlenen NADPH₂'den sağlanır. Ayrıca, karbon tutma reaksiyonunun yürüyebilmesi için gerekli ATP de ışık reaksiyonları sonucunda sentezlenir.



$$n = 6 \text{ ise } \text{C}_6 \text{H}_{12} \text{O}_6$$

olan glikoz sentezlenmiş olur.

Karbon tutma reaksiyonlarının gerçekleşmesi için gerekli enzimler sıcaklıktan olumsuz etkilenir. Bu nedenle bu reaksiyon aşamaları ısıya duyarlıdır. Bu reaksiyonlar kloroplâstın stromasında gerçekleşir. Bu reaksiyonların gerçekleşmesi için ışık gerekli değildir.

a. Karbon tutma reaksiyonları 5C'lu molekül olan ribuloz difosfatın (RDP) CO₂'le birleşmesi ile başlar ve 6C'lu kararsız ara bileşik oluşur. Bu bileşik parçalanarak 3C'lu fosfogliserik asiti (PGA) oluşturur.

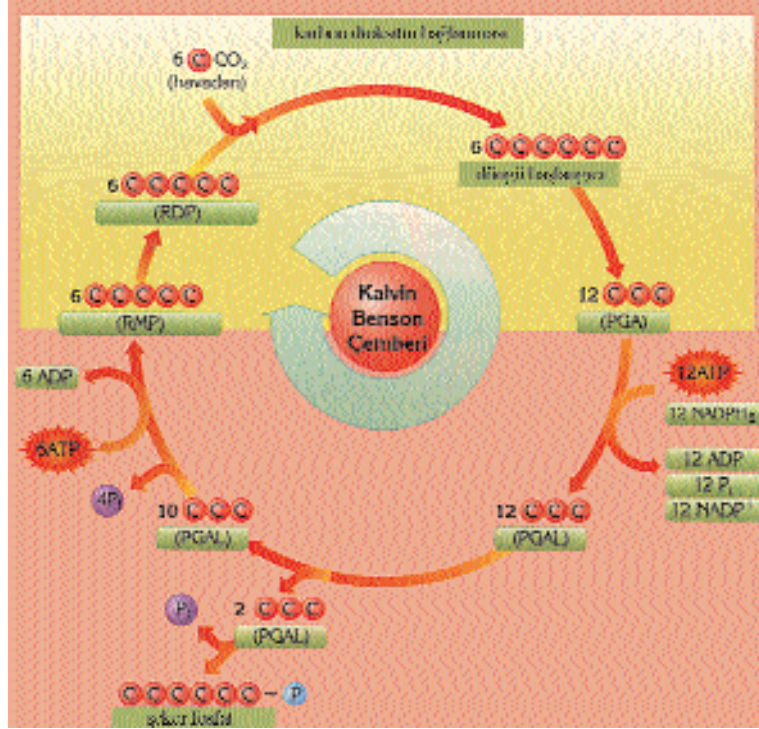
b. PGA, NADPH_2 'den 2H alarak fosfogliser aldehite dönüşür. Bu dönüşüm sırasında NADPH_2 hidrojenini kaybettiği için NADP^+ oluşur.

c. PGAL'in bir kısmı, 5C'lu ribuloz monofosfatı (RMP) oluşturur. Ve bu sırada ATP harcanır. Ribuloz monofosfat ise tekrar ribuloz difosfata dönüşür.

d. PGAL'lerin bir kısmı ise kendi arasında birleşerek 6C'lu glikoz fosfatı oluşturur (şeker fosfat). Glikoz fosfattan bir fosfatın açığa çıkması ile glikoz sentezlenmiş olur.



Karbon tutma reaksiyonları kloroplâstın stromasında gerçekleşir. Bu reaksiyonlar için ışık gerekli değildir. Reaksiyon, CO_2 'e ribuloz difosfatın bağlanması ile başlar. 1 molekül glikoz sentezi için toplam 18 ATP, 12 NADPH_2 harcanır.

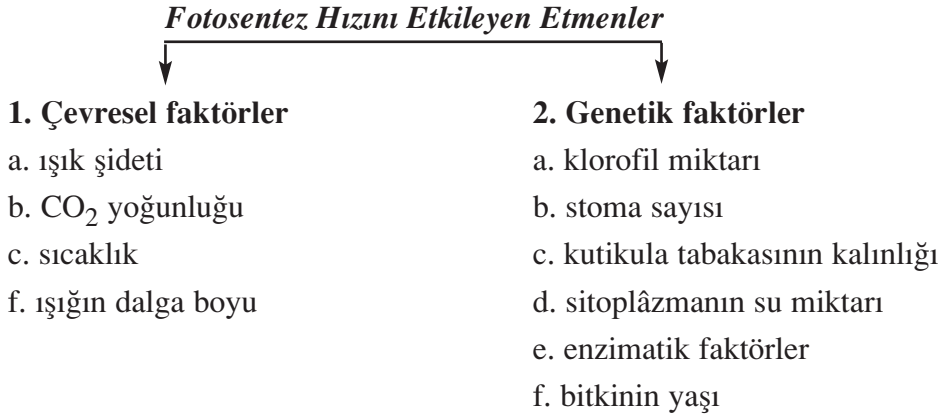


Şekil .3-6 Fotosentezin karanlık devre reaksiyonları.



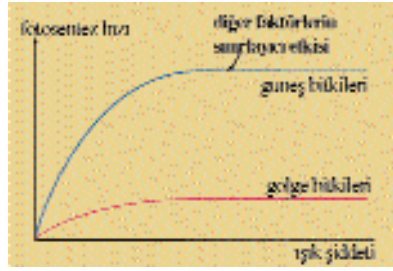
Devirsiz fotofosforilasyona özgü olup devirli fotofosforilasyonda görülmeyen olaylar nelerdir?

C. Fotosentez Hızını Etkileyen Etmenler

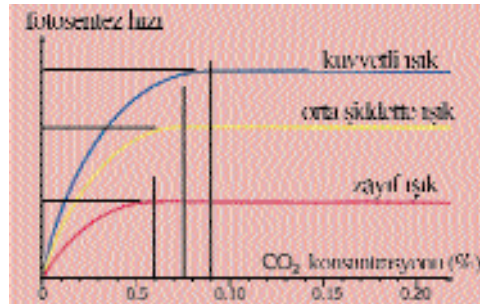


1. Çevresel Faktörler

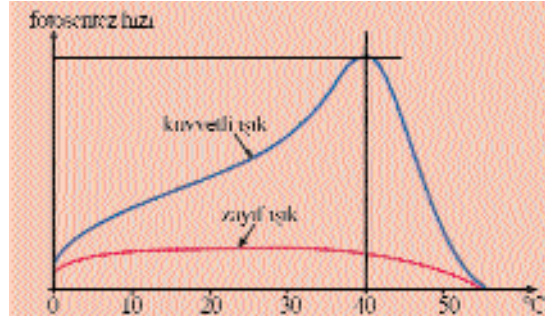
a. Işık şiddeti : Işık reaksiyonlarının gerçekleşmesi için gereklidir. Işık reaksiyonları sırasında ışık şiddeti arttıkça fotosentez hızı artar. Karbon tutma reaksiyonları sırasında ışık gerekli olmadığı için fotosentez hızı sabit kalır.



