

• TOPRAK BİYOLOJİSİ

• Doç. Dr. SERDAR BİLEN

Toprakin Tarihçesi

- Toprakin bitki yetistirmek amaci ile kullanimi MO 8000 yillarina dayanmaktadır.
- İnsanların ilk tarımsal faaliyeti SULAMA dir
- Sulama MO 4000 yıllarında Misin ve Cin de uygulanmıştır.
- Misirdaki din kitaplarında sulamanın önemi bahsedilmiştir.
- Cinliler MO 2627 senelerinden beri sulama yapmaktadırlar
- Dünyanın ilk büyük uygarlığı Mezopotamya Fırat ve Dicle nehirleri arasındaki vadiye kurulmuştur.
- O devre ait sulama kanalları bugüne kadar intikal etmiştir.

- Toprak islahında ilk kesif TERASLAMA dir
- İlk defa Yemen de Araplar tarafından uygulanmisitr.
- Bu arazilerde kahve, hind hurmasi, incir gibi agaclar yetistirilmistir.
- Hindistan, Seylan ve Tibet ve Cin de de teraslama uygulanmistir.
- Ispanyol fatihleri Peru da ileri duzeyde teras zirrati bulmuslardir.
- Akdeniz sahillerinde teraslama MO 2000 yillarina kadar uzanmaktadır.

- Topraka ilave edilen organik atiklerin bitki gelisimini artirdigi gozlenmis ve Kuzey Amerika yerlileri gubre olarak Balik, Guney merikalilar Guano kullanmislardir.
- MO 1500 yillarinda topragin dinlenmesi gerekliligi Israilliler tarafından dikkate alinmis ve kanunlarına gunluk hayatta uygulanmalari ifade edilmistir.
- Bu kanuna gore 7 yilda bir arazinin dinlendirilmesi, bu esnada yabanci ve kaba otlarin dogal buyumeye birakilmasi yontemi yer almaktadır.
- Yesil gubreler ilk defa Yunan Tarihci Xenophon (MO 430-355) tarafından isaret edilmistir.

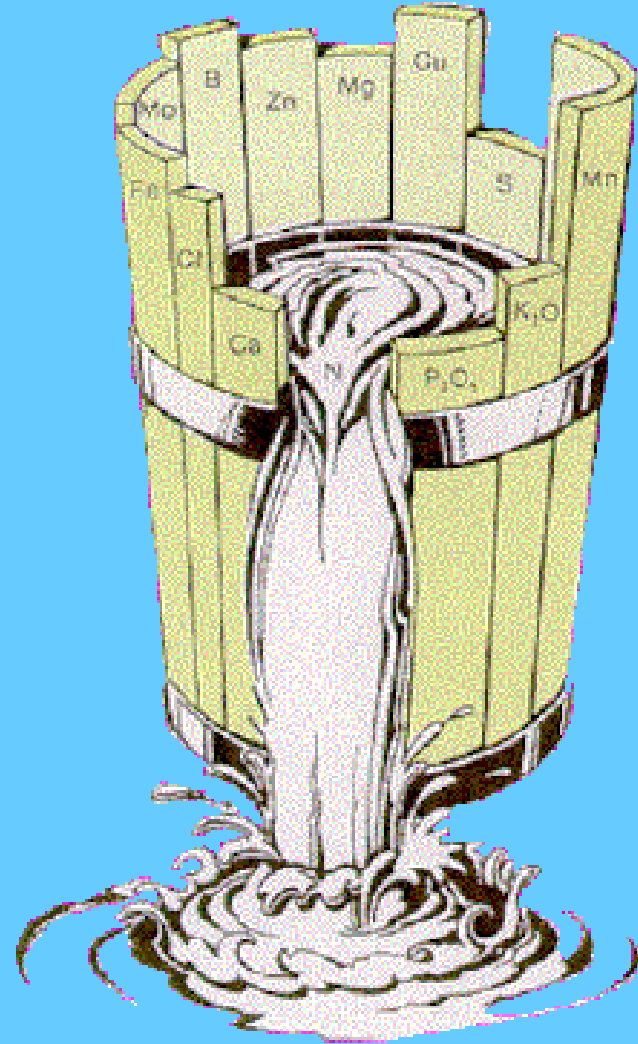
- Orta Çağda toprak yorgunlugunu gidermek için 3 lu munavebe sistemi uygulanmistir.
- 1730 yilinda Ingilterede Norfolk adinda 4 lu munavebe sistemi kurulmustur.
- 1620 tarihinde Van Helmont suyun bitkiler için yegene besin maddesi oldugu ifade edilmistir.
- 1699 da Woodward su kultru ve saksi denemeleri sonucu bitkilerin sudan daha baska seylere ihtiyaci oldugunu vurgulamistir.
- 1799 da Ingen Housz bitkilerin havadan CO₂ asimile ettiklerini ifade etmistir.

- 1804 de Saussure Azotun bitki için en önemli besin elementi olduğunu, azotun direkt olarak havadan alınmadığını, amonyum tuzlarının bitki gelişimini teşvik ettiğini ifade etmiştir.
- 1809-1812 A. Van Thaer “Rasyonel Zırratın Temelleri” adlı kitapta bitkilerin C ve diğer besin maddelerini topraktan aldıklarını ifade etmiştir.
- 1840 da Liebig yattınladığı kitapta bitkilerin besin maddelerini organik maddeden salgıladıkları hakkındaki humus teorisini çürütmüştür.
- Bitki gelişimi için 10 bbe gerekli olduğunu ifade etmiştir. C, O, H, N, S, P, K, Ca, Mg, Si

- Liebig e göre humus; su, CO₂, amonyak ve mineral maddelerin organik bileşiklere çevrilmesi ile olustugu fikrini yazmistir.
- Liebig e göre bir tarladaki urun orada bulunan gubrelerdeki mineral maddelerin miktarı ile orantili olarak artar veya azalir.
- Daha sonra bu “**Minimum Kuralı**” olarak ifade edilmistir.
- “**Bitkisel urunler ortamda minimum duzeyde bulunan besin maddesine tabidirler.**”



- 1840' ta Liebig toprakta
- **Minimum Kuramını**
- geliřtirmiřtir.



Toprak Mikrobiyolojisi

- **ÖNCÜ GÖRÜŞLER**
- Romalılar döneminde Baklagillerden sonra yetiştirilen bitkilerde verim artışı olduğu,
- 1- Antonius van Leeuwenhoek(1676) Hollandalı Mercek üreticisi Doğal suların içinde küçük canlıların yaşadığını ifade etmiş, bunlara *Animalcus* adını vermiştir.
- 2- Linnaeus (1707-1778) Mikroskobik canlıların varlığını tanımlayan çift terimli taksonomi (sınıflandırma) yapmıştır ve bütün MO'ları Kaos (Chaos) denilen bir grupta toplamıştır.
- 3- 1838 de Bousingault Baklagillerin atmosfer azotunu tesbit ettikleri, bu tesbitin noduller aracılığı ile olduğunu ifade etmiştir.
- 4- 1839 da Ehrenberg Toprakta bakterilerden baska canlıların da olduklarını ifade etmiştir.
- 5- 1846 da Adamets Toprakta mantar, alg ve diger bitki ve hayvan topluluklarının olduğunu ifade etmisidir.

Toprak Mikrobiyolojisi

- 6- A. B. Frank (1855) “Mikorriza” deyimini kullanmış, Ektorofik ve Endotrofik Mikorrizalar arasında bir ayrım yapmıştır.
- 7- Joseph Lister (1860) Germ teorisini tıbbı uygulamıştır, Bitkilerde etkili olan fenollerı kullanarak ameliyat elbiselerini dezenfekte etmiştir.
- 8- Winogradsky'nin çağdaşları Bilhassa Preffer Bitki kökleri ve mantarlar tarafından oluşturulan Mikorriza'yı bulmuşlardır. Bu ortak yaşamın simbiyotik yapısının acıklığa kavuşturmuşlardır.
- 9- Lois Pastör (1830-1900) Fermentasyon araştırmaları yapmıştır. Alkollerin ve Organik asitlerin anaerobik MO'lar tarafından üretildiğini kanıtlamıştır.
- 11- Woronin (1865) Baklagillerin köklerinde yumruların (nodüllerin) olduğunu ve bu nodüllerin bakteriler tarafından oluştuğunu ifade etmiştir.

Toprak Mikrobiyolojisi

- 12- Robert Koch (1876) ve (1881) yıllarında bulaşıcı hastalıkların bakteriler tarafından taşındığını, sığırların kanında bulunan çubuk şeklindeki bakterilerin Antrakst hastalığına sebep olduklarını, mikroorganizmalarını sistematik incelemesinde besi ortamlarını agar agar ile katılaştırıp saf izolasyonun elde edilmesini sağlamıştır.
 - Antraks (Şarbon) Hastalığı Belirtileri :
1-4 saat içinde hiçbir belirti göstermeden ölümle seyreder.
 - Diğer bir kısmı da 1-2 günde durgunluk, yüksek ateş, iştahsızlık, vücudun çeşitli yerlerinde şişlikler olması, ishal, sütün kan içermesi veya sarı renkte olması, ölmeden önce ağız, burun, anus ve genital kanaldan kan gelmesi.
- 13- Frank (1879), Wilford ve Hillriegel (1888) Nodüllerdeki bakterilerin topraktan baklagil bitkilerine girdiklerini, nodül oluşturarak moleküler azotu tespit ettiklerini ifade etmişlerdir.
- 14- Beijerinck (1888) Nodül bakterisini izole etmiş ve *Bacillus radicicola* adını vermiştir.
- 15- Frank (1890) Nodül bakterisi *Bacillus radicicola* adlı bakteriye *Rhizobium* adını vermiştir.

Toprak Mikrobiyolojisi

- 16- Sergei Winogradsky (1891)(1856-1953) Bilime olan katkılarından dolayı Toprak Mikrobiyolojisinin Babası unvanını almıştır. Özellikle Nitrifikasyon bakterilerini keşfetmiş, bu bakterilerin nitrifikasyondaki rollerini açıklamıştır.
- 17- M.W. Beijerinck (1893) ve S.N. Winogradsky Nitrojenin amonifikasyon ve nitrojen tespiti olayı ile gerçekleştigini ifade etmişlerdir.
- 18- Büchner (1897) Mikrobiyal enzimoloji alanında çalışmalar yapmıştır.
- 19- Waskman, Toprakta kükürt devri, selüloz parçalanması, demir bakterilerinin özellikleri çalışmaları ile Toprak Mikrobiyolojisinin temelini atmıştır.

Toprak Mikrobiyolojisi

- **20. YÜZYILDAKİ GELİŞMELER**

- 1- Löhnis (1910) Toprak Mikrobiyolojisi isimli Almanca kitap yazmıştır.
- 2- Dr. Ahmet Vefik Güran ve Şefik Kolaylı (1910) Tarım mikrobiyolojisi çalışmaları yapmışlar, Bitkisel verim ve bakteri arasındaki ilişki üzerinde durmuşlardır.
- 3- Griffith (1928) Enfektif ve kapsüllü *Streptococcus pneumoniae* hücrelerinin enfektif ve kapsüllü hücrelere dönüşebileceğini ispatlamıştır.
- 4- Krassilnikov (1944) Enfektif olmayan *Rhizobium*'un enfektif duruma dönüşebileceğine ilişkin çalışmalar yapmıştır.
- 5- Norman (1946) Azot (N^{15}) ve Karbon (C^{13}) izotopları ile karbon döngüsü ile ilgili azot dönüşümlerini ortaya çıkarmışlardır.

Toprak Mikrobiyolojisi

- 6- Watson ve Crick (1953) DNA (deoksiribo nükleik asit) yapısını tanımlayarak Nobel Ödülü kazanmıştır.
- 7- Harmsen ve Schreven (1955) Azot mineralizasyon çalışmalarının 1935 yılından önce tamamlandığını ve sonuçların ilgi çekici olduğunu, Karbon ve Azot arasındaki ilişkinin toprak tipine göre değişiklik gösterdiğine ilişkin makaleler yazmışlardır.
- 8- Kluyver (1956) ve daha sonrasında gelen kişilerce Toprak Mikrobiyolojisinin ilgi alanlarının genişletilmesi.
 - Mikrobiyolojinin pratik uygulamaya geçemediğini,
 - MO'ların sayımı yanında sayım sonuçlarının verimliliğe yansımaları gerektiğini,
 - Toprağın verimliliğini belirleyen başka öğelerin de bulunduğunu,
 - Toprağa nitrojenaz enzimi üreten MO'ları aşilayarak non-simbiyotik verim artırma çalışmalarının yapılmasını,
 - Test tüplerinde üretilen MO'ların tarlada etkili olup olmayacağı deneme çalışmaları ve Organik azotun mineralizasyon ve MO'lar arasındaki genel ilişkinin açığa çıkarılması çalışmalarının,
 - Net azotun mineralizasyonunda C/N=25:1 oranında olması gerektiğinin,
 - Bitki kalıntılarının farklı ayrışma oranının çevre faktörlerinin etkisi ile olduğu beyan etmiştir.

Toprak Mikrobiyolojisi

- 9- 1956 yılında Ank. Üni. Ziraat Fak'de Fermentasyon Mikrobiyolojisi dersi Prof. Dr. Arif Akman tarafından verilmiştir.
- 10- Jansson (1958) MO'ların Nitrattan (NO_3) çok Amonyumu (NH_4) tercih ettiklerini, Mineralizasyon ve immobilizasyonun karşılıklı etkileşimlerini matematiksel eşitlikle belirlemişlerdir.
- 11- 1960 Yılları Toprak Organik Maddesinin (TOM) yapısı ile ilgili yoğun çalışmalar.
- 12- 1966 Yılında Ziraat Mikrobiyolojisi Kürsüsü kurulmuş, Ank. Üni'de Mikrobiyoloji dersleri Prof. Dr. Ömer Köşkler tarafından verilmiştir.
- 13- Çeşitli araştırmacılarca Toprak Mikrobiyolojisinin ilgi alanına, toprak enzimleri, rizosfer mikroflorası, toprak strüktürünün oluşumu, mikrobiyal ekoloji, zararlı böcek ve bitki öldürücü ilaçlar, MO'ların çevre üzerine etkileri, temel elementlerin değişim döngüsü konuları dahil edilmiştir.
- 14- Çeşitli Mikrobiyolojistler (1950-1980) Tarımsal üretim, gübre üretimi, Orman ve tarım alanlarının yönetimi, toprağı ucuz, uygun bir teknikle sürümün yapılması konuları ele alınmıştır.
- 15- 1970 yıllarından sonra DNA zincirinin düzeni ve kopyalayıcı enzimlerin bulunuşu, Genetik Mühendisliğinin doğuşu.

Toprak Mikrobiyolojisi

- **YİRMİBİRİNCİ YÜZYILA BAKIŞ**
- 1- Bilgi işlemleri ve değişimi için bilgisayar kullanımı
- 2-Tam-sistem yönetim tekniklerinin uygulanması
- 3-Genetik Mühendisliğinin etkisi
- 4-Toprak Mikrobiyolojisi uygulamalarının çevre sorunlarına yol açması ve çevre sorunlarından etkilenmesi gerçeği,
- 5-Daha etkili tarım ve orman yönetim sistemlerini geliştirme gereksinimi,
- 6-Genetik Mühendislik ile MO'lar üretmek ve kullanmak, azot fiksasyonunu artırmak amacı ile İsmailçelebioğlu (1990), *Rhizobium Japonicum*'dan *Agrobacterium tumefaciens*'e yaptığı Nif Genleri transferi ile bunu kanıtlamıştır.
- 7-Genetik mühendisliği ürünü organizmaların toprağa aşılması, çevresel yıkımlara yol açma özelliğinin dikkate alınması gerekliliğini ortaya koymuştur.
- 8-Genetik olarak değiştirilmiş organizmaların biyolojik kontrol elemanları olarak kullanılması ve yeni bitki yetiştirme yöntemlerinin araştırılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur.

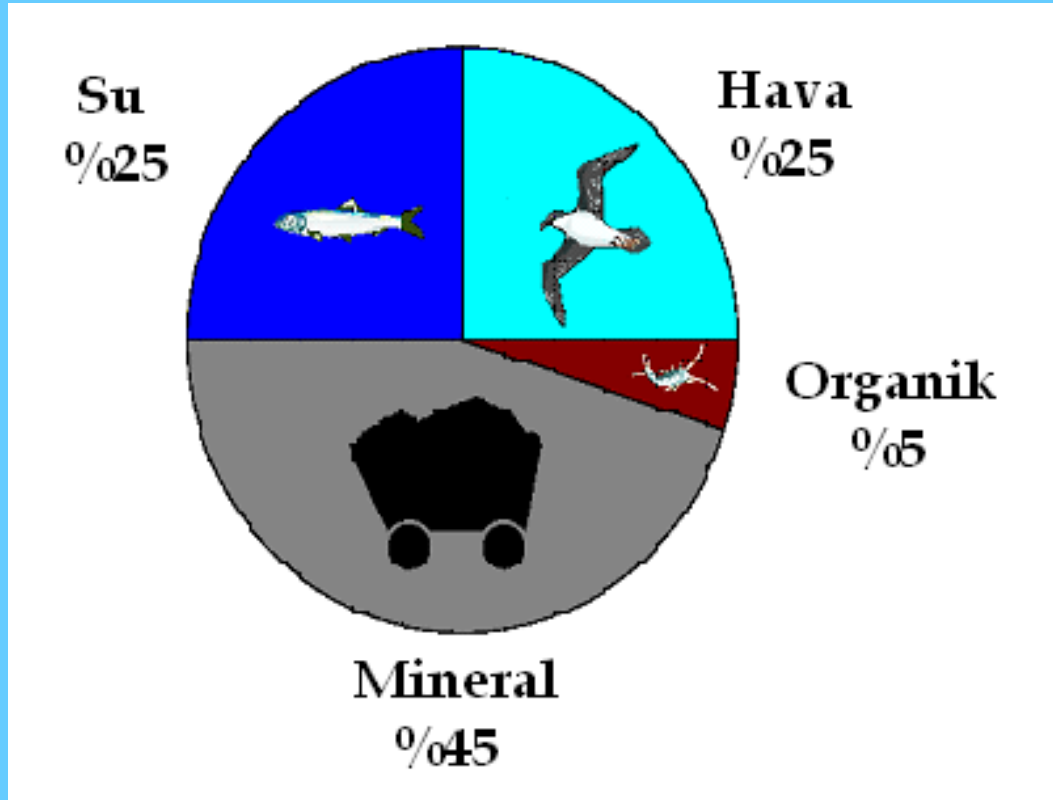
- **2.1. Mikroorganizma Ortamı Olarak Toprak**
- Çağlar (1958), toprağı çeşitli özelliklerini göz önünde bulundurarak şöyle tanımlamıştır." Toprak esas olarak kayaların ve organik maddelerin çeşitli ayrışma ürünlerinden oluşmuş, içinde geniş bir canlılar alemini barındırarak bitkilere durak ve besin kaynağı görevini yapan bir maddedir." (Ergene, 1993).
- Toprak, içerisinde yaşayan canlılara su ve besin maddelerini sağlama gücü oranında verimli olduğundan önemli bir ekosistem oluşturur. Bu durum ise toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile ilgili bulunmaktadır. Bu nedenle toprağın genel yapısı, çeşitli özellikleri, canlılarla çeşitli faktörlerin karşılıklı etkileşimleri ve mikrobiyal populasyon hakkında bilgi sahibi olmak yararlı olacaktır.



