

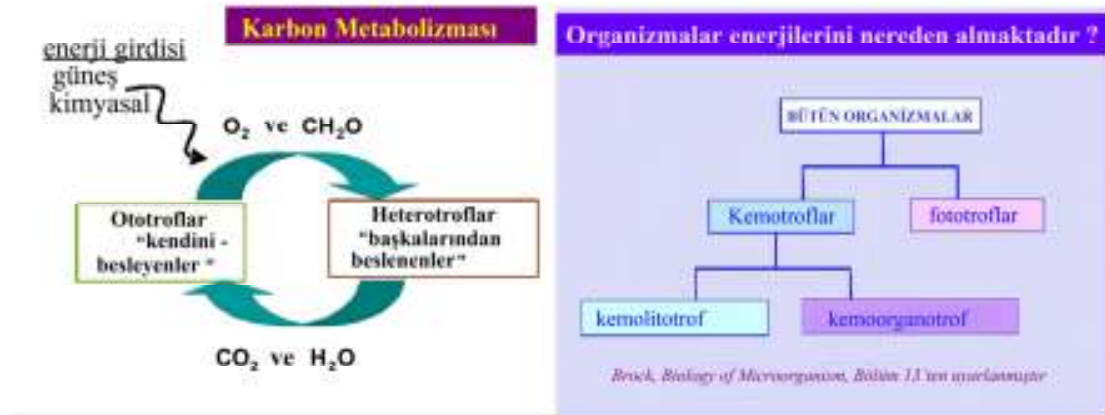
OKUMALAR:**Ders Kitabı, syf. 43, 84 - 88; 673-674**

- ☐ Luria. 1975. Overview of photosynthesis.
- ☐ Kaiser, J. 1995. Can deep bacteria live on nothing but rocks and water? *Science*. **270**: 377.
- ☐ Jannasch, H. Life at the sea floor. *Nature*. 1995 374: 676-677
- ☐ Lovley, D. Bug juice harvesting electricity with microorganisms. 2006. *Nat Rev. Microbiol.* 4: 497
- ☐ Jetten, M et al. Microbiology & application of the anaerobic ammonium oxidation ('anammox') process *Curr. Opin. Biotechnol.* 2001 Jun; 12(3): 283-8.

Ders 3 Nasıl "Canlı" Olunur?**Karbon ve Enerji Dönüşümleri**

"Doğa, dünyaya gelen ışığın nasıl yakalanacağı ve bütün güçler arasında ele geçirilmesi en zor olanının nasıl depolanacağı problemini çözmeyi kendine görev edinmiştir."

Mayer, 1842, enerji korunumu yasasını bulmuştur.

Özet**Canlılar enerji ve karbon alma biçimlerine göre geniş bir ölçekte sınıflandırılabilir**

Canlı organizmalar öncelikle karbon, indirgeme gücü (elektronlar) ve enerji kaynaklarına göre genel olarak sınıflandırılabilirler. Tipik olarak bu kaynakların organik ya da inorganik olup olmaması sınıflandırmayı yönlendirir. Biyosferdeki biyojeokimyasal döngüleri gerçekleştiren şey, bu çok çeşitli organizmaların, çevredeki farklı organik ve inorganik kimyasalları değişik şekillerde indirgeyip yükseltgeyen farklı tiplerdeki metabolizmalarıdır. Bu organizmaların toplam faaliyetleri, çevredeki yükseltgenme ve indirgenme tepkimelerini dengeler ve sistemi organik ve inorganik maddelerin yükseltgenmiş ve indirgenmiş formları arasında döngü halinde korur.

