

ORTAÖĞRETİM

BİYOLOJİ

10

YAZARLAR

Dr. Seda ERCAN AKKAYA
Davut SAĞDIÇ
Osman ALBAYRAK
Emine ÖZTÜRK
Şermin CAVAK
Fadime İLHAN



DEVLET KİTAPLARI

ÜÇÜNCÜ BASKI

....., 2011

MILLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI: 4658
DERS KİTAPLARI DİZİSİ: 1354

11.??Y.0002.3831

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Kitabın metin, soru ve şekilleri
kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

Editör	: Doç. Dr. Semra İLHAN
Dil Uzmanı	: Cemile KARALAR
Program Geliştirme Uzmanı	: Zeki YILDIRIM
Ölçme Değerlendirme Uzmanı	: Gülseren TOPUZ
Rehberlik ve Psikolojik Danışma Uzmanı	: Ender ATAMER
Görsel Tasarım	: Nevrez AKIN Zehra SOLMAZ ŞENOL Eylem Pınar AKDOĞAN YEŞİLOVA

ISBN 978-975-11-3216-1

Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulunun 20.05.2009 gün ve 3715 sayılı kararı ile
ders kitabı olarak kabul edilmiş, Yayınlar Dairesi Başkanlığının 08.03.2011 gün ve
886 sayılı yazısı ile üçüncü defa 364.000 adet basılmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl...
Hakkıdır, Hakk'a tapan, milletimin istiklâl!

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
"Medeniyet!" dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş! Yurduma alçakları uğratma, sakın.
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın...
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri "toprak!" diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da, bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki fedâ?
Şühedâ fişkırarak toprağı sıksan, şühedâ!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüdâ.

Ruhumun senden, İlâhi, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar-ki şahadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerâhamdan, İlâhi, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerred gibi yerden na'sım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl:
Hakkıdır, hür yaşamış, bayrağımın hürriyet;
Hakkıdır, Hakk'a tapan, milletimin istiklâl!

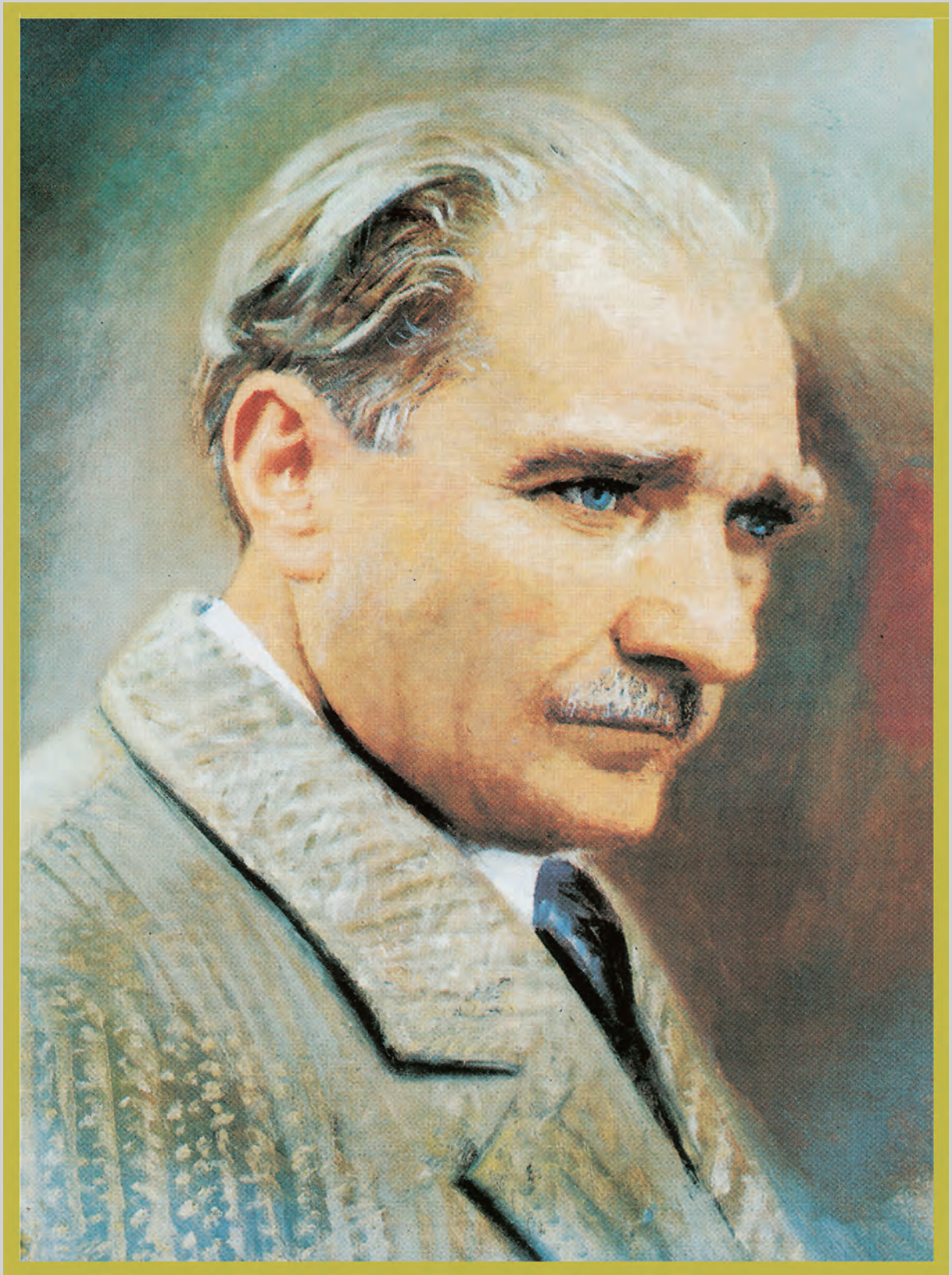
Mehmet Âkif ERSOY

ATATÜRK'ÜN GENÇLİĞE HİTABESİ

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk cumhuriyetini, ilelebet, muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin, en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni, bu hazineden, mahrum etmek isteyecek, dahilî ve haricî, bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok nâmûsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın, bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dahilinde, iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlilerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi, vazifen; Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır! Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asîl kanda, mevcuttur!



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

Sevgili Öğrenciler;

Farklı meslek gruplarında yer almak için yaşamınızı etkileyecek önemli kararlar alma aşamasındasınız. İlgi ve yeteneğiniz doğrultusunda yaptığınız alan seçimleriniz ideallerinize ulaşma yolunda ilk adım olacaktır. Gelecek yıllarda bir öğretmen, bilim insanı, yönetici, mühendis belki de siyasetçi, serbest meslek sahibi vb. olabilirsiniz. Ama hangi meslekten olursanız olun, yaşamınızın herhangi bir kesitinde biyolojik konularla ilgili bir tercih yapmak zorunda kalabilirsiniz. Örneğin, doğal bitkisel ilaçları kullanıp kullanmamak, ekolojik tarımla ilgili ürünleri alıp almamak, bahçelerde veya ağaçlık alanlarda fidan dikip dikmemek, evimizde evcil hayvanlardan bazılarını bulundurup bulundurmamak karşılaşılabileceğiniz seçeneklerden bazılarıdır.

Kararları verirken temel biyolojik bilgiler başka bir ifadeyle biyoloji **okur-yazarlığı** size çok değerli ve sağlam bir alt yapı oluşturacaktır. Biliyoruz ki eğitilmiş insanlar bütün toplumu etkileyecek kararlar verir. Bu kararların doğru bir şekilde verilmesi için karşılaşılabilecek problemleri bilimsel yöntem kullanarak çözme eğilimindedir.

Bilim ve teknoloji alanındaki birikimler son iki yüz yılda olağanüstü bir hızla artmıştır. Diğer alanlarda olduğu gibi, biyoloji ve ona bağlı bilim dallarındaki gelişmeler, insanlık tarihini pek çok açıdan değiştirebilecek bir konuma gelmiştir.

Ülkeler hızla gelişen bilimsel bilgi ve buna bağlı olarak değişen teknolojiyi bireylerin doğru algılamalarını sağlamak, çağın gerektirdiği bilgi, beceri ve anlayışları kazanmalarına fırsat tanımak, bir bilim insanının bakış açısıyla çevrelerini tanıyabilmeleri amacıyla öğretim programlarını düzenli olarak değiştirmek ve geliştirmek çabasında olmuşlardır. Ülkemizde de özellikle son yirmi yıl içerisinde bilimsel çalışmalar sonucunda öğrenme, öğretme ve değerlendirmeye bakış açılarındaki radikal değişim dikkate alınarak bir çok dersin öğretim programı yenilenmiştir.

Bu kitabı hazırlamaktaki amacımız hepinizin severek, zevk alarak biyolojiyi öğrenip günlük yaşamınızda kullanabilmenizi ve biyolojide başarılı olabilmenizi sağlamaktır.

Sahip olduğumuz biyolojik zenginliklerin tanınmasına ve korunmasına yönelik gerekli bilinci kazanmış bireyler olarak yaşamınızı sürdürmeniz dileğiyle...

Yazarlar

Kitabımızı Tanıyalım

Ünitenin adı ve numarası, üniteye yer alacak konularla ilgili fotoğraf ve açıklamalar bu bölümde yer almaktadır.



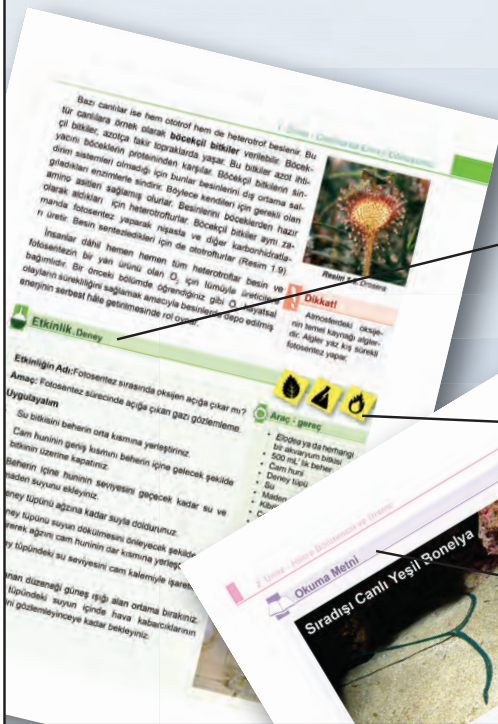
Bu bölümde konuların içeriğine dikkat çekecek fotoğraflar bulunmaktadır.



Öğrenmekte olduğunuz konuyla ilgili gruplar hâlinde veya bireysel olarak yapabileceğiniz deney, poster, proje, sunum, model oluşturma gibi yöntem ve tekniklerle hazırlayacağınız çalışmalar bu bölümde yer almaktadır.

Çalışmanız sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar logolarla belirtilmiştir. Güvenlik sembollerinin anlamı kitabınızın girişinde yer almaktadır.

Konuyu destekleyen bilgiler, olaylar, anılar, makaleler ve bilimsel çalışmalar bu bölümde bulunmaktadır.



Öğrenmekte olduğunuz konuyu destekler nitelikte, dikkatinizi çekecek bilgiler bu başlık altında kısa ve öz olarak verilmiştir.

Konularla ilgili kısa, özlü, ilgi çekici bilgiler bu başlık altında verilmiştir.

Bu bölümde konu ile ilgili bilgilerinizi derinleştirmek amacıyla daha çok sınıfta sunuma yönelik olarak hazırlayacağınız araştırma çalışmaları bulunmaktadır.

Bölüm ve ünite sonlarında, işlenen konu ile ilgili edindiğiniz bilgi-becerileri değerlendirme amacıyla hazırlanmış soruların bulunduğu bir bölüm yer almaktadır.

Güvenlik Sembolleri

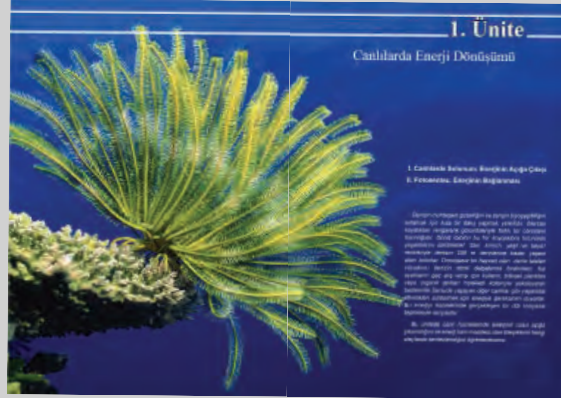
Ders yılı boyunca biyoloji laboratuvarında çeşitli etkinlikler yapacaksınız. Bu etkinlikler sırasında güvenliğiniz için bazı kurallara uymanız gerekir. Laboratuvar uygulamalarında karşılaşılabilecek tehlikelerden korunmak için uyarı amacıyla güvenlik sembolleri kullanılır. Bu sembollerin anlamı aşağıda açıklanmıştır.

	Önlük giymezseniz elbiseniz lekelenabilir ya da yanabilir.		Bakteri, bir hücreli canlı ve mantarların neden olabileceği hastalıklara karşı dikkatli olunmalıdır.
	Cam malzemeler kırılabilir. Kullanırken dikkatli olunmalıdır.		Sıcak cisimlerle doğrudan temas edilmemelidir.
	Kesici ve delici cisimler tehlikeli olabilir. Kullanırken dikkatli olunmalıdır.		Yakıcı veya zehirleyici kimyasal maddeler vücudunuza zarar verebilir.
	Elektrikli aletler kullanılırken dikkatli olunmalıdır.		Bitkilerle çalışırken öğretmeninizin uyarısını dikkate alınız. Alerjiniz var ise öğretmeninizi bilgilendiriniz. Zehirli ve dikenli olan bitkilere dokunmayınız.
	Yangın ya da patlama olabilir.		Etkinlik bittiğinde ellerinizi yıkayınız. Canlı hayvanlarla yapılan çalışmalarda hayvanın güvenliği sağlanmalı, kendi sağlığımız korunmalıdır.
	Kimyasal madde yanlış kullanıldığında patlamaya neden olabilir.		Zehirleyici maddeler kullanılırken dikkatli olunmalıdır.

İÇİNDEKİLER

I. ÜNİTE

Canlılarda Enerji Dönüşümü



I- Canlılarda Solunum: Enerjinin Açığa Çıkışı	16
A. Enerjinin Temel Molekülü ATP	19
B. Canlıların Enerji İhtiyacı	21
C. Oksijenli Solunum	23
1. Glikoliz	25
2. Krebs Döngüsü Tepkimeleri	27
3. Elektron Taşıma Sistemi (ETS)	31
D. Besinlerin Oksijenli Solunuma Katılım Yolları	36
E. Oksijensiz Solunum	38
1. Etil Alkol Fermantasyonu	39
2. Laktik Asit Fermantasyonu	42
Okuma Metni	46
Konu Sonu Değerlendirme	47
II- Fotosentez: Enerjinin Bağlanması	50
A. Biyosferin Üreticileri	54
B. Fotosentezin Gerçekleştiği Yapılar	56
1. Kloroplastın Yapısı	57
2. Güneş Işığı	60
3. Fotosentez Pigmentleri	62
4. Klorofilin Işık Tarafından Etkinleştirilmesi	67
C. Fotosentez Tepkimeleri	68
1. Fotosentezin Işığa Bağımlı Tepkimeleri	68
a. Devirsiz Fotofosforilasyon	69
b. Devirli Fotofosforilasyon	70
2. Fotosentezin Işıktan Bağımsız Tepkimeleri	72
D. Organik Moleküllerin Sentezi	76
E. Fotosentez Hızını Etkileyen Faktörler	77
Okuma Metni	81
F. Fotosentez ve Solunum İlişkisi	82
G. Kemosentez	84
Konu Sonu Değerlendirme	88
Değerlendirme	90
Okuma Metni	99



II. ÜNİTE

Hücre Bölünmesi ve Üreme

I- Mitoz ve Eşeyli Üreme	102
A.Hücre Döngüsü	104
1. İnterfaz	104
2. Mitotik Evre.....	105
a. Mitoz: Çekirdek Bölünmesi	107
b. Sitokinez: Sitoplazma Bölünmesi.....	109
B.Hücre Döngüsünün Kontrolü	113
Konu Sonu Değerlendirme	117
C.Eşeyli Üreme	118
1. İkiye bölünme	120
2. Tomurcuklanma	122
3. Rejenerasyon.....	122
4. Sporla Üreme	125
5. Vejetatif Üreme	127
Konu Sonu Değerlendirme	131
II- Mayoz ve Eşeyli Üreme	134
A.Mayoz	136
1. Spermatogenez	143
2. Oogenez	145
B.Döllenme	147
C.Partenogenez	149
D.Konjugasyon.....	151
Konu Sonu Değerlendirme	154
Okuma Metni.....	156
Değerlendirme	158
Bulmaca.....	167

III. ÜNİTE

Ekosistem Ekolojisi

I- Ekosistemin Yapısı.....	170
A. Ekoloji Bilimi ve Önemi	172
B. Ekolojinin Diğer Bilim Dallarıyla İlişkisi	173
C. Ekolojideki Temel Kavramlar	175
D. Ekosistemde Canlıları Etkileyen Faktörler	182
1. Abiyotik Faktörler	183
a. Işık.....	183
b. Sıcaklık	185
c. İklim	186
d. Toprak ve Mineraller	187
e. Su.....	189
f. Ortam pH'si.....	190
2. Biyotik Faktörler	192
a. Üreticiler.....	193
b. Tüketiciler	193
c. Ayrıştırıcılar	194
Konu Sonu Değerlendirme	195
II- Ekosistemde Enerji Akışı ve Madde Döngüleri.....	196
A. Ekosistemde Madde ve Enerji Akışı	198
B. Besin Zinciri, Besin Ağı ve Biyokütle Piramidi ..	200
C. Doğada Madde Döngüleri	208
1. Ekosistemde Su Döngüsü	208
2. Ekosistemde Karbon Döngüsü	210
3. Ekosistemde Azot Döngüsü	212
Konu Sonu Değerlendirme	216



III- Ekosistem Hizmetleri ve Sürdürülebilirlik.....	218
A. Ekosistem Hizmetleri	219
B. Sürdürülebilirlik	222
1. Sürdürülebilir Bir Yapay Ekosistem	
Kurulabilir mi?	222
2. Nüfus Artışının Sürdürülebilirliğe Etkisi	224
3. Kentlerin Sürdürülebilirliğe Etkisi	226
4. Teknolojik Gelişmelerin Sürdürülebilirliğe	
Etkisi	227
5. Tarımın Sürdürülebilirliğe Etkisi	227
C. Ekosistemdeki Bozulmalar Onarılabilir mi? ..	229
Konu Sonu Değerlendirme	231
Okuma Metni	232
Değerlendirme	233
Cevap Anahtarı.....	242
Ekler	246
Sözlük.....	256
Dizin	263
Kaynakça.....	265



1. Ünite

Canlılarda Enerji Dönüşümü

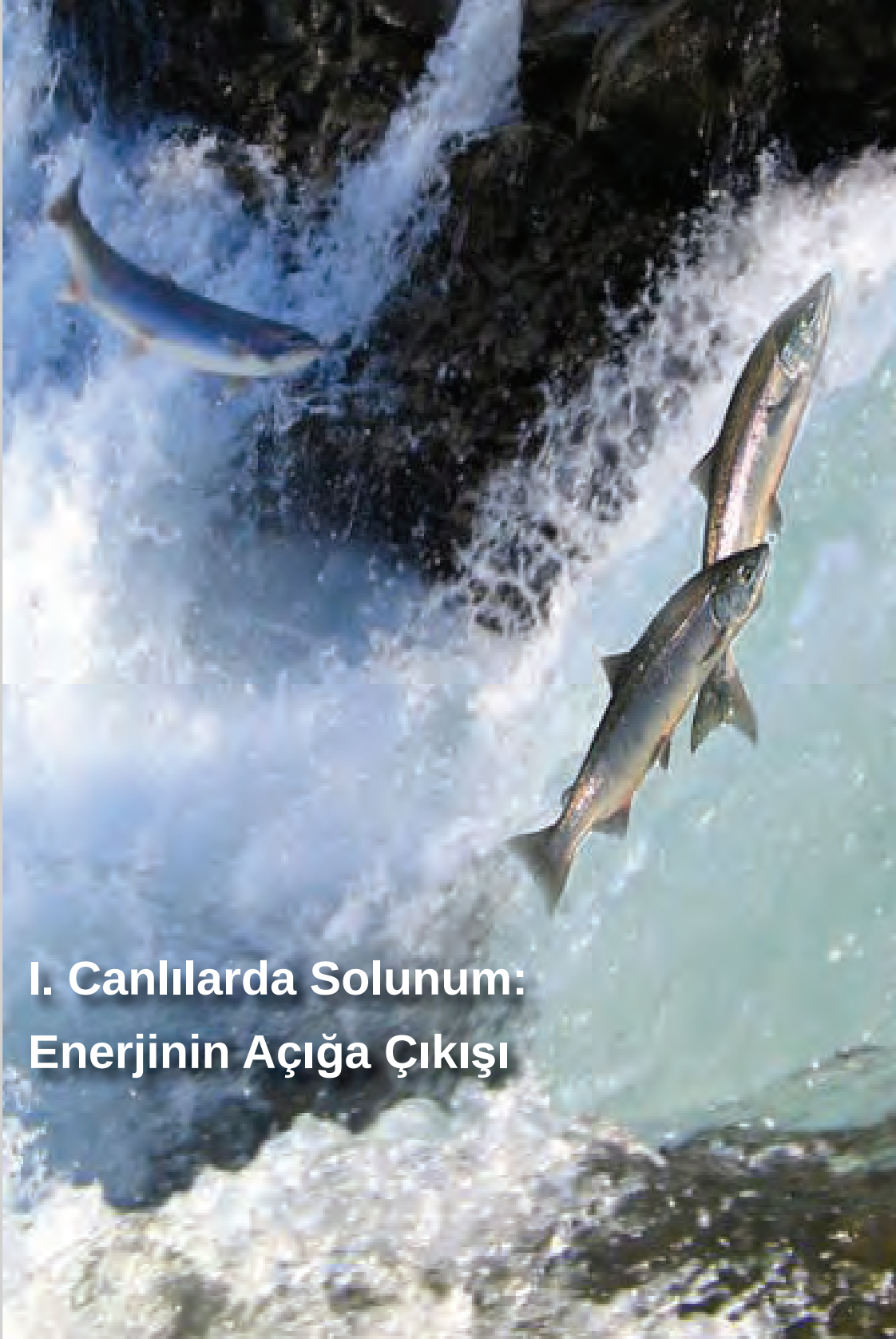
I. Canlılarda Solunum: Enerjinin Açığa Çıkışı

II. Fotosentez: Enerjinin Bağlanması

Denizin muhteşem güzelliğini ve zengin biyoçeşitliliğini anlamak için kısa bir dalış yapmak yeterlidir. Mercan kayalıkları rengarenk görüntüleriyle farklı tür canlıların barınağıdır. Deniz laleleri bu tür kayalıklara tutunarak yaşamlarını sürdürürler. Sarı, kırmızı, yeşil ve beyaz renkleriyle denizin 250 m derinlerine kadar yaşam alanı bulurlar. Omurgasız bir hayvan olan deniz laleleri vücudunu denizin ritmik dalgalarına bırakırken, tüp ayaklarını gaz alış verişi için kullanır, bitkisel plankton veya organik atıkları hareketli kollarıyla yakalayarak beslenirler. Denizde yaşayan diğer canlılar gibi yaşamsal etkinlikleri sürdürmek için enerjiye gereksinim duyarlar. Bu enerjiyi hücrelerinde gerçekleşen bir dizi kimyasal tepkimeyle karşılarlar.

Bu ünite de hücrelerde enerjinin nasıl açığa çıktığını ve enerji ham maddesi olan bileşiklerin hangi olaylarda sentezlendiğini öğreneceksiniz.





I. Canlılarda Solunum: Enerjinin Açığa Çıkışı

Resimde gördüğünüz somonlar yaz sonu veya sonbaharda akarsularda yumurtlar. Kuluçka devresi suyun sıcaklığına göre 60 ile 200 gün arasında değişir. Yavrular kış sonunda yumurtadan çıkar. Pembe somon balıkları yumurtadan çıkar çıkmaz denize doğru göç etmeye başlar. Somon balıkları hayatlarının ilk göçlerinde içinde bulundukları ırmakta akıntı boyunca ilerler, denize doğru yapılan yolculukta kendilerini avlamak isteyen büyük balıklar gibi türlü tehlikelerle karşı karşıya kalır. Tehlikeleri atlatıp denize ulaşanlar göçlerini tamamlamış olur. Denizde birkaç yıl geçirdikten sonra iyice gelişip üreme olgunluğuna erişenler yeni bir göçe başlar.

Somon balıklarının dönüş yolculuğu sonunda varmak istedikleri hedef, yumurtadan çıkarak dünyaya geldikleri yerdir. Balıkların yumurtlamak için seçtikleri yer, akarsu yatağıdır. Bu yolculukta asıl ilgi çekici olan balıkların denizlerde yol alırken amaçlarına ulaşmak için binlerce kilometre mesafeyi yüzmek zorunda olmalarıdır. Akarsuya giren somon, büyük bir kararlılıkla akıntıya karşı yüzmeye başlar. Hedefine ulaşmak için ırmağın kuvvetli akıntısıyla mücadele eder, su yüzeyinden yaklaşık 4 metre kadar yükseğe sıçrayarak şelale ve çağlayanları aşar. Somon balıkları yorucu göç sırasında kendileri için gerekli olan besini yolculuk öncesinde vücutlarında depolar. Tüm olumsuzluklara ve zorluklara rağmen somon balıkları inanılması güç yolculuklarını başarıyla tamamlar; doğdukları ortamlara yumurtalarını bırakır. Somon balıklarının nesli milyonlarca yıldır süregelen bu yolculuk sayesinde devam eder.

Bu hikâyeden çıkarılacak esas sonuç, herhangi bir canlının yaşam mücadelesidir. Somon balıklarının, nesillerini devam ettirmek için yaptıkları inanılmaz göç serüveninde ihtiyaç duydukları enerjiyi nereden sağlar?

Ekosistemdeki tüm canlılar, bitkiler, hayvanlar ve hatta tek bir hücre bile yaşamını sürdürebilmek için enerjiye ihtiyaç duyar.

Yeryüzündeki yaşamın devamlılığı güneş enerjisinden sağlanır. Gün boyunca tükettiğiniz tost, sandviç ve çeşitli ekmeklerin yapımında kullanılan un, bir otsu bitki olan buğdaydan elde edilir. Tüm dünya insanları tarafından yüksek oranda tüketilen bir besin kaynağı olan buğday insanın günlük besin ihtiyacını nasıl karşılar?

Bu ünite de öğreneceğiniz iki metabolik olayla (fotosentez ve solunum) besin sentezi ve enerji arasındaki ilişkiyi öğreneceksiniz. Fotosentez bitkilerin ve diğer fotosentetik canlıların

1. Ünite - Canlılarda Enerji Dönüşümü

güneş enerjisini kullanarak karbonhidrat sentezini gerçekleştirmektedir. Solunum, bütün canlılarda karbonhidratlar ve diğer organik moleküllerdeki enerjiyi serbest bırakan bir olaydır. Bu enerji metabolizmayı oluşturan çok geniş olaylar zincirinin yürütülmesinde kullanılır.

Bu bölümde, organik moleküllerin yapısında bulunan kimyasal enerjinin ATP'deki kimyasal bağ enerjisine nasıl dönüştürüldüğünü, enerjinin oksijenli (aerobik) veya oksijensiz (anaerobik) ortamlarda nasıl açığa çıktığını ve nerelerde kullanıldığını öğreneceksiniz.

Aşağıdaki etkinliği yaparak canlılarda enerji dönüşümleri ile ilgili bilgilerinizi hatırlayınız.



Etkinlik_Öğrenmenin Farkına Varma

Etkinliğin Adı: Canlılarda enerji dönüşümüyle ilgili neler biliyorum?

Amaç: Enerji dönüşüm olayları ile ilgili bilgileri hatırlama.

Ne Biliyorum?	Ne Öğrenmek İstiyorum?	Ne Öğrendim?
Tüm canlıların yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirirken enerji kullandığını	Canlıların enerjiyi nasıl ürettiğini	Aldığımız besinlerin kullanabileceğimiz enerjiye nasıl dönüştüğünü

Yukarıda verilen tabloda solunum ile ilgili "Ne Biliyorum?", "Ne Öğrenmek İstiyorum?", "Ne Öğrendim?" bölümlerine ait birer örnek uygulama verilmiştir. Siz de ünite başında solunum ile ilgili "Ne Biliyorum?" ve "Ne Öğrenmek İstiyorum?" bölümlerini, bölüm sonunda ise "Ne Öğrendim?" bölümünü doldurunuz. Hazırladığınız tablodaki yanıtları öğretmeninizin rehberliğinde inceleyiniz. Verdiğiniz yanıtlardan eksik ya da hatalı olanları tespit ediniz. Yeterli olmayan bilgilerinizi öğretmeniniz ve arkadaşlarınız ile birlikte konu tekrarı yaparak tamamlayınız.

A. Enerjinin Temel Molekülü ATP

Sporcular ağır egzersiz yapmaya hazırlanırken pilav, patates ya da karbonhidrat bakımından zengin diğer besinleri yiyerek hücrelerine karbonhidrat yüklemesi yapar. Aynı şekilde bitkiler de tohumlarında nişasta ve yağ depolar. Böylece tohumda çimlenme ve gelişme hızlı bir şekilde başlatılabilir. Sporcunun ya da bitki embriyosunun hücrelerinde organik bileşiklerin yıkımını sağlayan kimyasal tepkimeler enerjiyi açığa çıkarır.

Metabolik faaliyetlerdeki kimyasal tepkimeler, enerjiye ihtiyaç duyma veya enerjiyi açığa çıkarmalarına göre gruplandırılabilir. Enerji açığa çıkaran tepkimelere **ekzergonik** (enerji veren) tepkime denir. Örneğin solunum ekzergonik bir tepkimedir. Bunun tam aksine eğer tepkimenin gerçekleşmesi için enerji gerekiyorsa bu tepkimelere **endergonik** tepkime denir. Örneğin fotosentezdeki kimyasal tepkimelerin çoğunluğu ve diğer biyosentetik tepkimeler endergonik tepkimedir. Bir hücre endergonik tepkimelerini devam ettirmek için gerekli enerjiyi ekzergonik tepkimelerle bağlantı kurarak yürütür.

Besinlerdeki kimyasal enerji, canlı hücrelerinde önce ortak bir enerji şekline dönüştürülür. Besinlerden elde edilen enerji, hücrede doğrudan kullanılamaz. Önce adenosin trifosfat (ATP) adı verilen özel bir molekülün yapısında tutulur. Biyolojik sistemlerde serbest enerjiyi kısa süreli depolayan ATP, ihtiyaç hâlinde enerjinin acil kaynağı olarak görev yapar ve birkaç dakika içinde kullanılır. Serbest enerji, hücrelerin kullanabildiği ya da hücrede iş yapabilen enerjidir.

Canlılarda hareket, aktif taşıma, uyarıların iletimi ve biyosentez tepkimeleri gibi faaliyetler, ATP'den sağlanan serbest enerjiyle gerçekleşir. Bu nedenle hücrede öncelikle ATP'nin sentezlenmesi gerekir.

ATP sentezi için solunum tepkimelerinde kullanılacak besinlere gereksinim vardır. Heterotroflar hücrede kullanılabilir enerji kaynağı olan ATP molekülünü ototrofların sentezlediği besinlerden üretir. Canlılarda besin üretimi farklı yollarla olabilir. Fotoototroflar besin yapımı için ışık enerjisinden yararlanırken kemo-ototroflar da ortamdaki inorganik maddeleri oksitleyerek elde ettiği enerjiyi besin yaparken kullanır. Ototroflar yaşamsal faaliyetler için gereksinim duydukları enerji moleküllerini sentezlerken kendi ürettikleri besinlerden yararlanır.

Düşünelim- Araştırma

ATP molekülünün yapısında bulunan enerjinin hangi yolla kullanılır hâle geldiğini ve bu enerjinin canlıda hangi olaylarda harcadığını araştırınız. Edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.



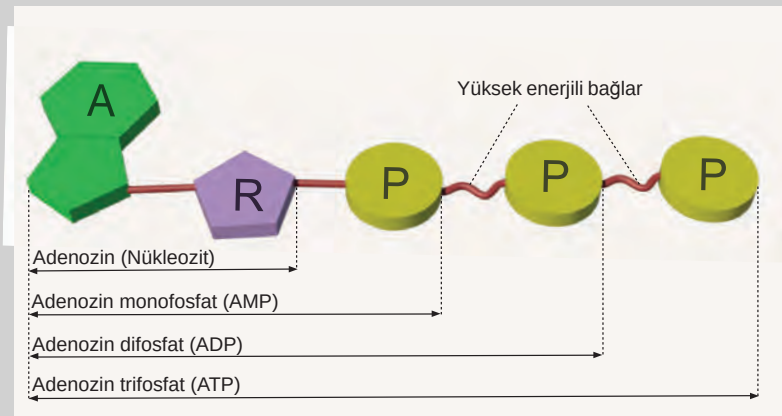
Biliyor musunuz?

Canlılarda bir molekül ATP'nin bir molekül ADP'ye dönüşümü sırasında yaklaşık 13 000 kalorilik enerji açığa çıkar. Laboratuvar ortamında ise aynı dönüşüm sırasında 7300 kalorilik enerji açığa çıkar.

1. Ünite - Canlılarda Enerji Dönüşümü

Organik bileşiklerde depolanmış olan kimyasal enerji bir hücrenin kullanabileceğinden çok daha fazladır. Bu nedenle canlılar, bir hücrenin tek başına kullanamayacağı kadar büyük miktarlardaki enerjiyi küçük parçalara ayırarak ATP'de depolar. Her hücre ATP'yi kendisi için üretir ve canlılık faaliyetlerini bu bileşikte depoladığı enerji ile gerçekleştirir. Kısacası ATP bir hücrede sentezlenip başka bir hücreye taşınarak kullanılmaz, üretildiği hücrede tüketilir.

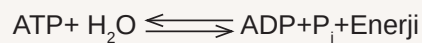
ATP molekülünün adenin, riboz ve üç fosfat grubundan oluştuğunu 9. sınıfta öğrenmiştiniz (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. ATP molekülünün yapısı

Genellikle ATP'de fosfatlar arasındaki bağlar yüksek enerjili bağlar olarak adlandırılır. Gerçekte bu bağlar özel bağlar değildir. Böyle bilinmesinin nedeni ATP hidroliz olduğunda büyük miktarda serbest enerjinin açığa çıkmasıdır. ATP'nin hidrolizi bu molekülden bir fosfatın ayrılması anlamına gelir. Kopan fosfat grubu inorganik fosfat olarak adlandırılır ve "P_i" şeklinde sembolize edilir. Ayrılan inorganik fosfat başka bir moleküle bağlanarak kimyasal bir tepkimenin yürütülmesinde etkili olur. Serbest enerjinin açığa çıkmasını ve aktarılmasını sağlayan bu fosfat gruplarıdır.

ATP molekülünün hidroliziyle fosfatın ayrılması sonucu açığa çıkan serbest enerji hücredeki yaşamsal faaliyetlerin yerine getirilmesinde kullanılır. ATP'den bir fosfat ayrılırsa ADP, iki fosfat ayrılırsa AMP oluşur.



ATP'nin hidrolizinde fosfat grubunun ayrılması kendiliğinden gerçekleşmez. Bu tepkimenin aktivasyon enerjisini düşüren etken, enzimlerin varlığıdır. Enzimlerin de etkisiyle ATP'den fosfat ayrılır ya da ADP'ye fosfat bağlanır.

Hücre solunumu sayesinde organik moleküller parçalanır ve ekzergonik tepkimeler sonucu kimyasal enerji ile ATP sentezlenir. Başka bir deyişle hücre metabolizmasında kullanılan enerjinin kaynağı organik moleküllerdir (Şekil 1.2).

Canlılarda ATP fosforilasyon tepkimeleriyle üretilir. **Fosforilasyon**, bir fosfat grubunun organik moleküle bağlanmasıdır. Hücrede enerji gerektiren olaylar sürekli tekrarlanır. Kullanılan ATP kaynaklarının da yenilenmesi gerekir. Bu nedenle ADP'ler yapısına tekrar inorganik fosfatı bağlayarak ATP'leri oluşturur. Bu süreçte ATP enerji taşıyan bir molekül olarak görev yapmakta, hücre içinde ekzergonik ve endergonik tepkimeler arasında bir elçi gibi çalışmaktadır.

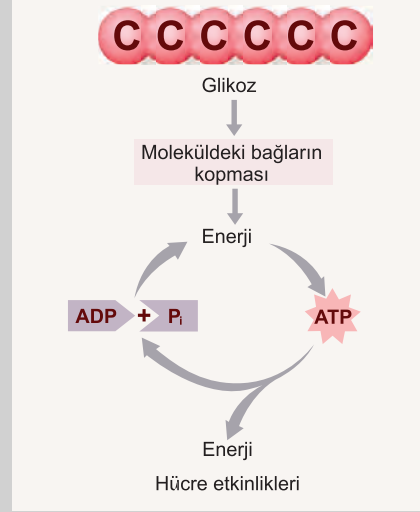
Besinlerden solunumla elde edilen ATP'nin hücre tarafından kullanılabilir hâle gelmesi yıkım tepkimeleri ile olur. Öte yandan fotosentezde meydana gelen ATP'nin sentezi ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşmesi sonucu oluşan yapım tepkimeleriyle gerçekleşir.

Yaşamsal faaliyetler için gerekli olan ATP üretimi canlılarda **substrat seviyesinde fosforilasyon**, **oksidatif fosforilasyon** ve **fotofosforilasyon** olmak üzere farklı şekillerde gerçekleşir.

Substrat seviyesinde fosforilasyon ve oksidatif fosforilasyonla ATP sentezine bu bölümde yer verilirken ATP sentezlenmesinin bir başka yolu olan fotofosforilasyona ise fotosentez bölümünde değinilecektir.

B. Canlıların Enerji İhtiyacı

İnternette araştırma yaparken ya da ders çalışırken ne kadar enerji harcadığınızı, kitap okurken ya da spor yaparken hangi hücrelerinizin daha çok enerjiye ihtiyaç duyduğunu düşündünüz mü? Küçük bir çocuk ile yaşlı bir kişinin kas hücrelerinde üretilen enerji miktarı aynı mıdır? Yukarıdaki sorulara verdiğiniz yanıtlar canlıların yaşamlarını sürdürebilmek için enerjiye gereksinimleri olduğunu ve enerji miktarının değişebileceğini göstermektedir.



Şekil 1.2. Hücrede enerji gerektiren işlevlerde ATP kullanılır.

Canlılarda hareket, büyüme, üreme sırasında, hücrelerde aktif taşımada, biyosentezde (protein, yağ, nükleik asit sentezi vb.) birçok yapım ve yıkım tepkimeleri gerçekleşir. Canlılarda gerçekleşen yapım ve yıkım tepkimelerine **metabolizma** denir. Metabolik faaliyetler sırasında mutlaka enerjiye ihtiyaç duyulur. Canlıların enerji gereksinimi fiziksel aktivitelere bağlı olarak değişir.

Beslenme alışkanlığımızda hiçbir değişiklik olmamasına rağmen zaman zaman aldığımız kilolardan şikâyet eder, diyet yaptığımız hâlde kilo verememekten yakınırsınız. Kilo alma ve alınan kiloların kolay verilememesinin başlıca nedeni metabolizmamızın yavaşlaması olabilir.

Konuya metabolik olaylardan biri olan solunumla başlayacağız. İlerleyen konularda ise solunumun biyokimyasal tepkimelerinden söz edeceğiz.

Günlük yaşamda solunum, nefes alıp verme yani akciğerlerin içine ve dışına havanın ritmik hareketi anlamında kullanılır. Oysa nefes alıp vermeye havalandırma demek daha doğrudur. Solunum kavramından anlamamız gereken solunumun hücresel bir olay olduğudur. Hücresel solunum oksijenli ve oksijensiz olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Oksijenli solunum, oksijenin varlığıyla glikozun karbon dioksit ve su moleküllerine ayrıldığı ve bu sırada açığa çıkan enerjinin ATP'de tutulduğu metabolik bir olaydır. Bu olay şu şekilde özetlenebilir.



Yukarıdaki tepkime denklemi solunumda kullanılan substratı ve ürünlerini göstermektedir. Bir molekül glikoz, karbon dioksit ve suya parçalandığı zaman 38 ATP molekülü oluşur. Oluşan bu ATP molekülleri glikoz molekülündeki enerjinin yaklaşık %40'ını sağlar. Geri kalan bölümü ısı olarak çevreye yayılır. Bir adet küp şekerini ısıtarak yaktığımızı düşünelim. Bu sırada CO_2 ve H_2O yine ortaya çıkar. Fakat enerjinin tamamı ısı olarak çevreye yayılır. Oysa oksijen varlığında glikoz, hücresel metabolizmada kullanıldığında enerjinin önemli bir kısmı tutulur. Böylece katabolik bir olay olan solunum ile elde edilen enerjinin canlılık olaylarında kullanılması sağlanmış olur.

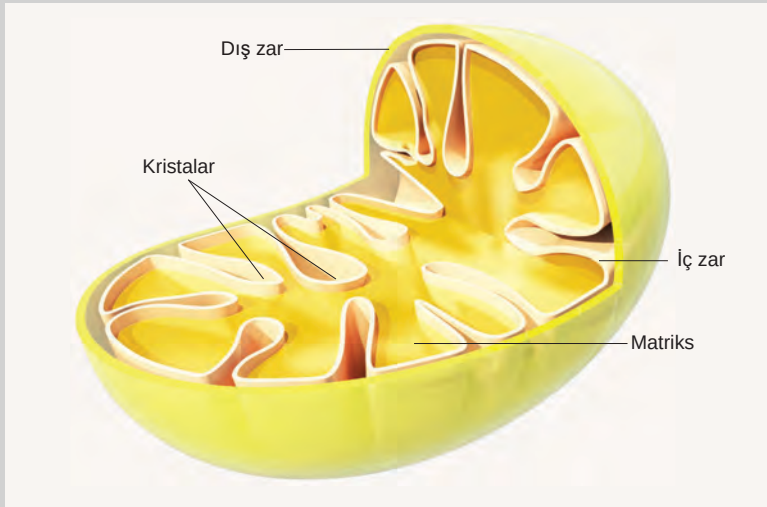
C. Oksijenli Solunum

Alanlarında en iyi olmayı hedefleyen sporcuların günlük yaşamlarını düşününüz. Düzenli antrenman yapan bu sporcular çalışmalarının verimli olması için antrenman sahası olarak deniz seviyesinde oksijeni bol yerleri seçerler. Peki, sporcular neden antrenman yapar ve antrenman sahalarını bol oksijenli yerlerden seçer? Düzenli spor yapmak kas hücrelerinde ne gibi değişiklikler meydana getirir? Kas hücrelerindeki bu değişimler oksijen kullanma kapasitesini nasıl etkiler?

Tüm canlılarda olduğu gibi sporcuların da hücrelerinde, organik besinlerdeki kimyasal bağ enerjisinden ATP üretilir. Eğer ATP molekülü sentezlenirken organik besinler oksijen kullanılarak parçalanıyorsa bu olay **oksijenli solunum** (aerobik solunum) olarak tanımlanır.

9. sınıfta prokaryot ve ökaryot hücrelerin yapısını öğrenmiştiniz. Oksijenli solunum prokaryotlarda solunuma yardımcı enzimlerin bulunduğu hücre zarının özel kıvrımlı bölgelerinde gerçekleşirken ökaryotlarda ise sitoplazmada başlayıp mitokondride devam eden tepkimelerle sağlanır.

Mitokondri çift katlı zar sistemine sahip bir organeldir. Dıştaki zar, düz ve esnektir. İçteki zar mitokondrinin enerji verimini yükseltmek için **krista** denilen kıvrımlardan oluşur (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Mitokondrinin yapısı

Kıvrımların arası **matriks** denilen sıvı ile doludur. Krista ve matrikste solunum tepkimelerinin gerçekleşmesini sağlayan enzimler bulunur.

1. Ünite - Canlılarda Enerji Dönüşümü

Besin monomerleri sitoplazmada belirli aşamaya kadar parçalanırken bir miktar ATP sentezlenir. Besinlerin parçalanmasıyla oluşan küçük moleküller mitokondriye alınır. Burada matriks ve krista kıvrımlarındaki enzimler yardımıyla ATP sentezi sürdürülür.

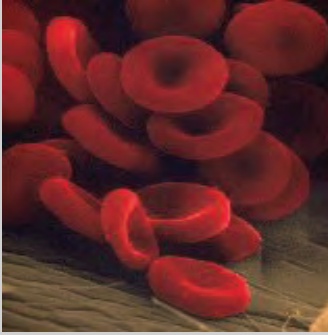
Oksijenin kaynağı fotosentez tepkimeleridir. Atmosferde oksijen gaz, suda ise çözünmüş hâlde bulunur. Glikoz molekülünün yapısına katılan atomların radyoaktif izotopları kullanılarak solunumun son ürünleri izlenmiştir. Bu ürünlerde CO₂'in yapısına glikozdaki karbon (C) ve oksijen (O) atomlarının, H₂O'nun yapısına ise glikozdaki hidrojen (H) ve atmosferdeki oksijenin katıldığı gözlemlenmiştir.

Glikozun yapısındaki atomlar işaretlenmiş olarak aşağıda gösterilmiştir.

$\text{C}^* \rightarrow$ Radyoaktif karbon atomu

$\text{H}^* \rightarrow$ Radyoaktif hidrojen atomu

$\text{O}^* \rightarrow$ Radyoaktif oksijen atomu



Resim 1.1. Memelilerdeki alyuvar hücreleri



Resim 1.2. Patates yumruları



Resim 1.3. Su teresi

Glikozun oksijen ile tepkimeye girmesi sonucu CO₂ ve H₂O oluşurken ortaya çıkan enerjinin bir bölümü ATP enerjisi olarak depolanır. Enerjinin bir kısmı ise ısı enerjisi olarak açığa çıkar. Çimlenmekte olan tohumların bulunduğu ortama termometre yerleştirirseniz oksijenli solunum sonucu açığa çıkan ısıнын termometrede sıcaklığı yükselttiğini görürsünüz.

Oksijenli solunum sırasında organik maddeler, inorganik maddelere kadar parçalandığı için enerji verimi de yüksektir. Yüksek enerjili organik bileşiklerin düşük enerjili bileşiklere parçalanması sırasında açığa çıkan serbest enerji, ADP'ye fosfat bağlanmasında kullanılır. Canlı yapısında enerji, enzim sistemiyle kontrollü bir şekilde açığa çıkarılır ve ATP molekülünde depo edilir. Cansız ortamlarda açığa çıkan enerji ise depo edilemez ve ısı olarak ortama verilir.

Memelilerdeki alyuvar hücresi gibi bazı doku ve hücreler için tek metabolik enerji kaynağı glikoliz tepkimeleridir (Resim 1.1). Glikoliz, hücresel solunumda ATP'nin üretildiği başlangıç tepkimeleridir. Patatesin yumrularında nişasta depolanması, su teresi gibi su kenarında yaşayan bitkilerin yaşamsal faaliyetlerinin sürdürülmesi gibi pek çok olayda kullanılan enerjinin büyük kısmı glikolizden sağlanır (Resim 1.2, 1.3).

Oksijensiz solunum yapan bakteriler enerji ihtiyacını sadece glikolizden karşılar (Resim 1.4).

1. Glikoliz

Tüm canlı hücrelerin kendi enerjilerini üretmek zorunda olduklarını biliyorsunuz. Hücrelerimiz besinlerden ATP sentezlerken aynı tepkimeleri mi gerçekleştirir? Benzer tepkimeler sırasında tüm canlılarda aynı enzimlerin kullanılması ne anlama gelir?



Resim 1.4. Bakteri hücreleri

Glikoliz, canlıların fotosentetik olup olmamasına ya da prokaryot, ökaryot olmasına bakılmaksızın her hücrenin sitoplazmasında gerçekleşen bir olaydır. Fabrikaya benzetebileceğiniz her bir hücreye alınan glikoz çeşitli enzimler yardımıyla parçalanarak üç karbonlu hâle getirilir.

Glikozun piruvata çevrilmesi sırasında da bir miktar ATP'nin üretildiği tepkime dizisine **glikoliz** denir. Glikoliz tepkimeleri oksijenli ve oksijensiz solunum yapan bütün hücrelerde ortaktır. Bu tepkimelerin tüm canlılarda ortak oluşu glikoliz olayını kontrol eden kalıtsal yapı ve enzimlerin benzer olduğunu gösterir.

Oksijenli solunum yapan hücrelerde solunumun ilerleyen evreleri için gerekli ürünlerin nasıl oluştuğunu anlayabilmek için glikoliz sürecinin iyi bilinmesi gerekir (Şekil 1.4).

Glikoliz tepkimelerini basamaklandırarak olursak;

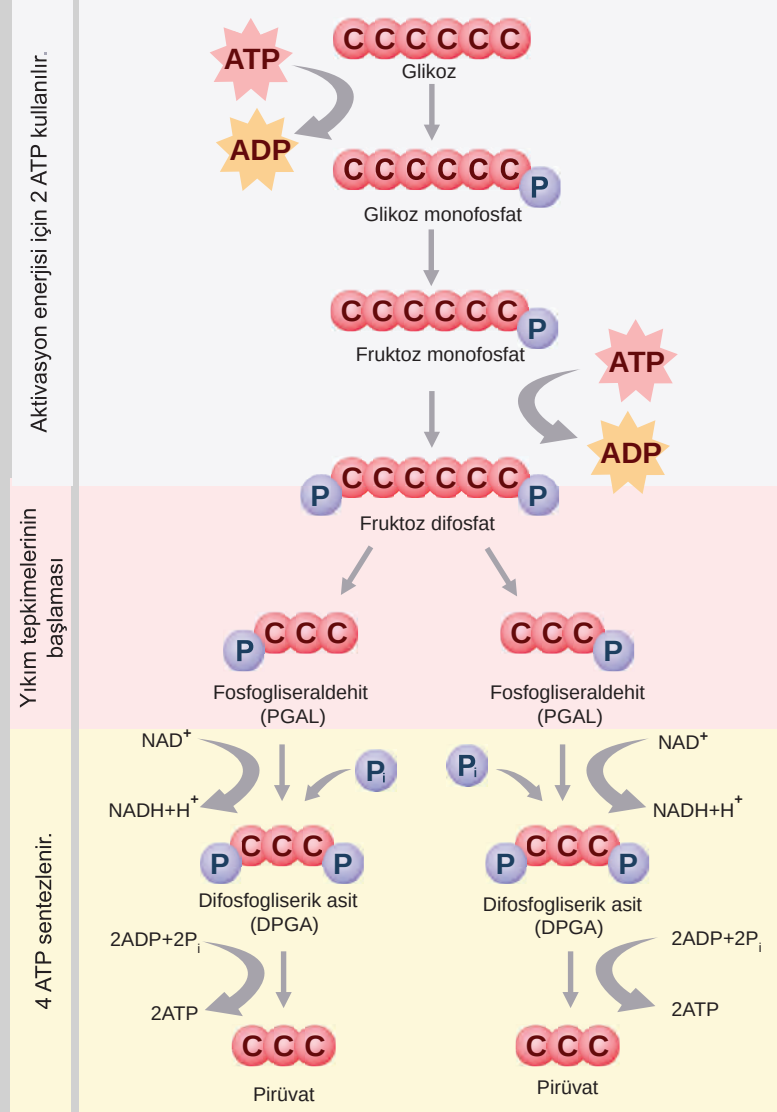
- Glikoz molekülünün tepkimeye girebilmesi için enerji alarak aktifleşmesi gerekir. Gerekli olan aktivasyon enerjisi ATP molekülünden sağlanır. Glikoz molekülüne sitoplazmada bulunan ATP'den bir fosfat molekülünün bağlanmasıyla glikoz monofosfat oluşur.
- Glikoz monofosfat, enzimler yardımıyla herhangi bir maddenin katılımı olmadan kimyasal bağlardaki yapısal değişimle fruktoz monofosfata dönüşür. Bu yapısal değişimin amacı kararlı bir bileşik olan glikoz monofosfatı kararsız bileşik olan fruktoz monofosfata dönüştürmektir.
- Fruktoz monofosfata sitoplazmada bulunan ATP molekülünün bir fosfatı daha bağlanarak fruktoz difosfat oluşur. Bu sırada ATP molekülü ADP'ye dönüşür.
- Kararsız bir bileşik olan fruktoz difosfat molekülü de bir enzim yardımıyla parçalanarak iki molekül fosfogliseraldehid (PGAL) oluşturur.



Dikkat!

NAD (Nikotinamit adenin dinükleotit): Enerji metabolizmasında bulunan elektron taşıyıcı bir koenzimdir. Yükseltgenmiş durumda bulunan NAD^+ a iki elektron ve bir proton (H^+) bağlandığında indirgenerek $2\text{NADH}+\text{H}^+$ ye dönüşür.

- Oluşan iki fosfogliseraldehitlerden (PGAL) ayrılan proton (H^+) ve elektronlar, koenzim olan NAD^+ molekülüne aktarılır. Böylece $2\text{NADH}+\text{H}^+$ oluşur.

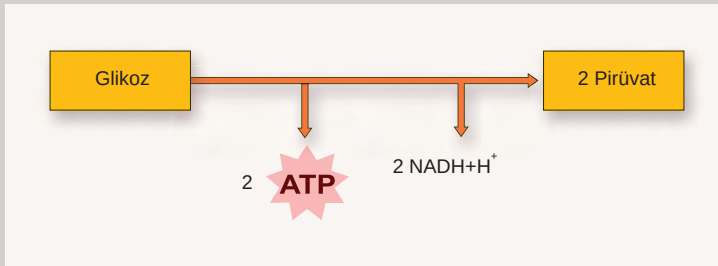


Şekil 1.4. Glikozun sitoplazmada pirüvata kadar parçalanması sırasında gerçekleşen glikoliz tepkimeleri

- Her iki fosfogliseraldehit molekülünden ayrılan hidrojenlerin yerine birer fosfat daha bağlanır ve iki fosfat içeren üç karbonlu difosfoglisarik asit (DPGA) oluşur. Bu durumda eklenen fosfat grubu ATP'den değil sitoplazmadaki inorganik fosfattan sağlanır.

- Oluşan her iki difosfoglisarik asidin ikişer fosfat grubu enzimler yardımıyla ortamdaki ADP'lere bağlanarak substrat seviyesinde fosforilasyonla toplam 4 ATP molekülünün sentezlenmesi sağlanır. Glikoliz tepkimeleri sonucunda 2 molekül pirüvat oluşur. Bu aşamada glikozdan aktarılan enerjinin büyük çoğunluğu pirüvat molekülünde tutulur.

Özetle glikolizde iki pirüvat molekülü, 2 NADH+H⁺ ve toplam 4 ATP sentezlenir. Glikoliz tepkimelerinin başlangıcında tepkimeyi aktif hâle getirmek için 2 ATP kullanıldığından 1 molekül glikozdan pirüvata kadar net 2 ATP sentezlenmiş olur (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Glikoliz tepkimelerinde glikozdan pirüvat oluşumu

Glikoliz tepkimeleri sonunda açığa çıkan enerji ATP molekülünde tutulmaktadır. Bu tepkimeler sırasında oluşan 2 NADH+H⁺ molekülü ise solunumun son aşamasında ATP sentezinde rol alır.

2. Krebs Döngüsü Tepkimeleri

Krebs döngüsü tepkimeleri, bilim insanı **Hans Krebs** (Hans Krebs, 1937) tarafından aydınlatılmıştır. Bu çalışmalarından dolayı Hans Krebs, 1953 yılında Nobel ödülünü almıştır.

Krebs döngüsünde ilk oluşan ürün sitrik asit olduğundan Krebs döngüsünün diğer adı da **sitrik asit döngüsü** olarak bilinir. Krebs döngüsü tepkimeleri, oksijenli solunum tepkimelerinin glikoliz tepkimelerinden sonra gerçekleşen ikinci basamağıdır.

Krebs döngüsü mitokondrinin matriksinde gerçekleşir. Ortamda oksijen bulunduğunda pirüvat parçalanmak üzere mitokondriye girerken glikolizde oluşan 2 NADH+H⁺ molekülü de mitokondriye alınır.

1. Ünite - Canlılarda Enerji Dönüşümü

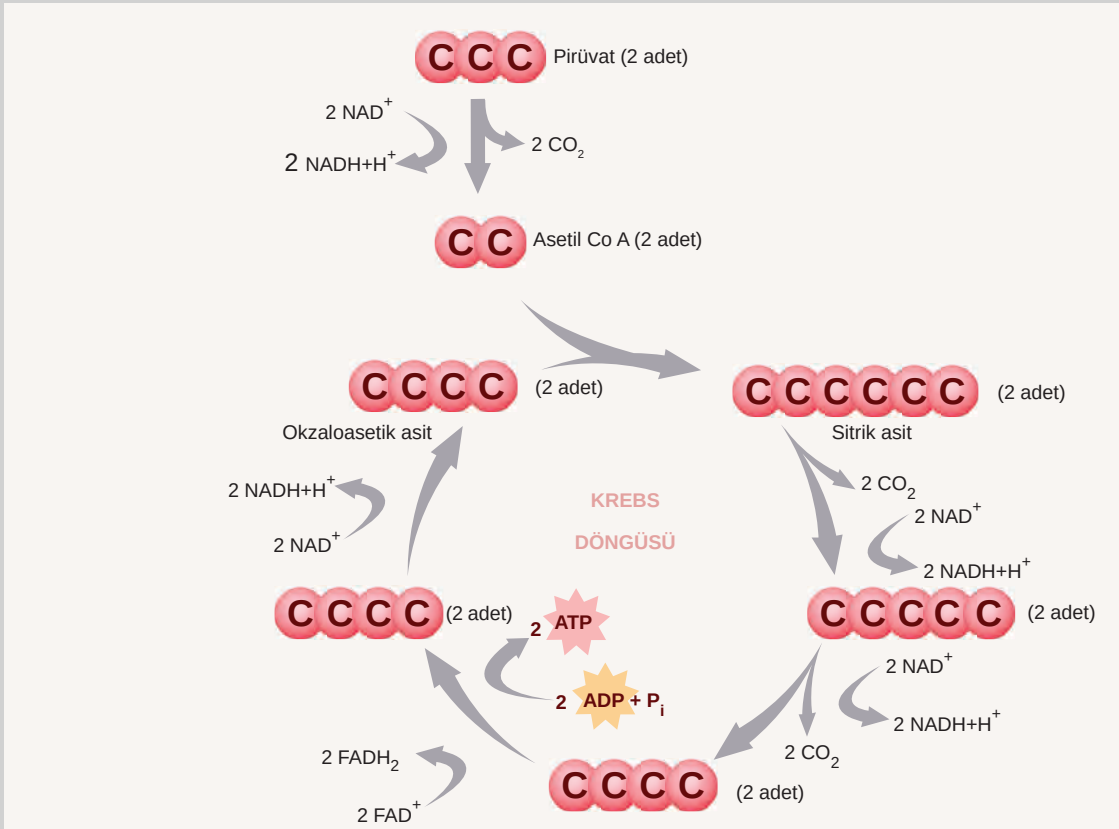


Şekil 1.6. Ortamda oksijen varlığında pirüvat, Krebs döngüsü tepkimelerine girer.

Pirüvat, solunum metabolizmasında önemli bir kesişme noktasıdır (Şekil 1.6). Oksijenli ortamda pirüvat asetil koenzim A'ya yükseltgenir. Asetil koenzim A (asetil Co A) ise Krebs döngüsüne girer. Bu tepkimeler sonucunda glikoz CO₂ ve H₂O'ya kadar parçalanır. Oksijensiz ortamda pirüvat mitokondriye giremez ve etil alkol ya da laktik asit fermentasyonu gibi tepkimelere katılır.

Pirüvatlar oksijenli ortamda tepkimeye girdiğinde pirüvat moleküllerinin her birinin yapısından birer CO₂ açığa çıkar (Şekil 1.7). Bu sırada NAD⁺ koenziminin pirüvatların her birinden elektron ve proton almasıyla NADH + H⁺ oluşur. Bunun sonucunda 2 molekül asetil Co A oluşur. Oluşan 2C'lu asetil Co A'ların her biri ortamdaki 4C'lu bileşik okzaloasetik asitle tepkimeye girerek 2 molekül 6C'lu sitrik asidi oluşturur.

Krebs döngüsü tepkimelerinin oluşum basamakları aşağıdaki gibidir.



Şekil 1.7. Mitokondride Krebs döngüsü tepkimeleri

Sitrik asit bir dizi tepkimeyle 5 ve 4 C'lu bileşiklere dönüşür. Bu dönüşüm sırasında 4 CO₂, 6 NADH+H⁺, 2 FADH₂ oluşurken substrat düzeyinde fosforilasyonla 2 ATP de sentezlenmiş olur.

Glikoliz tepkimeleri sonucunda 2 molekül pirüvat oluştuğunu öğrenmiştiniz. Glikoliz tepkimelerinde 2 NADH+H⁺ ve pirüvatın asetil Co A'ya dönüşümü sırasında oluşan 2 NADH+H⁺ elektron taşıma sistemine (ETS) iletilir. Ayrıca Krebs döngüsü tepkimeleri sonucunda oluşan 6 NADH+H⁺ ve 2 FADH₂ molekülü de ETS'ye iletilir. İki molekül pirüvatın asetil Co A'ya dönüşüm aralığında gerçekleşen tepkimelerde 2 CO₂ açığa çıkar. Krebs döngüsü tepkimelerinde ise 4 CO₂ açığa çıkar. Oluşan CO₂ molekülleri akciğer solunumu yapan canlılarda hücreden kana geçer ve oradan akciğerler yoluyla atmosfere verilir.

Solunum tepkimeleri sırasında karbon dioksitin çıkışını gözlemlemek için aşağıdaki etkinliği yapınız.



Dikkat!

FAD (Flavin adenin dinükleotit): Enerji metabolizmasında bulunan elektron taşıyıcı bir koenzimdir. FAD 2 elektron, 2 proton bağlayarak FADH₂'ye dönüşür.



Etkinlik_Deney

Etkinliğin Adı: Bitki dokularında solunum

Amaç: Bitki dokularında solunum olayını gözlemleme.

Ön Bilgi

Bromtimol mavisi asit ayırıcıdır. Karbonatlı su zayıf asit özelliği gösterir. Bromtimol mavisile karbonatlı su etkileştiğinde sarı-yeşil renk değişikliği gözlenir.

Hazırlanım

- Birkaç adet fasulyeyi pamuğun içinde iki gün çimlendiriniz.
- Birkaç adet fasulyeyi haşlayınız.

Uygulayalım

I. Aşama

- Deney tüplerinin üzerine cam kalem ile A, B, C yazınız.
- Dereceli silindir kullanarak her tüpe 10 mL bromtimol mavisi koyunuz.

A tüpüne önce bir damla, sonra damla sayısını artırarak karbonatlı su koyunuz ve tüpü çalkalayarak oluşan değişimleri gözlemleyiniz. Sarı-yeşil renge ulaştınız mı?

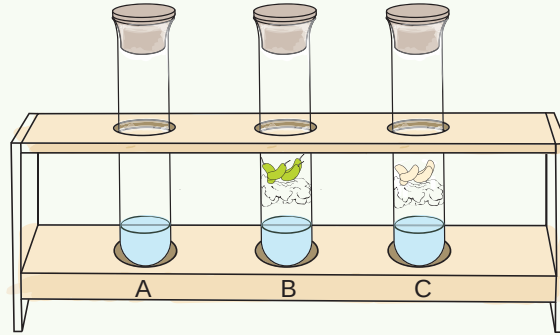


Araç - gereç

- Birkaç adet çimlendirilmiş fasulye tohumu
- Birkaç adet haşlanmış fasulye tohumu
- Karbonatlı su
- Bromtimol mavisi
- 10 mL dereceli silindir
- Damlalık
- Üç adet büyük deney tüpü
- Üç adet deney tüpüne uygun deliksiz tıpa
- Penset
- Pamuk
- Cam kalem

II. Aşama

- B ve C tüplerine bromtimol mavisinin 3 cm yukarısına (pamuk bromtimole temas etmeyecek şekilde) penset yardımıyla pamuk yerleştiriniz.
- B tüpüne yerleştirilmiş pamuğun üzerine dört adet çimlenmiş tohum, C tüpüne yerleştirilmiş pamuğun üzerine dört adet haşlanmış tohum koyunuz.
- Deney tüplerinin ağzını tıpa ile kapatınız.



- Tüplerdeki renk değişimini ve gözlemlenen rengi aşağıdaki çizelgeye kaydediniz.

Deney tüpü	Renk değişimi		Gözlemlenen renk
	Var	Yok	
B			
C			

Sonuçlandırılma

1. Bromtimol mavisinin çözeltisinin içine, karbonatlı su damlattığınızda renk neden değişti?
2. Tüplerde pamuk yerine silgi, plastik tıpa vb. kullanılsaydı deney sonucunu nasıl etkilerdi? Düşününüz.
3. B ve C tüplerindeki renk değişimi ile ilgili gözlemlerinizin nedeni nedir?
4. Elinizdeki verilerden yola çıkarak B ve C tüplerinde oksijen miktarının değişimi hakkında ne söyleyebilirsiniz?
5. Verilere bakarak hangi tüpte solunum yapıldığını söyleyiniz.
6. Daha az ya da daha fazla tohum kullanılırsa sonuçlar nasıl değişir?

"Bitki dokularında solunum" etkinliğinde, solunum için ortamda bulunması gereken maddelerin neler olduğunu ve solunum sonucunda hangi maddelerin oluştuğunu öğrendiniz.