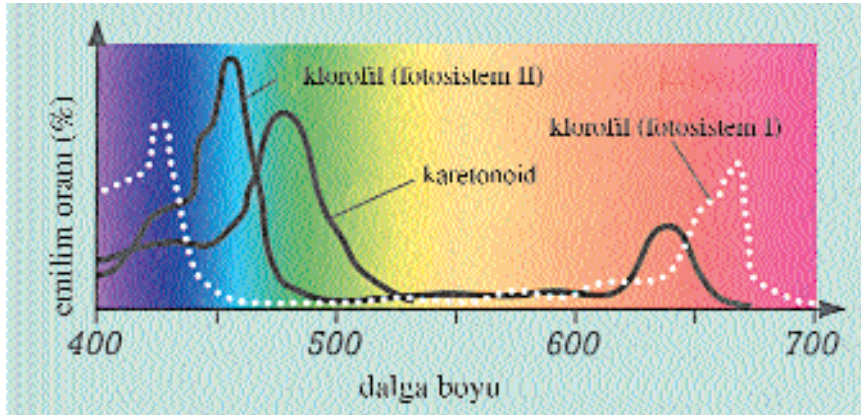
b. CO₂ yoğunluğu : CO₂ yoğunluğu arttıkça fotosentez hızı bir süre artar. Fakat, bir süre sonra CO₂ yoğunluğu artsa da fotosentez hızı sabit kalır. Çünkü, ortamda bu reaksiyonun yürümesi için gerekli olan enzim miktarı aynıdır.



c. Sıcaklık : Düşük ışık şiddetinde sıcaklığın artması ile fotosentez hızı değişmez. Yüksek ışık şiddetinde ise sıcaklık arttıkça fotosentez hızı belirli bir değere kadar artar. Bu değerden sonra fazla sıcaklık enzimlerin yapısını bozduğu için fotosentez hızı azalır.



d . Işığın dalga boyu : Fotosentez hızı mavi-mor ve kırmızı dalga boylarında en yüksek, yeşil dalga boyunda en düşüktür.



?

Fotosentezin canlıların yaşamını sürdürmesine faydaları nelerdir?

VI. KEMOSENTEZ



Klorofile sahip olmayan bazı ototrof bakteriler, güneş enerjisi yerine bazı inorganik maddeleri okside ederek sağladıkları kimyasal enerji ile CO₂'i indirgeyip organik madde sentezlerler. Bu olaya kemosentez denir.

Kemosentez yapan bakterilere tabiatta azot döngüsünü sağlayan nitrifikasyon bakterileri, bazı kükürt bakterileri ve demir bakterileri örnek verilebilir.

Kemosentetik ototrof canlılar, organik besin sentezi için gerekli olan **kimyasal enerjiyi** amonyak, nitrit, hidrojen sülfür, demir gibi inorganik maddeleri okside ederek elde ederler.

?

Kemosentez ve fotosentez arasındaki farklılıklar nelerdir?

VII. OKSİJENLİ SOLUNUM (AEROBİK SOLUNUM)



Organik besinlerin oksijen varlığında karbon dioksit (CO₂) ve su (H₂O)'ya kadar parçalanmasına oksijenli solunum denir.

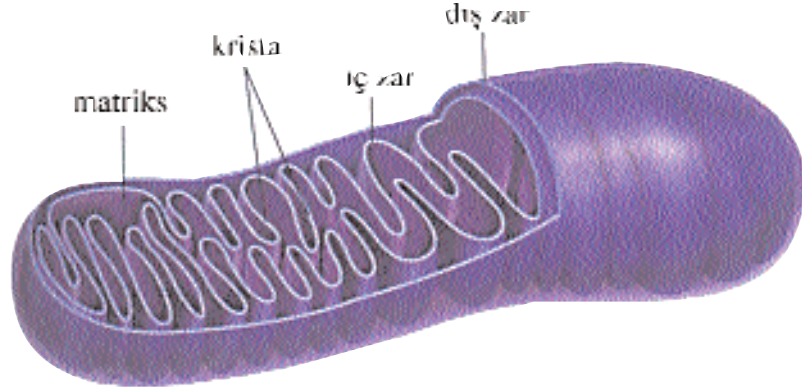
Bakteriler ve siyanobakteriler, belirgin bir çekirdeğe ve zarla çevrili organellere sahip olmadıkları için prokaryot canlılardır. Bu nedenle mitokondrileri yoktur. Bazı bakterilerin mitokondrileri olmadığı hâlde oksijenli solunum yapmasını ise sitoplazmada oksijenli solunumla ilgili enzimleri bulundurmaları ile açıklarız.

Bakteri ve siyanobakteri dışındaki canlılar ökaryot hücre yapısı gösterir. Ökaryot hücre yapısı gösteren canlıların belirgin bir çekirdeği ve zarla çevrili organelleri vardır. Bu nedenle gelişmiş ökaryot canlılarda glikoliz sonucu oluşan pirüvik asitin oksijenli solunum reaksiyonlarına katılması, mitokondri içerisinde gerçekleşir.

Mitokondrinin Yapısı :

Mitokondri, ökaryot canlılarda bulunan zarla çevrili bir organeldir. Mitokondri oksijenli solunumun gerçekleştiği yerdir. Dış zar düzdür, iç zar ise girintili ve çıkıntılı bir yapıya sahiptir (Şekil 3-7). Bu yapı solunum yüzeyini artırarak daha fazla enerji elde edilmesini sağlar. İç zarın kıvrımlarına krista denir. Dış zar ile iç zar arasında yer alan renksiz sıvıya matriks denir.

Solunumda görev yapan enzimler mitokondri zarlarında ve matriksde yer alır. Mitokondrilerin kendilerine ait DNA, RNA ve ribozomları vardır. Bu nedenle hücrenin kontrolü altında kendi kendine bölünüp çoğalabilir ve protein sentezi yapabilir.

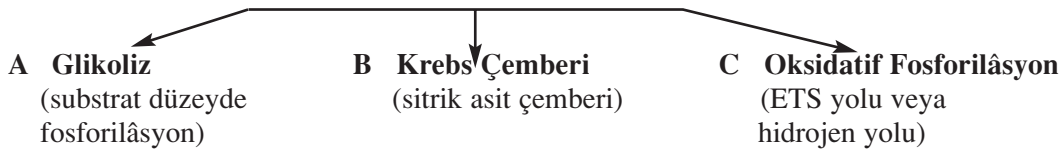


Şekil 3-7 Mitokondrinin yapısı

?

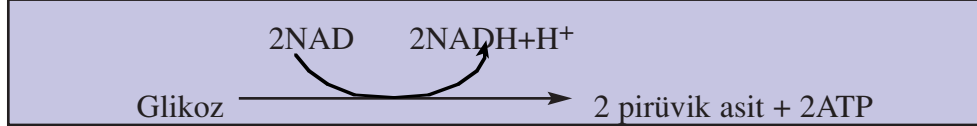
Mitokondri ile kloroplâst arasındaki benzerlikler nelerdir?