A. Ototroflar

Bu "kendi-besleyiciler" tipik olarak enerjilerini güneşten (fotoototroflar) ya da indirgenmiş inorganik bileşiklerden (kemoototroflar ya da kemolitotroflar) elde ederler. Büyüme ve yeni hücrelerin oluşumu için gerekli olan karbonu CO₂'den alırlar. Enerji üreten tepkimeler ATP* ve NADPH** üretir. Bunlar depolanmış biyokimyasal enerji ve yeni hücrelerin üretimi ve biyosentez için indirgeyici güç sağlarlar. Oksijen üreten fotosentetik organizmalar için (bitkiler ve siyanobakteriler gibi) enerji üreten ve bunu yaparken ışığa gereksinim duyan tepkime Hill ya da "aydınlık tepkime" olarak bilinir. Bir organizmanın karbonu organik madde içine alması ya da inorganik CO₂'yi organik madde içine "sabitlemesi" için bir dizi farklı yol vardır. Bitkilerde Calvin döngüsü yaygın biyokimyasal yoldur ve CO₂'yi CH₂O'ya (şekere) dönüştürmek için depolanmış enerji ile indirgeyici gücü (ATP ve NADPH) kullanır.

1. Oksijenik Fotosentez (O₂ üretir)

Kim? Bitkiler, siyanobakteriler, ökaryotik algler

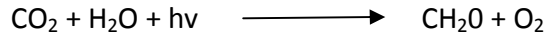
C Kaynağı? CO₂

Enerji Kaynağı? Güneş ışığı

Elektron Vericisi? H₂O

(fotosentezde kullanılan sudan gelen oksijen, soluduğumuz oksijenin kaynağıdır!)

Nerede? Aerobik, ışık koşullarında



2. Anoksijenik Fotosentez (O₂ üretmez)

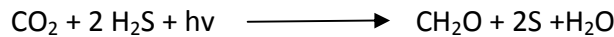
Kim? Bakteriler (örn. Mor kükürt bakterileri, yeşil kükürt bakterileri)

C kaynağı? CO₂

Enerji Kaynağı? Güneş ışığı

Elektron Verici? H₂S, H₂, Fe⁺²

Nerede? Aerobik, ışık koşulları altında



3. Kemosentez

Kim? Kemoototrofik bakteri, aka kemolitotroflar ("taş yiyiciler")

C Kaynağı? CO₂

Enerji Kaynağı? İndirgenmiş inorganik bileşikler (CH₄, H₂, NH₄, H₂S, Fe⁺²)

Elektron Verici? İndirgenmiş inorganik bileşikler

Nerede? Mikroaerobik ya da aerobik, karanlık koşullarda

Kükürt oksitleyen bakteri: H₂S → S → SO₄⁻²

Metanotroflar: CH₄ (metan) → CO₂

Nitrifiye eden bakteriler: NH₄⁺ → NO₂⁻ → NO₃⁻

Demir oksitleyen bakteriler: Fe⁺² → Fe⁺³

*ATP = adenosin trifosfat (ADP = adenosin difosfat)

**NADPH = nikotinamid adenin dinükleotid fosfat

B. Heterotroflar

Bu organizmalar (diğerleri tarafından beslenenler) enerji ve karbonlarını, indirgenmiş organik bileşikleri oksitleyerek (“yakarak”) alırlar. Bunun sonucunda biyosentez, büyüme ve yeni hücrelerin üretimi için gerekli ATP ve NADH*** üretilir. (***)NADH = nikotinamid adenine dinükleotit (kimyasal olarak NADPH’a benzer, NADH ATP üretimini kolaylaştırmak için oksitlenirken, NADPH ise biyosentez ile ilişkilidir)).

1. Aerobik solunum

Kim? Aerobik ökaryotlar ve prokaryotlar

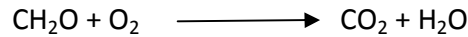
C kaynağı? CH₂O (şekerler, amino asitler, organik asitler, diğer organik bileşikler)

Enerji Kaynağı? CH₂O

Elektron Alıcı? O₂

Nerede? Aerobik koşullarda

Bu tepkime, özünde Calvin döngüsünün tersidir. O₂ son elektron alıcısıdır. Bitkiler de bu tepkimeyi büyüme ve metabolik süreçleri için enerji almak için kullanırlar.