Toprağın Tanımı

Yeryüzünün büyük bir kısmını devamlı bir örtü halinde kaplayan, iklim ve canlıların topoğrafik koşullara bağlı olarak, zamanla ana materyal üzerinde yaptıkları ortak etkilerle ortaya çıkmış karakteristiklere sahip, açık, dinamik, üç fazlı, üç boyutlu doğal bir bütündür.

- **2.1.1. Toprağın Genel Yapısı**
- Topraklar; mineral madde, su, hava, organik madde ve yaşayan canlıların topluluğu gibi beş büyük bileşenin kaynaştığı bir karışımdır.



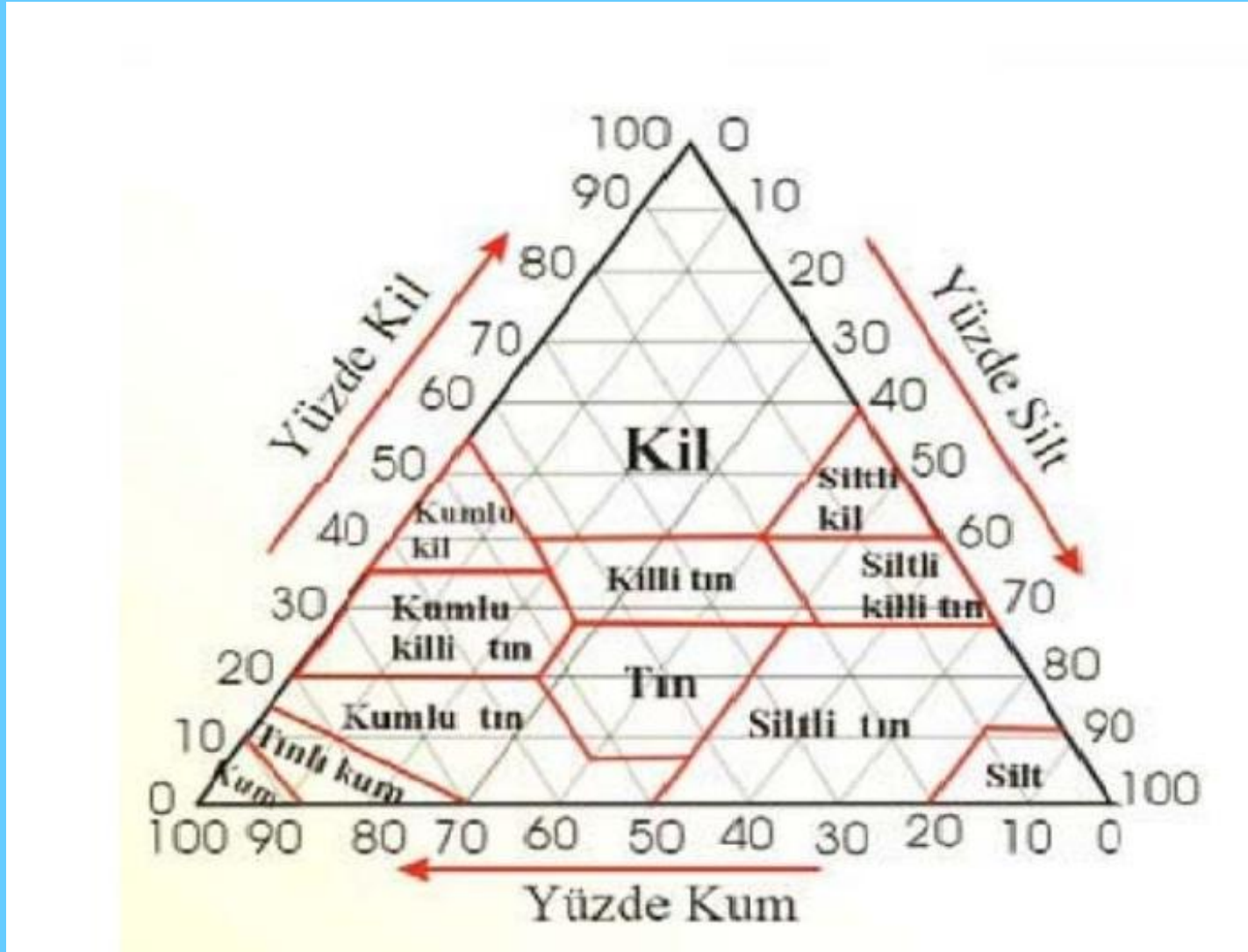
- **2.1.1.1. Mineral madde**
- Mineral madde, kimyasal yapı ve büyüklük bakımından çok değişiklik göstermektedir.
- Bunlar, büyük taşlar çakıl, kum, silt, kil ve çözünebilen tuzlardan ibaret olup toprağın yaklaşık % 30-50'sini oluşturmaktadırlar.
- Toprağı oluşturan taneler büyüklüklerine göre üç esas fraksiyona (kum, silt, kil) ayrılır.
- Bu üç fraksiyonun yüzde oranları, toprağın fiziksel yapısını (tekstür) belirler.
- Pratik amaçlar için Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı tarafından yapılan sınıflama sistemi Tablo I'de görülmektedir (Alexander, 1961).

Tablo 2.1. Toprak Fraksiyonlarının Bazı Özellikleri
(Alexander,1961).

Fraksiyonun Adı	Çap (mm)	Parçacık sayısı/g*	Yüzey alan (cm ² /g)
Çok kaba kum	2.00-1.00	90	11.3
Kaba kum	1.00-0.50	722	22.7
Orta kum	0.50-0.25	5780	45.4
İnce kum	0.25-0.10	46200	90.7
Çok ince kum	0.10-0.05	722000	227
Silt	0.05-0.002	5780000	454
Kil	< 0.002	90300000	11300

* Parçacıklar yuvarlak kabul edilerek ve maksimum çap ölçüsü dikkate alınarak hesaplanmıştır.

- Kum, silt ve kilin toprak içindeki nisbi oranları toprak sınıfını veya tekstür sınıfını tayin eder. Çok sayıda tekstür sınıfı vardır. Ancak toprakların tekstürlerine göre sınıflandırılmasında Şekil 2.1'de gösterilen tekstür üçgeni kullanılmaktadır (Demiralay, 1993).



- Kum nisbeten büyük parçacıklardan meydana gelmiştir. Kumun Kil ve silte nazaran parçacıklarının yüzey toplamının küçük oluşu nedeniyle fiziksel ve kimyasal aktiviteleri önemli değildir.
- Kumun topraktaki esas fonksiyonu, diğer maddeler arasında iskelet oluşturmastır. Toprak taneleri arasındaki boşlukları çoğaltarak hava ve suyun hareketini kolaylaştırır.
- Silt'in kaba parçacıkları kuma benzer, ancak ince parçacıkları yüzey genişliği nedeniyle azda olsa fiziksel kimyasal ve biyolojik aktiflik gösterebilir.
- Silt parçacıklarının kendi aralarında veya diğer maddelerle birleşme yetenekleri az olduğu için toprak strüktürünün (yapısının) oluşunda önemli rol oynamaz.

- Kil parçacıklarının küçük oluşu ve dolayısıyla geniş yüzey toplamı, kolloidal durumu, plastiklik, su tutma ve geçirme özellikleri, katyon tutma yeteneği sebebiyle toprağın kimyasal ve fiziksel aktif fraksiyonudur.
- Bu nedenle kil fraksiyonu mikrobiyolojik olarak çok fazla etkilidir.
- Kil mineralleri, silisyum, oksijen, alüminyum, demir, magnezyum, potasyum, kalsiyum, sodyum ve diğer elementleri değişen miktarlarda bünyesinde bulundurabilirler.
- Kaolinit, montmorillonit ve illit, önemli kil minerallerindendir (Demiralay, 1977; Ergene, 1993).

- **Kolloidal durum:**
- İki fazlı sistemdir. Moleküller bölünmeye erişemeyen fakat yaklaşan çok ince bir maddenin diğer bir madde içinde heterojen olarak disperse olmasıdır.
- Kolloidler katı-katı. katı-sıvı. sıvı-sıvı-sıvı-gaz şeklinde olabilir. Kolloidler üç önemli özellik gösterirler:
- 1- Büyük bir yüzey toplamı.
- 2. Katı maddeleri. gazları. tuzları ve iyonları tutma kapasitesinin yüksek oluşu.
- 3. Kataliz ve kimyasal reaksiyonları çabuklaştırma veya geriletme özellikleri.

- **2.1.1.2. Organik Madde**

- Organik madde, bitki ve hayvan artıklarının toprakta birikmesinden oluşur.
- Bu artıkların bir kısmının orjinlerini tanımak olasıdır. Ancak diğer bir kısım organik materyal ayrışmanın çeşitli safhalarında bulunur. Bu nedenle bunların orjinal yapılarını tanımak olası değildir.
- Kompleks bir yapı gösteren toprak organik maddesi; çeşitli organik asitleri, yağları ve diğer organik maddeleri içermektedir.
- Tablo 2.1'de organik materyalin ayrışması sonucu oluşan humusun içerdiği çeşitli organik moleküller görülmektedir (Akalan, 1968).

Toprak Organik Maddesi

Topraklarda az miktarlarda bulunan organik madde toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine önemli surette etki yapar. Yeryüzünü örten materyalin üst kısmında koyu renkli, organik madde içeren bir tabaka bulunmadıkça toprak diye adlandırılması güçtür. Zira organik madde pedolojik anlamda toprağın ayrılmaz kısımlarından biridir. Organik maddenin toprağın verimliliği ile olan yakın bağıntısı asırlar önce anlaşılmıştır. Koyu renkli toprakların açık renkli topraklardan daha verimli oldukları çiftçilerin gözünden kaçmamıştır.

Toprakta orijinleri belli olamayacak kadar ayrıışan koyu renkli organik materyaller humus olarak adlandırılır.

Toprakların Fiziksel Özelliklerine Etkisi:

- 1- Toprağın su tutma kapasitesini artırır.
- 2- Toprağın iyi bir strüktür kazanmasına yardım eder.
- 3- Kumlu toprakların ve killi toprakların fena özelliklerini düzeltir.

Toprakların Kimyasal Özelliklerine Etkisi:

- 1- KDK ları yüksek olduğundan bitki besin elementlerinin toprakta tutulmasına yardımcı olurlar.
- 2- Organik madde bitki besin elementlerinin deposu görevini görür.
- 3- Organik madde topraktaki inorganik P, Fe, Mn ve diğer elementlerin faydalı şekillere dönüşmelerine yardım eder.
- 4- Organik madde toprak reaksiyonundaki ani değişimlere karşı tamponluk özelliği gösterirler.

Toprakların Biyolojik Özelliklerine Etkisi:

- 1- Mikroorganizmaların besin kaynağıdır. Organik madde fazla olunca mikroorganizma faaliyeti de fazla olur.

Toprak Organik Maddesinin Muhafazası

- 1- Toprakta azot miktarını artırmak.
- 2- Gübreleme ile bitkilerin gelişimini sağlamak.
- 3- Bitki artıklarını toprağa karıştırmak.
- 4- Yeşil gübreleme yapmak.
- 5- Çiftlik gübresini toprağa vermek.
- 6- Torf, peat ve muck gibi ve orman altı artıkları toprağa karıştırmak.
- 7- Ekim nöbeti uygulamak.
- 8- Erozyon kontrolü yapmak.

Tablo 2.2. Humus İçerisinde Bulunan Çeşitli Organik Moleküller.

I	Amino asitler	VII	Pentoz şekerler <i>5 ym</i>
	Glutamik asit		Ksiloz
	Alanin		Arabinoz
	Valin		Riboz
	Prolin	VIII	Heksoz şekerler <i>6 ym</i>
	Sistin		Glukoz
	Fenilalanin		Galaktoz
II	Purinler		Mannoz
	Guanin	IX	Şeker alkoller
	Adenin		Inositol
III	Primidinler		Mannitol
	Stosin	X	Metil şekerler
	Timin		Ramnoz
	Urasil		Fukoz
IV	Aromatik moleküller		2-O-metil-D-ksiloz
V	Uronik Asitler		2-O-metil-D-arabinoz
	Glukuronik asit	XI	Alifatik asitler
	Galaktouronik asit		Asetik asit
VI	Amino asitler <i>Şekerler</i>		Formik asit
	Glukozamin		Laktik asit
	N-asetilglukozamin		Süksinik asit

- **2.1.1.3. Toprak Havası**

- Toprak havasında en fazla bulunan gazlar, N₂, O₂ ve CO₂'tir. Azot oksit gibi biyolojik aktivite sonucu oluşan gazlarda bulunabilmektedir.
- İyi havalı topraklarda nadiren O₂ içeriği % 18-20'nin altına, CO₂ içeriği % 1-2'nin üzerine çıkar.
- Bununla birlikte, killi ve su içeriği fazla topraklarda CO₂ oranı % 10'na çıkabilir.
- İyi Havalanan Toprak
- Killi ve su içeriği fazla olan toprak

- O₂ % 18-20

- CO₂ % 1-2

- CO₂ % 10'a çıkabilir

- Toprakta gazların diffüzyonu Fick Yasası ile tanımlanmıştır.
- Buna göre, aşağıdaki formülde görüldüğü gibi gazların diffüzyonu toprak özelliklerine, gaz konsantrasyonuna ve derinliğe bağlı olarak değişmektedir.


$$q_1 = D_{sa.i} \cdot \frac{dc_i}{dz}$$

q_1 , gazın diffüzyon oranı ($g \text{ cm}^{-2} \text{ sn}^{-1}$); $D_{sa.i}$, topraktaki difüzyon katsayısı ($\text{cm}^2 \text{ sn}^{-1}$); c_i , toprak havasındaki konsantrasyon ($g \text{ cm}^{-3}$); z , derinlik (cm).

- Gazların suda çözünebilmesi;
- gazın tipine, sıcaklığa, tuz konsantrasyonuna ve havadaki gazların kısmi basıncına bağlıdır.
- Oksijen dikkat çekici. bir şekilde az ve N_2 ise çok daha az çözünen ve CO_2 , NH_3 , H_2S en fazla çözünen gazlardır (Tablo 2.3).
- Gazların suda çözünmesi
 - Çözünme fazla
 - CO_2 , NH_3 , H_2S
 - Çözünme az
 - O_2
 - N_2

- Azot, azot fiksasyonu sistemlerinde sınırlayıcı olabilir. Çünkü bu gaz atmosferde % 80 dolayında bulunmasına rağmen sudaki diffüzyon oranı düşüktür.
- N₂'nin zayıf havalandırılan yerlerdeki düşük diffüzyon oranı, aynı zamanda N₂ fiksasyonunun asetilen (C₂H₂) indirgenmesi tekniği ile ölçülmesini de etkilemektedir. C₂H₂ suda çözünebilir olduğundan derin yerlerde N₂'den daha elverişli olmaktadır. Bunun sonucunda C₂H₂ redüksiyonu metodunun, bir reaksiyon oranının göstergesi olarak kullanıldığı durumlarda N₂ fiksasyonu tahminleri yanlış ve yüksek yapılabilmektedir.

- Pirinç ve bataklık bitkileri gibi bazı bitkiler özel kök kanallarına sahiptirler. Bu kanallar toprağın derinliklerindeki tabakalarına hava dağıtımını sağlayan patika yolları gibi görev yaparlar.
- Pirinç bitkileri arpa bitkisinin yaptığığının dört kat daha fazla bir hava difüzyonunu toprağın daha derin tabakalarına sağlarlar. Bunun sonucunda havasız (sulu) bir ortamda geliştiklerinde pirinç bitkilerinin kökleri çevresinde havalı mikro alanlar yaratılmış olmaktadır.

- Tablo 2.
- CO₂, O₂ ve N₂ Gazlarının 20 °C'de Hava ve Sudaki Difüzyon Katsayıları ve Suda Çözünme Değerleri

Gazlar	Difüzyon Katsayısı (cm ² sn ⁻¹)		Suda Çözünübilirlik (cm ³ lt ⁻¹)
	Hava	Su	
CO ₂	0,161	0,177	1,69
O ₂	0,184	0,209	0,043
N ₂	0,204	0,164	0,019

- Toprağın nem içeriği, havalanma kapasitesini etkilemektedir. Mineral parçacıklar genellikle 2.65 g.cm^3 yoğunluğa sahiptir. Yüzey toprağın yoğunluğu. $0.9- 1.3 \text{ g cm}^3$ arasındadır. Bu nedenle mineral topraklar hacim olarak % 50-60 kadar çeşitli büyüklükte porlardan oluşmaktadır.
- Bir toprakta -0.01 megapaskal (Mpa, tarla kapasitesi) nem içeriği kumlu topraklarda % 15-30 arasında killi topraklarda ise % 40-45 arasında değişir.
- Toplam por alanı ile su içeriği arasındaki fark, hava dolu alanı gösterir., Yeterli havalanma için hacim olarak en az % '10 dolayında hava dolu porların varlığının gerekli olduğu kabul edilmektedir.
- Yoğunluğu 1.3 g/cm^3 , toplam por alanı % 50 ve su içeriği % 45 olan killi bir toprağın yeterli havalanma alanı yoktur.

- Aerobikden anaerobik metbolizmaJarına olan değişimin % 1'den daha az O₂ konsantrasyonlarında ortaya çıktığı kesin olarak saptanmıştır.
- Birçok topraklarda denitrifikasyon, sülfat redüksiyonu gibi olaylar anaerobik mikro alanlarda meydana gelmektedir.

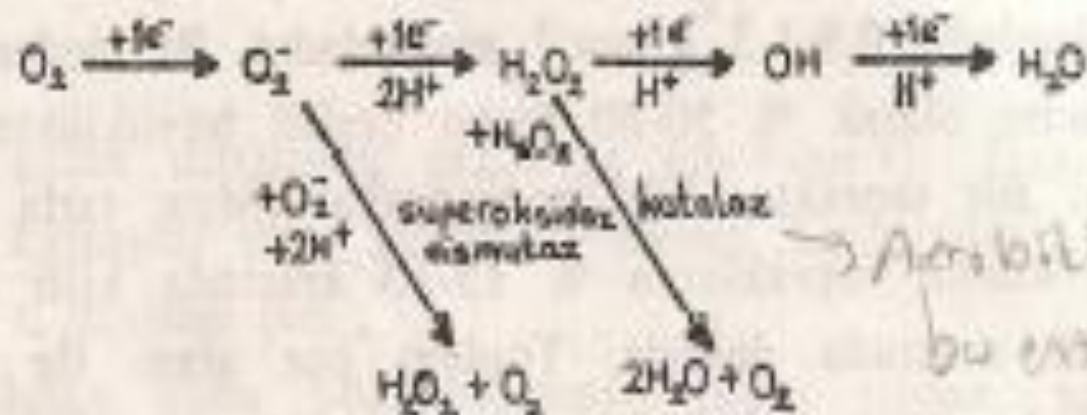
- Toprak mikroorganizmaları oksijene olan duyarlılıkları ve aktivitelerine göre 4 e ayrılırlar.
 - 1- Aerobik MO'lar,
 - 2- Anaerobik MO'lar
 - 3- Fakültatif anaerob MO'lar
 - 4- Mikroaerofil MO'lar
 - 5- Aerotolerant MO'lar:
-
- **Aerobik MO'lar:** Üremeleri ve yaşamaları için havadaki oksijene ihtiyaç gösteren mikroplar, doğada diğerlerinden daha fazla bulunurlar. Bunlar havasız koşullar altında gelişemezler. Çünkü oksijensiz ortamlarda enerji elde edebilecek mekanizmaya sahip değildirler. Dik agar besiyerlerinde üretildikleri zaman genellikle üst kısımda koloni oluştururlar.
 - Aerobik mikroorganizmalar arasında, *M. tuberculosis*, *B.anthraxis*, *B. subtilis*, *Sarcina*, vs. sayılabilir. (Çengel, 1993; Arda, 2000).