3. Elektron Taşıma Sistemi (ETS)

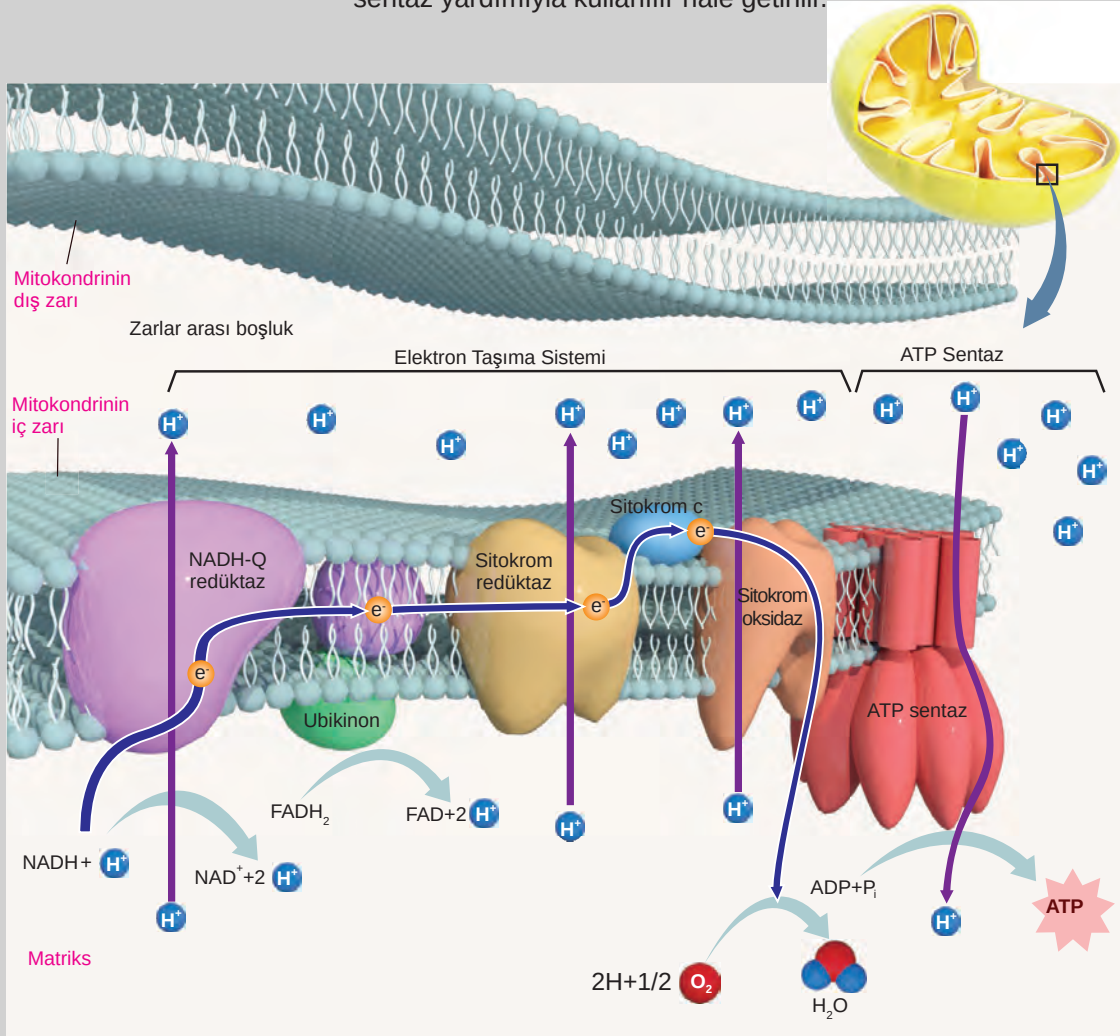
1948 yılında Eugene Kennedy (Öjin Kenedi) ve Albert Lehninger (Albirt Lehinger) tarafından ökaryotlarda oksidatif fosforilasyonun yerinin mitokondri olduğu keşfedildi. Mitokondrinin dış zarı küçük moleküllere ve iyonlara karşı geçirgen olmasına rağmen mitokondrinin iç zarı protonlar (H^+) da dâhil pek çok küçük molekül ve iyon için geçirgen değildir. Mitokondrinin iç zarı kristalleri oluşturacak şekilde kıvrımlar yapmıştır. Bu zar **elektron taşıma sistemi** (ETS) ve ATP sentaz enzimini taşır. Glikoliz ve Krebs döngüsü tepkimelerinde substrat düzeyinde fosforilasyon ile 4 ATP'nin sentezlendiğini öğrenmiştiniz. Bu konuda da öncelikle ETS'nin nasıl çalıştığını, mitokondri iç zar kıvrımları olan kristallerde ETS elemanlarının nasıl dizildiğini ve ATP'nin nasıl sentezlendiğini öğreneceksiniz.

Mitokondri ve kloroplastlarda ATP sentezi hakkındaki bilgilerimiz 1961 yılında Peter Mitchell (Pitir Mişel) tarafından oluşturulan hipoteze dayandırılmaktadır. **Kemiozmotik hipotez** olarak bilinen bu hipoteze göre oksidatif fosforilasyonda zar yüzeyleri arasındaki proton derişimi farkı ATP sentezini sağlar. Bu hipotezin enerjinin nasıl üretildiğine ilişkin açıklamasını anlayabilmek için ETS'yi oluşturan elemanları, elektronların bu sistemde taşınmasını, proton derişim farkının oluşumunu ve sonuçta ATP sentazın işlevini bilmek gerekir.

Elektron taşıma sistemi bir dizi elektron taşıyıcı molekülden oluşur ve bu moleküller mitokondrinin iç zarında yer alır. ETS moleküllerinden bazıları protein yapısındadır. Bunlar NADH-Q redüktaz, sitokrom redüktaz, sitokrom oksidaz ve sitokrom c'dir. Protein yapısında olmayıp koenzim olarak görev yapan molekül ise ubikinondur. Bu taşıyıcı moleküller $NADH+H^+$ ve $FADH_2$ 'den yüksek enerjili elektronları alır bir dizi indirgenme yükseltgenme tepkimesinden geçirerek elektronları sistem boyunca taşır. Koenzimlerle taşınan elektronlar taşıyıcı moleküllere aktarılırken protonlar matrikse bırakılır. Bu sırada $NADH+H^+$ ve $FADH_2$ sırasıyla NAD^+ ve FAD formlarına yükseltgenir. Böylece NAD^+ ve FAD molekülleri tekrar Krebs döngüsündeki elektronları kabul edebilecek hâle gelir. Taşıma sisteminde elektronların enerji seviyeleri kademeli olarak düşürülür. Bu sırada açığa çıkan serbest enerjinin bir kısmı ısı olarak ortama yayılırken büyük kısmı matriksteki protonları pompalamada kullanılır. Protonlar (H^+) matriksten mitokondrinin iç ve dış zarı arasında bulunan boşluğa doğru ETS molekülleri aracılığıyla pompalanır.

1. Ünite - Canlılarda Enerji Dönüşümü

Böylece mitokondrinin iç ve dış zarı arasındaki boşluk matrikse oranla daha yüksek proton derişimine sahip olur (Şekil 1.8). Protonlar elektrik yükü taşıdığından mitokondrinin iç zarının iki yüzü arasında elektriksel yük farkına da yol açar. Bu derişim ve elektriksel yük farkı bir potansiyel enerji oluşturur. Solunumun son aşaması olan oksidatif fosforilasyon için bu potansiyel enerji ATP sentaz yardımıyla kullanılır hâle getirilir.



Şekil 1.8. Kemiozmotik hipoteze göre ETS'de elektron taşınması ve ATP sentezi

Mitokondrinin iç zarı protonları geçirgen olmadığından ATP sentaz, zarlar arası boşluktaki protonların tekrar matrikse geri akışını sağlayan bir yol oluşturur. ATP sentaz kompleks bir enzimdir. Proton akışı sırasında aktifleşir ve enzimde yapısal değişimler olur. Bu değişimler ADP'ye bir fosfat eklenerek ATP sentezlenmesini sağlar. Protonlar matrikse doğru aktıkça ATP sentezi de devam eder. ETS'nin son elektron alıcısı oksijendir.

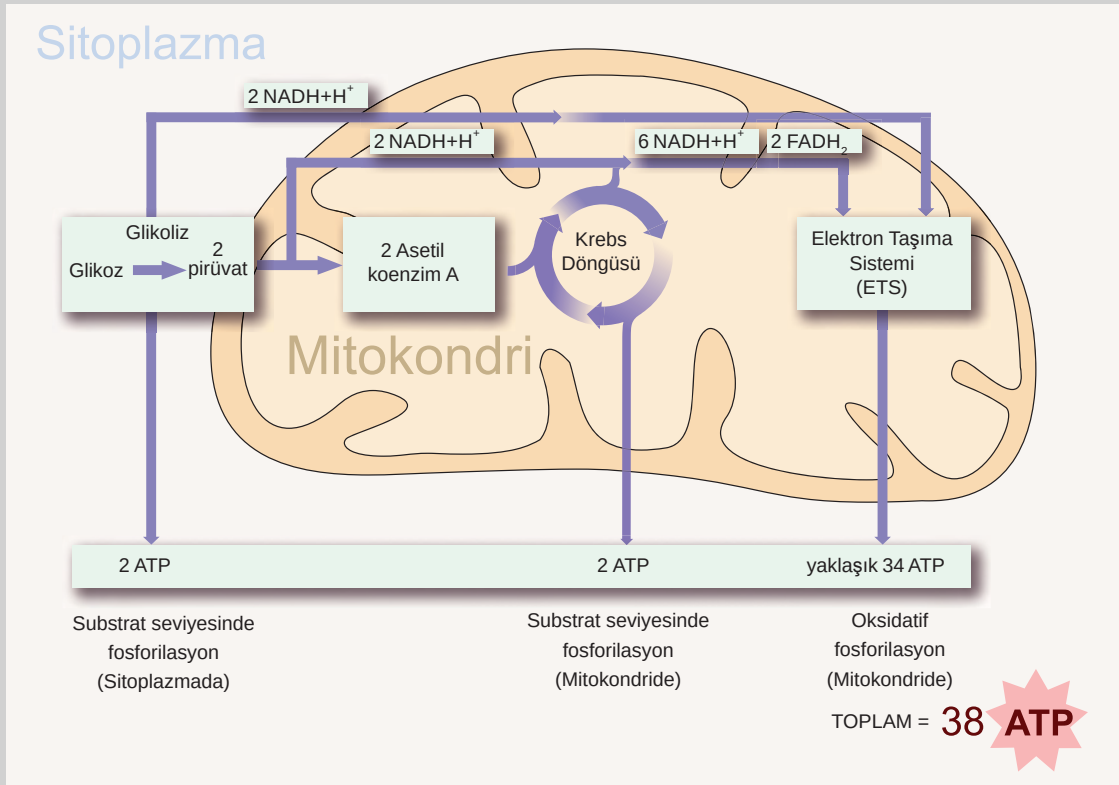
Elektron taşınmasının son aşamasında düşük enerjili hâle gelmiş olan elektronlar, oksijen ve protonlarla (H^+) birleşerek suyu oluşturur. Mitokondrilerin iç zarında bulunan ETS'ler aracılığıyla elektronların oksijene taşınması ve ATP sentezlenmesine **oksidatif fosforilasyon** denir. Solunumda üretilen enerjinin büyük kısmı bu evrede üretilir. Protonlar ve elektronlar NAD tarafından ($NADH+H^+$ şeklinde) ETS'ye iletilirse 3 ATP sentezlenir. Eğer protonlar ve elektronlar FAD tarafından alınıp ($FADH_2$ hâlinde) ETS'ye taşınırsa 2 ATP sentezlenir.



Dikkat!

ETS molekülleri ökaryot hücrelerde mitokondrinin iç zarında, prokaryot hücredeyse hücre zarının kıvrımlarında bulunur.

Şekil 1.9'da bir glikoz molekülünden oksidatif fosforilasyon ile ATP sentezlenmesi, substrat seviyesinde fosforilasyonla ATP'nin sentezlendiği bölümler ve açığa çıkan ATP sayısı gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Hücre solunumu sırasında bir glikoz molekülünden elde edilen ATP verimi

Glikoliz tepkimelerinden 2 $NADH+H^+$, Krebs döngüsü tepkimelerinden de 6 $NADH+H^+$ ve 2 $FADH_2$ ETS'ye aktarılır. Bu arada toplam 10 $NADH+H^+$ ve 2 $FADH_2$ ETS'ye iletilince 34 ATP molekülü oksidatif fosforilasyonla sentezlenmiş olur. Glikoliz ve Krebs döngüsünden de toplam 4 ATP substrat seviyesinde fosforilasyonla sentezlenir. Böylece bir glikoz molekülünden toplam 38 ATP sentezlenmiş olur.

Solunum tepkimelerinde açığa çıkan enerjinin bir bölümünün ısıya dönüştüğünü öğrenmiştiniz. Solunum sırasında açığa çıkan ısıyı gözlemlemek için aşağıdaki etkinliği yapınız.



Etkinlik_Deney



Etkinliğin Adı: Solunum sırasında ısı üretimi

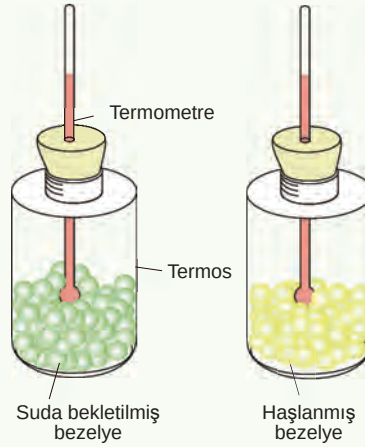
Amaç: Solunum sırasında ısının nasıl üretildiğini kavrama.

Uygulayalım



Araç - gereç

- 2 adet 500 mL'lik termos
- 500 g bezelye, nohut, fasulye vb.
- 2 adet 100-110 °C aralığında kimya termometresi
- Sirke
- Pamuk



- İki gruba ayrılınız. Birinci gruba 24 saat suda bekletilmiş 250 g bezelye, ikinci gruba ise 250 g haşlanmış bezelye veriniz.
- Sirkeli suyla yıkanmış bezelyeleri termosun yarısına kadar doldurunuz.
- Termometre ile termosların içindeki sıcaklığı ölçünüz ve sıcaklığı kaydediniz.

- Termosların ağzını termometrenin haznesi bezelyelerin içinde kalacak şekilde mantar tıpa ile sıkıca kapatınız.
- Termosu ters çevirip birkaç gün bekletin ve sıcaklığını termometre ile ölçüp kaydediniz.
- İki grubun bulgularını karşılaştırıp sonuçları tartışınız.

Sonuçlandırılmalı

1. Bezelyeler neden sirkeli suyla yıkandı?
2. Termosların ağzı pamukla neden kapatıldı?
3. Çimlenen bezelyelerden açığa çıkan enerji nerelerde kullanıldı?

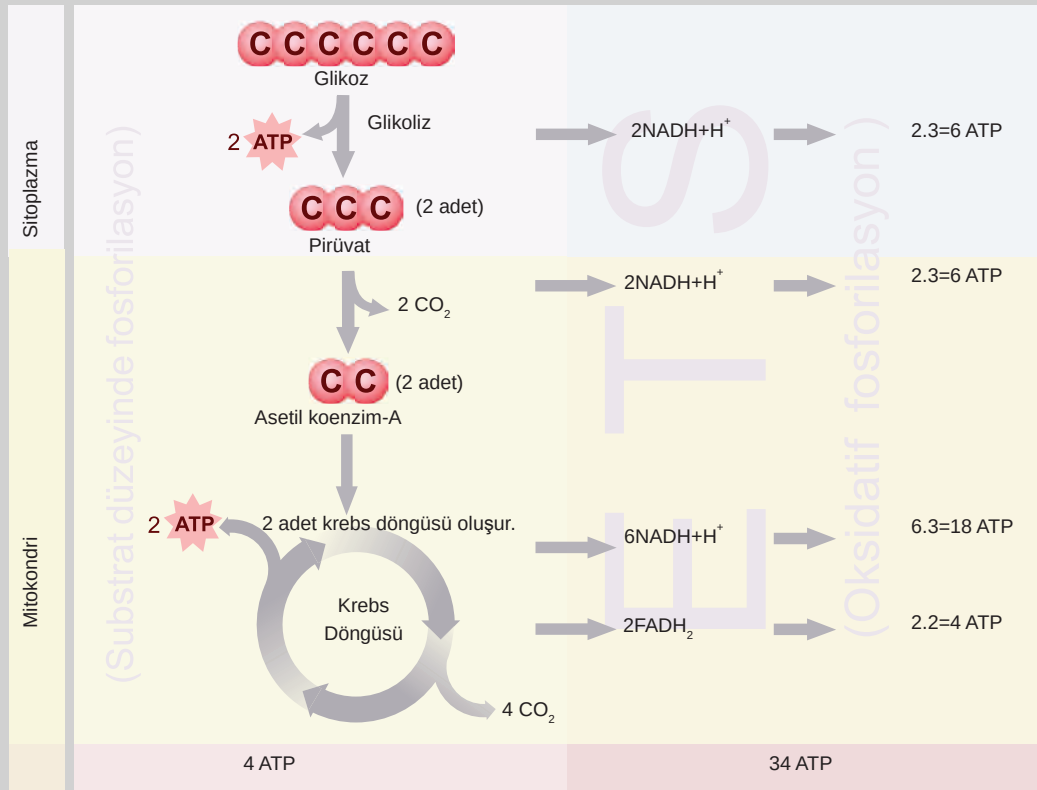
Solunum tepkimeleri sırasında enerjinin büyük bir bölümünün ısı enerjisine dönüşerek ortama verildiğini etkinlikte gözlemlediniz. Canlılar ısı enerjisiyle ATP sentezleyemediğinden, ısı enerjisi kullanılmayan bir enerji gibi görünse de vücut sıcaklığının düzenlenmesini sağlar. Bir glikoz molekülünün bağları arasındaki enerjinin yaklaşık % 40'ı ATP sentezinde kullanılır. % 60'ın az bir kısmı ısı olarak yayılırken diğer kısmı oksijenli solunumun son ürünleri olan H_2O ve CO_2 moleküllerinin bağlarında kalır.

Şimdi oksijenli solunum tepkimeleri sırasında sentezlenen ATP, üretilen H_2O ve CO_2 'in hangi basamaklarda oluştuğunu gözden geçirelim.

ATP üretimi

Substrat düzeyinde fosforilasyonla glikoliz tepkimelerinde 4 ATP sentezlenir. 2 ATP ise aktivasyon enerjisi için kullanıldığından net 2 ATP sentezlenmiş olur. Krebs döngüsü tepkimelerinde ise 2 molekül pirüvattan 2 ATP sentezlenir.

Oksidatif fosforilasyonla bir çift hidrojen atomu NAD^+ tarafından tutularak ETS'ye aktarılıyorsa 3 ATP sentezlenir, bir çift hidrojen atomu FAD tarafından tutularak ETS'ye aktarılıyorsa 2 ATP sentezlenir (Şekil 1.10).



Şekil 1.10. Bir glikoz molekülünden 38 ATP sentezlenir.

Örnek: 3 glikoz molekülünün oksijenli solunumu sırasında sadece Krebs döngüsü tepkimelerinde substrat düzeyinde fosforilasyonla kaç molekül ATP ve CO_2 üretilir?

Çözüm: 1 glikoz molekülünden Krebs döngüsü tepkimelerinde substrat düzeyinde fosforilasyonla 2 ATP sentezlendiğine göre 3 glikoz molekülünden $2 \times 3 = 6$ ATP sentezlenir.

Bir glikoz molekülünün parçalanması sırasında gerçekleşen 2 Krebs döngüsünde, 4 CO_2 açığa çıktığına göre 3 glikoz molekülü tepkimeye girdiğinde $3 \times 4 = 12$ CO_2 açığa çıkar.

1. Ünite - Canlılarda Enerji Dönüşümü

Örnek: Oksijenli solunum tepkimeleri sırasında 6 molekül asetil Co A tepkimeye girdiğinde oksidatif fosforilasyonla kaç ATP üretilir?

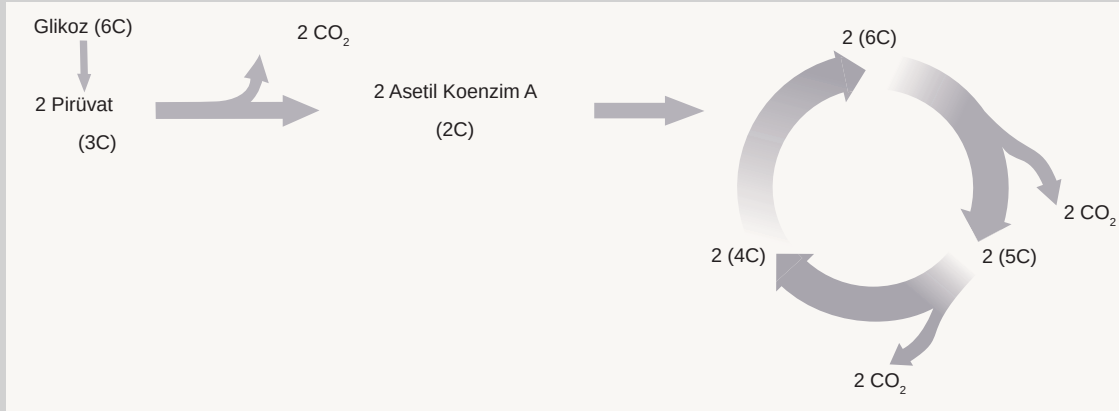
Çözüm: 2 molekül asetil Co A'dan oksidatif fosforilasyonla 22 ATP sentezlenir. 6 molekül asetil Co A tepkimeye girdiğinde $(6 \times 22) / 2 = 66$ ATP sentezlenir.

Suyun Oluşumu

Oksijenli solunumda ETS'ye aktarılan bir çift hidrojen atomunun oksijen ile birleşmesi sonucu 1 molekül H_2O oluşur. NAD ve FAD molekülleri aracılığıyla taşınan 24 hidrojen atomu oksijenle birleşerek 12 molekül H_2O 'yu oluşturur.

Karbon Dioksitin Oluşumu

2 Pirüvattan asetil Co A oluşumu sırasında 2 CO_2 , 2 molekül 6C'lu bileşikten 5C'lu bileşiğin oluşumu sırasında 2 CO_2 ve 2 molekül 5C'lu bileşikten 2 molekül 4C'lu bileşik oluşurken 2 CO_2 çıkışı olur (Şekil 1.11).



Şekil 1.11. Glikoliz ve Krebs döngüsünde karbon dioksit çıkışı

D. Besinlerin Oksijenli Solunuma Katılım Yolları

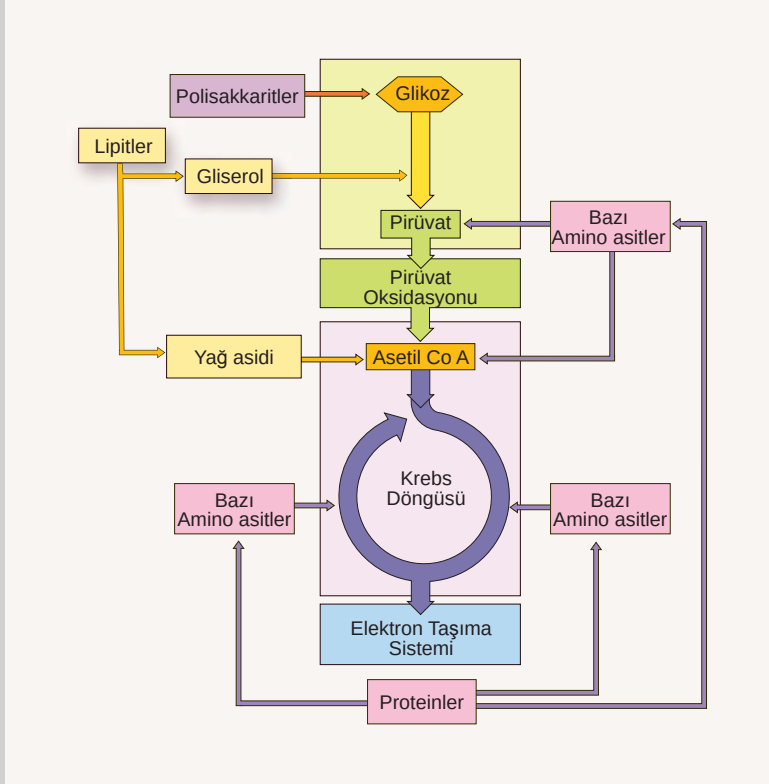


Düşünelim- Araştırma

Hücrelerde solunum tepkimeleri sırasında enerji elde etmek için öncelikle hangi besinler kullanılır? Araştırınız.

Buraya kadar glukozun oksijen varlığında H_2O ve CO_2 'e dönüştüğünü ve enerji açığa çıktığını ele aldık. Bu bölümde, proteinler, diğer karbonhidratlar ve yağların enerji üretiminde hangi yollarla kullanıldığını öğreneceksiniz.

Organik moleküllerin su kullanarak daha küçük yapı taşlarına parçalanması olayına hidroliz dendiğini 9. sınıfta öğrenmiştiniz. Hidroliz tepkimeleri sonucunda karbonhidratlar glukoz ve diğer monosakkaritlere, lipitler gliserol ve yağ asitlerine, proteinler de amino asitlere parçalanır.



Şekil 1.12. Farklı organik bileşiklerin solunumla enerji üretim sürecine katılması

Polisakkaritler önce monosakkaritlerden olan glikoza hidroliz tepkimeleriyle parçalanır. Glukoz solunumla enerji üretiminde glikoliz basamağından tepkimeye girer (Şekil 1.12).

Lipitler önce yapı taşları olan gliserol ve yağ asitlerine parçalanır. Gliserol özel bir enzim yardımıyla ATP harcanarak gliserol fosfata dönüştürülerek glikoliz tepkimelerine katılır. Yağ asitlerinin yıkımı ATP kullanılarak dehidrasyonla gerçekleşir. Mitokondride gerçekleşen bu olayda her yağ asiti asetil Co A meydana getirir. Bu asetil Co A'da Krebs döngüsüne girer.

Lipitler karbonhidratlara göre daha fazla hidrojen içerdiklerinden yaklaşık iki kat daha fazla enerji açığa çıkarır. Aynı zamanda hidrojen sayılarının fazla olması lipitlerden enerji elde ederken daha fazla su oluşmasına sebep olur.

Amino asitlerden amino grubu ayrıldıktan sonra geriye kalan madde karbon sayılarına göre asetil koenzim A'dan 3 C'lu pirüvattan ya da Krebs döngüsünden solunum tepkimelerine katılır. Karbonhidrat ve lipitler solunum tepkimelerinde kullanıldığında CO_2 ve H_2O son ürün olarak açığa çıkarken proteinlerin kullanıldığı durumlarda CO_2 , H_2O ve NH_3 meydana gelir.

E. Oksijensiz Solunum

Günlük yaşantımızda sürekli tükettiğimiz sütün yoğurda ya da üzümün sirkeye dönüşmesinde hangi canlılar etkilidir? Sütün yoğurda dönüşümü ile üzümün sirkeye dönüşümüne neden olan canlılarda enerji nasıl üretilir? Bu canlılar enerji üretirken ortamda hangi maddeler oluşur?

Kas hücreleriniz, spor yaparken ya da koşarken çok miktarda ve hızlı bir şekilde enerji tüketir. Kas hücrelerindeki mitokondriler, oksijenli ortamda glikozu, hareket için enerji sağlayan ATP üretiminde kullanır. Hayvanların çizgili kas hücreleri gibi enerji tüketimi çok olan hücreler yeterli oksijen alamadıkları zaman oksijen kullanmadan enerji üretir.

Organik besinlerin oksijen kullanılmadan, enzimler yardımıyla daha küçük moleküllere parçalanması sonucu açığa çıkan enerjiyle ATP sentezlenmesine **oksijensiz solunum** (fermantasyon) denir. Mayalanma olarak da bilinen fermentasyon işlemi bir maddenin bakteriler, mantarlar ve diğer organizmalar aracılığıyla genellikle ısı vererek ve köpürerek kimyasal parçalanma olayıdır. Oksijensiz yolla enerji elde edilmesi bakterilerin büyük bir bölümünde, maya mantarlarında, omurgalıların çizgili kaslarında ve bazı tohumlarda gerçekleşir. Fransız kimyager Louis Pasteur (Lui Pastör) 1857'de fermentasyonu canlı maya hücrelerinde izleyerek keşfetmiştir. Pasteur, fermentasyon üzerine yaptığı çalışmaların sonucuna göre kendi adı ile anılan pastörizasyonun esaslarını ortaya koymuştur. Bira veya şarapta meydana gelen her değişimin bunları fermente eden veya bozan mikroorganizmalardan kaynaklandığını biliyordu. Deneylerini "bira veya şarap herhangi bir mikroorganizma içermezse hiç bir değişikliğe uğramaz" varsayımından yola çıkarak sürdürmüştür. Pasteur'un bilimsel deneyleri günümüz gıda teknolojisinde hâlâ yararlanılmakta olan pastörizasyon yönteminin temelini oluşturmuştur. Fermentasyon tepkimelerinde besinler CO_2 ve H_2O 'ya kadar dönüşemediği için enerjinin büyük bir bölümü son ürünlerin kimyasal bağlarında gizli kalır. Bu nedenle fermentasyonda açığa çıkan enerji, oksijenli solunuma göre daha azdır. Glikoliz tepkimeleri oksijenli solunumda anlatıldığı gibi oksijensiz solunumda da aynı şekilde gerçekleşir.

Glikoliz sonucunda oluşan pirüvat, oksijensiz ortamda etil alkol veya laktik aside kadar parçalanabilir. Etil alkol veya laktik asit gibi farklı son ürünlerin oluşmasının nedeni, bu tepkimelerde kullanılan enzim çeşitlerinin farklı olmasıdır.

1. Etil Alkol Fermantasyonu

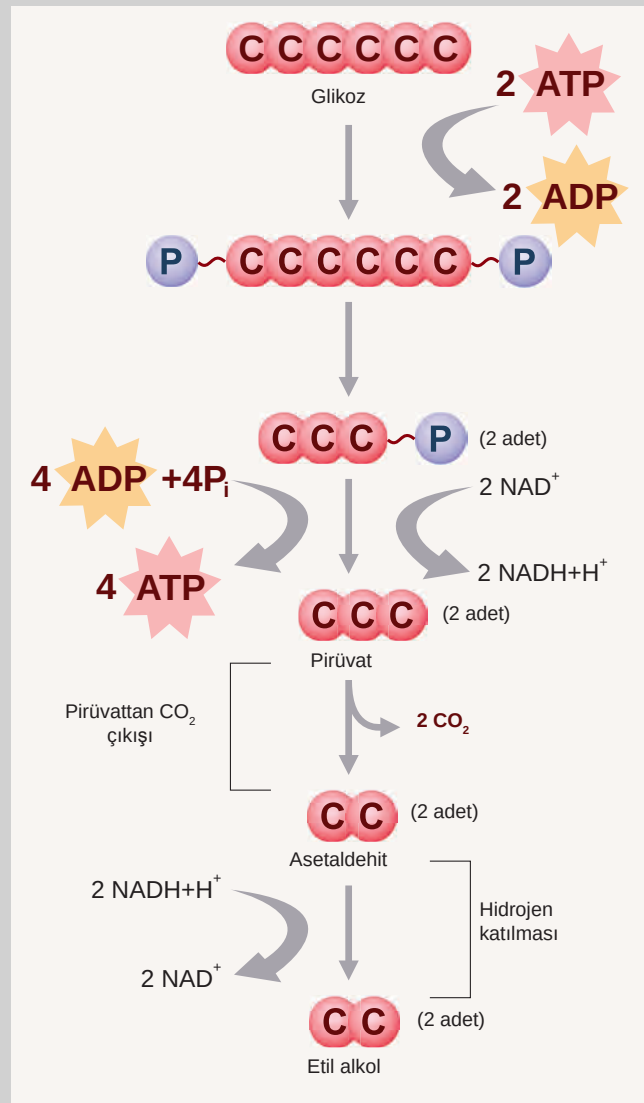
1897 yılında Hans Buchner (Hans Buhner) ve Eduard Buchner (Edvard Buhner) adlı bilim insanlarının fermantasyon üzerine yaptığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Çalışmalarında meyveleri reçel ve marmelat hâlinde sakkaroz içinde saklamayı düşünmüşler, sakkarozu meyve özütlerine ilave etmişlerdir. Bu sırada, sakkarozun fermantasyonla kısa bir sürede etanola dönüştüğünü tamamen bir rastlantı sonucu gözlemlemişlerdir. O zamana kadar fermantasyonun yalnız canlı hücrelerde ve canlılara has bir mekanizmayla gerçekleşebileceğine inanılıyordu. Fermantasyonun canlı hücre dışında da gerçekleşebileceğini kanıtlayan Eduard Buchner bu çalışması ile 1907 yılında Nobel Kimya Ödülü'nü kazanmıştır. Bu buluş, günümüzde modern biyokimya anlayışına ve biyoteknolojiye açılan ilk kapı olmuştur.

Yapılan biyokimyasal çalışmalar bazı bakteri, maya hücreleri ve bitki tohumlarının oksijensiz ortamda fermantasyonla enerji üretebildiklerini göstermiştir.

Etil alkol fermantasyonunda genellikle glikoz kullanılır. Glikoz, önce glikoliz tepkimeleriyle 2 molekül pirüvata kadar parçalanır. ATP sentezi glikoliz safhasında gerçekleşir. Pirüvattan CO_2 çıkması sonucu asetaldehit oluşur. Asetaldehit glikoliz sırasında oluşan $\text{NADH}+\text{H}^+$ den hidrojenleri alarak etil alkolü oluşturur. Glikozdan etil alkolün oluştuğu ve enerjinin açığa çıktığı bu kimyasal tepkimeler dizisine **etil alkol fermantasyonu** adı verilir. Hidrojenlerini pirüvata aktaran NAD^+ molekülü yükseltgenir. Yükseltgenmiş NAD molekülünün oluşumu aynı zamanda glikolizin de devamlılığını sağlar. Fermantasyon tepkimeleriyle ortamda pirüvat ve hidrojen molekülünün birikmesi de önlenmiş olur (Şekil 1.13).

Düşünelim- Araştırma

Etil alkol ve laktik asit fermantasyonu dışında farklı maddelerin sentezlendiği fermantasyon olayları var mı? Araştırınız.



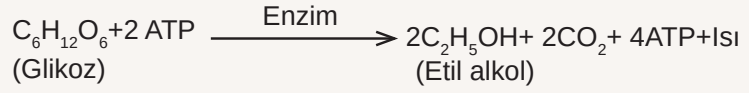
Şekil 1.13. Etil alkol fermantasyonu tepkimeleri

1. Ünite - Canlılarda Enerji Dönüşümü

Etil alkol fermantasyonu sonucunda 1 molekül glikozdan 2 molekül etil alkol, 2 molekül CO₂ ve 4 molekül ATP oluşurken bir miktar da ısı açığa çıkar.



Resim 1.5. Üzümden alkol elde edilir.



Sirke oluşumu, üzümden alkol elde edilmesi etil alkol fermantasyonuyla gerçekleştirilir. Ayrıca etil alkol fermantasyonu sırasında açığa çıkan CO₂ bira ve şampanyanın köpüklenmesini sağlar (Resim 1.5).

Pastacılıkta kullanılan mayaların gerçekleştirdiği fermantasyon sonucunda açığa çıkan CO₂ hamurun kabarmasını sağlar.

Fermantasyon tepkimeleri sonucu açığa çıkan alkol oranı %18'i aşarsa hücreler üzerinde etil alkol zehir etkisi yapar. Bu nedenle etil alkol birikiminin yoğun olduğu ortamlarda etil alkol fermantasyonu yapan canlılar bile yaşayamaz.

Örnek: 8 molekül glikozun yıkımıyla gerçekleştirilen etil alkol fermantasyonunda hücrenin net ATP kazancı ve bu tepkime sırasında açığa çıkan CO₂ sayısı nedir?

Çözüm: 1 molekül glikoz fermantasyonla yıkılırsa hücrenin net enerji kazancı 2 ATP'dir. 8 molekül glikoz tepkimeye girdiğinde net ATP kazancı 8x2=16 ATP'dir.

1 glikoz molekülünden 2 CO₂ çıkarsa 8 glikoz molekülünden 16 CO₂ açığa çıkar.

Örnek: 6 molekül glikozun kullanılacağı bir etil alkol fermantasyonunda yıkım tepkimelerinin başlatılması için kaç ATP harcanır?

Çözüm: 1 glikoz molekülünün tepkimeye girmesi için 2 ATP harcandığına göre 6x2=12 ATP gereklidir.

Glikozun hücre içinde oksijensiz solunum ile parçalandığını ve ATP sentezlendiğini öğrendiniz. Bira mayası hücrelerinin oksijensiz solunum tepkimeleri sırasında hangi ürünlerin oluştuğunu aşağıdaki etkinliği yaparak gözlemleyiniz.



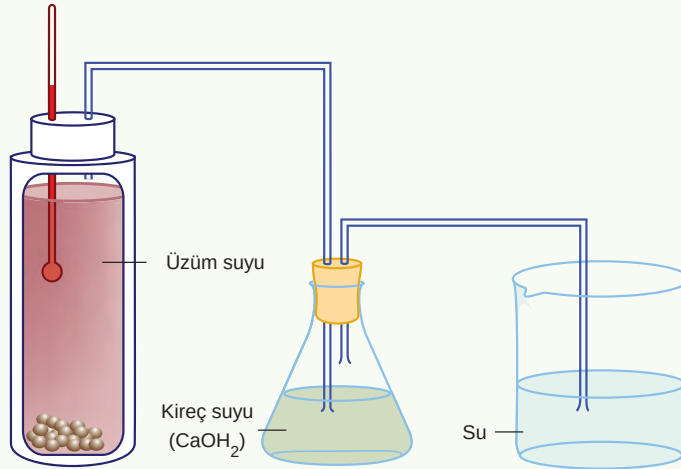
Etkinlik_Deney

Etkinliğin Adı: Bira mayasında oksijensiz solunum

Amaç: Bira mayasında fermentasyonu gözlemleme.

Uygulayalım

- Termoslardan birini A, diğerini B olarak etiketlendiriniz.
- A termosunun tamamını üzüm suyu ile doldurunuz ve kontrol grubu olarak kullanınız.
- Üzüm suyuyla birlikte 5 g bira mayasını B termosuna koyarak tamamını doldurunuz.
- Her iki termos için deney düzeneğini aşağıdaki gibi hazırlayınız.



- Hazırladığınız düzenekleri oda sıcaklığında bekletiniz.
- Bir ders süresince her 10 dakikada bir termometrede ve erlenmayerdeki değişiklikleri gözlemleyerek kaydediniz.

Etil alkolü test etmek için;

- B termosunun tıpasını çıkartıp içinden 5 mL sıvı alarak temiz bir deney tüpüne koyunuz.
- Üzerine %10'luk NaOH çözeltisinden 4 damla ekleyiniz (Bu işlemi yaparken sodyum hidroksiti sıçratmamaya dikkat ediniz)
- NaOH çözeltisinin üzerine bir damla iyot çözeltisi ekleyiniz. Dikkatlice karıştırarak renginin kaybolduğunu gözlediğinizde bir damla daha iyot ekleyip yeniden karıştırınız. Bu işleme, tüpü salladığınızda donuk renk kayboluncaya kadar devam ediniz.



Araç - gereç

- 5 g kuru bira mayası
- İki adet 1 L'lik termos
- İki adet çift delikli tıpa (Termoslara uygun)
- 500 mL iki adet erlenmayer
- İki adet çift delikli tıpa (Erlenmayerlere uygun)
- Dört adet U cam boru
- İki adet beherglas
- İki adet termometre
- Üzüm suyu
- Kireç suyu, bromtimol mavisi, potasyum hidrok-sitten herhangi biri
- Kalem
- Damlalık
- Pipet
- Deney tüpü
- İyot çözeltisi
- %10'luk NaOH çözeltisi (Sodyum hidroksit)
- İki adet etiket
- Dereceli silindir

- Tüpü ayaklığına koyup tüpün dibinde açık sarı tabaka oluşuncaya kadar bekleyiniz.

Sonuçlandırılma

1. B termosuna 5 g bira mayası konulmasının nedeni nedir?
2. Maya hücreleri için oksijensiz ortam nasıl sağlandı?
3. Deneyde kireç suyu kullanılmasının nedeni nedir?
4. Kireç suyunun bulanıklaşmasının nedeni nedir?
5. B termosundan alınan sıvıyla NaOH ve iyotu karıştırınca açık sarı tabaka oluşmasının nedeni nedir?
6. A termosu ile B termosunu işlemler sonucunda karşılaştığınızda ne gibi farklar gördünüz?

2. Laktik Asit Fermantasyonu

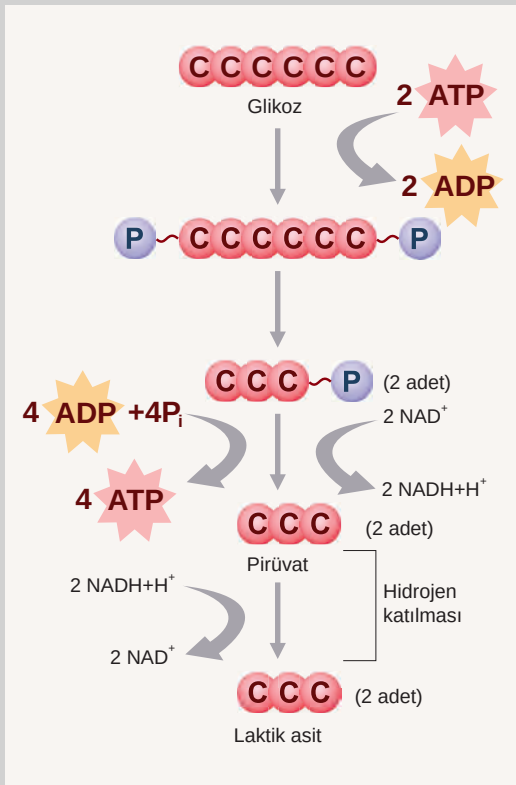
Omurgalıların genellikle oksijenli solunum yapan organizmalardır. Hücrelerinde glikozu glikolizle pirüvata çevirir, sonra moleküler

oksijeni kullanarak pirüvatu tamamen CO_2 ve H_2O 'ya kadar parçalarlar. Ancak yoğun kas aktivitesinin olduğu durumlarda glikozun oksijensiz ortamda laktik aside kadar parçalanması gerçekleşir. Bazı bakteriler de enerji elde edebilmek için glikozu laktik aside parçalar. Omurgalıların kas hücrelerinde ve bazı bakterilerde gerçekleşen bu kimyasal tepkime dizisine **laktik asit fermantasyonu** denir.

Laktik asit fermantasyonu sırasında glikoliz tepkimeleri sonucu oluşan pirüvat ortamdaki $\text{NADH}+\text{H}^+$ 'nin hidrojenlerini alarak laktik asidi meydana getirir (Şekil 1.14). Bu tepkimeler sırasında $\text{NADH}+\text{H}^+$ molekülü yükseltgenir. Böylece glikolizin devamlılığı için NAD^+ molekülü ortama kazandırılmış olur.

İnsanın kol, bacak vb. organlarındaki çizgili kaslarında çok enerji gerektiren işlemler sırasında oluşan laktik asit bu hücrelerde birikir. Bu da vücutta yorgunluk yapar. Örneğin insanın yüzerken yorulmasının nedeni bacak kaslarında laktik asidin birikmesidir. Dinlenme durumunda hücrelere yeterli oksijen gelirse laktik asit yükseltgenir. Molekülden hidrojen

ayrılır bu sırada pirüvat molekülü oluşur. Meydana gelen pirüvat oksijenli solunum tepkimelerine katılır. Eğer kaslarda biriken laktik

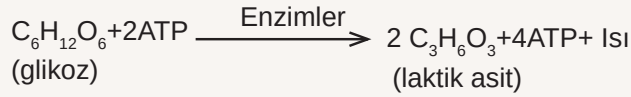


Şekil 1.14. Laktik asit fermantasyonu tepkimeleri

asit miktarı artarsa laktik asit kan yoluyla beyne giderek uyku merkezini uyarır. Bu nedenle yorulduğumuzda uykumuz gelir.

Laktik asidin bir kısmı karaciğerde glikoza çevrilir ardından glikojen sentezlenir. Bazen laktik asidin fazlası "kramp"a neden olur.

Laktik asit fermentasyonu sonucunda 1 molekül glikozdan 2 molekül laktik asit oluşur. Bu sırada toplam 4 ATP sentezlenirken bir miktar ısı enerjisi de açığa çıkar.



Glikoliz tepkimelerinde aktivasyon enerjisi için 2 ATP harcadığından net 2 ATP'lik kazanç elde edilir.

Aşağıda verilen etkinliği arkadaşlarınızla görev paylaşımı yaparak gerçekleştiriniz.



Etkinlik_Deney

Etkinliğin Adı: Yoğurt yapalım

Amaç: Laktik asit fermentasyonunu gözlemleme.

Uygulayalım

- Sütü cezvede 5 dakika kaynatınız.
- Sütü su bardağına boşaltınız ve el yakmayacak sıcaklığa (43-45°C) kadar soğutunuz.
- Bir miktar ılık sütle bir tatlı kaşığı yoğurdu başka bir bardakta karıştırınız.
- Hazırladığınız karışımı su bardağındaki süte ilave ediniz ve üzerini bir çay tabağı ile kapatınız.
- Ilık bir ortamda sıcaklığını muhafaza edecek şekilde 3 saat bekletiniz.
- Gözlemlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Sonuçlandırılmalı

1. Ilık süte yoğurt eklenmesinin nedeni nedir?
2. Sütün elimizi yakmayacak sıcaklığa getirilmesinin sebebi nedir?
3. Süt neden ılık bir ortamda bekletilmiş olabilir?
4. Laktik asit fermentasyonunu hangi canlılar gerçekleştirir? Bu fermentasyon tekniğiyle başka hangi maddeler oluşturulabilir?



Araç - gereç

- 200 mL süt (1 Su bardağı)
- 1 tatlı kaşığı yoğurt
- Su bardağı
- Cezve
- İspirto ocağı
- Sacayağı
- Tel kafes
- Kibrit
- Çay tabağı



Etkinlik_Öğrenmenin Farkına Varma

Etkinliğin Adı: Fermantasyon çeşitleri

Amaç: Etil alkol ve laktik asit fermantasyonunun benzerlik ve farklılıklarını kavrama.

Öğrendiklerimizi Uygulayalım

- Aşağıda verilen tabloyu inceleyiniz. Etil alkol ve laktik asit fermantasyonu ile ilgili öğrendiğiniz bilgilerden yararlanarak tabloyu doldurunuz.

Karşılaştırılan özellikler	Etil alkol fermantasyonu	Laktik asit fermantasyonu
Hücrede meydana geldiği yerler		
Toplam ATP üretimi		
CO ₂ oluşumu		
Net ATP kazancı		
Fosforilasyon çeşidi		
Son ürün çeşidi		

Tabloyu doldururken karşılaştığınız problemler varsa etil alkol ve laktik asit fermantasyonu konusunu tekrar gözden geçiriniz.

Örnek: Laktik asit fermantasyonu sonucunda net 36 ATP kazanılıyorsa tepkimeye giren glikoz molekülü sayısı ve aktivasyon sırasında harcanan ATP sayısı nedir?

Çözüm: 1 molekül glikozdan net 2 ATP sentezlenirse net 36 ATP sentezlenmesi için $x = 36/2 = 18$ glikoz molekülü tepkimeye girmiştir.

1 glikoz molekülünün aktivasyonu için 2 ATP harcanırsa 18 glikoz molekülünün aktivasyonu için $x = 18 \times 2 = 36$ ATP harcanır.

Örnek: Aralarında 82 glikozit bağı bulunan bir polimer etil alkol fermantasyonunda ham madde olarak kullanılıyor. Bu polimerin glikozları fermantasyon tepkimelerinde kullanıldığında kaç molekül CO₂ açığa çıkar?

Çözüm: 83 glikoz molekülü tepkimeye girmiştir. 1 glikoz molekülü tepkimeye girdiğinde 2 CO₂ açığa çıkar. 83 glikoz molekülü tepkimeye girdiğinde ise $83 \times 2 = 166$ CO₂ oluşur.

Aşağıdaki tabloyu inceleyerek fermantasyon ve oksijenli, solunum tepkimelerini karşılaştırınız. Tabloyu dikkatlice inceleyerek neler öğrendiğinizi kontrol ediniz. Bilgi eksikliğiniz varsa konuyu tekrar gözden geçirin.



Etkinlik_ Öğrenmenin Farkına Varma

Etkinliğin Adı: Oksijenli solunum ve fermantasyon

Amaç: Oksijenli solunum ve fermantasyonun benzerlik ve farklılıklarını kavrama.

Öğrendiklerimizi Uygulayalım

- Aşağıda oksijenli solunum ve fermantasyonla ilgili özellikler verilmiştir. Öğrendiğiniz bilgilerden yararlanarak tabloyu doldurunuz.

Karşılaştırılan özellikler	Oksijenli solunum	Fermantasyon
Hücrede meydana geldiği yerler		
Toplam ATP üretimi		
CO ₂ oluşumu		
Net ATP kazancı		
Fosforilasyon çeşidi		
Son ürün çeşidi		
Görev alan koenzim çeşidi		

Gerçekleştirdiğiniz etkinliğin sonucunda oksijenli solunum ve fermantasyon tepkimeleri konusunda eksikliğinizin olup olmadığını kontrol ediniz. Hangi konularda eksikliğiniz varsa o bölümü tekrar gözden geçirin.

Canlılarda gerçekleşen enerji dönüşümü ile ilgili oksijenli solunum ve fermantasyon olaylarını öğrendiniz. Edindiğiniz bilgilerden yararlanarak sayfa 18'de bulunan "Canlılarda enerji dönüşümüyle ilgili neler biliyorum?" etkinliğindeki tabloyu doldurunuz.



Okuma Metni

Hans Krebs'in Hayatı



Sir Hans Adolf Krebs 25 Ağustos 1900'de Almanya Hildesheim'de doğdu. Babası kulak, burun, boğaz cerrahiydi. Orta öğrenimini Hildesheim'deki Gymnasium Andreanum'da tamamladı.

1918-1923 yılları arasında Göttingen ve Freiburg Üniversitesinde doktora derecesi aldı. Daha sonra bir yıllığına Berlin Üniversitesinde kimya çalıştı. 1926'da Profesör Otto Warburg'un asistanı olarak Kaiser Wilhelm Biyoloji Enstitüsü'nde görevlendirildi. 1930'a kadar burada çalışmalarını sürdüren Krebs, daha sonra

Altona'da bir hastanede çalışmaya başladı.

Freiburg Üniversitesinin Medikal Kliniğinde yaptığı çalışmalarda üre döngüsünü keşfetti.

Krebs, 1933'te İngiltere'ye göç etti. Cambridge Üniversitesi Biyokimya bölümüne Sir Frederick Gowland Hopkins'in yardımcısı olarak davet edildi.

1935 yılında Sheffield Üniversitesi Farmakoloji bölümüne okutman olarak atandı. 1945'te Sheffield Üniversitesinde Biyokimya profesörü oldu. Bu ünvanla birlikte üniversite bünyesinde kurulan Medikal Araştırma Konseyi'nin başkanlığına getirildi.

1932'de üre, 1937'de ise sitrik asit döngüsünü keşfetti. Araştırmalarına dair birçok makale yayımlayan Krebs'in en önemli eseri "Canlılarda Enerji Dönüşümleri" adlı makalesidir. Bu makalede canlılardaki metabolik olayların nasıl gerçekleştiğini anlatmaktadır.

1947'de Londra Kraliyet Topluluğu'na seçilen Sir Hans Adolf Krebs, 1957'de Kraliyet Topluluğu madalyası aldı.

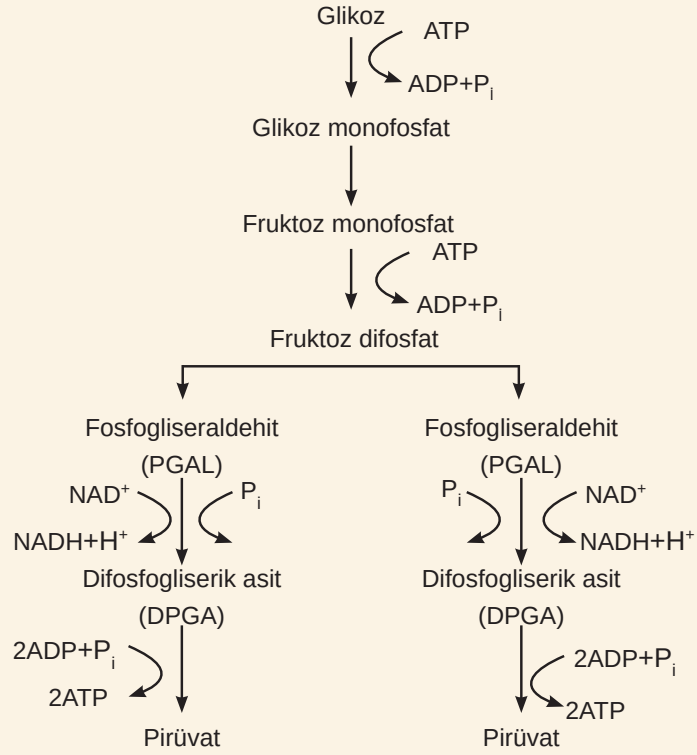
Yaptığı çalışmalardan dolayı 1953'te Nobel Tıp Ödülü'nü almıştır.

Kaynak: <http://www.nobelprize.org>



Konu Sonu Değerlendirme

1. Aşağıdaki şekli inceleyerek soruları yanıtlayınız.



- Glikozdan fruktoz difosfat oluşumu sırasında ATP harcanmasının nedeni nedir?
- Glikoliz tepkimesinde NAD^+ molekülleri hidrojeni alınca indirgenir. İndirgenen NAD^+ molekülleri oksijensiz solunum tepkimelerinde hangi amaçla kullanılır?

2. Aşağıda, çeşitli canlılarda gerçekleşen laktik asit ve etil alkol fermantasyon tepkimeleri özetlenmiştir. Bu iki fermantasyon çeşidinin glikoliz tepkimesinden sonra farklı şekilde gerçekleşmesinin nedenini açıklayınız.



3.

Olay	Oksijensiz Solunum	Oksijenli Solunum
Gerçekleştiği yer	I	Sitoplazma ve mitokondri
Gerçekleştiği ortam özelliği	Oksijensiz	II
Son ürünler	Etil Alkol + III	CO ₂ ve H ₂ O
ATP'de net kazanç	2 ATP	IV

Yukarıdaki tabloda oksijensiz ve oksijenli solunum olaylarının karşılaştırılması verilmiştir. Tabloda numaralandırılan boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.

.....

4. Yağlar karbonhidratlara göre daha fazla enerji verir. Buna rağmen solunumda öncelikli olarak karbonhidratlar kullanılır. Karbonhidratların yağlara göre öncelikli olarak kullanılmasının nedeni nedir?

.....

5. Etil alkol fermantasyonu, laktik asit fermantasyonu ve oksijenli solunumda ortak olarak gerçekleşen olaylar nelerdir? Açıklayınız.

.....

6. Canlıların kas hücrelerinde laktik asit fermantasyonu görüldüğü hâlde etil alkol oluşumu görülmez. Etil alkol fermantasyonunun gerçekleşmemesinin nedeni nedir?

.....

7. Sitoplazmadan mitokondriye geçtikten sonra oksaloasetik asitle birleşip Krebs döngüsüne katılan madde nedir?

.....

8. Bir hücrede glikoz miktarı ve oksijen azalırken ATP miktarı artıyorsa gerçekleşen tepkimeleri yürüten enzimler, hücrenin neresinde görev yapmaktadır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

9. Aralarında 41 glikozit bağı bulunan bir polisakkarit, fermantasyonda ham madde olarak kullanılıyor. Bu polisakkaritin glikozlarını fermantasyonun yıkım tepkimelerine katabilmek için kaç ATP harcanmalıdır?

.....

.....

.....

10. Oksijensiz solunumda kullanılan organik besin aynı olsa bile açığa çıkan ürünler farklıdır. Ürünlerin farklı olmasının temel sebebi nedir?

.....

.....

.....

11. Uzun süre yazı yazdığımızda ellerimizin yorulduğunu hisseder bir süre dinlenme ihtiyacı duyarız. Bu olayın sebebi nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

12. Glikozun su ve karbon dioksit kadar parçalanma tepkimelerinde substrat seviyesinde fosforilasyon ve oksidatif fosforilasyon, hangi basamaklarda gerçekleşir?

.....

.....

.....

13. 3 molekül glikozun oksijenli solunum tepkimeleri sırasında oksidatif fosforilasyonla kaç ATP sentezlenir?

.....

.....

.....



Bugün her zamanki gibi yine gün doğarken çıktım evden. Ormanın huzur veren sessizliğini ve kokusunu yaşamak istiyordum. Bu saatlerde orman o kadar sessiz ve sakindi ki ayak seslerimden bile rahatsız olurdum. Bu yüzden bir yere oturur, sessizliği dinlerdim. Siz hiç çatlayan tohumun sesini duydunuz mu, bilmiyorum. Mutlaka duymanız gerekir. O bir büyüdür... O varoluşun ve yaşamının hikâyesidir. Kısacık bir ses duyarsınız. "Çıt..." Her çıt bir kayın, gürgen, çınar veya köknar ormanının başlangıcıdır.

O sabah gün yükselirken ormanı çıtırtılar kaplamıştı. Ne olduğunu anlamaya çalıştığımda hemen önümde bulunan çam ağacının dalındaki bir kozalağın "çıt"lamasını hem duydum hem de bu çıtlamaya gözlerimle tanık oldum. Kozalak, geleceğin ormanını oluşturmak için tohumlarını fırlatmıştı. Sanki tohumun içinde bir pilot vardı ve konacak bir yer arıyordu. Kısa sürede bir kayanın dibine indi. Kaya havadaki hafif rüzgârı engellemiş ve tohum kendisi için en güvenli kuytuya inmişti. Yaşadığım coşkun, sevincin, hazzın tarifi mümkün değil. Hayatım boyunca tanık olduğum en muhteşem olaydı bu. Bir orman ana rahmine düşmüştü.

Tohumu saklayan kaya benim ziyaret yerim oldu. Hiçbir hayat belirtisi görünmeyen tohum düştüğü gibi duruyordu. Bir sabah geldiğimde tohumun yok olduğunu gördüm. "Bir böcek ya da karınca götürmüştür." diye düşündüm. Yanılmışım, bunu bir süre sonra anladım. Kaybolduğunu düşündüğüm tohum, toprağın altına girmiş ve filiz olarak geri dönmüştü. Küçük çam, kayanın kuytusundan ormana "merhaba" demişti. Çıkan yeşil yaprakların her biri güneşle buluşuyor ve gözeneklerinden karbon dioksidi emerken topraktan zarif hareketlerle istediği mineralleri seçerek kendisine mutfağında en güzel besinler yapıyordu. Bir gün ince uzun dalın sürgünleri büyük dallara dönüşecek ve kocaman bir çam ağacı olacaktı.

Ağaçlardan birinin yanına iliştim. Düşünmeye başladım. Birkaç milimetre kalınlığındaki yapraklar bir fabrika kadar büyü-tülebilseydi, her bir hücresinde yapılan farklı özelliklere sahip besinlerin nasıl üretildiğini şaşkınlıkla izleyebilirdik. Asıl ilgimi çeken ise bir yaprağın binlerce hücrelerden oluşması ve her bir hücrede çok sayıda kloroplastın bulunması. Mutfak dediğimiz bu organellerin her birinde şartlar uygun olduğu sürece çok miktarda besin üretilir. Hem de hiç durmaksızın. Bir de ağacın binlerce yapraktan oluştuğunu düşünürseniz, bitkilerin besinini nasıl yaptığını merak etmez misiniz?

1. Ünite - Canlılarda Enerji Dönüşümü

Bitkilerin besinini nasıl ürettiğini bulmak için bilim insanları yüzyıllar boyunca uğraşmasına rağmen besinlerin üretim basamakları henüz tamamıyla anlaşılamamıştır. Ancak bilinmeyen birçok konu teknolojik gelişmelere bağlı olarak bilim insanlarınca hızla gün ışığına çıkartılmaya çalışılmaktadır (Şekil 1.15).



Şekil 1.15. Fotosentezle ilgili araştırmaların tarihsel gelişimi

Aşağıdaki etkinliği yaparak fotosentez ile ilgili bilgilerinizi hatırlayınız.



Etkinlik_Öğrenmenin Farkına Varma

Etkinliğin Adı: Fotosentezle ilgili neler biliyorum?

Amaç: Fotosentez hakkındaki bilgileri hatırlama.

Ne Biliyorum?	Ne Öğrenmek İstiyorum?	Ne Öğrendim?
Bitkilerin fotosentez yaptığını	Bitkilerin fotosentezi nasıl yaptığını	Bitkilerde fotosentezin kloroplastlarda gerçekleştiğini

Yukarıda verilen tabloda fotosentez ile ilgili "Ne Biliyorum?", "Ne Öğrenmek İstiyorum?", "Ne Öğrendim?" bölümlerine ait birer örnek uygulama verilmiştir. Siz de bölüm başında fotosentez ile ilgili "Ne Biliyorum?" ve "Ne Öğrenmek İstiyorum?" bölümlerini, bölüm sonunda ise "Ne Öğrendim?" bölümünü doldurunuz. Hazırladığınız tablodaki yanıtları öğretmeninizin rehberliğinde inceleyiniz. Verdiğiniz yanıtlardan eksik ya da hatalı olanları tespit ediniz. Yeterli olmayan bilgilerinizi öğretmeniniz ve arkadaşlarınız ile birlikte konu tekrarı yaparak tamamlayınız.



Dikkat!

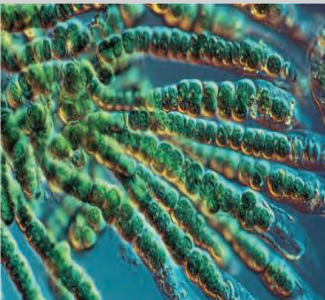
Fotosentez ışık enerjisinin kullanıldığı bir biyolojik olaydır. Bu olayda CO_2 ve H_2O harcanırken defalarca klorofil ve enzimler kullanılır.



Resim 1.6. Bitkiler bir ekosistemin önemli üreticilerindendir.



Resim 1.7. Çok hücreli kahverengi alglerde fotosentez kloroplastlarda gerçekleşir.



Resim 1.8. Siyanobakteriler fotosentezde su ve karbon dioksit kullanır.

A. Biyosferin Üreticileri

Bölüm başında, bir çam tohumunun hikâyesini okuduk. Üzerindeki toprağın ağırlığına rağmen gün ışığına hiç zorlanmadan çıktığını gördük. Tohumun tek amacı vakit kaybetmeden güneşle buluşabilmektir.

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

Bitki tohumunun filizlenip toprağın yüzeyine çıkması ve ilk yaprakların oluşmasıyla birlikte fotosentez başlar. Bitkilerde fotosentez yaprak hücrelerinde bulunan kloroplast dediğimiz organellerde gerçekleşir.

Kloroplastın yapısında bulunan klorofil gibi özel pigmentler, güneşin ışık enerjisini soğurur. Bitkiler CO_2 ve H_2O gibi inorganik maddelerden güneş enerjisi ve klorofil pigmentinin yardımıyla organik madde üretir. Bu sırada atmosfere O_2 verilir. **Fotosentez** olarak adlandırdığımız bu olay sırasında güneş enerjisi, bütün canlıların kullanabileceği kimyasal enerjiye dönüştürülerek besinlerin yapısına katılır. Bu şekilde besin üreten canlıların tümüne **üreticiler** (ototroflar) denir. Bunların büyük çoğunluğunu bitkiler oluşturur (Resim 1.6). Alg ve bazı bakteri grupları da ototrof organizmalardır (Resim 1.7). Ototrof bakteriler **fotoototrof** ve **kemo-ototrof** olmak üzere iki grupta incelenir. Siyanobakterilerdeki fotosentez bitkilerdekine benzer (Resim 1.8).

Bazı fotoototrof bakteriler farklı olarak fotosentez tepkimeleri sırasında H_2O yerine H_2S veya H_2 kullanır. Kemo-ototrof olan bakteriler kendi besinlerini yaparken ışık enerjisini kullanmaz. Bu organizmalar, bazı inorganik maddeleri oksitleyerek kimyasal yollardan sağladıkları enerjiyle besin sentezler.

Bu bölümde üreticilerin nasıl besin sentezlediğini ayrıntılarıyla öğreneceksiniz.

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

Bazı canlılar ise hem ototrof hem de heterotrof beslenir. Bu tür canlılara örnek olarak **böcekçil bitkiler** verilebilir. Böcekçil bitkiler, azotça fakir topraklarda yaşar. Bu bitkiler azot ihtiyacını böceklerin proteininden karşılar. Böcekçil bitkilerin sindirim sistemleri olmadığı için bunlar besinlerini dış ortama salgıladıkları enzimlerle sindirir. Böylece kendileri için gerekli olan amino asitleri sağlamış olurlar. Bu bitkiler besinlerini böceklerden hazır olarak aldıkları için heterotrofturlar. Böcekçil bitkiler aynı zamanda fotosentez yaparak nişasta ve diğer karbonhidratları üretir. Besin sentezledikleri için de ototrofturlar (Resim 1.9).



Resim 1.9. Drosera

İnsanlar dahil hemen hemen tüm heterotroflar besin ve fotosentezin bir yan ürünü olan O_2 için tümüyle üreticilere bağımlıdır. Bir önceki bölümde öğrendiğiniz gibi O_2 hayatsal olayların sürekliliğini sağlamak amacıyla besinlerde depo edilmiş enerjinin serbest hâle getirilmesinde rol oynar.

**Dikkat!**

Atmosferdeki oksijenin temel kaynağı alglerdir. Algler yaz kış sürekli fotosentez yapar.

**Etkinlik_Deney**

Etkinliğin Adı: Fotosentez sırasında oksijen açığa çıkar mı?

Amaç: Fotosentez sürecinde açığa çıkan gazı gözlemleme.

Uygulayalım

- Su bitkisini beherglasın orta kısmına yerleştiriniz.
- Cam huninin geniş kısmını beherglasın içine gelecek şekilde bitkinin üzerine kapatınız.
- Beherglasın içine huninin seviyesini geçecek kadar su ve maden suyunu ekleyiniz.
- Deney tüpünü ağzına kadar suyla doldurunuz.
- Deney tüpünü suyun dökülmesini önleyecek şekilde ters çevirerek ağzını cam huninin dar kısmına yerleştiriniz.
- Deney tüpündeki su seviyesini cam kalemiyle işaretleyiniz.
- Hazırlanan düzeneği güneş ışığı alan ortama bırakınız. Deney tüpündeki suyun içinde hava kabarcıklarının yükselişini gözlemleyinceye kadar bekleyiniz.

**Araç - gereç**

- Elodea ya da herhangi bir akvaryum bitkisi
- 500 mL' lik beherglas
- Cam huni
- Deney tüpü
- Su
- Maden suyu
- Kibrit
- Cam kalemi
- Tüp maşası



- Deney tüpünde başlangıçta işaretlenen su seviyesinin aşağıya doğru düştüğünü gözlemleyiniz.
- Deney tüpünün içindeki suyu dikkatlice boşaltınız. Bu sırada gazın kaçmamasına dikkat ediniz.
- Kibriti yakarak deney tüpünün ağzına tutup ne olduğunu gözlemleyiniz.