Oksijenli Solunum Reaksiyonları



A. Glikoliz : Glikoliz, daha önce fermentasyon olayında anlattığımız gibi oksijenli ve oksijensiz solunum yapan canlılarda ortak yoldur. Çünkü, glikoliz reaksiyonlarında kullanılan enzimler aynıdır. Glikoliz sitoplâzmadaki 1 molekül glikozun 2 molekül pirüvik asite veya pirüvata kadar parçalanmasıdır. Bu sırada 2ATP'lik net enerji kazanılmış olur.

Glikoliz denklemi :



Fermentasyon konusunda glikoliz daha geniş olarak anlatılmıştır.

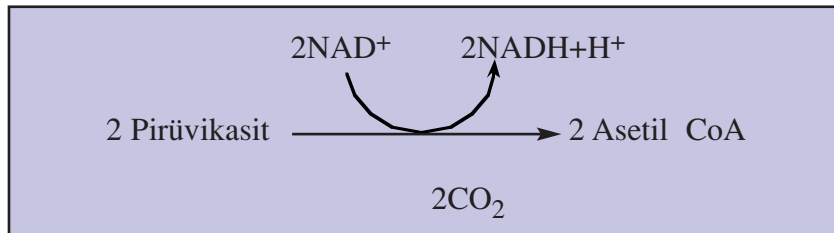
Glikoliz reaksiyonları sonucunda oluşan pirüvik asit, oksijenli solunum reaksiyonlarına katılırsa ETS enzimleri ile ETS (elektron taşıma sistemi) 'ye elektronlar aktararak enerji elde edileceği için bu reaksiyonlar oksidatif fosforilasyondur.

B. Krebs Çemberi (Sitrik asit çemberi) :

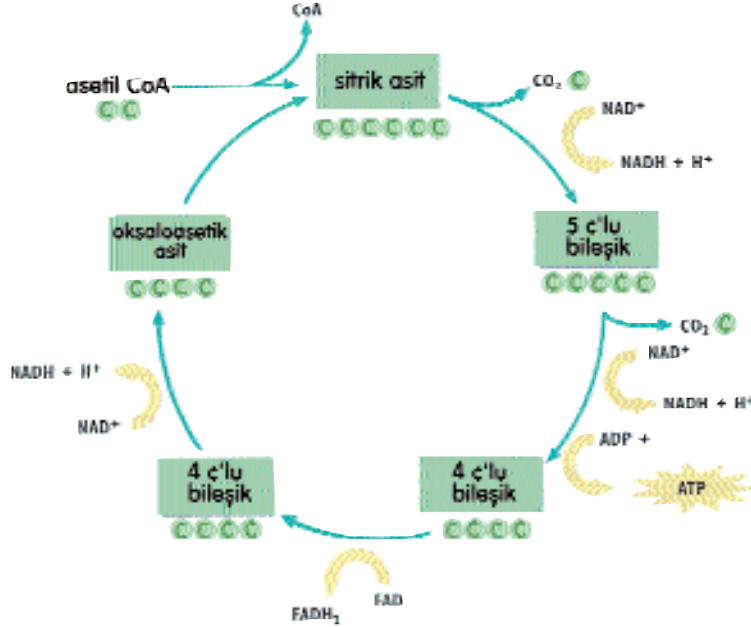
Pirüvik asitin oksijenli koşullarda CO_2 ve H_2O 'ya kadar parçalanması durumunda ATP kazancı oksijensiz koşullarda ATP kazancına göre daha fazla olur. Pirüvik asitin CO_2 ve H_2O 'ya kadar parçalanması ökaryot canlılarda mitokondri içerisinde gerçekleştirilir.

Krebs çemberi reaksiyonları, pirüvik asitten 2C'lu asetil CoA'nın oluşmasıyla başlar. Asetil CoA oluşması ortamda oksijen olduğunu gösterir. Pirüvik asitten asetil CoA oluşumu sırasında $\text{NADH}+\text{H}^+$ oluşur. Bu arada pirüvik asitten CO_2 açığa çıkar.

Asetil CoA'nın oluşum denklemi :



Krebs çemberi, mitokondri matriksinde gerçekleşir. Asetil CoA, oksaloasetik asitle birleşerek 6 karbonlu sitrik asiti oluşturur. Daha sonra art arda meydana gelen reaksiyonlar sonucu sitrik asitten tekrar oksaloasetik asit oluşur. Bir glikoz molekülünün parçalanması sonucunda krebs çemberi reaksiyonlarından $6\text{NADH} + \text{H}^+$, 2FADH_2 oluşur ve 4CO_2 açığa çıkar.



Krebs çemberi reaksiyonları



Krebs çemberinde enzimler yardımıyla ATP üretilir. Bu nedenle krebs çemberindeki fosforilasyon, substrat düzeyinde fosforilasyondur.



Hücrede aşırı pirüvik asit birikmesini engelleyerek glikolizin devamını sağlayan molekül hangi moleküldür? Hücrede aşırı pirüvik asit birikmesi sonucu ne olabilir?