- **Anaerobik MO'lar:** Anaerobik mikroplar oksijenin bulunmadığı ortamlarda gelişebilirler. Oksijen bunlar için zehirleyici tesir yapar. Bunlarda bulunan enzimler oksijen tarafından bloke edildiği gibi, enzim sistemleri, hidrojeni (H^+), oksijene transfer edemez ve başka oksijen alıcısı (nitrat, sulfat, karbonat, vs) kullanırlar. Bu nedenle, hücre içinde H_2O_2 oluşmaz. Bu maddeyi ayrıştıramadıklarından, kendileri için toksik etki yapar. Bu tür mikroplar dik agar besiyerinin dip tarafında ürerler. Anaerobik mikroplar arasında, klostridiumlar, aktinomyces, *Sphaerophorus necrophorus*, v.s. sayılabilir. (Arda, 2000).

- **Fakültatif MO'lar:** Bu gruba giren mikroplar hem aerobik ve hem de anaerobik koşullarda üreyebilme mekanizmasına (enzimatik sisteme) sahiptirler. Bunlar, oksijen içeren koşullarda aynı aerobik mikroplar gibi üremelerine devam ederler. Anaerobik şartlarda da redükte olabilen maddeleri (sülfür, karbon, sodyum nitrat, vs.) hidrojen alıcısı olarak kullanabilirler. Ancak, bu mikroorganizmalar daha fazla enerji sağlayan aerobik koşullarda daha iyi gelişirler. Anaerobik durumlarda, fakültatif mikroplar az bir fermantatif metabolizma gösterirler. Diğer bir deyimle, substratları tam olarak okside edemezler. Bu tür mikroplar (enterobakteriler, stafilokoklar, vs.) dik agarın her tarafında üreme yeteneğine sahiptirler. (Arda, 2000).

- **Mikroaerofil MO'lar:** Bu mikroplar havada bulunan orandaki kadar oksijen içeren ortamlarda gelişemeyip, oksijen oranı %1-2 kadar düşürülmüş veya havasına %5-10 CO₂ bulunan yerlerde üreme olanağına sahiptirler. Bunlar anaerobik olmayıp böyle koşullarda da gelişemezler. Mikroaerofilik mikroorganizmalardan *B. abortus*, *C. fetus*, bazı mikoplasma türleri vs. sayılabilir. Bu tür mikroplar katı besiyerlerinin yüzeyinden 1-1.5 cm kadar aşağıda ürerler. (Arda, 2000).
- **Aerotolerant MO'lar:** Bu mikroorganizmalar daha fazla yüzeyde olmak üzere, hem aerobik ve hem de anaerobik ortamlarda üreme yeteneğine sahiptirler. (Arda, 2000).

- Aerobik bakteriler mikro alanlardaki depo edilmiş O_2 'ni tüketerek anaerobik bakteriler için ortam hazırlarlar. Böylece anaerobik canlıların gelişmesine izin verilmiş olmaktadır.
- Obligat anaeroblar, O_2 'nin varlığında zehirlenmektedirler. Bu inhibisyon Şekil 2.2'de gösterildiği gibi toksik (zehirli) ara maddelerin üretilmesinin bir sonucudur (Tiedje ve ark., 1984).
- Oksijene duyarlı olmayan bazı mikroorganizmalar (fakültatif anaerob) toksik ara maddeleri etkisiz duruma getiren enzimleri (süperoksidad, katalaz) içermektedirler. Toksik ara maddeler elektron taşınması sırasında üretildiğinden dolayı, inhibisyon sadece bir elektron alıcısının (O_2)' varlığı durumunda olmaktadır.



→ Aerobiklerde
bu enzimler var.

Şekil 2.2. Oksijenin bir elektron redüksiyonlarından oluşan O_2^- ve H_2O_2 toksik aramaddeleri. Şekilde bu aramaddelere karşı aerobik mikroorganizmaları koruyan enzimlerde gösterilmiştir. Anaeroblar ise çoğunlukla bu koruyucu enzimlerden yoksundurlar.

- Clostridia gibi anaerobik bakteriler, toprağın en derin tabakalarında aktivite gösterebilmektedirler.
- Çeşitli araştırmalar, üst toprağın birkaç santimetre derinliğindeki anaerobik bakteri sayısının daha derinliklerdeki sayılarından 10 kat daha fazla olduğunu göstermiştir.

- **TOPRAK HAVASININ BİLEŞİMİ**
- Toprak havasının bileşimi atmosferimizin bileşiminden farklıdır. Toprak havasındaki CO_2 miktarı atmosferimize oranla 10 bazen 100 kat daha fazladır.
- Bu duruma heterotrof organizmalar tarafından toprak organik maddesinin ayrışması sonucunda oluşan CO_2 'de etki yapmaktadır.
- Toprak CO_2 miktarına, köklerin solunumu % 20-50 arasında, mikrobiyolojik etkenler ise % 50-80 arasında katkıda bulunmaktadır.
- Bazı toprak organizmaları, jeolojik zamanlar boyunca toprak havasında bulunan CO_2 'deki artışlara adapte olmuşlardır. Bazı mantar türleri toprakta 10-20 cm derinliklerde yaşamaktadırlar.
- Yine nitrifikasyon bakterileri de yüzey toprağında bulunandan daha fazla CO_2 düzeylerini tercih etmektedirler.
- Taban suyu seviyesi toprak yüzeyine yakın olmayan topraklardaki CO_2 profilleri CO_2 konsantrasyonunun, kök ve mikrobiyal solunumun olduğu yüzeye yakın yerlerde en yüksek olduğunu göstermektedir.
- Tarım topraklarının O_2 içeriği nadiren % 18-20 düzeyinin altında olmaktadır.

- **TOPRAK NEMİ**

- Toprak suyu, sadece mikroorganizmaların sayısı, çeşit ve aktivitelerine tesir eden elverişli nemi etkilemez. Aynı zamanda toprağın havalanma durumunu, eriyebilir maddelerin yapısını ve miktarını, osmotik basıncı ve toprak çözeltisinin pH'sını da etkiler.
- Bir su molekülü 105° lik HOH açısı şeklinde olup hidrojenlerin olduğu kenarlarda elektropozitif, oksijenin olduğu yanda ise elektronegatifdir. Bu durum suyun fiziksel ve kimyasal reaksiyonlardaki etkisini açıklamaktadır.
- Ca^{+2} , K^{+} ve Na^{+} gibi katyonlar su molekülündeki negatif yüklü oksijenle birleşince hidrate olmaktadırlar. Suyun polar yapısı, suyla hidrojen bağı oluşumunu açıklamaktadır. Her bir molekül suyun, diğer su molekülleri ve biyolojiksel bileşenlerle birleşmesi eritme özelliklerini, viskozitesini ve suyun spesifik yüksek sıcaklığını açıklamaktadır (Şekil 2.3). Toprakta olduğu gibi mikrobiyal hücre içindeki önemi ile su, hidrojen birleşmeleri, dipol etkileşimleri ile kuvvetli bir şekilde yüzeylere adsorbe olmaktadır. Adsorbe olmuş geçirgen ince su tabakası 0°C 'de donmadan kalabilmektedir. Böyle su tabakasının serbest kalması için 5°C 'ye kadar ısıtılması gerekmektedir.

- Toprakta'ki fazla su mikroorganizmaların sayısını ve aktivitelerini sınırlar. Bunu, toprağın içerisinde O_2 'nin hareketini ve organizmaların O_2 isteğini engelleyerek yapar. Çünkü O_2 'nin sudaki diffüzyonu çok düşüktür. O_2 'nin hava ile dolu porlardaki diffüzyon hızı sudakine göre 10.000 defa daha fazladır (Paul ve Clark; 1989).
- Sel yada aşırı sulama nedeniyle yüzey toprağının su ile kaplanması sonucu, toprakla atmosfer arasındaki gazların diffüzyonu tamamen durmaktadır. Bu durum, mikrobiyolojik aktiviteyi sınırlamaktadır.
- O_2 'nin toprak içerisinde hareket edebilmesi için gaz basıncı farkı % 1-3 düzeyindedir.
- Aynı şekilde topraktaki solunum sonucu, birikmiş olan CO_2 oranı % 1-3'e ulaştığında CO_2 'in topraktan atmosfere (% 0.035 CO_2) doğru diffüzyonu gerçekleşmektedir.

- Toprak suyunun özellikleri ile ilgili olarak günümüzde kabul edilmiş terminoloji, suyun osmotik ve matrik potansiyelleri üzerine kurulmuştur.
- Matrik potansiyeller, yukarıda belirtildiği gibi suyun katı yüzeylere çekimini sağlamaktadırlar. Suyun serbest enerjisini azalttığından dolayı matrik potansiyeller negatiftirler.
- Suyun eritme özelliği nedeniyle topraktaki erimiş maddeler de suyun serbest enerjisini azaltır ve yeni bir negatif potansiyel olan osmotik potansiyelin oluşmasına sebep olurlar.
- Toprak suyundaki potansiyel kavramı paskal ölçüleri ile açıklanmıştır. Genellikle bu ölçüler megapaskal olarak verilmiştir (Paul ve Clark, 1989).

- Toprakta su, bitkilere faydalılık bakımından çeşitli şekillerde bulunur. Bunlar
- 1- Higroskopik,
- 2- Kapillar ve
- 3- Drenaj veya sızan sudur.
- Aşırı yağış veya sulamadan sonra oluşan drenaj suyu, yerçekimi kuvvetinin etkisiyle topraktan uzaklaşmaktadır.
- Toprağın yerçekimine karşı tutulabildiği su miktarına **tarla kapasitesi** denir.
- Tarla kapasitesinin matrik potansiyeli **(-0.01)-(-0.03) MPa** arasında fakat negatif yönde olacaktır.
- Evaporasyon veya transpirasyon yoluyla su kaybı oldukça bitkiler gelişmeleri için yeterli su alamayacaklar ve solacaklardır. Bu durum -1.5 MPa dolayında meydana gelmektedir. Buna bitkilerin **Solma Noktası** denir.
- Genel olarak **-0.01 MPa** düzeyi mikrobiyolojik aktiviteler için optimumdur.

- Mikroorganizmalar beslenebilmeleri ve yeni hücre yapabilmeleri için suya gereksinim duyarlar. Mantarlar, genellikle yüksek su potansiyellerine (düşük nem içeriğine) bakterilerden daha fazla dayanıklıdırlar.
- Mantarlar % 12 su varlığında gelişebilirler.
- Bakteriler ise gelişebilmeleri için en az % 20 su isterler.
- Bakteriler için optimum nem düzeyi ise tarla kapasitesi nemin % 85'dir.
- Toprak mikroorganizmalarının çoğu için topraktaki optimum nem toprağın su tutma kapasitesinin % 50-70'i kadardır. Bununla beraber topraktaki mikroorganizmaların çoğu daha kurak ve daha ıslak koşullara direnç gösterebilirler (Paul ve Clark, 1989; Demiralay 1993).

- Toprak organizmaları suya olan gereksinimlerine göre;
- 1- Kserofil (suyu az seven),
- 2- Mezofil (suyu orta düzeyde seven)
- 3- Higrofil (suyu çok seven) olmak üzere üçe ayrılmaktadır.
- Bazı mantar cinsleri ve bunların spor oluşturanları, bakterilerden endospor oluşturabilenler ve aktinomisetlerden *Streptomyces* 'ler suya az gereksinim duyarlar.
- Bakteriler, genellikle suya fazla gereksinim duymalarından dolayı higrofilidirler.
- Tablo 2.4'de toprak mikroorganizmalarının toprak su potansiyeline karşı üst tolerans düzeylerinin farklılıkları gösterilmiştir (Çengel, 1993).

- Toprak su miktarı toprağın tekstür sınıfı ile değişiklik gösterir. Kıllı toprakta %10 luk su miktarı kuru ortam oluştururken, killi toprakta %4-5 lik su miktarı MO lar için yeterli olmaktadır.
- Aktinomisetler kuraklığa karşı bakterilerden ve mantarlardan daha dayanıklıdırlar.
- Kuru toprakta aktinomisetler hakimdir.

Tablo 2.4. Suda Eriyebilen Maddelerin Konsantrasyonu ile Kontrol Edilen Su Potansiyeline Karşı Mikroorganizmalar ve Onların Gösterdikleri Üst Tolerans düzeyleri (Paul ve Clark, 1989).

Su Potansiyeli		Solüsyon Konsantrasyonu		
MPa	Bar	NaCl(w/v)	Sukroz (w/v)*	Organizmalar
-1.5	-15	2.0	17	<i>Rhizobium</i> , <i>Nitrosomonas</i>
-10	-100	12.3	52	<i>Clostridium</i> , <i>Mucor</i>
-25	-250	25.3	70	<i>Micrococcus</i> , <i>Penicillium</i>
-65	-650	-	83	<i>Xeromyces</i> , <i>Saccharomyces</i>

(*) w, ağırlık; v, hacim.

- *Nitrosomonas* 'lar, *Clostridium* ve *Penicillium* 'a göre yüksek su potansiyeline daha az dayanıklıdırlar. Nitrifikasyon bakterilerinin faaliyette bulunamadıkları topraklardaki su potansiyeline, denitrifikasyon bakterileri dayanıklılık gösterirler.
- Bu nedenle su ile satüre topraklarda amonyak birikimi olmaktadır.
- Bazen böyle topraklarda NO_3 birikimi de gözlenmektedir. bu durum nitrifikasyon sonucu değildir. Bunun nedeni suyun. toprakta kapillar hareketiyle toprak yüzeyine çıkması ve buradan buharlaşarak geride NO_3 'ı bırakmasıdır. Su miktarı, diffüzyonu ve besin maddeleri konsantrasyonu ile hem toprak mikroorganizmalarını hem de yüksek bitkileri etkilemektedir. NO_3 su ile bitki köklerine taşınabilmektedir. Oysa fosfor su ile kolaylıkla taşınmaz. Fosforun alınması için bitki köklerinin toprak içerisinde uzanıp yayılması gerekmektedir (Paul ve Clark, 1989).

2.1.1.5. Toprağın Canlı Kısmı

- Toprak, organik materyalleri parçalayıp ayrıştıran bakteriler, mantarlar, aktinomisetler, algler, protozoonlar, böcekler, solucanlar, yüksek bitkilerin kökleri ve daha pek çok canlıları içermektedir.
- Topraklar fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylar sonucu oluşur.
- Biyolojik olaylar içerisindeki Mikroorganizmaların toprak oluşumundaki en önemli görevleri toprağa düşen bitki ve hayvan dokularının parçalanma ve ayrıştırmalarıdır. Ayrışma ve parçalanma ürünleri sonucunda toprakta organik kolloidler meydana gelir. Parçalanma ve ayrışma esnasında bitkiler için besin elementlerinin elverişli hale gelmelerini sağlarlar.
- Algler, likenler veya yosunlar kuru kayalar üzerinde hakim olup nemin yeterli olması durumunda gelişirler. Bunlar heterotrofik bakteriler ve mantarların gelişmesini sağlayan organik maddeyi üreten fotosentetik organizmalardır.
- Bu heterotrof MO'lar, kayaların bitkiler tarafından kaplanmasıyla artış göstermektedir. Heterotrofların solunum sırasında ürettikleri CO₂, kayaların özellikle kireçli kayaların) ayrışmasında rol oynayan karbonik aside dönüşmektedir.

- Bitkilerin ölmesiyle toprağa ilave olan kalıntılar toprağın en önemli kısımlarından olan organik maddesini oluşturur. Mikrobiyal gelişme için besin deposu olan organik maddenin ayrışması ve bitki-besin elementlerinin yararlı duruma gelmesi mikroorganizmaların aktivitelerinin bir sonucudur. Mikrobiyal aktivite ise ekolojik koşullara ve iklime bağlıdır.
- Donma, çözünme gibi fiziksel olaylar kayalarda derin çatlaklara sebep olurlar. Bu çatlaklara giren yüksek bitkilerin kökleri gelişerek kayaların parçalanmasını artırır ve çıkardıkları salgılar ise rizosferdeki floranın gelişmesini sağlar.
- Soğuk ve yağışlı bölgelerde mikrobiyal aktivitenin yavaş olması organik materyalin toprak yüzeyinde birikmesine neden olur.
- Sıcak ve yağışlı bölgelerde ise mikrobiyal aktivitenin artmasına bağlı olarak organik materyalin mineralizasyonu hızlanır ve toprak yüzeyinde organik materyal birikmesi olmaz, organik maddenin parçalanma ayrışma ürünleri toprak içerisine karışır.

- Mikroorganizmaların aktivitesi ile organik ve mineral maddeler içerisindeki elementlerin bir kısmı topraktan kolayca toprak suyu ile perkole olup yıkanılırlar. Bu durum ise toprak oluşumundaki esaslardan biridir. Ancak bazı bitki besin elementlerinin gerek bitkiler gerekse mikroorganizmaların hücre yapısında kullanılmalarıyla yıkanmaları önlenmiş olur.
- Mikroorganizmalar organik kolloidleri oluşturarak toprak agregasyonu üzerinde olumlu etkide bulunurlar. Organik koloidler toprak parçacıklarını birbirine bağlayarak granüler strüktürü sağlarlar.
- Şekil 2.4'de görüldüğü gibi toprak agregatlarının içerisi ve agregatlar arasındaki porlarda bir çok organizma bulunmaktadır (Paul ve Clark, 1989).