Sonuçlandırılma

1. *Elodea* bitkisinin deney düzeneğinde ışıklı ve sulu bir ortamda bulundurulmasının nedeni nedir?
2. Tüp içindeki su seviyesinin zamanla aşağıya doğru inmesinin nedeni nedir?
3. Maden suyu eklemenizin nedeni nedir?
4. Yanan kibrit alevini suyu boşaltılmış deney tüpüne yaklaştırdığınızda ne gözlemlediniz? Bu durumun nedenini açıklayınız.



Düşünelim- Araştırılma

Sonbaharda yapraklarını döken bitkiler kışın fotosentez yapar mı? Yaprak dökümü bu mevsimde bitkiye bir yarar sağlar mı? Bu konuda bir rapor hazırlayarak sınıfa sununuz.

Yapılan etkinlikte bir su bitkisi kullanılarak fotosentez sırasında O_2 'nin nasıl üretildiğini gözlemlediniz. Bitkiler fotosentez tepkimeleri sırasında canlıların yaşamı için gerekli olan oksijeni üreterek atmosfere verir, bu şekilde canlıların solunum sırasında tükettikleri oksijen yerine konur ve doğal denge korunur.

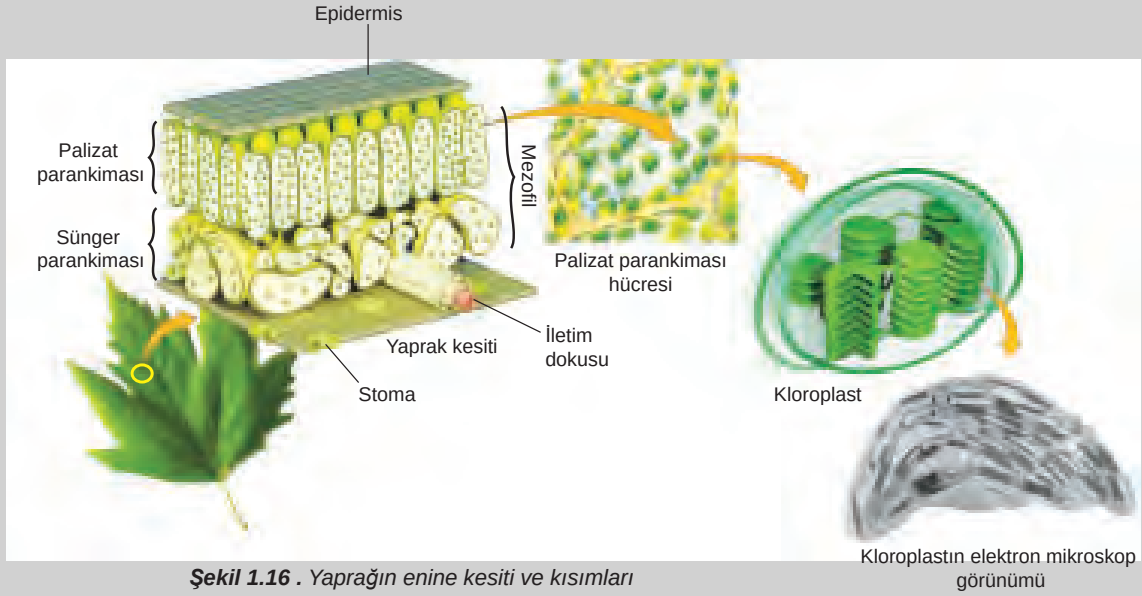
Atmosferdeki gazların oranından güneşin enerjisine, suyun içilebilir olmasından ormanların varlığına, bitkilerin çeşitliliğinden yeryüzünün sıcaklığına kadar pek çok yaşamsal olay ve bunlar arasındaki denge sayesinde dünya yaşanabilir bir ortam hâline gelir.

Nasıl ki canlıların yaşamaları için hava, toprak ve su gibi unsurlar vazgeçilmez ise bitkilerin ürettiği organik maddeler de yaşamın sürekliliği için o kadar önemlidir. Şimdi organik moleküllerin bitkinin hangi organellerinde sentezlendiğini öğrenelim.

B. Fotosentezin Gerçekleştiği Yapılar

Bir ağaç yaprağının üzerine kaleminizin ucunu dokundurunuz. Kalem ucu kadar bir alanda bulunan hücrelerin her birinde yüzlerce kloroplastın olduğunu söyleyebiliriz. Kloroplastlar bitkinin sadece yapraklarında mı bulunur? Kaktüs gibi bazı bitkilerin yeşil gövdelerinde kloroplastlar bulunur. Bu bitkiler için fotosentez yapan organ gövdeleridir. Ancak bitkilerin çoğunda fotosentez yapraklarda gerçekleşir.

Şekil 1.16'da yaprağın enine kesiti görülmektedir. Yaprak **epidermis**, **iletim dokusu** ve **mezofil tabakası** olmak üzere üç ana bölümden oluşur. Üst ve alt epidermis, tek sıralı bir hücre katmanı hâlinde koruyucu bir dokudur. Epidermis hücreleri arasında gaz alış verişini sağlayan **stomalar** bulunur. İletim dokusu ise bitkilerde su, mineral ve besin maddelerinin taşındığı yapılardır. Yapraklarda kloroplast içeren hücreler, yaprağın iç kısmındaki mezofil tabakasında bulunur. Bu bölüm palizat ve sünger parankiması olmak üzere ikiye ayrılır.



Şekil 1.16 . Yaprığın enine kesiti ve kısımları

1. Kloroplastın Yapısı

Bitkinin mutfağı olarak düşündüğümüz kloroplastlar ancak mikroskopla görülebilecek kadar küçük yapılardır. Detaylı yapıları elektron mikroskobu kullanılarak incelenir. Elektron mikroskobuyla yapılan çalışmalar kloroplastların birbirleriyle ilişkili yapılar içerdiğini göstermiştir. Kloroplasttaki bu yapıların her biri kendine özgü görevleri yerine getirirken bir iş bölümü içinde fotosentezin gerçekleşmesinde rol oynar.

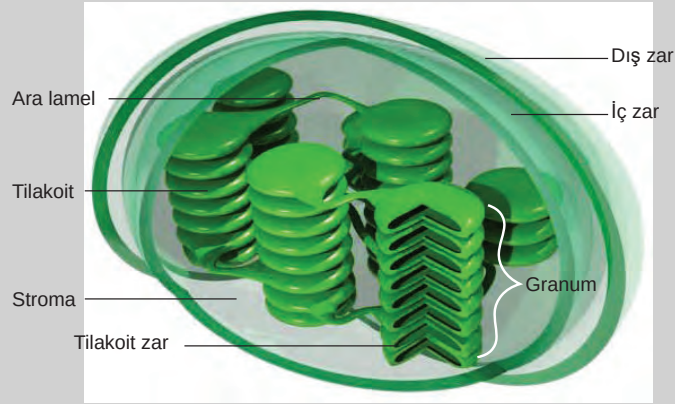
Kloroplastlar yaprağın iç kısmında mezofil dokusundaki hücrelerde bulunur. Bir mezofil hücresinde 30-40 kloroplast bulunabilir. Kloroplastın kimyasal bileşiminde %50 protein, %30 lipit, %5-10 arasında pigment maddesi ve karbonhidrat, DNA, RNA gibi diğer organik bileşikler vardır.



Dikkat!

Bitkilerin epidermis gibi bazı hücrelerinde kloroplast bulunmaz. Bu nedenle fotosentez palizat parankimasi, sünger parankimasi ve stoma hücrelerinde gerçekleşir.

Kloroplastın lipid ve proteinden oluşan lamelli bir yapıya sahip olduğunu 9. sınıfta öğrenmiştiniz. Kloroplastın en dışında seçici geçirgen yapıda çift zar bulunur (Şekil 1.17). Zarlar, madde giriş çıkışını kontrol eder. Kloroplastta üçüncü bir zar sistemi daha vardır. Tilakoit zar sistemi olarak adlandırılan bu yapı ara madde içine gömülüdür. Diske benzeyen tilakoitler **granum** adı verilen, madeni para gibi üst üste dizilmiş kümeler meydana getirir. Granumlar **ara lameller**le birbirine bağlanarak güneş ışığının daha fazla emilmesini sağlar. Bu da bitkinin daha fazla ışık alması ve daha fazla fotosentez yapabilmesi demektir. Klorofil, ksantofil, karoten gibi renk pigmentleri tilakoit zar sistemine yerleşmiştir. Fotosentezin ışığa bağımlı tepkimeleri burada gerçekleşir.

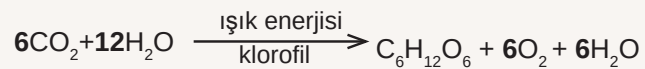


Şekil 1.17. Kloroplastın yapısı

Ayrıca kloroplastlarda granumları çevreleyen **stroma** adı verilen bir sıvı bulunur. Bu sıvı, içinde DNA, RNA, ribozomlar ve fotosentez için gerekli olan enzimleri barındırır. Kloroplastlar stromada bulunan DNA, RNA ve ribozomlar sayesinde hem işlevleri için gerekli olan proteinleri üretir hem de kendini eşler.

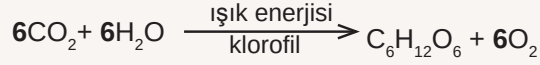
Stromada çeşitli lipid damlacıkları, nişasta taneleri de bulunabilir. Fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimeleri burada gerçekleşir.

Birçok aşamada gerçekleşen ve karmaşık bir olay olan fotosentez genel bir kimyasal tepkime denklemiyle özetlenebilir. Fotosentezin kimyasal tepkime denklemi 1800'lü yıllardan beri bilinmekte olup aşağıdaki gibidir.

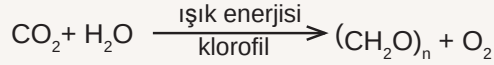


Su, eşitliğin her iki tarafında da yer alır çünkü 12 molekül su tüketilirken fotosentez sırasında 6 molekül su yeniden oluşur.

Eşitlik sadece net su tüketimini gösterecek şekilde basitleştirilebilir.



Şimdi eşitliği daha da basitleştirebilmek için 6 ile sadeleştirelim.



$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ formülü glikozu sembolize ederken $(\text{CH}_2\text{O})_n$ karbonhidratların genel formülüdür. Glikoz 6C'lu olduğundan karbonhidratların formülü $n=6$ ile çoğaltılırsa glikoz molekülü ifade edilmiş olur.

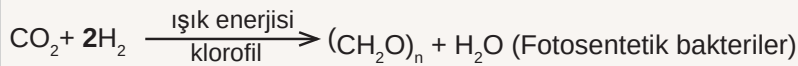
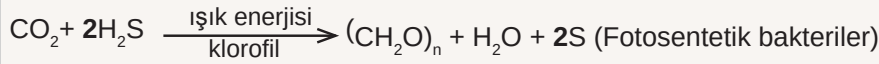
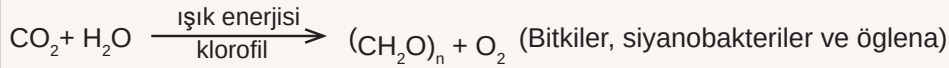
Uzun yıllar bitkilerin fotosentezi sonucunda atmosfere verilen O_2 'in kaynağının CO_2 'ten geldiği düşünülüyordu. Ancak 1930'larda C.B. Van Niel tarafından O_2 'in kaynağının su olduğu ileri sürülmüştür.

Van Niel, CO_2 kullanarak kendi besinini oluşturan ancak atmosfere O_2 vermeyen bakteriler üzerinde çalışma yapmıştır. Yapmış olduğu araştırmalarda en azından bakterilerde CO_2 'in karbon ve oksijene ayrışmadığı sonucuna varmıştır.



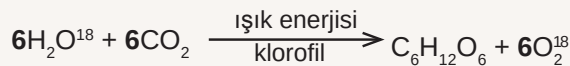
Dikkat!

Klorofil, ışık, karbon dioksit kullanımı ve organik madde sentezi, bitki ve bakterilerde fotosentezin ortak özellikleridir.



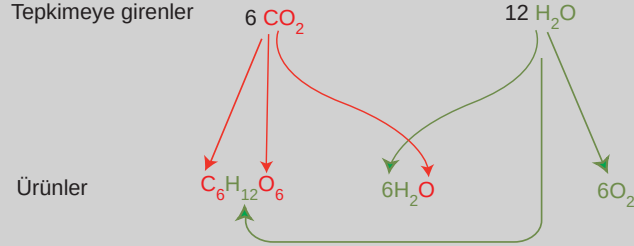
Bir grup bakteri fotosentezde H_2O yerine H_2S kullanmaktaydı. Bu bakterilerin kimyasal denklemlerde de görüldüğü gibi atmosfere O_2 yerine S (kükürt) verdiğini gösterdi. Böylece Van Niel bitkilerin fotosentezde bir H kaynağı olarak H_2O 'yu ayrıştırdığını ve yan ürün olarak da atmosfere O_2 verdiğini söylemiştir.

1937 yılında O_2 'in kaynağının su olduğu Robert Hill tarafından ispatlanmıştır. Ayrıca yeşil alg çeşidiyle yapılan deneyde yeşil algin ortamında ağır oksijenli (O^{18}) H_2O molekülleri ile normal CO_2 bulunduğunda fotosentez sonucu çıkan oksijenin ağır oksijen olduğu ve O_2 'in H_2O 'dan geldiği görülmüştür.



1. Ünite - Canlılarda Enerji Dönüşümü

Fotosentezde kullanılan ve oluşan maddelerdeki C, H ve O atomlarının dağılımı deneysel olarak ortaya çıkarılmıştır.



Fotosentez sonucunda açığa çıkan oksijenin temel kaynağı sudur. Sudaki hidrojen atomu ise oluşan glikozun ve açığa çıkan suyun yapısına katılır. Karbon dioksitteki oksijen atomu, hem sentezlenen glikoz hem de açığa çıkan suyun yapısına katılır. Karbon dioksitteki karbon atomu ise glikozun yapısına girer. Bildiğiniz gibi fotosentez olayının gerçekleşebilmesi için H₂O ve CO₂ moleküllerinin ortamda bulunması yeterli değildir. Bitkinin besin sentezlenmesi kloroplastların ışık enerjisini soğurmasıyla ilgilidir.

Kloroplast tilakoitlerinde ışık enerjisi, ATP ve NADPH şeklinde kimyasal enerjiye dönüştürülür. Bu dönüşümü daha iyi anlayabilmek için ışığın bazı önemli özelliklerini bilmeniz gerekir.

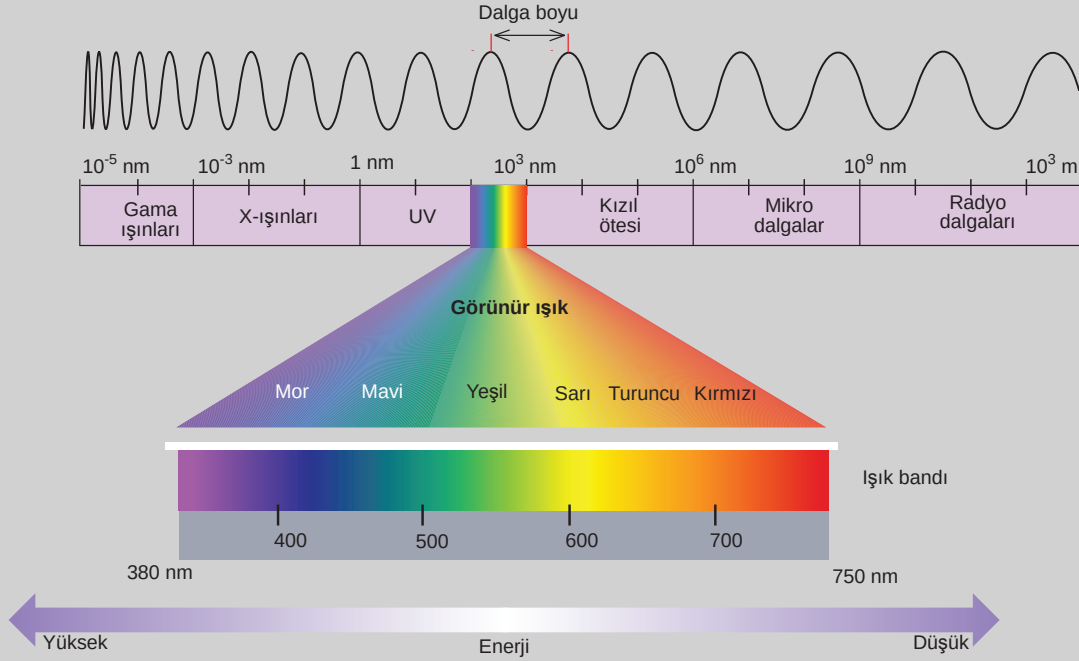
2. Güneş Işığı

Bütün canlıların enerji kaynağı güneştir. Yeryüzünde yaşam güneşten gelen enerjiye bağlıdır. Hücrelerimizin kullandığı enerji nin temeli, bitkiler aracılığıyla bize taşınan güneş enerjisidir. Çayımızı yudumlarken aslında güneş enerjisini yudumlarız. Meyve yerken dişlerimizin arasında bir miktar güneş enerjisi vardır. Çayın ve meyvenin içerisindeki enerji güneşin ışık enerjisinden başka birşey değildir.

Yirminci yüzyılın başlarında bilim insanlarının fizik alanındaki başarılarından biri de ışığın tanecikli yapıya sahip olduğunu ve dalga hareketi yaptığını keşfetmeleri olmuştur.

Dalgalar hâlinde yayılan ışığın oluşturduğu iki ardışık tepe noktası arasındaki mesafeye ışığın **dalga boyu** denir (Şekil 1.18). Işığın dalga boyu nm (nanometre)'den küçük olabileceği gibi km'den büyük olabilir. Örneğin gama ve X-ışınlarının dalga boyu nm'den küçük radyo dalgalarının km'den büyüktür. Işığın dalga boylarına göre sıralanmasıyla **elektromanyetik spektrum** elde edilir.

Spektrumda yer alan ışığın, yaklaşık 380 nm ile 750 nm arasındaki dalga boyları insan gözüyle görülebildiğinden **görünür ışık** olarak isimlendirilir.



Şekil 1.18. Elektromanyetik spektrum

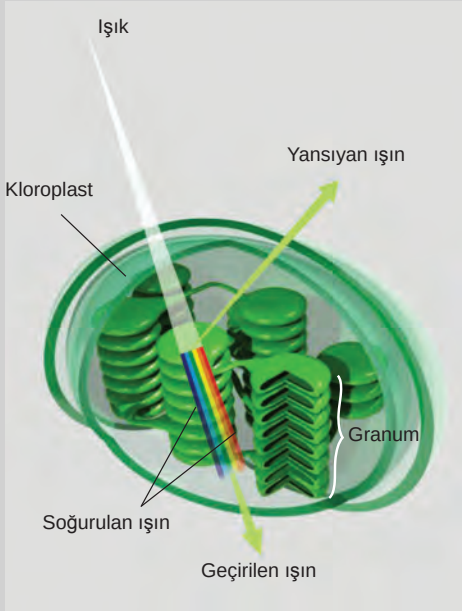
Tüm renklerin karışımı olan beyaz ışık, prizmadan geçirildiğinde mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renkli ışık bantları oluşur. Görünür ışık spektrumunda dalga boyu en uzun olan kırmızı ışık, en kısa olan ise mor ışıktır.

Enerji miktarı ışığın dalga boylarıyla ters orantılıdır. Dalga boyu uzun olan ışığın enerjisi düşük, kısa olanın ise enerjisi yüksektir.

Mor renkli ışığın enerjisi kırmızı ışığın sahip olduğu enerjinin iki katıdır. Bitkiler fotosentez yaparken spektrumdaki görünür ışığı kullanır. Görünemeyen ışık ise klorofil tarafından tutulmaz ve fotosentezde kullanılmaz.

Işığın yapısında yüksek hızla hareket eden ve enerji yüklü olan taneciklere **foton** denir. Güneşin yaydığı elektromanyetik ışınlardan görünür, dalga boyunda olanların fotonlarındaki enerjisi fotosentezde kullanılır.

Görünmeyen dalga boyundaki ışınların önemli bir bölümü atmosfer tarafından süzülür. Canlılara zararlı olan ışınları (X-ışınları, UV ışınları) süzdüğünden atmosfer bu yönüyle seçici bir pencere görevi yapar.

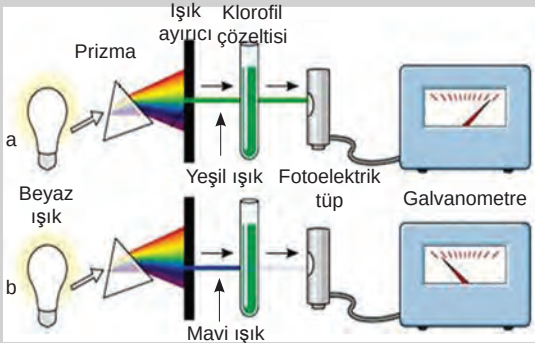


Şekil 1.19. Kloroplasttaki pigment molekülleri ışığın bir bölümünü emer, bir bölümünü geçirir ya da yansıtır.

3. Fotosentez Pigmentleri

Cisimleri neden farklı renklerde görürüz? Çevremizde gördüğümüz otsu bitkiler, ağaçların yaprakları, dalları ve olgunlaşmamış meyveler niçin yeşildir? Bu soruları zaman zaman merak etmişizdir. Işık bir cisime çarptığında cisim tarafından yansıtılabilir, emilebilir ya da cismin içinden geçebilir. Bu üç olay aynı anda da olabilir. Görünür ışığı emen maddeler **pigment** olarak isimlendirilir. Farklı pigmentler, farklı dalga boyundaki ışığı soğurur, soğurulmayan ışınları ise geçirir ya da yansıtır. Eğer bir pigmente beyaz ışık gönderilirse pigment tarafından yansıtılan ya da geçirilen ışık gözümüzün seçebileceği rengi oluşturarak cisimleri farklı renklerde görmemizi sağlar. Örneğin kloroplastlarda bulunan pigmentler mavi ve kırmızı ışığı soğururken yeşil ışığı geçirir ya da yansıtır. Klorofilin soğurduğu ışık ışınları fotosentezde kullanılır. Klorofilin yeşil ışığı yansıtması ya da geçirmesi nedeniyle yaprak yeşil renkte görünür (Şekil 1.19).

Spektrofotometre farklı dalga boylarındaki ışığın bir pigment çözeltisi tarafından emilme ve geçirilme oranını ölçer. Beyaz ışık spektrofotometrede bir prizma tarafından renk-



Şekil 1.20. Spektrofotometre

lerine ayrılır. Oluşan farklı renkteki ışıklardan biri pigment çözeltisi üzerine düşürülür. Çözeltiden geçen ışık fotoelektrik tüpe gönderilerek elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu şekilde oluşan elektrik akımı bir galvanometreyle ölçülür. Galvanometrede okunan değerin yüksek olması pigment çözeltisinin üzerine düşürülen ışığa geçirgenliğinin fazla olduğunu gösterir. Bu değerin düşük olması ise ışığın pigment çözeltisi tarafından emiliminin fazla olduğunu gösterir. Şekil 1.20'de görüldüğü gibi klorofil pigmenti içeren çözeltiye yeşil ışık düşürüldüğünde galvanometredeki sapma fazla olur, mavi ışık düşürüldüğünde sapma azdır. Bu durum yeşil ışığın büyük bölümünün klorofil tarafından geçirildiğini, mavi ışığın çoğunun emildiğini gösterir. Kırmızı ışığın klorofil pigmenti tarafından emilimi de yüksektir.

Bitkilerin yapraklarında bulunan klorofil molekülleri dünyaya ulaşan güneş ışığındaki kırmızı ve mavi ışığı soğururken yeşil ışığı yansıtır ya da geçirir. Bu şekilde güneş ışığının enerjisi tutularak hücrelerin yararlanabileceği kimyasal bağ enerjisine dönüştürülür.

Klorofil, çeşitli dalga boylarındaki ışınları emerek bitkide fotosentez olayının gerçekleşmesini sağlayan yeşil renkli bir pigmenttir.

Klorofilin, prokaryot hücrelerde hücre zar kıvrımlarında yer aldığını, ökaryot hücrelerde ise kloroplastın tilakoit denilen yapılarında bulunduğunu 9. sınıfta görmüştünüz.

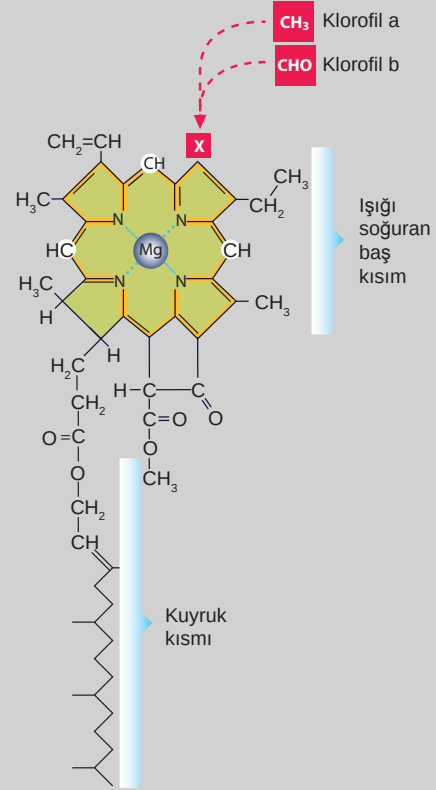
Klorofil C, H, O, N ve Mg atomlarından oluşur. Klorofil molekülü merkezinde Mg atomu bulunan halkasal yapı bir bölüm ile karbon ve hidrojen atomlarından oluşmuş bir kuyruktan meydana gelir. Kuyruk kısmı tilakoit zara tutunmayı sağlar.

Klorofil molekülünün 20 çeşidi olup klorofil a, b, c, d, ve e şeklinde adlandırılır. Bunların içinde en yaygın olan klorofil a ve klorofil b'dir.

Klorofil a, tüm yeşil bitkilerde; klorofil b, bazı yeşil bitkilerde ve bazı alglerde bulunur. İkisi arasındaki fark klorofil a'nın belirli bir karbonuna metil (CH_3) grubu bağlanırken klorofil b'nin aynı karbonuna aldehit grubu (CHO) bağlanmasıdır (Bu farklı gruplar Şekil 1.21'de X ile gösterilmiştir). Bu farklılığa bağlı olarak çözünürlük ve ışığı soğurma yönüyle klorofil a ve b birbirinden ayrılır. Örneğin klorofil a petrol eterinde, klorofil b ise alkolde çözünür. Klorofil a dalga boyu 662 nm; klorofil b ise dalga boyu 654 nm olan ışığı soğurur.

Klorofil a'nın kapalı formülü $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$ iken klorofil b'nin kapalı formülü $\text{C}_{55}\text{H}_{70}\text{O}_6\text{N}_4\text{Mg}$ 'dir. Görüldüğü gibi klorofil a'da bir oksijen atomu eksik, iki hidrojen atomu fazladır.

Sonbaharda yaprakların renk değiştirmesi hepimizin ilgisini çeker (Resim 1.10). Yaprakların neden renk değiştirdiğini merak ettiniz mi? Bu sorunun cevabını pigment moleküllerinin çeşitlerini öğrendikten sonra anlayacaksınız.



Şekil 1.21. Klorofilin moleküler yapısı



Resim 1.10. Ağaç yapraklarının farklı renklerde görünümü

Aşağıdaki etkinliği yaparak pigmentlerin çeşitliliğini daha yakından inceleyelim.



Etkinlik_Deney



Araç - gereç

- Ispanak yaprakları (Herhangi bir yeşil bitki yaprağı)
- Etil alkol (Beyaz tuvalet ispiertosu da kullanılabilir.)
- Çözücü (92 mL petrol eteri ile 8 mL aseton karıştırılır.)
- Şerit şeklinde kesilmiş süzgeç kâğıdı
- Tel kanca ya da yapıştırıcı bant
- Deney tüpleri
- Mantar tıpa
- Kürdan
- İspirto ocağı
- Amyantlı tel
- Petri kabı
- Sacayağı
- Beherglas
- Tüp maşası
- Su

Etkinliğin Adı: Pigmentlerin çeşitliliği

Amaç: Pigmentleri çeşitlerine göre ayırıştırarak gözlemleme.

Uygulayalım

- Yeşil yaprakları deney tüpünün içine koyunuz.
- Yaprakların üzerini örtecek kadar alkol ilave ediniz.
- Beherglasın yarısına kadar su doldurunuz.
- Beherglası ispirto ocağının üzerine koyarak sıcak su banyosu hazırlayınız.
- İçinde yaprak ve alkol olan deney tüpünü tüp maşasıyla tutarak sıcak su banyosunda ısıtınız (Alkolü açık aleve yaklaştırmayınız ve tüpün ağzını kendinize tutmayınız).



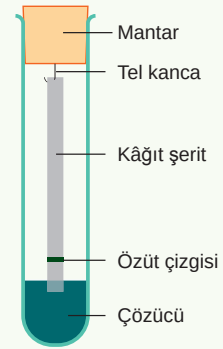
- Deney tüpünde elde ettiğiniz özütün rengi, siyaha yakın koyu yeşil oluncaya kadar ısıtma işlemine devam ediniz.
- Özütü petri kabına dökünüz.
- Şerit şeklinde kestiğiniz süzgeç kâğıdını tüpün tabanından 1 cm yüksekliğe gelecek şekilde ayarlayınız ve tel kancayla tıpaya tutturunuz.
- Tüpün içine 1 cm yüksekliğe kadar çözücü ekleyiniz.
- Hazırladığınız süzgeç kâğıdının alt ucundan 2 cm yukarısına bir kürdan yardımıyla aldığınız özütten ince bir çizgi çekiniz. Çizgi koyu bir renk alıncaya kadar işleme devam ediniz (Her çizgi çekiminden sonra özüt çizgisinin kurumasına dikkat ediniz).

- Tıpaya tutturduğunuz ve özüt çizgisi bulunan süzgeç kâğıdını tüpün içine yerleştiriniz (Süzgeç kâğıdının alt ucunun çözücüye değmesini sağlayınız.).
- Kâğıt şeridin, çözücüye emmesini ve çözücünün üst uca ulaşmasını bekleyiniz. Daha sonra şeridi tüpten çıkartarak kurutunuz.

İşlemler sonucunda elde ettiğiniz kâğıt şeridi (kromatogram) inceleyerek gözlemlerinizi kaydediniz.

Sonuçlandırılma

1. Yaprakların alkolle kaynatılmasının nedeni nedir?
2. Kromatogram üzerindeki renk değişimlerinin nedeni nedir?
3. Kromatogramın alt ucundaki özüt çizgisinden yukarıya doğru renk farklılıkları oluşmasının nedeni nedir?
4. Deney farklı renk yapraklarla yapılmış olsaydı aynı sonuçlar elde edilir miydi?



Herhangi bir yeşil bitki yaprağıyla yapılan etkinlik sonucunda, süzgeç kâğıdı üzerinde bitkiye yeşil rengi veren renk pigmentlerinden başka pigment moleküllerinin de bulunduğunu gözlemlediniz.

Bu pigmentlere turuncu renkli karoten, sarı renkli ksantofil, kırmızı renkli likopin pigmentlerini örnek verebiliriz. Bitkilerde plastitlerde bulunan sarı ve turuncu renk veren pigment grubuna **karotenoitler** denir. Karotenoitler çiçek ve meyvelere renklerini verir (Resim 1.11). Ayrıca klorofilin soğuramadığı farklı dalga boylarındaki ışınları soğurabilir. Soğurulan ışık ışınları daha sonra klorofile aktarılarak fotosentezde kullanılır. Bununla birlikte bazı karotenoitler ışığa karşı koruma bakımından önemli bir işleve sahiptir. Bu bileşikler klorofile zarar verecek olan aşırı ışığı da emerek yayar.

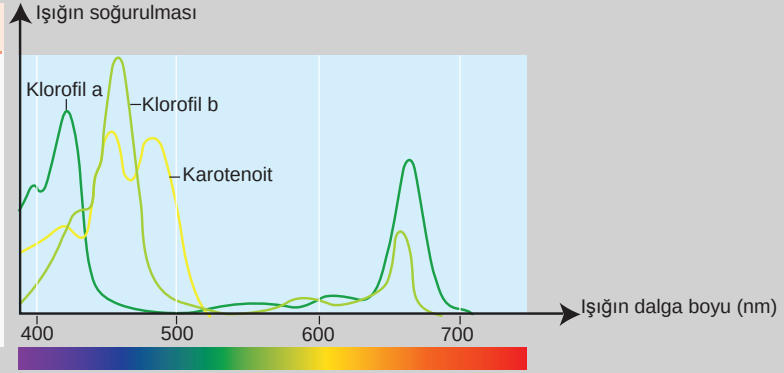


Resim 1.11. Limona sarı ve portakala turuncu rengi veren karotenoit pigmentidir.



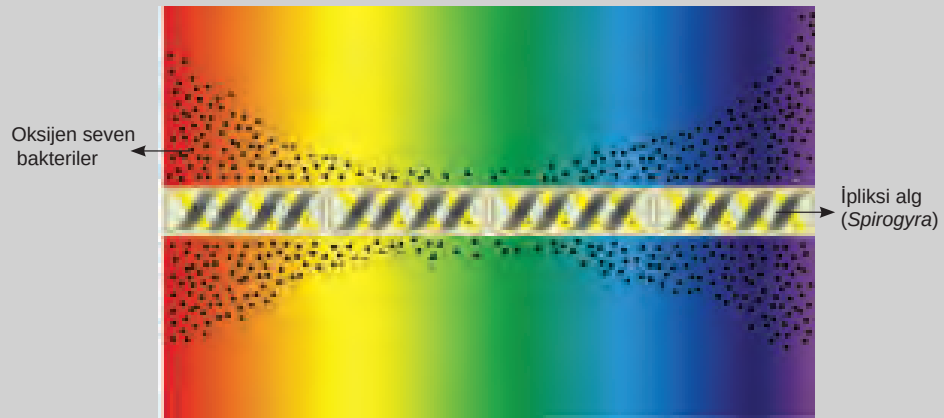
Dikkat!

Bazı bitkilerde bulunan karoten, ksantofil, fikoeritrin ve fikosiyanin pigmentleri fotosentezde etkilidir. Ancak doğrudan kullanılmaz, emdiği ışığı klorofille aktararak fotosenteze yardımcı olur.



Grafik 1.1. Kloroplastlardaki farklı renk pigmentlerinin ışığı soğurma spektrumu

Grafik 1.1, klorofil a olarak isimlendirilen klorofil çeşidinin ve kloroplasttaki diğer bazı pigmentlerin emilim spektrumlarını göstermektedir. İlk olarak klorofil a'nın spektrumdaki durumu incelendiğinde mor ve kırmızı ışığın fotosentezde en etkili olduğu, buna karşılık yeşil ışığın etkisinin en az olduğu görülür. Bu durum Alman botanikçi Theodor Engelmann (Teodor Engelman) tarafından 1883 yılında gerçekleştirilen bir deney ile gösterilmiştir. Bu araştırmacı, ipliksi bir algde fotosentez hızını ölçmek için bakterileri kullanmıştır (Şekil 1.22).



Şekil 1.22. Engelmann'ın fotosentezin ışığın hangi dalga boyunda en iyi gerçekleştiğini gösteren deneyi

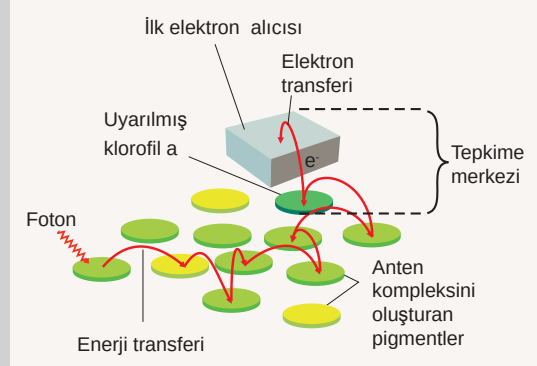
Engelmann, ışığı prizmadan geçirerek elde ettiği kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor ışıkları ipliksi bir alg üzerine düşürmüştür. Algdeki fotosentez hızını ölçebilmek için oksijenli ortamda yaşayan bir tür aerobik bakteri kullanmıştır. Deney sonucunda mor, mavi ve kırmızı ışıkların alg üzerine düştüğü bölgelerde oksijeni seven (aerob) bakterilerin en fazla toplandığı görülmüştür.

Bakterilerin toplanması, fotosentezin bu bölgelerde daha hızlı gerçekleştiğini dolayısıyla daha fazla oksijen üretildiğini göstermiştir. Yeşil ışık ise bakterilerin en az bulunduğu yerdir. Çünkü algler klorofilden dolayı yeşil ışığın çok az bölümünü soğurur. Bu nedenle bu bölgede fotosentez hızı daha düşük olur.

4. Klorofilin Işık Tarafından Etkinleştirilmesi

Klorofil ve diğer pigmentler ışığı emince hangi olaylar meydana gelmektedir?

Işığı emen pigmentler, proteinler ve diğer moleküller tilakoit zarında **fotosistem** adı verilen birimler hâlinde düzenlenmiştir. Fotosistemler ışığın emildiği ve kimyasal enerjiye dönüştürüldüğü birimlerdir. Her fotosistemde **anten kompleksi** ve **tepkime merkezi** bulunur (Şekil 1.23). Anten kompleksi çok sayıda klorofil ve karotenoid pigmentleri içerir. Bu kompleks-teki pigmentler ışığı toplayıp tepkime merkezine iletir. Tepkime merkezinde ise klorofil a ve ilk elektron alıcı molekül vardır.

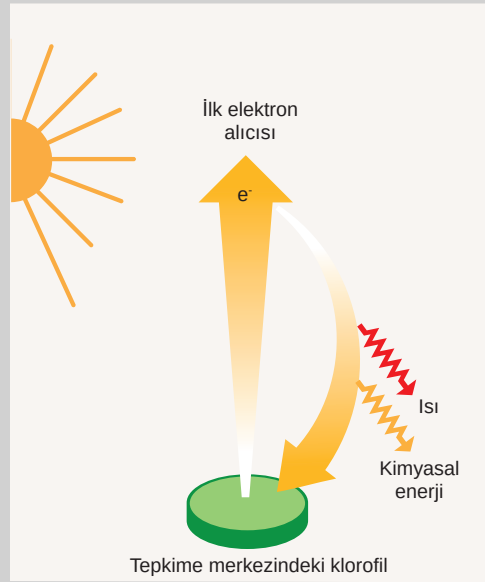


Şekil 1.23. Işığın bir fotosistem tarafından toplanması

Tilakoit zarında fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde iş gören iki tip fotosistem bulunur. Bunlar **fotosistem I** (FS I) ve **fotosistem II** (FS II) olarak isimlendirilir. Bu fotosistemlerin tepkime merkezlerinde aslında birbirinin aynı olan klorofil a molekülleri bulunur. FS I ve FS II'deki klorofil a molekülleri farklı proteinlerle birleştiğinden ışık emme özelliklerinde farklılık vardır.

FS I'in tepkime merkezindeki klorofil, P700 olarak isimlendirilir. Çünkü bu pigment 700 nm dalga boyundaki ışığı en iyi soğurur. FS II'nin tepkime merkezindeki klorofil ise 680 nm dalga boyundaki ışığı en iyi soğurduğu için P680 olarak isimlendirilir.

Bir foton, bir pigment molekülüne çarptığında enerji tepkime merkezine ulaşmaya kadar bir molekülden diğerine geçer (Şekil 1.23). Tepkime merkezindeki klorofilden ayrılan uyarılmış bir elektron, özelleşmiş bir molekül tarafından yakalanır (Şekil 1.24). Bu molekül **ilk elektron alıcısı** olarak isimlendirilir. Elektron aktarımı enerji dönüşümlerinin başlangıcıdır.



Şekil 1.24. Işığın klorofil molekülüne çarpmasıyla oluşan elektron kopması ve enerji dönüşümü.

C. Fotosentez Tepkimeleri

Işık enerjisinin tutulması ve kimyasal enerjiye dönüştürülerek besin yapısına katılması fotosentez tepkimeleriyle olur.

Fotosentez, iki ana basamakta gerçekleşir. Birinci basamakta ışık enerjisi, hücrenin doğrudan kullanabileceği kimyasal enerjiye dönüştürülür. Dönüşüm sırasında mutlaka ışık enerjisi kullanıldığından bu olaya **ışığa bağımlı tepkimeler** denir.

İkinci basamakta CO_2 kullanılarak birinci basamaktan gelen ATP ve NADPH molekülleri yardımıyla organik madde sentezlenir. Bir dizi kimyasal tepkimelerin gerçekleştiği bu basamağa **ışık-tan bağımsız tepkimeler** denir.



Biliyor musunuz?

Siyanobakterilerin ve bitkilerin birbiri ardına çalışan iki farklı fotosistem merkezi vardır.

Mor ve yeşil sülfür bakterilerinde tek bir fotosistem merkezi bulunur.

1. Fotosentezin Işığa Bağımlı Tepkimeleri

Bitkilerin fotosentez yapabilmeleri için güneş ışığı mutlaka gerekli midir? Evinizdeki saksı bitkileri elektrik ışığında fotosentez yapar mı, ışığı 24 saat açık bırakırsanız fotosentez sürekli gerçekleşir mi?

Fotosentez tepkimelerinin başlayabilmesi için ışık tarafından klorofil molekülünün uyarılması gerekir. Işık olmadan fotosentezle besin sentezlenemez. Uzun süre karanlıkta kalan bitki ölür. Çünkü solunum yaparken depolanmış besinlerini tüketir.

Granulları oluşturan tilakoit zarlarında, klorofil molekülünün ışığı soğurmasıyla serbest kalan elektronları tutabilen elektron taşıma sistemleri (ETS) vardır. Bu ETS elemanları; ferrodoksin (fd), sitokrom b ve sitokrom c'den oluşan sitokrom kompleksi (stk), plastokinon (pq) ve plastosiyanin (pc)'dir. Bu sistemde klorofilden ayrılan elektronlar, yükseltgenme-indirgenme kurallarına göre hareket ederek bir molekülden diğerine aktarılır.

Klorofile sahip canlıların ışık enerjisini kullanarak ADP ve inorganik fosfattan (P_i) ATP sentezlenmesi olayına **fotofosforilasyon** denir. Bu tepkimeler sırasında ETS elemanları, enzimler ve klorofil molekülleri görev alır. H_2O 'yun fotolizi de fotofosforilasyonla ATP sentezi için gereklidir. Ayrıca bu olay sonucu açığa çıkan hidrojenler NADP^{+} 'nin yapısına katılarak NADPH sentezlenir ve atmosfere moleküler O_2 verilir. Fotofosforilasyon tepkimeleri **devirsiz fotofosforilasyon** ve **devirli fotofosforilasyon** olmak üzere iki yolla gerçekleşir. Şimdi devirsiz fotofosforilasyon, tepkimelerinin iki ana ürünü olan ATP ve NADPH üretiminde ışık enerjisi kullanılarak iki fotosistemin birlikte nasıl çalıştığını inceleyelim.

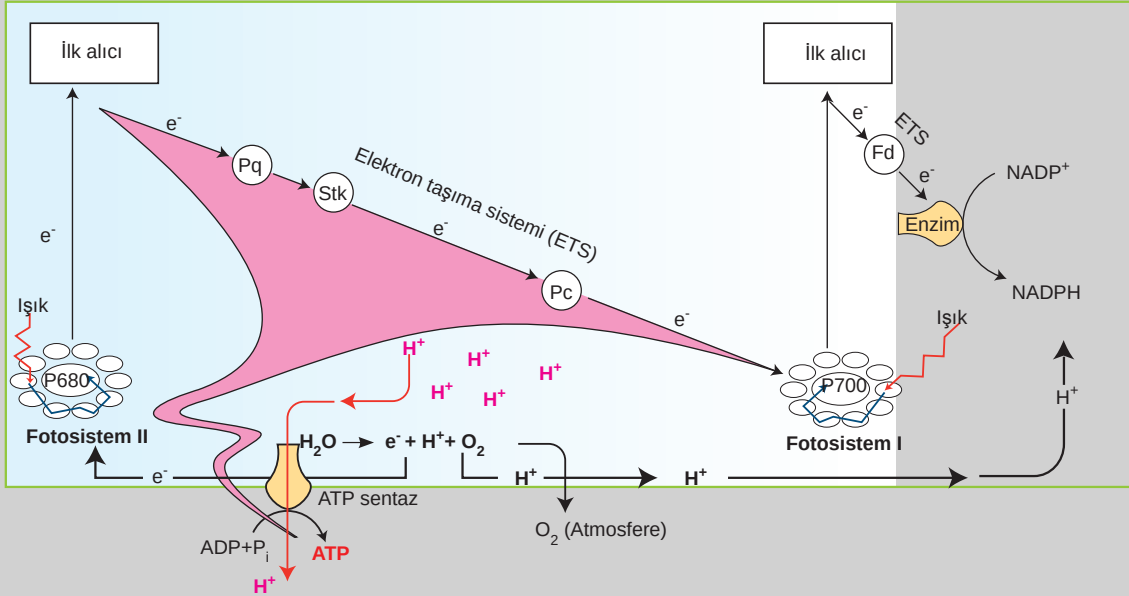


Dikkat!

Fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde ATP ve NADPH üretimi için gerekli olan hidrojen ve elektronların kaynağı sudur. Suyun bu amaçla parçalanması olayına **fotoliz** denir.

a. Devirsiz Fotofosforilasyon

FS II'nin ışığı soğurmasıyla tepkime merkezinde yer alan klorofildeki uyarılmış (enerji kazanmış) elektronlar ilk alıcı tarafından tutulur. Daha sonra elektronlar ETS (pq, stk ve pc) aracılığıyla FS I'e aktarılır. FS I'e elektron verdiği için FS II yükseltgenmiştir. Bu arada açığa çıkan enerji, tilakoit zarında bulunan ATP sentaz enziminin yardımıyla ATP'nin sentezlenmesinde kullanılır (Şekil 1.25).



Şekil 1.25. Işık tepkimeleri sırasında devrsel olmayan elektron akışında ATP ve NADPH'nin üretimi

FS I'deki ilk alıcı, ışık tarafından uyarılan elektronları ferrodoksin'e aktarır. İndirgenen ferrodoksin, yüksek enerjili elektronları stromada bulunan bir enzim yardımıyla NADP⁺'ye verir ve yükseltgenmiş olur.

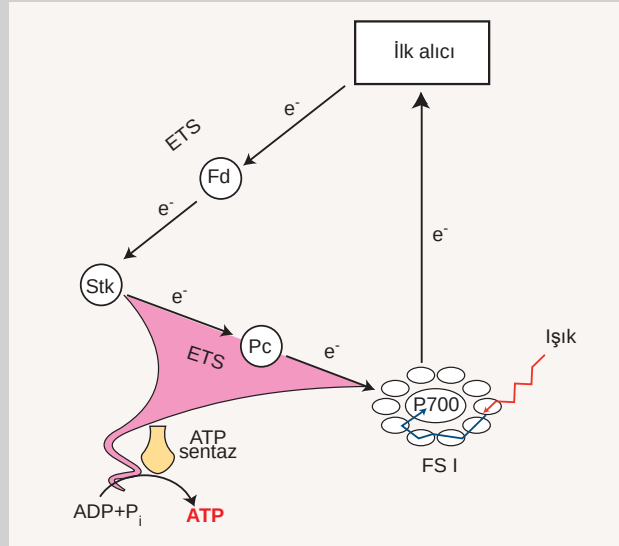
FS I kaybettiği elektronunu FS II'den gelen elektronlarla tamamlar. FS II'nin kaybetmiş olduğu elektronlar ise ortamda bulunan suyun elektron, proton (H⁺) ve O₂'e ayrışması sonucunda karşılanır. Tilakoit boşlukta parçalanmış suyun elektronları fotosistem II'ye ve ETS'ye aktarılır. Protonlar NADP⁺ tarafından tutulup NADPH'nin sentezlenmesi sağlanırken moleküler oksijen (O₂) serbest bırakılarak atmosfere verilir.

Devirsiz fotofosforilasyonda H₂O molekülü kullanılarak ATP ve NADPH üretilmiş ve atmosfere O₂ verilmiştir.

Fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimeleri için gerekli olan NADPH ve ATP genellikle devirsiz fotofosforilasyonla karşılanır. Bitkinin ATP ihtiyacına göre devirli fotofosforilasyon da gerçekleşebilir.

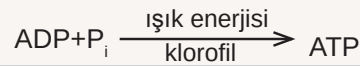
b. Devirli Fotofosforilasyon

FS I'in tepkime merkezinde klorofilin uyarılan elektronu, ilk alıcı tarafından tutulur (Şekil 1.26).



Şekil 1.26. Devirli fotofosforilasyon

Elektron taşıma sistemine aktarılan elektronlar önce ferredoksin sonra sitokrom, oradan da plastosiyanin üzerinden tekrar klorofile döner. Böylece klorofil kaybettiği elektronu tekrar aldığı için bu olaya **devirli fotofosforilasyon** denir. Döngü sırasında ATP sentezlenir. Böylece ışık enerjisi kimyasal bağ enerjisine dönüşür.



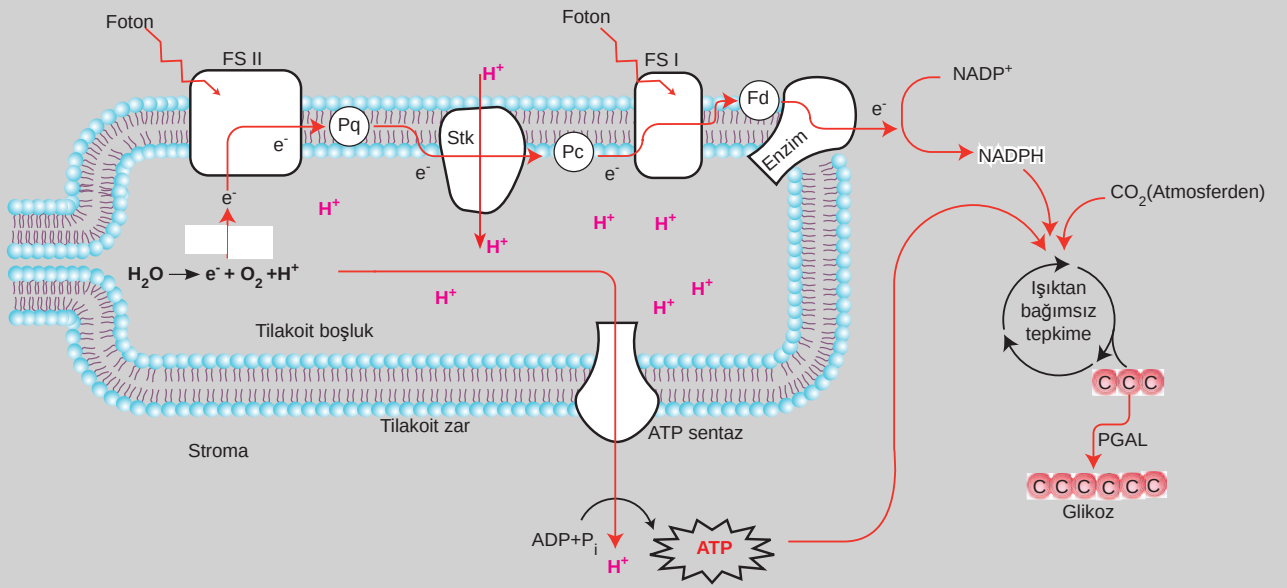
Birinci bölümde de öğrendiğiniz gibi oksidatif ve fotofosforilasyonla ATP sentezinin yapıldığı bilinmesine rağmen sentez mekanizması **kemiozmotik hipotezinin** ortaya konmasına kadar açıklanamamıştır.

Peter Mitchell (Pitir Mişel) kemiozmotik hipotezini mitokondri üzerinde açıklamıştır. Aynı model kloroplastlarda da ATP sentezinin nasıl gerçekleştirildiğini ortaya koymuştur.

Kemiozmotik hipotezine göre mitokondrilerde ATP sentezi sırasında protonlar (H^+) zarlar arası boşlukta birikirken kloroplastlarda tilakoit boşlukta birikir. İkisi arasındaki fark budur.

Bu hipoteze göre ışığa bağımlı tepkimelerde elektronların tilakoit zarında bulunan ETS'den geçişi, stromada var olan protonların tilakoit boşluğa pompalanmasını sağlar. Aynı zamanda tilakoit boşlukta da suyun ayrıştırılması sonucunda protonlar oluşur.

Bu iki olay tilakoit boşlukta proton (H^+) derişimini artırır. Protonlar derişimlerinin yüksek olduğu tilakoit boşluktan ATP sentaz enzimi aracılığıyla stromaya aktarılırken ATP sentezi gerçekleşir (Şekil 1.27).

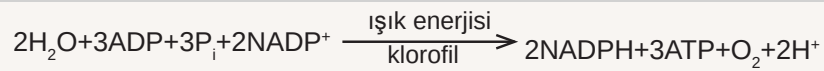


Şekil 1.27. Tilakoitlerdeki proton ve elektron akışını, ATP ve NADPH sentezini gösteren model

Işığa Bağımlı Tepkimelerin Genel Sonucu

Fotosentezin, ışıktan bağımsız tepkimelerinde 1 molekül CO_2 'in kullanılması için ışığa bağımlı tepkimelerinde 3 ATP ve 2 NADPH üretilir, O_2 ise yan ürün olarak açığa çıkar.

Işığa bağımlı tepkimelerin kimyasal denklemi aşağıdaki gibidir.



Işığa bağımlı tepkimelerde oluşturulan ATP ve NADPH molekülleri, stroma sıvısına girer. Bu moleküllerdeki kimyasal enerji, stromada CO_2 'i basit şekerlere dönüştüren ışıktan bağımsız tepkimeler için kullanılmaya hazırdır.



Dikkat!

Calvin döngüsü de denilen ışıktan bağımsız tepkimeler 1950'li yıllarda Melvin Calvin ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen bir dizi deneyin sonucunda aydınlatılmıştır. Melvin Calvin bu çalışmasından dolayı 1961 yılında Nobel Ödülü almıştır.

2. Fotosentezin Işıktan Bağımsız Tepkimeleri

Bu evre kloroplastın stromalarında gerçekleşir. Bu olaya ışıktan bağımsız tepkimeler denmesinin nedeni ışığın doğrudan kullanılmamasıdır. Tepkimeler sırasında doğrudan ışık gerekli değilse de ışığa bağımlı olarak gerçekleşen tepkimelerde açığa çıkan ürünlere (ATP, NADPH) ihtiyaç duyulur. Ayrıca bazı enzimlerin aktifleşmesi için ışığın gerekli olduğu bilinmektedir.

Işıktan bağımsız tepkimelerdeki bir dizi kimyasal olayların gerçekleşebilmesi için enzimler gereklidir. Bu enzimlerin yüksek sıcaklıkta yapısı bozulacağı için ışıktan bağımsız tepkimeler fotosentezin sıcaklığa duyarlı bir evresidir.

En ilkel alglerden en gelişmiş bitkilere kadar ökaryotların tümünde CO_2 'i karbonhidratlara indirgeyen temel mekanizma aynıdır. CO_2 fotosentezle oluşan besinlerdeki karbon ve oksijenin kaynağıdır. Aşağıdaki etkinliği yaparak CO_2 'in fotosentez için önemini kavrayınız.



Etkinlik_Deney



Araç - gereç

- Bir saksı bitkisi (sardunya vb.)
- Damıtık su
- Potasyum hidroksit (KOH) çözeltisi
- 2 adet erlenmayer
- Pamuk
- Vazelin
- Alkol
- İyot çözeltisi
- Deney tüpü

Etkinliğin Adı: Fotosentez için karbon dioksit gerekli midir?

Amaç: Fotosentez ve karbon dioksit ilişkisini kavrama.

Uygulayalım

- Bitkiyi yaklaşık üç gün karanlıkta bekleterek nişastadan arındırınız.
- Erlenmayerlerden birine 10 mL damıtık su diğerine ise aynı miktarda KOH çözeltisi koyunuz.
- Bitkinin yapraklarından birine damıtık su olan erlenmayeri, diğerine ise KOH bulunan erlenmayeri geçiriniz.
- Her iki kabın ağzını gaz alış verişini engelleyecek şekilde vazeline batırılmış pamukla kapatarak bir düzenek hazırlayınız.



- Bitkiyi yaklaşık üç gün aydınlık ve sıcak bir yerde bekletiniz.
- Üç gün sonunda erlenmayer içindeki yaprakları koparınız. Her iki yaprağın karışmaması için işaretleme yapınız.

- Kopardığınız ve işaretlediğiniz yaprakları su banyosunda 30 s bekletiniz.
- Su banyosu içine yarıya kadar alkol doldurulmuş deney tüpü yerleştiriniz.
- Su banyosundan çıkarttığınız yumuşamış yaprakları içinde alkol bulunan tüpün içine atınız.
- Yaprakları, klorofilleri alkole tamamen geçinceye kadar alkolde bekletiniz.
- Tüpten çıkarılan yapraklar sertleşip kırılabilir hâle gelecektir. Yaprakları yumuşaması için tekrar kaynar suya batırınız.
- Daha sonra kâğıt havlu ya da gazete kâğıdı üzerine yayarak yapraklara iyot çözeltisi damlatınız. Yaprakların nişasta içerip içermediğini gözlemleyiniz.

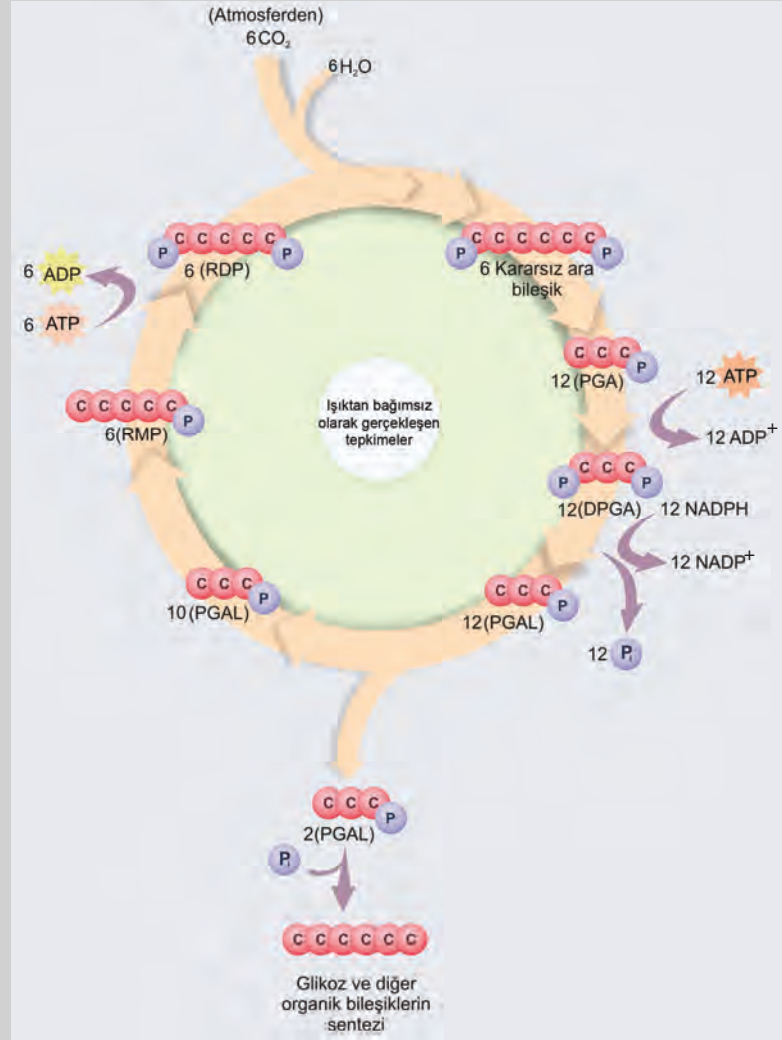


Sonuçlandırılma

1. Niçin yaprakların bulunduğu erlenmayerlerden birinde su varken diğerine potasyum hidroksit konuldu?
2. Hangi erlenmayer kontrol için kullanılmıştır?
3. Erlenmayerin ağzı neden vazelinli pamukla kapatıldı?
4. Her iki yaprağın su banyosunda bekletilmesinin sebebi nedir?
5. Her iki yaprağın alkolde bekletilmesinin sebebi nedir?
6. Her iki yaprağın üzerine iyot dökülmesinin sebebi nedir?
7. Deneye göre fotosentez ve karbon dioksit ilişkisi hakkında ne söylenebilir?

Bitkiler fotosentez yaparken atmosferdeki CO_2 'i kullanır. Bu nedenle ortamdaki CO_2 miktarı fotosentez için önemlidir. Örneğin seralara ıslak saman balyaları konulması bitkilerin büyümesini hızlandırır. Çünkü ıslak samandaki çürükçül bakteriler ayrıştırma yaparken seradaki CO_2 oranını artırır. Böylece bitkilerin daha fazla fotosentez yapması sağlanır. Şimdi bitkinin fotosentez yaparken CO_2 'i nerede kullandığını inceleyelim.

Fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimeleri ortamdan alınan CO_2 'in enzimler yardımıyla 5C'lu iki fosfatlı ribuloz difosfat (RDP) adı verilen bir bileşik tarafından tutulmasıyla başlar. Bu olay sonucunda 6 karbonlu ve iki fosfatlı kararsız bir ara bileşik oluşur. Bu bileşik H_2O 'yun tepkimeye girmesiyle kısa sürede parçalanarak 3 karbonlu ve bir fosfatlı iki molekül PGA (fosfogliserik asit)'ya dönüşür. Fotosentezin ışıktan bağımsız evresindeki ilk kararlı bileşik PGA'dır (Şekil 1.28).



Şekil 1.28. Fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimeleri

PGA'lara ışığa bağımlı tepkimelerde üretilen ATP'lerden birer fosfat aktarılınca 3 karbonlu ikişer fosfatlı DPGA (difosfoglisarik asit) oluşur. Oluşan yeni bileşiklerin her birine ışığa bağımlı tepkimelerden gelen NADPH'lerden hidrojen aktarılınca 3 karbonlu PGAL (fosfogliseraldehit)'ler oluşur. Bu sırada inorganik fosfat (P_i) çıkışı olur. Oluşan PGAL'lerin bir kısmı 5 karbonlu ve bir fosfatlı bileşik olan ribuloz monofosfat (RMP) oluşumuna katılır. Diğer kısmı ışığa bağımlı tepkimelerden gelen ATP'den bir fosfatın RMP'ye aktarılmasıyla RDP oluşur ve döngü devam eder. PGAL'lerin geriye kalan kısmı ise glukoz, amino asit, yağ asidi, vitamin gibi organik besinlerin sentezinde kullanılır.

Işıktan bağımsız tepkimelerde bir molekül CO₂'in besin oluşumuna katılabilmesi için 3 ATP ve 2 NADPH gereklidir. Bir glukozun yapısında 6 karbon olduğuna göre glukoz molekülünün sentez-

lenebilmesi için 6CO_2 molekülünün indirgenmesi gerekir. Bunun için de ışığa bağımlı tepkimelerden 18 ATP ve 12 NADPH gelmelidir. Bir başka ifadeyle bir molekül glikozun üretimi için ışıktan bağımsız tepkimelerin 6 kez tekrarlanması gerekir.

Örnek: Bitkide fotosentez sırasında 3 molekül glikoz oluştuğuna göre ışığa bağımlı tepkimelerde kaç molekül ATP ve kaç molekül NADPH sentezlenmesi gerekir?

Çözüm: 1 molekül $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ sentezi için 18 molekül ATP ve 12 molekül NADPH kullanılırsa 3 molekül $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ sentezi için $18 \times 3 = 54$ molekül ATP ve $12 \times 3 = 36$ molekül NADPH kullanılır.

Örnek: Fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimelerinde, 24 molekül CO_2 kullanılırsa fotosentezin ışık tepkimelerinde ne kadar ATP ve NADPH üretilmesi gerekir.

Çözüm: 6 molekül CO_2 tepkimeye girerse 18 ATP kullanıldığına göre 24 molekül CO_2 tepkimeye girerse $(24 \times 18) / 6 = 432 / 6 = 72$ ATP gerekir.

6 molekül CO_2 tepkimeye girerse 12 NADPH kullanılır. 24 molekül CO_2 tepkimeye girerse $(24 \times 12) / 6 = 288 / 6 = 48$ NADPH'ye ihtiyaç duyulur.

Fotosentezin ışığa bağımlı ve ışıktan bağımsız tepkimelerini aşağıdaki etkinliği yaparak karşılaştırınız.

Etkinlik – Model Oluşturma

Etkinliğin Adı: Fotosentez ve tepkimeleri

Amaç: Fotosentezin tepkimelerini karşılaştırma.

Uygulayalım

Öğrendiklerinizden yararlanarak kendi seçeceğiniz malzemelerle kloroplast modeli oluşturunuz. Oluşturduğunuz kloroplast modeli üzerinde ışığa bağımlı ve ışıktan bağımsız tepkimelerin hangi bölümlerde ve nasıl gerçekleştiğini tartışınız. Aşağıdaki tabloda bulunan boşluklara uygun ifadeleri yazınız.

Karşılaştırılan özellikler	Işığa bağımlı tepkimeler	Işıktan bağımsız tepkimeler
Gerçekleştiği yer		
Kullanılanlar		
Üretilenler		
Fosforilasyon çeşidi		
Enzim kullanımı		

Sonuçlandırılmalı

1. Fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde oluşan ATP hangi fosforilasyon çeşidiyle üretilmiştir?
2. Fotosentezin hangi tepkimelerinde enzim kullanılır?
3. Bitki hücreleri ışığa bağımlı tepkimelerde sentezledikleri ATP'yi hangi amaçla kullanır?



Biliyor musunuz?

Fotosentez ile yılda yaklaşık 160 milyar ton karbonhidrat üretilmiştir. Bu miktardaki organik madde, 1300 sayfalık bir kitabın yaklaşık 60 trilyon kopyasına eşit büyüklükte bir yığın oluşturur.



Biliyor musunuz?

PGAL, geçici bir şekilde kloroplast içinde nişasta olarak depolanır ya da sükroza çevrilerek bitkinin fotosentez yapamayan bölgelerine taşınır.