C. Elektron Taşıma Sistemi (ETS yolu) :

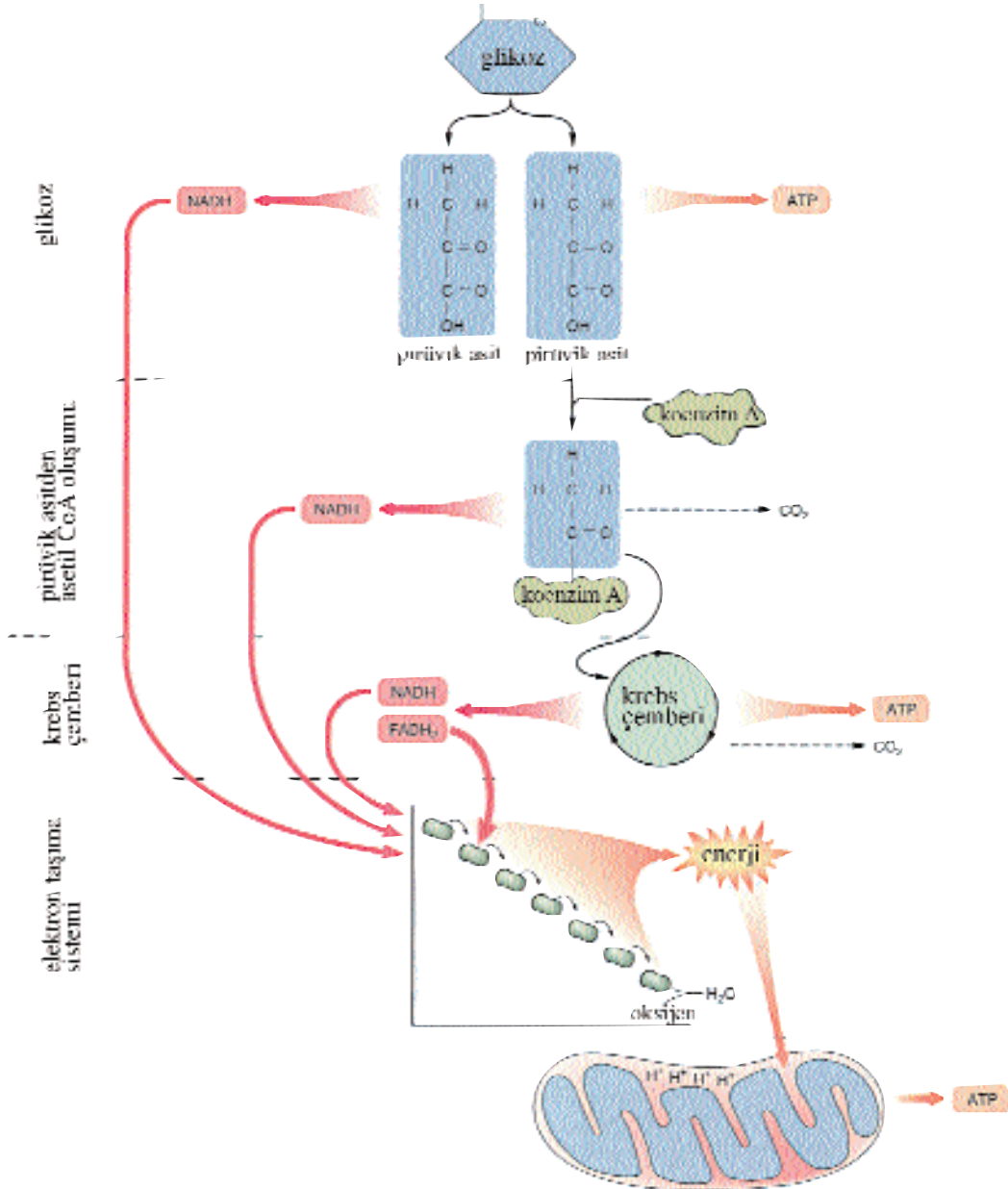
Bu devrede görev yapan enzimler enerji seviyesi en yüksek olandan en düşük olana doğru mitokondri zarında sıralanmış olup bu diziliş yükseltgenme indirgenme potansiyellerine göre olur. Her molekül kendinden önceki molekülden elektron alarak molekülün yükseltgenmesini sağlar. Bu arada elektron alan molekül indirgenir. Elektron taşıma sistemini oluşturan enzimlerin sıralanışı aşağıdaki gibidir.

Koenzim Q - Sitokrom b- Sitokrom c- Sitokrom a-Sitokrom $\text{a}_3\text{-O}_2$



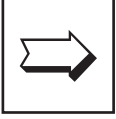
Buna göre, krebs çemberi ve elektron taşıma sisteminde elektronların enerji düzeyi, koenzim Q'da iken en yüksek, oksijende iken en düşüktür.

Oksijenli Solunum Reaksiyonları Aşağıdaki Gibidir :





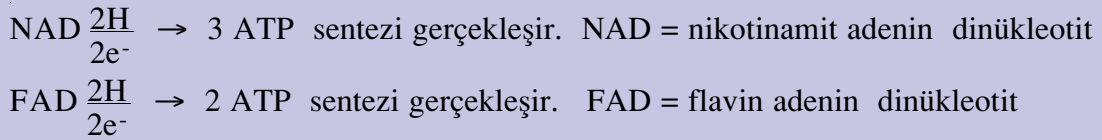
Glikoliz, asetil CoA ve krebs çember reaksiyonları sırasında $NADH+H^+$ (indirgenmiş NAD) ortaya çıkar. Fermentasyonda ise NAD^+ (yükseltgenmiş NAD) oluşur.



Eğer glikolizden sonra oluşan pirüvik asit oksijenli solunumla CO_2 ve H_2O 'ya kadar parçalanırsa bu reaksiyonlar mitokondri içerisinde gerçekleşir. Glikoliz ve asetil CoA oluşumu reaksiyonları sırasında $NADH+H^+$, krebs reaksiyonları sırasında $NADH+H^+$ ile $FADH_2$ oluşur. $NADH+H^+$ ve $FADH_2$ moleküllerinin hidrojenlerine ait elektronlar (e^-) ETS'ye taşınır ve bu şekilde oksidatif düzeyde fosforilasyonla daha fazla ATP üretimi gerçekleşir.

Oksijenli solunum yapan canlılarda glikoliz, asetil CoA ve krebs çemberi reaksiyonları sonucu açığa çıkan bir çift hidrojen atomuna ait elektronlar, ETS'ye NAD ile ulaştırılırsa her bir çift hidrojen atomuna karşılık 3 ATP sentezlenir.

Eğer bir çift hidrojene ait elektronlar ETS'ye FAD ile ulaştırılırsa her bir çift hidrojen atomuna karşılık 2 ATP sentezlenir.



Oksijenli solunumda ETS'yi oluşturan enzimleri enerji seviyesi en yüksek olandan en düşüğe doğru sıralayınız.

Solunumda Enerji Hesabı ve ATP Üretim Şekli :

Hücrede gerçekleştiği yer	Reaksiyon	Substrat düzeyde fosforilasyon ile enerji eldesi	Glikoliz, asetil CoA, ve krebs çemberi reaksiyonları sonucu açığa çıkan NADH+H ⁺ ve FADH ₂ sayısı
SİTOPLÂZMA	<p style="text-align: center;">Glikoz</p> <p style="text-align: center;">2 NAD → 2 NADH+H⁺</p> <p style="text-align: center;">2 ATP* → 2 ADP</p> <p style="text-align: center;">2 Pirüvik asit + 4ATPØ</p> <p style="text-align: center;">Glikoliz</p>	$\begin{array}{r} \Theta \text{Toplam ATP} = 4\text{ATP} \\ * \text{harcanan ATP} = 2\text{ATP} \\ \hline \text{net ATP} = 2\text{ATP} \end{array}$	2NADH+H ⁺
MİTOKONDİRİ	<p style="text-align: center;">2 pirüvikasit</p> <p style="text-align: center;">2 NAD → 2 NADH + H⁺</p> <p style="text-align: center;">2 Asetil CoA</p>		2NADH+H ⁺
MİTOKONDİRİ	<p style="text-align: center;">2 Asetil CoA + Oksaloasetik asit</p> <p style="text-align: center;">KREBS</p> <p style="text-align: center;">6 NADH + H⁺</p> <p style="text-align: center;">2 FADH₂</p> <p style="text-align: center;">2 ATP 2 ADP+P</p> <p style="text-align: center;">Krebs</p>	2ADP+P → 2ATP substrat düzeyde sentezlenir.	6NADH+H ⁺ 2FADH ₂
MİTOKONDİRİ	<p style="text-align: center;">ETS</p> <p style="text-align: center;">KoenzimQ</p> <p style="text-align: center;">↓ 2e⁻, 2H</p> <p style="text-align: center;">Sitokromlar</p> <p style="text-align: center;">↓ 2e⁻, 2H</p> <p style="text-align: center;">O₂</p> <p style="text-align: center;">2H+1/2 O₂ → H₂O</p>		
OKSİDATİF DÜZEYDE FOSFORİLASYON İLE ENERJİ ELDESİ	$10 \text{ NAD+H}^+ \xrightarrow[2e^-, 2H]{\text{ETS}} 10 \times 3 = 30 \text{ ATP}$ $2 \text{ FADH}_2 \xrightarrow[2e^-, 2H]{\text{ETS}} 2 \times 2 = 4 \text{ ATP}$ $\hline 34 \text{ ATP}$		
SUBSTRAT DÜZEYDE ATP KAZANCI	<p>Glikoliz : 4 ATP</p> <p>Krebs : 2 ATP</p> <p style="text-align: center;">+ 6 ATP</p>		
SONUÇ :	<p style="text-align: center;">Toplam : 34+6= 40 ATP</p> <p style="text-align: center;">- 2 ATP aktivasyon enerjisi olarak harcanır.</p> <p style="text-align: center;">38 ATP net kazanç elde edilir.</p>		