2. Fermantasyon

Kim? Ökaryotlar ve prokaryotlar

C Kaynağı ? CH₂O

Enerji Kaynağı? CH₂O

Elektron Alıcı? Organik bileşikler (enerji kaynağının bir kısmı yükseltgenir, bir kısmı indirgenir)

Nerede? Anaerobik koşullar

Bu, solunumun sadece ilk kısmıdır ve glikozun kısmi olarak yıkımı ile sonuçlanır. Ürünler CO₂’den ziyade organik asitler ya da alkollerdir (örn. laktik asit, etanol, asetik asit).

3. Anaerobik solunum

Kim? Sadece prokaryotlar

C Kaynağı? CH₂O

Enerji Kaynağı? CH₂O

Elektron Alıcı? Yükseltgenmiş inorganik bileşikler (SO₄⁻², Fe⁺³, NO₃⁺, vs.)

Nerede? Anaerobik koşullar

Aerobik solunuma çok benzer, ancak burada son elektron alıcı O₂ değildir. Bunun yerine SO₄⁻², NO₃⁻ ya da CO₂ gibi başka bir yükseltgeyici bileşik son elektron alıcısı olarak kullanılır.

Demir indirgeyen bakteriler: Fe⁺³ → Fe⁺²

Denitrifikasyon bakterileri: NO₃⁻ → NO₂

NO₂⁻ → N₂

Sülfat indirgeyen bakteriler: SO₄⁻² → S → H₂S

Metanojenler: CO₂ → CH₄ (metan)

Dünya Üzerindeki Yaşama Genel Bakış

Yaşama ilişkin bütün süreçlerin gerçekleşmesini sağlayan enerji yükseltgenme/indirgenme tepkimeleri arasında organize olmuştur. Sonuç olarak günümüz dünyasında, oksijenik fotosentez ve güneşten gelen enerji tüm biyosferin enerjisini sağlar. Oksijenik fotosentez (indirgeyici ajan olarak suyu parçalayarak) bilinen en güçlü yükseltgeyicilerden birini, oksijeni oluşturur. Günümüz dünyasında biyosfer büyük oranda oksijenik fotosentezle CO₂ sabitlenmesi ve heterotrofların metabolizmalarını çalıştırmak için kullandıkları O₂ ile organik karbon arasındaki serbest enerji farkı üzerinden işlemektedir. Ototroflar güneş ya da kimyasal enerjiyi kullanarak glikoz sentezler, bu da solunum yoluyla (ya kendileri ya da onları yiyen organizmalarca) “biyolojik iş” için gerekli enerjiyi temin etmek amacıyla yıkılır. Redoks tepkimeleri tüm bu enerji dönüşümlerinde merkezi bir yerdedir ve sonuçta elektronların toplam döngüsü kendisini küresel biyojeokimyasal döngüler olarak gösterir. Bakteri faaliyeti bu döngülerin devamını sağlar. Örneğin, kemosentetik bakteriler CO₂’yi indirgemek için gerekli enerjiyi alma sürecinde, canlılar için zorunlu (gerekli) çoğu elementi yükseltgerler. Bazı anaerobik bakteriler bu bileşikleri anaerobik solunum sürecinde indirger; yani, onları oksijen yokluğunda elektron alıcı olarak kullanır. **Bu durum, çeşitli metabolik süreçler için gerekli olan yükseltgeyici ve indirgeyicilerin döngü halinde dengeli miktarlarda kalmasını sağlayarak element döngülerini korur. Bu da sistemi enerji bakımından “tükenme” den korur.** Biyojeokimyasal Döngüler üzerine olan kısım için hazır olun.