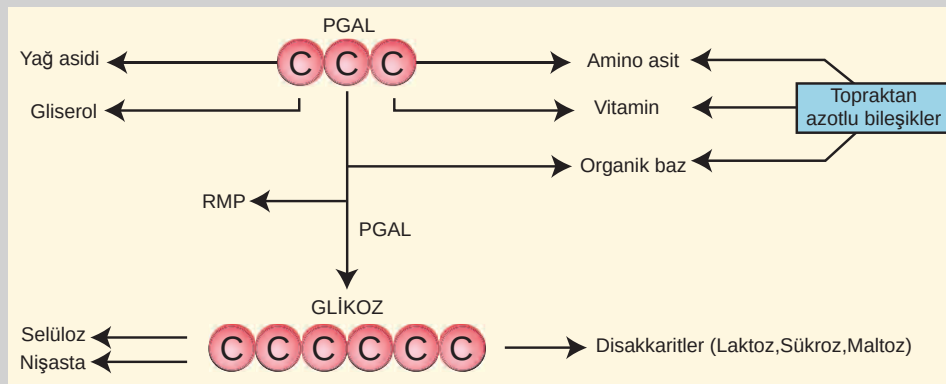
D. Organik Moleküllerin Sentezi

Fotosentez sonucunda üretilen besinler hem bitkiler hem de diğer canlılar için oldukça önemlidir. Çevremize baktığımızda şekil ve tatları birbirinden farklı çok sayıda sebze ve meyve olduğunu görürüz. Bir asmadan onlarca tanesi olan üzüm salkımları, mevsiminde yetişen sulu kavun ve karpuzlar bunlardan bazılarıdır. Doğanın bütün misafirperverliği ile sunduğu bu muhteşem tatları veren besinler nasıl sentezlenir?

Işıktan bağımsız tepkimelerde oluşan PGAL'in çoğunluğu RMP'yi oluşturarak ışıktan bağımsız tepkimelerin devamlılığını sağlar. Böylece bitkilerde besin üretimi süreklilik kazanır. PGAL'in bir kısmı ise glikoz oluşumuna katılır.

Fotosentezle oluşan ürünler, bitkinin hangi organlarında kullanılır?

Fotosentezde üretilen glikozun bir kısmı bitki hücrelerinin mitokondrilerinde hücresel solunum sırasında tüketilirken bir kısmı diğer karbonhidratların üretiminde kullanılır (Şekil 1.29).



Şekil 1.29. PGAL'den organik moleküllerin sentez basamakları

Glikoz, disakkaritlerden laktoz, süktroz ve maltozun yapısına katılırken polisakkaritlerden selüloz ve nişastanın yapısını da oluşturur. Normalde bitkinin besin sentezleyen bölümü yeşil kısımlarıdır. Bitkinin diğer kısımları, yapraklardan damarlarla taşınan organik molekülleri kullanır. Üretilen glikozun fazlası lökoplastlarda nişastaya dönüştürülerek kök, yumru, tohum ve meyvelerde depolanır. Kloroplastlarda da nişasta tanecikleri bulunur. Işıktan bağımsız tepkimelerde üretilen PGAL'in bir bölümü de yağ asidi ve gliserol yapımında kullanılır. Bir bölümü ise amino asit, vitamin ve organik bazların sentezine katılır.

E. Fotosentez Hızını Etkileyen Faktörler

Klorofil taşıyan bir hücrenin birim zamanda kullandığı CO_2 veya ürettiği O_2 miktarı **fotosentez hızını** gösterir. Fotosentez hızına etki eden faktörlerden birinin eksik olması fotosentezin yavaşlamasına veya durmasına neden olurken normalin üzerinde olması ise fotosentez hızına etki etmez. Çünkü fotosentezin hızı, fotosenteze etki eden faktörlerden miktarı en düşük olana göre belirlenir. Buna **minimum yasası** denir. Örneğin CO_2 miktarının düşük olduğu ortamda ışık şiddeti artırılabilir bile fotosentez hızlanmaz. Burada fotosentez hızını sınırlayan faktör CO_2 miktarıdır. Örnekten de görüleceği gibi fotosentez hızını sınırlayan faktör ortamda en az bulunan maddedir.

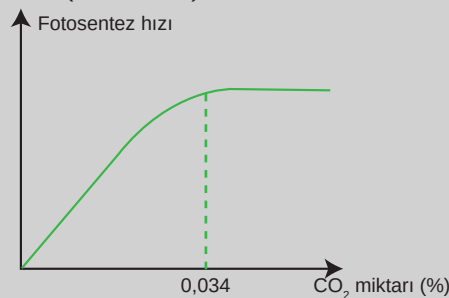
Fotosentez hızını etkileyen faktörler çevresel ve genetik olmak üzere ikiye ayrılır.

1. Çevresel Faktörler

CO_2 miktarı, ışık şiddeti, ışığın dalga boyu, sıcaklık, su miktarı, mineral ve pH çevresel faktörleri oluşturur.

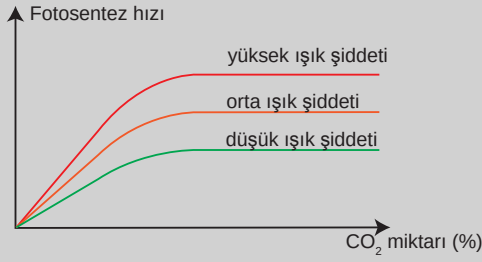
Karbon dioksit miktarı: Karbon dioksit, fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimelerinin başlaması için gereklidir.

CO_2 miktarı arttığında fotosentez hızı belirli bir değere kadar artar. Sonra da sabit kalır (Grafik 1.2).



Grafik 1.2. Fotosentez hızının CO_2 miktarına bağlı değişim grafiği

1. Ünite - Canlılarda Enerji Dönüşümü

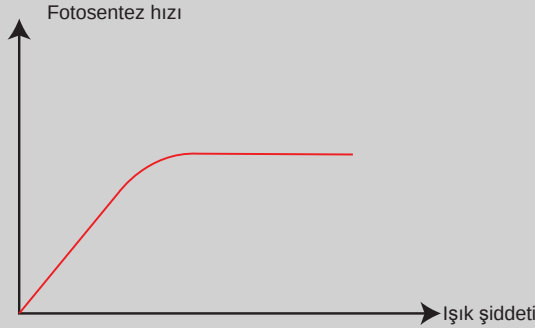


Grafik 1.3. Karbon dioksit miktarına bağlı olarak farklı ışık şiddetlerinde fotosentez hızının değişim grafiği

CO_2 ve ışık şiddeti bir arada düşünülürse CO_2 miktarı arttıkça ışığın şiddetine bağlı olarak fotosentez hızında değişiklikler gözlenir. Işık şiddeti arttıkça fotosentez hızı da artar. CO_2 miktarı artsa bile fotosentezin hızını ışık şiddeti belirler (Grafik 1.3).

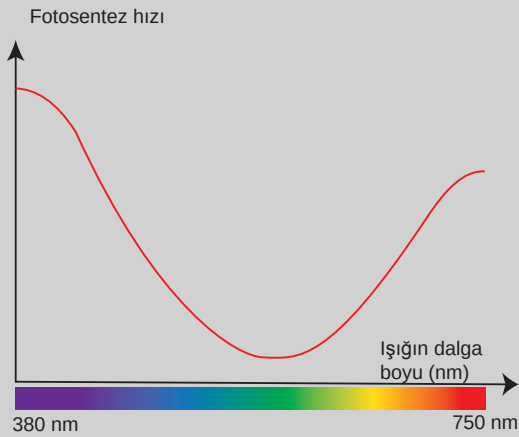
Ortama kalsiyum hidroksit (CaOH_2) veya potasyum hidroksit (KOH) gibi CO_2 tutucular eklenirse ortamdaki CO_2 miktarı azalır ve fotosentez hızı düşer.

Serada uygun şartlar (ısı, ışık, vb.) sağlandığında yetiştirilen domates, marul, salatalık ve gül gibi pek çok kültür bitkisinin CO_2 artışı ile verimliliklerinin arttığı görülmüştür. CO_2 miktarının yüksek olduğu ortamda genellikle bitkilerin %30 - %60 oranında daha fazla büyüdüğü görülür.



Grafik 1.4. Işık şiddetinin fotosentez hızına etkisi

Işık şiddeti: Bitkiler ışısız ortamda fotosentez yapamaz. Işık, fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde ATP ve NADPH'nin sentezlenmesinde kullanılır. Işığın şiddeti arttığında fotosentez hızı belirli bir değere kadar artar sonra da sabit kalır (Grafik 1.4).

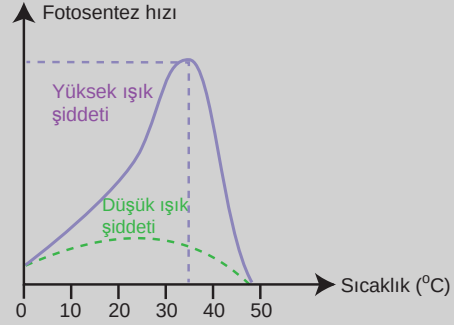


Grafik 1.5. Işığın dalga boyunun fotosentez hızına etkisi

Işığın dalga boyu: Bitkiler fotosentez yaparken elektromanyetik spektrumdaki görünür ışığı kullanır. Fotosentez mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renklerdeki ışıkta gerçekleşir. Ancak fotosentez hızı mor ve kırmızı ışıkta en yüksek iken yeşil ışıkta en düşüktür (Grafik 1.5).

Fotosentezin gerçekleşebilmesi için ışığın klorofil pigmenti tarafından soğurulması gerekir. Klorofil pigmentinin mor ışığı diğer ışıklara göre daha fazla soğurması fotosentezin hızını artırır.

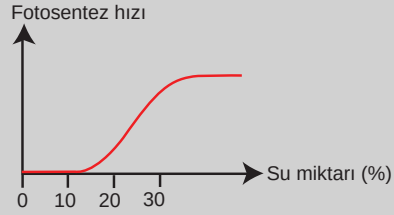
Sıcaklık: Fotosentezin en çok ışıktan bağımsız tepkimelerini etkiler. Çünkü ışıktan bağımsız tepkimelerde birçok enzim görev yapmaktadır. Sıcaklık artışı tepkimelerin hızını da artırır; belirli bir noktadan sonra ise bu artış tepkimeleri durdurabilir. Fotosentezin ideal sıcaklık derecesi 25-35°C arasıdır. 35°C'un üstüne çıktığında genellikle enzim yapısı bozulacağından fotosentez hızı düşer ve durur (Grafik 1.6).



Grafik 1.6. Sıcaklığın fotosentez hızına etkisi

Ayrıca ışıktan bağımsız tepkimelerin hızı, ışığa bağımlı tepkimelere de bağlıdır. Çünkü, ışığa bağımlı tepkimelerde sentezlenen ATP ve NADPH⁺ ışıktan bağımsız tepkimelerde kullanılır.

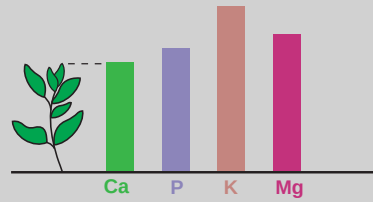
Su miktarı: Fotosentezin gerçekleşebilmesi için su mutlaka gereklidir. Fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde su, iyonlarına ayrılarak FS II için elektron, NADP⁺ için hidrojen ve atmosfer için oksijen kaynağı olur (Grafik 1.7).



Grafik 1.7. Su miktarının fotosentez hızına etkisi

Ortamdaki suyun artışı fotosentez hızını artırır. Fakat belirli bir değerin üzerine çıkan su fotosentez hızını etkilemez. Bazı durumlarda (tohumda) su miktarı %15'in altına inerse enzimler inaktif olacağından fotosentez durur.

Mineraller: Fe, Mg, Ca, K, P, N, S gibi mineraller fotosentezde etkilidir. Örneğin Fe, ferrodoksinin yapısına; Mg, klorofilin yapısına girer. P, ATP'nin ve nükleik asitlerin; N, amino asitler, nükleik asitler ve vitamin gibi organik moleküllerin yapısına katılır. Mn, K, Ca gibi bazı mineraller de enzim yapısında kofaktör olarak bulunur. Bitkilerin fotosentez hızı dolayısıyla büyüme hızı, bitkinin bulunduğu topraktaki minerallerden miktarı en az olana göre belirlenir (Grafik 1.8).



Grafik 1.8. Topraktaki farklı minerallerin miktarının bitkilerin büyüme hızına etkisi

Ortamin pH'si: Fotosentezdeki biyokimyasal tepkimelerin gerçekleşebilmesi için bitkinin pH'sinin belirli bir düzeyde tutulması gerekir. Asitler ve bazlar arasındaki denge bitkinin büyümesi için oldukça önemlidir. Işıktan bağımsız tepkimelerde enzimler görev aldığından pH fotosentez hızını etkiler.

2. Genetik faktörler

Kloroplast sayısı, yaprak yapısı ve sayısı, stomaların sayısı, kütikula kalınlığı ve enzim miktarı genetik faktörlerin etkisiyle belirlenir. Bitki türlerinde bu özelliklerin farklı oluşu fotosentez hızını da etkiler.

Kloroplast sayısı: Yapraktaki kloroplast miktarı fotosentez hızını belirler. Bitkide kloroplast sayısı az ise fotosentez yavaş, kloroplast sayısı fazla ise fotosentez hızlı gerçekleşir.

Yapraktaki palizat parankimasının kloroplast sayısı sünger parankimasından fazla olduğundan palizat parankimasında fotosentez daha fazla gerçekleşir.



Düşünelim- Araştırma

Soğuk iklimlerde büyüyen bitkilerin yapraklarında fotosentez hızı, ılıman iklimlerde büyüyen bitkilerin yapraklarında gerçekleşen fotosentezin hızına göre daha yüksektir. Bunun nedenini araştırınız.

Yaprak yapısı ve sayısı: Bitkilerde yaprak genişliği arttıkça yaprakta bulunan kloroplast sayısı arttığından fotosentez hızı da artar. Buna bağlı olarak sentezlenen besin miktarında da artış görülür. Bitkide yaprak sayısı ne kadar fazlaysa fotosentez hızı da o kadar fazladır.

Yaprak konumu da fotosentez hızını etkiler. Örneğin, aynı bitkinin doğrudan ışık gören yaprakları ile alt kısımda ışığı tam olarak alamayan yaprakları aynı hızda fotosentez yapamaz.

Stoma sayısı: Stomalar yapraktaki gaz alış verişini sağlayan yapılardır. Açılıp kapanabilirler. Bu nedenle yaprakta sayıları ne kadar fazla olursa bitkinin karbon dioksitten yararlanma oranı o kadar artacağından stoma sayısı fotosentez hızını etkileyecektir.

Kütikula kalınlığı: Kütikula yaprak yüzeyinde bulunan koruyucu tabakadır. Bitkilerde su kaybı bu tabakanın kalınlığına bağlı olarak önlenir. Su bitkilerinde kütikula ince, kurak bölge bitkilerinde ise kalındır. Yapraktaki kütikula kalınlığının fazla olması su kaybını önleyen bir adaptasyondur. Bitkilerde kütikula kalınlaştıkça güneş ışığı bitki hücreleri tarafından yeterince kullanılamaz. Böylece fotosentez tepkimeleri yavaşlar.



Okuma Metni

C₃, C₄ ve CAM BİTKİLERİ

CO₂ bağlanması bütün bitkilerde ortak bir özelliktir. Bununla birlikte bağlanma şekli, bitkinin türüne ve bulunduğu habitata göre farklılık gösterebilir. CO₂ bağlanmasında görülen bu farklılıklar bakımından bitkiler C₃, C₄, CAM bitkileri olmak üzere 3'e ayrılır.

C₃ bitkileri stomadan kaybolan suyun rahatlıkla temin edilebileceği, CO₂'in yeterli olduğu sulak iklim şartlarında yaşar. "Işıktan Bağımsız Tepkimeler" konusunda öğrendiğiniz gibi bu bitkiler stomalar yoluyla aldığı CO₂'i Calvin döngüsünde doğrudan kullanır. Bu metabolik yolda oluşan ilk tanımlanabilir ürün 3 karbonlu PGA'dır. C₃ bitkileri olarak adlandırılması buradan kaynaklanır. Bilinen bitki türlerinin yaklaşık %85'i sadece bu yolu kullanır. Geri kalan %15'i ise CO₂ bağlanması için ilave bir yola sahiptir. Pirinç, buğday ve soya C₃ bitkilerine örnek verilebilir. Nişasta açısından zengin bir bitki olan pirinçte B, C ve E vitaminleriyle sodyum, magnezyum, potasyum, kalsiyum, demir ve fosfor mineralleri bulunur.

Ayrık otunun çimenlik bir alanda nasıl hızla büyüdüğünü, mısır ve şeker kamışı gibi kültür bitkilerinin niçin verimli olduğunu hiç düşündünüz mü? Bu bitkilerin sıcak iklim koşullarında bu kadar verimli olmasının nedeni C₄ yolu olarak bilinen fotosentetik yola sahip olmalarıdır. Bu yolu kullanan bitkiler de **C₄ bitkileri** olarak adlandırılmıştır.

C₄ bitkilerinin yaprak yapısı C₃ bitkilerinden farklıdır. C₃ bitkilerinde kloroplastlar mezofil tabakası hücrelerinde bulunurken iletim demetlerini saran hücrelerde (demet kını) bulunmaz. C₄'te ise demet kını hücreleri de kloroplast taşır. Calvin döngüsü burada gerçekleşir. Mezofil hücreleri ise bu hücrelere CO₂ sağlamada rol oynar. Bu bitkilerde mezofil hücrelerindeki CO₂ malatın (4 C'lu) sentezlendiği metabolik yola katılır (C₄ yolu). Bu şekilde CO₂'in tutulmasıyla bitki için sürekli CO₂ kaynağı sağlanmış olur. Daha sonra malat demet kını hücrelerine geçer. Burada CO₂ ve pirüvata (3 C'lu) ayrışır. Açığa çıkan CO₂ Calvin döngüsüne katılır. Pirüvat da tekrar mezofile dönerek C₄ yoluna girer. Böylece C₄ bitkileri sıcak iklim koşullarında stomaları kapalı olsa dahi fotosenteze devam edebilir.

Sonuç olarak ışık ve sıcaklığın yeterli olduğu durumlarda, mısır ve şeker kamışı gibi C₄ bitkileri C₃ bitkilerinden daha



Pirinç



Soya



Şeker kamışı



Mısır



Ananas

yüksek fotosentez hızına sahiptir. Dünyada şeker üretiminin %70'i şeker kamışından sağlanır.

Çöllerdeki kaktüs gibi bitkiler, yüksek sıcaklığa ve uzun süreli susuzluğa dayanıklıdır. Su kaybını azaltmak için çöl bitkileri, gündüz stomalarını kapatmak zorundadır. Gece ise stomalar açıktır. Bu zaman aralığında bitki CO_2 alır. Mezofil hücrelerinde C_4 yolunda olduğu gibi CO_2 kullanılarak malat oluşturulur. Daha sonra malat malik aside dönüştürülerek aynı hücrenin kofulunda depolanır. Gün ışıdığına stomalar kapanır. Malik asit kofuldan sitoplazmaya geçerek karbon dioksit ve pirüvata ayrışır. Kloroplasta taşınan CO_2 Calvin döngüsüne katılır. Bu bitkiler CO_2 'i malik asit olarak depolayıp gündüz Calvin döngüsünde kullanır. Kısaca özetlenen metabolizmayı gerçekleştiren bitkilere CAM (Crassulacean asit metabolizması) bitkileri adı verilir. Söz konusu metabolizmanın ilk keşfedildiği bitki ailesi "Crassulaceae" olduğundan ve malik asit sentezi görüldüğünden yukarıdaki adlandırma ve kısaltma kullanılır. Kaktüs, ananas ve diğer bazı çiçekli bitkiler CAM bitkilerinin örneklerindendir.

Bitki Biyolojisi

Linda E.Graham

Çeviri Editörü: Kani Işık

Palme Yayıncılık, Ank, 2004

(Kaynaktan yararlanılmıştır.)

F. Fotosentez ve Solunum İlişkisi

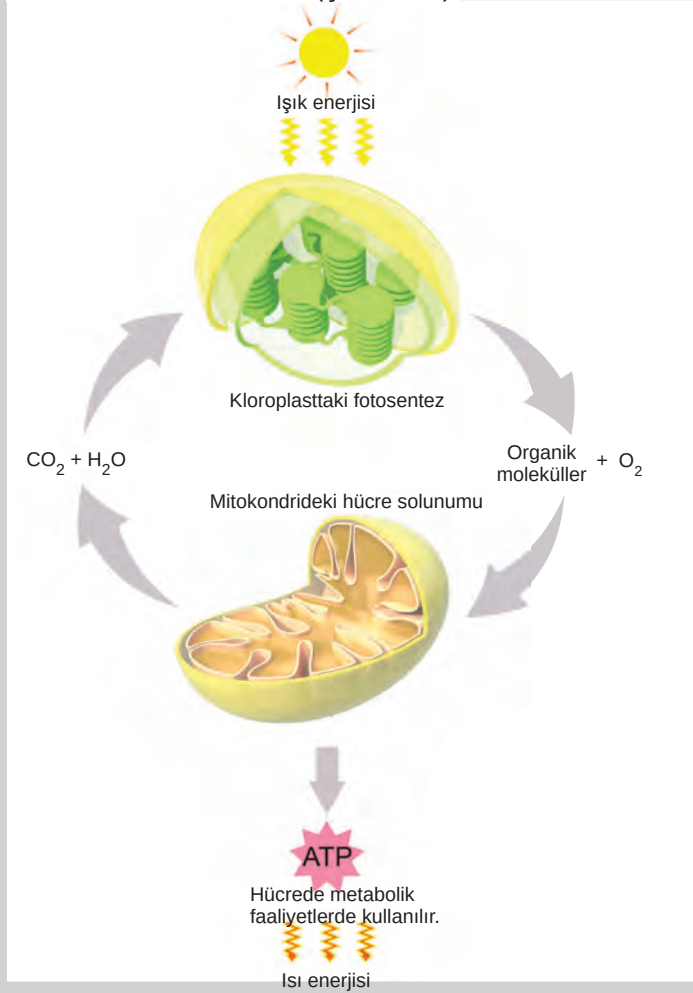
Hücre, içerisinde binlerce tepkimenin olduğu karmaşık bir yapıdır. Bu tepkimelerin gerçekleşebilmesi için hücrenin enerjiye ihtiyacı vardır.

Ekosistemin üreticileri dediğimiz canlılar güneş enerjisini fotosentez yoluyla kloroplastlarında kimyasal enerjiye çevirip depolar. Bu canlılar besin zincirinin ilk halkasını oluşturduğundan vücutlarında yüksek miktarda enerji depo eden canlılardır.

Ekosistemlerin tüketicilerinden biri hayvanlardır. Hayvanlar bitkileri (birinci tüketiciler) ya da bitkilerle beslenen diğer hayvanları (ikinci tüketiciler) yiyerek beslenir. Hayvanlar besinlerde depolanmış enerjiyi hücresel solunumla mitokondrilerinde açığa çıkararak güneş enerjisinden dolayı olarak yararlanmış olur.

Kısaca, bitki hücrelerinde kloroplast ve mitokondriler, hayvan hücrelerinde ise sadece mitokondriler enerji dönüştürücüler olarak görev yapar.

Doğada var olan enerji, beslenme ilişkileri ve diğer ekolojik ilişkilerle biçim ve yer değiştirerek sürekli yenilenir, asla kaybolmaz. Elde edilen kimyasal bağ enerjisinin (ATP) bir kısmı, canlıların metabolik olaylarında (biyosentez tepkimeleri, fiziksel hareketi sağlayan tepkimeler vb.) kullanılırken diğer kısmı da ısı enerjisine dönüştürülerek atmosfere verilir (Şekil 1.30).



Şekil 1.30. Ekosistemde enerji akışı

Solunum tepkimelerinin son ürünü olan CO_2 ve H_2O fotosentezin ham maddesidir. Aynı şekilde fotosentezde oluşan organik molekül ve oksijenin de solunumun ham maddesi olduğu görülmektedir. Bitkiler gündüzleri besin sentezlerken solunum da yapar.

Geçen yüzyıla kadar bitkilerin yalnızca geceleri solunum yaptığı sanılıyordu. Alman bilim insanları Erwin Buening ve Kurt Stern fasulye yapraklarında bu olayları incelemişler ve diğer canlılarda olduğu gibi bitkilerin de solunumlarının gece ve gündüz aralıksız devam ettiğini gözlemlemişlerdir.

Bitkiler gündüzleri hem solunum hem de fotosentez yapar. Geceleri ise fotosentez için gün ışığı olmadığından sadece solunum yapar. Gündüzleri fotosentez hızı solunum hızından fazla olduğu için bitkiler, solunum sonucu ürettikleri CO_2 ve H_2O 'yu havaya vermeden fotosentezde kullanır. Bunun sonucu olarak havaya CO_2 salınımı gündüzleri düşük olur. Bitkiler yapay ışıkta da fotosentez yapabilir. Bunun için yeterli ışık şiddeti ve uygun dalga boyunun olması gerekir.



Biliyor musunuz?

Her yıl, yaklaşık 280 bin hektarlık tropik orman yakılarak tarım arazisine dönüştürülüyor. Ormanların yok edilmesi küresel ısınmaya yol açan nedenlerden biridir.

Fotosentez, yeryüzünde yaşayan tüm canlılar için oldukça önemlidir. Her yıl hayvanların, toprakta bulunan mikroorganizmaların ve bitkilerin solunumları sırasında büyük oranda karbon dioksit atmosfere karışır. Ayrıca fabrikalarda ve evlerde ısınmak için kullandığımız odun, kömür, doğal gazın ve taşıtlarda kullandığımız petrol ürünlerinin yanması sonucu çok miktarda CO_2 atmosfere verilir. Atmosferde biriken bu gaz yine üreticiler tarafından tutularak besin sentezinde kullanılır. Bu da doğadaki madde döngülerinin kesintisiz sürmesini sağlayan önemli olaylardan biridir. Ekosistem ekolojisi ünitesinde öğreneceğiniz gibi karbon döngüsü, doğada dengelenmediği takdirde ekolojik dengede de bozulmalar meydana gelir.

Madde döngüsü sadece yukarıda anlatılanlarla ilgili değil aynı zamanda yakacak olarak kullandığımız odun, kömür ve petrolle de ilgilidir. Nasıl mı? Bundan milyonlarca yıl önce fotosentez ile güneş enerjisini depolayan bitkiler ve bunlarla beslenen hayvanlar toprağın derinliklerinde yüksek basınç altında kalarak bugün kullandığımız fosil yakıtlara dönüşmüştür.

Şaşırtıcı gelebilir ama günlük hayatımızda kullandığımız pek çok malzeme, örneğin kâğıt, pamuk ve diğer doğal liflerin neredeyse tamamı fotosentezle üretilen selülozdan oluşur. Hatta yün üretimi bile fotosentezle gelen enerjiye bağlıdır. Bütün bitkisel ve hayvansal ürünler ile petrol gibi organik maddelerden elde edilen sayısız yan ürünün kaynağı güneş enerjisidir.

G. Kemosentez

Ekosistem, canlı ve cansız faktörleri içerisinde barındıran biyolojik bir ortamdır. Yaşam alanı, atmosferde doğa olaylarının meydana geldiği en alt tabakayla bazı mikroorganizmaların yaşadığı tahmin edilen okyanusların en derin bölgelerine kadar olan kısmı içine alır. Biyolojik olayların devam ettiği bu sınırlar arasındaki denizler, göller, okyanuslar, nehirler, dağlar, kayalıklar, bitki örtüleri ve doğa olayları ekosistemin parçalarıdır.

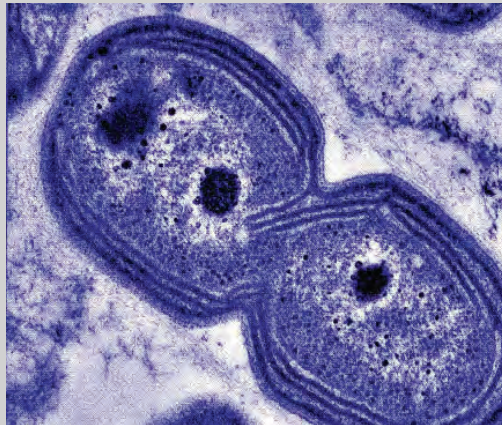
Doğadaki tüm varlıklar bir hareket içerisinde. Durağanmış gibi görünen dağlar, toprak parçaları, kayalıklar ve durgun sular aslında oldukça karmaşık ve hızlı bir şekilde kimyasal etkileşimlere eşlik etmektedir. Doğadaki bu hareketliliğin başında ise madde döngüsü ve bu döngüde baş rolü oynayan mikroorganizmalar vardır.

Madde döngüsünün devamını sağlayan olaylardan biri de kemosentezdir. Bu bölümde klorofile sahip olmayan bazı ototrof canlıların organik madde sentezini nasıl gerçekleştirdiğini yanıtlamaya çalışacağız.

Bazı canlıların güneş enerjisi yerine inorganik maddelerin oksidasyonu ile açığa çıkan kimyasal enerjiyi kullanarak organik madde sentezlemesi olayına **kemosentez** denir. Azot, kükürt, demir, hidrojen bakterileri ve bazı arkeler gibi besinlerini kemosentezle üreten canlılara da **kemoototrof canlılar** denir.

Bazı kemoototrofların CO_2 'i indirgeme (organik bileşiğin yapısına katılması) yolu fotosentez yapan canlıların kullandığı metabolik yolla aynıdır. Bazıları ise farklı metabolik tepkimeler gerçekleştirir.

Kemosentez sırasında enerji kaynağı olarak canlı türüne göre farklı inorganik maddeler kullanılabilir. Demir (Fe^{2+}), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), hidrojen gazı (H_2), hidrojen sülfür (H_2S) ve sülfür (S_2) kemoototrof canlıların kemosentezde kullandığı maddelerdendir.

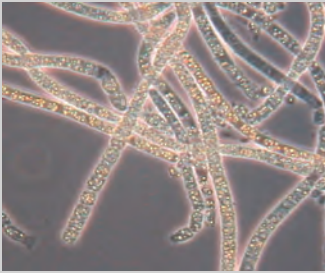


Resim 1.12. Kemoototrof bakterilerden *Nitrosomonas*



Dikkat!

H_2S 'ü fotosentetik bakteriler hidrojen kaynağı, kemosentetik bakteriler ise enerji kaynağı olarak kullanır.



Resim 1.13. Kemooototrof bakterilerden *Beggiatoa* (Beggiato)

Azot, tüm canlıların gereksinim duyduğu ana elementlerden biridir. Toprakta azot genellikle NH_3 (amonyak), NH_4^+ (amonyum), NO_3^- (nitrat) ya da NO_2^- (nitrit) bileşikler şeklinde bulunur. Fakat NH_3 bitkiler ve diğer canlılar için emilime ve kullanıma uygun değildir. Yani azotun ya NO_2^- ya da NO_3^- bileşikler hâlinde toprakta bulunması gerekir. Tam bu noktada bitkilerin imdadına **Nitrosomonas** adı verilen bir tür bakteri yetişir (Resim 1.12). Bu bakteri topraktaki amonyağı nitrit şekline dönüştürür. **Nitrobacter** adı verilen diğer bir tür bakteri ise nitriti nitrata yükseltir. Bu sırada açığa çıkan elektronları bir ETS'den geçirir ve ATP üretir. Bu ATP'nin bir kısmını kullanarak NADH oluşturur. ATP ve NADH ile CO_2 ve H_2O 'yu glikoza dönüştürür. Nitrobacter, 6 molekül CO_2 'i 1 molekül glikoza dönüştürmek için 78 NO_2^- iyonunu yükseltir. Böylelikle bu bakteriler kemosentez ile kendi besinini üretirken azotlu bileşiklerin toprakta tutulmasını sağlar. Bitkiler de bu azotlu bileşikler topraktan alarak kullanabilir.

1977'de Galapagos adaları yakınında okyanus dibini araştıran bilim insanları kemooototrof bakterilerin üretici olduğu bir ekosistem keşfettiler. Bu ekosistem yengeçler, yumuşakçalar ve dev solucanlar gibi çeşitli tüketicileri barındırıyordu. 2500 m derinlikte olan bu ekosisteme hiç ışık ulaşmıyordu. Fakat okyanus tabanında yer alan bir volkan ağzı ekosistemin enerji kaynağını oluşturuyordu. Ortamdaki bakteriler volkandan çıkan hidrojen sülfürü yükseltgeyerek enerji elde ediyor ve ekosistem için besin ürettiyordu.

Doğadaki bazı bakterilerin oksijenli ortamlarda yaşayabileceğini bazılarının da oksijensiz ortamda yaşadıklarını öğrenmiştiniz. Fakat kükürt bakterileri kükürtlü bileşiklerce zengin olan ortamlarda yaşar.

Kükürt bileşiklerinin oksidasyonunu gerçekleştiren bakterilerin başında ise *Beggiatoa* (Beggiato) ve *Thiospirillum* (Tiyospirillum) isimleri verilen iki tür bakteri gelir (Resim 1.13). Kükürdün oksidasyonu sırasında H_2S , öncelikle hidrojeninden ayrılır daha sonra da su ile tepkimeye girerek seyreltik H_2SO_4 (sülfirik asit)'e yükseltgenir. Tepkime sonucunda açığa çıkan enerji kemosentez için kullanılır.

Yukarıda iki farklı örneği verilen kemooototrof canlılar, güneş enerjisi yerine söz edilen kimyasal maddelerin oksidasyonu ile enerji üreterek bu enerjiyi besin yapımında kullanırlar. Aynı zamanda da doğadaki biyolojik dengenin korunmasında etkili olurlar.

Aşağıdaki etkinlikte fotosentez ve kemosentez olaylarını karşılaştırmanız isteniyor. Bu karşılaştırmalar fotosentezin özeti şeklinde düşünülebilir. Etkinlikteki sütunları dikkatlice doldurarak neler öğrendiğinizi kontrol ediniz. Bilgi eksikliğinizi varsa konuya dönerek tekrar gözden geçiriniz.



Etkinlik_Öğrenmenin Farkına Varma

Etkinliğin Adı: Fotosentez ve kemosentez ile ilgili neler öğrendim?

Amaç: Fotosentez ve kemosentez benzerlik ve farklılıklara göre ayırt etme.

Uygulayalım

- Aşağıdaki tabloda fotosentez ve kemosentez ile ilgili özellikler verilmiştir. Her iki olayın benzerlik ve farklılıklarına göre tabloda yer alan boşluklara uygun ifadeleri yazınız.

Karşılaştırılan özellikler	Fotosentez	Kemosentez
CO ₂ kullanılması		
Klorofilin ışığı emmesi		
Kullanılan enerji çeşidi		
Kullanılan enerji kaynağı		
Açığa çıkan ürünler		

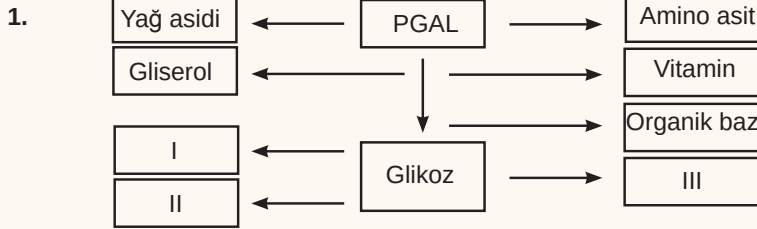
Sonuçlandırılma

- Fotosentez ve kemosentez tepkimeleri sırasında hangi enerji çeşitleri kullanılır?
- Fotosentez ve kemosentez tepkimelerinde hidrojen kaynağı olarak ne kullanılır?
- Fotosentez ve kemosentez olaylarının doğadaki madde döngüsü açısından önemi nedir? Açıklayınız.



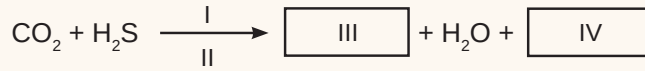
Konu Sonu Değerlendirme

A. Aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

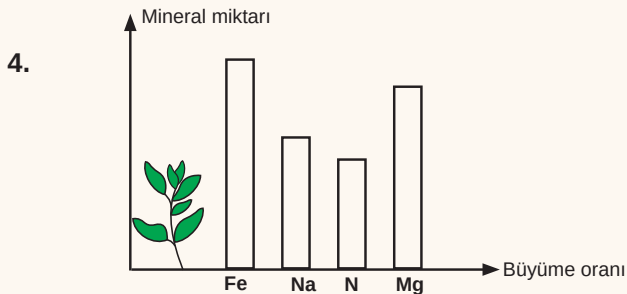
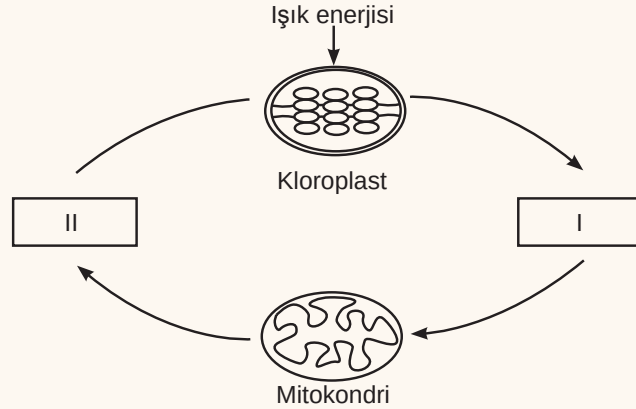


Yukarıdaki şekle göre fotosentez tepkimeleri sonucunda oluşan glikozun hangi organik moleküllere dönüştüğünü I,II,III ile belirtilen kutulara yazınız.

2. Fotosentetik bakterilerin gerçekleştirdiği fotosentez tepkimeleri aşağıdaki şemada gösterilmiştir. Bu tepkime sırasında kullanılan ve açığa çıkanları boşluklara yazınız.



3. Enerji dönüşümleri sırasında fotosentez ve solunum tepkimelerinin oluşumu yandaki şekilde belirtilmiştir. I ve II nolu kutucukları uygun şekilde doldurunuz.



Yukarıda yer alan grafikte bir bitkinin bulunduğu ortamdaki minerallerin miktarları verilmiştir. Grafiğe göre bu bitkinin büyüme ve gelişmesi hangi elementle sınırlandırılır? Bu element hangi organik moleküllerin yapısına katılır?

5. Fotosentez tepkimelerinde 5 molekül glikozun sentezi için kaç molekül ATP ve NADPH gereklidir?

.....

.....

.....

6. Fotosentezin ışığa bağımlı ve ışıktan bağımsız tepkimelerinde oluşan ürünleri yazınız.

.....

.....

.....

7. Fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimelerinde, ağır oksijen (O^{18}) bulunan CO_2 kullanıldığında bu oksijene hangi molekülde rastlanır?

.....

.....

.....

8. Fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde 180 ATP ve 120 NADPH'lerin tamamı kullanıldığında göre fotosentez sonucunda kaç glikoz molekülü sentezlenmiştir?

.....

.....

.....

9. Fotosentez hızına etki eden etmenlerden biri olan sıcaklık $35^{\circ}C$ 'un üzerine çıktığında fotosentez tepkimelerinde nasıl bir değişim gözlenir? Neden?

.....

.....

.....

10. Azotça fakir topraklarda yaşayan bitkiler böcekçil bitkilerdir. Bu bitkiler azot ihtiyaçlarını hangi yolla karşılar? Açıklayınız.

.....

.....

.....



Ölçme ve Değerlendirme

A. Aşağıda verilenleri dikkatlice okuyunuz, ifade doğru ise “D” harfini işaretleyiniz, yanlış ise “Y” harfini işaretleyerek doğrusunu yandaki kutucuğa yazınız.

- | | | | |
|----|--|------------|--|
| 1. | Fermantasyon tepkimeleri sırasında pirüvattan etil alkol ve laktik asit oluşurken ATP kazancı olmaz. | (D)
(Y) | <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 150px;"></div> |
| 2. | Fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimeleri sadece ışıksız ortamda gerçekleşir. | (D)
(Y) | <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 150px;"></div> |
| 3. | Glikoliz tepkimeleri sonucunda 2 pirüvat molekülü, 2 NADH+H ⁺ ve 4 ATP sentezlenir. | (D)
(Y) | <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 150px;"></div> |
| 4. | Kemoototrof bakteriler kemosentez tepkimelerini kloroplastlarında gerçekleştirir. | (D)
(Y) | <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 150px;"></div> |
| 5. | NAD molekülü oksijenli solunumda görev yapan bir koenzimdir. | (D)
(Y) | <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 150px;"></div> |
| 6. | Oksijenli solunum ile oksijensiz solunumun enerji verimi eşittir. | (D)
(Y) | <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 150px;"></div> |
| 7. | Kemosentez sırasında açığa çıkan oksijen atmosfere verilir. | (D)
(Y) | <div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 150px;"></div> |

B. Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri verilen (mitokondri, stroma, organik madde, kemoototrof, ATP, NADPH) ifadelerle tamamlayınız.

- Pirüvat molekülü, ortamda oksijen olduğu zaman hücrenin organeline girer ve asetil koenzim A'nın olduğu tepkime gerçekleşir.
- Klorofilli canlılar ışık enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürüp bu enerjiyle inorganik maddelerden sentezler.
- Fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimeleri için gerekli olan enzimler kloroplastın bölümünde bulunur.
- Fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde sentezlenen ve ışıktan bağımsız tepkimelerde kullanılır.
- Amonyak, bakteriler tarafından nitrit ve nitrata dönüştürülür.

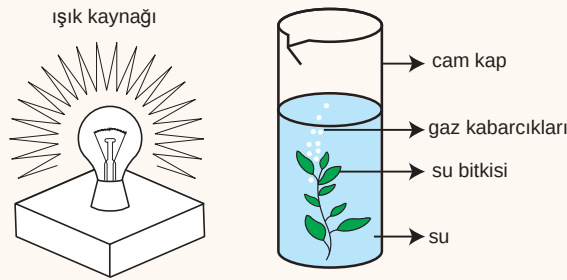
C. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

1. Fotosentezde aşağıdaki olaylardan hangisi ilk olarak gerçekleşir?

- A) Oksijen üretilmesi
- B) ATP sentezlenmesi
- C) Suyun ayrıştırılıp elektronlarının klorofile iletilmesi
- D) Elektronun ferredoksin tarafından tutulması
- E) Klorofildeki elektronun enerji düzeyinin yükseltilmesi

(2008-ÖSS-Fen II)

2.



Şekildeki deney düzeneğinde, aşağıdaki faktörlerden hangisi belli zamanda çıkan gaz kabarcıklarının sayısını etkilemez?

- A) Cam kabın hacmi
- B) Işığın şiddeti
- C) Bitkide yaprak sayısı
- D) Suda çözünen CO₂ miktarı
- E) Suyun sıcaklığı

(1983-ÖSS)

3. Ökaryot canlıların oksijenli solunumunda,

- I. Glikozun sitoplazmada belirli moleküllere kadar yıklması
- II. Enerji elde etmede kullanılacak moleküllerin mitokondrilere geçmesi
- III. Moleküllerin enzimlerle CO₂ ve H₂O'ya kadar parçalanması

olaylarının gerçekleşme sırası aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

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

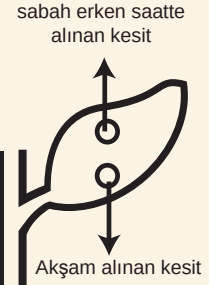
(2008-ÖSS-Fen I)

4. Klorofilli hücreler, fotosentezi başlatmak için aşağıdakilerden hangisini dışarıdan alır?

- A) Karbon dioksidi
- B) Azotu
- C) Yağ asidini
- D) Amino asitleri
- E) Glikozu

(1992-ÖSS)

5. Yeşil bir bitkinin yaprağından sabah erken bir saatte, şekildeki gibi belirli çapta dairesel bir kesi alınarak kurutulmuş ve tartılmıştır. Yaprığın geriye kalan kısmı akşama kadar bırakılmış ve fotosenteze devam etmesi sağlanmıştır. Kalan kısımdan, akşam saatinde, aynı çapta dairesel bir kesi alınıp kurutulmuş, tartılmış ve içindeki bileşikler analiz edilmiştir.

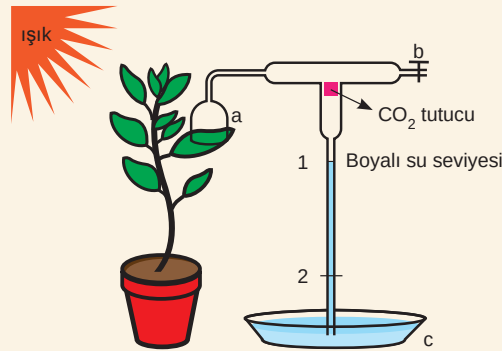


Buna göre sabah alınan dairesel kesi ile akşam alınan dairesel kesi arasındaki fark, bu yaprak için aşağıdakilerin hangisi hakkında bilgi vermez?

- A) Ortama verilen oksijen miktarı
- B) Üretilen organik madde miktarı
- C) Gün boyunca yitirilen su miktarı
- D) Organik moleküllerin üretiminde kullanılan ATP miktarı
- E) Tüketilen karbon dioksit miktarı

(2001- ÖSS)

6.



Fotosenteze uygun bir ortamda bir saksı bitkisiyle şekildeki gibi bir düzenek hazırlanmıştır. a hunisi dışarıdan hava alamayacak şekilde yaprağın üzerine konmuş; CO₂ tutucu, düzeneğe şekildeki gibi yerleştirilmiş; b musluğu açılmış; sistemdeki hava emilerek c kabındaki boyalı suyun 1 numaralı düzeye kadar yükselmesi sağlandıktan sonra musluk kapatılmıştır. Bir süre sonra boyalı suyun 2 numaralı düzeye belirli bir hızla indiği gözlenmiştir.

Deney koşullarında,

- I. Deney ortamının karanlık hâle getirilmesi
- II. Ortam sıcaklığının fotosentez için en uygun (optimum) değere getirilmesi
- III. Bitkinin sulanması

değişikliklerinden hangilerinin yapılması, boyalı suyun 2 numaralı düzeye daha büyük bir hızla inmesine neden olur?

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

(2003-ÖSS)

7. Fotosentezde aynı klorofil molekülünün tekrar tekrar kullanılabilmesini aşağıdakilerden hangisi sağlar?

- A) Ortamda ADP moleküllerinin bulunması
- B) Oksijenin sudan ayrılması
- C) Yüksek enerjili elektron enerjilerinin ATP'lerde tutulması
- D) P-5C-P bileşiğinin serbest karbon dioksidi tutması
- E) Elektron taşıma sistemine elektron aktarılması

(2006-ÖSS Fen-2)

8. Yapısında ağır oksijen bulunan bir glikoz molekülüyle ilgili olarak;

- I. Oluşması için bitkiye ağır oksijen taşıyan su molekülü vermek gerekir.
- II. Oluşması için bitkiye ağır oksijen taşıyan karbon dioksit molekülü vermek gerekir.
- III. Oksijenli solunumda kullanıldığında ağır oksijen taşıyan su molekülü ortaya çıkarır.
- IV. Oksijenli solunumda kullanıldığında ağır oksijen taşıyan karbon dioksit molekülü oluşur.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

(1995-ÖYS)

9. Işık şiddeti sabit tutulan bir ortamda, saydam bir fanus içinde bulunan bir bitkinin fotosentez hızını belirlemek için,

- I. Kloroplast miktarını ölçme
- II. Tüketilen karbon dioksit miktarını ölçme
- III. Toplam yaprak yüzeyini ölçme
- IV. Ölçmede belirli bir süreyi birim olarak kullanma

uygulamalarının hangileri gerekli ve yeterlidir?

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

(1999-ÖSS)

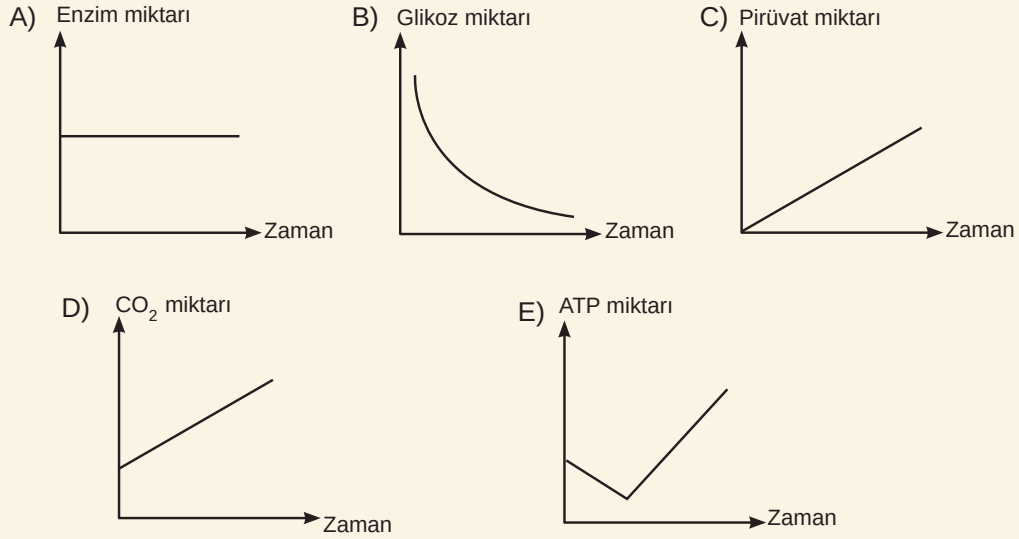
10. Devirsiz fotofosforilasyonla ilgili olarak;

- I. NADP⁺, fotosistem II için elektron kaynağıdır.
- II. Fotosistem I'in indirgenmesi için fotosistem II'nin yükseltgenmesi gerekir.
- III. Suyun ayrışması sonucu atmosfere oksijen verilir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

11. Oksijenli solunumun glikoliz evresiyle ilgili olarak aşağıda verilen grafiklerden hangisi doğru değildir?



12. Oksijenli solunumda kullanılabilen;

- I. Glikoz
- II. Yağ asidi
- III. Gliserol
- IV. Amino asit

monomerlerinden hangileri pirüvata dönüşmeden Krebs döngüsü tepkimelerine katılabilir?

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

13. Bir hücrede dört glikoz molekülü oksijensiz ortamda parçalanarak ATP elde edilmektedir. Bu hücrenin oksijensiz solunum tepkimeleri sonucu net ATP kazancı nedir?

- A) 2 B) 3 C) 4 D) 6 E) 8

14. Oksijenli solunum sırasında;

- I. Glikoz
- II. NAD
- III. Enzim
- IV. FAD

gibi moleküllerden hangileri tekrar tekrar kullanılabilir?

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

15. Oksijenli ya da oksijensiz solunumda ham madde olarak glikoz kullanılıyorsa aşağıdakilerden hangisi tepkimelerde ürün olarak oluşamaz?

- A) H_2O
- B) Etil alkol
- C) Karbon dioksit
- D) Amonyak
- E) Laktik asit

- 16. I. CO_2
II. H_2O
III. C_2H_5OH
IV. $C_6H_{12}O_6$
V. ATP**

Yukarıda verilen moleküllerden hangi ikisi hem oksijenli solunumun hem de etil alkol fermantasyonunun ürünüdür?

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

- 17. I. Substrat seviyesinde fosforilasyon
II. Oksidatif fosforilasyon
III. Fotofosforilasyon**

Oksijensiz solunum tepkimelerinde ATP sentezi yukarıdaki fosforilasyon çeşitlerinden hangisi ya da hangileri tarafından gerçekleştirilmektedir?

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

18. Çimlenmekte olan bir tohumda, fotosentez yapana kadar geçen süreçte, aşağıdakilerden hangisi gerçekleşmez?

- A) Mitoz bölünme
- B) Besin depolama
- C) Hücresel farklılaşma
- D) Enerji üretimi
- E) Enzim faaliyeti

(2007-ÖSS-Fen I)

19. Biri böcekçil, diğeri böcekçil olmayan iki bitkide,

- I. Hücre dışı protein sindiriminin gerçekleşmesi,
- II. Fotosentez için, karbonu işaretlenmiş CO_2 verildiğinde, işaretli karbonun hücrede sentezlenen proteinlerdeki amino asitlerin hepsinde bulunması,
- III. Hücrelerinde, proteinlerin amino asitlere parçalanması

özelliklerinden hangileri ortaktır?

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

(2004- ÖSS)

20. Aşağıda verilenlerden hangisi oksijenli solunumu, oksijensiz solunumdan ayıran farklardan biri değildir?

- A) Son ürün CO_2 ve H_2O 'dur.
- B) O_2 kullanılır.
- C) 2 ATP harcanır
- D) ETS kullanılır
- E) Mitokondri görev alır

21. Aşağıdakilerden hangisi, asetil koenzim A molekülüne dönüşmeden, doğrudan Krebs döngüsü tepkimelerine katılabilir?

- A) Yağ asitleri
- B) Gliserol
- C) Disakkaritler
- D) Fruktoz
- E) Bazı amino asitler

22. Bira mayasındaki solunumun glikoliz evresinde;

- I. CO_2 açığa çıkması
- II. $NADH+H^+$ üretilmesi
- III. Pirüvatın meydana gelmesi
- IV. Etil alkolün oluşması

olaylarından hangileri gerçekleştirilir?

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

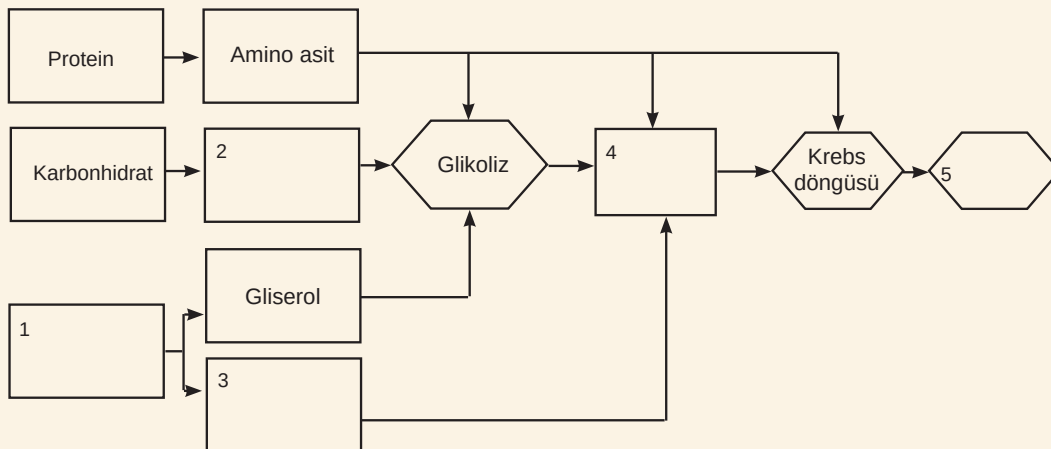
D. Aşağıda bulunan yapılandırılmış grid (yapılandırılmış kareleme)deki numaralı kutucuklarda fotosentez ve solunum ile ilgili çeşitli kavramlar verilmiştir. Kutucuk numaralarını kullanarak aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

1 CO ₂	2 Klorofil	3 H ₂ O	4 Mitokondri
5 O ₂	6 NAD ⁺	7 Güneş ışığı	8 FAD
9 Enzim	10 Etil alkol	11 Sitoplazma	12 Laktik asit
13 ADP	14 Glikoz	15 ETS	16 ATP

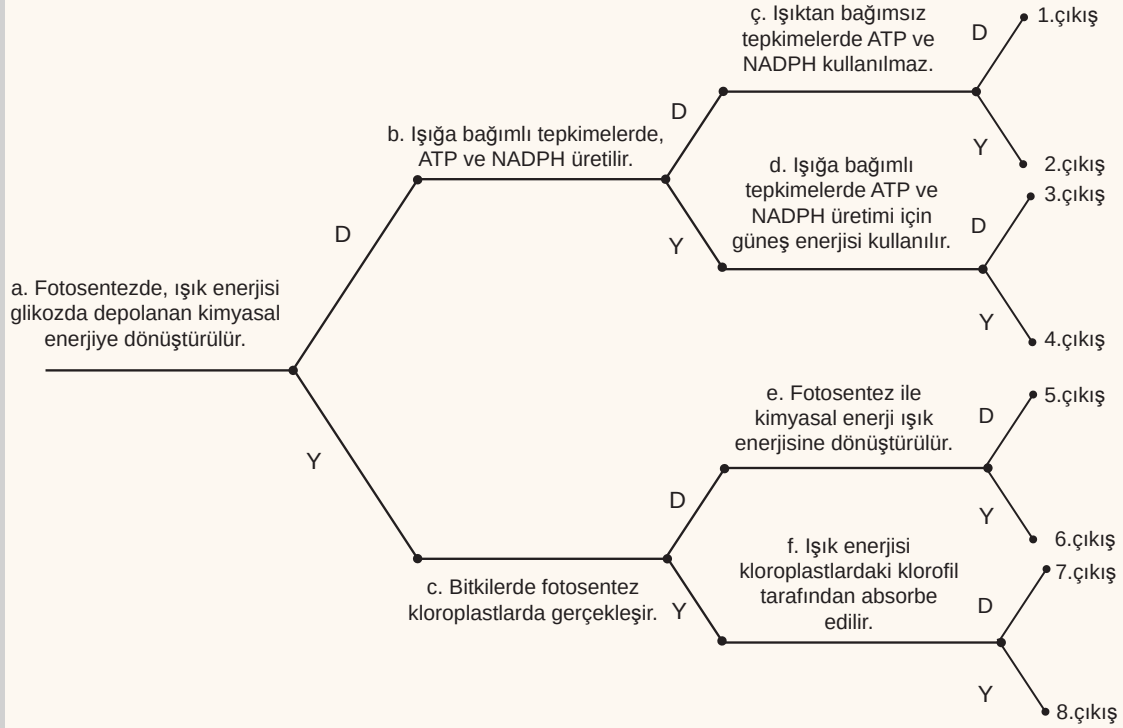
1. Yukarıdakilerden hangisi ya da hangileri oksijenli solunumda kullanılır?
2. Yukarıdakilerden hangisi ya da hangilerinde oksijenli solunum gerçekleşir?
3. Yukarıdakilerden hangisi ya da hangileri fotosentez için gereklidir?
4. Yukarıdakilerden hangisi ya da hangileri oksijenli solunum sonucunda oluşan ürünlerdir?
5. Yukarıdakilerden hangisi ya da hangileri hidrojen (elektron) tutucu moleküllerdir?
6. Yukarıdakilerden hangisi ya da hangileri solunumda oksijene ihtiyaç duymadan meydana gelir?

E. Karbonhidrat, yağ ve proteinlerin oksijenli solunumda kullanımını gösteren aşağıdaki şemada boşluklara verilen kavramları doğru olarak yerleştiriniz.

(Asetil co A, Yağ, ETS, Glikoz, Yağ asidi)



F. Aşağıda birbiri ile bağlantılı cümleleri içeren bir etkinlik verilmiştir. Bu etkinlikteki cümlelerin doğru (D) ya da yanlış (Y) olduğuna karar vererek ilgili ok yönünde ilerleyiniz. Her bir cevap sonraki aşamayı etkileyecektir. Vereceğiniz cevaplarla farklı yollardan 8 ayrı çıkış noktasına ulaşabilirsiniz. Doğru çıkışı bulunuz.





Okuma Metni



Cumhurbaşkanı Atatürk, Sivas Lisesinde geometri dersi verirken (13 Kasım 1937)



Cumhurbaşkanı Gazi Mustafa Kemal, İzmir Erkek Lisesinde matematik dersini izlerken (1 Şubat 1931)



Cumhurbaşkanı Atatürk, Adana İsmet Paşa Kız Enstitüsünde (19 Kasım 1937)



Cumhurbaşkanı Atatürk, Pertek'te öğrencilerle konuşurken (17 Kasım 1937)

Atatürk'ün Söylev ve Demeçleri

30 Ağustos 1922'de kazanılan büyük zaferle Türk ulusu bütün dünyaya bağımsızlığını ilân etmiş; Millî mücadele yerini, sosyal, kültürel ve bilimsel açıdan gelişmiş bir ülke olma çabasına bırakmıştır. Cumhuriyetimizin kurucusu, ulu önderimiz Gazi Mustafa Kemal Atatürk, bilimi ve akılcı düşüncüyü çağdaş, gelişmiş bir millet olmanın temel şartı olarak görmekteydi. Bu konudaki görüşlerini Bursa'da yaptığı konuşmada şöyle belirtiyor: "...Gözlerimizi kapatıp yalnız yaşadığımızı farz edemeyiz. Memleketimizi bir çember içine alıp cihan ile alakasız yaşayamayız. Bilakis ilerlemiş,uygar bir millet olarak medeniyet sahasında yaşayacağız. Bu hayat ancak bilim ve fen ile olur. Bilim ve fen nerede ise oradan alacağız ve milletin her ferdinin kafasına koyacağız. Bilim ve fen için kayıt ve şart yoktur. Milletimizin siyasal ve toplumsal hayatında, milletimizin fikrî terbiyesinde de rehberimiz bilim ve fen olacaktır..."

Gazi Paşa, cumhuriyetin ilk yıllarında, yurt dışına eğitime giden öğrencilere gönderdiği telgrafında "Sizleri bir kıvılcım olarak gönderiyorum, alevler olarak geri dönmelisiniz." diyerek onlara yönelik umutlarını dile getirmiştir.

Bilimsel düşüncenin yanı sıra, bilimsel bir eğitim anlayışına sahip olan Atatürk, bir ulusun ancak iyi eğitim almış bireyler sayesinde ayakta kalabileceğine inanıyordu. Öğretmenleri bir irfan ordusu olarak gören Mustafa Kemal Atatürk, Eylül 1924'te Samsun'da öğretmenlerle yaptığı bir konuşmada: "...Ordularımızın kazandığı zafer, sizin ve sizin ordularınızın zaferi için yalnız bir zemin hazırladı. Gerçek zaferi siz kazanıp sürdüreceksiniz ve mutlaka muvaffak olacaksınız..." diyerek eğitim, bilim ve uygarlık yolunda da zaferler beklediğini belirtmiştir.

kaynak:<http://www.meb.gov.tr/belirligunler/ataturk/Foto/008/Menu/Menu.htm>

<http://www.meb.gov.tr/belirligunler/ataturk/ata.html>



2. Ünite

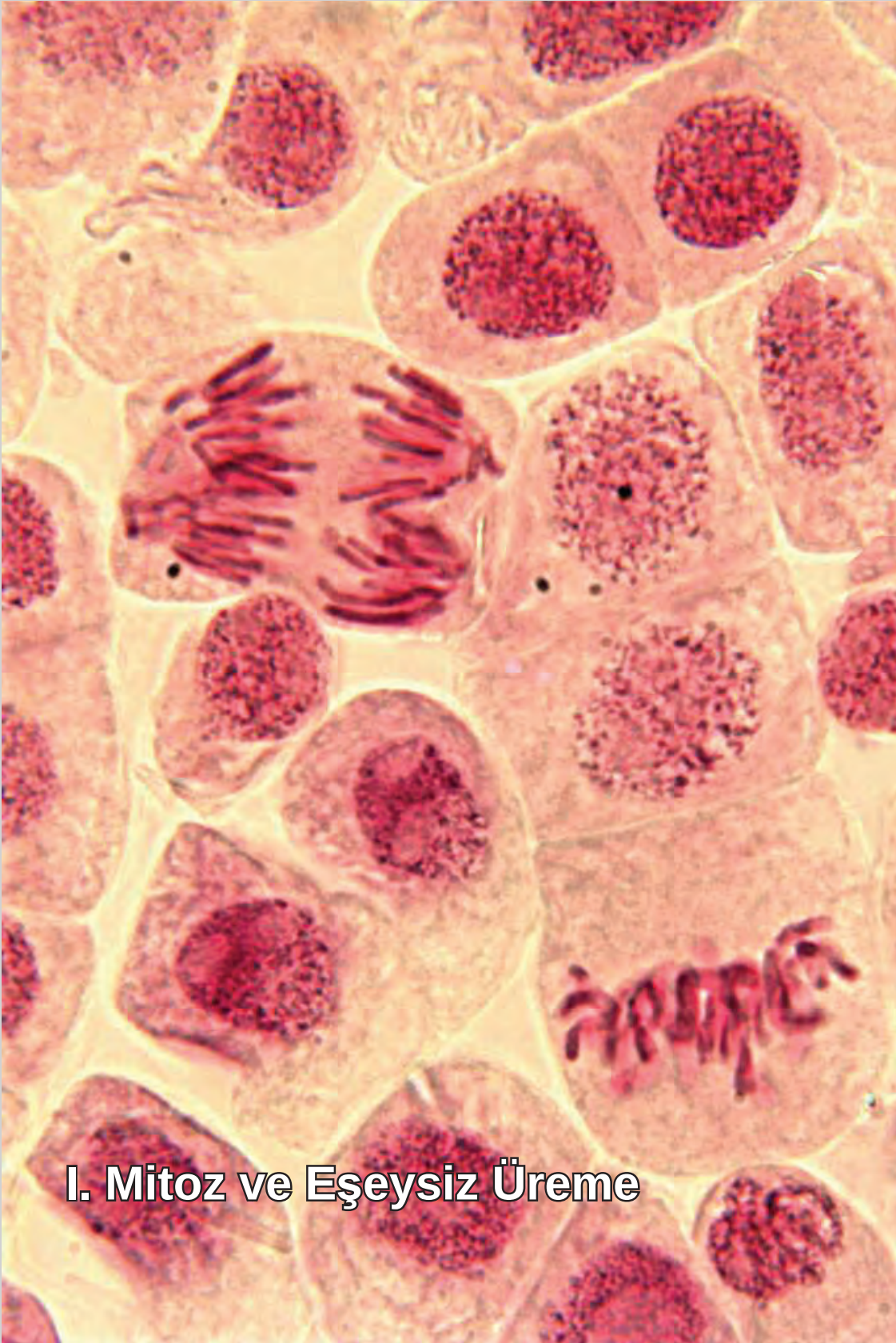
Hücre Bölünmesi ve Üreme

I. Mitoz ve Eşeysiz Üreme II. Mayoz ve Eşeyli Üreme

Bilimsel literatürde "Hippocampus" at tırtılı olarak geçen denizatları, okyanuslarda yaşayan yırtıcı balıklar ve tehlikeli canlılar arasında vitrinden çıkmış sevimli bir oyuncak gibi görünüyor.

Erkek deniz atı aşık olduğu dişiye kur yaparken karnındaki kuluçka kesesi irileşiyor. Keseyi açarak dişisine çiftleşme mesajı veriyor. Dişi, eşinin spermeleriyle döllenmesi için yumurtalarını erkeğin kuluçka kesesine bırakıyor. Kesesi dolan erkek deniz atı 4-6 hafta süren hamilelik sonucunda, kuyruğuyla bir deniz sazına tutunarak onlarca yavrunun keseden çıkmasını sağlıyor.