<u>Oksijensiz Solunum</u>	ile	<u>Oksijenli Solunumun Karşılaştırması</u>
<ol style="list-style-type: none"> 1. ATP sentezi az olur. (2ATP net kazanç) 2. Sitoplâzma gerçekeleşir. 3. Organik madde kısmen parçalanır. Bu nedenle enerji kazancı azdır. 4. ETS enzimleri kullanılmaz. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. ATP sentezi çoktur. (38 ATP net kazanç) 2. Sitoplâzma ve mitokondride gerçekeleşir. 3. Organik madde CO₂ ve H₂O'a kadar parçalanır. Bu nedenle enerji kazancı fazladır. 4. ETS enzimleri vardır.

Oksijenli solunum ile oksijensiz solunumun ortak yanları;

1. Glikoliz, 2. Fosforilasyon, 3. Laktik asit fermantasyonu hariç reaksiyon sonucunda CO₂ açığa çıkmasıdır.

Oksijenli solunumun krebs reaksiyonları sırasında 12 NADH₂ ve 8FADH₂'e ait elektron ve hidrojenler elektron taşıma sistemine ulaştırılırsa oksidatif düzeyde ATP toplam kazancı ne olur?

Fotosentez ve oksijenli solunum arasındaki farklılıklar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

<u>Fotosentez</u>	<u>Oksijenli Solunum</u>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ham madde olarak CO₂ ve H₂O kullanılır. 2. Son ürün olarak organik besin ve O₂ açığa çıkar. 3. Klorofilli hücrelerde gerçekeleşir. 4. Işık varlığında gerçekeleşir. 5. Işık enerjisi ile elde edilen ATP, karbon tutma reaksiyonları sonucunda sentezlenen organik besinlerin yapısındaki kimyasal bağlarda depo edilir. 6. Son ürün olarak organik besin açığa çıkar. Bundan dolayı madde artışı olur. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ham madde olarak organik madde ve O₂ kullanılır. 2. Son ürün olarak CO₂ ve H₂O oluşur. 3. Oksijenli solunum enzimlerinin bulunduğu hücrelerde gerçekeleşir. 4. Sürekli. Işıklı veya ışısız ortamda gerçekeleşebilir. 5. Organik besinlerdeki kimyasal bağlarda depo edilen ATP, solunum sırasında organik besinlerin oksijenle parçalanması sonucu açığa çıkar. 6. Organik besinlerin parçalanması nedeniyle madde azalması olur.

Fotosentez ile oksijenli solunumun ortak yönleri;

1. ATP sentezi (fosforilasyon) 2. ATP kullanımı 3. ETS

Fakat fotosentez ve oksijenli solunumda görev gören ETS enzimleri farklıdır.

Fotosentez olayının gerçekeşmemesi durumundan O₂'li solunum yapan canlılar ile canlı yaşamının devamını sağlayan biyolojik olaylar nasıl etkilenir açıklayınız.

ÖĞRENDİKLERİMİZİ PEKİŞTİRELİM

I. Aşağıda çeşitli fosforilâsyon şekilleri ve tanımları karşılıklı olarak verilmiştir. Buna göre, fosforilâsyon çeşidi ile karşılığı olan tanımı doğru olacak şekilde eşleştiriniz.

Fosforilâsyon çeşidi

Tanımı

* Fotofosforilâyon	Oksijenli solunum sırasında ETS (elektron taşıma sistemi) molekülleri aracılığı ile ATP sentezlenmesidir.
* Oksidatif fosforilâsyon	ETS (elektron taşıma sistemi) molekülleri olmaksızın sadece enzimler aracılığı ile ATP sentezlenmesidir.
* Substrat düzeyde fosforilâsyon	Işık enerjisi ve ETS (elektron taşıma sistemi) molekülleri aracılığı ile ATP sentezlenmesidir.

II. Aşağıda verilen terimlerden bazılarını birden fazla kullanabilirsiniz. Buna göre, verilen terimleri uygun olacak şekilde seçerek ilgili boşluğa yerleştiriniz.

enzim	CO ₂	çizgili kas
NADH+H	klorofil	NADPH ₂
ribuloz difosfat	mitokondri	ATP
glikoliz	fotoliz	ışık
grana	stroma	

1. Işık enerjisi ile suyun iyonlarına ayrılmasına denir. Bu reaksiyon fotosentezin devirsiz fotofosforilâsyonu sırasında gerçekleşir. Reaksiyon sonucu sentezlenir. Böylece karbon tutma reaksiyonları sırasında karbon dioksitin indirgenmesi için gerekli hidrojenler üretilir.

2. Glikoliz ve mitokondri içerisinde gerçekleşen oksijenli solunum reaksiyonları sırasında oluşur. Buna rağmen fermantasyon reaksiyonları sırasında ise NAD⁺ (yükseltgenmiş NAD) oluşur. Bu durum, solunum reaksiyonları arasındaki farklılıklardan biridir.

3. Laktik asit fermantasyonu sonucu etil alkol fermantasyonundan farklı olarak molekülü açığa çıkmaz.

4. Laktik asit fermantasyonu insanın larının oksijen yetersizliğinde enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla gerçekleştirilir.