Çalışma Soruları:

- Oluştuktan ve kararlı duruma geldikten sonra, bir Winogradsky sütununun her katmanındaki göreceli ışık, oksijen ve sülfid seviyeleri nelerdir? Her katmanda ne tip bir organizma baskındır? Her organizma için enerji ve karbon kaynakları nelerdir?
- Hidrotermal çatlak ekosistemlerinde, bu besin zincirinin temelini hangi mikroorganizmalar oluşturur? Bu sistem, fotosentezin yokluğunda, dünyanın yüzeyinde varlığını sürdürebilir mi? Neden?
- Ribuloz bifosfat karboksilaz hangi tepkimeyi katalizler? Neden “Rubisco” dünyadaki en önemli enzim olarak tanımlanır?
- Bir kemoorganotrof ve bir kemolitotrof arasındaki ya da bir ototrof ile bir heterotrof veya bir kemotrof ile bir ototrof arasındaki fark nedir?
- Eğer bir göl algler ile kaplıysa, alglerin altında yaşayan anoksijenik fotosentetik bakteriler fotosentez için gerekli olan ışığı nasıl sağlar?
- “Derinlerde yaşayan bakteriler su ve taş dışında bir şey olmadan yaşayabilir mi?” makalesi yaklaşık 10 yıllıktır. Bu tip mikrobiyal metabolizma için daha yeterli kanıt sağlayan daha yakın tarihli araştırmalar bulabilir misiniz?

EK

Bu yukarıda verilen bilgilerin aynısı olup biraz daha farklı ve daha detaylı organize edilmiştir.

Beslenme Durumları – Bazı temel tanımlar

Bir organizma; bir karbon kaynağı, artı enerji (ATP), artı indirgeyici güce (NADH) ihtiyaç duyar. Bunların hepsi aynı kaynaktan (örn. glikoz üçünü de içerir) ya da farklı kaynaklardan gelebilir.

Karbon nereden gelir?

- A) Organik moleküller – heterotroflar
- B) İnorganik – çoğunlukla CO_2 = ototroflar

Enerji nereden gelir?

- A) Kimyasal tepkimeler (redoks tepkimeleri) – kemotroflar
- B) Işık – fototroflar

Hangi molekül elektron vericidir?

- a) Organik moleküller – organotroflar
- b) İnorganik (örn. H_2O , H_2 , Kükürt) – litotroflar

Hangi molekül elektron alıcıdır?

- a) O_2 = aerobik solunum
- b) O_2 (SO_4 , NO_3 , Fe^{+3}) dışındaki yükseltgeyiciler = anaerobik solunum

Enerji Kaynaklarının (İndirgeyiciler) ve Oksitleyicilerin Metabolik Çeşitliliği

KEMOLİTOTROFLAR – Örnekler

Bakteri grubu	Tipik Türler	Metabolik Süreç	Elektron verici	Elektron Alıcı	Karbon Kaynağı	Ürün
Hidrojen-oksitleyen bakteriler	<i>Alcaligenes eutrophus</i>	H ₂ oksidasyonu	H ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ O
Karbon monoksit-oksitleyen bakteriler	<i>Pseudomonas carboxydovorans</i>	CO oksidasyonu	CO	O ₂	CO ₂	CO ₂
Amonyum-oksitleyen bakteriler	<i>Nitrosomonas europaea</i>	Amonyum oksidasyonu	NH ₄ ⁺	O ₂	CO ₂	NO ⁻²
Nitrit-oksitleyen bakteriler	<i>Nitrobacter winogradskyi</i>	Nitrit oksidasyonu	NO ₂ ⁻	O ₂	CO ₂	NO ⁻³
Sülfür-oksitleyen bakteriler	<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	Sülfür oksidasyonu	S, S ₂ O ₃ ⁻²	O ₂	CO ₂	SO ₄ ⁻²
Demir-oksitleyen bakteriler	<i>Thiobacillus ferrooxidans</i>	Demir oksidasyonu	Fe ²⁺	O ₂	CO ₂	Fe ⁺³
Metanojenik bakteriler	<i>Methanobacterium thermoautotrophicum</i>	Metanogenez	H ₂	CO ₂	CO ₂	CH ₄
Asetojenik bakteriler	<i>Asetojenik woodii</i>	Asetogenez	H ₂	CO ₂	CO ₂	CH ₃ -COOH

Büyüme için inorganik elektron vericilerini kullanabilen bakteri grupları (“kemolitotroflar”).