Bu ünite de üremenin temeli olan hücre bölünmesini ve üreme çeşitlerini öğreneceksiniz.



I. Mitoz ve Eşeysiz Üreme

Yan sayfada soğan kök hücrelerinde bölünme evrelerinin mikroskopik görüntüsü bulunmaktadır. Bitkinin kök ucundaki hücreler bölünüp çoğalır, uzayan kök yeterli su ve mineralleri almak için toprağın derinliklerine doğru uzanır. Aynı zamanda bitkinin gövde ve yaprak uçlarında da hücre bölünmesi gerçekleşir. Böylece bitki boyuna doğru uzar.

Sadece soğanda değil diğer bütün çok hücreli canlılarda da büyüme ve gelişmenin temeli hücre bölünmesine dayanır.

Çok hücreli canlılarda hücre bölünmesi vücudun birçok bölümünde yaşam boyu devam eder. Örneğin insanda, hücre bölünmeleriyle bağırsak epitelinde her beş günde bir oluşan hücreler önceki hücrelerin yerini alır. Ayrıca her dakika iki milyondan fazla kemik iliği hücrelerinin bölünmesiyle alyuvar hücresinin sayısı korunur.

Aşağıdaki etkinliği yaparak hücre bölünmesi ve üremeyle ilgili bilgilerinizi hatırlayınız.



Etkinlik-Öğrenmenin Farkına Varma

Etkinliğin Adı: Canlıların üremesiyle ilgili neler biliyorum?

Amaç: Canlılarda hücre bölünmesi ve üreme ile ilgili bilgileri hatırlama.

Ne Biliyorum?	Ne Öğrenmek İstiyorum?	Ne Öğrendim?
Hücrelerin, kendine benzer hücrelerin bölünmesiyle oluştuğunu	Hücrelerin nasıl bölündüğünü	Mitoz ve mayoz bölünmenin evrelerini ve hangi amaçla bu bölünmelerin gerçekleştiğini

Yukarıda verilen tabloda hücre bölünmesi ve üreme ile ilgili "Ne Biliyorum?", "Ne Öğrenmek İstiyorum?" ve "Ne Öğrendim?" bölümlerine ait birer örnek uygulama verilmiştir. Siz de ünite başında hücre bölünmesi ve üreme ile ilgili "Ne Biliyorum?" ve

"Ne Öğrenmek İstiyorum?" bölümlerini, ünite sonunda ise "Ne Öğrendim?" bölümünü doldurunuz. Hazırladığınız tablodaki yanıtları öğretmeniniz rehberliğinde inceleyiniz. Verdiğiniz yanıtlardan eksik ya da hatalı olanları tespit ediniz. Yeterli olmayan bilgilerinizi öğretmeniniz ve arkadaşlarınızla birlikte konu tekrarı yaparak tamamlayınız.

A. Hücre Döngüsü



Dikkat!

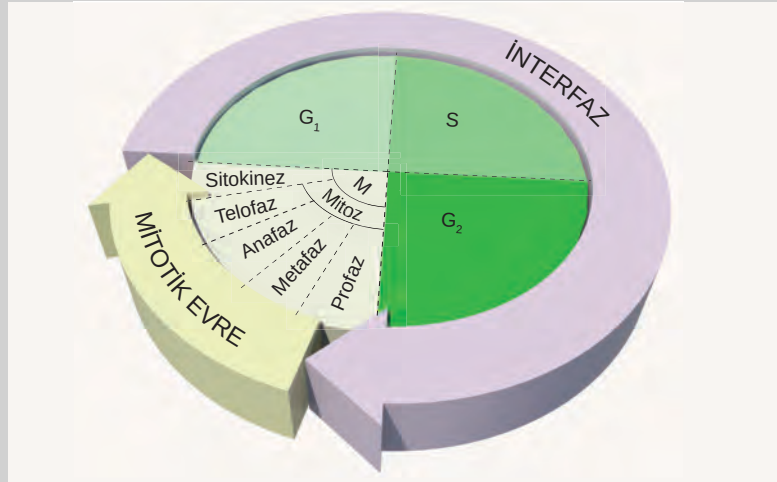
Sitoloji, hücrenin yapı, görev ve çoğalma gibi özelliklerini inceleyen bir biyoloji dalıdır.

Belirli bir büyüklüğe ulaşmış hücreler bölünerek çoğalır. Bölünme sonucunda ana hücreye tamamen benzeyen iki yavru hücre oluşur. Böylece bölünmeyle oluşan hücresel artış canlıların büyümesini sağlar.

Hücre bölünmesi, hücre döngüsünün bir parçasıdır. Bir hücrenin bölünmeye başlamasından itibaren onu takip eden diğer hücre bölünmesine kadar geçen zaman aralığına **hücre döngüsü** denir. Hücre döngüsü oldukça uzun olan interfaz evresi ile kısa bir bölünme evresinden oluşur. Bölünme [Mitotik evre (M)] evresi çekirdek bölünmesi ve sitoplazma bölünmesinden meydana gelir.

1. İnterfaz

Hücre bölünmesinin başlangıcında ökaryot hücrelerin çoğu büyüme ve gelişme sürecine girer. Hücrenin bölünmeye hazırlandığı bu sürece **interfaz** denir. Hücreler yaşamlarının %90 gibi büyük bir kısmını interfazda geçirir.



Şekil 2.1. Hücre döngüsü

İnterfaz G_1 , S ve G_2 olmak üzere üç evreye ayrılır (Şekil 2.1). Hücrenin büyüme süreci olan G_1 evresinde ATP sentezi hızlanır. Organel sayısı ve protein sentezi artar. Böylece metabolizma hızı

en yüksek düzeye ulaşır. Interfazın ikinci evresi olan S evresinde DNA kendini eşler. DNA eşlenmesi tamamlandığında ise hücre G_2 evresine geçer. G_2 evresinde hücre bölünme hazırlığını tamamlar.

Hücre döngüsünde, G_1 evresinin kilit noktasında hücreye bölünme komutu verilir. Böylece hücre DNA sentezi ve mitoz evresine geçer. Hücrede geri dönüşümsüz olarak hücre döngüsü tamamlanınca diğer hücre döngüsü başlayabilir ya da hücre bir döngüye girmeyerek farklılaşır. Örneğin akyuvarlar, kemik iliğindeki bazı hücrelerin bölünüp farklılaşmasıyla oluşur. Bu akyuvarlar bölünme geçirmeden işlevlerini yerine getirir ve ömürlerini tamamlar.

Embriyonik hücre döngüsünün interfaz evresinde, DNA eşlenmesinin gerçekleştiği S evresi görülürken G_1 ya da G_2 evreleri görülmez. Bu nedenle embriyo hücreleri, büyümeden kısa sürede ve hızla çoğalır. Embriyonik hücrelerin hızla çoğalmasına karşın erişkin hayvanların sinir, kas vb. hücrelerinde bölünme dolayısıyla çoğalma tümüyle durmuştur. Bu hücreler G_1 evresinden çıkarak hücre döngüsünde G_0 olarak adlandırılan durgun evreye girer. Bu evrede hücreler metabolik olarak aktif olmalarına rağmen uygun hücre dışı sinyaller tarafından uyarılmadıkları sürece DNA'sını kopyalayıp bölünme hazırlığı yapamaz yani çoğalamaz. Karaciğer hücrelerinde olduğu gibi bazı hücreler de yaralanma ya da hücre ölümü sonucu sadece kaybedilen hücrelerin yenilenmesi gerektiğinde bölünür.

2. Mitotik Evre (M)

Hanginiz bebekliğinizdeki boyunuzdasınız? Her sene yaz tatilinden sonra arkadaşlarınızda ve kendinizde boy uzaması gibi çeşitli fiziksel değişiklikler görürsünüz. Büyüme ve gelişme olarak adlandırılan bu değişiklikler belirli bir yaşa kadar devam eder.

Kırılan ağaç dallarının onarılması, embriyonun gelişimi, yaralarımızın bir süre sonra iyileşmesi gibi pek çok olay hücre bölünmesi sonucu gerçekleşir.

Hücre bölünmesi çok hücreli canlılarda doku tamiri, rejenerasyonla üreme, büyüme ve gelişmeyi sağlarken bir hücreli canlılarda üremeyi gerçekleştirir.

Hücre bölünmesi sırasında genetik bilgi aktarılır. Genetik bilgi DNA'da yer alır. Prokaryot hücrelerin genetik materyali basit yapıli proteinlerle birleşmiş halkasal bir DNA molekülünden oluşur. Ökaryot hücrelerde, her kromozomda bir tane doğrusal



Biliyor musunuz?

Hücre döngüsünün tamamlanma süresi farklı hücrelerde değişiklik gösterir.

Hızlı çoğalan bir insan hücresinde bu döngü 24 saatte tamamlanırken embriyo hücresinde 30 dakika ya da daha az, maya hücresinde 90 dakika, bakteri hücresinde 20 dakika gibi kısa sürede tamamlanabilir.



Biliyor musunuz?

Normal bir insan hücresinin DNA'sı yaklaşık 3 metre boyundadır. Bu uzunluk hücre çapının 300 000 katıdır. Bu kadar uzun bir DNA molekülü kromozom hâlinde paketlenmesi için hücre çekirdeğine sığabilir.



Şekil 2.2. Diploit hücrede homolog kromozom çifti (Renklendirilmiş bölgeler aynı karakterin kalıtımını sağlayan genlerin bulunduğu yerleri göstermektedir).

DNA molekülü vardır. DNA'da yer alan genler bir organizmanın kalıtımla kazandığı özellikleri belirler. DNA ile birlikte bulunan çeşitli proteinler hem kromozom yapısının korunmasını hem de gen aktivitesinin kontrolünü sağlar.

Ökaryot hücreler boyanarak ışık mikroskopunda incelenirse kromozomlar çekirdeğin içinde yoğunlaşmış renkli cisimcikler olarak görülür.

Her ökaryot hücre kendine özgü kromozom sayısına sahiptir. Örneğin insan vücut hücrelerinde 46 kromozom bulunurken buğdayda 42, sirke sineğinde 8 kromozom bulunur. Ökaryot hücrede kromozomlar çiftler hâlinde bulunur. Bu kromozom takımını taşıyan hücreler **diploit** olarak adlandırılır, **2n** şeklinde gösterilir. Bu çiftlerin biri anneden, diğeri babadan gelen, şekil ve büyüklükleri birbirine eşit, aynı kalıtsal özellikleri kontrol eden **homolog kromozomlar** olduğunu biliyorsunuz (Şekil 2.2).

Vücudunuzda üretilen hücrelerde kromozom sayısı hep aynı mıdır?

Üreme hücrelerinde vücut hücrelerinin yarısı kadar kromozom bulunur. Eşi olmayan kromozomları taşıyan hücreler **haploit** olarak adlandırılır ve **n** ile gösterilir.

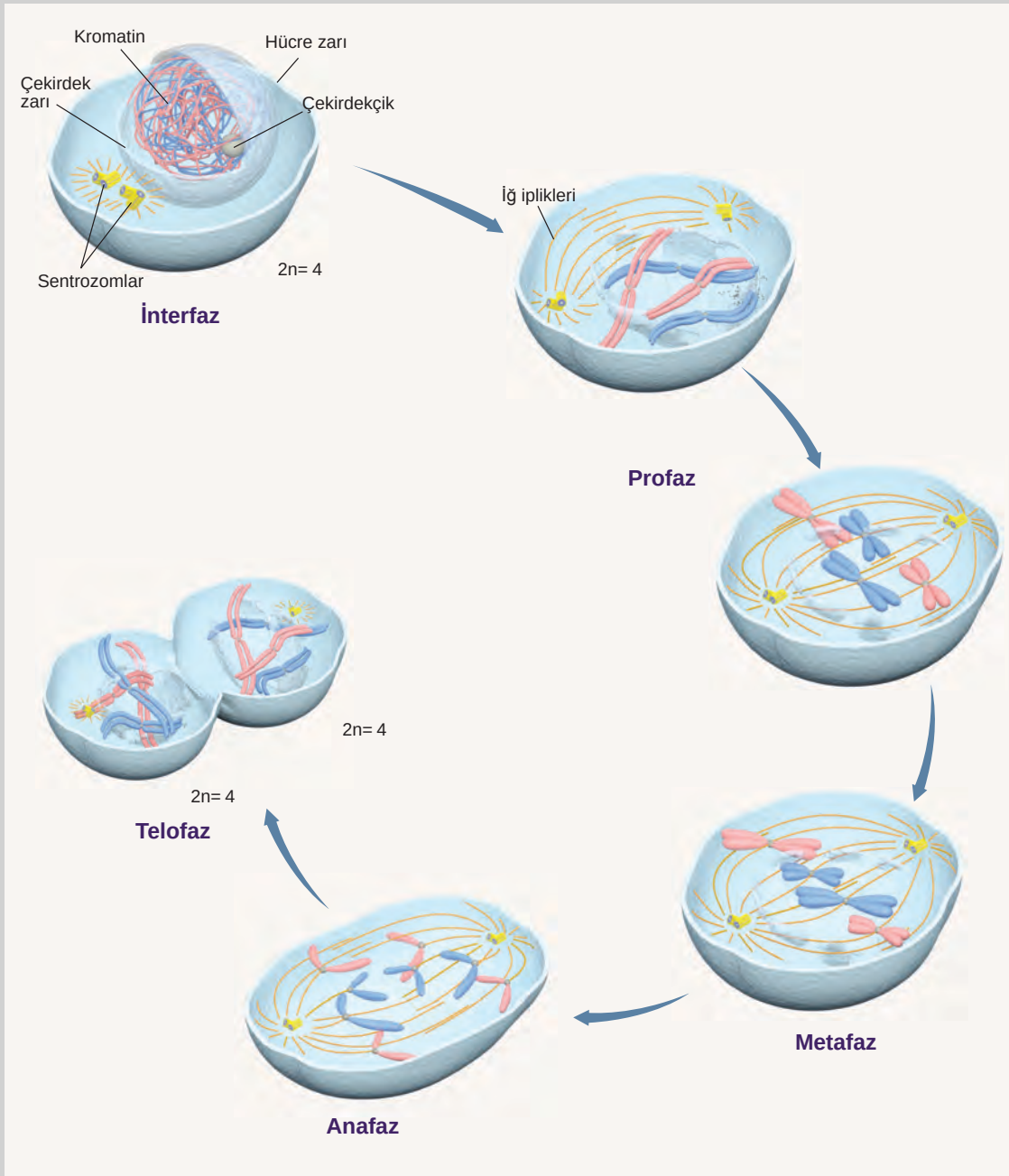
DNA molekülü çeşitli proteinlerle bir arada bulunur. Bu, DNA-protein kompleksine **kromatin** adı verilir.

Hücreler bölünmeye hazırlanırken DNA kendini eşler, kromatin yoğunlaşır ve belirginleşen kromozomlara dönüşür. Bu yoğunlaşma, kromozomların yavru hücrelere geçerken birbirine dolanmadan hareket etmeleri için gereklidir. Kendini eşleyen her kromozomda iki kardeş kromatit bulunur. Hücre bölünmesi sırasında kardeş kromatitler birbirinden ayrılarak yavru hücrelere aktarılır. Böylece yeni hücrelere özdeş kromozom takımları paylaştırılmış olur.

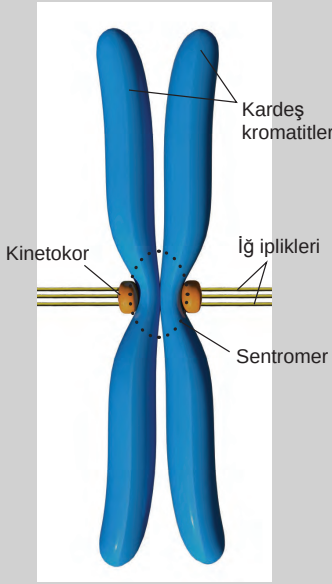
Bölünme periyoduna girmiş bir hücrede mitoz evresi gerçekleşir. Mitoz hücre döngüsünün sadece bir kısmını kapsar ve bu sırada hücre içeriğinin hemen hemen tümü yeniden düzenlenir. Mitozu genellikle sitoplazma bölünmesi takip eder. Bazen mitoz sonrasında sitoplazma bölünmesi gerçekleşmez. Örneğin, bir hücreli canlı olan paramezyumun bazı türlerinde ve memelilerin çizgili kas hücrelerinde olduğu gibi çekirdek bölünmesi tamamlanırken sitoplazma bölünmesi görülmez. Bu durumda hücre birden fazla çekirdekli görünüm alır.

a. Mitoz: Çekirdek Bölünmesi

Mitoz; profaz, metafaz, anafaz ve telofaz olmak üzere dört evreye ayrılır. Hücre döngüsünü 24 saatte tamamlayan bir insan hücresinde mitoz yaklaşık bir saat kadar sürer. Evrelerin süreleri birbirinden farklıdır. İnterfaz ve mitoz evreleri hayvan hücresi için Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Kromozom sayısı $2n=4$ olan bir hayvan hücresinde interfaz ve mitoz



Şekil 2.4. Eşlenmiş kromozomun genel yapısı (İğ iplikleri sentromerdeki kinetokorlara bağlanır.)

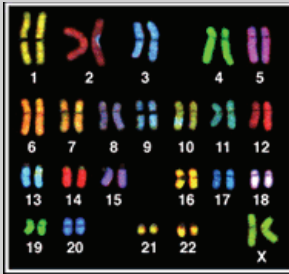
Profaz: Mitozun ilk evresidir. Bu evrede çekirdek ve sitoplazmada değişiklikler olur. Her biri iki kardeş kromatitten oluşan kromatin yoğunlaşmaya başlar. Bu durum kromozom olarak adlandırılır. Yoğunlaşan kromozomların her biri interfazın S evresinde DNA'nın kendini eşlemesi nedeniyle iki kromatitlidir. Yoğunlaşan kardeş kromatitler sentromer bölgesinde bir arada tutulur. **Sentromer** kinetokorların bulunduğu daralmış bölgedir (Şekil 2.4). Sentromerde her bir kromatit için **kinetokor** olarak adlandırılan protein yapı vardır.

Kromozomun yoğunlaşmasından başka iğ ipliklerinin (mikrotübüllerin) oluşmasını sağlayan sitoplazmik değişiklikler de profazda başlar. İnterfazda eşlenmiş olan sentrozomlar birbirinden ayrılarak hücrenin zıt kutuplarına gider ve iğ iplikleri oluşur. Oluşan iğ ipliklerinin bir kısmı kinetokorlara bağlanır. Kinetokora bağlı olmayan iğ ipliklerinin görevi nedir?

Profaz evresinde çekirdekçik kaybolur, çekirdek zarı parçalanır.

Metafaz: Mitozun ikinci evresidir. Kinetokorlarından iğ ipliklerine tutunmuş kromozomlar, iki kutbun orta noktasında bulunan düzlem (ekvator) üzerinde sıralanır.

Bu evrede, mikroskopta görünür hâle gelmiş kromozomlar tek tek sayılabilir, fotoğraflanabilir. Kromozomlar uzunluk, bant özellikleri, sentromer konumu gibi karakterlere göre sınıflandırılarak dizilip karyotip oluşturulabilir (Resim 2.1). Karyotip hazırlanarak Down sendromu gibi doğuştan gelen anormal kromozom sayısına bağlı durumlar tespit edilebilir.



Resim 2.1. Farklı boyalarla boyanmış kromozomların analiziyle elde edilmiş insan karyotipi (Dişiye ait bu karyotipte iki X kromozomu görülmektedir.)

Anafaz: Mitozun üçüncü evresidir. Kromozomun sentromerleri ayrılır. İğ ipliklerinin boylarının kısalmasıyla kardeş kromatitler birbirinden uzaklaşarak hücrenin zıt kutuplarına doğru hareket eder. Kardeş kromatitler artık kromozom olarak adlandırılır. Kinetokora bağlı olmayan iğ iplikleri zıt kutuplara doğru itilerek hücrenin boyunun uzamasını sağlar ve kromozom hareketine katkıda bulunur.

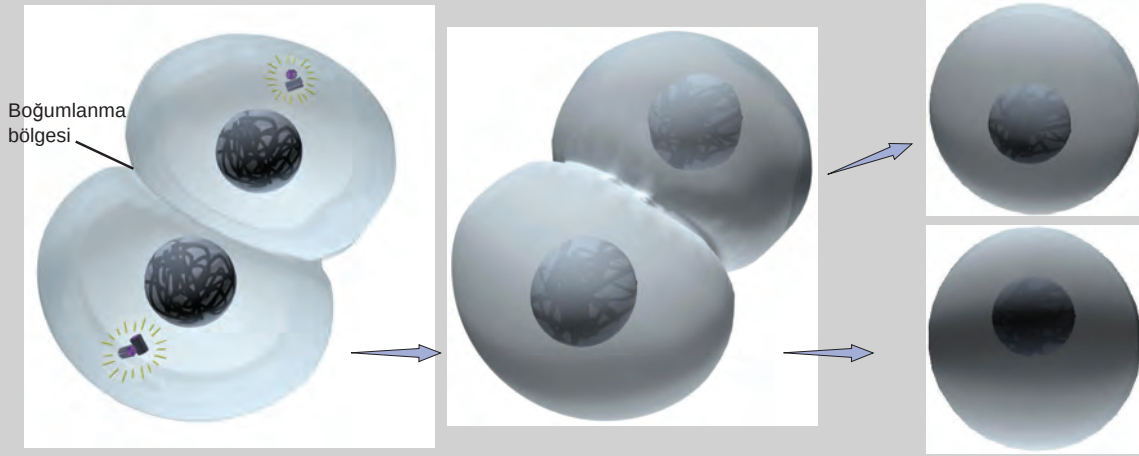
Anafaz sonunda, hücrenin her iki kutbu eşit sayıda tam bir kromozom takımına sahip olur. Kromozomlar kutuplara ulaştığında anafaz sona erer.

Telofaz: Mitozun dördüncü evresidir. Kromozomlar hücrenin karşı kutuplarına ulaştıktan sonra iğ iplikleri kaybolur. Kromozomlar tekrar kromatin ipliğine dönüşür. Çekirdek zarı yeniden oluşur, çekirdekçik görünür hâle gelir.

b. Sitokinez: Sitoplazma Bölünmesi

Mitoza çoğunlukla iki yavru hücrenin oluşumuna neden olan sitoplazma bölünmesi eşlik eder. Sitoplazma bölünmesi genellikle anafaz evresinde başlar. Böylece hücrenin çekirdek ve sitoplazma bölünmesi eş zamanlı gerçekleşir.

Aktin proteinlerinin mikrofilyamentleri oluşturduğunu 9. sınıfta öğrenmiştiniz. Mikrofilyamentler hücre bölünmesi sırasında hayvan hücrelerinin sitoplazmalarının boğumlanmasında görev alır. Hayvan hücrelerinin sitoplazma bölünmesi sırasında hücre zarının altında aktin ve miyozin ipliklerinden oluşan bir halka sitoplazmayı ikiye bölecek şekilde kasılarak daralır, boğumlanır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Hayvan hücresinde sitoplazma bölünmesi

Ana hücreden iki yavru hücre oluşuncaya kadar boğumlanma devam eder. Mitoz bölünme sonucu oluşan iki yavru hücre genetik materyal bakımından birbirinin aynıdır.

Bu konunun daha iyi anlaşılabilmesi için aşağıda çözümleriyle birlikte verilmiş örnek problemleri inceleyiniz.

Örnek: Kromozom sayısı $2n=24$ olan bir hücre, arka arkaya 3 kez mitoz bölünme geçirirse sonuçta toplam kaç hücre oluşur?

Çözüm

(2^n formülünden yararlanılır.)

n =Mitoz bölünme sayısıdır.

$2^n=2^3=2.2.2=8$ hücre oluşur.

2. Ünite - Hücre Bölünmesi ve Üreme

Örnek: Bir canlının sperm hücrelerinde 18 kromozom varsa akciğer hücrelerinde kaç kromozom ve kromatit bulunur?

(Sperm üreme hücresidir ve n sayıda kromozoma sahiptir. Akciğer hücresi vücut hücresidir. $2n$ sayıda kromozoma sahiptir. Bir kromozom iki kromatitten oluşur.)

Çözüm

$n=18$ ise

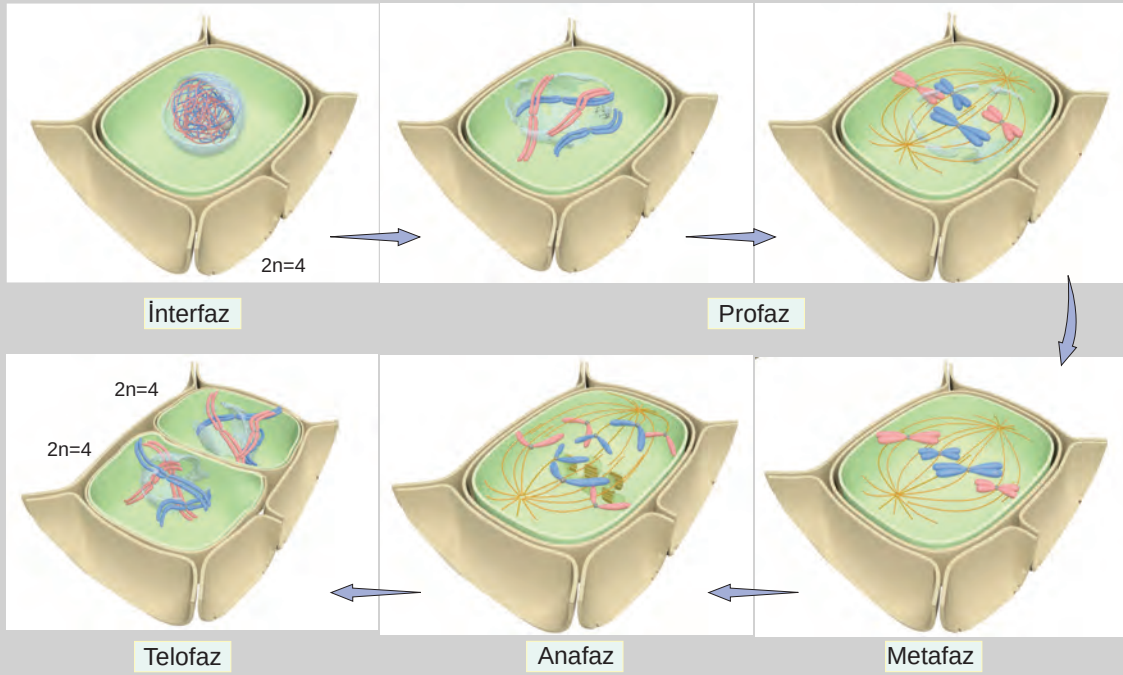
Akciğer hücresinde

$2n=2.18=36$ kromozom

$36 \times 2 = 72$ kromatit bulunur.

Bitki Hücrelerinde Mitoz ve Sitokinez

Mitoz bitki ve hayvan hücrelerinde farklılık gösterir. Bitki hücresinde görülen mitozun evrelerini incelerken bu farklılıklara dikkat ediniz (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Kromozom sayısı $2n=4$ olan bir bitki hücresinde interfaz ve mitoz

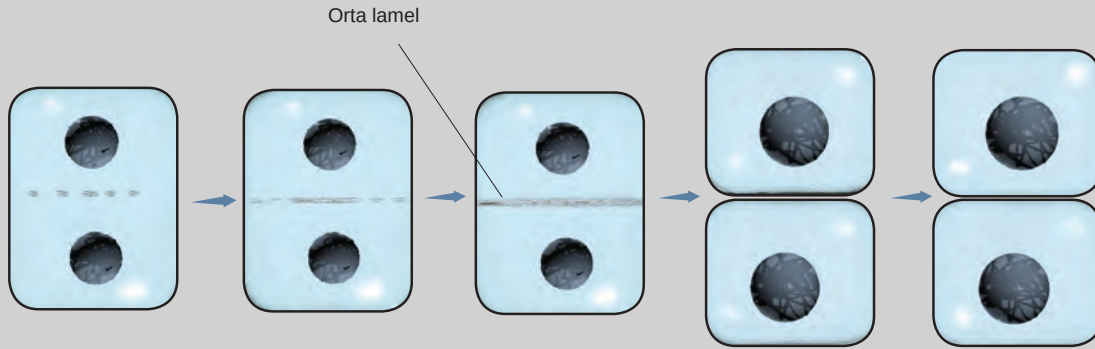
Profaz: Kromatin iplikler kısalıp yoğunlaşır, çekirdek zarı kaybolur. Bitki hücresinde sentrozom olmadığı için iç iplikleri sitoplazmadaki proteinlerden oluşmaya başlar. İç iplikleri kardeş kromatitlerin kinetokorlarına bağlanır.

Metafaz: İğ ipliklerine tutunmuş olan kromozomlar hücrenin ekvator düzleminde tek sıra hâlinde yerleşmiştir.

Anafaz: Kardeş kromatitler birbirinden ayrılır, iğ ipliklerinin kısılmasıyla hücrenin zıt kutbuna taşınan kromatitler kromozom olarak adlandırılır.

Telofaz: İğ iplikleri kaybolur, çekirdek zarı belirginleşir. Kromozomlar inceler, kromatine dönüşür. Çekirdekler oluşur. Bu sırada sitoplazma bölünmesi başlamıştır. Hücrenin ortasında oluşmaya başlayan orta lamel ana hücrenin çevresine doğru genişler.

Bitki hücrelerinde hücre duvarı olduğu için sitoplazma bölünmesi, hayvan hücresinden farklıdır (Şekil 2.7). Bitki hücrelerinde boğumlanma olmaz. Bunun yerine telofaz sırasında **orta lamel** oluşur. Orta lameli oluşturmak üzere Golgi cisimciğinden ayrılan kesecikler ekvator düzleminde birikir. Lamel oluşumu, hücrenin ortasından başlar; zara değinceye kadar devam eder. Sonuçta iki yavru hücre oluşur.



Şekil 2.7. Bitki hücresinde sitoplazma bölünmesi

Yeni oluşan bitki hücreleri fotosentez, iletim, destek, depolama gibi görevleri yapmak üzere farklılaştıktan sonra genellikle bölünmez. Ancak yaraların iyileşmesi, yaprak dökülmesi gibi işlevler olduğunda çekirdeğinin özelliği kaybolmayan bitki hücreleri yeniden bölünebilir. Bitkilerde kök ve gövde uçlarında büyüme bölgeleri bulunduğu için buralarda hücre bölünmesi yoğun ve sürekli.

Hücre bölünme evrelerinin özelliklerini kavrayabilmek için aşağıdaki etkinliği yapınız. Etkinlikte soğan kök uçları kullanılacaktır.

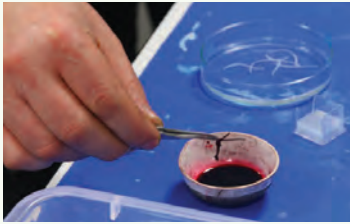


Etkinlik-Deney



Araç - gereç

- Mikroskop
- Kuru soğan
- Bardak ya da beher
- Lam ve lamel
- Petri kabı
- Asetoorsein ya da asetokarmen boyası
- Jilet ya da makas



Etkinliğin Adı: Mitozun evreleri

Amaç: Soğan kök hücrelerinde mitoz bölünmeyi gözlemleme.

Hazırlanım

Bir kuru soğanı, su dolu bardağa yalnızca kök kısmı suya değecek şekilde yerleştirip 4-5 gün bekleyerek köklerinin uzamasını sağlayınız.

Uygulayalım

- Uzayan soğan köklerinden birkaç tanesinin uçlarını keserek petri kabına alınız.
- Üstlerini örtecek kadar asetoorsein ya da asetokarmen dökerek birkaç dakika hafifçe ısıtınız fakat kaynatmayınız.
- Kök uçlarının 2-3 mm'lik uç kısmını keserek lam üzerine alınız, kalan kısmı atınız.
- Lam üzerindeki parçaya bir damla asetokarmen boyası damlatıp üzerini lamelle kapatınız. Lamelin üzerine hafifçe bastırarak ezme preparatı hazırlayınız.
- Hazırladığınız preparatı mikroskopta önce küçük objektifle daha sonra büyük objektifle inceleyiniz.
- Bölünmekte olan hücrelerin en yoğun görüldüğü alanı gözlemleyiniz. Bölünen hücreleri çizerek gösteriniz.

Sonuçlandırılma

1. Mitoz evrelerini gözlemleyebilmek için neden soğan kök hücreleri seçilmiştir?
2. Mikroskoptaki gözlemlerinize göre çizdiğiniz şekillerin mitozun hangi evresiyle ilgili olduğunu belirtiniz.
3. Bitkilerde soğan kök hücrelerinden başka hangi yapılarda mitoz görülebilir?

Mitoz, dağınık durumdaki kromatin ipliklerin aşamalı bir şekilde kısalıp yoğunlaşmasıyla başlar ve kesintisiz olarak devam eder. Sitoplazma bölünmesi sonunda birbirinden tamamen ayrılan yavru hücreler hücre döngüsünü tamamlar ve bir sonraki döngünün interfaz evresi başlar.

Hayvan ve bitki hücrelerinde görülen mitozu aşağıdaki etkinliği yaparak karşılaştırınız.



Etkinlik-Öğrenmenin Farkına Varma



Etkinliğin Adı: Bitki ve hayvan hücrelerinde mitoz

Amaç: Mitoz bölünmenin bitki ve hayvan hücrelerindeki benzerlik ve farklılıklarını ayırt etme.

Uygulayalım

- Aşağıda verilen tabloyu inceleyiniz.
- Tabloda boş bırakılan yerlere hayvan ve bitki hücresindeki mitozun özelliklerini yazınız.



Araç - gereç

- Karton, kâğıt vb.
- Makas

Karşılaştırılan Özellik	Hayvan hücresinde mitoz	Bitki hücresinde mitoz
İnterfaz		
Sitoplazma bölünmesi		
Sitoplazmada orta lamel oluşması		
İğ ipliklerinin oluşumu		
Sentrozomun bulunması		

- Elde ettiğiniz verilerden yola çıkarak seçtiğiniz araç gereçlerle hayvan ve bitki hücrelerinde mitoz ile ilgili bir model oluşturunuz.

Sonuçlandırılma

- Oluşturduğunuz modellerdeki farklılıklar nelerdir? Nedenlerini tartışınız.
- Bitki hücresinde sitoplazma bölünmesinde orta lamel oluşmasının nedeni nedir?

Oluşturduğunuz modelde hayvan ve bitki hücrelerini karşılaştırarak mitoz bölünmede bazı farklılıkların olduğunu gözlemlediniz. Hücre döngüsünün kontrollü gerçekleşmesi neden önemlidir, hiç düşündünüz mü?

B. Hücre Döngüsünün Kontrolü

Hücre döngüsünde bir hücrenin yaşam sürecini oluşturan olaylar genlerin kontrolü altındadır.

Hücrelerin çoğunda, hücre döngüsünün farklı evreleri arasındaki düzeni sağlayan kontrol noktaları vardır. Bunlar G₁, G₂ ve M kontrol noktalarıdır. Bu noktalardaki "dur" ve "devam et" sinyalleri döngüyü düzenler.



Dikkat!

Onkoloji, kanser teşhis ve tedavilerini ayrıca bu konudaki gelişmeleri içine alır. Bu alanda uzmanlaşmış hekimlere onkolog denir.



Biliyor musunuz?



Alman Harald Zur Hausen (Harald Zur Hauzın), rahim ağzı kanserine neden olan HPV

(Human Papilloma Virüsü) virüsünü bulduğu için 2008 yılında Nobel Tıp Ödülü'nü almıştır.

Kontrol noktası hücre döngüsünde bir önceki evrede olaylar tamamlanmadan sonraki evrenin başlamasını engeller.

G₁ kontrol noktasında hücre yeterli büyüklüğe ulaşmışsa, ortamda yeterli besin ve büyüme faktörü varsa DNA'da hasar bulunmuyorsa "**devam et**" sinyali verilir.

G₂ kontrol noktasında, hücrenin büyüklüğü ve DNA hasarı kontrol edilir. DNA kendini eşlerken hasar ve hata meydana gelmişse bu durumlar düzeltilinceye kadar hücre döngüsü durdurulur.

M kontrol noktasında, kromozomların iğ ipliklerine bağlanması kontrol edilir. Kinetokorlar iğ ipliklerine tutunmazsa anafaz başlamaz. Bütün kinetokorlar iğ ipliklerine tutunduktan sonra "**dur**" sinyali ortadan kalkar ve anafaz başlar. Bu kontrol, oluşacak yavru hücrelerdeki kromozom sayısının eşit olmasını sağlar.

Hücre döngüsünün doğru işleyebilmesi için kontrol noktalarında işlevsel bazı moleküller bulunur. Evrelerdeki geçişi kontrol eden protein yapısındaki bu moleküller siklinler ve siklin bağımlı kinazlardır. Bu moleküllerin miktarında ve aktivitelerindeki değişimler hücre döngüsündeki ardışık olayların hızını belirler.

Büyümekte olan bir hücrede, hücre döngüsünü yürüten siklin bağımlı kinazlar sabit bir derişimde bulunur. Ancak bunlar çoğu zaman inaktif durumdadır. İnaktif siklin bağımlı kinazın aktif duruma geçmesi için sikline bağlanması gerekir. Bu moleküllerin aktif hâle geçmesiyle oluşan sinyallerle döngünün başlaması ve sürdürülmesi sağlanır.

Hayvan hücre kültürleri ile çalışan araştırmacılar hücre bölünmesini etkileyen çeşitli kimyasal ve fiziksel dış etmenleri tanımlamayı başarmışlardır. Örneğin zorunlu bir besin, kültür ortamına eklenmezse hücre bölünmesi gerçekleşemez hatta bütün diğer koşullar uygun olduğunda bile memeli hücreleri ancak ortamda özgül büyüme faktörlerinin bulunması hâlinde bölünür. Büyüme faktörü belirli vücut hücreleri tarafından diğer hücreleri bölünmeye sevk etmek üzere salınan bir proteindir. Her hücre tipi belirli bir ya da birkaç çeşit büyüme faktörüne özgül olarak cevap verir.

Büyüme faktörlerinin etkisiyle bölünüp çoğalan normal doku hücreleri belirli bir yoğunluğa ulaştığında çoğalma durdurulur. Bazen büyüme faktörleri yeterli düzeyde olmasa da hücreler bölünmeye devam eder. Çünkü bu hücreler "**dur**" sinyallerine cevap vermez. Hücre döngüsü kontrolden çıkar.

Döngünün kontrolünü bozan bir başka etken de DNA hasarlarının onarılmamasıdır. Normalde hücre döngüsünün S evresinde DNA'nın sentezlenmesi sırasında oluşabilecek hatalar bazı genlerin işleyişi sayesinde belirlenir ve onarılır.

Eğer bu genlerde mutasyon meydana gelirse hücre döngüsünün kontrolü bozulur.

Hücre döngüsünün kontrolünün bozulması kansere yol açabilir. Bu durum hücrenin yapısında ve özelliklerinde değişikliklere neden olabilir (Resim 2.2, 2.3). Kanser hücreleriyle yapılan çalışmalarda bu hücrelerin hücre döngüsünü düzenleyen sinyallere cevap vermeyip sürekli çoğaldığı görülmüştür.

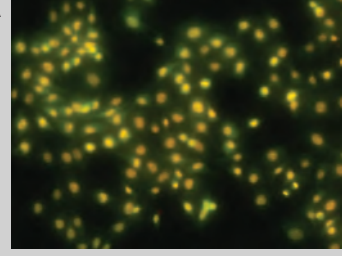
Laboratuvar ortamında normal memeli hücresi kültüründe, hücrelerin tümü ancak 20-50 kez bölünebilirken kültürde üretilen kanser hücreleri sürekli besin sağlandığında sonsuz sayıda bölünebilir. 1951'den bu yana üretilen HeLa (Hila) hücreleri buna örnektir.

HeLa hücre kültürü 1951'de kanserden ölen Henrietta Lacks'ın (Henriett Leaks) rahim ağzı kanserli dokusundan üretilmiştir. Bu, kanser araştırmalarında kullanılan ilk insan hücresi kültürüdür.

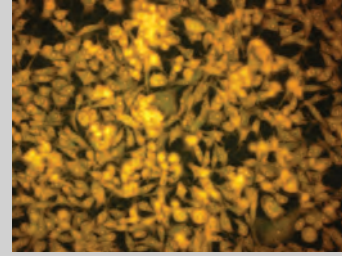
1911'de Peyton Rous (Peytin Ros) tarafından izole edilen virüslerle yapılan çalışmalardan sonra kanserin hücre çoğalmasını kontrol eden genlerin mutasyona uğramasından kaynaklandığı ve virüslerin de kansere neden olduğu bulundu. Rous'un araştırma sonuçları yıllarca ilgi görmedi. Yıllar sonra 1966 yılında verilen Nobel Ödülü'yle Rous hak ettiği değeri gördü.

Araştırmalara rağmen tedavisinde henüz tam bir başarıya ulaşılamayan kansere kozmetiklerin ve birçok saç boyasının, kızartılmış etlerdeki yanmış proteinlerin, bazı sebzelerdeki kimyasal kalıntıların neden olduğu bakterilerle yapılan testlerle kanıtlanmıştır. Hayvanlar üzerinde yapılan testlerle bunların her birinin kanserojen olduğu belirlenmiştir.

Kanserin ölüm sebepleri arasında ilk sıralarda yer alması sebebiyle **onkoloji** günümüzde önemli bir bilim dalı hâline gelmiştir. Ülkemizde her yıl 150 000 yeni kanser vakası ortaya çıkarken toplam tedavi maliyeti 9 katrilyonu aşmaktadır. Görüldüğü gibi kanser kişi, toplum, ülke açısından günümüzün en önemli sağlık sorunlarından birisidir. Sık görülmesi nedeniyle de bir halk sağlığı sorunudur. Ülkemizde kanser 1970'lerde nedeni belli ölümler arasında 4. sırada yer alırken son yıllarda kalp-damar hastalıklarından sonra 2. sıradadır. Bu nedenle koruyucu hekimlik hizmetleri kapsamında kanserden korunma konusunda toplum bilinçlenmelidir.



Resim 2.2. İnsanda normal fibroblast hücreleri



Resim 2.3. İnsanda kanserli fibroblast hücreleri

Düşünelim- Araştırılım

Bazı kanser türlerinin tedavisi için kemoterapi (ilaçla tedavi) yöntemi uygulanır. Kemoterapi sırasında ilaçların tümöre nasıl etki ettiğini ve bu tedavinin kişinin yaşamını nasıl etkilediğini araştırınız. Araştırma sonucunda ulaştığınız bilgileri "mitoz bölünme" konusunda öğrendiklerinizle ilişkilendirerek bir rapor hazırlayıp sınıfta sununuz.



Biliyor musunuz?

Radyoterapi kanser tedavisinde en etkili yöntemlerdendir. Bu yöntemde tümörlere yüksek enerjili ışın uygulanır. Bu sayede kanserli hücrelerin hem çoğalması hem de büyümesi engellenir.



Etkinlik_Proje hazırlama

Proje Adı: Kontrolsüz hücre bölünmesi

Amaç: Kontrolsüz hücre bölünmesinin araştırılması.

İÇERİK	SÜRE	BEKLENEN BECERİLER	ARAÇ VE GEREÇ	DEĞERLENDİRME
Kontrolsüz hücre bölünmesi	2 ay	Araştırma Girişimcilik Karar verme İş bölümü	Yazılı ve görsel yayınlar Kitle iletişim araçları	Proje değerlendirme derecelendirme ölçeği

Bu projede sizden;

1. Kontrollü ve kontrolsüz hücre bölünmelerini karşılaştırmanız,
2. Kontrolsüz hücre bölünmesiyle kanser arasındaki ilişkiyi araştırmanız,
3. Rahim ağzı kanseri ile akciğer kanserinin teşhisi, tedavisi ve korunma yollarını araştırmanız,
4. Rahim ağzı kanseriyle akciğer kanserinin kişi ve toplum üzerindeki etkilerini irdelemeniz istenmektedir.

Projeyi Hazırlama Süreci

Proje konusu, araştırma ve uygulama aşamaları

- Öğretmeniniz rehberliğinde proje grupları oluşturunuz.
- Araştırmanın verimli olması ve zamanında hazırlanması için grubunuzdaki arkadaşlarınızla iş bölümü yaparak sorumluluklarınızı belirleyiniz.
- Kontrolsüz hücre bölünmesinin nedenlerini, toplumda sıkça rastlanan akciğer kanseri ile rahim ağzı kanserinin kişi ve toplum üzerindeki olumsuz etkilerini araştırınız.
- Rahim ağzı kanseriyle akciğer kanserinin etkilerinin en aza indirilebilmesi için ülkemizde yapılan çalışmaların neler olduğunu araştırınız.
- Bu kanser türlerinin kişi ve toplum üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek için önerilerinizi belirleyiniz.

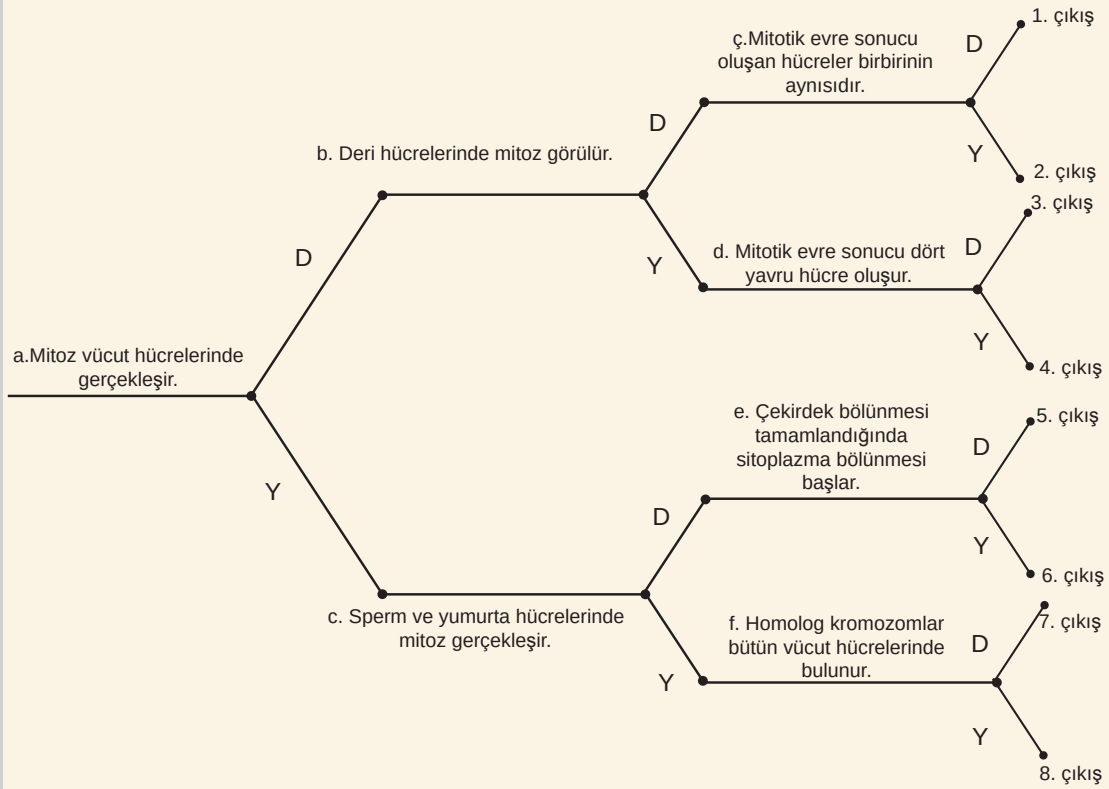
Sunum

- Çalışmanızı metinle birlikte fotoğraf, çizelge, grafik, istatistiki bilgilerle zenginleştirerek raporlaştırınız ve bir sunum hazırlayınız. Kitabınızın sonundaki değerlendirme ölçeğini inceleyerek projenin hangi ölçütlere göre değerlendirileceği hakkında bilgi edininiz.
- Sunumunuzu belirlenen sürede yapınız.



Konu Sonu Değerlendirme

Aşağıda birbiri ile bağlantılı cümleler içeren bir etkinlik verilmiştir. Bu etkinlikteki cümlelerin doğru (D) ya da yanlış (Y) olduğuna karar vererek ilgili ok yönünde ilerleyiniz. Her bir cevap sonraki aşamayı etkileyecektir. Vereceğiniz cevaplarla farklı yollardan sekiz ayrı çıkış noktasına ulaşabilirsiniz. Doğru çıkışı bulunuz.



C. Eşeysiz Üreme



Resim 2.4. Hanımeli

Köyde yaşayanlar ya da doğayla iç içe olanlar bilirler, bazı bitkileri yetiştirmek için mutlaka o bitkinin tohumunu ekmemiz gerekmez. Örneğin ilkbaharda budanan asma dallarından birkaçı toprağa dikildiğinde bu dal parçalarından yeni asmaların geliştiğini, bunların salkım salkım üzümler verdiğini gözlemlemiştinizdir. Aynı şekilde hanımeli bitkisinden koparılan bir dal parçası toprağa dikilip sulanırsa bundan yeni bir hanımeli fidesi gelişir (Resim 2.4).



Resim 2.5. Afrika menekşesi

Bazen çok beğendiğimiz Afrika menekşesinden bir yaprak koparıp onu suda bekleterek köklenmesini sağlarız. Bu yaprağı saksıya diktikten bir süre sonra harika çiçekler açtığını da gözlemleyebiliriz (Resim 2.5). Menekşe örneğinde olduğu gibi eşeysiz üremeyle bir bitki organından yeni bir birey meydana gelebilir. Sadece bitkiler değil diğer canlıların pek çoğu da eşeysiz olarak üreme yeteneğine sahiptir.

Eşeysiz üremeyle canlı, kendisiyle aynı genetik bilgiye sahip yavrular meydana getirir. Eşey organlarına gerek kalmadan sadece bir atanın bulunması eşeysiz üreme için yeterlidir.

Bazı ökaryot canlılar ile prokaryotların çoğu eşeysiz olarak çoğalır. Bu süreçte DNA kendini eşler ve iki yavru hücreye eşit olarak paylaştırılır. Böylece yavru hücrelerin genetik materyali ile ana hücrenin genetik materyali birbirinin kopyası olur. Çok hücreli organizmalardan bazı omurgasız hayvanlar, algler ve gelişmiş bazı bitkiler de eşeysiz üreme ile çoğalabilir.

Çevre koşulları çok fazla değişken değilse bu koşullara uyum sağlanır. Eşeysiz üreyen bir canlı daha hızlı çoğalır ve yayılır. Meydana gelen yeni nesil bireylerin çoğunun yaşama şansı yüksektir. Çünkü bu bireyler genetik olarak birbirinin ve atalarının aynıdır. Tıpkı ataları gibi uygun koşullara uyum sağlamakta zorlanmazlar.

Bazı canlılarda hem eşeyli hem de eşeysiz yolla üreme görülür. Böyle canlılar her iki üremeyi de gerçekleştirebilmenin sağladığı üstünlüklere sahip olur. Bu durum özellikle tarımda önemlidir. Hurma, çilek vb. bitkiler eşeyli üreme yoluyla tohum oluştursa da bu bitkilerin tarımsal üretimi genellikle eşeysiz yollarla yapılır.

Ayrık otu gibi eşeysiz üreyen bitkiler hızlı çoğaldıkları, yayıldıkları ve tarım bitkilerine zarar verdikleri için yabancı ot olarak adlandırılır.

Hızlı çoğalan canlılara bir başka örnek olarak tatlı sularda yaşayan yeşil alg (*Cladopora glomerata*) verilebilir (Resim 2.6).



Resim 2.6. Yeşil algler eşeysiz olarak hızla çoğalır.

Bu alg türü, fosfatla kirlenmiş derelerde, göllerde eşeysiz yolla üreyerek istenmeyen ölçüde çoğalır. Kayalara tutunarak gelişir. Bazen fırtına ve dalgalar çok sayıda *Cladopora*'nın yerinden kopmasına, kıyılara taşınmasına neden olur. *Cladopora*, protein ve amino asit bakımından zengin olduğu için hem besin olarak hem de hayvan yemlerine katılarak değerlendirilebilir.

Bitki yok edici olarak bilinen *Phytophthora* eşeyli ve eşeysiz yolla ürer. Protista âleminde olan bu canlı patates, domates, elma, soya fasulyesi, turunçgiller vb. kültür bitkilerine zarar verir. Hastalıklı bitkiler normal gelişmez ve yeterli miktarda ürün veremez. Özellikle patates, meyve ve orman ağaçları gibi ekonomik önemi olan bitkilerin üretimi hastalık nedeniyle yeterli ölçülerde gerçekleştirilemeyebilir.

Su bitkisi *Elodea canadensis* kapalı tohumlu olmasına rağmen öncelikle eşeysiz yolla ürer (Resim 2.7).



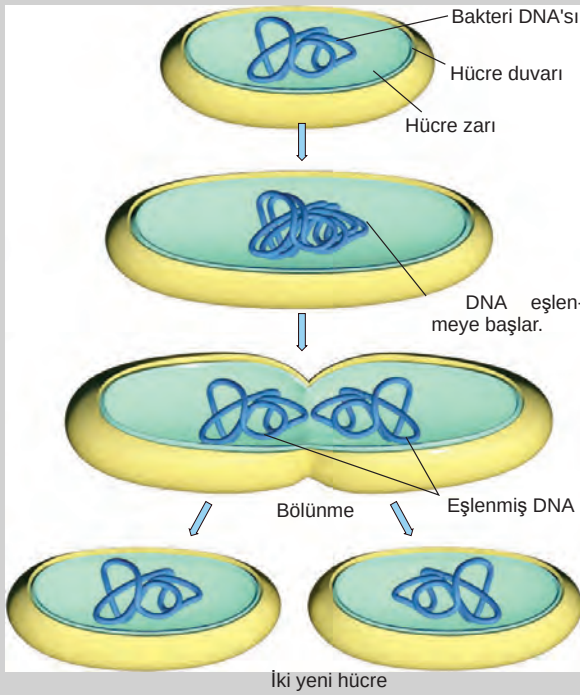
Resim 2.7. *Elodea*

Kırılmış sürgünlerin bir yere tutunup büyümesiyle *Elodea* tatlı su ortamında kolayca yayılır. *Elodea*'nın eşeysiz üremesi, akvaryumlarda kolayca çoğaltılmasını sağlar. Bu bitki, biyoloji derslerinde mikroskopla hücre yapısını incelemek ve fotosentez deneylerinde kullanmak için uygun bir materyaldir.

Eşeysiz üreme; ikiye bölünme, tomurcuklanma, rejenerasyon, sporla üreme, bitkilerde vejetatif üreme olmak üzere beş grupta incelenir.

1. İkiye Bölünme

Prokaryot hücrelerden bakteri ve arkeler ile ökaryot hücre yapısına sahip olan bazı tür mayalar, amip, öglena ve paramesyum gibi protistler ikiye bölünerek çoğalır. Bakteriler ikiye bölünerek çoğalmanın yaygın olarak görüldüğü canlı gruplarından biridir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Bakterilerde ikiye bölünme

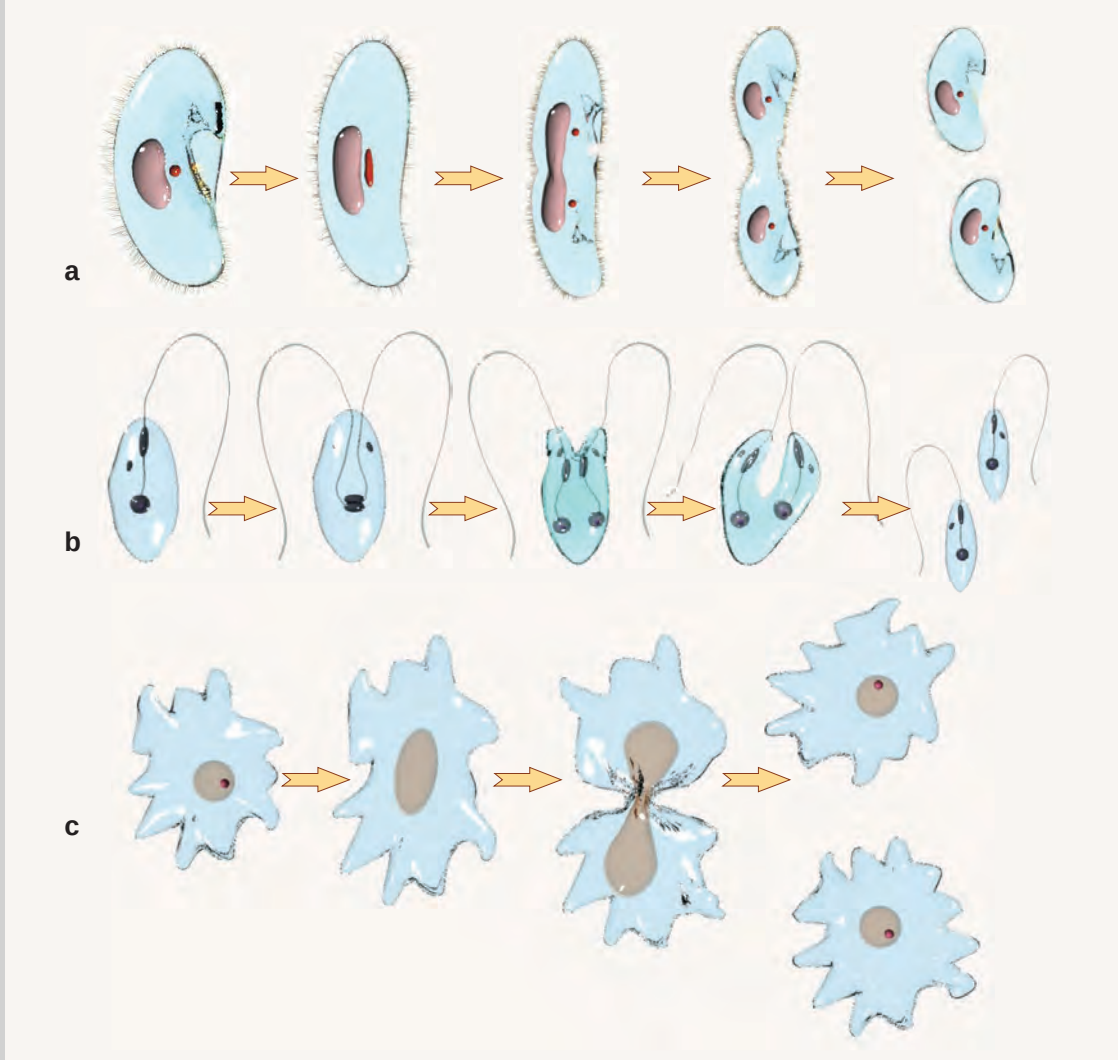
Bakterilerin halkasal DNA'ya sahip olduğunu biliyorsunuz. Bakterilerde bölünme DNA'nın kendini eşlemesiyle başlar. DNA eşlenirken bu esnada hücre de büyür. Eşlenme tamamlandıncaya DNA'lar birbirinden ayrılır. Hücre içeriğinin de artışından dolayı başlangıçtaki boyutunun iki katına ulaşan bakterinin hücre zarı içeriye doğru çöker. İki yavru hücre arasında hücre duvarı oluşur. Bakteri ana hücresi bu şekilde enine bölünerek iki yeni birey meydana getirir.

E.coli bakterisi uygun sıcaklık ve beslenme koşullarında yaklaşık her 20 dakikada bir bölünerek çoğalır. Bu duruma göre iki saat içinde bir hücreden kaç bakteri hücresi oluşacağını düşününüz. Bu bakteriler, doğada laboratuvar ortamında üredikleri hızla çoğalmaz. Çünkü doğal ortam şartları her zaman gelişimleri için en uygun koşulları sağlamaz.

Doğal ortamda sıcaklık değişimleri, besin maddelerinin yetersiz olması, pH oranındaki değişimler ve metabolizma atıklarının birikmesi bakterilerin üremesini sınırlar. Dünyadaki *E. coli*'lerin tümü eğer laboratuvar şartları altında ürediği gibi üreseydi bir günlük süre içinde ne kadar bakteri olurdu, sizce bu durum yaşamınızı nasıl etkilerdi?

E.coli, ishale yol açan ve insan sağlığını etkileyen bakteri türlerinden biridir. Bu nedenle içme ya da deniz suyundaki bakteri varlığını belirlemek gerekir. *E.coli* varlığını belirlemede kullanılan yöntemlerden biri kültür hazırlamaktır. Kültür ortamına eklenen bir madde sayesinde bakteriler çoğaldıkça ortamın rengi sarıya döner.

Ökaryot bir hücreli canlılar da ikiye bölünerek ana hücreden iki yavru hücre meydana getirir.



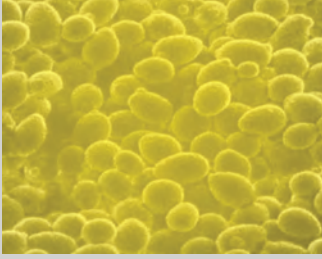
Şekil 2.9. a) *Paramecium* enine, b) *Öglena* boyuna, c) *Amip* her yönde bölünerek ürer.

Bu canlılarda ikiye bölünme mitoz esasına dayanır, hücrede çekirdek ve sitoplazma bölünmesi gerçekleşir. Hücreler belirli olgunluğa ulaştıktan sonra ikiye bölünür. Bölünme canlının yapısına göre farklı bölgelerden başlar.

Parameyumda enine, öglenada boyuna, belirli bir şekli olmayan amipte ise her yönde bölünme olur (Şekil 2.9). Genelde ikiye bölünerek çoğalmada birey sayısı 2,4,8,16,32... gibi geometrik artış gösterir.

2. Tomurcuklanma

Tomurcuklanma maya mantarı gibi bazı bir hücreli canlılarda, hidra, mercan gibi omurgasızlarda görülür. Tomurcuklanmada ana bireyin vücudundan dışarıya doğru bir çıkıntı oluşur. Oluşan bu çıkıntıya **tomurcuk** adı verilir. Tomurcuk büyüyerek yavru canlıyı meydana getirir.



Şekil 2.10. Bira mayasının tomurcuklanarak eşeysiz üremesi

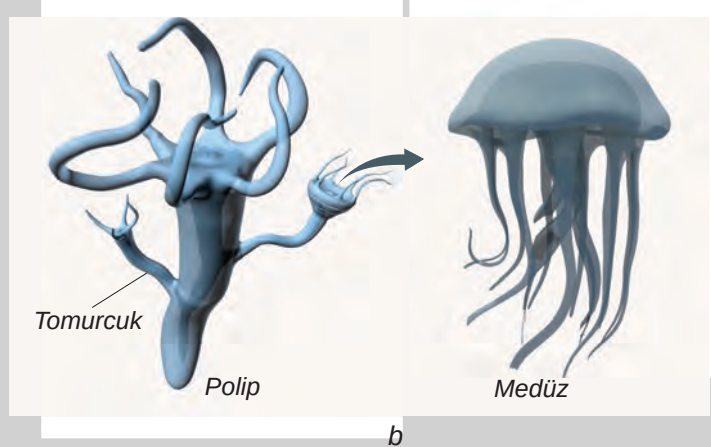
Bira mayasının tomurcuklanarak üremesi Şekil 2.10'da görülmektedir. Tomurcuk mitoz bölünmeyle oluştuğu için ana bireyin genetik kopyasıdır. Oluşan tomurcuklar bağımsız yaşayabildiği gibi ana canlıya bağlı olarak da yaşayabilir. Tomurcuklar ana bireye bağlı olarak yaşarsa **koloni** adı verilen topluluklar oluşur.

Çok hücreli olan hidralarda mitozla bölünen hücreler, bir topluluk oluşturur. Tomurcuk olarak adlandırdığımız bu hücre topluluğu ana bireyden ayrılıp yaşam ortamındaki zemine tutunarak yaşamını sürdürür ve gelişerek yeni bir hidrayı oluşturur.



Tomurcuklanmanın mikroskop görüntüsü

a



b

Şekil 2.11. Hidrada a) Tomurcuklanmanın mikroskop görüntüsü
b) Koloni oluşturan polip ve bağımsız yaşayan medüz

Hidranın tomurcuklanmasıyla oluşan ve ana bireye bağlı kalan ya da zemine tutunarak yaşayan canlıya **polip** denir. Polipler koloni oluşturabilir (Şekil 2.11). Bu kolonideki poliplerden eşeysiz olarak çoğalıp ayrılarak yaşamlarını serbest olarak sürdüren bireylere ise **medüz** (deniz anası) adı verilir. Medüzlerde tomurcuklanma görülmez.

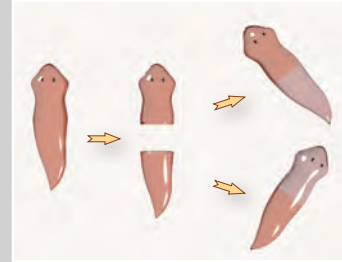
3. Rejenerasyon (Yenilenme)

Planarya, deniz yıldızı gibi bazı canlıların kopan vücut kısımlarının kendilerini tamamlayarak yeni bireylere dönüşmesi de eşeysiz üreme biçimidir. Bunun en güzel örneğini bir cins yassı solucan olan planaryalarda görmekteyiz.

Yenilenme yeteneği çok fazla olan planaryalarda bölünen her parça, baş bölgesine olan uzaklıkla orantılı olarak eksilen kısımlarını yeniler. Böylece her parçadan yeni bir planarya oluşur (Şekil 2.12).

Planaryalar gibi pek çok canlı, çeşitli nedenlerle kopan veya zarar gören organ ya da dokularını yeniden yapılandırma özelliğine sahiptir. Buna **rejenerasyon** (yenilenme) adı verilir.

Yenilenme ile birçok canlıda kaybedilen üyelerin yerine yenileri oluşturulabilir. Balıkçıların yaşadığı bir olay bize yenilenmeyi anlatan en güzel örneklerden biridir.



Şekil 2.12. Planaryada rejenerasyon

Balıkçılar ağlara zarar veren deniz yıldızlarını toplamış ve kollarını koparmışlar. Balıklara yem olsun diye bunları denize atmışlar. Ertesi sene deniz yıldızı sayısının çok daha fazla olduğunu görmüşler. Bu olay da bize deniz yıldızlarının rejenerasyon yeteneğinin yüksek olduğunu gösterir.

Deniz yıldızının bazı türleri kopan kolunu yenilerken bazılarında da kopan her bir kol kendini tamamlayarak yeni bir deniz yıldızı meydana getirir (Şekil 2.13). Böylece eşeysiz üremeye yeni bireyler oluşur.



Şekil 2.13. Deniz yıldızının kopan kolunun yenilenmesi.

Genel olarak canlının gelişmişlik düzeyi ile yenilenme yeteneği arasında ters orantı vardır. Gelişmişlik düzeyi arttıkça yenilenme yeteneği azalır.