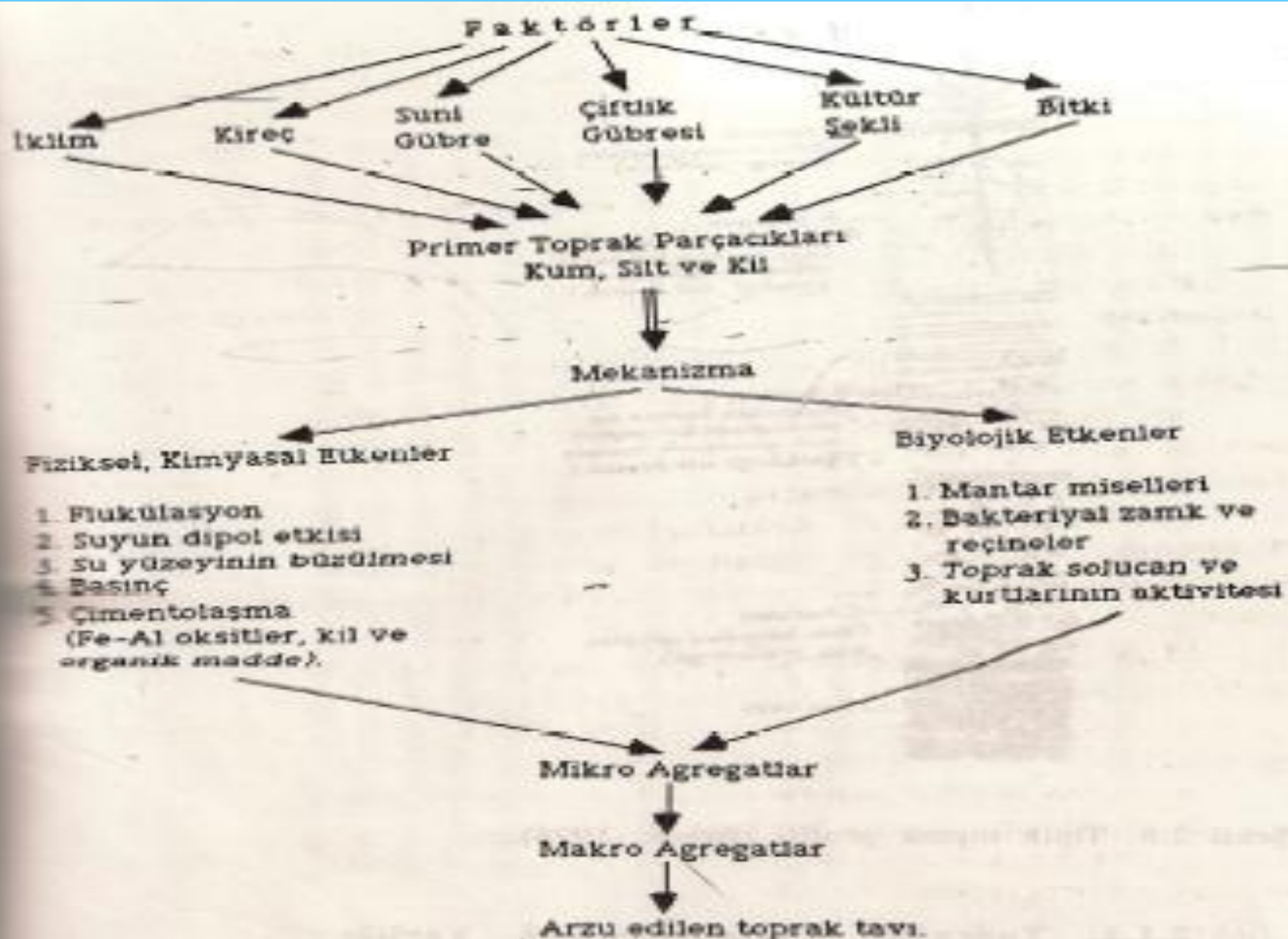
- Elektron mikroskopu fotoğrafları ve mikroorganizma yoğunluğu hesaplamaları, toplam elverişli por alanının % 1'inden daha az bir kısmının mikroorganizmalarca işgal edildiğini göstermiştir. Bu oran porun içerdiği su miktarından etkilenmektedir. Birkaç mikrometre çapındaki su ile dolu çok küçük porlar bakteriler için genellikle elverişli ortamlardır. Daha geniş hacimli bazı porlar mantarlar tarafından işgal edilmiştir. Porların genişlikleri, faunanın hareketini sınırlayan bir faktördür. Bu durum, toprak mikroflorasının beslenmelerini de etkilemektedir.
- Mikroagregatlar (50-20 μm), makroagregatların (>2 mm) alt üniteleridir.
- Makroagregatlar arasında makroporlar bulunmaktadır.
- Makroporlar mikrofaunaya bir sığınak oluşturarak onları daha büyük organizmaların saldırısından korurlar.

Ince porlar	< 0.2 μ
Orta porlar	0.2-10 μ
Kaba porlar	10-50 μ
MO lar en fazla 0.5-10 μ arasındaki porlarda yaşarlar	

- Toprak agregatları ve kil kolloidleri, enzimlerin faaliyetini etkiler. Kil kolloidlerinin geniş iç ve dış yüzey alanları üreaz ve proteaz gibi enzimleri adsorbe edebilmektedir.
- Gerek kil gerek organik kolloidler tarafından adsorbe olan enzimler başka enzimlerce hidroliz olayından korunmaktadırlar.
- Adsorbsiyon aynı zamanda katalitik alanı en düşük düzeye indirgemektedir. Küçük bir molekül , olan üre (NH_2CONH_2) üreaz alanına kolayca difüz edebilir (geçişebilir) ve orada parçalanır. Büyük bir molekül olan protein ise proteaz alanına kolayca difüz edemez bu nedenle Üreden çok daha yavaş parçalanır (Brock, 1974).

- Toprakta yaşayan organizmaların agregat oluşumuna etkileri
- 1- **Bakteriler**, çıkardıkları yapışkan zamlı maddeleri ile primer sekonder toprak agregatlarının oluşumunda çimento görevi görürler.
- 2- **Mantarlar**, miselleriyle toprak taneciklerinin etrafında sıkı bir bağ kurarak agregat oluşumunda bağlama etkisinde bulunurlar.
- 3- **Toprak solucanları** organik maddeyi sindirim organlarından geçirerek iyice, karıştırırlar böylece, kil-humus kompleksi ve toprakta kanalcıklar oluşturarak agregatlaşmaya yardımcı olurlar.
- 4- **Protozoonlar ve diğer mikroorganizmalar**, hücrelerinin ölümünde ve ayrışmaları sonunda toprak organik maddesine eklenerek toprak taneciklerine bağlama etkisinde bulunurlar.
- 5- **Nematodlar**, toprakta açtıkları kanallar ve neden oldukları basınç ile toprak parçacıklarını mekaniksel olarak birbirine bağlama görevini yaparlar.
- 6- **Toprak kurtları**, toprak parçacıkları üzerine yaptıkları baskı ile bağlama etkisi yaparlar.
- 7- Anaerobik koşullarda, selüloz ve lignin zengin bitki köklerinin ayrışması sırasında oluşan **ülmik asit** ise bağlama görmektedir.

- **Toprakta agregat oluşumuna etki eden faktörler;**
- 1. **İklim**, toprakta büyük sıcaklık farklarıyla meydana gelen donma çözünme olayını ve toprağın değişken olarak ıslanıp kurumasını sağlamasıyla toprak parçacıklarının bağlanmasına neden olur. Bunun yanı sıra bu olaylar mikroorganizmaların sayı ve aktivitesi üzerinde etkili olurlar. Ayrıca yağışlar, toprak parçacıklarının ayrışmasına ve sekonder parçacıkların oluşmasına dolayısıyla agregatlaşmaya etki ederler.
- 2. **Kireçleme**, toprak parçacıkları üzerindeki çökeletici (flokülasyon) etkisiyle ve bitki gelişmesini artırmasıyla agregat oluşumunu etkilerler.
- 3. **Suni ve Çiftlik gübreleri** de, bitki gelişmesini ve toprak organik maddesini artırarak toprak yapısını düzeltir.
- 4. **Toprak işlemesi (kültür şekli)**, gerek toprağı devamlı ekip biçmek gerekse özel kültür uygulamalarıyla toprağın dağınık yapısının düzeltilmesinde etkili olmaktadır.
- 5. **Bitki örtüsünün** köklerinin ayrışmasıyla toprak organik maddesine eklenmesi ve meydana gelen mikrobiyal ürünler de agregatlaşmaya yardım ederler (İsmailçelebioğlu, 1980; Çengel, 1993).



Şekil 2.5. Agregatlaşmada etkili genel faktörlerin şeması.

- **Mikrobiyolojik agregatlaşmanın toprak verimliliğine katkıları;**
- 1. Toprağın porozitesini artırır ve suyun hareketini kolaylaştırır.
- 2. Suyun toprak yüzeyinden şiddetle akışını önler.
- 3. Toprağın havalanma kapasitesini artırır.
- 4. Suyun toprağa infiltrasyonunu artırarak toprak yüzeyinde su erozyonunun etkisini azaltır.
- 5. Toprak işlemesi kolaylaşır ve arzu edilen furda yapı elde edilir. (İsmailçelebioğlu, 1980; Çengel, 1993).
- Tipik toprak profilinin gelişmesi canlılar, anamateryal, topoğrafya, iklim ve zamana bağlı olup (Şimşek, 1993) yüzyılları bulacak şekilde yavaş olmaktadır. Şekil 2.6'da olgun toprak profilinin dikine kesiti görünmektedir (Brock, 1974).

2.1.2. Toprağın Mikroorganizma Varlığı

- Toprakların MO varlığı; toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine, mineral ve organik madde kapsamına ve mevsimlere göre değişiklik gösterir. Bu nedenle belli sınırlar vermek zordur.
- Yapılan araştırmalara göre toprakların mikroflora varlığı toprağın cins ve tipine göre giderek azalan ölçülerde şu şekilde sıralanırlar.
- çernozem >kahverengi topraklar> gley> podzol> tuzlu topraklar

Yine bir tarım toprağındaki organizma gruplarının sayıları ortalama olarak Tablo 2.5'de verilmiştir.

Tablo 2.5. Topraktaki Organizma Gruplarının Ortalama Sayıları
(Çengel, 1993)

Organizma Grupları	1 gr Topraktaki Organizma Sayısı (x1000)
Bakteriler	
Direkt metod	2500000 = 2×10^7
İndirekt metod	15000 = $1,5 \times 10^4$
Aktinomisetler	700 = 7×10^5
Mantarlar	400 = 4×10^5
Algler	50 = 5×10^4
Protozoa	30 = 3×10^4

- Mikroorganizma varlığı bakımından;
 - genellikle bahçe toprakları tarla topraklarından,
 - işlenmiş topraklar işlenmemiş topraklardan,
 - bitkilerin kök bölgesi, kökler dışında kalan bölgeye ve
 - Toprağın üst tabakası alt tabakasına oranla

daha zengindirler.

Tablo 2-.6'da bir podzol toprakta çeşitli horizonlara göre mikroorganizma dağılışı gösterilmiştir.

Tablo 2.6. Podzol Toprakta Çeşitli Horizonlara Göre Mikroorganizma Dağılışı (x 1000) (İsmailçelebioğlu, 1980).

Horizon	Nem (%)	Organik karbon (%)	Bakteriler (adet/g toprak)	Aktinomiset-ler (adet/gr toprak)	Mantarlar (adet/gr toprak)
A ₁	73.3	22.7	9792	1104	191
A ₂	16.8	0.9	369	53	10
B ₁	14.1	0.4	400	1	1
B ₂	19.0	0.9	1006	1	1

- Topraktaki mikroorganizmanın sayısı; toprak parçacıklarının adsorbsiyonuna göre de değişiklik göstermektedir.
- Bir gram toprakta binlerce, milyonlarca ve milyarlarca bakteri bulunabilir.
- Toprağın canlı kütlesi devamlı bir gelişme içerisinde olup kendisini yeniler.
- Bakteriyal populasyon yazın güney bölgelerde 14-18 kez, ılıman iklim bölgelerinde ise 6-10 kez kendini yenilemektedir.
- Bir vejetasyon devresinde toprağın pulluk katındaki toplam bakteri üretimi, binlerce ton canlı ağırlığına ulaşabilmektedir. (İsmailçelebioğlu, 1980).

2.1.3. Redoks Potansiyeli

- Redüksiyon ve oksidasyon reaksiyonları, toprağın kimyasal ve biyolojik olaylarının her ikisini de açıklamada en önemli kriterlerdir.
- Tüm organizmaların yaşam enerjisi indirgenmiş materyallerin oksidasyonundan elde edilir.
- Bu olay ile oksidasyon sırasında ortaya çıkan faydalı enerji organik ve inorganik besin maddelerinin elektronlarını harekete geçirir.
- Bu işlem bazı ara reaksiyonları içeren bir seri basamaklarla tamamlanmaktadır.
- İndirgenen maddelerden çıkan elektronlar, solunum boyunca veya bir seri bileşenden oluşmuş elektron taşıma zinciri boyunca taşınır.
- Bu zincir, maddelerden çıkan elektronları en sonunda elektron alıcısı O_2 'ne doğru hareket ettirebilme (taşıma) kabiliyetine sahiptir (Şekil 2.7).

- O₂'nin yetersiz olduğu durumlarda eğer organizmalar uygun enzim sistemlerine sahiplerse, NO₃⁻, Fe⁺³ ve SO₄⁻² elektron alıcıları olarak görev yapabilirler.
- Elektron taşıma sisteminde elektronlar ve protonların hareketi birbirlerinden ayrı ve asimetriktirler (Şekil 2.7).
- Bu sistemde Protonlar hücre zarının dışına atılmaktadır, Elektronlar ise düzenli olarak O₂ 'ne taşınarak hücre içerisinde OH⁻ oluşmaktadır.
- Hücre zarı, dışarıya H⁺ içeriye OH⁻ iyonlarının serbestçe geçişine izin vermediği anda arada bir pH artışı ve elektriksel potansiyel oluşur.
- Bu pH, aktif taşıma ve flagella dönüşlerini faaliyete geçirebilecek bir güçtür. Yine bu güç, ATPaz vasıtasıyla enerjiyi ATP formunda oluşturmak için kullanılabilir.

- Nasıl ki, asitlerden ve bazlardan proton alıcısı ve vericisi olarak söz edilmekte ise;
 - Yükseltgen (Oksitleyiciler-oksidant)-Elektron verici (Enerji kaynağı)- O₂ kazanma
 - İndirgen (redüktant) – Elektron alıcı (Enerji kaynağı değil)- O₂ kaybetme

olarak görev yaparlar

- Negatif yüklü elektron ‘e’ veya ‘e⁻’ şeklinde gösterilmekte olup ya bir oksidasyon ya da bir redüksiyon reaksiyonuna katılmaktadır.
- Bir oksitleyici, oksidasyona neden olan bir maddedir. Aynı zamanda elektronları kabul ederek indirgenmektedir.

- Buna göre, volt olarak ifade edilen elektrontransfer potansiyeli olayında,
- Redoks Potansiyeli (oksidasyon-redüksiyon) = Eh ile gösterilir.
- Pe=Redoks İntensitesi

kavramının yerini şimdi Eh kavramı almıştır.

- Reaksiyon $pH = -\log [H^+]$ ifadesine benzer şekilde
- Pe (redoks intensitesi) = $-\log [e^-]$ olarak yazılabilir.
- Yüksek derecede indirgenmiş bir çözeltide elektron verme eğilimi yüksektir. Bu durum düşük bir Pe ile gösterilir.
- Yüksek Pe, oksitlenme eğilimini elektron alma eğilimini gösterir
- Redoks Potansiyeli (Eh) ve Redoks İntensitesi (Pe) ilişkisi

- **$Pe = Eh \text{ (volts)}/0.059$** formülü ile açıklanır.

- Pe değerleri yanısıra 25 °C ve pH= 7 düzeyinde fotosentezden ayrışmaya kadar sıralanan önemli takım biyolojik reaksiyonlar Tablo 2.7.'de verilmiştir (Paul ve Clark, 1989; Sezen, 1995).

Tablo 2.7. Kuvvetli İndirgeyiciler (Negatif redoks potansiyellerin)'den kuvvetli Oksitleyiciler (Pozitif redoks potansiyelleri)'ne Doğru Düzenlenen Redoks Çiftleri. *indirgeyici sonu düşük PE*

Redoks Çiftleri	P_e	E_h (volts)
CO_2/CH_2O^a	-7.3	-0.43
N_2/NH_4^+	-6	-0.35
$CO_2/asetat$	-4.7	-0.28
SO_4^{-2}/H_2S	-3.7	-0.22
Fumarat/Suksinat	0.51	0.03
NO_3^-/NO_2^-	7.11	0.42
MnO_2/Mn^{+2}	8.1	0.48
Sitokrom 3(oks.)/sitokrom 3 (redük.)	9.3	0.55
NO_3^-/N_2	12.4	0.74
Fe^{+3}/Fe^{+2}	12.9	0.76
$1/2O_2/H_2O$	13.9	0.82

a. Çeşitli ara redoks reaksiyonlarına giren bazı reaksiyonlar.

kuvvetli indirgeyici

1/2 Oksitlenmiş sonu yüksek PE

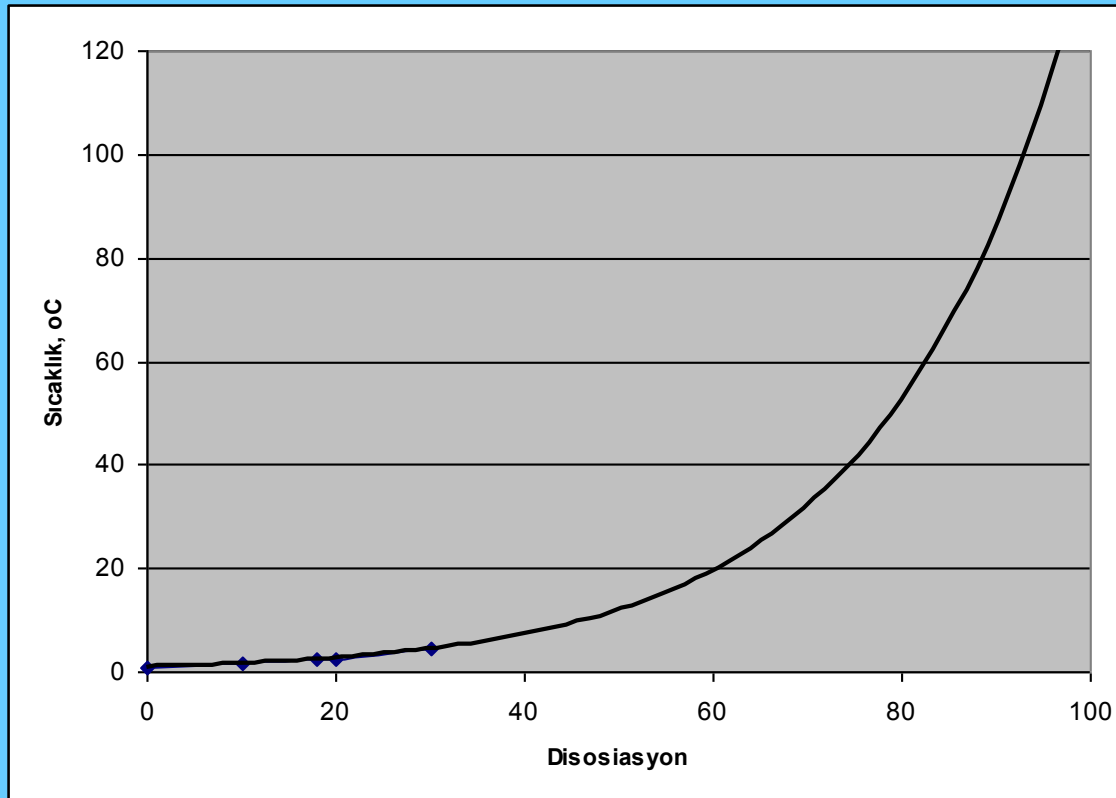
*e⁻ alma düşük
e⁻ verme yüksek*

*e⁻ alma yüksek
e⁻ verme düşük*

- Kuvvetli bir indirgeyici (CH_2O gibi) negatif redoks potansiyeline , kuyvetli bir yükseltgeyici de (O_2 gibi) pozitif redoks potansiyeline sahiptir.
- Prensip olarak oksidasyon-redüksiyon potansiyeli düşük olan bir madde kendisinden daha fazla okside olan herhangi bir maddeye elektronları verebilir.
- Elektron vericisi ile son alıcının elektron potansiyelleri arasındaki fark büyüdükçe biyolojik sistemler tarafından enerji alınması o derece fazla olmaktadır.
- Pozitif bir E_h değeri standart koşullarda reaksiyonun egzergonik olduğunu gösterir.
- Hücre içerisindeki bir çok oksidasyon-redüksiyon reaksiyonları sırasında adenozin difosfattan (ADP), adenozin trifosfat (ATP) sentez edilmiş olur.
- Oksidasyon-redüksiyondan olayı ile oluşan bu enerji yüksek enerji bağında muhafaza edilir. ATP'deki bu enerji, hücrenin enerji gerektiren hareket, biyosentez reaksiyonları ve gelişmesi için kullanılır (Paul ve Clark, 1989; Keha ve Küfrevioğlu, 1993).