Anerobik Solunum Yapanlar – Örnekler

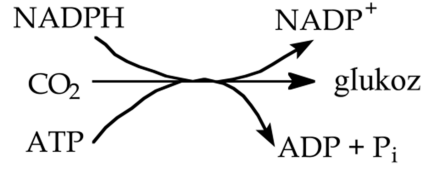
Bakteri grubu	Tipik türler	Metabolik süreç	Elektron verici	İndirgenme ürün(leri)ü
Denitrifiye ediciler	<i>Pseudomonas denitrifikans</i>	Nitrat solunumu	NO ₃ ⁻	N ₂ , N ₂ O, NO ₂ ⁻
Sülfat indirgeyiciler	<i>Desulfubrio vulgaris</i>	Sülfat solunumu	SO ₄ ⁻²	S ²⁻
Sülfür indirgeyiciler	<i>Desulfuromonas acetoxidans</i>	Sülfür solunumu	S ⁰	S ⁻²
Metanojenik bakteri	<i>Methanobacterium thermoautotrophicum</i>	Karbonat solunumu	CO ₂	CH ₄
Asetojenik bakteri	<i>Asetobacterium woodii</i>	Karbonat solunumu	CO ₂	CH ₃ -COOH
Suksinojenik bakteri	<i>Wolinella succinogenes</i>	Fumarat solunumu	Fumarat	Süksinat
Demir indirgeyiciler	<i>Pseudomonas GS-15</i>	Demir solunumu	Fe ⁺³	Fe ⁺²

Dış elektron alıcılarını elektron transferi için kullanarak anaerobik koşullar altında büyüme yeteneğine sahip fizyolojik bakteri grupları

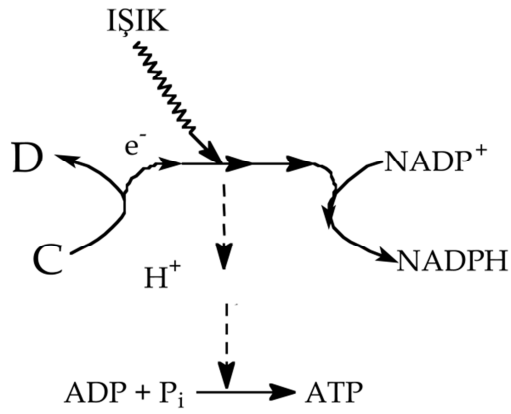
Ototrof

(Bileşiklerin miktarları sadelik amacıyla çıkarılmıştır.)

“Karanlık Tepkimeler”
(hepsinde ortak)

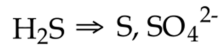
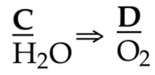