Kertenkeleler kopan kuyruklarını yenileyebilir (Resim 2.8). ancak kuyruk parçası, kendini yenileme özelliğine sahip değildir. Bu bakımdan kertenkelelerdeki yenilenme olayı organ düzeyindedir ve eşeysiz üremeye örnek olamaz.



Resim 2.8. Kertenkele kopan kuyruğunu yeniler.

Yenilenme yeteneği, gelişmiş canlılarda doku düzeyindedir. Örneğin kopan parçalarını yeniden yapabilen deniz yıldızları ile kıyaslandığında memeli hayvanlar ve kuşlarda yenilenmenin, sadece yaraların iyileşmesi ve kırılan kemiklerin onarılması şeklinde olduğunu görürüz. Hayvanlarda vücudun herhangi bir yerinde meydana gelen kesilme veya yaralanma durumunda, epitel doku hücreleri farklılaşarak çoğalır. Yaranın dış yüzeyi bu hücreler tarafından kapatılarak yenilenme gerçekleşir.

Yenilenme özelliği canlılar arasında farklılık gösterdiği gibi dokular arasında da farklılık gösterir. Bitkilerde epidermis, hayvanlarda kemik iliği hücrelerinde yenilenme yeteneği oldukça yüksektir. Vücudumuzda yenilenme özelliği fazla olan dokular nelerdir?

Planaryadaki yenilenme olayını incelemek için aşağıdaki etkinliği yapınız.

Etkinlik-Sunum



Araç - gereç

- Sardunya, begonya ya da telgraf çiçeği dalı
- Ilık su
- Aydınlık bir ortam
- Planaryaya ait A ve B resimleri



A

B

Etkinliğin Adı: Bitkilerde ve hayvanlarda eşeysiz üreme

Amaç: Vejetatif üreme ve rejenerasyonu örneklerle açıklama.

Hazırlanım

Öğretmen gözetiminde vejetatif üreme ve rejenerasyon konularından hangisiyle ilgili çalışma yapacağınızı belirleyerek iki gruba ayrılırsınız.

Uygulayalım

Vejetatif üreme çalışmasına ayrılan grup;

- Sardunya, begonya veya telgraf çiçeğinden herhangi birini seçiniz.
- Seçtiğiniz bitkiden bir dal koparınız.
- Seçilen dalı ılık ve aydınlık bir ortamdaki su dolu kavanoza koyarak yaklaşık on beş gün gözlemleyiniz. Gözlemlerinizi fotoğraflayarak kaydediniz.

Rejenerasyon çalışmasına ayrılan grup;

- Yan tarafta bulunan planaryaya ait A ve B resimlerini inceleyiniz. B resminde planaryaya ait parçalardaki değişikliklere dikkat ediniz. Bu değişikliklerin nedenini düşününüz.

Sonuçlandırılmalı

1. Gözlemlerinizi sonucunda elde ettiğiniz sonuçları tartışınız.
2. Planaryaya göre daha karmaşık bir yapıya sahip toprak solucanının rejenerasyon yeteneği planaryadaki ile aynı mıdır? Toprak solucanı da resimdeki gibi küçük parçalara ayrıldığında rejenerasyonla yeni bireyler oluşturabilir mi? Tartışınız.

4. Sporla Üreme

Canlılarda görülen eşeysiz üreme biçimlerinden biri de sporla üremedir. Bazı bir hücreli canlılardan mantarlara, hatta bazı omurgasız hayvanlardan, tohumlu bitkilere kadar çeşitli canlı gruplarında sporla üremeye rastlamak mümkündür. Sporla üreme, olumsuz koşullara dayanıklı, sağlam bir örtü ile kaplı olan ve **spor** olarak adlandırılan özelleşmiş hücrelerle olur. Sporlar uygun koşullarda gelişerek yeni canlıyı oluşturur.

Birçok insanın neden mantar alerjisi sorunu yaşadığını merak ettiniz mi? Havada metre küpte 20 000 adet, bazen 2 milyon kadar mikroskopik mantar sporu bulunması mantarların hızlı üremesinin sonucudur.

Mantarlar tek ya da çok hücrelidir. Eşeysiz veya eşeyli üreme yoluyla oluşan sporlarla çoğalır. Besin kaynaklarına ulaşabilmek için çok sayıda sporun ortama dağılması gerekir. Bu sporlar uygun bir ortama ulaştığında yapışkan bir madde olan müsilaj salgılayarak tutunur. Daha sonra hifler ve miseller gelişir. Çok sayıda spor üretimi binaların nemli yerlerinde zararlı küflerin hızla artmasına da yol açar ve bu durum binaların bu bölümünde yıpranmaya neden olabilir.



Şekil 2.14. Ekmek küfünün boyanmış görüntüsü (Bazı hiflerin uçlarında spor keseleri gelişir.)

Birkaç gün ılık ve nemli bir ortamda bekleyen ekmeğin üzerinde küf oluştuğunu görmüşsünüzdür. Gördüğünüz kolonide pamuk lifine benzeyen uzantılar siyah ekmek küfünün hifleri, dokunduğunuzda elinize bulaşan siyah renkli tozlar ise sporlarıdır. Hif ince, uzun; ipliksi, dallanmış uzantılardır. Ekmek küfünün (*Rhizopus*) hifleri, üzerinde geliştiği besin maddesinin yüzeyini bir ağ gibi sararak besin maddelerini emer. Hiflerin bir kısmı yüzeye göre dik büyür ve uçlarında yuvarlak spor keseleri gelişir (Şekil 2.14).



Biliyor musunuz?

Tek bir mantar iki gün boyunca saatte yaklaşık 40 milyon spor üretir. Böyle bir yayılma hızı karşısında besinlerin ve diğer maddelerin bozulmasının neden bu kadar kısa sürede gerçekleştiği anlaşılabilir.



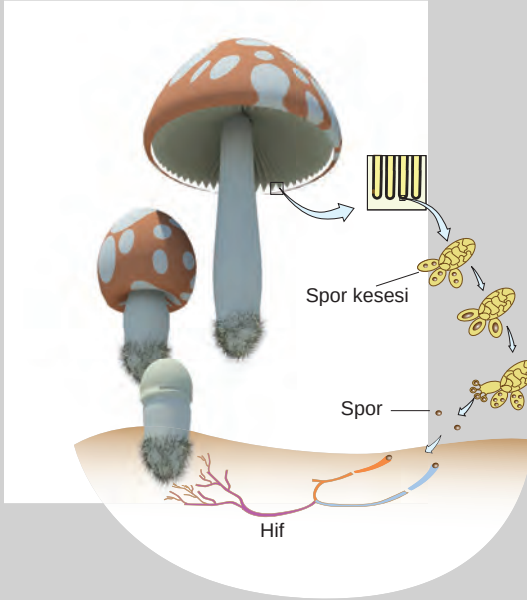
Düşünelim- Araştırma

Vakumlama yapılarak saklanan yiyeceklerde neden küf oluşmadığını araştırınız. Edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.



Biliyor musunuz?

Mantarların sporları solunum yoluyla vücuda girerse alerjik tepkimelere neden olur, kişide solunum güçlüğü görülür.



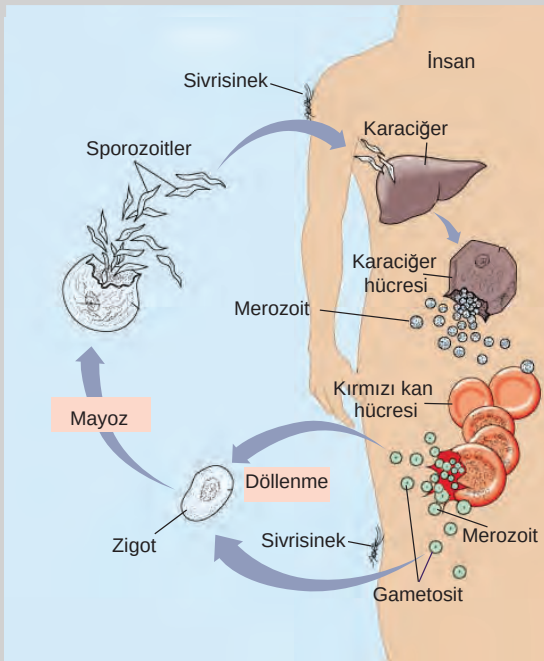
Şekil 2.15. Şapkalı mantarda sporla üreme

Mantarların eşeysiz üremesi sırasında her spor kesesinde, mitoz bölünmeyle binlerce haploit spor oluşur. Şekil 2.15'te şapkalı mantarda spor oluşumu görülmektedir. Bu sporlar kamçısız, hafif ve küçüktür. Olgunlaştıklarında spor kesesi parçalanır, sporlar havaya karışır. Rüzgâr ya da su ile taşınan sporlar ılık ve nemli ortamda bulunan besinler üzerinde çimlenir. Yeni bir hif kütlesi oluşur ve böylece eşeysiz üreme tamamlanır.

Sporla üreyen canlıların yaşam döngüsünde eşeyli ve eşeysiz üremenin birbirini takip etmesine **döl değişimi** (metagenez) denir.

Döl değişiminde genellikle sporlar mayoz bölünmeyle, gametler mitoz bölünmeyle meydana gelir.

Bir hücreli canlılarda döl değişimine *Plasmodium* (Plazmodyum) örnek verilebilir. *Plazmodyum* insanda sıtma hastalığına neden olur. Hayat döngüsünün bir bölümünü insanda eşeysiz olarak bir bölümünü de *Anophales* (anofel) cinsi dişi sivrisinekte eşeyli olarak geçirir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Plasmodium hayat döngüsünü insanda ve sivrisinekte tamamlar.

Hastalık mikrobu taşıyan sivrisinek, insanı ısırıldığında plazmodyum sporozoitlerini bireye bulaştırır. Sporozoitler, insanın karaciğer hücrelerine girer. Birkaç gün içinde sporozoitlerin bölünmesiyle merozoitler meydana gelir. Merozoitler daha sonra konakçının kırmızı kan hücrelerine girer. Burada eşeysiz olarak bölünür, çok sayıda yeni merozoit meydana gelir. Kırmızı kan hücrelerinin içinde sayıları çoğalan merozoitler 48 ya da 72 saat aralıklarla hücrelerin ard arda patlamasına neden olur (Süre türe bağlı olarak değişir). Merozoitlerin bazıları yeni kırmızı kan hücrelerine tekrar geçer ve bu olaylar tekrarlanır. Periyodik olarak titreme ve ateşle kendini gösteren bu olay sıtma nöbetine neden olur. Bazı merozoitler ise gametositleri meydana getirmek üzere bölünür. Gametositler yaşam döngüsünü yeni sivrisinekte tamamlar.

Sivrisinek sıtma mikrobi taşıyan bir insanı ısırıldığında emdiği kan ile birlikte plazmodyumun gametositlerini alır. Döllenme sivrisineğin sindirim kanalında olur ve zigot meydana gelir. Böylece eşeyli üreme gerçekleşir. Zigot, yaşam döngüsünde tek diploit evredir.

Sivrisineğin mide duvarı içerisinde mayozla binlerce sporozoit gelişir ve daha sonra sivrisineğin tükrük bezlerine geçer. Hastalık mikrobi taşıyan sivrisinek insanı ısırıldığında olaylar tekrarlanır. Plazmodyumun sivrisinekteki hayat faaliyetleri sırasında sivrisinekte herhangi bir hastalık olmaz.

Evlerde süs bitkisi olarak yetiştirilen aşk merdiveni bir eğrelti otu örneğidir. Bu bitkilerin yapraklarının arkasını incelediğinizde siyah noktalar şeklindeki spor keselerini görebilirsiniz. Çok hücreli canlılarda sporla üreme eğrelti otunun yanı sıra kara yosunu, at kuyruğu gibi bitkilerin hayat döngüsünde de görülebilir.

5. Vejetatif Üreme

Bitkiler eşeyli üremenin yanında bir eşeysiz üreme çeşidi olan vejetatif üreme ile de çoğalır. Vejetatif üreme mitoz bölünme ve yenilenme esasına dayanır.

Bitkinin kesilmiş yaprak, dal, gövde gibi parçaları kök oluşturabilir ve gelişebilir. Bitki hücreleri çoğalıp çeşitli tipte özelleşmiş hücrelere farklılaşarak bitkinin yok olan kısımlarının yeniden oluşmasını sağlar. Bu şekilde genetik çeşitlilik olmadan bir tek ana bireyden birbirinin genetik kopyası olan çok sayıda bitki üremiş olur.

Bitkilerde sürünücü gövde, yumru gövde, rizom gövde gibi yapılarda büyüme dokuları vardır. Büyüme dokularından gelişen fideler yeni bireyi oluşturur.

Çilekte sürünücü gövde olan stolonlar toprak üstünde büyüyerek bitkinin geniş bir alana yayılmasını sağlar (Resim 2.9). Sürünücü gövde üzerinde, göz (nodyum) adı verilen bölgelerden yeni bitkiler gelişir. Böylece ana bitki, genetik kopyası olan çok sayıda yeni bireyler oluşturarak eşeysiz çoğalır.

Ayrık otu, zencefil gibi bitkilerin rizom gövdeleri toprak altında kalan gövdelerdir (Resim 2.10). Rizom gövde üzerinde bulunan gözlerden gelişen sürgünler de ana bitkiyle aynı genetik yapıya sahip yeni bitkiler oluşturur.

Düşünelim- Araştırma

Sıtma nöbeti nedir? Sıtma tedavisi nasıl olur? Araştırınız. Edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.



Resim 2.9. Çilekte sürünücü gövde



Resim 2.10. Zencefilde rizom gövde

2. Ünite - Hücre Bölünmesi ve Üreme



Resim 2.11. Patateste yumru gövde



Resim 2.12. Soğanda yassı gövde



Resim 2.13. Afrika menekşesi çelikle ürer.



Düşünelim- Araştırılmalı

Bir meyve bahçesine girdiğinizde farklı meyvelerin aynı ağaç üzerinde yetiştiğini görebilirsiniz. Aynı ağaç üzerinde büyüyen beyaz dut ve kara dut en yaygın görülen örneklerdendir. Siz de çevrenizi ve çeşitli bilimsel kaynakları araştırarak aşılamayla aynı ağaç üzerinde yetişebilen farklı meyve örnekleri bulunuz, edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınıza sununuz.

Patates, yer elması gibi bitkilerin yumruları, besin depolamak için özelleşmiş şişkin gövde kısımlarıdır (Resim 2.11). Yumru gövde üzerinde bulunan gözlerden gelişen sürgünler, yavru bitkileri oluşturur. Soğan, sümbül, lale, sarımsak gibi bitkilerin yassı gövdelerindeki gözler gelişerek genetik yapıları aynı olan yavru bitkileri oluşturur (Resim 2.12).

Cam güzeli, begonya gibi saksı bitkileri ve meyve ağaçları çelik olarak adlandırılan bitki parçalarından eşeysiz olarak da üretilir. Bunun için yaprak, gövde ya da kökten alınan ve çelik adı verilen bitki parçaları kullanılır. Afrika menekşesi gibi bazı bitkilerde tek yapraktan tüm bir bitki oluşur (Resim 2.13).

Çelikle vejetatif üretmenin başka bir biçimi aşılamadır (Resim 2.14). İki bitki parçasının, bir bitkiymiş gibi kaynaşıp büyüyecek şekilde birleştirilmesi tekniğine **aşılama** denir. Eklenen parça yeni bitkinin üst kısmını meydana getirir, bu parçaya **aşı** denir; bitkinin alt kısmını ve kökünü meydana getiren bölüme ise **anaç** adı verilir.



Resim 2.14. Aşılama bitkileri vejetatif üretmenin bir yöntemidir.

Bir bitkiden alınan dal aynı türün farklı çeşitlerine veya yakın akraba türlerine aşılanır. Böylece farklı türlerin ya da çeşitlerin en iyi özellikleri bir bitkide birleştirilmiş olur. Örneğin üstün kaliteli üzüm üretmek için meyve kalitesi yüksek aşı, topraktaki hastalık etkenlerine dayanıklı anaca uygulanır. Kolay yöntemlerle çoğaltılamayan tür ve çeşitlerin ortadan kalkmasını önlemek için de aşı uygulamalarından yararlanılır.

Aşağıdaki etkinlikle konunun uzmanlarından, bitkilerde aşılamanın nasıl yapıldığını öğrenerek aşılama uygulamasını kendiniz gerçekleştirebileceksiniz.

Etkinlik- Uzman Daveti

Etkinliğin Adı: Kalem aşısı nasıl yapılır?

Amaç: Bitkilerde aşılamanın önemini kavrama.

Hazırlık

- Bölgenizde bulunan tarım il ve ilçe müdürlüklerinde görevli konuyla ilgili uzmanı, okul idaresi iş birliğiyle okulunuza davet ediniz.
- Davet edilen uzmandan kalem aşısının yapılışı, türleri, yapıldığı yer, zamanı ile ilgili sunum ve örnek olay uygulamaları hazırlamasını önceden isteyiniz.

Uygulayalım

- Konu uzmanının sunusunu dinlerken notlar alınız.
- Uzman kişinin aşılama ile ilgili örnek uygulamasını dikkatle izleyiniz.
- Örnek uygulamanın bir benzerini siz de deneyiniz.
- Sunum ve uygulamaya ilişkin varsa sorularınızı uzmana yöneltiniz. Yanıtları not ediniz.

Sonuçlandırılma

1. Kalem aşısı hangi amaçla yapılır? Açıklayınız.
2. Ağaç türlerine göre kalem aşısının neden farklı şekilleri uygulanır? Tartışınız.

Bitkiler **daldırma** yöntemiyle de vejetatif üretilebilir. Basit daldırma yönteminde toprağa yakın yerlerden çıkan bir dal bükülür. Yere değen kısmının toprakla örtülmesi ve ucunun toprağın dışına çıkarılması ile uygulama tamamlanır.

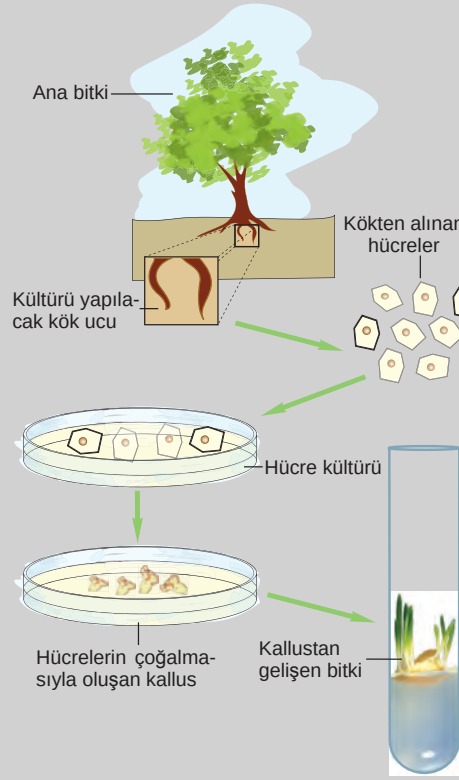
Vejetatif üreme, tohumla üremeye göre daha kısa sürede gerçekleşen üretim şeklidir. Çekirdeksiz üzüm, muz, hurma, kavak, söğüt gibi bazı bitkiler tohum oluşturma yeteneklerini kaybettiklerinden eşeysiz üremeye çoğaltılır.

İstenilen ve çekici özellikleri olan Afrika menekşesi, orkide gibi kültür bitkilerinin kök, gövde, yaprak parçaları bitki üretme laboratuvarlarında eşeysiz yolla üretilmektedir.



Biliyor musunuz?

Bitkilerin ticari amaçla seralarda, çeliklerle vejetatif olarak üretilmesinde oksin hormonundan yararlanılır. Oksin hormonu mitozu hızlandırır. Yaprak ya da gövdenin kesik ucuna oksin içeren bileşikler sürülerek bitkinin köklenmesi sağlanır.



Şekil 2.17. Doku kültürü yöntemiyle ana bitki ile aynı özellikte yeni bitkiler üretilir.

Bitkilerin vejetatif üreyebilme özelliğinden yararlanılarak doku kültürleriyle bitkiler çoğaltılabilmektedir (Şekil 2.17). Bitki doku kültürü yöntemi kaybolmakta olan türlerin korunması, üretilmesi zor olan türlerin çoğaltılması ve ticari önemi olan bitkilerin çok sayıda elde edilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır.

Steril şartlarda yapay bir besin ortamında bitkinin hücre, doku veya organ gibi kısımlarından yeni doku, bitki ya da bitkisel ürünlerin üretilmesidir.

Bitki biyoteknologları yeni bitki çeşitleri oluşturmak ve çoğaltmak için çeşitli yöntemler geliştirmiştir. Frederick C. Steward (Fredrik Stivird) 1950'lerde gerçekleştirdiği deneyinde bitki hücrelerinin farklılaşmasını incelemiştir. Steward havuç kökündeki soy-muk hücreleri ile hazırladığı kültürden bir havuç bitkisi üretmeyi başardı. Steward'ın çalışması bitki doku kültürünün geniş çaplı ticari uygulaması için temel oluşturmuştur. Sonraki yıllarda araştırmacılar çekirdeği olan bitkisel doku hücrelerinin çoğunluğunun bu yolla çoğalıp farklılaşabileceğini gösterdiler.

Doku kültürü yönteminin aşamaları basitçe aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Virüs içirme olasılığı daha düşük olan kök ve gövde ucundan küçük doku parçaları alınır. Bu parçalar besin ortamına konulur.
2. Birkaç gün içinde doku hücreleri farklılaşır ve kallus adı verilen düzensiz doku kümesini oluşturur.
3. Bu kümeden kallus hücreleri ayrılıp büyüme hormonu içeren ortama konulur.
4. Kallustan farklılaşan hücreler kök ve gövdeye sahip küçük bitkiler oluşturur. Bazı bitki türlerinde farklılaşan bu hücreler embriyo oluşturabilir. Bunlar da depolanarak yapay tohum gibi kullanılabilir.

Doku kültürü tekniği ile istenilen özelliklere sahip bitkilerin yüzlerce hatta binlerce kopyası oluşturulabilir. Bir çeşit klonlama olan bu teknikten mısır, buğday, pirinç, soya fasulyesi gibi bitkilerin ıslah çalışmalarında faydalanılmaktadır. Ayrıca melez orkide, manolya, gül, zambak gibi değerli süs bitkilerinin hızlı çoğaltılmasında da doku kültürleri kullanılır.



Dikkat!

Canlı hücreleri kullanarak biyolojik tekniklerle endüstri, tıp, tarım gibi çeşitli alanlarda yararlanmak üzere materyal üretimine **biyoteknoloji**, bu alanda çalışan uzmanlara **biyoteknolog** denir.



Konu Sonu Değerlendirme

A. Aşağıdaki tablonun üçüncü sütununda sıralanan kavramlara ilişkin tanımlar, ikinci sütunda verilmiş ve birinci sütunda numaralandırılmıştır. Kavram ve tanımı eşleştirerek doğru numarayı parantez içine yazınız.

I	II	III
1	Hücre döngüsünde mitozla eş zamanlı gerçekleşen evre.	() Rejenerasyon
2	Çekirdek zarının belirginleştiği, kromozomların kromatine dönüştüğü, yeni çekirdeklerin oluştuğu, mikrotübüllerin kaybolduğu mitoz evresi.	() Tomurcuklanma
3	Hücrenin bölünmeye hazırlandığı evre.	() Eşsiz üreme
4	Sitoplazma bölünmesinde orta lamel oluşumunun görüldüğü hücre tipi.	() Mitoz
5	Ana canlının vücudunda oluşan çıkıntının yeni yavru canlıyı meydana getirmesi.	() İnterfaz
6	Vücut hücrelerinde kromozom sayısını sabit tutan bölünme.	() Sitokinez
7	Hücrenin zıt kutuplarına doğru hareket eden kardeş kromatitlerin kromozom olarak adlandırıldığı evre.	() Bitki hücresi
8	Canlının kopan veya kesilen kısımlarının onarılması.	() Anafaz
9	Eşey yeteneği olmaksızın canlının çoğalması.	() Telofaz
10	Tohumla üremeye göre daha kısa sürede gerçekleşen üreme şekli.	() Vejetatif üreme



Konu Sonu Değerlendirme

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Bazı hücreler neden bölünmek zorundadır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

2. Eşeysiz üremede canlıların kalıtsal açıdan kendilerine benzer canlılar üretmelerini nasıl açıklayabilirsiniz?

.....

.....

.....

3. Bitki hücresinde sitoplazma bölünürken hangi olaylar meydana gelir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

4. $2n=8$ kromozomlu bir canlının vücut hücresi art arda dört kez mitoz bölünme geçirdiğinde kaç hücre oluşur? Her bir hücrede kaç kromozom bulunur?

.....

.....

.....

5. Aşağıdaki canlılarda görülen eşeysiz üreme çeşitlerini karşılıklarına yazınız.

Paramesyum.....

Mantar.....

Denizyıldızı.....

Yer elması.....

Maya mantarı.....

6. Mitoz bölünme sırasında gerçekleşen;

I. Çekirdek zarı ve çekirdekçğin kaybolması

II. DNA'ların kendini eşlemesi

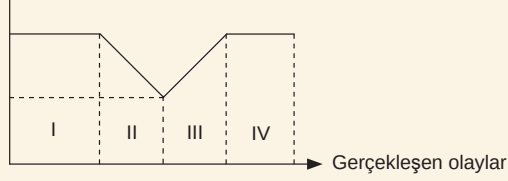
III. Kardeş kromatitlerin zıt kutuplara çekilmesi

IV. İğ ipliklerinin oluşması

olaylarının meydana geliş sırası nedir?

.....

7. Kromozom sayısı



Yandaki grafik kromozom sayısındaki değişimleri göstermektedir. I, II, III ve IV olarak numaralandırılmış yerlerde bu değişime yol açan hangi olayların gerçekleştiğini yazınız.

.....

.....

.....

.....

8.

I. n kromozomlu bir gamet hücrenin $2n$ kromozomlu hâle gelmesi

II. n kromozomlu bir hücrenin 2 adet n kromozomlu üreme hücreni oluşturması

III. $2n$ kromozomlu bir hücrenin döllenme yapmadan yeni bir canlıyı meydana getirmesi

IV. $2n$ kromozomlu hücreden n kromozomlu 4 farklı hücrenin oluşması

şeklindeki olaylardan hangilerinin mitoz bölünmeyle sağlandığını aşağıya yazınız..

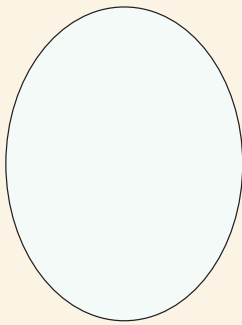
.....

.....

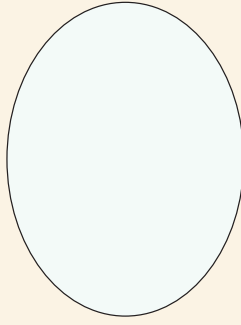
.....

.....

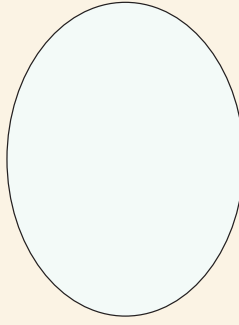
9. $2n=4$ kromozomlu mitoz bölünme geçiren bir hayvan hücresinde profaz, metafaz, anafaz ve telofaz evresinde gerçekleşen olayları aşağıda belirtilen bölümlere çiziniz.



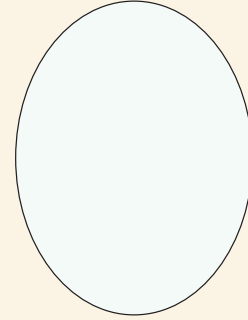
Profaz



Metafaz



Anafaz



Telofaz



II. Mayoz ve Eşeyli Üreme



Yandaki resimde gördüğünüz akşam sefası bitkisi çok değişik renklerde çiçek açabilmektedir. Akşam sefasındaki bu renk çeşitliliği nasıl açıklanabilir? Bu çiçekler aynı türe ait olmalarına rağmen mayoz bölünme ve eşeyli üreme ile çeşitlenmiş farklı bireylerdir. Daha önce öğrendiğiniz gibi yeryüzündeki canlı çeşitliliği hayal edilemeyecek kadar çoktur. Belki henüz varlığından habersiz olduğumuz canlılar bile vardır.

Her canlı gibi bizler de neslimizin sürekliliği için yeni canlılar meydana getiriyoruz. Günümüzde embriyoloji bilimi o kadar ilerledi ki artık "Seni leylekler getirdi." gibi ifadelerle çocukların inanmasını beklemiyoruz. Çünkü çocuklar canlıların var oluşu hakkında Aristo'dan daha çok şey biliyor. Bir lise öğrencisinin sahip olduğu bilgi 16. yy embriyologlarından daha fazladır.

17. yy'ın ikinci yarısında Leeuwenhoek, mikroskobuyla yaptığı incelemelerinde spermleri gözlemledi ve bu yapıların üremeyle ilgili olduğunu spermlerde mikro insan taslağı bulunduğunu ifade etti. 18. yy'da dişi yumurtası keşfedildi ve bilim insanları mikro insan taslaklarının sperm hücrelerinde değil yumurta hücrelerinde bulunduğunu öne sürdüler. 19. yy'a geldiğimizde insanoğlu, nasıl var olduğunu anlama noktasında önemli bir adım attı ve anne karnındaki oluşumun evrelerini keşfetti. Bizleri meydana getiren erkek ve dişi üreme hücrelerinin özellikleri nelerdir, bu hücreler nerede, nasıl oluşur? Bunların olgunlaşması ve buluşması nasıl sağlanır, döllenmiş bir yumurtadan yeni bir birey nasıl meydana gelir? Bugün bilimin geldiği noktada bu soruların cevabı bulunmuş olsa da henüz cevabı bulunmamış soruların sayısı da oldukça fazladır.

Üreme ile meydana gelen yavrular anne babalarına benzmekle birlikte farklı özelliklere de sahiptir (Resim 2.15). Birçok benzerliğin yanı sıra, genetik çeşitlilik olarak adlandırdığımız bu farklılıklar anne-babadan yavrulara nasıl aktarılır? Benzerlik ve farklılıklarımızın sebepleri nelerdir? Büyük anne ve büyük babalarımızı meydana getiren sperm ve yumurta hücresinin birleşmesinde bizi oluşturacak olan hücreler de hazırlanmaktadır. Yani bizi meydana getirecek sperm ve yumurta hücresinin taslakları, anne ve babamızın üreme organlarında, onlar henüz anne karnında 6 haftalıkken oluşur. İşte bu iki hücre, milyonlarca kardeş hücreyle bizi meydana getirecek zigot oluşuncaya kadar birbirlerinden tamamen habersiz, anne ve babalarımızın vücudunda muhafaza edilir.



Dikkat!

Bir canlının oluşumu sırasında zigottan itibaren geçirdiği gelişim evrelerini inceleyen bilim dalına **embriyoloji** denir.



Resim 2.15. Kardeşler birbirleri ve anne babalarıyla benzerlik gösterir.

Günümüzde elde edilen bilgiye göre insan vücudunda en az 200 çeşit farklılaşmış hücre vardır. Bu hücreler zigottan gelişir. Bir tek hücreden bu kadar çok sayıda hücrenin nasıl farklılaştığını araştırmak embriyolojinin en ilgi çekici konularından biridir. Örneğin zigot neden bölünür, onun bölünmesini etkileyen faktörler nelerdir? İşleyişi nasıldır? Bölünme sonucu hep aynı olması beklenen hücreler nasıl değişmeye başlar? Mide, göz, beyin, akciğer, kalp ve kulak gibi organları oluşturmak için hücreler nasıl farklılaşır?

Anne-babalar, göz rengi, saç şekli, boy uzunluğu vb. pek çok özelliğin ortaya çıkmasını sağlayan genlerinde kodlanmış kalıtım bilgilerini, yavrularına nasıl aktarır?

Yaklaşık olarak 1000-1500 baz dizisinden oluşan ve gen adı verilen bu DNA parçaları bizim genomumuzu meydana getirir. DNA'nın kendini eşlemesi yavrulara aktarılabilecek genlerin de kopyalanıyor olması demektir. Genlerin kuşaklar arasında aktarılması kromozomlar sayesinde olur.

Eşeyli üreme sonucunda oluşan canlılar genetik çeşitliliğe sahip olur. Bu nedenle eşeyli üreyen bireyler hem kardeşlerinden hem anne ve babalarından farklı özelliklere sahiptir. Eşeyli üremede çeşitliliği sağlayan mayoz bölünme ve döllenmedir.

A. Mayoz



Resim 2.16. Mayozla oluşan polenlerin taşınmasında arılar rol oynar.

Hassas kişilerde solunum güçlüğü, göz yaşarması gibi alerjik tepkimelere sebep olmasına rağmen polenler insanlar için önemlidir. Polen meyve oluşumunda görev yapan hücrelerden biridir ve mayoz bölünmeyle oluşur. Meyve yetiştiricileri, meyve ağaçlarında tozlaşmayı sağlamak amacıyla arı kovanlarını meyve bahçelerinin yanına getirterek arı yetiştiricileriyle iş birliği yaparlar. Arılar çiçekten çiçeğe polen taşır (Resim 2.16). Bu işlem elmaların, kirazların ve kültür bitkilerinin ürün verimini artırır. Çoğu bitki ve diğer pek çok organizma eşeyli üremeyle çoğalır. Eşeyli üremenin temeli mayoz bölünme ve döllenmeye dayanır.

Mayoz bölünme, diploit hücrelerde kromozom sayısını yarıya indirerek haploit kromozom sayısına sahip gametler oluşturan özelleşmiş hücre bölünmesidir.

Mayoz bölünme ile üreme hücrelerinde kromozom sayısı yarıya indirilmiş ve o türün kuşaklar boyunca kromozom sayısı korunmuş olur. Bu durum tek bir DNA eşlenmesinden sonra arka arkaya iki hücre bölünmesiyle sağlanır.

Diploit canlılar mayozla haploit hücreleri oluşturur. Oluşan haploit hücreler gamet ya da sporlardır. Üreme hücreleri ve sporlar homolog kromozom çiftlerinin birer üyesini içerir.

Eşeyli üremede, döllenme sırasında gametler birleşir ve diploit kromozom takımı oluşur. Böylece mayoz bölünmeyle nesilden nesile genetik devamlılık ve kromozom sayısının sabit kalması sağlanır.

Eşeyli üremeyle bir türün bireyleri arasında genetik çeşitlilik artar. Anneden ve babadan gelen ve farklı özellikleri taşıyan kromozomlar döllenmeyle bir bireyde toplanır.

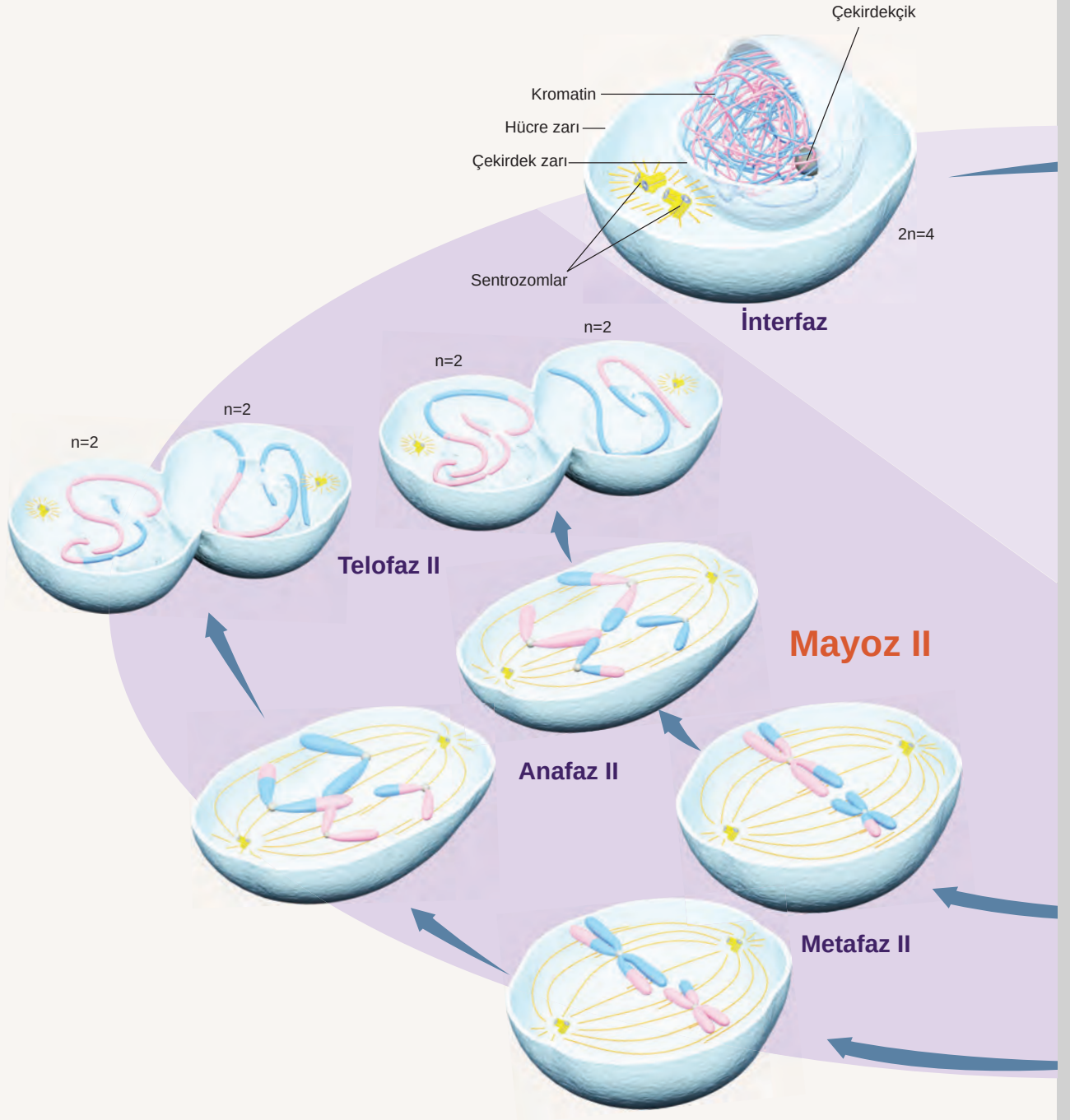
Bitki ve hayvanlarda genelde mayoz bölünmeyle üreme hücreleri meydana gelir. Farklı genetik özelliğe sahip gametlerin birleşmesi ile zigot oluşur. Oluşan zigotun mitoz bölünmeler geçirmesiyle yeni canlının gelişimi başlar.

Mayoz bölünme birbirini takip eden mayoz I ve mayoz II olmak üzere iki bölümden oluşur. Mayoz sonucunda dört kardeş hücre meydana gelir, bu hücrelerin her biri ana hücrenin yarıya kadar kromozoma sahiptir. Her iki bölünmede de mitoz bölünmede olduğu gibi profaz, metafaz, anafaz ve telofaz evreleri görülür.

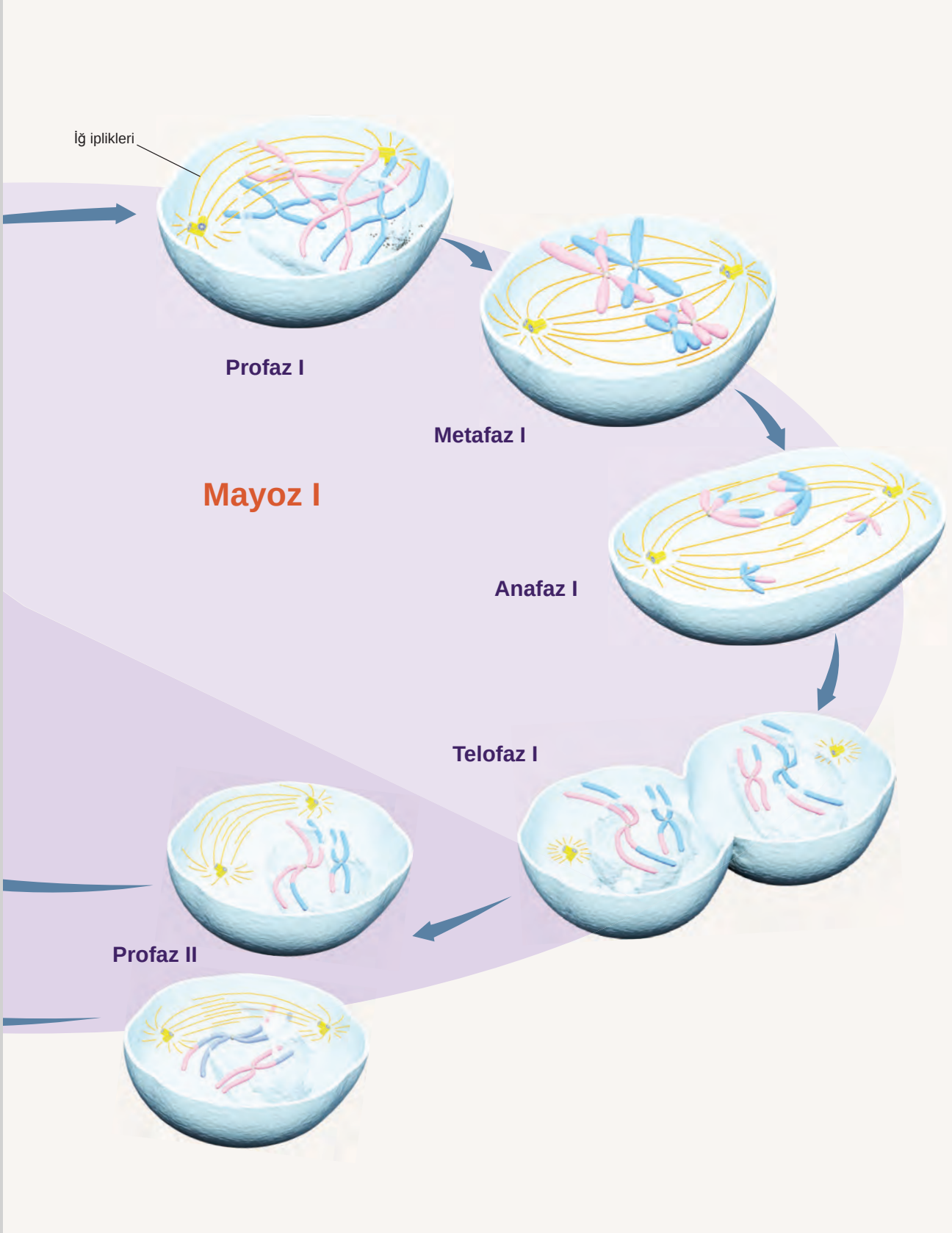
Diploit kromozom sayısına sahip üreme ana hücresi mayoz bölünmeye başlamadan önce bir hazırlık evresi geçirir. Bu hazırlık evresine **interfaz** evresi denir.

İnterfaz: DNA hücrede mitoz bölünmedeki gibi eşlenir. Her bir kromozom genetik olarak özdeş iki kromatitten oluşur. Kardeş kromatitler sentromer bölgesinden birbirine bağlıdır. Sentrozomlar eşlenir. İnterfaz evresinde üreme ana hücresinde büyüme, solunum, protein sentezi gibi metabolik olayların hızı çok yüksektir.

Mayoz bölünmenin mayoz I ve mayoz II evreleri aşağıdaki gibidir (Şekil 2.18).

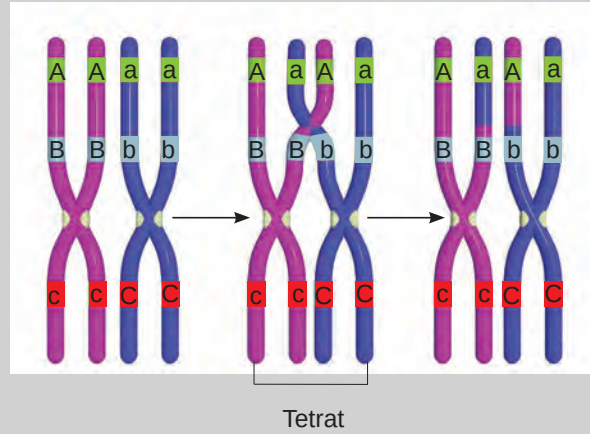


Şekil 2.18. Kromozom sayısı $2n=4$ olan bir hayvan hücresinde mayoz bölünme



Mayoz I

Profaz I: Mayozun en uzun ve en karmaşık evresidir. Profazın erken evresinde kromatin iplikler sarılıp yoğunlaşarak kısalır, kalınlaşır. Anne ve babadan gelen homolog kromozomlar yan yana gelir ve birbiri üzerine kıvrılır. Kromozomlar kısaltmaya devam ederek mitozda olduğu gibi belirginleşmeye başlar ve son şeklini alır.



Şekil 2.19. Homolog kromozomlarda krosing over (parça değişimi) gözlenir.

Homolog kromozom çifti yan yana geldiğinde dörtlü kromatit grupları oluşur (Şekil 2.19). Bu dörtlü gruplara **tetrat** denir. Tetratların sayısı haploit kromozom sayısına eşittir. Bu evrede homolog kromozom çiftleri yan yana gelerek birbirleriyle sarmal yapar. Bu olaya **sinapsis** adı verilir. Sinapsis sırasında homolog kromozomların kardeş olmayan kromatitlerinin birbirine dokunan parçacıkları arasında gen değiş-tokuşu olur. Bu olay **krosing over** olarak adlandırılır. Krosing over ile genetik bilgi alış verişi sağlanır.

Krosing over mayoz bölünmenin en önemli olayıdır. Parça değişimi olarak da adlandırılan bu olayla yeni gen kombinasyonları meydana gelir. Bu yolla aynı türün bireyleri arasında farklı özelliklerin ortaya çıkması sağlanmış olur. Aynı zamanda diğer olaylar mitoz bölünmede olduğu gibi devam eder. Sentrozomlar birbirinden uzaklaşır, aralarında iç iplikleri oluşur. Çekirdek zarı parçalanır, çekirdekçik görünmez olur. Sitoplazmada serbest kalan tetratlar, kinetokorlarından iç ipliklerine tutunur.

Metafaz I: Bu evrede homolog kromozomlar, tetratlar hâlinde ekvator düzlemine dizilir.

Anafaz I: İğ ipliklerinin kısalmasıyla homolog kromozomlar zıt kutuplara doğru hareket eder. Bu şekilde homolog kromozomların ayrılması oluşacak hücrelerdeki kromozom sayısının yarıya inmesini sağlar.

Telofaz I: Kromozomlar kutuplara ulaştığında her bir kutupta haploit kromozom takımı bulunur. Her bir kromozom iki kromatitlidir. Kromozomların çevresinde çekirdek zarı oluşur. İğ iplikleri kaybolur. Sitoplazma bölünmesi telofaz I ile aynı zamanda gerçekleşir. Sitoplazma bölünürken hayvan hücresinde boğumlanma, bitki hücresinde orta lamel oluşumu gözlenir. Sonuçta iki haploit hücre meydana gelir.

Mayoz II başlamadan önce mayoz I'de olduğu gibi interfaz evresi görülmez. Dolayısıyla DNA kendini eşlemez. Yalnızca sentrozomların kendisini eşlediği görülür.

Mayoz II

Mayoz I sonunda meydana gelen haploit hücreler, mayoz II'de tekrar bölünür ve haploit kromozomlu 4 hücre meydana gelir. Mayoz II ana hatlarıyla mitoz bölünmeye benzer. Bu aşamada sadece kardeş kromatitler birbirinden ayrılır. Kromozom sayısında değişiklik olmaz.

Profaz II: Telofaz I'den sonra görülen ve çok kısa süren bir evredir. Bazı organizmalarda telofaz I'den sonra hemen metafaz II evresi başlayabilir. Çekirdek zarı parçalanır. İğ iplikleri, kromatitlerin kinetokorlarına bağlanır.

Metafaz II: Kromozomlar, hücrenin ekvator düzlemine düzgün bir şekilde dizilir.

Anafaz II: Kardeş kromatitlerin sentromerleri birbirinden ayrılır. Her bir kromatit hücrenin zıt kutuplarına doğru çekilir.

Telofaz II: Kromozomlar kutuplara çekilince çekirdek zarı oluşurken bir yandan da sitoplazma bölünmesi gerçekleşir ve hücre ikiye bölünür.

Mayoz II sonunda diploit ($2n$) kromozom sayısına sahip bir hücreden haploit (n) kromozomlu dört hücre oluşur. Mayoz II sonunda oluşan bu hücreler gamet ise bölünme yetenekleri yoktur, spor ise bölünerek bir bireyi oluşturabilir.

Eşeyli üremenin temelini oluşturan mayoz, diploit bir hücrenin haploit (monoploit) bir gamet ya da spora dönüşmesiyle sona erer.



Dikkat!

Mayoz I'de homolog kromozom ayrılması görülür.



Dikkat!

Mayoz II'de kardeş kromatitler birbirinden ayrılır.

Kromozom eşlenmesinin ve birbirini izleyen iki bölünmenin sonucunda oluşan haploit hücreler, her bir homolog çiftin bir üyesini alır. Böylece yeni bireylerin genetik çeşitliliğe sahip olması sağlanır.

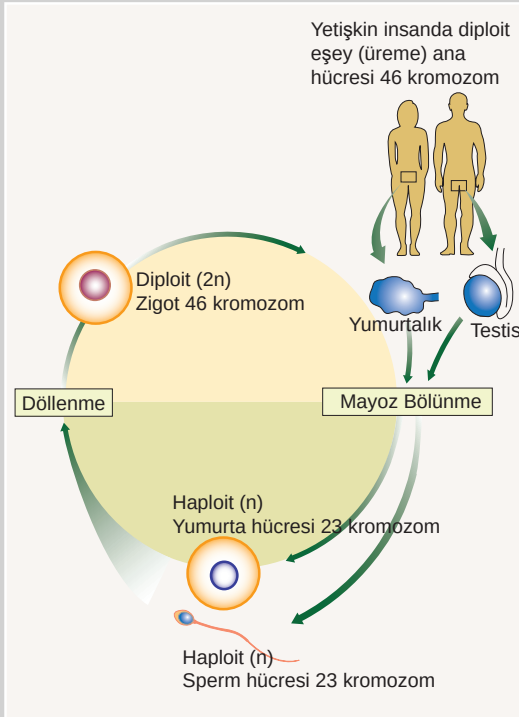
Mayoz bölünmenin önemi: Bir türün bireyleri arasındaki genetik çeşitlilik ve kromozom sayısının türler arasında sabit tutulması mayozla sağlanır. Her bir diploit hücrenin genetik bilgisi biri anneden, diğeri babadan gelen homolog kromozom çiftlerinde bulunur. Mayoz bölünmeyle haploit duruma geçen hücreler anne ya da babadan gelen homolog kromozomlardan birini taşır. Yani mayoz bölünme sonucunda her gamet, ata bireyin taşıdığı kromozom çiftlerinden sadece birini alabilir. Mayoz bölünmeyle eşeyli üreme sırasında genetik bakımdan farklı olan çok sayıda gamet oluşur.

Mayoz bölünmenin profaz I evresinde gerçekleşen, krosing over sırasında meydana gelen gen değişimi genetik çeşitliliğin nedenlerinden biridir. Bu durum yeni gen kombinasyonları meydana getirir.

İnsanda mayoz sonucu oluşan 23 kromozomlu gametlerde yaklaşık olarak 8 milyon olası kombinasyon meydana gelebilir ve buna krosing overin etkileri de eklendiğinde mayoz I'den kaynaklanan genetik çeşitliliğin potansiyel sayısı çok daha fazla

olur. Ayrıca eşeyli üreme sırasındaki rastgele eşleşmelerle de genetik çeşitlilik oranı artar. Örneğin gametinde 8 milyon farklı kombinasyon oluşabilen bir kişi eş olarak toplumdan birini seçeceğine göre bu iki kişi 64 trilyon (8 milyonun karesi) olası kombinasyonu temsil ediyor demektir. İşte aynı anne babadan meydana gelen kardeşlerin birbirinden çok farklı görünmesi, bu nedenle şaşırtıcı olmamalıdır.

Mayoz bölünmeyle genetik bilgi nesilden nesile aktarılır. Diploit (2n) kromozomlu üreme ana hücreleri mayoz bölünmeyle haploit (n) kromozomlu gametleri meydana getirir. n kromozomlu gametlerin döllenmesi sonucunda oluşan zigotun kromozom sayısı 2n olur. Böylece mayoz bölünmeyle kromozom sayısının nesiller boyunca sabit kalması sağlanır. İnsanda diploit ve haploit hücrelerin görüldüğü bu süreç yaşam döngüsü olarak adlandırılır (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. İnsan yaşam döngüsü

Memelilerde mayoz bölünme sonucunda oluşan erkek üreme hücreleri spermatogenez, dişi üreme hücreleri oogenez olayı ile farklılaşır.

Aşağıda spermatogenez ve oogenez aşamaları insan üreme hücreleri üzerinde açıklanmıştır.

1. Spermatogenez

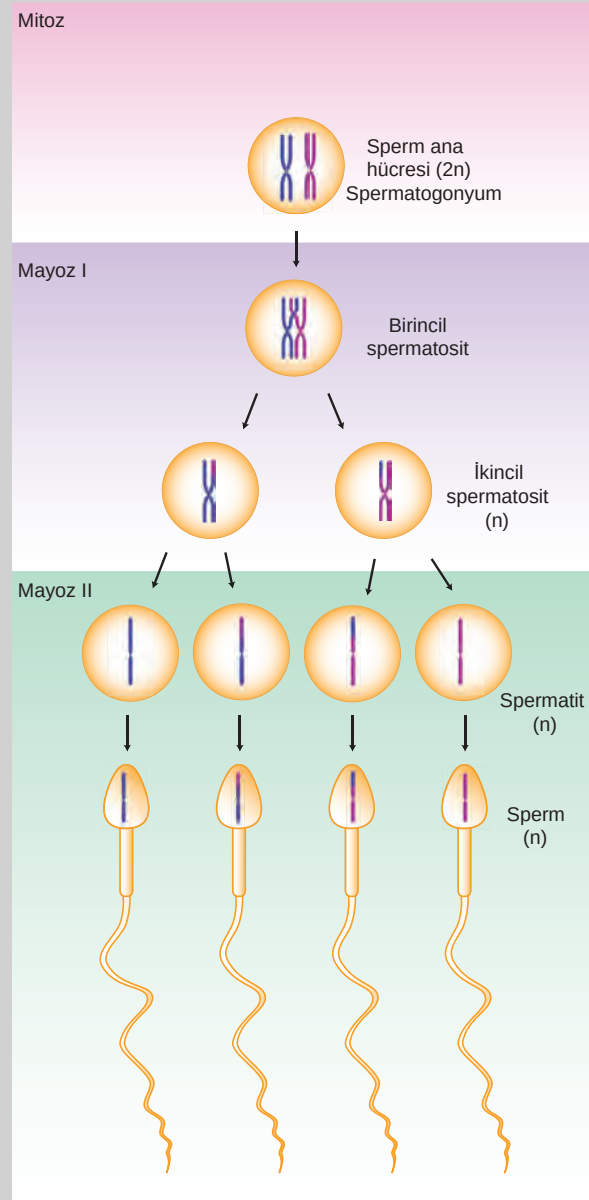
Spermiler erkek üreme sistemindeki özel yapılarda bulunan $2n$ kromozomlu sperm ana hücrelerinden oluşur. Bu hücelere spermatogonyum denir. Erkek birey erginliğe ulaşmadan önce spermatogonyumlar mitozla çoğalır. Mitozla yeni spermatogonyumların oluşması ergenliğe ulaştıktan sonra da devam eder. Spermatogonyumlar büyüyüp gelişerek mayozla hazırlanır. Bu hücelere birincil spermatosit denir. $2n$ kromozomlu spermatositlerden mayoz I sonunda haploit (n) kromozomlu iki hücre meydana gelir. Bu hücelere ikincil spermatosit denir.

İkincil spermatositlerden mayoz II sonunda spermatit adı verilen haploit (n) kromozomlu dört hücre oluşur.

Mayoz bölünmeyle erkek üreme organı olan testislerin (erbezlerinin) yapısındaki seminifer tüpçüklerinde spermilerin oluşmasına **spermatogenez** denir (Şekil 2.21).

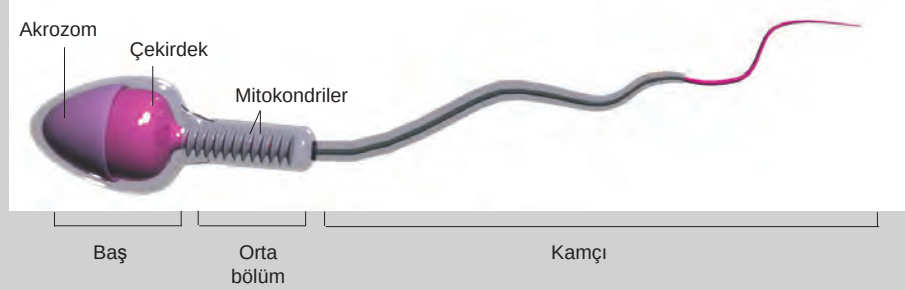
Spermatogenez sırasında oluşan sağlıklı bütün sperm (sperma) hücreleri eşit miktarda sitoplazma ve genetik materyal içerir ve eşit büyüklüktedir. Gelişmekte olan spermatitler seminifer tüpçüklerinden ayrılır, depo edilmek üzere erkek üreme sistemindeki özel bölümlere geçer, burada farklılaşarak hareket yeteneği kazanır.

Spermatogonyumdan hareketli sperm oluşuncaya kadar geçen zaman 65-75 gündür. Yetişkin erkeklerde her gün yaklaşık 3 milyon spermatogonyum bu sürece başlamaktadır.



Şekil 2.21. Erkek memelide sperm hücresinin gelişimi

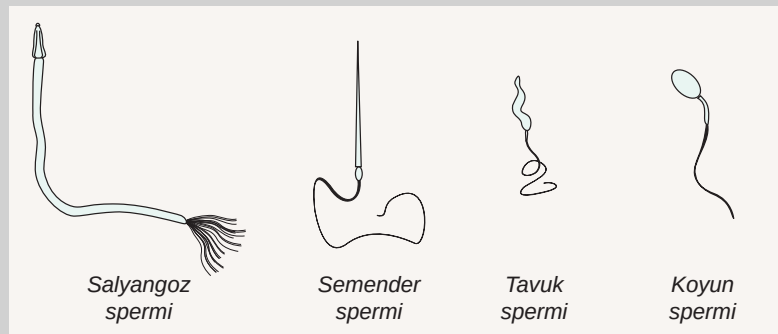
Spermin yapısı göreviyle uyumludur. Sperm; baş, orta bölüm ve kamçı olmak üzere üç kısımdan oluşur (Şekil 2.22).



Şekil 2.22. Memeli sperminin yapısı

Baş bölümünde n sayıda kromozoma sahip çekirdek bulunur. Başın uç kısmında akrozom vardır. Akrozom sindirim enzimleri içeren bir keseciktir. Yumurta hücresinin zarını eritmekte görev alır. Sperm orta bölümünde mitokondriler bulunur. Mitokondrilerin ürettiği ATP enerjisi, kamçının yapısını oluşturan mikrotübüller tarafından kullanılarak hareket sağlanır.

Kamçının meydana getirdiği dalgalı hareketlerle sperm sıvı ortamda yüzer. Kamçı hareketi, spermilerin döllenmeyi gerçekleştirmek üzere yumurtaya doğru hızla hareket etmelerini sağlar. Bağırsak solucanında (*Ascaris*) olduğu gibi bazı hayvanların sperminde kamçı yoktur. Bunlar amipsi hareket ederek yumurtaya ulaşır. Çeşitli türlerde ergin spermilerin şekil ve büyüklüğü farklılık gösterir (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Farklı canlılara ait sperm çeşitleri

Spermatogenezin başlaması türün üreme döngüsüne bağlıdır. Spermatogenez, yetişkin erkek bireylerde sürekli ya da belirli aralıklarla olabilir. Üreme dönemi belirli mevsimlerle sınırlandırılmış hayvanlar sadece bu dönemde sperm üretir. Bütün yıl boyunca verimli olan hayvanlarda sperm üretimi sürekli.

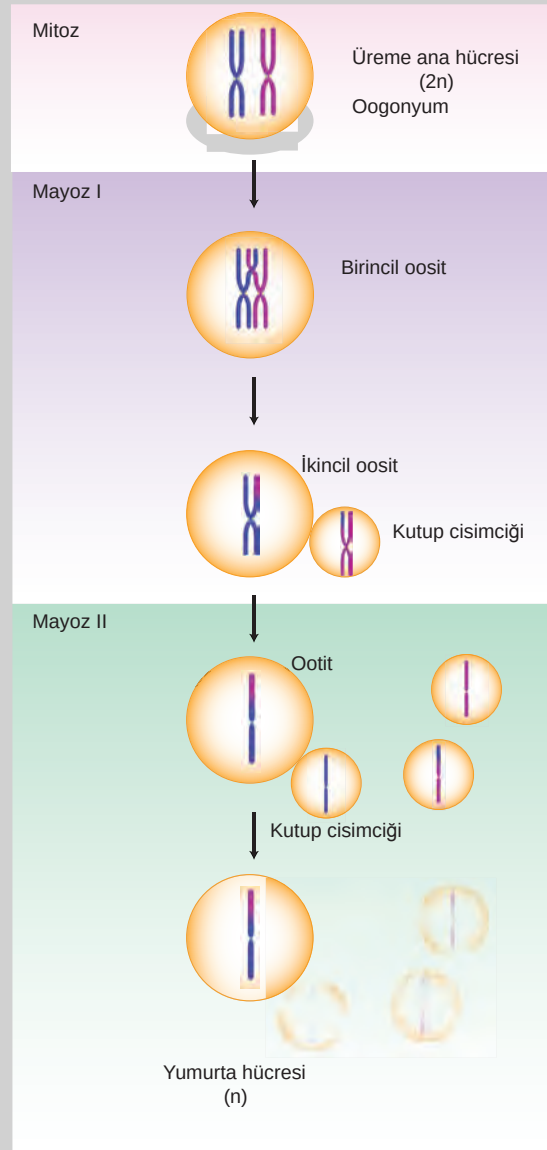
2. Oogenez

Dişi bireylerde yumurta hücresinin gelişimi anne rahminde başlar ve belirli bir yaşa gelinceye kadar sürer. Erkeklerde sperm sayısı sınırsız olmasına karşın yeni doğmuş bir kız çocuğunun yumurtalıklarında birincil oosit durumundaki hücre sayısı yaklaşık 300.000 kadardır. Bu yumurtalar ergenlik dönemine kadar birincil oosit olarak bekler. Ergenlik döneminden itibaren hormonların etkisiyle gelişimini tamamlar.

Eşeyssel olgunluğa erişmiş dişi bireyde, erkek bireylerde yaşanan gelişimlere benzer olaylar yaşanır. Bununla birlikte dişilerde, üreme hücreleri belirli dönemlerde oluşur. Belirli dönemlerde, dişi üreme sisteminin bir parçası olan yumurtalıklarda, mayoz bölünme ile yumurta hücresinin üretilmesine **oogenez** denir (Şekil 2.24). Yumurtanın korunması ve beslenmesi yumurtalık sayesinde olur. Yumurtalıkta çok sayıda kesecik (folikül) bulunur. Her kesecikte ise bir tane birincil oosit vardır. Her ay genellikle bir yumurta hücresi olgunlaşarak döllenmenin gerçekleşebilmesi için yumurtalığın dışına bırakılır.

Yumurta ana hücresi olan $2n$ kromozomlu oogonyumlar mayoz bölünmeye hazırlanır ve birincil oosit adını alır. Birincil oositte mayoz I sonunda biri büyük, diğeri küçük iki haploit (n) hücre oluşur. Bunlardan küçük olan kutup cisimciği, büyük olan ikincil oositir. Sitoplazmanın çoğu ikincil oositte toplanmıştır. Kutup cisimciği haploit kromozom sayısının sağlanması için oluşur.

Mayoz II sonunda, ikincil oositte biri büyük ve bol sitoplazmalı ootit, diğeri küçük kutup cisimciği olmak üzere iki haploit (n) hücre oluşur. Aynı zamanda Mayoz I'de oluşan kutup cisimciği de bölünmeye uğrayabilir ve böylece kutup cisimciklerinin sayısı üçe ulaşır. Daha sonra kutup cisimcikleri eriyip kaybolur. Ootit ise farklılaşarak olgun yumurta hücresini meydana getirir.



Şekil 2.24. Dişi memelide yumurta hücresinin gelişimi

Kromozomlar mayoz bölünme sonucu oluşan hücrelere eşit dağılır fakat sitoplazma eşit miktarda dağılmaz. Bunun sonucunda her bölünme sırasında sitoplazmanın neredeyse tümü bir yavru hücrede (ootit) toplanır.

Çok miktarda sitoplazmaya sahip olan hücre yumurta hücresini oluştururken küçük hücreler (kutup cisimcikleri) parçalanır. Böylece kromozom sayısı yarıya inerken büyük miktarda sitoplazma yumurta hücresine aktarılmış olur. Döllenmeden sonra embriyo gelişirken yumurta hücresindeki besini kullanır. Bu nedenle sitoplazmanın çoğunun yumurta hücresinde toplanması önemlidir.



Resim 2.17. Böcek yumurtaları



Şekil 2.25. Farklı canlılara ait yumurta çeşitleri

Her canlıda farklı büyüklük ve biçime sahip olan yumurta çeşitleri Şekil 2.25'te verilmiştir.

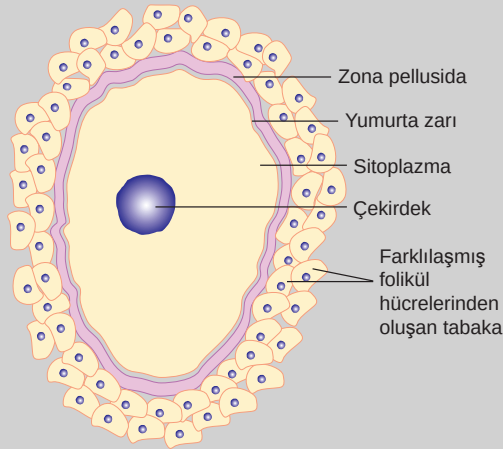
Pek çok canlıda yumurta zarını çevreleyen örtüye vitellin zar denir. Böcek yumurtaları vitellin zarın yanı sıra sert ve su geçirmez yapıda protein tabakalara sahiptir (Resim 2.17). Kurbağalarda ise yumurtanın kurumasını önleyen jel tabakası bulunur (Resim 2.18).