2.1.4. Toprak Reaksiyonu (pH)

- Toprağın pH'sında dissosiyeye olmuş hidrojen iyonu esas rolü oynamaktadır. Suyun dissosiasyon derecesi ayrismada fazlasi ile onemlidir.
- Dissosiyeye: Suyun H ve OH iyonlarına ayrılma derecesi.
- 0 oC de 1, 10 oC de 1.7, 34 oC de 4.5 tir.



- Toprakların çoğu aşırı asitlikten etkilenmiş durumdadır. Bu sorun, asit yağmurlarından ve bazı besin maddeleri ile toprağı ağır bir biçimde gübrelemekten ortaya çıkmaktadır.
- Biyolojik nitrojen fiksasyonu da asitlik yaratmaktadır. Çünkü fiksasyon işlemi süresince H^+ üretilmektedir. pH ölçümleri, toprakların mikrobiyolojik reaksiyonları destekleme yeteneklerinin önceden saptanmasında önemli bir ölçüt olmaktadır.
- Toprak çözeltisinin pH'sını ölçmek kolaydır. Bununla birlikte, negatif yüklü kil yüzeyleri pozitif yüklü iyonlar (katyonlar)'la kaplanmıştır.
- Negatif yüklü kil ve organik kolloidlerin yüzeyinde adsorbe olmuş katyonlardan dolayı elektrikle yüklenmiş yüzeylerdeki pH, toprak çözeltisinden bir kaç kat daha fazla asitlik göstermektedir.

- Amonyak'ın nitrata dönüşümü olan nitrifikasyon, toprak pH'sına en çok duyarlı bir biyolojik oksidasyon işlemidir. Orman topraklarındaki nitrifikasyon, 4'den düşük pH değerlerinde ortaya çıkmaktadır. Oysa tarım topraklarında pH, 6'nın aşağısındaysa nitrifikasyon gerçekleşmemektedir.
- Bu durumu açıklayan iki görüş vardır.
- Açıklamanın birisinde; nitrifikasyon azot bakımından zengin materyallerin ayrıştığı toprağın mikroalanlarında ortaya çıkan bir olaydır. Amonyakın serbest kalması mikroalanlarda toprak çözeltisindekinden daha yüksek bir pH ortaya çıkarmaktadır.
- Diğer açıklamaya göre, asit karakterli topraklardaki nitrifikasyona, heterotrofik nitrifikasyon bakterileri neden olmaktadır. Çünkü bu bakteriler ototrofik nitrifikasyon bakterilerine göre aside daha fazla dayanıklıdır (Paul ve Clark, 1989).
- Spesifik olarak pH değerleri organizmaların büyüklüğüne ve mikrobiyal düzeydeki enzimlerin çokluğuna bağlı olmaktadır.

- Bir bakteri 1000 dolayında enzim içermektedir. Bu enzimlerin çoğu pH bağımlısı olup hücre zarı gibi çeşitli hücre bileşenlerinde bir araya gelmişlerdir. Enzimlerin optimum pH'sı adsorbsiyon olayı ile etkilenmektedir. Toprakta enzimlerin humatlara absorbsiyonu onların optimum pH'larının yüksek değerlere çıkmalarına neden olur (Paul and Clark, 1989)
 - pH istek durumlarına göre mikroorganizmalar 4 gruba ayrılırlar;
 - 1- Asidi sevenler,
 - 2- Aside toleranslı (dayanıklı) olanlar
 - 3- Nötr pH'yı sevenler,
 - 4- Bazik pH'yı sevenler.
-
- Mantarlar asit topraklarda (pH 4,5-5,5)
 - Bakteriler nötr topraklarda (pH 6-8)
 - Aktinomisetler bazik topraklarda (pH >8) daha fazla aktivite göstermektedirler.
 - Bununla beraber *Azotobacter chroococcum* maksimum pH=7,2 olan topraklarda bulunabildiği halde, *A. Indicum* daha fazla asit reaksiyonlu topraklarda bulunabilmektedir (İsmailçelebioğlu, 1980; Çangel, 1993).

- Toprak sınıflarının alt bölümlere ayrılmasında önemli bir kriter olan toprak pH'sı toprak organizmalarının sayı ve tür zenginliği ni de etkilemektedir.
- Tablo 2.8'de bazı toprak organizmaları ve bunların pH istekleri gösterilmiştir. Buna göre aynı cins içerisinde bulunan türlerin bile optimum pH istekleri değişik sınırlar arasındadır.

Tablo 2.8. Bazı Organizma Grupları ve Bazı Türlerin pH-İstek Sınırları (Çengel, 1993).

Organizma Grubu	pH İsteği		
	Minimum	Optimum	Maksimum
Bakteriler	3.5	6.5-7.5	10.0
Mantarlar	5.0	3.0-7.0	9.2
Mikroorganizma Türleri	Minimum	Optimum	Maksimum
<i>Azotobacter chroococcum</i>	5.8	6.8	7.2
<i>Aerobacter aerogenes</i>	4.4	6.0	9.0
<i>Streptococcus viridan</i>	4.5	5.8-7.8	8.0
<i>Bacillus subtilis</i>	5.5	6.0-7.5	8.5
<i>Nitrobacter</i>	5.7	8.4-9.2	10.2
<i>Nitrosomonas</i>	7.6	8.5-8.8	9.4
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	3.2-5	10.0-11.0	-
<i>Thiobacillus denitrificans</i>	5.0	7.0-9.0	10.7
<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	1.0	3.0-5.0	9.8

2.1.5. Toprak Sıcaklığı

- Sıcaklık sadece fizyolojik reaksiyonları değil, aynı zamanda çevrenin fiziksel ve kimyasal özelliklerini de etkiler.
- Buna ait örnekler arasında;
- toprak hacmi,
- basınç,
- oksidasyon-redüksiyon potansiyelleri,
- difüzyon,
- Brown hareketleri,
- viskozite,
- yüzey tansiyonu ve
- suyun bileşimi bulunmaktadır.

- Diğer organizmalarda olduğu gibi mikroorganizmaların aktiviteleri de termodinamik kanunlarına bağlıdır. Bu nedenle toprak sıcaklığındaki değişmelerin, mikrobiyal aktivite üzerinde dikkate değer etkiler yapması şaşırtıcı olmamaktadır.
- Bir kimyasal reaksiyonun düzeyi, doğrudan sıcaklığın bir fonksiyonu olup genellikle aşağıdaki şekilde Arrhenius'un tanımladığı ilişkiye uymaktadır (Paul ve Clark, 1989).
- $K = Ae^{-E/RT}$
- Bu eşitlikte;
 - k, reaksiyon düzeyi
 - A, moleküllerin toplanma sıklığı;
 - E, reaksiyonun aktivasyon enerjisi;
 - R, gaz katsayısı;
 - e~ doğal logaritma taban sayısı;
 - T, sıcaklık (Kelvin, K) 'tır.

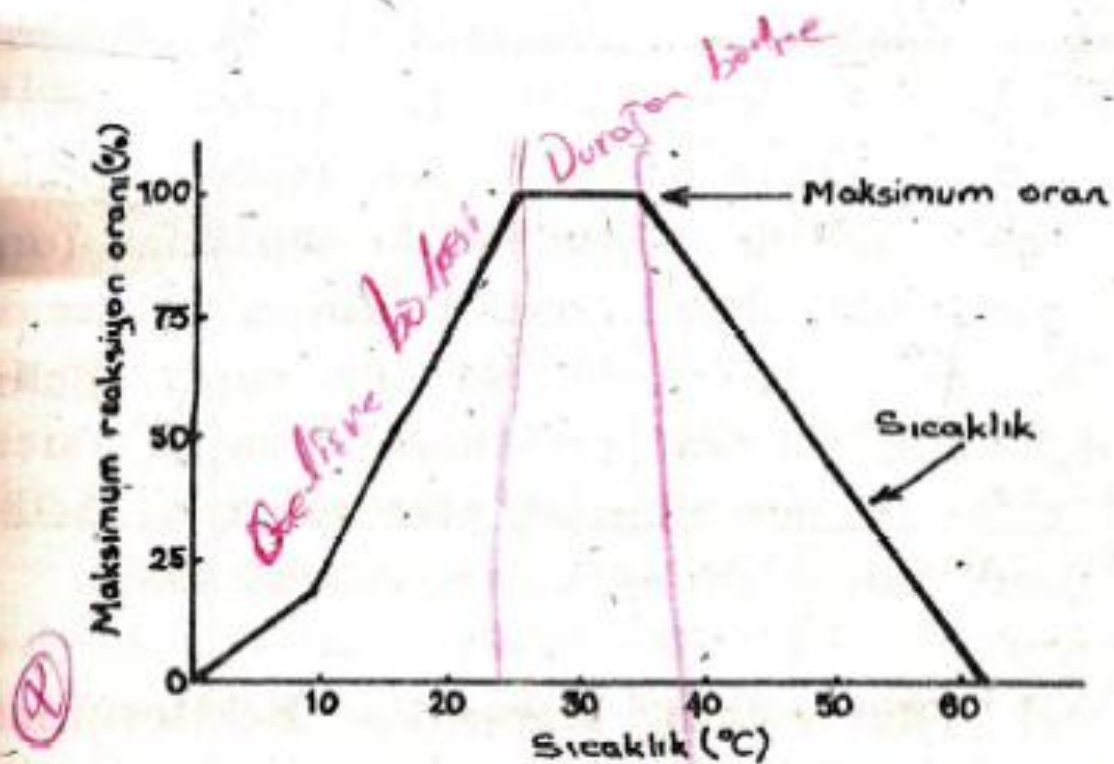
Organizmaların yaşamaları için gereksinme duydukları sıcaklık dereceleri, belli bir tolerans sınırına sahiptir.

Tablo 2.9. Organizmaların Sıcaklık Tolerans Sınırları (Çengel, 1993).

Sıcaklık Grupları	Sıcaklık Tolerans Sınırları (°C)		
	Minimum	Optimum	Maksimum
Az Sıcaklık sevenler (Psikrofil)	-10-0	10-15	15-20
Orta derecede sıcaklık sevenler (Mezofil)	10-25	20-35	40-45
Fazla sıcaklık sevenler (Termofil)	30-35	50-60	70-80

- Bu sınıflama şekli genelleştirilmiş sınıflamadır. Çünkü organizmaların tolerans sınırları çok değişiktir.
- Sıcaklık toleransının mekanizması, sıcaklığın hem enzimlerin hem de hücrenin doğal yapısını bozması nedeni ile açıklanabilir.
- Termofilik bakterilerin ribozomları ve flagella proteinleri gibi spesifik proteinler, mezofilik bakterilerinkinden daha fazla ısıya karşı kararlı yapıdadırlar.
- Bir organizmanın düşük sıcaklıklarda işlem yapabilme yeteneğini denetleyen faktörler hücre yapısına bağlıdır. Düşük sıcaklıklarda bütün proteinler hafif yapısal değişikliğe maruz kalırlar. Bu değişiklikler 3 boyutlu yapıyı kontrol eden zincirlerin zayıflığına atfedilmektedir.
- Proteinlerin genetik kodlamasından sorumlu olan ribozomlar gibi materyaller içindeki proteinlerin yapısı çok önemli oluyorsa; hücrelerin soğuğa karşı dayanıklılığını artıran mutasyonlar da protein üretimi için kodlanmış genlerde ortaya çıkmaktadır.

- Lipidlerin erime noktası doğrudan doğruya doymuş yağ asitleri içeriğine bağlı olmaktadır.
- Sonuç olarak, hücre zarı lipitlerindeki yağ asitlerinin doygunluk derecesi, belirli sıcaklıklardaki bu lipidlerin erime derecesini belirler. Hücre zarının fonksiyonunun akışkanlığa bağlı olması nedeniyle düşük sıcaklıklarda organizmaların gelişmesinin, doymamış yağ asitlerin miktarındaki artış ile kolaylaştırıldığı açıkça anlaşılmaktadır.
- Pratik olarak 0°C'nin altındaki sıcaklıklarda mikrobiyal gelişmenin durduğu bilinir (Aktaş, 1991). Bazı psikrofil bakteriler donma noktasının altında da gelişebilmektedirler (Tablo 2.9).
- Bu durumun, içerisinde bakterinin bulunduğu toprak çözeltisinin elverişli osmoz konsantrasyonundan veya bakterilerin sitoplazmasını oluşturan bileşenlerin hücre içerisini dondurmadan muhafaza edilebilmelerinden ortaya çıktığı şansı yüksek olmaktadır.



Şekil 2.8. Değişik Sıcaklıklarla mikrobiyal reaksiyon oranları arasındaki ilişki (Paul ve Clark, 1989).

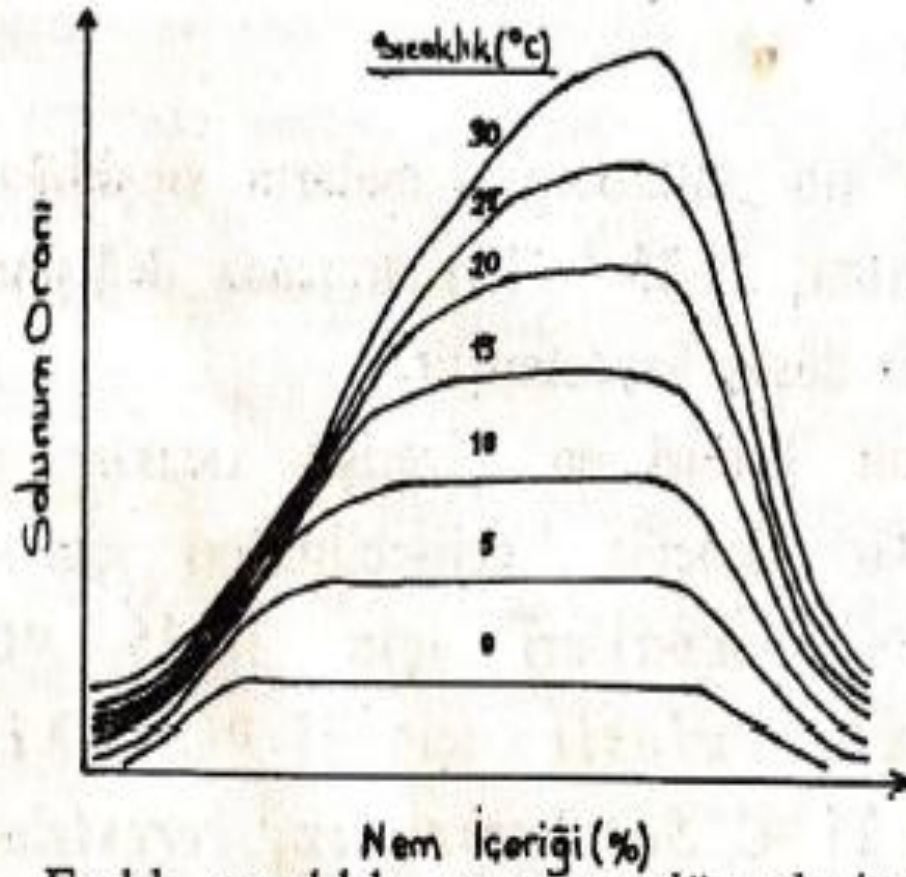
- Mikrobiyal aktiviteler için genelleştirilmiş sıcaklık eğrisinde görüldüğü gibi mikroorganizmaların sıcaklığa tepkisi,
 - 10°C'de hızlı oranda artmış,
 - 25-35 °C'leri arasında değişmemiş ve
 - 35°C'den sonra hızlı bir düşüş kaydetmiştir,
- Mikroorganizmaların herbiri, en elverişli sıcaklar açısından diğerlerinden farklıdırlar. Örneğin gelişebilmeleri için optimum sıcaklık;
- Nitrifikasyon bakterileri için 30-35 ° C arası ,
- *Mycobacterium tuberculosis* için 37 °C,
- *Rhizobium leguminosarum* için 25 °C,
- *Saccharomyces cerevisiae* için 28 °C ve
- *Fusarium caeruleum* için 20 °C'dir (Çengel, 1993).

- Toprak sıcaklığının esas kaynağı, güneşten yer yüzüne ışınlarla gelen güneş enerjisidir. Toprak tarafından, adsorbe edilen ışık toprağı ısıtır. Yüksek enlem derecelerinde güneş ışınları yeryüzüne yatık geldiğı için ışınların adsorbsiyonu az olur.
- Ekvatora yaklaşıldıkça ışınların gelişi dikleştigi için bunların, adsorbsiyonu da fazla olur. Bu nedenle toprak sıcaklığı kutuplardan ekvatora doğru yaklaştıkça artış gösterir.
- Arazinin kuzeye veya güneye eğimli olması da ışınların adsorbsiyonuna etki yapmaktadır. Güneş ışınlarının kuzey yönelere göre güney yönelere daha dik gelmesi bu kısımlarda toprağın sıcaklığın artmasına neden olur.
- Bitki örtüsü ve bitki artıkları ile kaplı topraklar çıplak topraklara nazaran daha geç ısınır ve soğurlar.
- Don etkisi çıplak topraklarda örtülü topraklardan daha derindir.
- Koyu renkli topraklar (organik madde içermelerine göre) açık renkli topraklardan daha geç ısınır ve soğurlar.
- Toprağın derinliği de sıcaklığına etki yapar.
- Belli bir yerde yapılan ölçümlerde, yaz ortasında günlük sıcaklık dalgalanması 5, 10 ve 30 cm derinliklerine göre sırasıyla 15-18°C, 8-10°C ve 1-2°C olarak bulunmuştur (Paul ve Clark, 1989).

2.1.6. Çevresel Faktörlerin Karşılıklı Etkileşimleri

- Sıcaklık , nem, pH, havalanma, redoks potansiyeli ve toprak tipinden yola çıkarak bunların arasındaki karşılıklı etkileşimleri yorumlamak güçtür. Doğada çok nadir olarak önemli faktörler bağımsız olarak davranırlar. Sadece bilgisayarlı teknikler, bunlar arasındaki etkileşimleri tanımlamaya ulaşabilir.

Şekil 2.9'da farklı sıcaklık ve nem düzeylerinde solunumun bilgisayarla elde edilen görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Farklı sıcaklık ve nem düzeylerindeki solunum oranının bilgisayarda elde edilen görünümü (Paul ve Clark, 1989).

Tablo 2.10'da ise belli sayıdaki önemli mikrobiyal adaptasyonların bir özeti gösterilmiştir.

Tablo 2.10. Mikroorganizmalar ve Biyokimyasal Adaptasyonlar Üzerine Önemli Koşulların Etkileri (Paul ve Clark, 1989).