Fotosentez



Tip

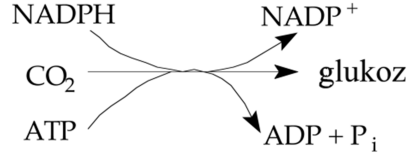
oksijenli
(bitki)
oksijensiz



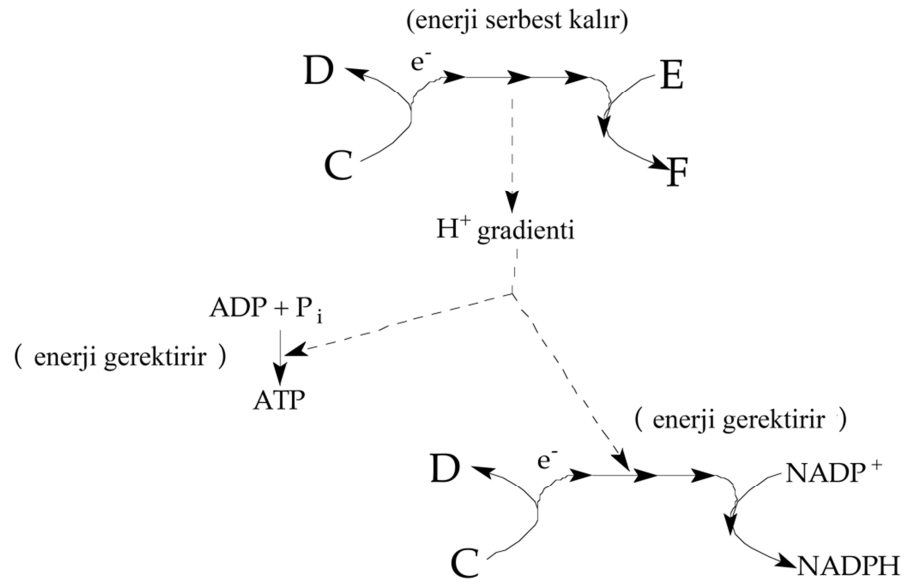
Ototroflar, devam

(Bileşiklerin miktarları sadelik amacıyla çıkarılmıştır.)

“Karanlık Tepkimeler” (hepsinde ortak)

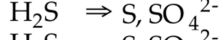


Kemosentez

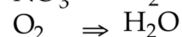
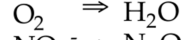
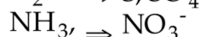


Tip

sülfür -oksidasyonu

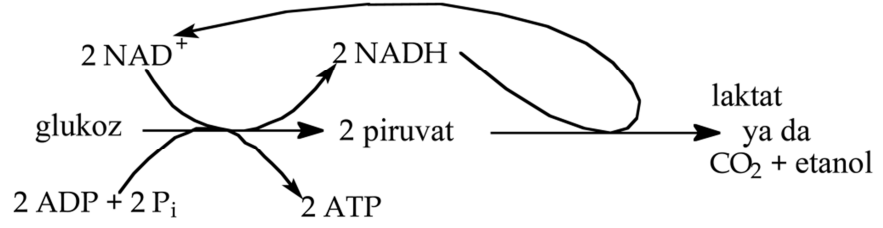


nitrifikasyon



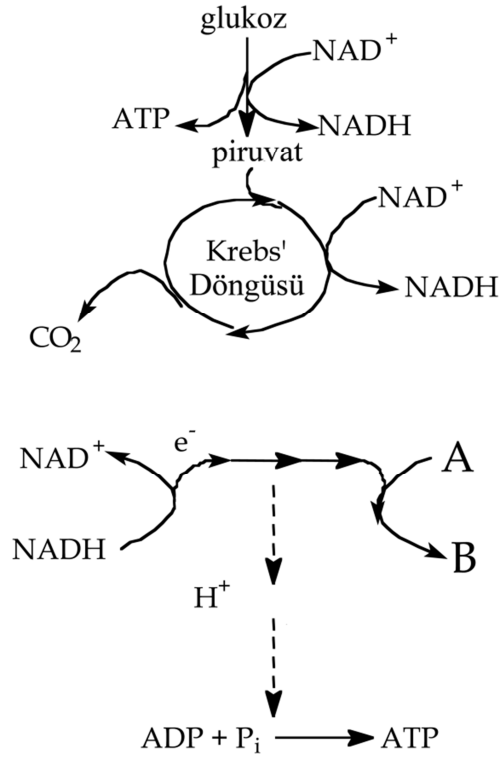
Heterotroflar

Fermentasyon



Solunum

(Bileşiklerin miktarları sadelik amacıyla çıkarılmıştır.)



Tip

Aerobik

Sülfat

Denitrifikasyon yapan

A

O_2

SO_4^{-2}

NO_3^-

→

→

→

B

H_2O

H_2S veya S

NO , N_2 , N_2O , NH_3

MIT OpenCourseWare
<http://ocw.mit.edu>

1.018J / 7.30J Ekoloji I: Dünya
Güz 2009

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