Resim 2.18. Kurbağa yumurtaları

Kuşlar, sürüngenler ve yumurtlayan memelilerde yumurta beyazı olarak adlandırılan yoğun bir protein çözeltisi vitellin zarını sarar. Yumurta beyazının dışında yumurta kabuğu da bulunur.

İnsanda yumurta hücresi, yaklaşık 150 mikron büyüklüğündedir. Bu büyüklük insan vücut hücrelerinin (örneğin lenfosit) 100 katı kadardır. Spermin küçük ve hareketli olmasına karşın yumurta büyük ve hareketsizdir. Yumurta hücresinin hacmi sperm hücresinin 250.000 katı kadardır.



Şekil 2.26. İnsan yumurtasının yapısı

Yumurta örtüleri birçok türde oositin gelişimi ya da döllenmesi sırasında oluşur. Örtülerin yapısı ve sayısı türe göre farklılık gösterebilir. Memelilerde yumurta zarı protein, glikoprotein ya da polisakkaritlerden oluşan ve zona pellusida adı verilen jel benzeri örtüyle çevrilidir (Şekil 2.26). Zona pellusida türe özgü yapıya sahiptir ve yumurta ile aynı türe ait spermilerin döllenmesini sağlar.

Memelilerde yumurta, gelişim aşamasında folikül hücreleri ile çevrilidir. Yumurtalık dokusundan gelişen bu hücreler yumurtayı besler ayrıca zona pellusidanın oluşumuna katılır. Yumurta bırakıldıktan sonra da farklılaşarak koruyucu bir örtü şeklinde yumurtayı çevreler.

Yumurtalıktan atılan yumurta döllenme kanalına (fallop tüpüne) geçer. Memelilerde döllenme burada gerçekleşir.

B. Döllenme

Döllenmenin gerçekleşmesi için yumurta ve spermin canlılık özelliğini kaybetmemesi gerekir.

Spermier dişi üreme kanalına bırakıldığında yumurta olgunlaşmış durumda olabildiği gibi ikincil oosit durumunda da olabilir. Her iki şekilde de döllenme gerçekleşebilir. Yani yumurtanın çekirdeği ile spermin çekirdeği kaynaşabilir. Eğer yumurta ikincil oosit durumunda ise çekirdeklerin kaynaşması mayoz II tamamlanıp yumurta olgunlaştıktan sonra gerçekleşir.



Biliyor musunuz?

İnsanda oogenezin profaz I evresinde oositler 40-50 yıl beklemede kalabilir. Bu duraklama sırasında oositler büyür, protein sentez hızı yüksektir. Döllenme gerçekleştikten sonra kullanılacak olan RNA ve proteinler bu evrede sentezlenir ve depolanır.

Mayoz bölünmenin metafaz II evresine gelen oositler döllenebilmek için bu evrede birkaç gün bekleyebilir. Döllenme gerçekleşirse gelişim devam eder, gerçekleşmezse yumurta parçalanır ve vücuttan atılır.

Sperm ve yumurta arasında özel bir etkileşim vardır. Her yumurta hücresi kendi türüne özgü cezbedici bir kimyasal madde salgılar. Bu madde spermin aktivitesini artırır ve yumurtaya yönelmesini sağlar. Böylelikle yumurtanın dölleme olasılığı artar.

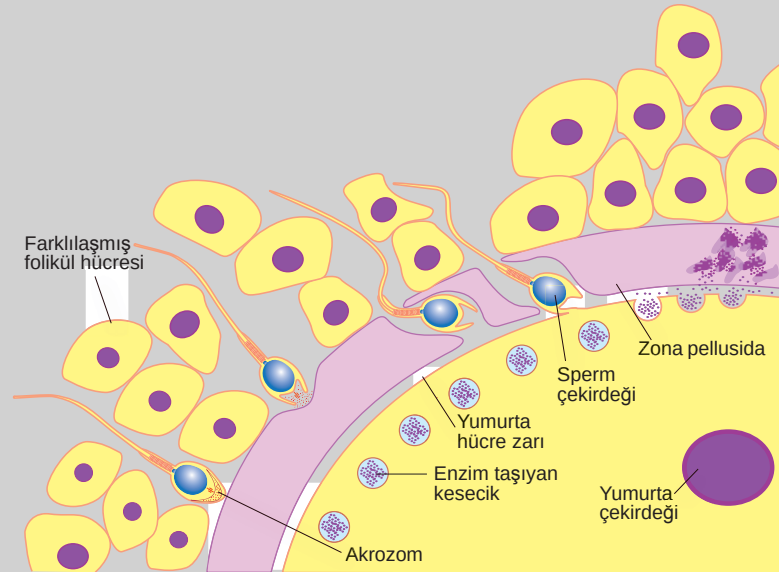
Memelilerde Şekil 2.27'de gördüğünüz gibi sperm farklılaşmış folikül hücrelerine doğru hareket eder. Yumurtanın zona pellusidasında reseptör molekülüne bağlanır. Bu bağlanma ile spermin akrozomunda bulunan sindirim enzimleri zona pellusida içine salgılanır. Enzimlerin yardımıyla sperm yumurta hücresinin zarına ulaşır, spermin zar proteinleri yumurta zarı üzerindeki reseptöre bağlanır. Yumurta zarı ile sperm zarı kaynaşır. Bu kaynaşma ile sperm hücresinin içeriği yumurtaya girer. Mayoz bölünmesi tamamlanmış olan sperm ve yumurtanın haploit çekirdekleri kaynaşır. Bu olaya **dölleme** denir.

Sperm hücresinin yumurtaya bağlanması yumurta örtülerinde değişiklikleri başlatır. Yumurta sitoplazmasında bulunan keseciklerden salgılanan enzimler zona pellusidanın sertleşmesini sağlar. Böylece zona pellusida çok sayıda spermin yumurta içine girmesini engeller. Yumurta hücresini dölmek için bir defada yaklaşık 200-300 milyonluk bir sperm ordusu yolculuğa başlar. Bunların büyük çoğunluğu yolculuk sırasında ölür. Bu uzun yolculuğun sonunda yumurtaya ulaşabilen spermlerden ancak bir tanesi yumurtayı döller.



Biliyor musunuz?

Boyları milimetrenin yaklaşık %1'i kadar olan sperm kendisini bekleyen yumurta hücresine 24 saat içinde ve boyunun hemen hemen 3 000 katı kadar bir yol alarak ulaşır. Bu durumu 170 cm boyundaki bir insanın yaklaşık 5 000 m'lik bir nehri yüzerek geçmesine benzetebiliriz.



Şekil 2.27. İnsanda bir sperm yumurta hücresini dölleme aşamaları

Döllenmiş yumurta hücresine **zigot** adı verilir. Mayoz bölünme ile gametlerde yarıya inen kromozom sayıları döllenme sonucunda yeniden iki katına çıkar. Döllenme ile yumurta hücresinin sitoplazması aktifleşir ve zigotun hücre döngüsü başlar.

İlk bölünmeler sırasında hücreler büyümmez. Sadece DNA'sını eşler ve hızla küçük hücrelere bölünür. Bu hücreler daha sonra yeni bir organizmayı oluşturacak şekilde bölünüp farklılaşarak gelişecektir.

Canlılarda döllenme, gerçekleştiği ortama göre dış döllenme ve iç döllenme olarak ikiye ayrılır.

Yumurta ve spermin canlı vücudu dışında birleşmesi **dış döllenme**dir. Bu çeşit döllenme deniz solucanı, balık, kurbağa, yumuşakçalar gibi suda yaşayan canlılarda görülür. Dişi canlının suya bıraktığı yumurtaların üzerine erkek tarafından çok sayıda sperm bırakılarak döllenme gerçekleştirilir. Dış döllenmede yumurta ve spermin buluşmasını olumsuz çevre koşulları engelleyebilir. Bu sebepten dış döllenmede sperm ve yumurta sayısının çok olması, gametlerin akıntının az olduğu ortamlara bırakılması gibi uyumlar döllenme şansını artırır.

Karasal canlıların birçok türü yumurta ve spermleri olumsuz çevre koşullarından korumak için iç döllenme gerçekleştirir. Yumurta ve spermin canlı vücudunda birleşmesi **iç döllenme** olarak adlandırılır. İç döllenme sürüngen, kuş, memeli gibi daha çok karada yaşayan canlılarda görülmekle birlikte, balina, yunus, fok gibi suda yaşayan memeliler ile bazı balıklarda (köpek balığı vb.) da görülür. Bu döllenme çeşidinde çiftleşme organı aracılığıyla spermler dişi vücuduna nakledilir. Böylece gametler kara hayatının olumsuz koşullarından korunmuş olur.

Canlılarda genetik çeşitlilik sadece mayoz bölünme ve eşeyli üremeye değil, konjugasyon ve partenogenez gibi farklı yollarla da sağlanabilir.

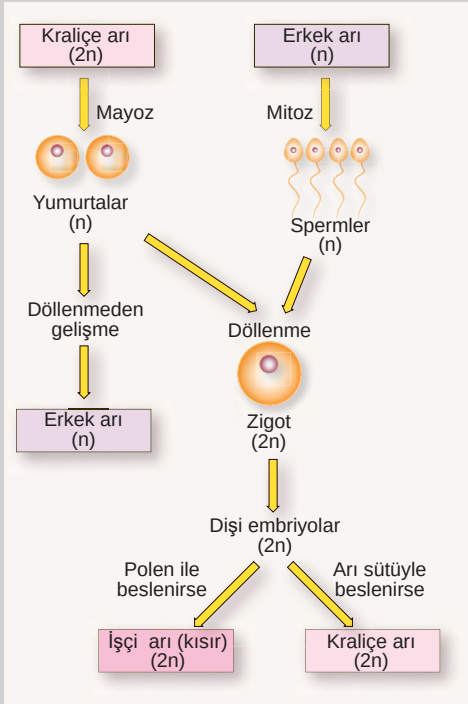
C. Partenogenez

Ekleme bacaklılardan arılarda, su pirelerinde, karıncalarda, yaprak bitlerinde ve bazı kelebeklerde görülen üreme şeklidir. **Partenogenez** döllenmemiş yumurta hücresinden yeni bireyin meydana gelmesidir. Ekleme bacaklıların dışında bazı balık türlerinde, kurbağalarda, sürüngenlerde ve bazı kuşlarda da partenogenezle üreme görülebilir.



Biliyor musunuz?

Yumurtalıktan ayrılan yumurtanın ömrü insanda 48 saat, balık ve kurbağada 1-2 dakikadır. Spermin dişi üreme organı içinde ömrü insanda 3 gün, kraliçe arıda 1-2 yıl, suda dış döllenme yapan hayvanlarda ise 1-2 dakikadır.



Şekil 2.28. Bal arısında partenogenez

Bir bal arısı kovanında kraliçe arı, işçi arılar ve erkek arılar bulunur (Şekil 2.28). Döllenen yumurtadan gelişen kraliçe ve işçi arılar dişidir. Polenle beslenen dişi larvalar işçi arı, arı sütüyle beslenenler kraliçe arı olur.

Kraliçe arı 2n kromozomlu olup üretkendir, mayoz bölünmeyle n kromozomlu yumurtaları üretir. Kovandaki en iri, en gösterişli arı, kraliçe arıdır.

İşçi arılar 2n kromozomludur ancak üreme yetenekleri körelmiş, kısır bireylerdir. Küçük vücutlu olan bu arılar, balın üretimi, larvaların beslenmesi ve kovanın bakımından sorumludur.

Erkek arılar döllenen yumurtanın gelişmesiyle yani partenogenez ile oluşur. Bunlar sperm üretiminden sorumlu, n kromozomlu bireylerdir. Spermelerini mitoz bölünmeyle üretirler.



Resim 2.19. Kamçı kuyruklu kertenkelede partenogenez görülür.

Omurgalılardan olan kamçı kuyruklu kertenkelelerin (*Cnemidophorus*) bazı türlerinde sadece partenogenezle üreme görülür (Resim 2.19). Bu türlerde yalnız dişi bireyler vardır. Üreme mevsiminde bazı dişiler, erkek rolü üstlenerek çiftleşme taklidi yapar. Bu sayede dişi bireyin yumurtlaması sağlanır. Yumurta hücreleri meydana gelirken mayoz II'de oluşan n kromozomlu yumurta hücresi ile yok olması beklenen n kromozomlu kutup hücresi yan yana gelir. Yumurta hücresinin kromozomu ile kutup hücresinin kromozomları kaynaşır. Böylece yumurta döllenenmeden gelişerek 2n kromozomlu bireyleri oluşturur. Ergin bireyin hücreleri 2n kromozomludur.

Döllenen hindi yumurtalarının %30-40'ı partenogenezle belirli embriyonik evrelere kadar gelişebilir. Tavuk yumurtalarının ortalama 1/10 000'inde döllenenmeden partenogenezle gelişme sonucu horoz meydana geldiği görülmüştür.



Düşünelim- Araştırılım

Deneyisel partonegenез kurbağadan başka canlılarda görülebilir mi? İnternetten ve çeşitli kaynaklardan araştırınız. Edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

Normal olarak partenogenetik gelişime uğramayan türlerin yumurtaları sıcaklık, pH ve ortamdaki suyun tuzluluk dereceleri değiştirilerek ya da yumurta kimyasal ve mekanik uyarıcılarla uyarılarak döllenenmeden yapay olarak geliştirilebilir. Bu olaya deneyisel partenogenez denir. Örneğin kurbağa yumurtasına toplu iğne ucuyla dokunulduğunda yumurta dölleniş gibi uyarılır ve kromozomlarını eşleyerek bölünmeye başlar.

D. Konjugasyon

Konjugasyon bazı canlılarda genetik çeşitliliğin sağlanmasında etkili bir yoldur.

Genetik özellikleri farklı, aynı türden iki hücre yan yana gelerek aralarında kurulan sitoplazma köprüsü ya da tüp şeklindeki bir bağlantı sayesinde birbirlerine gen aktarır. Buna **konjugasyon** denir. Aşağıda bir hücrelilerde görülen konjugasyon örnekleri verilmiştir.

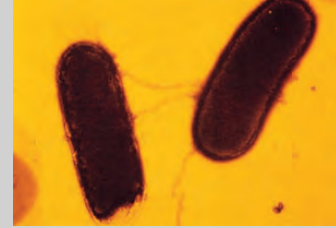
Bakterilerde konjugasyon: Genetik bilgi bir bakteriden diğerine konjugasyon ile aktarılır (Resim 2.20). Bazı bakteriler pilus adı verilen uzantılara sahiptir. Gen aktarımı yapacak bakteri pilus aracılığıyla gen alacak bakteriye tutunur ve aralarında sitoplazmik köprü oluşur. Tüp şeklindeki bu bağlantıdan plazmit aktarımı olur.

Bakteri hücrelerinde asıl DNA'dan başka **plazmit** adı verilen küçük DNA halkaları bulunur. Bakteriler plazmitlerini birbirlerine aktarabilir. Aktarılan bu DNA parçası F plazmidi olarak adlandırılır. F plazmidi bulunduran bakteri vericidir ve F^+ ile gösterilir. F plazmidi bulundurmeyan bakteri alıcıdır ve F^- ile gösterilir.

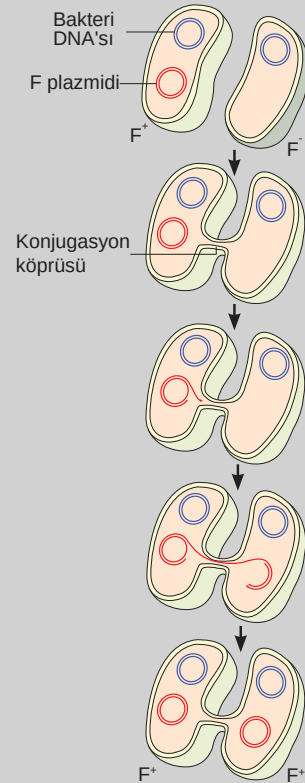
Gen aktarımı tek yönlü olup F^+ dan F^- ye doğrudur. Konjugasyon sırasında F^+ plazmidi olan DNA ipliğinin biri alıcı hücreye geçerken diğer iplik, verici hücrede kalır. Tek iplikler eşlenir. Bunun sonucunda her iki bakteride F plazmidi bulunur (Şekil 2.29).

Bazı bakteriler, antibiyotiklere karşı direnç gösteren genlerin bulunduğu R plazmitini taşırlar. Direnç genleri bakteri popülasyonlarında konjugasyonla kısa zamanda yayılır. Bu genleri taşıyan bakterilerin sayısı hızla artar. Hastalığa neden olan bazı bakteriler bilinen bütün antibiyotiklere karşı direnç geliştirmektedir. Bu durum, enfeksiyon hastalıklarıyla uğraşan hekimleri ve araştırmacıları oldukça endişelendirmektedir.

Konjugasyon sonucu bakterilerde genetik çeşitlilik artar. Bu sayede yüksek ya da düşük sıcaklık, besin kıtlığı ve kuraklık gibi olumsuz yaşam şartlarında hayatta kalma şansı artar.

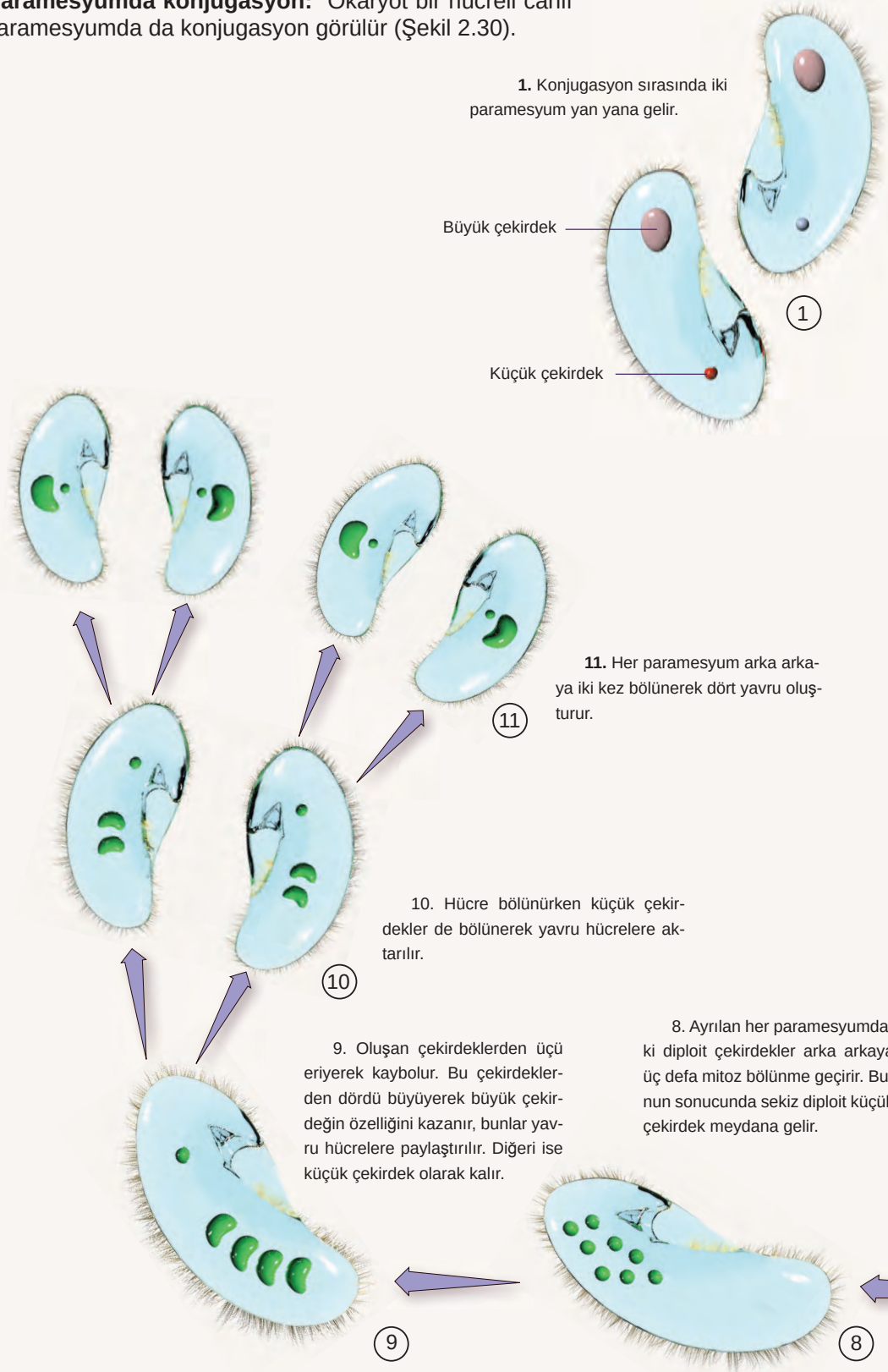


Resim 2.20. Bakterilerde konjugasyonun mikroskop görüntüsü

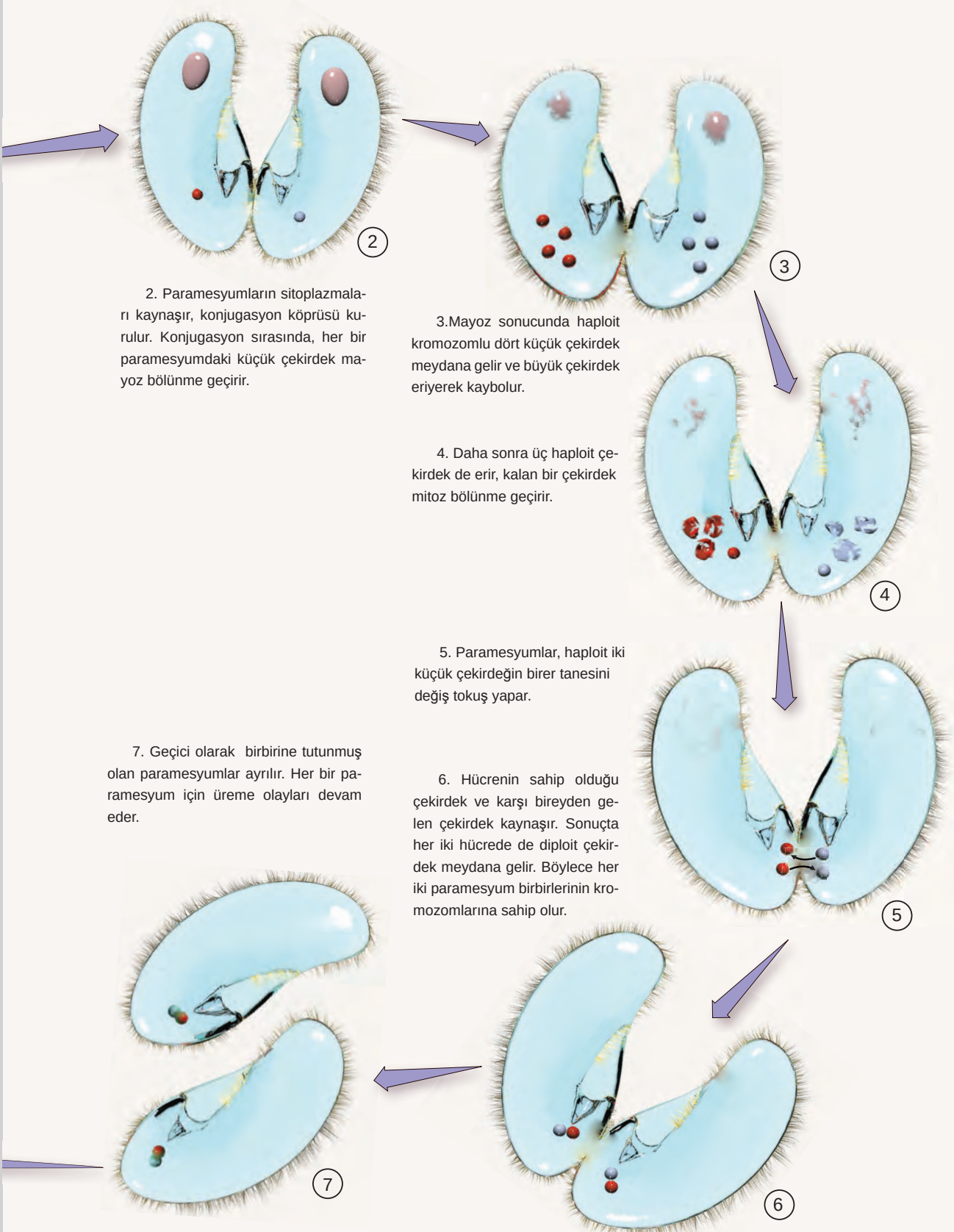


Şekil 2.29. Bakteride konjugasyon ile genetik çeşitlilik sağlanır.

Paramesyumda konjugasyon: Ökaryot bir hücreli canlı olan paramesyumda da konjugasyon görülür (Şekil 2.30).



Şekil 2.30. *Paramecium caudatum*'da konjugasyon





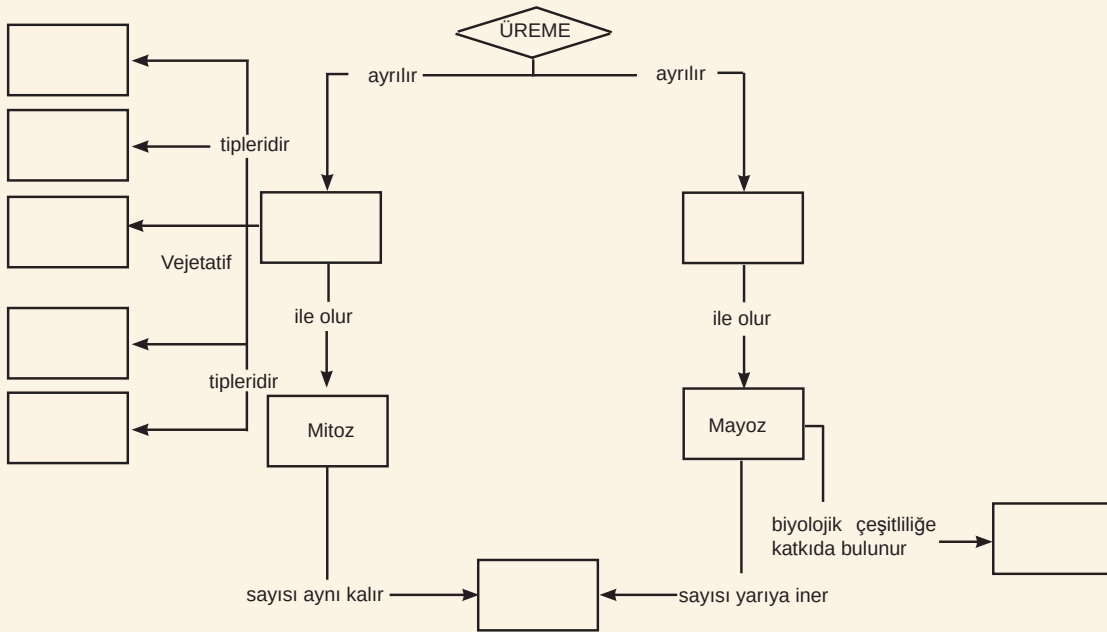
Konu Sonu Değerlendirme

A. Aşağıdaki kavram haritasını inceleyiniz.

Kavram haritasında boş bırakılan kısımları parantez içinde verilen sözcüklerden uygun olanı seçerek tamamlayınız.

(Metafaz, eşeyli üreme, kromozom, krosing over, ikiye bölünme, gamet, eşeysiz üreme, tomurcuklanma, konjugasyon, rejenerasyon, diploit, zigot, haploit, sporla üreme, evre)

Kavram haritasının altında boş bırakılan yere, haritayı kullanarak üreme ile ilgili anlamlı bir paragraf yazınız.



.....

.....

.....

.....

.....

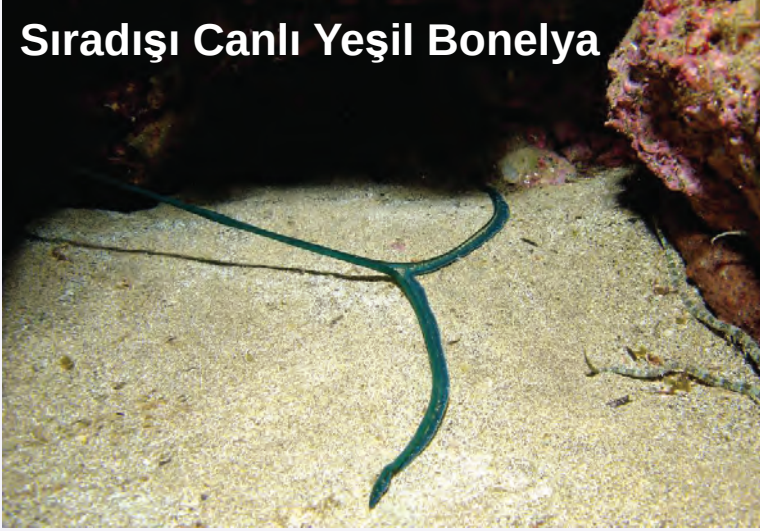
B. Aşağıdaki tablonun üçüncü sütununda sıralanan kavramlara ilişkin bilgiler ikinci sütunda verilmiş ve birinci sütunda numaralandırılmıştır. Kavram ve tanım eşleştirilerek doğru numarayı parantez içine yazınız.

I	II	III
1	Paramesyum ve bakterilerde genetik bilginin bir bireyden diğerine aktarımı.	() Yumurta hücresi
2	Homolog kromozom çiftlerinin yan yana gelerek oluşturduğu dörtlü kromatit grupları.	() Konjugasyon
3	Mayoz bölünmede, homolog kromozomların kardeş olmayan kromatitleri arasında görülen ve genetik çeşitliliğe neden olan olay.	() Mayoz bölünme
4	Dişi vücudunda oluşan üreme hücresi.	() Tetrat
5	Yumurtalıkta bulunan, içinde yumurtanın geliştiği kesecik.	() Profaz I
6	Diploit hücrelerde, kromozom sayısını yarıya indirerek haploit kromozom sayısına sahip yavru hücreler oluşturan bölünme şekli.	() İç ve dış döllenme
7	Krosing over ile yeni gen kombinasyonlarının meydana geldiği mayoz bölünme evresi.	() Folikül
8	Canlılarda görülen döllenme şekilleri.	() Partenogenez
9	Döllenmemiş yumurtaların gelişerek yeni bir birey oluşturmaması.	() Krosing over
10	Memelilerde yumurta hücresini çevreleyen glikoprotein yapısında örtü.	() Zona pellusida



Okuma Metni

Sıradışı Canlı Yeşil Bonelya



Ülkemiz denizlerinin en ilginç canlılarından biri de yeşil bonelyadır (*Bonellia viridis*). Bu canlı deniz solucanlarının bir türü aslında. Echiura olarak bilinen kaşık solucanları şubesinin bir üyesi. Yeşil renkli bir torbaya benzeyen görüntüsüyle su altının renkli canlılarından biri. Bir özelliği de kendisini çok iyi

saklaması. Dolayısıyla dalış yapanlar bile onu çok az görebiliyor. İlginç olmalarının nedeni erkekleriyle dişilerinin çok farklı büyüklüklerde olması. Dişiler ortalama 100 mm (en fazla 150 mm) boylarında olur. Bunun yanında, vücutlarında uzatıp kısaltabildikleri, ucu çatallı hortuma benzer bir yapı daha bulunur. Hortumla beraber uzunlukları 1500 mm kadar olabilir. Erkek bireylerin boylarıysa ortalama 2 mm kadardır (1-3 mm arasında değişir). Bu kadar küçük olmalarından dolayı, dışide olan organların birçoğu (örneğin hortum) erkeklerde bulunmaz. Dişiler, erkek bireylerden yaklaşık 750 kat daha büyüktür. Bu durum, bizim için şaşırtıcı olsa da, su altının farklı koşullarında yaşamda kalmak için gelişen evrimsel bir uyum denebilir.



Serçenin boyu: 10 cm
Uçağın boyu: 7530 cm



Yeşil bonelyada dişile erkek arasındaki büyüklük farkına kabaca bir benzetim yapmak gerekirse, dünyanın en uzun yolcu uçağı olarak kabul edilen Airbus A340-600 tipi uçağıyla bir ev serçesini karşılaştırabiliriz. Uçağı dişî birey, serçeyi de erkek bir erkek birey olarak düşünürsek aralarındaki fark daha kolay anlaşılabilir.

Nerede Yaşıyor, Nelerle Besleniyorlar?

Yeşil bonelyaların yaşam ortamı yalnızca denizlerdir. Dişi bireyler kumlu çamurlu zeminlerde, zemin içine oydukları çukurlarda ya da kaya yarıklarının içinde yaşar. Çok az yer değiştirirler. Daha çok kıyıya yakın yerlerde bulunurlar. Buna karşın bu canlılara rastlamak oldukça zor. En fazla inebildiği derinlik 100 m. En çok sevdikleri yiyecek deniz bitkileri. Bunun yanında çamur içindeki çürümüş canlı atıklarını da yerler. Erkek bireylerin yaşam alanı bulma ve beslenme gibi sorunları yoktur. Dişilerin üzerinde (ağız içi ya da üreme organının yanında) yaşarlar. Dişilerin sindirdiği ya da aldığı besinlerle beslenirler. Bir dişinin üzerinde 70–80 tane erkek birey yaşayabilir.

**Cinsiyetlerinin Ne Olacağını Çevre Belirliyor!**

Yeşil bonelyada cinsiyet, rastlantısal olarak belirleniyor. Yumurtadan çıkan larva su içinde serbest olarak yüzerken ergin bir dişiye rastlarsa onun üzerine yerleşir ve yaşamına erkek olarak devam eder. Dişi bireye rastlamazsa dibe çökerek bir yere yerleşir ve dişi olur. Bunların yanında erkek bireyler, bazen dişinin üzerinden düşerler ya da dişi onları atabilir. Benzer durumda ortada kalan erkekler yavaş yavaş değişerek dişi hâline döner. Roller değişir ve bu yeni dişi üzerine yerleşen erkekleri beslemeye başlar. Dişilerin erkekleri üzerinde taşımaları ve beslemelerinin nedeni, üreme zamanı geldiğinde döllenmenin kolaylıkla gerçekleşmesi ve garanti altına alınması. Çok yavaş hareket eden bu canlılar için üreme zamanlarında eş aramak hem zaman hem de fazladan enerji kaybı demek. Ayrıca arasalar bile birbirlerini bulma şansları da çok düşük. Dişi üzerinde yaşayan erkeğin tek yaptığı iş ise döllenmenin gerçekleşmesini sağlamak.

Bülent Gözcelioğlu

Türkiye Doğası

Bilim ve Teknik Dergisi, Şubat 2007



Ölçme ve Değerlendirme

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Mitoz bölünmedeki anafaz evresinin en belirgin özelliğini açıklayınız.

.....

.....

.....

2. $2n=34$ kromozomlu bir üreme ana hücresi, mayoz bölünme sırasında kaç tetrad oluşturur?

.....

.....

.....

3. Vücudumuzda yenilenme özelliği fazla olan dokular hangileridir?

.....

.....

.....

4. Kromozom sayısının dölden dölle sabit kalması eşey hücrelerinin hangi özelliğine bağlıdır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

5. Diploit kromozomlu hücrelerden haploit (monoploit) kromozomlu hücrelerin oluşması hangi bölünmenin gerçekleştiğini gösterir?

.....

.....

.....

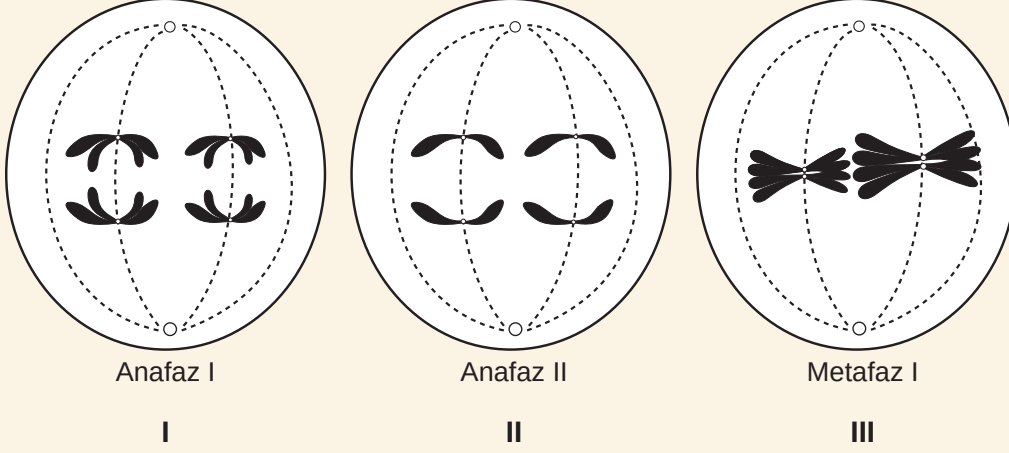
6. Mitoz bölünme geçiren bir hücrenin metafaz evresinde 92 kromatit sayılmaktadır. Buna göre bu hücrenin kromozom sayısı kaçtır?

.....

.....

.....

7. $2n=4$ kromozomlu bir hayvan hücresinin mayozla bölünme sürecindeki bazı evreleri, aşağıdaki şekillerde karışık bir sıralamayla verilmiştir.



Mayoz bölünmeyle ilgili bilgilerinizi hatırlayarak evrelerin doğru sıralamasını yazınız.

B. Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri verilen ifadelerle tamamlayınız.
(homolog kromozom, spermatogenez, tetrat, kardeş kromatit, testis, mayoz, vejetatif, rejenerasyon, boğumlanma)

1. Kromozom sayısı 24 olan diploit bir hücre.....bölünmeyle kromozom sayısı 12 olan dört hücre oluşturur.
2. Homolog kromozom çiftleri yan yana geldiğinde oluşturduğu dörtlü gruplara denir.
3. İnsanda mayoz bölünme erkek üreme organı olan gerçekleşir. Sonuçta oluşan hücreler farklılaşarak spermleri oluşturur. Bu olaya denir.
4. Mayoz bölünmenin anafaz I evresindebirbirinden ayrılarak zıt kutuplara doğru çekilirken anafaz II evresinde birbirinden ayrılır ve zıt kutuplara doğru çekilir.
5. Bitkilerde çelik, sürünücü gövde, rizom gövde gibi yapılarla gerçekleşen üreme çeşidiüremedir.
6. Parçalara ayrılan planaryadan ile yeni yavrular oluşur.
7. Sitokinez hayvan hücrelerinde ile olur.

C. Aşağıda verilenleri dikkatlice okuyunuz, ifade doğru ise “D” harfini işaretleyiniz, yanlış ise “Y” harfini işaretleyerek doğrusunu yandaki kutucuğa yazınız.

- | | | | |
|-----|--|------------|--|
| 1. | Vejetatif üretme yapmanın bir şekli de aşılamaadır. | (D)
(Y) | |
| 2. | Mayoz II sonunda 4 tane haploit kromozomlu hücre meydana gelir. | (D)
(Y) | |
| 3. | Homolog kromozomlar; biri anneden diğeri babadan gelen, şekil ve büyüklükleri birbirine eşit, aynı kalıtsal özellikleri kontrol eden kromozom çiftleridir. | (D)
(Y) | |
| 4. | “n” sayıda kromozom taşıyan hücelere diploit hücre denir. | (D)
(Y) | |
| 5. | Maya mantarları gibi bazı bir hücreli canlılarda, hidra ve mercan gibi omurgasızlarda tomurcuklanma ile üreme görülür. | (D)
(Y) | |
| 6. | Bazı bir hücreli canlılarda, mantarlarda rejenerasyonla üreme görülür. | (D)
(Y) | |
| 7. | Tetratların sayısı haploit kromozom sayısına eşittir. | (D)
(Y) | |
| 8. | Döllenmiş yumurta hücresine sperm denir. | (D)
(Y) | |
| 9. | Yaraların iyileşmesi mitoz ile gerçekleşir. | (D)
(Y) | |
| 10. | Mayoz geçiren bir hücre tekrar mayoz geçirebilir. | (D)
(Y) | |

D. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

1. Diploit bir hücre önce bir mitoz bölünme, ardından mayoz bölünme, mayoz bölünme tamamlandıktan bir süre sonra ise yeniden bir mitoz geçirmiştir.

Buna göre tek bir ana hücreden oluşan hücrelerle ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- A) İlk mitozda iki diploit hücre aynı genotiptedir.
- B) Mayoz bölünme tamamlandığında, ilk hücreden 4 haploit hücre oluşur.
- C) Mayoz bölünme tamamlandığında, ilk hücreden oluşan hücreler 4 ayrı genotipte olabilir.
- D) Son mitoz bölünmeyle ilk hücreden 16 haploit hücre oluşur.
- E) Son mitoz bölünmeyle ilk hücreden oluşan haploit hücreler, 4 ayrı genotipte olabilir.

(ÖYS 1997)

2. Aşağıdakilerden hangisi, mitoz bölünme ile mayoz I bölünmesinin ortak özelliklerinden biridir?

- A) Homolog kromozomların ayrı kutuplara çekilmesi
- B) Kromatitler arasında parça değişiminin gerçekleşmesi
- C) Tetratların oluşması
- D) Başlangıçtaki kromozom sayısının iki katına çıkması
- E) Bölünme tamamlandığında kromozomların taşıdığı tüm özelliklerin yavru hücrelere eşit olarak aktarılmış olması

(ÖSS 2002)

3. Diploit ($2n$ kromozomlu) bir canlıda,

- I. Sperm ana hücresindeki
- II. Zigot hücresindeki
- III. Yumurta hücresindeki

kromozom sayılarından hangileri, vücut hücresindeki kromozom sayısına eşittir?

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

(ÖSS 2002)

4. I. Epitel hücresi
II. Alyuvar hücresi
III. Sperm hücresi
IV. Yumurta hücresi
V. Kas hücresi

Yukarıdaki hücrelerin hangileri mitoz bölünme sonucu oluşmaz?

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

5. Bir deri hücresinin mitoz bölünmesi sonucu oluşan iki hücrede;

- I. Organel sayısı
II. Protein sentez hızı
III. Çekirdekdeki DNA miktarı
IV. Kromozom sayısı

gibi özelliklerden hangileri, her zaman aynıdır?

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

6. Vejetatif üremeyle çoğalan bitkilerin boyuna büyümeyi sağlayan hücrelerinde;

- I. Sitoplazma bölünmesi
II. Homolog kromozomların ayrılması
III. Orta lamel oluşması
IV. Sentrozom bölünmesi
V. Kromatitlerin kutuplara çekilmesi

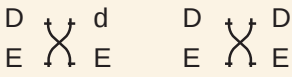
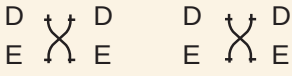
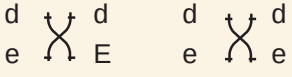
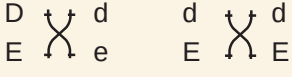
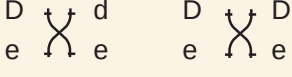
olaylarından hangileri görülmez?

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

7. Aşağıdaki çoğalma olaylarının hangisinde krosing over görülebilir?

- A) Balıktan yeni bir balık oluşması
- B) Planaryada bölünen parçanın yenilenmesi
- C) Öglenanın mitozla bölünmesi
- D) Maya hücresinin tomurcuklanması
- E) Bitki gövdesindeki gözlerden yeni bitki oluşması

8. Mayoz bölünme sırasında aşağıda verilen homolog koromozomlardan hangisinde krosing over görüldüğü hâlde kalıtsal çeşitlilik olmayabilir?

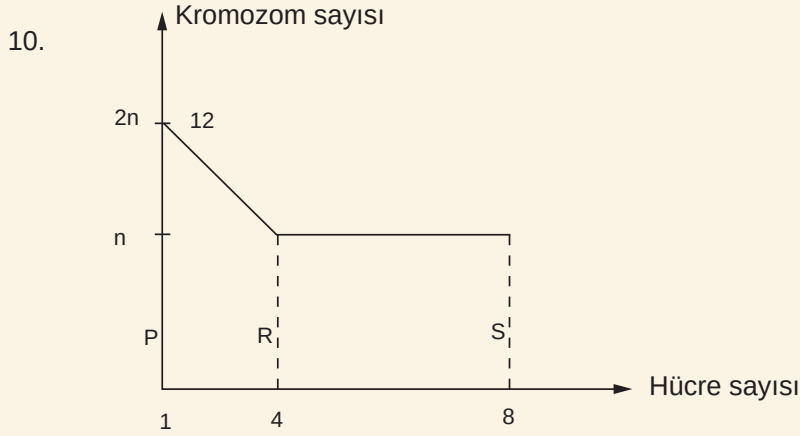
- A) 
- B) 
- C) 
- D) 
- E) 

9. Hücre bölünmesinin kontrolünde;

- I.Genetik materyalin çoğalması
- II.Koful sayısının artması
- III.Lizozom sayısının çoğalması
- IV.Hücrenin büyümesi

olaylarından hangileri etkilidir?

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



Yukarıdaki grafikte $2n=12$ kromozomlu bir hücrenin mayoz ve mitoz bölünmeleri sonucunda meydana gelen hücre sayıları gösterilmiştir.

Buna göre P hüccresinde bölünmeler sonucu oluşan R, S hücrelerindeki kromozom sayıları aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

P	R	S
A) 6	6	12
B) 6	12	12
C) 12	6	6
D) 6	6	6
E) 12	12	6

11. **Bal arılarının çoğalmasında ve gelişmesinde aşağıdakilerden hangisi her zaman gerçekleşmez?**

- A) Yumurtaların oluşumunda mayoz bölünmenin olması
- B) Spermaların, kraliçe arıların vücudunda depolanması
- C) Spermaların monoploit olması
- D) Larva dönemindeki beslenme farklılığının kraliçe ve işçi arı farkına yol açması
- E) Yumurtaların hepsinin döllenmesi

(ÖYS 1987)

12. Canlılarda gerçekleşen,

- I. Kromozomların kutuplara düzenli olarak çekilmesi
- II. Mayozda homolog kromozomlar arasında parça değişiminin olması
- III. İnterfazda DNA'nın kendini eşlemesi
- IV. Mayozda homolog kromozomların ekvator düzleminde rastgele dizilmesi

olaylarından kural olarak genetik çeşitliliği artıranlar, aşağıdakilerin hangisinde birlikte verilmiştir?

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

(ÖSS 2008 Fen-1/2008)

13. Bir tür bakteri, uygun besiyeri içeren beş petri kabına ekilmiştir. Bu türün farklı antibiyotiklere karşı direncini araştırmak amacıyla petri kaplarına K, L, M, N ve P antibiyotiklerinin farklı kombinasyonları eklenmiş ve kaplarda üreme olup olmadığı gözlenmiştir.

Kullanılan antibiyotik kombinasyonları ve bunların eklendiği kaplardaki bakterilerin üreme durumu aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. (Antibiyotiklerin birbirleriyle etkileşime girmediği kabul edilecektir.)

Petri kabı numarası	Eklenen antibiyotik kombinasyonu	Petri kaplarındaki üreme
1	K+L	Var
2	M+N	Yok
3	L+P	Var
4	K+N	Yok
5	M+P	Var

Buna göre bu bakteri türü hangi antibiyotiğe karşı dirençli değildir?

- A) K
- B) L
- C) M
- D) N
- E) P

(ÖSS 2008 Fen-1/2008)

14 . Biri anneden biri babadan gelen, şekilleri büyüklükleri birbirine eşit olan ve aynı kalıtsal özellikleri kontrol eden genleri taşıyan kromozom çiftlerine verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Diploit kromozom
- B) Haploit kromozom
- C) Homolog kromozom
- D) Vücut kromozomu
- E) Eşey kromozomu

15. Bir canlı türünde sperm oluşumu sırasında spermatosit içinde 8 tetrat sayılmıştır. Buna göre bu canlıdaki kromozom sayısının kromatit sayısına oranı aşağıdakilerden hangisidir?

- A) 1/2
- B) 1
- C) 2
- D) 1/4
- E) 4

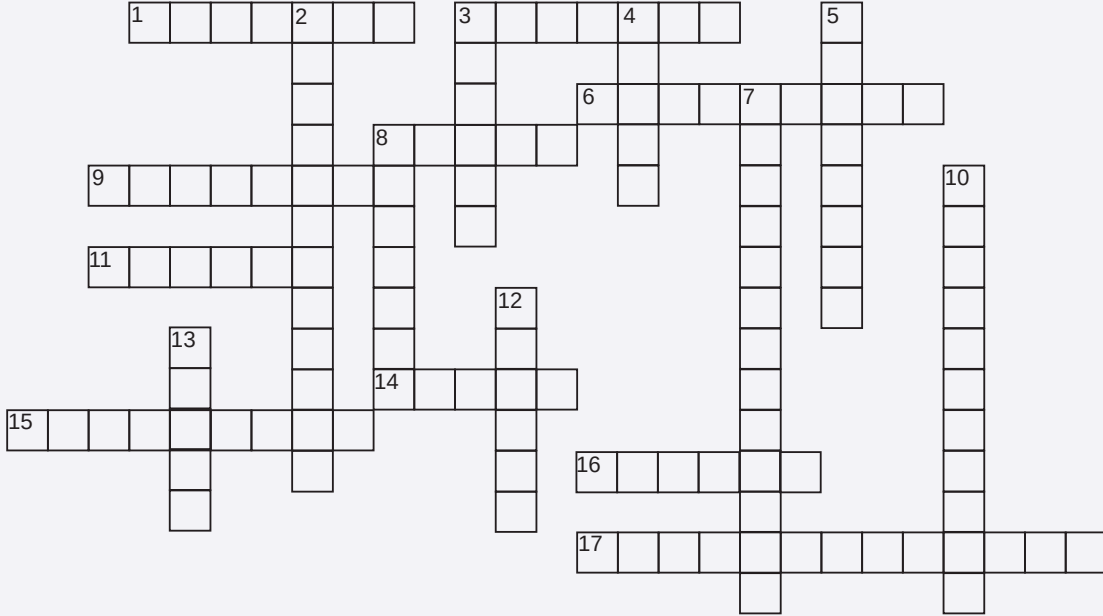
- 16. I. Hücre sayısının iki katına çıkarılması**
II. Kromatitlerin hücrenin zıt kutuplarına taşınması
III. Kromozom sayısının yarıya inmesi

Yukarıda verilen özelliklerden hangisi ya da hangileri Mayoz II'de görüldüğü hâlde Mayoz I'de görülmez?

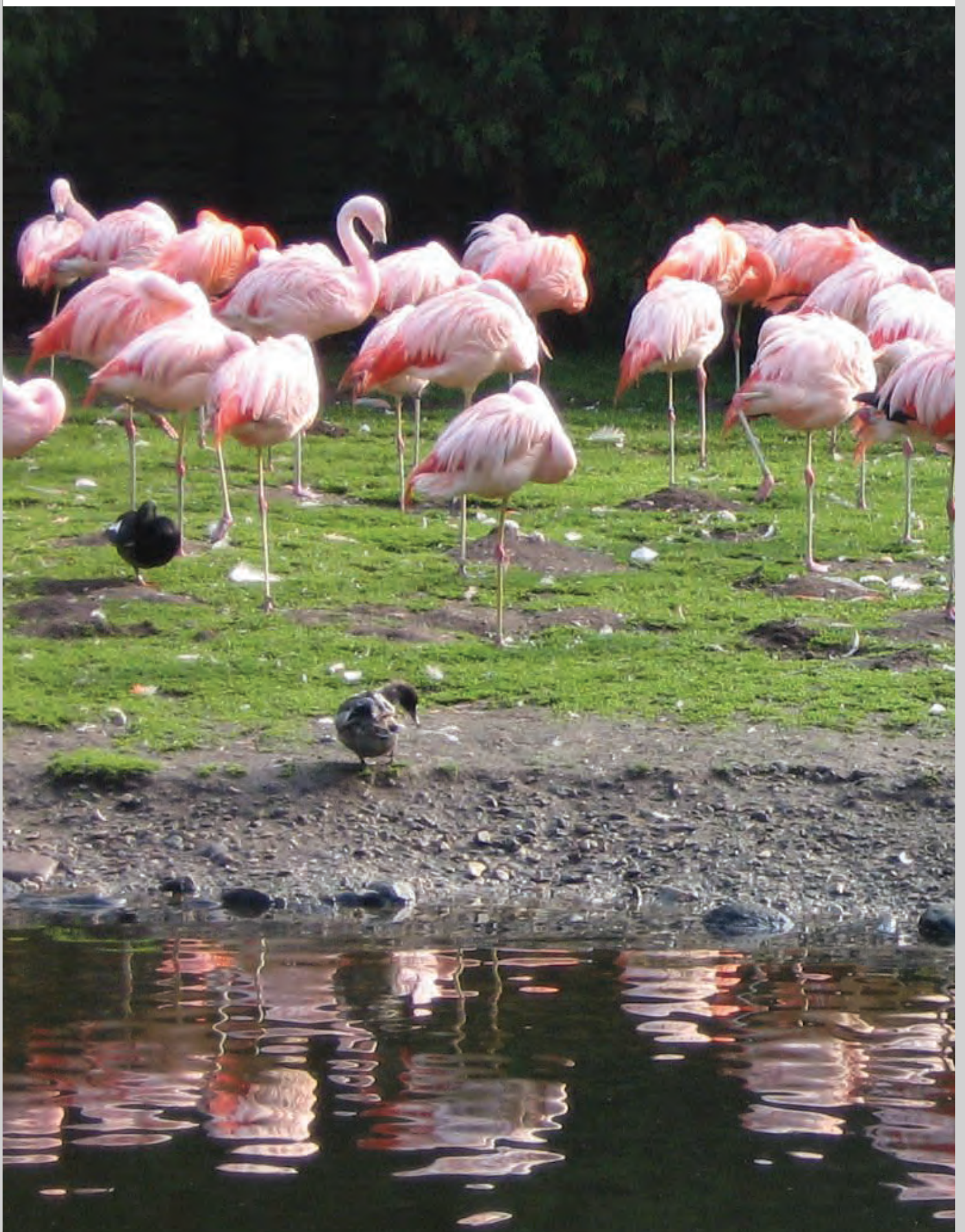
- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) Yalnız III
- D) I ve II
- E) II ve III



Bulmaca



YATAY	DÜŞEY
1. Dişi üreme hücresi	2. Bazı canlıların çeşitli nedenlerle kopan kesilen organ ya da dokularını yeniden oluşturmaları
3. Farklı eşey organları olmadan bir canlıdan yeni bir canlının oluşmasını sağlayan üreme	3. Farklı eşey hücrelerinin birleşmesiyle gerçekleşen üreme çeşidi
6. Gelişmiş bitkilerde görülen mitoz bölünme ve yenilenme esasına dayanan bitkinin kesilmiş kısımlarının köklenmesiyle meydana gelen eşeysiz üreme çeşidi	4. Erkek üreme hücresi
8. Kromozom sayısını yarıya indirerek haploit kromozomlu yavru oluşturan hücre bölünmesi çeşidi	5. Hücre bölünmeleri arasındaki hazırlık evresi
9. Erkek ve dişi üreme hücrelerinin birleşmesi	7. Canlının vücudunda mitoz bölünmeyle oluşan bir çıkıntının gelişerek yeni bir canlı oluşturmaları
11. Hücre döngüsünün kontrolünün bozulması sonucunda ortaya çıkabilecek durum	8. Kinetokorlarından iğ ipliklerine tutunmuş kromozomların hücrenin ekvator düzlemine dizildiği evre
14. Erkek ve dişi üreme hücrelerinin çekirdeklerinin birleşmesi sonucu oluşan hücre	10. Sinapsis sırasında homolog kromozomların kardeş olmayan kromatitleri arasında gen alış verışı
15. Kromozomun sentromer bölgesinde bulunan ve iğ ipliklerine bağlanmayı sağlayan özelleşmiş yapılar	12. Mitozun ilk evresi
16. Homolog kromozom çifti yan yana geldiğinde oluşan dörtlü kromatit grupları	13. Kromozom sayısının sabit kaldığı hücre bölünmesi
17. Erkek üreme organı olan erbezlerinde mayoz bölünmenin gerçekleşmesi	



3. Ünite

Ekosistem Ekolojisi

- I. Ekosistemin Yapısı
- II. Ekosistemde Enerji Akışı ve Madde Döngüleri
- III. Ekosistemlerin Önemi

Romancımız Yaşar Kemal'in deyiimiyle Van Gölü'ndeki mavilik hiçbir gölde, hiçbir denizde yoktur. Süphan ve Erek dağlarının yakın arkadaşı, mavi-yeşilin tüm tonlarını taşıyan bu suya göl demek biraz haksızlık olur.

Van Gölü'nün kuzey sahillerine son on yıldır aralıksız olarak gelen filamingolar küresel ısınmayla birlikte daha yoğun bir şekilde görülmektedir. Uzun, ince bacaklara, yine uzun, eğri bir boyun ve kıvrık bir gaga yapısına sahip olan filamingoların tüylerindeki kırmızı renk tonları, yedikleri yiyeceklerin içerdiği karoten miktarına göre değişmektedir.

Van Gölü'yle filamingoların oluşturduğu bu renk cümbüşü doğanın eşsiz güzelliğini bize bir kez daha kanıtlar.

Bu ünite de ekosistemin yapısı ve önemi, ekosistemde enerji akışı ve madde döngülerini öğreneceksiniz.



I. Ekosistemin Yapısı



Yandaki büyük resimde *Thaumetopoea pityocampa* (Tametopea pityokampa) denilen çam kese böceğinin tırtıl keseleri görülmektedir. Bunlar yumurtadan çıkan tırtılların ördüğü keselerdir. Tırtıllar keseden çıkarak uzun tren katarları gibi art arda dizilip ağacın gövde ve dallarına yayılır. Kızılçam yapraklarını yiyerek beslenir ve ağaca zarar verir. Bu böceğin çoğalması her geçen yıl daha çok ağacı kurutur. Ben de bir yolculuk sırasında, ormanlık alanlardan geçerken böyle bir görüntüyle karşılaştım. Oldukça geniş bir orman parçası, bütün yeşilliğini yitirmiş, kapkara, kuru gövde ve dalları olan ağaçlardan meydana gelmişti. Gerçekten görüntü tüyler ürperticiydi. Büyük bir üzüntü ve öfkeyle 177 Orman İhbar Hattı 'nı aradım. Bu duruma karşı ne yapıldığını sordum. Orman idaresinden bir yetkili, sahip olduğum duyarlılık ve doğa sevgisinden dolayı beni kutladı. Yurttaşlık bilinci taşıyan, gördükleri olayı ve bu olayın nedenlerini sorgulayan insanların daha da çoğalması gerektiğini söyledi. Bana, bu ormanı kısa bir süre sonra yemyeşil göreceğime dair söz verdi. Bu zararlıya karşı orman idaresince yürütülmekte olan mücadele yöntemlerini anlattı.

Çam kese böceklerine karşı eskiden beri yapılan mücadele böcekler dışarıya çıkmadan işçilerin keseleri toplayarak onları yakması şeklindeydi. Ancak çam kese zararlısının popülasyonundaki çoğalma hızı ve yayılmanın artması, bu yöntemin pratik ve yeterli olmadığını ortaya çıkardı.

Çam kese böceğinin doğal düşmanları ormanda ya da laboratuvar şartlarında üretilip zararlının görüldüğü alanlara bırakılarak buralarda çoğalmalarının amaçlandığı biyolojik mücadele yöntemleri üzerinde çalışılmaya başlandı.

Son zamanlarda önem kazanan en popüler biyolojik savaş yöntemi, çam kese böceğinin tırtılını yiyen ve ormancılarının terminatör adını verdikleri *Calosoma sycophanta* (Kalasoma sikofanta) adlı yırtıcı ve parçalayıcı böceğin üretilmesidir (ortadaki küçük resim). Bu böceğin en temel besini çam kese böceği tırtıllarıdır. *Calosoma sycophanta* bireyleri iki yıldır zararlının bulunduğu ormanlık alanlara bırakılarak çam kese böceği popülasyonunun doğada olması gereken denge düzeyine indirilmesi amaçlanmaktadır.

Orman, sınırları belirli bir alanda birbiriyle etkileşim hâlinde olan farklı tür canlıların barındığı ekosisteme örnek oluşturur. Bu bölümde ekoloji bilimiyle ilgili öğreneceğiniz bilgiler, insanoğlunun içinde yaşadığı doğal çevreyi anlaması, kullanması ve koruması açısından oldukça önemli ve gereklidir.

A. Ekoloji Bilimi ve Önemi

Ekoloji bilimi 21. yüzyılın en önemli bilim dallarından biridir ve önemi gittikçe artmaktadır. Ekoloji canlıların birbirleriyle ve çevreleriyle olan ilişkilerini inceleyen bilim dalı olarak tanımlanır.

Aristo'nun "...Canlı varlıklar yaşadıkları ortama uymuşlardır, birbirleriyle ve çevreleriyle etkileşim içerisinde. Aynı zamanda aralarında yaşam için mücadele vardır." şeklindeki açıklaması o dönemde ekolojik ilişkilerin farkında olduğunun kanıtıdır.

Canlı ve çevresi arasındaki etkileşim, dünyanın farklı bölgelerinde koşullar değişse de süregelmektedir. Özellikle insanların doğal çevreyle olan ilişkileri ve geliştirdikleri davranış biçimleri ekoloji bilimini de etkilemiştir.

Yüzyıllar boyunca insanlar "doğaya egemen olma" düşüncesini taşımışlardır. Bu nedenle de doğadaki her şeyin kendileri için var olduğunu kabul ederek doğal kaynakları sınırsızca tüketmişlerdir. Günümüzde insanlar, doğal kaynakları doğanın kendini yenileyebilme yeteneğinden 20 kat daha hızlı tüketmektedir. Bunun sonucu olarak da bazı canlı türleri yok olmuş ve birçok canlı türü de yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır. Değişen iklim koşullarının neden olduğu sıcak su akıntıları, Güneydoğu Asya'daki mercan resifleri için büyük tehlike oluşturmaktadır. Okyanuslar için oldukça önemli olan resifler, içinde barındırdığı balıklar ve diğer kabuklu canlılar açısından değerlidir. Aynı zamanda bu bölge insanlar için çok önemli bir besin ve geçim kaynağıdır. Dünyanın farklı bölgelerinde soyu tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan türler gibi Ankara Gölbaşı'nda yetişen papatyagillerden yanar döner bitkisi (*Centaurea tchihatcheffi*) de yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır (Resim 3.1). Eğer kutuplardaki buzullar bu hızla erimeye devam ederse 21. yüzyılın sonunda kutup ayılarının yok olabileceği belirtilmektedir (Resim 3.2). Bilim insanları, ekolojik koşullardaki değişimin bu şekilde devam etmesi durumunda, dünya flora ve faunasında pek çok türün kısa süre içinde yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalacağı konusunda görüş birliği içerisinde.



Resim 3.1. Papatyagillerden yanar döner bitkisi



Resim 3.2. Kutup ayısı

Ekolojik sorunların insan üzerine de olumsuz etkileri gözlenmeye başlanmıştır. Örneğin 20. yüzyılda hava kirliliğinin neden olduğu hastalıklardan ölen insanların sayısı 25-40 milyon arasındadır. Bu rakam Birinci ve İkinci Dünya Savaşında ölen insan sayısının toplamına eşittir. Ayrıca günümüzde çeşitli kanserlerdeki artış, yetersiz, kalitesiz besin ve sudan dolayı insanların yaşamını yitirmesi gibi olumsuzluklar da görülmektedir.

Ekolojik problemlerin büyük boyutlarda olması son yıllarda çevre bilinci anlayışını geliştirmiş ve ekoloji bilimi en küçük sosyal birimlerde bile konuşulacak düzeye gelmiştir.

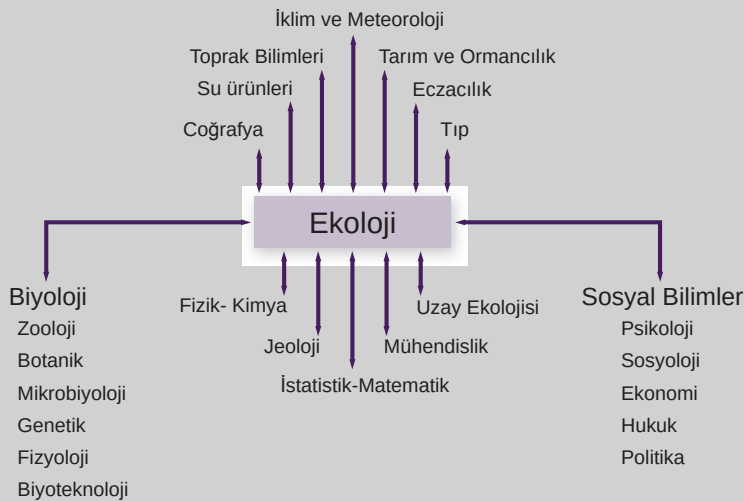
Tüm bu durumlar, doğaya egemen olma düşüncelerini bir kenara bırakarak doğanın bir bütün, insanın da bu bütünün bir parçası olduğu gerçeğini kabul etmek gerektiğini ortaya koymuştur.

21. yüzyılda bilim insanları, politikacılar, eğitimciler, öğrenciler, yani toplumun tüm bireyleri karşılaştıkları sorunlara bütüncül bir yaklaşımla bakmak ve küresel boyutta birlikte çözüm bulmak zorundadır. Bu çözümler de ancak ekolojik kavramların, mekanizmaların ve ilkelerin anlaşılmasıyla mümkün olacaktır.

B. Ekolojinin Diğer Bilim Dallarıyla İlişkisi

Bilim insanlarının yaptığı çalışmalar, canlılar ve yaşadıkları çevrenin daima etkileşim içinde olduğunu göstermektedir.

Ekoloji çoğu zaman, birçok bilim dalı ile iç içe geçmiş şekildedir. Doğada binlerce farklı türün bulunması nedeniyle ekoloji, biyoloji, mikrobiyoloji, bitki ve hayvan fizyolojisi, toprak bilimi, botanik ve zooloji gibi bilim dallarıyla yakından ilişkilidir. Aynı zamanda çevresel faktörlerin etkisiyle popülasyonda meydana gelecek sayısal değişimleri değerlendirebilmek için biyoistatistik, matematik ve bilgisayar bilimlerinden yararlanılırken çevre politikalarının oluşturulmasında hukuk, kamu yönetimi, tıp ve şehir planlama bilgilerine ihtiyaç duyulur ve bu ihtiyaçlar karşılıklıdır (Şema 3.1).



Şema 3.1. Ekoloji ile diğer bilim dalları arasındaki bağlantı



Dikkat!

Ekologlar canlıların birbirleri ve çevreleriyle olan ilişkilerini inceler.



Dikkat!

Gözle göremediğimiz mikroskopik canlıları inceleyen bilim dalına **mikrobiyoloji**, bu alanda uzmanlaşmış bilim insanlarına da **mikrobiyolog** denir.