Önemli Faktör	Hücreler Üzerine Etkileri	Mikroorganizmalar	Biyokimyasal Adaptasyonlar
Sıcaklık	Enzimlerin yapısının bozulması	Termofiller <i>Yüksek sıcaklık</i>	Sıcakta değişikliğe uğramadan kalan proteinlerin sentezi.
Soğuk	Hücre zarının alışkanlığının bozulması	Psikrofiller <i>Soğuk</i>	Daha fazla doymamış yağ asitleri üretimi
Su potansiyeli	Dehidrasyon enzim aktivitesinin inhibisyonu	Osmofiller, <i>Osmotik basınç</i> Halofiller, <i>(Yüksek tuz)</i> Kserofiller <i>Su yoksunluğu</i>	Enzim adaptasyonları eriyebilen madde birikimleri
Asidite	Protein yapısının bozulması ve enzim inhibisyonu	Asidofiller <i>Asitli ortam</i>	Proton artışı
Anaerobik ortam	Metabolik kuralların farklılaşması	Anaerobler Mikroaerofiller	Fermantasyon, Alternatif elektron kaynaklarının kullanımı

2. 1.7. Toprak Organizmalarının Birbirleri ile Karşılıklı Etkileşimleri

- Topraktaki biyolojik dengenin bir sonucu olarak, topraktaki organizmaların birbirleriyle değişik ilişkileri vardır. Topraktaki biyokimyasal olayların tümünde bir organizma rol oynayamaz.
- Değişik organizmaların aktiviteleriyle bu olaylar yürütülür. Bir organizmanın belli bir düzeye getirdiği bir mikrobiyolojik olayı (örneğin organik maddenin ayrışmasını) bir organizma daha ileriye götürür. Bunu diğer farklı organizmaların aktiviteleri izler.
- Bu şekilde birbirini takip eden mikrobiyolojik olaya “**metabiyoze**” denir.
- Değişik organizmalar arasındaki parazitik ilişkiler, önem taşıdığı gibi organizmalar arasında karşılıklı birbirini teşvik edici (**Sinergismus**) ve engelleyici (**Antagonismus**) etkileri de vardır.
- Aerobların, anaeroblara vitamin oluşturarak gelişmelerini teşvik etmesi sinergismusu;
- bakteri mantar ve aktinomisetlerin çıkardığı antibiyotiklerin birbirlerini engelleyici etkileri ise antagonisrnusu gösterir (Çengel, 1993).

1.8. Toprak Organizmaları ile Yüksek Bitkilerin Karşılıklı Etkileşimleri

- Biyolojik aktivite, bitki kök bölgesinde (rizosferde) çok yüksektir.
- Çünkü; bu bölgede mikroorganizma aktivitesini teşvik eden;
 - 1) Nükleotidler, organik asitler, aminoasitler, birçok şeker bileşikleri ve vitaminleri içeren kök salgıları vardır,
 - 2) Kılcal köklerin su ile şişmesi sonucu sümüksü maddelerin oluşumu vardır,
 - 3) Su ve hava geçirgenliğini kolaylaştıran, köklerin oluşturduğu kanallar vardır,
 - 4) Besin ve enerji kaynağı olarak C ve N'ca zengin bitki kök artıkları vardır.
- Bunların sonucu toprak organizmaları fazla sayıda ve aktivitesi de yüksek olur.
- Bunların dışında mikroorganizmalar C, N, S ve diğer besin maddelerinin döngüsünde görev üstlenerek, bitkiler tarafından alınabilir formlara dönüştürülmesinde önemli roller üstlenmektedirler.
- Ayrıca sinergismus ve antagonismus etkileriyle rizosferi patojenlerden korunmasına ve toprak verimliliğinin artmasına yardımcı olurlar (Çengel, 1993).

BAKTERILER

- **Genel Bilgiler**
- Biyoloji, canlı organizmalardan bahseden bilim dalıdır.
- Biyolojinin iki büyük dalı
 - Botanik (Bitki Hayat İlmi) ve
 - Zooloji (Hayvan Hayat İlmi) dir.
- Bakteriyoloji, bakteri olarak bilinen (Bakteria, tekil Bakterium) mikroorganizmalarla meşgul olur. Bakteriyoloji terimi, havada, suda, toprakta, canlı bitki ve hayvan bünyesi ile ölü organik maddeler içerisinde yaygın olan mikroskobik geniş bir canlı grubunu kapsamaktadır.
- Mikrobiyoloji ise daha geniş kapsamlı olup, bakteriler, mayalar, küfler, suyosunları ve protozoalar gibi bitki ve hayvanlar alemine giren tüm mikroorganizmalarla ilgilidir ve onlarla meşgul olur.
- Mikrop terimi Fransızcadan gelir. Manası mikroskobik organizma veya mikroorganizmadır.
- Germ terimi patojenik veya hastalık yapan bakteriler manasına gelir.
- Mikrop ve germ terimleri bakteri ile eşmanalıdır, sinonim'dir.

- Bakteriler bitki ve hayvan karakteri gösterirler. Bunun için bakterileri bitkidir veya hayvandır deyip geçmek mümkün değildir.
- Bununla beraber bakteriler yine de bitkiler aleminin *Protophyta* (İlkel Bitkiler) bölümü, *Schizomycetes* (Bakteri ve benzerleri) sınıfı içerisinde yer alırlar.

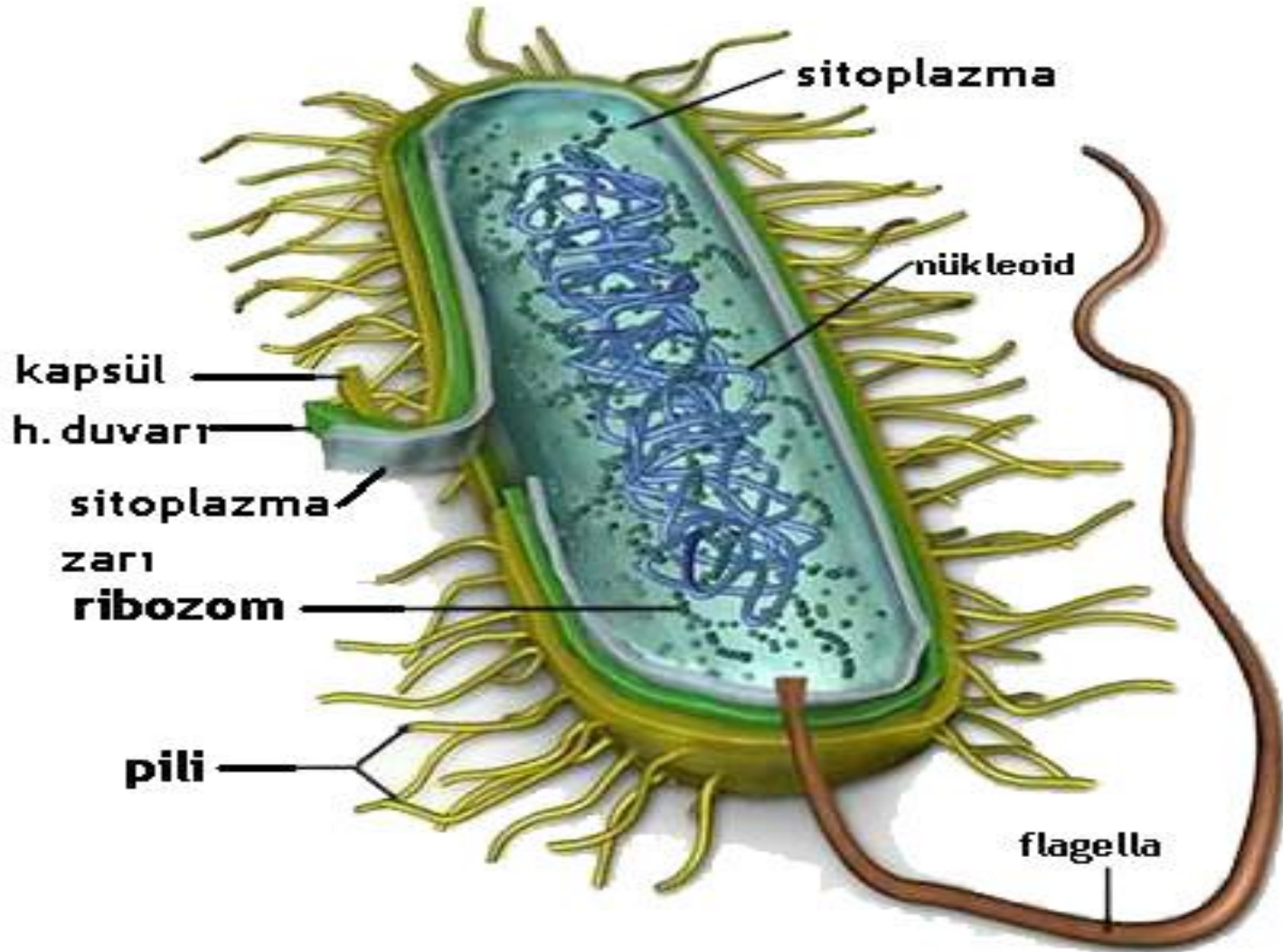
Bakterilerin Büyüklükleri

- Bakterilerin boyutlandırılmasında metrik sistem kullanılır.
- Mikrometre (μm); 1/1000 milimetre olup, daha önceleri mikron (μ) diye isimlendirilirdi.
- Nanometre (nm) ise; 1/1.000.000 mm (veya $10^{-6}\text{mm} = 10^{-9}\text{ m}$) dir. Daha önce milimikron ($\text{m}\mu$) denilirdi. 1 nm de 10 Å (Angstrom)'dur.
- Bakteriler; genellikle 0.5-1 μ capında, 4-5 μ uzunlugunda mikroskopla görülebilen ve prokaryotik hücre yapısına sahip olan mikroorganizmalardır.
- Bakteri hücrelerinin büyüklüğü türlere göre farklılık gösterir.
- Mesela, verem mikrobunun *Mycobacterium tuberculosis* ortalama boyu 1-4 μm , eni 0.2-0.4 μm 'dir.
- Çok küçük bir bakteri olan *Haemophilus influenzae*'nin boyu 0.5 μm , eni 0.2 μm kadardır.
- Frengi hastalığının etkeni olan *Treponema pallidum* ise 6-20 μm boyunda, 0.1-0.2 μm enindedir.
- Bakterilerin büyüklükleri ayrıca, üreme safhasına, beslenme durumuna ve çevre şartlarına bağlı olarak değişir.

Bakterilerde Hücre Yapısı

- Bakteri hücresi nükleus zarı olmadığı için prokaryotik olarak isimlendirilir. Bu hücrelerin nükleus plazması sitoplazmadan ayrılmamıştır.
- Prokaryotik hücre yapısı gösteren bakteriler, ökaryotik hücre yapısı gösteren funguslar, algler ve protozoonlardan hücrelerden daha basit yapıya sahiptirler.
- Ancak, diğer hücrelerde olduğu gibi bakteri hücresinde de sitoplazma, sitoplazmik zar, nükleus ve çoğunda hücre duvarı bulunur.
- Bazı bakteri hücrelerinin dış kısımlarında kapsül, kamçı (kirpik, flagella) ve fimbria gibi yapılar yer alır. Bir kısım bakterilerde endospor mevcuttur. Aşağıda bir bakteri hücresinin kısımları görülmektedir (Şekil 4.4).

Prokaryot hücre yapısı



• **Bakterilerin Bulundukları Yerler**

- Bakteriler genellikle tabiatta hemen her yerde bulunurlar. Havada, toprakta, durgun su birikintilerinde, nehirlerde, gıdalarda her çeşit çürümüş ve çürümekte olan organik maddeler üzerinde, petrol yataklarında çöplük ve gübreliklerde, insan ve hayvanların vücutlarında, vücut boşluğu, mide ve barsaklarında sindirim sistemlerinde vs. yer alırlar.
- Bakteriler havada da bulunurlar; fakat bu ortamda gelişip büyüyemezler. Aynı zamanda çoğalamazlar da; Çünkü şartlar buna müsait değildir.
- Tozlu odalarda daha fazla sayıda mikroorganizma görülür. Bakteriler genellikle havada mevcut toz partiküllerine yapışır ve havada tozlarla birlikte asılı kalırlar, böylece kontaminasyonlara sebep olurlar.
- Yüksek dağların atmosferinde genellikle mikroorganizmaya rastlanmaz .

- Genellikle sular geniş miktarda bakteri ihtiva ederler. Bakteri sayısında suyun tabiattaki yer ve durumuna göre önemli derecede değişiklik olabilir.
- Örneğin kuyuların derin veya sathi oluşu, kaynaklar, nehirler, göller, havuzlar veya diğer akar sular vbg. Lağımlarla kirlenen suların bir milimetresinde binlerce hatta milyonlarca organizma bulunabilir.
- Toprakta bulunan bütün bakteri türleri sularda da görülebilir. Bazı tuler daima sularda mevcut olup o suyun tabii florasını teşkil eder.
- Genellikle denizlerin atmosferi karaların atmosferine nazaran daha az bakteri ve mikroorganizmaya sahiptir.
- Çünkü toprak, deniz suyuna göre daha üstün vasıflı bir yasama ortamıdır.

- Bakterilerin bir kısmı zararlıdır. İnsan ve hayvanlarda hastalık yapmakta, bitkilerde ürün kaybına yol açmaktadırlar.
- Bazı bakteriler muayyen yerlerde yaşarlar ve daima buralarda görülürler. Özel bir ortamda bir veya birkaç tür daima görülür, o zaman bu türler o ortamın tabii florasıdır.
- Mesela *Streptococcus lactis* normal olarak toprakta yaşar, dane ve otlar üzerinde de bulunur. Bu dane ve kuru otlardan ineklere ve hayvanlara bulaşır, Oradanda süte geçer. Dolayısıyla sütün mayalanmasına sebep olur.
- Normal inek memeleri muhakkak bakteri ile kontamine olmuştur. İnekten süt alındığında steril olmayan bu süt bakterileri ihtiva eder.

- Bunların yanında insan derisinin sathıda daima bakteri ihtiva eder. Solunum sistemi, sindirim sistemi, mide ve barsaklarda da bakteriler mevcuttur. Bu Ortamların ihtiva ettikleri flora normal olup zararsızdırlar. Bazen bir bakteri türü deriden vücuda girerek vücutta çoğalır ve vücudun müdafaa mekanizması da zayıfsa bu tür hastalık yapabilir.
- Bir insanın barsak muhtevasının kuru ağırlığının $\frac{1}{3}$ ini bakteri hücreleri teşkil eder. İnsanın kalın barsaklarında *Escherichia coli* bulunur. Barsak ortamı değişince bakteri florasında önemli derecede değişme olur.
- Örneğin barsaklardaki protein ortamı karbonhidrat ortamına dönüşürse *E. coli* bakterisinde büyük ölçüde azalma olur. Bunun yerine *Lactobacillus acidophilus* bakteri türü çoğalmaya başlar. Bu ortam muhafaza edildiği müddetce kalın barsakların dominant olan bakterisi *L. acidophilus* olacaktır.

- Ruminantların (işkembeli, geviş getiren hayvanlar) gıdasının büyük bir kısmını selüloz teşkil eder. Buna karşılık sindirim sistemindeki enzimler selülozu parçalayacak özellikte değildir. Bu hayvanların sindirim sistemlerinde yaşayan bakteriler selülozu daha alt ünitelerine ayrıştırarak hayvanların istifade edebileceği bir duruma getirirler.
- Gıda ve yem sanayinde bakterilerden geniş ölçüde faydalanılır. Gıda maddelerinin mikroorganizmalardan arı olduğu düşünülemez. Bazı organizmaların gıdalar üzerinde bulunması faydalı olmakla beraber, arzu edilmeyen durumlarda mevcuttur.
- Bazı yiyecek maddeleri bakteri ve diğer bazı organizmalarla parçalanıp bozularak kullanılmayacak veya insan ve hayvanlar tarafından kullanıldığı takdirde ölümlerine sebep olacak hale sokulurlar.

- Bazı bakterilerin alkolü oksitleyerek fermantasyon olayı sonunda sirkeye dönüştürmesi, lahananın laktik asit fermantasyonuyla lahana turşusu haline sokulması, sütün yoğurda dönüştürülmesi v.b. gibi durumlar tamamen bakteriler yaparlar.
- Peynir yapımında bakterilerin oldukça önemli bir rolü vardır.
- Zeytini yenilebilecek bir duruma bakteriler getirir.
- Bazı gıda katkı ve koruyucu maddelerinin üretiminde bakterilerden yararlanılır.
- Taze yemlerin silaj yapılmak suretiyle uzun süre bozulmadan saklanmasında bakteriler roloynar.
- Ayrıca, bakteriler sanayi kuruluşlarının atık maddelerini, petrolü vb. maddeleri tek hücre proteinine çevirebilirler.
- Bugün tek hücre proteini, hayvan yemi olarak kullanılmakta, insan gıdası olarak kullanılması da düşünülmektedir.
- Bakterilerden endüstrinin diğer dallarında da istifade edilmektedir.
- Birçok antibiyotik maddenin, organik asirlerin. çeşitli vitamin ve enzimlerin üretiminde bakterilerden faydalanılmaktadır.

- **Toprakta Bakteriler**
- Toprağın mikrobiyal popülasyonu bakteriler, aktinomisetler, mantarlar, algler ve protozoonlar olmak üzere beş büyük gruptan oluşmuştur.
- Bakteriler, toprakta diğer dört gruptan sayıca çok fazladır. Ancak bakteriler küçük cap ve uzunlukta olmaları ve diğer dört grubun büyük hücreli veya uzun iplik şeklinde olmaları nedeniyle toprağın toplam mikrobiyal dokusunun yarısından daha azını oluştururlar.
- Aerobik, koşullarda bakteriler ve mantarlar fazla bulunmaktadır.
- Anaerobik koşullarda ise biyolojik ve kimyasal değişimlerden hemen hemen sadece bakteriler sorumludur.

- Bunlar kuraklığa ve sıcaklığa büyük bir dayanıklılık gösterirler. Sporlardan vegetatif büyümeye uygun koşulların olması durumunda yeni bakteri hücreleri ortaya çıkar. Aerob ve anaerob bakteriler arasında spor oluşturan türler vardır.
- Toprakta Aerob koşullarda spor oluşturan bakterilere *Bacillus*,
- Anaerob koşullarda spor oluşturan bakterilere ise *Clostridium* örnek verilebilir.
- Sporlar, morfolojik olarak hücrelerin tanımlanmasında ayırdedici özellik olarak kullanılır. Şekil 2.11'de sporun hücredeki yerleri ve buna göre aldığı isimler görülmektedir (Çengel, 1993).

- Bakterilerin çeşit ve miktarları çevre şartlarına bağlı kalarak bir yerden diğer bir yere değişmektedir.
- Yalnız sayı ve türleri ortama göre değişir. Mesela toprakta yaşayan bakterilerin sayı ve türleri; toprağın tipi, toprakta mevcut bitki ve hayvan artıklarının (Hümüsün) miktarı, asitlik ve alkalilik derecesi (pH), derinliği, havalandırma derecesi, rutubet muhteviyatı ve toprağın işlenme durumu.
- Toprakta yaşayan canlıların büyük bir çoğunluğu satha yakın bulunur. Toprakta yaşayan canlıların sayısı da, toprak sathından aşağı tabakalara doğru gidildikçe azalmaktadır.
- Zengin kültüre alınmış bahçe toprağının bakteri popülasyonu, fakir kültüre alınmamış bahçe toprağının bakteri popülasyonundan önemli derecede) zengindir.

B- Bakterilerin Topraktaki Fonksiyonları

- Bakteriyolojinin ilk gelişimi devresinde hastalık yapan organizmalarla meşgul olduğu zannedilmekteydi ki bu düşünce yarılıştı. Çünkü sadece, birkaç bakteri tüm insanlarda hastalık yapar. Diğer büyük bir çoğunluğu faydalı olup canlıların mevcudiyeti ve yaşayabilmeleri için lüzumludurlar. Hatta hayat, bakterilerin yokluğunda var olamaz.
- Bakterilerin faydaları zararlarından daha fazladır. Çünkü, bakteriler; bitkilerin topraktan ve havadan, insan ve hayvaların bitkilerden alıp, bünyelerine mal ettikleri organik maddeleri parçalayarak tekrar toprağa dönüştürür ve bitkilerin istifadesine sunarlar.
- Bitkilerin havadan aldıkları karbondioksidi tekrar havaya verirler. Böylece hayatın sürekliliğinde çok önemli bir rol oynarlar.