5. Devirli ve devirsiz fotofosforilasyon fotosentezin devresi reaksiyonları olup, bu reaksiyonlar sonucunda ve sentezi gerçekleşir.
 6. Karbon tutma reaksiyonları CO_2 'in molekülüne bağlanması ile başlar. Bu reaksiyonlar için ışık gerekli değildir. Bu reaksiyonlar için gerekli olan ATP ve NADPH_2 fotosentezin ışık reaksiyonları sırasında sentezlenir.
 7. oksijenli ve oksijensiz solunum yapan canlılarda ortak yoldur. Sitoplâzmadaki gerçekleşen bu reaksiyonlar sonucu glikoz pirüvik asite kadar parçalanır. Bu reaksiyonların gerçekleşmesini sağlayan ler aynıdır.
 8. Fotosentezin ışık devresi reaksiyonları kloroplâstınsı içerisinde gerçekleşir. Fotosentezin karbon tutma devre reaksiyonları ise kloroplâstınsı içerisinde gerçekleşir.
 9. Eğer bir canlı fotosentezi gerçekleştiriyorsa hücre yapısında kesinliklei vardır diyebiliriz.
 10. Oksijenli solunum reaksiyonları ökaryot canlıların organellerinden olan içerisinde gerçekleşir.
- III. Aşağıdaki ifadeleri okuyarak doğru ise D'yi yanlış ise Y'yi yuvarlak içerisinde alınız.**

1. Fermantasyon reaksiyonları sırasında pirüvik asitten alkol ve laktik asit oluşurken, ATP kazancı olmaz. D - Y
2. Bir bakteri hücresinde mitokondri olmamasına rağmen oksijenli solunumun gerçekleşmesini, bakterinin hücre sitoplâzmasında bulunan oksijenli solunum enzimleri ile açıklayabiliriz. D - Y
3. KoenzimQ, sitokrom b, sitokrom c, sitokrom a, sitokrom a_3 ve O_2 oksijenli solunumda görev gören ETS molekülleridir. D - Y
4. NADPH_2 oksijenli solunumda görev yapan bir koenzimdir. D - Y
5. Bazı ototrof bakteriler, güneş enerjisi yerine kimyasal enerji ile organik besinlerini sentezler. Bu olaya kemosentez denir. D - Y
6. Glikoliz, hücrenin organellerinden olan mitokondri içerisinde gerçekleşir. D - Y
7. Işık enerjisi aracılığıyla suyun iyonlarına ayrılmasına fotoliz denir. D - Y
8. Fotosentezin karbon tutma reaksiyonları kloroplâstın stromasında gerçekleşir. D - Y
9. Klorofil, plâstokinon, ferrodoksin, sitokrom enzimleri oksijenli solunumda görev gören ETS molekülleridir. D - Y
10. Fotosentez yapabilen bir bakteride kloroplâst yoktur. Buna rağmen bu bakterinin sitoplâzmasında kesinlikle klorofil vardır. D - Y



ÖZET

Ekosistemde tüm enerjilerin kaynağı güneş enerjisidir. Ekosistemde canlılar arasında enerji dönüşümü sürekli olup güneş enerjisini ilk kullanan canlılar fotosentez yapan ototrof canlılardır. Fotoototrof canlılar güneş enerjisini, sentezlemiş oldukları organik besinlerde depo edilmiş kimyasal bağ enerjisine çevirirler.

Ekosistemde heterotrof olan canlılar kendi besinlerini sentezleyemezler. Heterotrof canlılar, klorofilli canlıların sentezlemiş oldukları besinleri solunumları sırasında ham madde olarak kullanarak yaşamsal faaliyetleri için gerekli olan ATP enerjisini elde ederler. Fakat bu enerji verimi organik besinlerin yıkımı sırasında oksijen kullanıp kullanılmamasına göre değişir. Oksijenli solunum yapan canlıların enerji verimi oksijensiz solunum yapan canlıların enerji veriminden daha yüksektir.

Çünkü oksijenli solunumda glikoz, oksijensiz solunuma göre daha küçük moleküllere parçalanır ve yapısında depolanan enerjinin daha büyük bir bölümü açığa çıkar. Sonuçta daha fazla ATP sentezlenir.

Fotosentez ve solunum enerji dönüşümünü sağlayan iki temel olaydır. Ökaryot canlılarda bu enerji dönüşümünü sağlayan organeller kloroplast ve mitokondrilerdir. Bu organeller bakteri ve siyanobakteri gibi prokaryot canlılarda bulunmaz. Ancak prokaryot canlılarda da fotosentez ve oksijenli solunumun gerçekleşmesini sağla-yacak enzimler ve yapılar bulunur.

OKUMA PARÇASI

Ağaç dikimi

Bu sayfalarda ağaçlarınızı nasıl seçeceğinizi ve dikeceğinizi, daha sonra da bakımları için ne yapmanız gerektiğini okuyacaksınız. Ağaç dikmekle hem içinde yaşadığınız çevreye katkıda bulunmuş, hem de doğal yaşam için yeni bir yaşam alanı hazırlamış olursunuz. Ancak bunun zaman ve çaba gerektiren bir uğraş olduğunu da unutmayın. Ağaçlar dikildikten sonra kendi hallerine bırakılabilecekleri zamana kadar bakım isterler.

Plânlama

Ağaç dikiminizin başarılı sonuç vermesi için önce dikkatli bir plân yapmanız ve aşağıdaki soruları yanıtlamanız gerekir.

Ağaçları nereye dikeceksiniz?

Bahçeniz, sokağınız, okulunuzun bahçesi, bir park ya da yeşil alandan birini seçebilirsiniz. Kendi bahçenizin dışındaki seçenekler için izin almanız gerekebilir. Ağaçlarınızın varlığının, yakında yaşayacak olanlar için bir sakıncası olmadığından da emin olmalısınız.

Hangi türde ağaçlar dikeceksiniz?

Çevrenizde yetişen yani bölgesel iklim koşulları ve doğal yaşam ile uyumlu türleri seçmeniz doğru olur. Seçtiğiniz yer evlere, yollara ve yeraltı boru ya da kablolarının geçtiği yerlere yakınsa fazla boy atmayan ağaçlar dikmelisiniz. Bunların kökleri kısa olur ve çevreye zarar vermez.

Yardım istiyor musunuz?

Bu işi kendi başınıza da yapabilirsiniz ama birkaç kişinin yardımıyla daha kolay olur. Birden çok ağaç dikmek istiyorsanız ya da kamuya ait bir yer örneğin bir park seçtiyseniz, yerel görevlilerin yardımını isteyebilirsiniz. Bu kişiler ağaçları dikmenize yardımcı olmanın yanı sıra daha sonra bakımlarını da üstlenebilirler.

Gerekli malzeme :

Bir ya da daha çok ağaç fidanı

Ağaçlarınızı tohumdan yetiştirmeyi düşünüyorsanız birkaç saksı (ya da diplerine delikler açılmış plastik kaplar), doğal gübre, kuru ya da filizlenmiş tohumlar

Kürek ve kazma

Fidanların boyu 1 m'den fazlaysa her biri için 1,5 m uzunluğunda sağlam bir destek

Tahta kazıklar ve kümes teli

Fidanları bağlamak için kalın bir lastik

Saman, kuru yapraklar ya da yosun

Ağacınızı nasıl seçeceksiniz?

Ağaç yetiştirmenin en doğru yolu -her ne kadar bu çok daha uzun bir süreçse de- işe tohumdan başlamaktır. Sonbaharda ve kışın çeşitli ağaçlarda yeni dökülmüş tohumları toplayıp doğal gübreli toprakla doldurduğunuz saksılara dakin ve filizlenmesi için baharı bekleyiniz. Meşe ve kayın gibi ağaçların tohumlarının hemen filizlenmesine karşılık diğerleri için aradan bir yıl geçmesi gerekebilir.