- Bitki ve hayvanların topraktaki varlığı ile toprağın verimliliği , toprağın verimliliğiyle de toprak popölasyonunun aktivitesi artmaktadır. Bitkiler besin maddelerini topraktan mineral halinde alırlar. Organik bileşik olan yağlar, proteinler ve karbonhidratlar yapı taşları olan daha küçük parçalara ayrılmadan bitkiler tarafından kullanılamazlar. Toprakta bulunan organizmalar, bitki, hayvan ve insan artıklarına hücum ederek onları parçalayıp mineralize eder ve daha küçük organik yapıya ayırarak bitkilerin istifadelerine sunarlar.
- Bakteriler suda erimeyen protein, yağ, sellüloz, hemisellüloz v.b. gibi karbonhidratları suda erir bir hale getirir ve böylece diğer canlılar için faydalı bir hale çevirirler.
- Toprak bakterilerinden bazı türler, yüksek bitkilerden bazılarının köklerine girerek havanın serbest azotunu burada bağlayıp, bitkiler tarafından kullanılan organik bileşikler haline çevirirler. Bundan sonrada bakteriler bitki özsuyundan kendi besinlerini temin ederler. Bu hal tabiatta iki farklı bitki türü arasında cereyan eden simbiyotik yaşamaya en mükemmel bir örnek teşkil eder.

- **Bakterilerin şekilleri**
- Morfolojik özellikleri bakımından bakteriler sadece yuvarlak şekilde olmayıp, oval veya balya görünümünde de olabilmektedir.
- Bakterilerin bilinen üç morfolojiksel tipi vardır.
 - Küre şeklinde olanlar (coc) ve
 - çubuk şeklinde olanlar (rod),
 - spiral şeklinde olanlar (Spirillum) olmak üzere
- Bunlardan toprakta en fazla, küre şeklinde olanlar bulunmaktadır. Çubuk şeklinde olanlardan bazıları, normal hayat döngüsünün bir kısmı olan uygun olmayan koşullarda (yetersiz besin maddesi, suyun azlığı, metabolizma ürünlerinin birikmesi gibi) hücre içerisinde endospor oluştururlar.

○ → ○ ○ Mikrokok

○ → ○○ → ○○ Diplokok

○ → ○○ → ○○ → ○○○ Tetrakok

○ → ○○ → ○○ → ○○○ → ○○○○ Streptokok

○ → ○○ → ○○ → ○○○ → ○○○○ → ○○○○○ Stafilokok

○ → ○○ → ○○ → ○○○ → ○○○○ → ○○○○○ Sarsina

Şekil 4.1. Yuvarlak bakteriler.



Düz çubuklar



Fuziform basiller



Kokobasiller

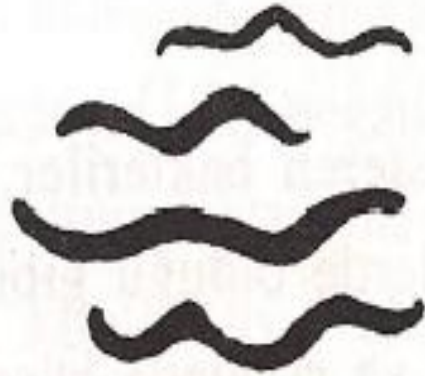


Streptobasiller

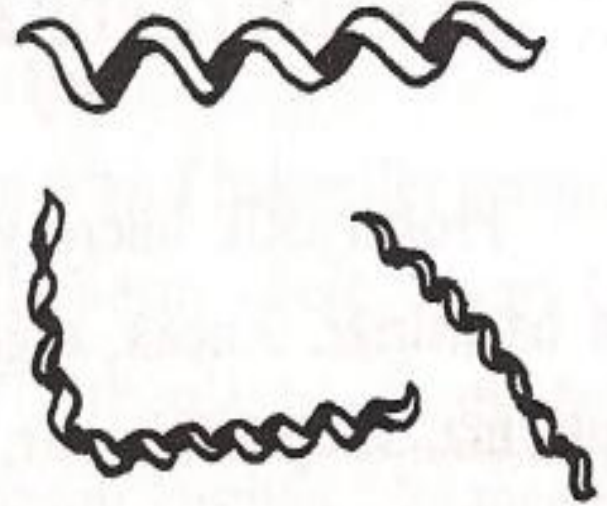
Şekil 4.2. Çubuk şeklindeki bakteriler.



Vibriolar



Spiriller



Spiroketler

Şekil 4.3. Sarmal bakteriler.

- **Bakterilerde İnvölüsyon (Yozlaşma) Şekilleri**
- Aynı tür bakteriler uygun ortamlarda çoğalırken genellikle hücre şekillerini muhafaza ederler.
- Ancak, içinde besin maddelerinin azaldığı, zehirli veya zararlı maddelerin çoğaldığı ortamlarda, bakteriler arasında büyüklük ve şekil bakımından ayrılıklar, düzensizlikler olur.
- Mesala, kok şeklindeki bakteriler çok büyük, balon veya şekilsiz; çubuk veya sarmal bakteriler bir uçları şişkin, yuvarlak ve düzensiz şekiller alırlar. Bunlara **invölüsyon** veya **yozlaşma şekilleri** denir.

- **Bakterilerde Cogalma**
- Bakteriler, ortadan ikiye bölünerek çoğalırlar.
- Bakterilerde genetik bilginin değişimi 2 yolla gerçekleşir,
 - Konjugasyon (Conjugation) ve
 - Transdüksiyon (transduction)
- Konjugasyon, doğrudan birbirine temas eden verici (donor) ve alıcı (recipient) hücreler arasında genetik materyalin büyük kısımlarının değişimi. (transfer)'dir.
- Transdüksiyon bakterilere saldıran virüsler (bakteriofajlar) tarafından, doğrudan DNA'nın genetik değişimini içerir (Brock, 1974; Paul ve Clark, 1989; Arda, 1990).

Bakterilerde sınıflandırma

- Bakteriler,
 - Eubacteria ve
 - Archaeobacteria (veya Archaeobacteria)olmak üzere iki büyük gruba ayrılırlar.
- Her iki bakteri grubu da mikroskobik olarak benzer şekiller gösterirler.
- Archaeobacteria grubu Eubacteria grubundan kimyasal yapı ve aktivite bakımından önemli derecede değişiklik gösterir.
- Ayrıca, Archaeobacteria grubunun yaşadığı çevre diğer gruptan oldukça farklıdır. Bu bakteriler tuz ve asit oranı çok fazla, sıcaklık derecesi oldukça yüksek ekstrem ortamlarda bulunurlar. Mesela bunlar, tuz tabakaları arasında, sıcak su kaplıcalarında, bataklık çamurlarında veya sığır, koyun gibi ruminantların sindirim sistemlerinde yaşarlar.

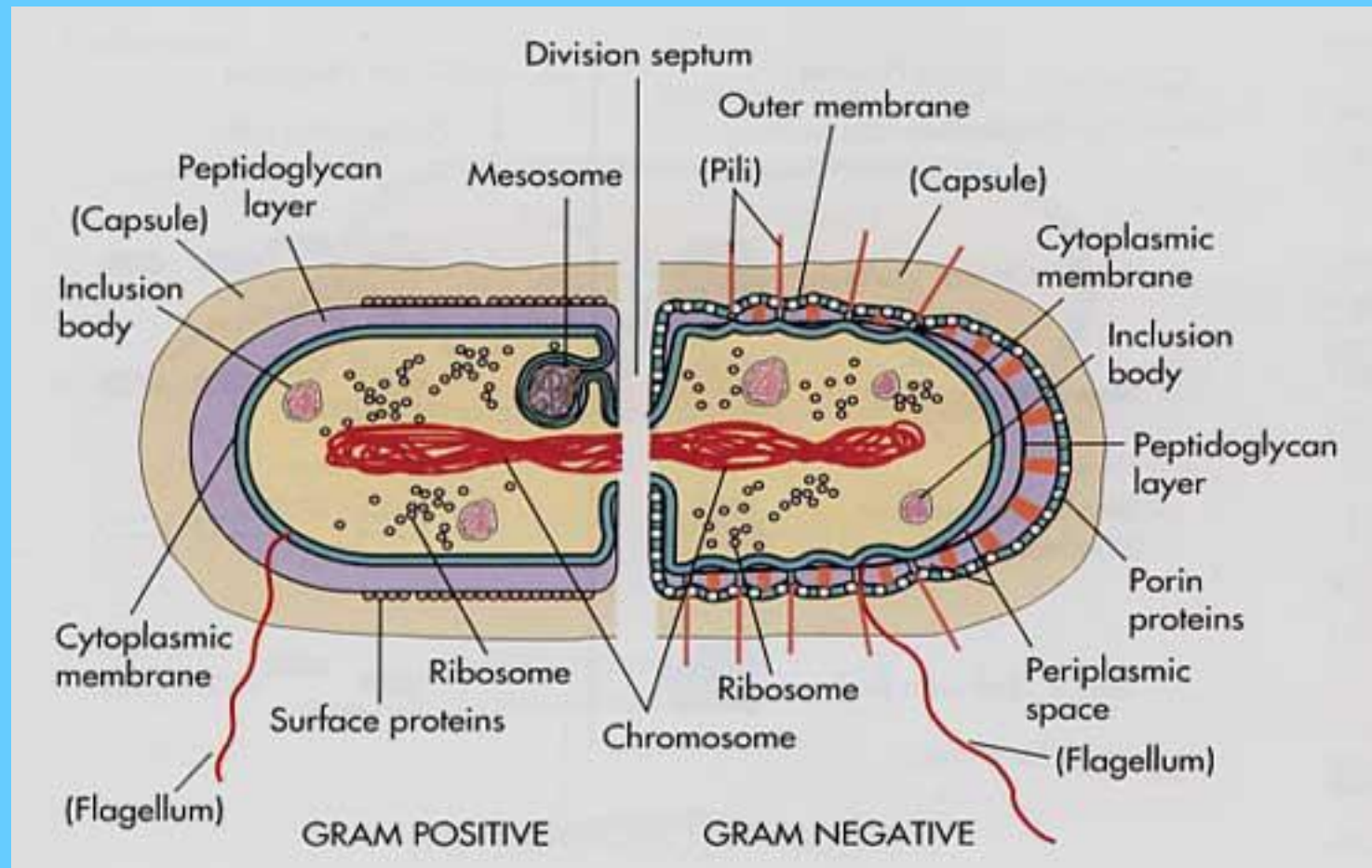
Bakterilerde Siniflandirma

- **Enerji ve C Kaynaklarına Gore Siniflandirma**
- Diğer organizmalar arasında olduğu gibi bakteriler arasında da hem enerji hem de karbon kaynakları bakımından temel fizyolojik farklar görülmektedir.
 - Enerji kaynağı olarak ışığı kullananlar **fotoototrofik**,
 - Kimyasal bir maddeden enerjilerini elde edenler ise **kemoototrofik** olarak isimlendirilir.
- Eğer CO₂, hücrenin karbon kaynağı olarak kullanılırsa bu organizmalara **litotrofik (Ototrofik)**,
- Hücre karbonunu bir organik maddeden elde edenlere ise **organotrofik (Heterotrof)** denir.
- Bilinen bakteriyal türlerin en önemlileri kemoorganotrofik olup genellikle heterotrofik olarak bilinirler.
- Fotolitotroflar, yüksek bitkileri, alglerin çoğunu, cyanobakterileri ve yeşil kükürt bakterilerini içine alır.

- Kemolitotroflar, enerji kaynağı olarak NH_4^+ , NO_2^- , Fe^{+2} , $\text{S}_2\text{O}_3^{-2}$ 'i kullanılırlar.
- Obligat kemolitotroflar, diğer çoğu organizmalarda olduğu gibi, kendi hücrelerini oluşturmada aynı temel fizyolojiksel yolu (Kalvin döngüsünü) kullanırlar. Dış kaynaklı organik karbonu kullanabilme kabiliyetlerinin olmayışı, belkide hücre zarları arasından organik moleküllerin hareketi için geçişin olmamasından kaynaklanabilir. Bunlarda organik moleküller, hücre içerisinde üretilmelidir.
- Literatürde, enerji ve karbon kaynakları üzerine oluşturulanlardan başka fizyolojiksel gruplamalar da bulunmaktadır. Bunların içinde en iyi bilinenleri Winogradsky tarafından önerilen Otokton ve Zimogen gruplarıdır.
- Otokton organizmalar, kolaylıkla okside edilmeyen maddeleri içeren toprakta yavaş bir şekilde gelişirler.
 - Bunlar *Arthrobacte'r*, *Corynebacter*, *Mycobacter* ile aktinomisetlerden *Nocordia* 'dır.
- Zjmogen türler ise, toprağa taze organik materyal ilave edildiğinde aşırı bir aktivite gösterirler.
 - Bunlara örnek olarak nitrifikasyon, azot fiksasyonu yapan, sellüloz parçalayan, spor oluşturan *Baçillus* ve *Clostridium* bakterileri verilebilir.

- Bakteri türlerinin yoğunluğunu, onların yiyecek sağlamaları açısından inceleyen ekolojiksel teori, K ve r gruplarının seçimlerini gerektirir.
- Enerji kaynağının bol olduğu ortamlarda yaşamaya adapte olmuş bir tür K grubuna girer.
- R grubuna giren organizmalar ise yaşayan organizmaların yoğunluğunun az olduğu fakat muhtemelen fiziksel olarak sınırlı bir çevrede yaşayanlardır.
- Ortamdaki organizmaların sayısı, r grubuna girenlerde fiziksel çevre koşullarının elverişsiz olmasından K grubuna girenlerde ise ortamdaki birim yiyecek başına düşen rekabetten (mikroorganizma sayısının fazlalığı nedeniyle) dolayı sınırlanır.
- Bitki artıkları üzerinde yaşayan (saprofit olarak) toprak organizmalarının çoğu r grubuna, buna karşılık rizosfer organizmaları ve bitki patojenleri ise genellikle K grubuna girerler (Paul ve Clark, 1989).

- **2- Boyanabilme Özelliklerine Gore Sınıflandırma**
- Morfolojiksel ve boyanma özellikleri (Gram boyamaya karşı gösterdikleri tepki) açısından da sınıflandırılabilirler.
- G+ ile gösterilen organizmalar kristal violet, füksin gibi boyalarla boyanabilen,
- G- ile gösterilen organizmalar ise söz konusu boyaları kabul etmediği için boyanmadan kalırlar.



Tablo 4.2. Büyük Bakteri Grupları (Pelczar ve ark.)

EUBACTERIA

Hücre Duvarına Sahip Olanlar

Hücre Duvarı Olmayanlar

Gram-negatif bakteriler :

Mikoplazmalar

Spiroketler

Aerobik veya mikroaerofilik kıvrık çubuklar

Aerobik çubuklar ve koklar

Fakültatif anaerobik çubuklar

Anaeroplalar

Riketsiya ve Klamidyalar

İnoksijenik fototroflar

Oksijenik fototroflar

Kayan bakteriler

Kılıflı bakteriler

Tomurcuklanan ve/veya uzantılı bakteriler

Kemolitotroflar

Gram-pozitif bakteriler :

Koklar

Endospor oluşturanlar

Düzgün şekilli çomaklar

Düzensiz şekilli çomaklar

Mikobakteriler

Aktinomisetler

ARCHAEOBACTERIA

Metan üreten bakteriler

Termoplazmalar

Aşırı halofiller

Kükürt bakterileri

3- Spor şekillerine göre sınıflandırma

- Bakteri hücre şekilleri, spor oluşumu göre de farklı şekillerde sınıflandırılırlar.
- Endosporların şekli yuvarlak veya ovaldir.
- Ana hücrenin (sporangium) çeşitli yerlerinde bulunabilirler.
- Hücrenin tam ucunda yerleşmişse "terminal",
- Uca yakın yerde ise "subterminal",
- Orta kısmında bulunursa "santral" spor olarak isimlendirilir (Şekil 4.7)



zentral



subterminal



terminal

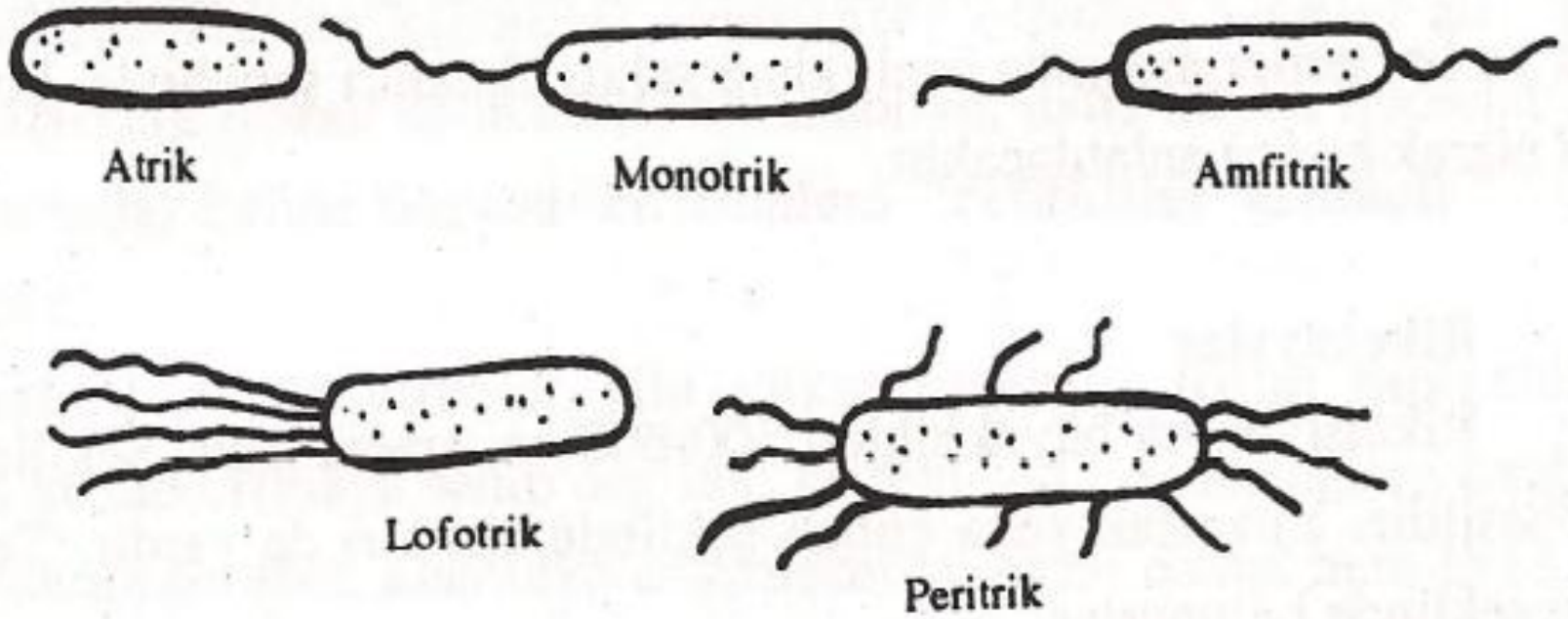


pedicellaria

Şekil 2.11. Sporum hücredeki yerleri.

- Kamçı (Kirpik, Flagellum)
- Kamçılar, sitoplazmadan kaynağını alarak hücre dışına uzanan iplik şeklinde uzantılar olup, bakterilerin hareket organelidir. Bunlara kirpik veya flagellum (çoğulu flagella) da denilmektedir. Bakterilerde kamçı ile yapılan harekete "aktif hareket" ismi verilir. Bundan başka, hücrede olduğu yerde bir titreme hareketi vardır ki, buna "Brownian hareket" denir. Bir de düz olmayan yüzeyde sıvının bir tarafa akması sonucu içindekilerin pasif hareket etmesi durumu vardır. Bunları gerçek hareket olan aktif hareketle karıştırmamak gerekir.

- Bir bakterinin kamçılı olup olmadığı; karanlık saha ve elektron mikroskoplarında veya özel boyama metodlarıyla boyanmış preparasyonların normal ışık mikroskobunda incelenmesiyle gösterilebilir. Ayrıca, bakterilerin hareketi, lam-lamel arası veya asılı damla preparasyonları ile ve % 0.3-0.5 agar katılmış yarı katı besiyerlerine yapılan batırına kültürde yayılarak üremesiyle anlaşılır.



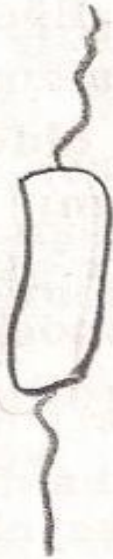
Şekil 4.10. Bakterilerde kamçı konumları.



Atrik



Monotrik
(Vibrio)



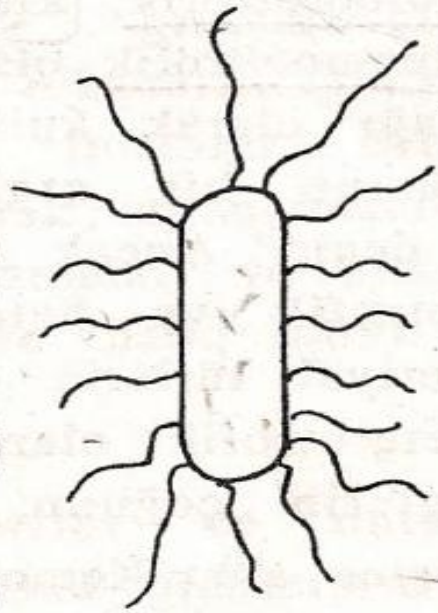
Amfitrik



Monopolar-Politrik
(Pseudomonas)



Bipolar-politrik
(Spirillum)



Peritrik
(Proteus)

2.2.3. Çevre Koşullarının Etkileri

- Çevre koşulları, bakteriyal floranın yoğunluğuna ve kompozisyonuna elki eder. Biyolojik olmayan bu faktörler büyük ölçüde populasyonun yapısını ve onun biyokimyasal potansiyelini etkilemektedir.
- Toprak bakterilerini etkileyen esas çevresel faktörler, **nem, sıcaklık, hava durumu, pH, organik ve İnorganik maddelerdir**. Daha az olarak **kültivasyon, mevsim ve derinliğin** etkisi söz konusudur.
- Su protoplazmanın en önemli bileşimlerinden biridir. Mikroorganizmalar vegetatif olarak gelişebilmeleri için yeterli miktarda su almalıdırlar. Nem, iki şekilde mikroorganizmaların aktivitesini etkiler.
- **Suyun aşırı miktarlarda olması** durumunda oksijenin topraktan ayrılmasına ve anaerobik koşulların oluşmasına. neden olur. Organik ve inorganik besin maddeleri suda eriyik halde. bulunurlar. Bu yüzden çeşitli biyokimyasal reaksiyonlar oluşur.
- **Toprakta suyun noksan olması** durumunda biyokimyasal reaksiyonlar olumsuz etkilenir.
- Aerobik bakterilerin aktiviteleri için topraktaki su; miktarının toprağın su tutma kapasitesinin % 50-75'i oranında olması yeterli olmaktadır (Çengel, 1993).

- Sıcaklık, bütün biyolojiksel olaylara etki eder. Pratik olarak 0°C'nin altındaki sıcaklıklarda mikrobiyal faaliyet olmaz. Sıfırdan itibaren sıcaklığın artması mikroorganizma sayısında artışlara neden olur. Topraktaki mikroorganizmalar gelişmeleri, çoğalmaları ve aktiviteleri için belirli derecede sıcaklığa gereksinim duyarlar (Aktaş, 1991).
- Psikrofil bakteriler 20 °C ve aşağı sıcaklıklarda,
- Mezofil bakteriler 20-45 °C arasında ve
- Termofil bakteriler ise 45 - 65 °C arasındaki sıcaklıklarda çoğalmaktadırlar.
- Mezofil bakterilerin bazı türleri 20 °C'nin aşağısında da aktivite gösterebilmektedir. Bunlar özellikle kış mevsiminde soğuğa toleranslı mezofil bakterilerdir (Alexander, 1961).

- Toprak havasında O₂'nin varlığı gerekli ve önemlidir. Toprak havasındaki O₂ 'nin azalması (aşırı su v.b.) ile anaerobik koşullar oluşur.
- Aerobik mikroorganizmalar O₂'ne gereksinim duyarlar.
- Toprakların iyi havalanması, nitrifikasyon bakterileri, azot fikse eden bakteriler, kükürt bakterileri, mantarlar, aktinomisetler ve diğer organik maddeyi oksitleyen mikroorganizmaların çoğalmalarını sağlar.

- Toprak reaksiyonu toprakta bakterilerin sayısı ve aktiviteleri üzerine önemli etkide bulunur.
- Genel olarak yüksek derecede asit ve alkali koşullar bakteriler için uygun değildir. Çoğu bakteri türleri için nötrale yakın koşullar optimumdur. Ancak asidik koşullarda da (pH 3'de) yaşayan birçok bakteri bulunmaktadır.
- Bakteriler toprakta çoğunlukla 6-8 pH aralığında aktivitede bulunurlar (Alexander, 1961; Paul ve Clark, 1989; Çengel, 1993).

- Organik madde, bakterilerin gelişmeleri ve aktiviteleri için gereken besin ve enerji kaynağıdır. (Organik maddesi fazla olan topraklarda heterotrof bakteri popülasyonunda artar. Organik madde aynı zamanda toprağın strüktürü üzerinede olumlu etkide bulunarak toprağın havalanma ve su tutma kapasitesini artırmasıyla dolaylı olarak bakteriler üzerinede etki yapar.
- İnorganik maddeler, bakteriler üzerine çeşitli yönlerden etki yapar. Kemoototrof bakteriler enerjilerini mineral maddeleri oksitlemek suretiyle elde ederler. Nitrifikasyon bakterileri amonyumu nitrite ve nitrata çevirerek, kükürt bakterileri kükürdü veya kükürt bileşiklerini oksitleyerek gereken enerjiyi sağlarlar.
- Azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum tuzları gibi inorganik maddeler çoğu bakterilerin hücre yapı maddeleridir. Ancak bu maddelerin toprakta fazla bulunmasında bakteri popülasyonuna olumsuz etki yapar. Ayrıca toprağa noksanlığı durumunda mineral tuzların verilmesi yüksek bitkilerin daha fazla gelişmesini ve dolayısıyla toprağa daha fazla organik materyalin verilmesine neden olur. Bu durum yine heterotrof bakteri sayısının artmasına yarayacaktır.

- Kültivasyonun, toprağın strüktürünü ve porozitesini iyileştirmesi ile bakteri popülasyonu için gereken nem ve O₂ miktarıda uygun duruma gelecektir.
- Mikroorganizma popülasyonuna etki eden kültivasyon, dolaylı olarak organik artıkların mineralize olmasına yani topraktaki organik madde oranına etki eder.

- Mevsim; sıcaklık, yağış, bitki artıkları ve bitki kökleri üzerine doğrudan veya dolaylı etkileriyle bakteriyal populasyon üzerinde net bir tesir oluşturur.
- İlkbaharda gerek ısı ve nem gerekse organik madde miktarının artmasıyla toprakta bakteriyal flora sayısında maksimum bir artış görülür. Yazın sıcaklığın fazla nemin olmasıyla bu sayıda azalma olur. Sonbaharda sıcaklığın düşmesi yağışın ve organik madde miktarının artmasıyla toprakta yaz mevsimine oranla daha fazla bakteri bulunur. Kış mevsiminde sıcaklığın düşmesi pratik olarak bakteriyal floranın sayısı ve aktivitesinde azalmaya neden olmaktadır (Alexander, 1961).
- Derinlik, bakteri populasyonuna ikinci derecede etki eden bir ekolojik değişkendir. Tablo 2.12'de toprağın derinliğine göre mikroorganizmaların dağılımı görülmektedir.
- Mikrobiyal populasyon toprağın yüzey tabakasından en fazla olup, Tablo 2.12'den görüldüğü gibi bu sayı üst horizonlardan alt horizonlara doğru inildikçe düşmektedir.

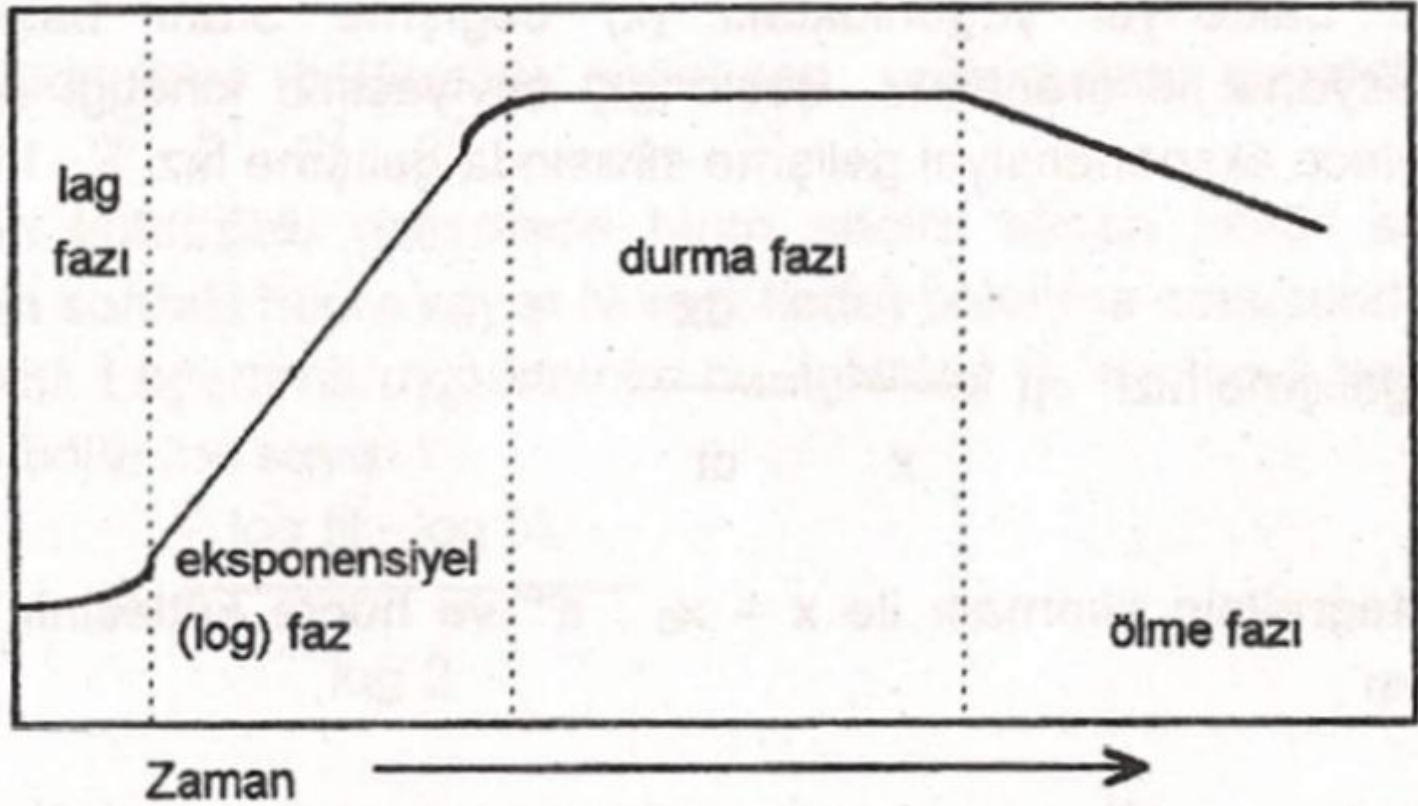
Tablo 2.6. Podzol Toprakta Çeşitli Horizonlara Göre Mikroorganizma Dağılışı (x 1000) (İsmailçelebioğlu, 1980).

Horizon	Nem (%)	Organik karbon (%)	Bakteriler (adet/g toprak)	Aktinomiset-ler (adet/gr toprak)	Mantarlar (adet/gr toprak)
A ₁	73.3	22.7	9792	1104	191
A ₂	16.8	0.9	369	53	10
B ₁	14.1	0.4	400	1	1
B ₂	19.0	0.9	1006	1	1

Bakterilerin Gelişme Eğrisi

- **Lag Fazı:**
 - Bu faz, maksimum bölünme ve inokülasyon arasındaki zamanı kapsar.
- **Eksponensiyel Faz (Logaritmik Faz)**
 - Eksponensiyel veya logaritmik faz ikiye katlanma oranı veya sabit maksimum gelişme ile karakterize edilir.
- **Durma Fazı**
- Substrat sınırlamasından *ayrı* olarak diğer faktörler örneğin, yüksek hücre konsantrasyonları, düşük kısmi basınç, toksik metabolik son ürünlerin birikimi, gelişme oranlarındaki düşüş azalmaya sebep olur ve durma fazının başlangıcını oluşturur.
- **Ölme Fazı**
 - Canlı hücre sayısı eksponensiyel olarak azalmıştır.

Hücre sayısı (log)



Şekil 5.5. Gelişme kurvesi

- **Bakterilerin Adlandırılması**
- Çevremizde bulunan varlıkların adlandırılması onların anlaşılmasını kolaylaştırır. Genel adlar çoğunlukla ifade edileni anlatmaktan uzaktır. Bu durumda pekçok karışıklıklar meydana gelmektedir. Örneğin, büyükbaş hayvan denildiğinde çok çeşitli gruplar ifade edilmektedir. Belirtmek istenen özel canlı ifade olunamamaktadır. Bütün bu çelişkileri ortadan kaldırmak için bilim adamları standart bir sistem geliştirmişlerdir.
- Bugün de kullanılan bu adlandırma sistemi 1735 de Carolus Linnaeus tarafından ortaya konmuştur. Bu sisteme binomiyal sistem adı verilmiştir. Klasik bilim lisanı olarak kabul edilen Latince bu sistem içinde esas alınmıştır. Bu sistemde her organizma iki isimle tanımlanmıştır.
- İlk isim **Cins** ismini (*Genus*), ikinci isim ise **Tür** ismini ifade etmektedir ve ilk harfi büyük harfle başlama kuralını getirmiştir. **Örneğin**;

• *Bacillus anthracis* *Staphylococcus aureus* *Escherichia coli*

gibi, bazen bunlar kısaltılarak yazılabilirler:

• *B.anthraxis* *Staph.aureus* *E.coli*

- Burada *Bacillus* **cins** ismini, *subtilis* ise **tür** ismini göstermektedir.
- Adlandırmada cins isimleri bazen bulanın adını taşımaktadır.
Pasteurella multocida gibi.
- Bazen tür ismi, cins ismini tanımlamak üzere kullanılmaktadır.
Bacillus albus **beyaz basil** gibi.
- Bazen de tür ismi canlının bulunduğu yeri bir başka ifade ile orijinini ifade etmektedir.
- Örneğin, *Escherichia coli*, orijinini colon (barsak)
- Ancak adlandırmada sınıflamadaki esaslardan da yararlanılmaktadır.
- Sınıfın sonuna **tes**
 - Schizomycetes
- Takımın sonuna **ales**
 - Eubacteriales
- Familyanın sonuna **aceae**
 - Lactobacteriaceae

ekleri getirilerek adlandırılmaktadır.

- Ökaryotik organizmaların sınıflandırılması ile bakterilerin sınıflandırılması oldukça farklıdır.
- Örneğin, **spesies (tür)** terimi yüksek canlılarda coğrafik dağılımı ve çeşitli hayvanların karışımı ile meydana gelmiş belirli morfolojik karakterleri ifade eder.
- Oysa bakterilerde morfolojik fark belirlidir. Bakteriyel türler benzer karakteristiklere sahip hücre popülasyonudur.
- Bakteriyel türlerin üyeleri birbirlerinden ayrılmazlar, fakat diğer türlerin üyelerinden rahatlıkla ayrılırlar. Tür içindeki gruplara **suş (strain)** adı verilir.
- Bunlar tek hücreden meydana gelmişlerdir.
- Suşlar sayı, harf veya adla tanımlanırlar.
- Örneğin;
 - *Rhizobium leguminosarum* 630104
 - *Rhizobium leguminosarum* 05AA04
 - *Rhizobium japonicum* 110 gibi.

4. PROKARYOTİK ve ÖKARYOTİK ORGANİZMALAR

- 1969 da H.R.Whittaker biyolojik **sınıflandırmada 5 alem sistemini** önermiştir. Bu sistem bugün büyük ölçüde kabul edilmiş bulunmaktadır. Bunlardan bakteriler ve siyanobakterler (daha önceleri mavi yeşil algler olarak biliniyordu) Prokaryotik organizmalar olup, **MONERA** adı verilmiştir.
- Basit ökaryotik organizmalar, çoğunlukla tek hücreli olup bazı algler, hayvan benzeri protozoonlar ve fungus benzeri akışkan küfler **PROTISTA** olarak gruplandırılmaktadır.
- Bazı algler son derece karmaşık ve çok hücrelidirler. Algler evrimsel münasebetlerine dayanarak alemlere ayrılmıştır. Buna göre en ilkel alg protista içinde bulunmakta, diğer algler ise bitkiler alemine dahil edilmektedir.
- Prokaryotik hücre yapısı gösteren bakteriler, ökaryotik hücrelerden daha basittirler. Ancak, diğer hücrelerde olduğu gibi bakteri hücresinde de sitoplazma, 'sitoplazmik zar, nukleus ve çoğunda hücre duvarı bulunur. Bazı bakteri hücrelerinin dış kısımlarında kapsül, kamçı (kirpik, flagella) ve fimbria gibi yapılar yer alır. Bir kısım bakterilerde endospor mevcuttur.

Tablo 4.1. Prokaryotik ve Ökaryotik Hücrelerin Özellikleri (Brock ve Madigan).

Özellik	Prokaryotik hücre	Ökaryotik hücre
Hücre büyüklüğü	Küçük, 0.5-2.0 μm	Büyük, 2-200 μm
Nüklear cisimcik	Nüklear zar yok, mitoz bölünme yok	Nüklear zar var, mitoz bölünme var
DNA	Tek bir kromozom	Birkaç veya daha fazla kromozom
Organeller	Yok	Mitokondriumlar, kloroplastlar, vakuoller vb.
Hücre duvarı yapısı	Nisbeten ince, genellikle peptidoglikan	Kalınca veya hiç yok, kimyasal olarak farklı yapı
Hareket organeli	Flagella	Flagella veya silia

- **Plantae:**

- Çok hücreli ökaryotlar olup, bunlara bazı algler ve bütün yosunlar, eğrelti otları, kozalaklı ağaçlar ve çiçekli bitkiler dahildir.
- Hücre tarafından kullanılmak üzere havanın CO₂ ini organik moleküllere dönüştüren bir yapıdadırlar.

- **Animalia:**

- Çok hücreli hayvanlar olup ökaryotik hücre içerirler. Bunlara süngerler çeşitli kurtçuklar, böcekler, iskeletli hayvanlar dahildir.