**Meşe palamutu**

(Avrupa, Asya ve Kuzey Amerika'da yetişen meşe ağacının tohumu)



Vatanı Avrupa olan Kayın, ağacının tohumu ve tohum kılıfı (bu ağaç türü Asya ve Kuzey Amerika'da da yaygındır).



Vatanı Avustralya olan okaliptüs ağacının tohum kapsülü

Bir sera ya da fidanlıktan alacağınız bir fidanı da dikebilirsiniz. Bu size biraz pahalıya gelebilir ama bu yöntemle daha çabuk sonuç alınır.

Fidan seçerken şunlara dikkat ediniz :

Dengeli bir dal dağılımı

Sağlam görünümlü dik bir gövde

Bol miktarda sağlıklı kök (taşıma ve dikme sırasında kökleri nemli tutun)

Fidan ne kadar küçükse taşınması o kadar kolay olur, üstelik daha da hızlı büyür.



Fidanların kökleri nemli tutulmazsa bitki dokuları zarar görerek ölebilir.

Daha büyük bir fidan dikeseniz çukuru daha dikkatli bir biçimde hazırlamanız gerekir. Fidanınızın boyu 1m'den kısaysa destek kullanmayabilirsiniz.

Toprakta köklerin genişliği kadar bir yeri kazınız. Fidanı çukurun içine oturttuğunuzda, gövde ile köklerin birleştiği nokta olan yakanın toprakla aynı hizada olacağı derinliğe kadar kazmayı sürdürünüz.

Nasıl dikeceksiniz?

Ağacınızı tohumdan yetiştirmeyi seçtiyseniz, fidanın boyu 10-12 cm'yi bulduğu zaman artık dışarıya dikebilirsiniz.

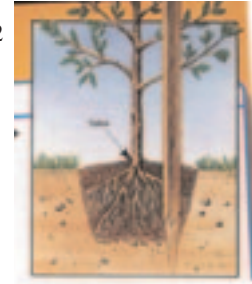


Fidanınızın uzunca bir süre dış etkenlerden korunması gerektiği için rüzgâr ya da kızgın güneş alan bir yer seçmemeye dikkat etmelisiniz.

Kullandığınız saksının büyüklüğünde bir çukur kazınız ve fazla suyun süzülebilmesi için çukurun dibindeki toprağı gevşetiniz. Fidanı toprağı ile birlikte saksıdan çıkarınız, çukurun içine yerleştiriniz ve hep nemli kalmasına dikkat ediniz.

Gerekirse çevresine resimdeki gibi bir çit yapınız.

→ 2



Çukurun dibindeki toprağı, kazmanın yardımıyla gevşetiniz. Bir ucunu sivriltiltiğiniz kazığı çukurun dibinden yaklaşık 30 cm daha derine inecek biçimde toprağı çakınız.



Köklerini iyice ıslattığınız fidanı dikkatle çukurun içine yerleştiriniz. Çukura biraz toprak atınız. Her iki-üç kürekte bir durup, toprağın köklerin altına ve aralarına girebilmesi için fidanı hafifçe silkeleyiniz.

Ayağınızla toprağı sıkıştırınız. Biraz daha toprak koyun ve tekrar sıkıştırınız.

Çukur tümüyle dolana kadar bu işlemi sürdürün.



Bir lastik parçası kullanarak fidanı kazığa bağlayınız ve çevresindeki toprağı iyice sulayınız. Toprağı saman ya da kuru otlarla örtünüz. Bunlar toprağın kurumasını ve yabancı otların çıkmasını engeller.



Fidanınızı çim biçme makinesi ya da otlanan hayvanlardan korumak için çevresine resimdeki gibi bir çit yapabilirsiniz.

Ağacınızın bakımı

İlk birkaç yıl, ağacınız ilgi ve bakım ister. ağacınızı bir parka diktiyseniz çevredekilerle konuşup ağacınızla ilgilenmelerini sağlayabilirsiniz.

Özellikle yağışsız dönemlerde ağacınızı sulamayı ihmal etmeyiniz.

Ağacın dibinde yetişen ve toprağındaki su ve minerallere ortak olan yabancı bitkileri temizleyiniz, ama sakın kimyasal ilaçlar kullanmayınız.

Ağacı kazığa bağlamakta kullandığınız lastiği sık sık kontrol ediniz, kırılmış ya da eğrilmişse kazığı değiştiriniz, koruyucu çiti onarınız.

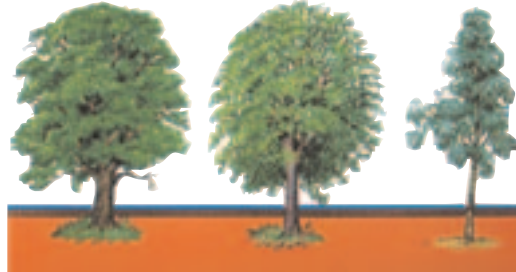
Ağacınızı seçerken, dikerken ve bakımını yaparken özen göstermeniz gerektiğini unutmayınız. Canlı ve karmaşık organiz-

malar olan ağaçlar kolaylıkla zedelenir ve ölürlür. Doğru biçimde dikilir ve bakılırlarsa hem insanların göz zevkini okşar, hem de doğal yaşam için barınak olurlar.

Gelişmiş bir meşe ağacı

Gelişmiş bir kayın ağacı

Gelişmiş bir okaliptüs ağacı



(Kısaltılarak alınmıştır.)

Kaynak : EKOLOJİ (Richard Spurgeon)
TÜBİTAK Yayınları



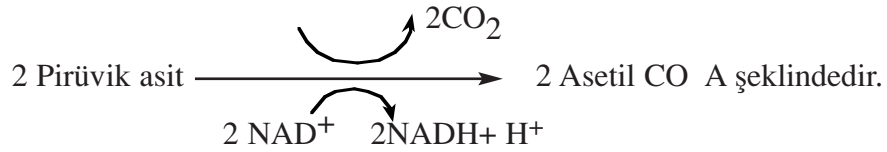
TEST III

1. Aşağıdakilerden hangisi glikolizle ilgili yanlış bir ifadedir?

- A) Oksijenli ve oksijensiz solunum yapan canlılarda ortak yoldur.
- B) Glikoliz reaksiyonları sırasında NAD, NADH+H⁺ şeklinde indirgenir.
- C) Glikoliz reaksiyonları hücrede mitokondride gerçekleşir.
- D) Glikoliz reaksiyonları, glikozun pirüvik asite dönüşümü ile sonuçlanır.

2. Aşağıdakilerden hangisi solunum ile ilgili yanlış bir ifadedir?

- A) Laktik asit fermantasyonu sonucu CO₂ oluşur.
- B) Krebs reaksiyonları pirüvik asitten asetil CoA oluştuktan sonra başlar.
- C) Pirüvik asitten Asetil CoA oluşumu reaksiyonu:



D) Oksijenli solunumda ETS'yi oluşturan enzimler elektron aktarılma sırasına göre Koenzim Q, sitokrom b, sitokrom c, sitokroma, Sitokroma₃'tür.

3. Fotosentez olayı ökaryot canlıların aşağıda yazılan organellerinden hangisinde gerçekleşir?

- A) Kloroplâst
- B) Mitokondri
- C) Ribozom
- D) Golgi aygıtı

4. Fotosentez ve solunumun benzer olan yönleri aşağıdakilerden hangisi **değildir**?

- A) Her ikisinin de kendine özgü ETS enzimleri vardır.
- B) Her ikisinde hidrojen tutma özelliğine sahip olan molekül koenzim NADPH₂' dir.
- C) Her iki yaşamsal olay (fotosentez, solunum), canlılar aleminde enerji dönüşümünü sağlar.
- D) Her iki yaşamsal olayda ATP harcanır.

5. Aşağıdakilerden hangisi krebs reaksiyonları ile ilgili **yanlış ifadedir?**

- A) Krebs reaksiyonları mitokondrinin matriksinde gerçekleşir.
 B) Krebs reaksiyonları sırasında 2ATP'lik enerji kazancı substrat düzeyde fosforilasyondur.
 C) Krebs reaksiyonları sonucunda elektronları ve hidrojenleri ETS'ye taşıyarak oksidatif düzeyde enerji kazanılmasını sağlayan toplam $6\text{NADH}+\text{H}^+$ ve 2FADH_2 oluşur.
 D) Pirüvik asitten asetil CoA oluşumu krebs reaksiyonları sırasında olur.

6. Fotosentez reaksiyonları sırasında 24CO_2 karbon tutma reaksiyonları sırasında hidrojenin indirgenmesi için kullanıldığına göre kaç molekül glikoz sentezlenir?

- A) 2 B) 4 C) 6 D) 12

7. Karbon tutma reaksiyonları sırasında CO_2 'e ilk bağlanan molekül aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Ribuloz monofosfat B) PGA C) PGAL D) Ribuloz difosfat

8. Aşağıdakilerden hangisi fotosentezin devirsiz fotofosforilasyonunda **görülmez?**

- A) fotoliz B) NADPH_2 sentezi
 C) ATP sentezi D) $\text{NADH}+\text{H}^+$ sentezi

9. Etil alkol fermentasyonu sırasında aşağıdakilerden hangisi **oluşmaz?**

- A) CO_2 B) etil alkol C) pirüvik asit D) NAD^+

10. Pirüvik asitin oksijenli solunum reaksiyonlarına katılması sonucu aşağıdaki yazılardan hangisi **görülmez?**

- A) Bu reaksiyon aşamaları ökaryot canlıların mitokondrileri içerisinde gerçekleşir.
 B) Elektronlar, NAD ve FAD molekülleri aracılığıyla ETS'ye taşındığı için oksidatif düzeyde fosforilasyon olur.
 C) Fermantasyondan farklı olarak $\text{NADH}+\text{H}^+$ oluşur.
 D) Sadece oksidatif düzeyde fosforilasyonla ATP sentezlenir.

11. Fotosentezin karbon tutma reaksiyonları için aşağıdakilerden hangisi **yanlıştır**?

- A) Ökaryot hücre yapısına sahip ototrof canlılarda bu reaksiyonlar kloroplâstın stromasında gerçekleşir.
- B) Ökaryot ototrof canlılarda bu reaksiyonlar kloroplâstın granasında gerçekleşir.
- C) Bu reaksiyonlar için ışık gerekli değildir.
- D) Bu reaksiyonlar 5C'lu ribuloz difosfatın CO₂ le birleşmesi ile başlar.

12. Aşağıdakilerden hangisi fotosentez ile ilgili yanlış bir ifadedir?

- A) Karbon tutma reaksiyonları sırasında ATP sentezlenir.
- B) Devirsiz fotofosforilâsyon sırasında ışık enerjisi ile su iyonize olur, bu reaksiyona fotoliz denir.
- C) Fotoliz sonucu NADPH₂ sentezlenir.
- D) Devirli fotofosforilâsyonda sadece ATP sentezlenir.

13. I- Fotoliz

II- NAD⁺

III- NADPH₂

IV- ATP sentezi

Yukarıda yazılanlardan hangisi sadece fotosentezin ışık devresi reaksiyonlarından olup, devirsiz fotofosforilâsyona özgüdür.

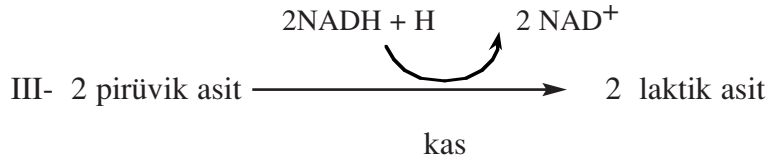
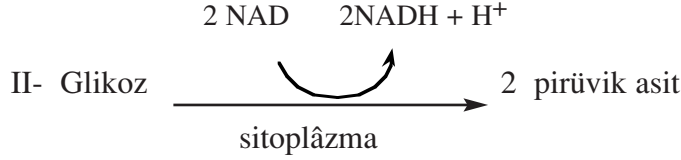
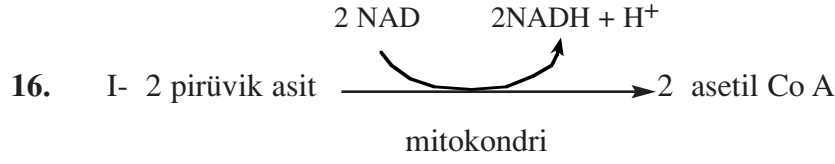
- A) I ve IV
- B) II ve III
- C) I - III
- D) Yalnız II

14. Bir bakteri hücresinin fotosentezi gerçekleştirdiği bilindiğine göre yapısında aşağıda yazılanlardan hangisinin kesinlikle olması gerekir?

- A) klorofil
- B) kloroplâst
- C) çekirdek
- D) lizozom

15. Fotosentezin devirsiz reaksiyonları sırasında 18 NADPH₂ sentezlenmiştir. Bu durumda fotosentezin devirsiz reaksiyonları sırasında sentezlenen ATP aşağıdakilerden hangisidir?

- A) 12
- B) 18
- C) 8
- D) 6



Yukarıda yazılan solunum reaksiyonlarından hangisi ya da hangileri oksidatif fosforilasyon ile ATP sentezlenmesini sağlar?

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

17. Aşağıdaki moleküllerden hangisinin varlığı kesin olarak ortamın oksijenli olduğunu gösterir?

- A) pirüvik asit B) asetil Co A C) laktik asit D) etil alkol

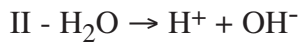
18. Pirüvik asitten asetil Co A oluşumunu sağlayan oksijenli solunum reaksiyonları aşağıdakilerden hangisinde gerçekleşir?

- A) sitoplâzma B) mitokondri C) kas D) kloroplâst

19. Aşağıda yazılı olan ETS moleküllerinden hangisinin elektronlarının enerji seviyesi en yüksektir?

- A) KoenzimQ B) Sitokrom b C) O₂ D) sitokrom c

20. I- NADPH₂



III- ATP

Yukarıda yazılanlardan hangisi ya da hangileri sadece fotolize özgüdür?

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