Düşünelim- Araştırma

Sıcak sularda yaşayan arkeleri inceleyen mikrobiyolog, konu ile ilgili hangi meslek gruplarından yardım alır? Araştırınız.

Toprakların haritalanması, ıslahı, korunması, sulanması ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi için genetik, ziraat ve çevre mühendisleri ekoloji bilimi hakkında bilgi sahibi olmaktadır. Tarım ve ormancılıkla ilgili uygulamalarda da ekoloji bilgisine ihtiyaç vardır.

Aşağıdaki etkinliği yaparak ekosistem ve yaşamla ilgili bilgilerinizi hatırlayınız.



Etkinlik Öğrenmenin Farkına Varma

Etkinliğin Adı: Ekosistem ve yaşam

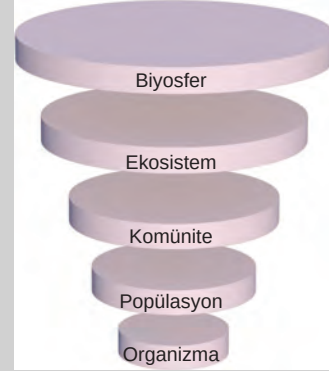
Amaç: Ekosistemle ilgili öğrendiklerini hatırlama.

Ne Biliyorum?	Ne Öğrenmek İstiyorum?	Ne Öğrendim?
Bir ekosistemde canlı ve cansız etmenlerin birbirleriyle ilişkili olduğunu	Cansız etmenlerin canlılar üzerindeki etkilerinin neler olduğunu	Sıcaklık, iklim, toprak, mineraller gibi abiyotik faktörlerin canlıların üreme, beslenme, büyüme vb. durumları üzerindeki etkilerini

Yukarıda verilen tabloda ekosistem ve yaşam ile ilgili "Ne Biliyorum?", "Ne Öğrenmek İstiyorum?" ve "Ne Öğrendim?" bölümlerine ait birer örnek uygulama verilmiştir. Siz de ünite başında ekosistem ve yaşam ile ilgili "Ne Biliyorum?" ve "Ne Öğrenmek İstiyorum?" bölümlerini, ünite sonunda ise "Ne Öğrendim?" bölümünü doldurunuz. Hazırladığınız tablodaki yanıtları öğretmeninizin rehberliğinde inceleyiniz. Verdiğiniz yanıtlardan eksik ya da hatalı olanları tespit ediniz. Yeterli olmayan bilgilerinizi öğretmeniniz ve arkadaşlarınızla birlikte konu tekrarı yaparak tamamlayınız.

C. Ekolojideki Temel Kavramlar

Bildiğimiz bütün yaşam formlarını içinde barındıran dünya bizim evimizdir. Derin ve karanlık okyanus sularından, yağmur ormanlarına kadar her yer canlıların evi olabilir. Yeryüzünün hemen her bölgesinde karşımıza çıkan canlıları tanıyabilmek ve ekoloji ile ilgili çalışmaların önemini algılayabilmek için bazı ekolojik kavramların neyi ifade ettiğini iyi bilmek gerekir. Ekolojik koşullar değişse dahi değerlendirmeler bu kavramlar üzerinden yapılır. Ekoloji canlıyı tek bir birey olarak incelemekten çok, bireyin de içinde yer aldığı biyolojik organizasyon ile ilgilidir. Şekil 3.1'de en küçüğünden en büyüğüne doğru bu organizasyon düzeyleri gösterilmiştir.



Habitat: Kurbağaları, çoğunlukla suyun bulunduğu ya da suya yakın yerlerde, kaktüsleri ise genellikle sıcak ve kurak bölgelerde bulabilirsiniz. Canlılar en iyi uyum gösterebildikleri ortamlarda yaşamını sürdürür. Bu doğal ortamlar onların habitatıdır. **Habitat** bir türün bireylerinin yaşamsal faaliyetlerini en iyi şekilde devam ettirebildiği yaşam alanıdır. Diğer bir ifadeyle canlının adresidir. Canlılar, özellikle hayvanlar, zaman içinde habitatlarını değiştirebilir. Örneğin göçmen kuşlar yazın ve kışın farklı habitatları tercih eder. Habitatın büyüklüğü bir yunus için çok geniş olabileceği gibi bir bağırsak paraziti için oldukça küçük olabilir.

Şekil 3.1. Organizmadan biyosfere doğru genişleyen ekolojik organizasyon düzeyleri

Bir organizmanın yaşamını devam ettirebilmesi için çeşitli görev, sorumluluk ve işlevlere sahip olduğunu biliyorsunuz. Bu işlevleri belirleyen, organizmanın nerede yaşadığı ve neler yaptığıdır. **Ekolojik niş** bir bireyin bulunduğu ortam içerisinde sahip olduğu veya yapmak zorunda bulunduğu bütün sorumlulukları ve işlevleri ifade eder. Örneğin bir canlının beslenmesi, korunması, saklanması, üremesi, diğer canlılarla ilişki içinde olması, yapması gereken bütün faaliyetler ekolojik niş içerisinde yer alır. Genellikle birbirleriyle karıştırılsa da habitat bir organizmanın doğal adresi, ekolojik niş ise o adreste yaptığı iş şeklinde belirtilir.

Popülasyon: Popülasyon kavramı önceleri insan topluluklarını belirlemek amacıyla kullanılmış olup daha sonra diğer canlı gruplarını kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Popülasyonu oluşturan bireyler hem kendi aralarında hem de çevrelerindeki canlılarla ilişki kurmak zorundadır.

Geçen yıldan hatırlayacağınız gibi ortak bir atadan gelen, yapı ve görev bakımından benzer organlara sahip, aralarında gen alış veriş yapabilen ve kısır olmayan döller meydana getiren bireylere



Resim 3.3. Karahindiba bitkisi

tür; belirli bir bölgede, belirli bir zaman diliminde yaşayan aynı türden bireylerin oluşturduğu topluluğa **popülasyon** adı verilir. Örneğin sınırları belli bir alanda bulunan karahindibalar o yörede bir popülasyon oluşturur (Resim 3.3). Popülasyonu oluşturan bireyler benzer çevre koşullarından etkilenir. Bulundukları ortamın besin kaynaklarını ortak kullanır ve çiftleşerek birbirlerini etkiler. Popülasyonun özellikleri bu etkileşimler ile belirlenir. Örneğin bir ormanlık alandaki geyik popülasyonunun bireyleri var olan besin kaynaklarını kullanırken rekabet hâlidir. Sert geçen kış aylarında azalan besin için rekabet artar. Bu koşullarda rekabet üstünlüğü olan bireyler kışı atlatarak popülasyonun gelecek nesildeki özelliklerini belirleyici olacaktır.



Resim 3.4. Mercan resifleri sudaki canlıların barınağıdır.

Komünite: Popülasyonlar doğada diğer canlılardan bağımsız olarak yaşayamaz. Sürekli birbirleriyle ilişki içindedir. Aynı alan içerisinde birbiriyle ilişkili tüm popülasyonların oluşturduğu topluluğa **komünite** denir. Komüniteler bitki ve hayvan komüniteleri şeklinde olabileceği gibi farklı canlı gruplarının bir araya gelmesiyle oluşan karma komüniteler şeklinde de olabilir. Bir göl ekosistemini düşünelim. Burada bulunan balıklar, kurbağalar, bitkiler, böcekler ve bakteriler o gölün komünitesini oluşturur.

Komüniteler tür çeşitliliği bakımından birbirinden farklılık gösterir. Tür çeşitliliğinin bölgelere göre azalıp çoğalması uzun yıllar ekologlar tarafından incelenmiş ve bu konuda çeşitli teoriler öne sürülmüştür. Bazı komüniteler çok sayıda habitat çeşitliliğine sahip olduklarından tür çeşitliliği bakımından da oldukça zengin olur. Örneğin mercan resiflerinde görülen zengin tür çeşitliliği bu ortamda çok sayıda farklı habitatlar bulunmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Resim 3.4). Okyanus kıyılarında bulunan mercan resifleri kayalık gel-git bölgelerindeki zengin tür çeşitliliğine sahiptir. Çünkü bu bölgeler oldukça sık, güçlü dalga hareketleri ve fırtınalara maruz kalır. Fırtınalar bir yandan bazı organizmaları yerlerinden ederken diğer yandan da yeni koloniler için yer açar. Yeni açılan yerlere gelen türler de zaman içinde kendilerinden daha üstün rekabet yeteneğine sahip başka türler tarafından ortamdaki uzaklaştırılabilir.

Komüniteler bazen yüzlerce tür içerebilir ve bu canlılar yaşamlarını sürdürebilmek için coğrafik bir alana ihtiyaç duyar. Bu alan **biyotop** olarak adlandırılır. Biyotopun büyüklüğü popülasyonların



Düşünelim- Araştırma

Çevrenizde bulunan orman ya da göl ekosisteminden birini inceleyiniz. Ekosistemdeki habitat, popülasyon ve komünite örneklerini tanımlayınız.

birey sayıları, ortamın çevresel koşulları ve coğrafik özelliklerine göre değişebilir. Örneğin çöl ekosistemleri geniş bir alanı kapladığı hâlde barındırdığı tür çeşitliliği azken, sulak alanlarda tür zenginliği fazladır.

Komünitede meydana gelen değişimler zamanla ekosistemi etkiler. Bir bataklıkta bulunan bitki ve hayvan toplulukları ortamdaki iklim şartlarını etkileyebilir. Örneğin bir zamanlar Kuzey Kıbrıs'ta bataklıklar geniş alanları kaplıyordu ve buna bağlı olarak hastalık yapan sivrisineklerin sayısı çoğalmıştı. Ekologlar suyu fazla kullanan okaliptus ağaçlarını dikerek bataklıkların kurutulmasını önerdiler (Resim 3.5). Yapılan çalışma ile dikilen ağaçlar mücadeleye olumlu cevap verdi. Bataklıklar kurudu ve sivrisinek sorunu da ortadan kalkmış oldu. Fakat ağaçlar büyüdükçe su tüketimleri arttı. Bunun sonucu yer altı suları azalmaya ve yörede susuzluk sorunu yaşanmaya başlandı. Böylece ortamın iklimi de değişmiş oldu.

Yukarıda sözü edilen durumun tersi de olabilir. Bir ekosistemdeki yaşam şartlarının değişimi komüniteyi etkileyebilir. Değişen yaşam şartlarına uyum sağlayan türler zamanla var olan türlerin yerine geçip geniş bir yayılım alanına sahip olabilir. Uyum sağlamayanlar ise yok olur. Çeşitli etkenlerle kuruyan bataklıklardaki sivrisineklerin yok olması bu değişimlere iyi bir örnektir.



Resim 3.5. Okaliptus ağacı

Doğada komüniteler tamamen birbirinden bağımsız olmayıp komşu komüniteler arasında geçiş bölgeleri bulunmaktadır. Bu geçiş bölgelerine **ekoton** denir. Bu alanlar her iki komünitenin özelliklerini de kısmen içerdiklerinden hem tür ve birey sayısı hem de sahip olunan özellikler açısından farklılıklar gösterir. Örneğin çayırılık alan ile ormanlık alan arasındaki geçiş bölgesinde çalılar, kısa boylu ağaç türleri bulunabilir. Bu türler her iki alanda bulunan türlere göre farklı olabilir.

Ekosistem: Çevremizde gelişen doğal olaylardan olumlu veya olumsuz etkileniriz. Bizler bu olayları değerlendirebilmek için çevremizi bir bütün olarak algılamalıyız. Çünkü bütün canlılar yaşadıkları çevreyle ve birbirleriyle sürekli etkileşim hâlinindedir.

Belirli sınırlar içinde etkileşim hâlinde bulunan farklı türden canlı grupları ile bu canlıları içinde barındıran cansız çevrenin tamamına **ekosistem** denir. Ekosistemler biyosferin alt birimleridir.

Ekosistemleri inceleyen bilim insanları, bireysel organizmalar ya da topluluklardan çok ekosistemlerin işleyişiyle ilgilenir. Bu işleyiş düzenli üretim yapan bir fabrikaya benzetilebilir. Bir ekosistem; temel olarak su, sıcaklık, mineral vb. cansız etmenler, üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılardan oluşur. Ekosistemlerde yaşam enerji akışı, besin zinciri ve madde döngüleriyle sürer. Enerji ve besin giriş-çıkışı sürekli olan ekosistemlerde, olumsuz faktörler olmadığı sürece doğal olarak daima yenilenme olur.

Siz de aşağıdaki etkinliği yaparak doğal bir ekosistem oluşturunuz.



Etkinlik_Model oluşturma



Etkinliğin Adı: Doğal bir ekosistem oluşturabilir miyiz?

Amaç: Doğal bir ekosistem hazırlama ve bu ortamdaki etkileşimleri gözlemleme.



Araç - gereç

- Cam akvaryum
- Akvaryum kepçesi

Uygulayalım

- Bir ekosistem hazırlamanın ilk aşaması olarak cam akvaryum içine temiz bir göl ya da ırmaktan aldığınız suyu doldurunuz.
- İçinde canlıların da bulunduğu dip çamurunu alarak akvaryuma koyunuz.
- Akvaryum kepçesini suyun farklı derinliklerine daldırarak çeşitli planktonları alıp akvaryuma ekleyiniz. Bu şekilde su piresi gibi küçük organizmaları da ekosisteminize almış olacaksınız.
- Topladığınız su bitkilerini akvaryuma dâhil ediniz.
- Ayrıca su bitkilerini akvaryuma daldırıp çalkalayarak üzerinde bulunabilecek su salyangozu gibi bazı hayvanları ekosisteminize ekleyebilirsiniz.
- Akvaryumun kapağını kapatınız (Uyarı: Akvaryumda hava sağlayan pompayı ve suyu ısıtacak lambayı kullanmayınız.).
- Ekosisteminizin güneş ışınlarından yararlanabileceği, aydınlık bir yere koyunuz (Uyarı: Güneş ışınlarının doğrudan ve uzun süreli geldiği bir ortam olmamasına dikkat ediniz.).
- Bir ay süreyle hazırladığınız ekosistemdeki etkileşimleri sık aralıklarla gözlemleyerek notlar alınız.

Sonuçlandırılma

1. Ekosisteminizde yaşayan üretici, tüketici ve ayrıştırıcı organizmalar nelerdir?
2. Oluşturduğunuz ekosistemde yaşayan organizmaların ekolojik nişleri nelerdir?
3. Ekosisteminizde ayrıştırıcı organizmaların rolü nedir?
4. Akvaryumunuza göl suyu yerine damıtık su koysaydınız, ekosisteminize etkileri ne olurdu?
5. Ekosistemde hangi besin zincirlerini gözlemlediniz?
6. Ekosistem varlığını sürdürebildi mi? Sürdüremediyse nedenleri ne olabilir?

Bir göl veya kırsal alanı araştırma yapmak üzere seçtiğinizde, daha ilk bakışta her iki ortamda da canlı (biyotik) ve cansız (abi-yotik) çevrenin birbirinden ayrılmaz bir bütün olduğunu görürsünüz.



Resim 3.6. Göl ekosistemi

Ekosistem kavramını daha iyi anlayabilmek için balıklar, çeşitli su bitkileri, algler, farklı türlere ait su böcekleri ve bakterilerin bulunduğu bir göl düşünelim. Göl ekosisteminin birer üyesi olan bu canlılar birbirleri ve çevreleriyle etkileşim hâlinde (Resim 3.6). Canlıların bazıları ototrof beslenirken bazıları heterotrof beslenir ve ortama birtakım maddeler bırakır. Bunlar CO_2 , O_2 , NH_3 veya çeşitli sindirim atıkları vb. olabilir. Ortamda atıkların birikmesi suyun pH'sini değiştirir. Su içine ulaşan güneş ışığı da ekosisteme etki ederek burada bulunan fotosentetik canlıların ve bunlarla beslenen heterotrofların dağılımını belirler. Dolayısıyla ekosisteme giren ve çıkan madde miktarlarındaki değişiklikler canlıların ortamdaki varlığını etkiler. Bir ekosistem dengede olduğu sürece canlılar varlığını sürdürebilir.

Ekosistemin yapısı ile ilgili öğrendiğiniz bilgileri pekiştirmek ve yaşadığınız çevreyi ekolojik açıdan daha iyi tanımak amacıyla aşağıda verilen proje çalışmasını yapınız.

Etkinlik-Proje Hazırlama



Proje Adı: Yaşadığımız ekosistem

Amaç: Ekosistemi tanıma.

İÇERİK	SÜRE	BEKLENEN BECERİLER	ARAÇ VE GEREÇ	DEĞERLENDİRME
Yaşadığımız ekosistem	2 ay	Araştırma İnceleme Karar verme Bilgi teknolojisini kullanma Dili etkili kullanabilme becerilerini arttırma	Yazılı ve görsel yayınlar Kitle iletişim araçları	Proje değerlendirme ve derecelendirme ölçeği

Bu projede sizden;

1. Yaşadığınız bölgedeki ekosistemin özelliklerini,
2. Ekosistemde bulunan canlılar arasındaki ilişkiyi,
3. Ekosistemin yapısını,
4. Habitat, popülasyon, komünite ve ekosistem kavramları arasındaki ilişkiyi irdelemeniz istenmektedir.

Araç - gereç

- 1 adet not defteri
- Fotoğraf makinesi, kamera vb.
- 5-6 adet şeffaf poşet
- Plastik eldiven
- Çeşitli büyütme ölçeğine sahip büyüteçler
- Presi sıkmak için 2 adet özel hazırlanmış kemer
- Bir miktar teksir kağıdı ve mukavva kartonlar
- Bitki kesme makası, küçük maşa ve zıpkın
- Sırt çantası
- Bilgisayar-İnternet
- Bitki popülasyonları ile ilgili örnekleri toplamak amacıyla A3 kağıdından biraz büyükçe hazırlanmış 2 adet tahta kafesli pres



Bitki presi



Zıpkın örnekleri



Bitki makası



Maşa

Proje Hazırlama Süreci Araştırma ve uygulama aşamaları • Çevrenizde yaşayan bitkileri toplamaya çıkmadan önce uygun bitki örneklerine ait özellikleri, bu bitkileri toplama ve kurutma yöntemlerini araştırınız. • Öğretmeniniz rehberliğinde proje grupları oluşturunuz. • Araştırmanın verimli olması ve zamanında hazırlanması için grubunuzdaki arkadaşlarınızla iş bölümü yaparak sorumluluklarınızı belirleyiniz. • Sınıfta 3-5 kişilik gruplar oluşturarak yöreyi tanıyan ve ortamdaki bitkilerin özelliklerini bilen bir kişiyi arazide size rehberlik etmesi amacıyla yanınıza alarak çalışmanıza başlayınız. • Bitki örneklerini doğaya zarar vermeden toplamaya özen göstermelisiniz. Özellikleri bozulmadan kurutulabilecek bitki örneklerini tercih ediniz. • Size zarar verebilecek bitki ve hayvanları, sadece fotoğraf makinesi veya kamera ile görüntüleyiniz. Sunum: • Çalışmanızı metinle birlikte fotoğraf, çizelge, grafik, istatistiki bilgilerle zenginleştirerek raporlaştırınız ve bir sunum hazırlayınız. Kitabınızın sonundaki değerlendirme ölçeğini inceleyerek projenin hangi ölçütlere göre değerlendirileceği hakkında bilgi edininiz. • Sunumunuzu belirlenen sürede yapınız. • Hazırladığınız farklı sunumları öğretmeniniz rehberliğinde okul idaresi ile iş birliği yaparak okulunuzun İnternet sayfasında yayımlayınız. • Size ulaşan farklı sunumlar varsa okulda konferans salonunda veya uygun bir ortamda tüm arkadaşlarınızla paylaşmaya çalışınız.

Biyosfer: Dünya üzerinde canlıların yaşadığı alanların tümü biyosfer (ekosfer) olarak adlandırılır. Ekolojide en kapsamlı düzey olan biyosfer, atmosferin yeryüzünden yukarı doğru birkaç kilometrelik bölümünü, karaların ise en az 3000 metre derinliğe kadar olan kısmını kapsar. Göller, akarsular ve mağaralar ile okyanusların birkaç kilometre derinliğe kadar olan bölümü de biyosferin parçasıdır.

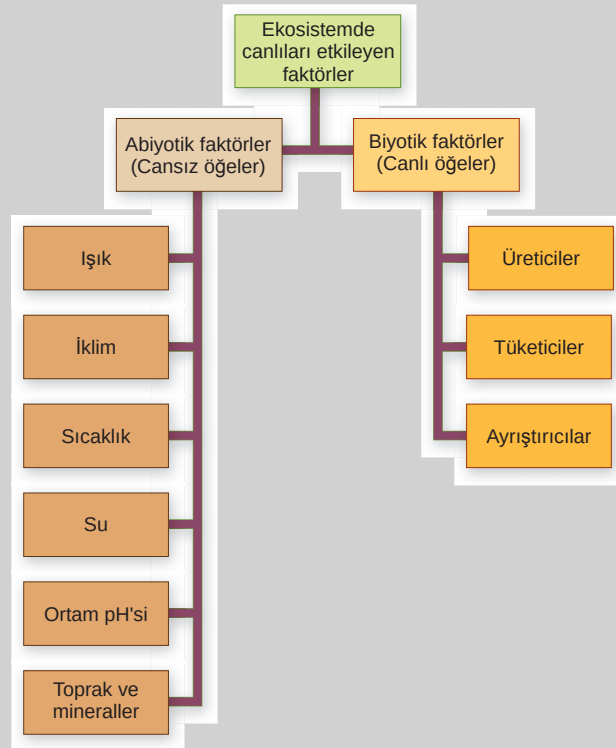
Biyolojide bilimsel çalışmalar sırasında organizmalara odaklanılır. Ancak organizmanın anlaşılabilmesi için canlılığın tüm organizasyon düzeylerinin incelenmesi gerekir. Biyologlar doku ve organların işleyişini kavramak için molekülleri, kimyasal tepkimeleri ve hücreleri incelerler. Canlının iç dengesini nasıl sağladığını bilmek için organ ve sistemler üzerinde çalışırlar. Biyolojide organizasyonun daha üst düzeyleri için de ekologlar, bu bölümde öğrendiğiniz gibi popülasyonlar, komüniteler ve ekosistemleri ayrıca da biyosferdeki etkileşimlerin ne şekilde olduğunu incelerler.

D. Ekosistemde Canlıları Etkileyen Faktörler

Bizler parçası olduğumuz ekosistemi etkilerken ekosistemdeki değişiklikler de bizi etkiler. Örneğin bir bebeğin gelişmesi için annenin sigara içip içmemesi, temiz havada yürüyüş yapıp yapmaması birer ekolojik faktördür. Ayrıca bir larvanın gelişmesinde sıcaklık, ışık, besin kalitesi ve miktarı da bu canlı için etkili olan ekolojik faktörlerden bazılarıdır. Her canlının kendi türüne ve gelişimine bağlı olarak ihtiyaç duyduğu ekolojik faktörler farklılık gösterir.

Atmosferdeki gazların bileşimlerinin değişmesi, genetik yapısı değiştirilmiş besinlerin kullanımı, kuş ve domuz gribi virüsünün yayılımı, toprak yapısının farklılaşması, kablosuz iletişim araçlarının elektromanyetik dalgalar yayması da ekolojik faktör kapsamına girer.

Ekologlar, canlılar üzerinde etkili olan ekolojik faktörleri abiyotik ve biyotik faktörler olarak ikiye ayırır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Ekosistemde canlıları etkileyen faktörler

1. Abiyotik faktörler

Canlıların yeryüzündeki dağılışı ışık, sıcaklık, iklim, toprak, mineraller, su ve pH gibi abiyotik faktörlerin etkisindedir. Abiyotik faktörlere aynı zamanda çevrenin fiziksel ve kimyasal etkenleri de denir. Genelde ilkbahar ve yaz mevsimlerinin görüldüğü, aşırı yağış alan, tropikal yağmur ormanları gibi fiziksel şartların uygun olduğu yerlerde zengin tür çeşitliliği ve çok sayıda canlı bulunurken çöller ve kutuplar gibi yaşam şartlarının zor olduğu ortamlarda az sayıda canlı bulunur. Kısacası abiyotik faktörler belirli bir çevrede hangi türlerin yaşayabileceğini belirler. Örneğin çöllerde havadaki nem oranı çok düşük olduğundan gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı oldukça yüksektir. Böyle bir ortamda ancak çok miktarda su depolayabilen kaktüs ve çok az su ile yaşamını sürdürebilen bazı kurak bölge çalılıkları görülürken ılıman ortamlarda çok sayıda canlı çeşidini barındıran geniş ormanlık alanlara rastlayabiliriz (Resim 3.7, 3.8).



Resim 3.7. Gövdesinde su depolama özelliğine sahip kaktüsler kurak ortamlarda yaşar.



Resim 3.8. Abiyotik faktörler ormanların dağılışını ve burada yaşayan canlı çeşitliliğini etkiler.



Biliyor musunuz?

Tropik yağmur ormanlarının yıkımı biyoçeşitliliğin azalmasıyla aynı anlamda geliyor. Küresel değerlerde yaklaşık olarak 140 000 km²'nin üzerinde yağmur ormanı her yıl yok oluyor.

Abiyotik faktörler, canlıların yaşamlarını devam ettirebilecekleri çevresel koşulları ifade eder. Canlıları etkileyen bu faktörler genel anlamda aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir.

a. Işık

Yeryüzündeki enerjinin kaynağı güneştir. Güneşin merkezinde oluşan nükleer tepkimeler çevreye yüksek enerjili elektromanyetik dalgaların yayılmasına sebep olur. Dünyamıza bu dalgaların sadece elli milyonda biri ulaşır. Birinci üniteye fotosentez konusundan hatırlayacağınız gibi yeryüzüne ulaşan güneş ışınları mor ötesi ışınlar (Ultraviyole/UV), kızıl ötesi ışınlar ve

görünen ışınlardır. Mor ötesi ışınların canlılar üzerindeki en önemli etkisi DNA'nın yapısını bozmasıdır. Buna bağlı olarak canlıda kalıtsal değişiklikler ve bağışıklık sisteminin bozulması gibi tehlikeli durumlar ortaya çıkar.

Güneş ışığının şiddeti değişik bölgelerde farklıdır. Sıcaklık güneş ışığı ile ilişkili olmakla beraber ne kadar uygun sıcaklık olursa olsun, güneş ışığının olmadığı bir ortamda fotosentez kesintiye uğramaktadır. Örneğin tropikal yağmur ormanlarında iklim devamlı yazdır ve sıcaktır. Güneş ışığı olmasa tropikal yağmur ormanlarında bu kadar zengin bitki ve hayvan topluluğunu görmek mümkün olmazdı.

Bir orman ekosistemini incelediğinizde değişik ağaç, çalı ve otların farklı miktarlarda güneş ışığı aldığını görürsünüz. Bir ormanın ağaçları kesildiğinde ışığı seven bitkilerin bir anda ortaya çıktığı gözlemlenebilir. Fotosentetik canlılar, görünen ışınları kullanarak glikoz üretir. Ortamdaki ışık miktarının düşmesi fotosentezin azalmasına dolayısıyla da heterotroflara daha az besin aktarılmasına neden olur.

Dünya elips şeklinde olduğu için ışık her yere aynı miktarda ulaşmaz. Kutup bölgelerine farklı, ekvatora farklı miktarda ışık düşer. Ortama ulaşan ışığın miktarı bitkilerin yeryüzündeki dağılımı üzerinde etkilidir. Bazı bitkiler yoğun ışıktaki gelişirken bazıları gölge yerleri sever. Belirli mevsimlerde gün uzunluğuna bağlı olarak gelişim gösterebilen bir bitki kendisine bu şartları sağlayan enlem dereceleri arasında bulunmak zorundadır. Kutuplara yakın bölgelerde yaşayan bitkiler uzun gün koşullarında gelişim gösterir ve **uzun gün bitkisi** olarak adlandırılır. 35-40° kuzey ve güney enlemlerinde uzun ya da kısa gün koşullarına uyum sağlamış ılıman kuşak bitkileri yetişir. **Kısa gün bitkilerinin** günlük karanlık periyoda ihtiyacı vardır. Bu karanlık periyodun çok kısa süreliğine kesintiye uğraması bile çiçeklenmeyi geciktirir hatta önleyebilir. Kısa gün bitkileri ekvatorial kökenli bitkilerdir.

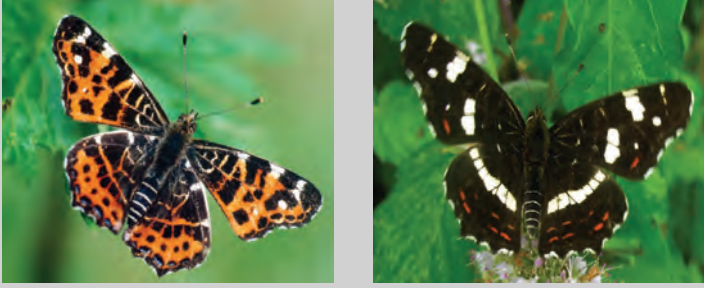
Hayvanlarda aktif süreçler için tercih edilen ışık şiddeti birbirinden farklıdır. Baykuş, yarasa, kirpi vb. gece aktif olan türlerin yanı sıra bülbül gibi bazı ötücü kuşlar ve ipek böceği gibi bazı böcekler alaca karanlıkta aktiftir. Diğer taraftan birçok kertenkele ve böcek türü sadece açık havada ve parlak güneş ışığında tam olarak aktif duruma geçer.



Düşünelim- Araştırma

Tropikal yağmur ormanlarındaki abiyotik faktörlerin özelliği ile bu ekosistemin tür çeşitliliği ve arasındaki ilişkiyi araştırarak bir rapor hazırlayınız. Raporu sınıfta arkadaşlarınıza sununuz.

Bir kelebek türünde *Araschnia leveana* (*Araşnia leveana*) kanat rengi gün uzunluğuna bağlı olarak değişir. Uzun yaz günlerinde kelebeklerin kanatlarında siyah zemin üzerine açık renkli benekler, daha kısa olan bahar günlerinde ise açık renk üzerine siyah benekler ortaya çıkmaktadır (Resim 3.9). Bu örneklerden de anlaşılacağı üzere ortamın ışık şiddeti, ışık miktarı, aydınlanma süresi canlıların yaşamında ve ekosistemdeki dengelerin sürdürülebilmesinde etkilidir.



Resim 3. 9 . *Araschnia leveana*'da ışığın etkisiyle kanatlardaki renk değişimi

b. Sıcaklık

Sıcaklık canlıların büyüme ve gelişmelerini etkileyen abiyotik faktörlerden biridir. Canlıda enzimlerin çalışmasını dolayısıyla kimyasal tepkimelerin hızını etkiler. Bu nedenle bütün fizyolojik ve biyokimyasal işlevler üzerinde etkisi vardır. Aynı zamanda sıcaklık, iklimsel değişimlerin oluşmasında, atmosferdeki hava hareketlerinde de etkilidir.

Güneşten yeryüzüne gelen ışınların bir kısmını atmosfer soğurur, bir kısmı da topraktan atmosfere geri yansır. Böylece atmosfer ısınır. Bu ısı çeşitli atmosfer olaylarını meydana getirir ve yeryüzünde doğal bitki örtülerinin çeşitliliğini sağlar.

Bitkilerin yayılışları incelendiğinde belirli bölgelere göre farklılık gösterdikleri görülür. Örneğin Akdeniz Bölgesi bitkileri, İç Anadolu Bölgesi bitkileri ve Karadeniz Bölgesi bitkileri birbirinden farklıdır. Bitkilerin yayılışında gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farklılıkları önemlidir.

Bitkilerin büyük çoğunluğunda büyüme ve gelişme 7-38°C arasında gerçekleşir. Yaşadıkları ortamda sıcaklık minimum ve maksimum değerleri aştığında bitkiler, fizyolojik işlevlerini düzenli yapamaz. Kültür bitkilerinin çoğu soğuğa dayanamaz. En dayanıklı



Resim 3.10. Laleler 15-20 °C arasındaki sıcaklıklarda açar.



Düşünelim- Araştırma

Domates bitkisi 13°C'un altında yetişebilir fakat ürün vermez. Bu olayın sebebini araştırınız. Sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



Resim 3.11 İklimi etkileyen faktörlerden biri de volkanik aktivitelerdir.

kültür bitkilerinden çavdar ve buğday, kışı kar örtüsü altında geçirmede ancak 20-25°C'lık sıcaklıklara dayanabilmektedir. Kar örtüsü, toprak ile atmosfer arasında ısı değişimini engelleyici bir rol oynar. Böylece kar altında kalan toprağın sıcaklığı fazla düşmez. Yüksek sıcaklıkta ise bitkilerde enzimlerin yapısı bozulur, bitkinin yaprakları yanar ve sararır.

Çeşitli sıcaklık değerlerine dayanma bakımından bitkiler arasında büyük farklar vardır. Örneğin Kuzey Kutbu'na yakın yerlerde yetişen bazı bitki çeşitleri 0°C ve daha alt sıcaklıklarda, ekvator bölgesinde yetişen bazı bitkiler ise 60-65°C'ta yaşayabilir.

Aynı türe ait bir bitkinin büyüme ve gelişme dönemlerinde gereksinim duyduğu sıcaklık değerleri farklılık gösterir. Örneğin bir bitkinin çiçeklenme döneminde ihtiyaç duyduğu optimum sıcaklık değeri çimlenme dönemine göre daha fazla olabilir. Sıcaklık, bitkilerin, bazı tepkileri üzerinde de etkilidir. Örneğin lalelerin çiçekleri 0-10°C'ta kapalı, 15-20°C'ta açıktır (Resim 3.10).

Hayvanlar genel olarak 0-50°C arasında yaşamlarını verimli bir şekilde sürdürür. Örneğin çöldeki sürüngenler yüksek sıcaklığa, kutuplardaki memeliler düşük sıcaklığa uyum sağlamıştır.

Sıcaklık hayvanların dış görünüşünü de etkiler. Serin ve kuru bölgelerde yaşayan hayvanlar sıcak bölgelerde yaşayan akrabalarından daha açık renklidir. Kuzey enlemlerdeki hayvanlarda açık rengin hâkim olmasının nedeni düşük sıcaklığın melanin pigmentinin oluşumunu etkilemesidir.

Sıcaklık artışı hayvanlarda metabolizma hızını da artırır. 30°C'un üzerindeki sıcaklıklarda fizyolojik uyum (solunum sayısının artması, metabolizmanın hızlanması vb.) ve yer değiştirmeyele sıcakkanlı hayvanlar serinlemeye çalışır. Sıcaklık değişimleri bazı hayvanlarda göç etme, kış uykusu, yaz uykusu ve gece aktif olma gibi davranışlara yol açar. Örneğin çölde yaşayan akrepler geceleri aktiftir. Çöl yılanı öğle saatlerinde avlanmaz, sığınağında kalır. Leylekler sıcak ülkelere göç eder.

c. İklim

Ekosistemlerde fiziksel etkenlerin birçoğu birlikte etkindir. Işık miktarının mevsimlere göre değişimi, ısı, nem, yağış gibi fiziksel etkenler iklimlerin oluşumunda rol oynar. Ayrıca bölgenin konumu yani denizden yüksekliği ve ekvatora uzaklığı da iklimin oluşumunda etkilidir. Bu genel özelliklerin yanında bitki örtüsü, volkanik aktiviteler (Resim 3.11), atmosferdeki toz miktarı ve rüzgâr da iklimi etkileyebilir. Biyotik ve abiyotik faktörlerin etkisi altında oluşan iklim, klimatoloji bilimi içerisinde incelenir.

Ülkemizde, coğrafik konuma bağlı olarak dört farklı iklim kuşağı görülür (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Ülkemizde dört farklı iklim özelliğinin görüldüğü bölgeler

İklimlerin özelliklerine göre canlıların dağılışı da farklılık gösterir. Örneğin çay, fındık gibi bitkiler ülkemizin Karadeniz Bölgesi'nde görülen Karadeniz ikliminde daha iyi yetişir. Portakal, mandalina, muz gibi bitkiler ise Akdeniz Bölgesi'nde görülen Akdeniz ikliminde yetişir (Resim 3.12). İklim çeşitleri geniş bölgelerde hüküm sürse de aynı iklimin hâkim olduğu bir bölgenin küçük bir yöresinde arazi koşullarına göre farklı iklim özellikleri görülebilir. Bu da canlı dağılımı için önemlidir. Örneğin bir dağın kuzey ve güney yönünde sıcaklık ve nem gibi iklimsel faktörlerin değişimine bağlı olarak kara yosunları gibi bazı canlıların yayılışı da değişiklik gösterir.



Resim 3.12. Muz Akdeniz Bölgesi'nde yetişir.

d. Toprak ve Mineraller

Işık, iklim ve sıcaklık gibi toprak da canlıların yaşamı için önemli etkenlerden biridir. Tüm canlılar yaşamlarının devamı için doğrudan ya da dolaylı olarak toprağa bağımlıdır. Toprak; bitkilerin kökleri ile tutunduğu ortam ve su, mineral gibi gereksinimlerini karşıladıkları kaynaktır. Ayrıca birçok hayvana barınma olanağı sağlayan toprak, mikroorganizmalar için de yaşama ortamıdır.

Toprak yeryüzünün kabuk kısmını oluşturan kayaların su, rüzgâr, sıcaklık değişimleri etkisiyle ufalanmasından oluşur. Üstünde ve içinde yaşayan organizmalar da toprağın oluşumuna katkıda bulunur. Toprak içinde hava, su, kaya parçalarının yanı sıra bitki ve hayvan kalıntıları gibi organik maddeler de bulunur.

Toprağı taşıdığı ana maddelerin yoğunluğuna göre kumlu, killi, kireçli ve humuslu olmak üzere dört çeşide ayırabiliriz. Kumlu topraklar suyu hemen alt tabakaya geçiren, besin maddesi az olan, tarıma elverişsiz topraklardır. Yapısındaki kil miktarı fazla olduğu için su geçirgenliği çok az olan topraklara ise killi toprak denir. Kireçli topraklar yapısı kireç yönünden zengin, beyaz veya açık renkli topraklardır. Humuslu topraklar, sadece oluştuğu kayaların minerallerini değil aynı zamanda çok miktarda bitki ve hayvan kalıntıları da içerir. Bu topraklar koyu renkli, su tutma kapasiteleri yüksek ve besin maddelerince zengindir. Toprağın en üst tabakasının rengi bize özelliği ile ilgili fikir verebilir. Örneğin toprak siyah veya koyu kahverengi ise organik madde ve azot bakımından zengindir. Gri, açık sarı veya kırmızı ise organik madde bakımından fakirdir ve azot gübresi kullanılmadan bu tür topraklardan iyi ürün alınamaz.

Toprak üzerinde yetişen bitki örtüsü ve o alanda yaşayan diğer hayvanlar toprağın özelliklerine göre dağılım gösterir. Aynı iklime sahip bölgelerde, birbirine yakın alanlarda toprak özelliklerinin farklı olmasından dolayı farklı bitkiler yetişebilir. Örneğin Akdeniz Bölgesi'nde yaygın olarak görülen makiler kireçli topraklarda yetişir. Yine aynı bölgede yetişen pamuk ise humuslu toprakları tercih eder.



Resim 3.13. Toprak farklı katmanlardan oluşur.

Herhangi bir toprak kesitini incelediğimizde farklı tabakalara rastlarız (Resim 3.13). En üstte, bitki kökleri, bazı böcekler, solucanlar gibi canlılarla humus tabakasını görürüz. Bu tabakanın altında yarı parçalanmış kayalar ve bunlardan oluşan inorganik maddeler bulunur. En altta ise parçalanmamış kayalardan oluşan su geçirmez bir tabaka vardır. Bilim insanları 5 cm kalınlığında toprak oluşumu için yaklaşık 2000 yıl geçmesi gerektiğini bildirmiştir. Üzerinde yetişen bitki örtüsü korunup tahrip edilmeden yararlanılırsa toprak, canlılara sınırsız yaşama desteği sunar.

Toprağın ekolojik dengesinin korunabilmesi için toprak yapısına uygun ekim yapılmalı, her yıl aynı tür bitkinin ekimi yerine farklı tür bitkiler sıra ile ekilmelidir. Toprakta azalan inorganik maddeleri dengelemek için gübre kullanılmalıdır. Böylece, toprak içinde bulunan maddeler dengede tutulmuş olur.

Mineraller bitkide kuru ağırlığın çok az bir kısmını oluşturmasına rağmen organik madde sentezinde kullanıldığı için oldukça önemlidir. Toprakta bulunan mineraller bitkiler tarafından suda çözünmüş olarak kolayca alınabilir. Bitkilerin büyümesi için mutlaka gerekli olan mineraller toprakta bitki gelişimine uygun

derişimde bulunmalıdır.

Bitkiler azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve kükürt gibi bazı minerallere fazla miktarda ihtiyaç duyar. Mangan, bakır, çinko, molibden, bor ve klor gibi mineraller ise bitki tarafından az miktarda kullanılır. Topraktaki mineraller o bölgede yetişen bitki türlerini etkiler. Kekik, ballıbaba vb. bitkiler mineral bakımından fakir topraklarda yetişirken semiz otu, tarla sarmaşığı vb. bitkiler mineral bakımından zengin topraklarda yetişir. Hayvanlar da hücresel işlevleri için çeşitli minerallere gereksinim duyar. Bu gereksinimlerini genellikle bitkileri ya da diğer hayvanları yiyerek karşılarlar.

e. Su

Sıcaklık ve ışık gibi su da canlılar üzerinde etkili olan abiyotik faktörlerden biridir. Çeşitli yer üstü kaynaklarından buharlaşan su, atmosferde yoğunlaşarak yağmur, kar, dolu ve çığ şeklinde yeryüzüne geri döner. Dünyamızın %70'i sularla kaplıdır. Bu suyun %95'i denizlerde, geri kalan %5'i ise göllerde, nehirlerde ve yer altında bulunmaktadır.

Bir bölgedeki suyun miktarı ve mevsimlere göre dağılışı, bitkilerin yayılışı bakımından önemlidir. Fazla yağış alan nemli bölgelerde ormanlar ve çayırlar daha çok gelişir. Toplam yağışı az olan ve yazı kurak geçen yerlerde orman ve çayırların yerini kurağa dayanıklı, tek yıllık ve genellikle tohumla üreyen bitkiler alır. Bitkiler su ihtiyaçlarını karşılayabilmek için çeşitli yapısal değişiklikler geliştirmişlerdir. Örneğin bazı kabak türlerinde olduğu gibi kurak bölgelerde yaşayan bazı bitkilerin kökleri su depolamak üzere farklılaşmıştır.

Su eksikliği bitkinin tüm fizyolojik aktivitesini olumsuz yönde etkiler. Hücrede metabolik aktivitelerin meydana gelebilmesi için sitoplazmada belirli oranda su bulunması gerekir. Yaprakların çoğu içerdiği su miktarı %30-%50'nin altına düştüğü zaman kurur. Su, bitki bünyesinde sıcaklığın kontrolü bakımından da önemlidir. Güneşli havalarda bitkilerde terleme yoluyla oluşan su, buhar olarak havaya salınırken beraberinde bir miktar ısıyı da bitkiden uzaklaştırarak aşırı ısınmayı önler.

Yağış, atmosferde bulunan su buharının çeşitli faktörlerin etkisi altında yoğunlaşarak sıvı veya katı hâlde yeryüzüne düşmesidir. Yağışlar, bitkilerin yapraklarının üzerindeki çeşitli toz parçacıklarını yıkayarak solunum ve fotosentezi olumlu yönde etkiler.

Su çözücü özelliğe sahip olduğu için minerallerin canlılara aktarılmasında da yaşamı etkileyen önemli bir maddedir. Örneğin bitkiler fotosentez için suyu topraktan alırken suda çözünmüş mineralleri de almış olur.

Su, bitkilerde olduğu gibi hayvanlarda da yaşamsal faaliyetlerin sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir faktördür. Yaşamsal faaliyetlerin düzenli olarak gerçekleşmesi, hayvan vücudunda su miktarının dengede tutulmasına bağlıdır. Hayvanlar gereksinim duydukları suyu genellikle içme yoluyla doğrudan sağlar. Bunun yanında bazı hayvanlar su ihtiyacının bir kısmını veya tamamını alınan besinlerdeki sudan sağlar.

9. sınıf derslerinde öğrendiğiniz gibi insan vücudundaki hücrelerde yaklaşık %70-90 oranında su bulunur. İnsandaki su miktarı da yaşa bağlı olarak değişir. Üç aylık insan embriyosunun su içeriği %93 olduğu hâlde bu oran doğumla birlikte bebekte %67'ye, ergende ise %62'ye düşer.

f. Ortam pH'si

Ortamın pH derecesi canlıların yaşamsal faaliyetlerini etkiler. Deniz suyunun pH'si çoğunlukla değişmez. Ancak tatlı su ve toprakta pH değişimleri gözlenir. pH değişiminin sebeplerinden bazıları asit yağmurları, kimyasal atıklar, bilinçsizce kullanılan gübreler, tarım ilaçları, çöp ve kanalizasyon atıklarıdır.

Özellikle sanayi bölgelerindeki fabrikalarda oluşan çeşitli kimyasallar arıtma yapılmadan akarsulara bırakılırsa bu sularla sulanan topraklarda zamanla zararlı kimyasal atıklar birikir. Bunun sonucunda toprakta pH değişimi meydana gelir. Toprak pH'sindeki değişim bu bölgelerde yaşayan bitkileri ve bunlarla beslenen diğer canlıları da etkilemektedir. Sucul ortamdaki pH değişiminden de buralarda yaşayan alg, plankton, balık vb. canlılar etkilenebilir.

Abiyotik Faktörlerin Değişmesinin Canlılara Etkisi

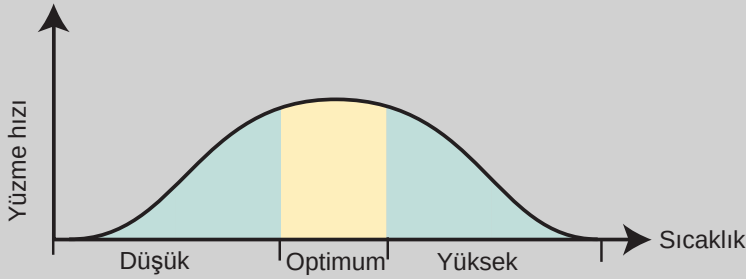
Canlılar farklı özellikler gösteren çevre şartlarında yaşamlarını sürdürebilir. Farklı çevre koşullarında yaşamaları onların uyum yetenekleri yani toleranslarıyla ilgilidir. Çevresel faktörler için her canlı türünün bu uyum yeteneğinin minimum ve maksimum sınırları vardır. Tolerans sınırları denilen bu iki sınır arasında kalan aralığa da **tolerans (hoşgörü) aralığı** denir.

Örneğin çok yüksek sıcaklıklarda yaşayan bir arke olan *Pyrococcus* (*pirokokus*) minimum 70°C, optimum 100°C, maksimum 106°C'ta hayatta kalabilir (Resim 3.14). Bir bakteri olan *E.coli* ise minimum 4°C, optimum 37°C, maksimum 44°C'ta yaşayabilir. Her canlının yaşayabildiği optimum sıcaklık değeri farklıdır. *Pyrococcus* gibi bazı canlılar çok yüksek sıcaklıklara uyum sağlarken *E. coli* gibi pek çok canlı aynı sıcaklık değerlerinde yaşamını sürdüremez.



Resim 3.14. Sıcak sularda çeşitli canlılar yaşar.

Bir canlının ortam koşullarındaki değişikliklerden nasıl etkilendiğini tespit etmek için belirli bir koşulun değişken olduğu ortamda yaşam aktivitesine bakılır. Değişkene verdiği tepkiler bir eğri ile gösterilir. Buna o canlının **performans eğrisi** denir. Sıcaklığa göre çizilen performans eğrisi, **sıcaklık tolerans eğrisi** olarak adlandırılır.



Grafik 3.1. Bir balık türünün sıcaklığa bağlı olarak yüzme hızındaki değişimler.

Grafik 3.1'de bir balık türünün sıcaklığa bağlı olarak yüzme hızındaki değişimler görülmektedir. Burada balıkların performansı mümkün olan maksimum yüzme hızıyla ölçülmüştür. Yüzme hızı sıcaklığa paralel olarak belirli bir noktaya kadar artmıştır. Bu optimum (ideal) değerdir. Balıklar optimum sıcaklığın dışındaki değerlerde de yaşamlarını sürdürebilir fakat performansları azalır. Balıklar tolerans sınırlarının dışındaki değerlere maruz kaldıklarında yaşamını sürdüremez. Benzer şekilde bir canlının tolerans eğrisi başka faktörlerin etkisine göre de çıkarılabilir.

Bazı canlılar ortam sıcaklığı, ışık miktarı, oksijen derişimi gibi abiyotik etkenlerdeki değişimlere uyum sağlayabilir. Örneğin yüksek yerlerde yaşayan insanların alyuvar sayısı deniz seviyesinde yaşayanlara göre daha fazladır. Yükseklerle çıkıldıkça atmosferdeki oksijen oranı azalır. Hücrelere yeterli oksijen taşınabilmesi için vücutta alyuvar sayısı artar. Burada yaşayan insanlar deniz kenarında bir süre yaşarsa alyuvar sayılarının azalmasıyla bu ortama uyum sağlar.



Resim 3.15. Kertenkele soğukkanlı canlılardandır.

Canlılar, dış ortam şartlarında oluşan sıcaklık, nem vb. değişikliklere göre vücutlarının iç dengesini (homeostazi) düzenleyerek hayatta kalmayı başarır. Örneğin memeliler vücut sıcaklıklarını yaklaşık 37°C' ta sabit tutabilir. İç ortam sıcaklıklarını dıştaki değişikliklere karşı sabit tutabilen canlılar **sıcakkanlı canlılardır**.

Bazı canlılar ise çevre sıcaklığı azaldığında ısı kaybeder, vücut sıcaklığını koruyamaz. Çevre sıcaklığındaki değişikliklere karşı vücut sıcaklığını sabit tutamayan canlılar **soğukkanlı canlılardır**. Örneğin ortam sıcaklığı düştüğünde kertenkelelerin vücut sıcaklığı da azalır ve metabolizma hızları yavaşlar. Bunun sonucunda da canlı uyuşuklaşır. Sıcaklık artınca da aktiviteleri belirli bir süre artar daha sonra yavaşlar ve durur (Resim 3.15).



Resim 3.16. Yaz mevsiminde ortam sıcaklığı belli değerlere ulaşınca yılanların aktivitesi artar.

Canlıların bir kısmı çevresel şartlardaki değişikliklere uyum sağlarken bazıları olumsuz çevre şartlarından uzak durarak yaşamlarını sürdürebilir. Çöl hayvanları gündüz genellikle yer altına kazdıkları yuvalarda, gölge yerlerde kalıp gece aktivite gösterir. Bazı soğukkanlı canlılar ise olumsuz çevre şartlarında hayatta kalabilmek için uyku hâlinde uzun süre bekleyebilir. Yılanlar ve kurbağalar kışın soğuk günlerini toprak altına yaptıkları yuvalarda, kış katılığı dediğimiz bir tür uyku hâlinde geçirir. Sıcaklığın arttığı yaz mevsiminde aktiviteleri yeniden artar (Resim 3.16). Bazı canlılar ise olumsuz çevre şartları düzelinceye kadar uygun olan çevrelere göç eder.

2. Biyotik Faktörler

Ekosistemdeki canlılığın devamı biyotik faktörler arasındaki ilişkinin devamlılığına bağlıdır. Bunlardan birindeki bozulma ya da yok olma diğerlerinin de ekosistemdeki varlığını etkileyecektir.

Bir ekosistemde bulunan ve birbirlerini doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen canlı varlıkların hepsine birden **biyotik faktör** denir. Canlıların her biri diğer canlılarla ve fiziksel çevre ile çok yönlü ilişkiler içindedir. Organizmalar arasındaki ilişkiler karşılıklı yarar sağlama ya da türlerden biri yarar sağlarken diğer türün zarar görmesi şeklindedir.



Resim 3.17. Likenler nemli yerlerde yaşamlarını sürdürür.

Bir ortamdaki cansız faktörler canlıları etkilediği gibi canlılar da cansızları etkilemektedir. Örneğin likenler yeterli nem ve sıcaklığa sahip kayalıkların çatlaklarına yerleşerek yaşamlarını sürdürür. Bu canlılar bulundukları ortamlara salgıladıkları maddelerle kayalıkların parçalanmasını sağlayarak toprak oluşumuna yardımcı olur (Resim 3.17).

Bir canlıyı vücut özelliklerine, beslenme şekline ve yaşam ortamlarına göre aynı anda farklı gruplara dâhil edebiliriz. Ekosistemi etkileyen biyotik faktörlerden olan canlılar, ekolojik nişlerine göre üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılar olarak üç grupta incelenmektedir (Şekil 3.4).

a. Üreticiler

Bitkiler ve öglena gibi kloroplast taşıyan protistler, bazı bakteriler ve arkeler inorganik maddeleri organik maddelere dönüştürerek kendi besinlerini üretirler. Bu tür canlılara, üreticiler (ototrof) denir (Resim 3.18).

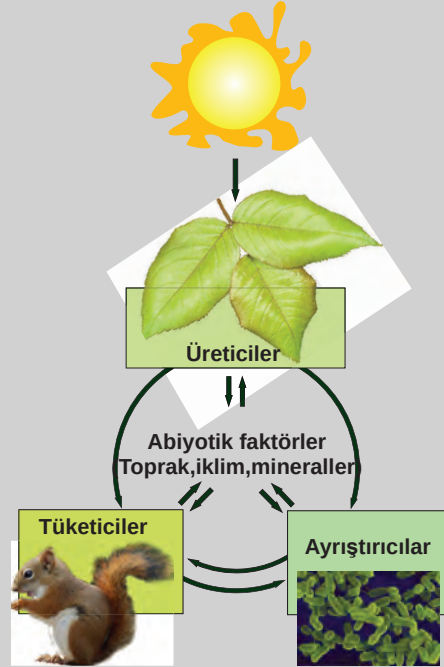
Üreticiler, güneşten gelen ışık enerjisini tutarak organik madde (besin) yapımında kullanır. Ancak bazı ototrof bakteriler enerji kaynağı olarak güneş ışığını kullanmaz. "Canlılarda Enerji Dönüşümü" ünitesinde de öğrendiğiniz gibi kemoototroflar adını verdiğimiz bu canlılar besinlerini üretirken ortamdaki maddeleri parçalar ve bunların kimyasal bağ enerjisini kullanır.

Karasal ekosistemlerin asıl üreticileri bitkilerdir. Sucul ekosistemlerde ise siyanobakteriler ve algler en yaygın bulunan üreticilerdir. Bu canlılar sudaki fotosentezin esas kaynağıdır. Siyanobakterilerin güneş enerjisinden yararlanma oranı bitkilere göre daha yüksektir.

Üretici organizmalar, insan ve hayvanlar başta olmak üzere tüm canlıların ihtiyacı olan besin maddelerini üretme yanında, atmosferdeki oksijen ve karbon dioksit dengesini koruma bakımından da oldukça önemlidir. Ayrıca bitkiler, toprağın üst kısmını tutarak erozyonu önleme ve toprağı zenginleştirme özelliklerine de sahiptir.

b. Tüketiciler

Ekosistemi oluşturan önemli unsurlardan birisi de tüketicilerdir. Tüketicilerin çoğunluğu hayvan türlerinden oluşur. Protistler, mantarlar ve bakterilerin pek çoğu tüketicidir. Kendi besinini üretmeyen, bulundukları ortamdan hazır alan canlılar **tüketici** (heterotrof) olarak bilinir. Heterotroflar tükettikleri besin tipine göre gruplandırılır.



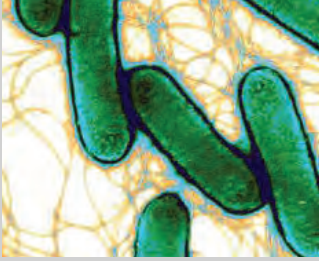
Şekil 3.4. Ekosistemin biyotik faktörleri üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılarıdır.



Resim 3.18. Öglena da ototrof canlılarıdır.



Resim 3.19. Karnivorlar ihtiyaç duydukları besinleri diğer hayvanlardan karşılar.



Resim 3.20. *Ervinia coratovora* (Örvinya Karatovora) ayrıştırıcı bakterilerdendir .

Herbivorlar (otçullar) ot ile beslenen canlılardır. Örneğin koyun ot ile beslenen herbivor canlıdır. Denizlerde, göllerde ve diğer su ekosistemlerinde ise tüketicilerden olan zooplanktonlar, balıklar gibi pek çok canlı, fitoplankton adı verilen üreticilerle beslenir. Zooplanktonlar küçük balıklara, küçük balıklar da daha büyük olanlara besin olur. Besin zincirinde diğer tüketicileri yiyerek beslenen canlılara **karnivor (etçil)** canlılar denir (Resim 3. 19). Bunlara aslanlar, kartallar, kobra gibi örnek verilebilir. Hem üreticileri hem de tüketicileri yiyerek beslenen canlılar ise **omnivorlar (karışık beslenenler)** olarak adlandırılır. İnsan, karga, domuz, fare vb. omnivor canlılara örnek verilebilir.

c. Ayrıştırıcılar

Ayrıştırıcılar (saprofitler) ekosistemde, karalar ve denizlerin her alanında bulunur ve madde döngüsünde önemli bir yere sahiptir. Ayrıştırıcılar genellikle bakteri, mantar, toprak solucanı vb. canlılardır (Resim 3.20). Bu canlılar organik maddeleri parçalayarak inorganik hâle getirir, yeniden üreticilerin kullanımına sunar. Ayrıştırıcılar aslında bu işlevi kendi yaşamlarını sürdürebilmek için yapar. Çürüme sırasında açığa çıkan moleküllerin bazıları ayrıştırıcılar tarafından kullanılırken bir kısmı da toprağa ya da suya geri döner. Sonuçta doğaya geri dönüşüm sağlamış olur.

Ayrıştırıcılar doğadaki biyolojik dengenin kurulabilmesi için oldukça önemli görevler üstlenmiştir. Bitki, hayvan ve diğer canlı atıklarını parçalayarak bu maddeleri inorganik maddelere dönüştürürler. Böylece ölü bitki ve hayvan kalıntıları ile organik atıklar, ototroflar için gerekli olan inorganik maddelere dönüştürülerek yeniden besin yapımında kullanılır. Doğadaki madde döngüsünü ekosistemde bulunan çeşitli canlıların gerçekleştirdiği bu olaylar dizisi sağlar.

Bitki ve hayvan ölümlerini parçalayan mikroorganizmaların olmadığı bir ekosistemde yaşam uzun süre devam edemez.

Ekosistemlerde bu farklı kategoriler içindeki organizmalar arasında bir denge bulunmalıdır. Üreticiler olmazsa ekosistemlerde besin üretimi olmayacaktır. Ayrıştırıcılar olmazsa organik maddeler çevrede gittikçe birikecek temel besin maddeleri ekosisteme geri kazandırılmayacaktır. Tüketiciler olmazsa ekosistemde madde aktarımı sağlanamayacaktır.



Konu Sonu Değerlendirme

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Bir ekosistemde birlikte yaşayan aşağıdaki canlı gruplarından hangisi popülasyon ve komüniteye örnek olabilir? Karşılarına yazınız.

I. Van Gölü'nde yaşayan inci kefalleri.....

II. Abant'taki *Crocus abantensis* bitkileri

III. Ormanda yaşayan kuşlar, memeliler ve diğer canlılar

IV. Bozdağlar'daki kızıl çam ormanında yaşayan çam kese böcekleri

2. Saprofitlerin ekosistemdeki önemini açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

3. Yaşadıkları ortam dikkate alınarak soğukkanlı hayvanların vücudunda sıcaklık artışına paralel olarak hangi değişiklikler görülür?

.....

.....

.....

.....

4. Komünitenin popülasyondan farkı nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

5. Ekotonların tür çeşitliliği açısından zengin olmasının nedenini açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

6. Ekosistemi etkileyen biyotik faktörlerden üreticilerin ortamda olmaması ekosistemi nasıl etkiler?

.....

.....

.....

.....

7. Mercan kayalığı gibi bir su ekosisteminde veya çayırılık, step, orman gibi bir ekosistemde ekosistemi etkileyen abiyotik faktörler nelerdir?

.....

.....

.....

.....

II. Ekosistemde Enerji Akışı ve Madde Döngüleri



Dünyanın birçok bölgesinde protein içeren gıdaların açığı vardır. Bunun yanında toplam tarımsal üretimin yarısından fazlası sap, saman, yaprak, kabuk ya da gıda endüstrisi atıkları olarak kullanılmadan atılmaktadır. Ülkemiz besin yönünden kendi kendine yetebilen ülkeler arasında yer alırken son zamanlarda nüfusun hızla artması sonucu özellikle proteinli gıdaların açığı görülmeye başlamıştır. Bu durum bilim insanlarını gıda açığını gidermek amacıyla yeni araştırmalara ve besin üretimi yöntemlerine yöneltmektedir.

Genellikle lignin ve selüloz (lignoselüloz) içeren bitkisel atıklar ve bu atıkların yakılması ya da atılması büyük bir çevre kirliliği oluşturmaktadır. Oysaki, lignoselülozlu maddelerini mikrobiyolojik yöntemlerle parçalanarak protein içeriği yüksek besin maddeleri hâline dönüştürülmesi rahatlıkla mümkün olmaktadır.

Atıkların çevreye zarar vermeyecek şekilde değerlendirilerek doğaya yeniden kazandırılması, çevre kirliliğinin önlenmesi ve kaynakların optimum şartlarda değerlendirilmesi de kaçınılmaz bir zorunluluktur.

Lignoselüloz kaynaklı her türlü atık materyal, *Pleurotus ostreatus* türü mantarların üretiminde yetiştirme ortamı olarak kullanılabilir. *Pleurotus* yetiştiriciliğinde, birçok sanayi ve tarımsal atıkların çok basit işlemlerden geçirildikten sonra kullanılabileceği bilinmektedir.

Muğla Üniversitesinde yapılan bir araştırmada ana materyal olarak atık kâğıt kullanılmıştır. Atık kâğıtlar mürekkep içermeyen, saman kâğıt özelliğine sahip, arşive kaldırılmış öğrenci sınav kâğıtlarıdır. Ayrıca çalışma sırasında mısır sapı, atık çay yaprağı, fındık yaprağı, kavak yaprağı ve buğday sapı kullanılmıştır. Çalışmaların sonucu *Pleurotus* yetiştiriciliğinde çeşitli bitkisel atık materyallerin çok basit işlemlerden geçirildikten sonra başarı ile kullanılabileceği görülmüştür. Bu şekilde, hemen her yörede bol miktarda bulunan lignoselülozlu atıkların değerlendirilerek kullanılması ve ekonomiye kazandırılması mümkün olacaktır. Mantarın bileşimi, üzerinde yetiştirdiği ortamla doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle mantar yetiştiriciliği için kullanılacak atık kâğıtların mürekkep içermeyen kâğıtlar olması gereklidir. Bu tür kâğıtların kullanıldığı ortamda ekilen mantarın kimyasal analizi yapılarak, insan sağlığı için tehlikeli olabilecek çeşitli ağır metal gibi bileşikleri içerip içermediği kontrol edilmelidir.



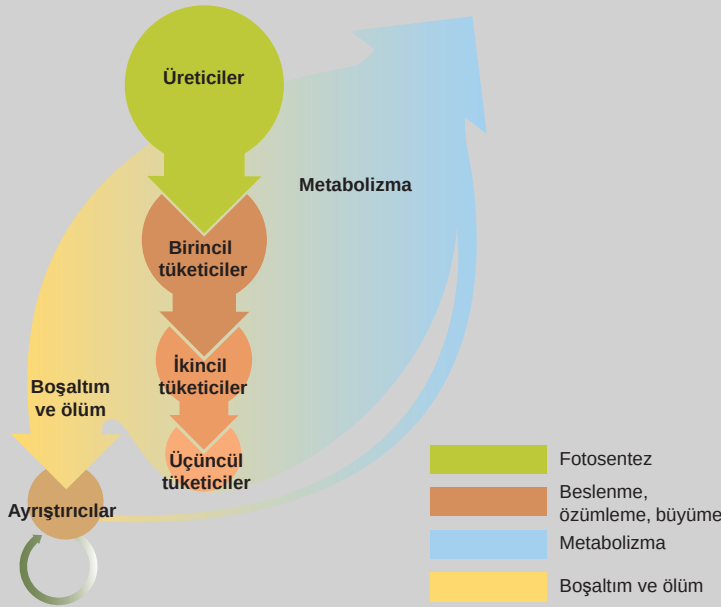
Düşünelim- Araştırma

Organik atıklar doğada mikroorganizmalar tarafından çürütülmeseydi-ekosistemde denge sağlanabilir miydi? Ekosistem bu durumdan nasıl etkilenirdi? Bu konudaki düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Örnekte görüldüğü gibi organik madde atıkları bilinçli şekilde kullanılırsa hem çevre kirliliği önlenir hem de bu maddeler doğaya yeniden kazandırılmış olur.

Bu bölümde doğada madde ve enerjinin canlılar arasında aktarılmasını, bu süreçte oluşan maddelerin doğaya geri dönüşüm yollarını öğreneceksiniz.

A. Ekosistemde Madde ve Enerji Akışı



Şekil 3.5. Ekosistemde madde akışı (Oklar enerji akış yönünü göstermektedir; okların genişliği ise akan enerji miktarıyla orantılıdır.)

Ekosistemde madde ve enerji akışının dengede olması üretici, tüketici ve ayrıştırıcı canlılar tarafından sağlanır.

Üreticiler veya ototroflar olarak adlandırdığımız bitkiler ve fotosentez yapan mikroorganizmalar güneş enerjisini organik bileşiklerde depolar. Depolanan enerji bitkilerle beslenen birincil tüketicilere aktarılır. Aslanlar ve kurtlar gibi karnivor olarak beslenen ikincil tüketiciler ise birincil tüketicileri yiyerek enerji elde eder. Karga, maymun, insan gibi bazı canlılar hem birincil hem ikincil tüketici grubuna dâhil edilebilir. Ayrıştırıcı canlılar ise büyük

yük organik maddeleri daha küçük moleküllere ve inorganik maddelere parçalayarak doğada tükenen maddelerin ekosisteme geri dönmesine katkıda bulunur.

Üretici, tüketici ve ayrıştırıcı arasındaki bu beslenme ilişkileri besin yoluyla madde aktarımı anlamını taşır. Aktarılan maddenin ana kaynağı, üreticilerin çoğunlukla güneş enerjisini tutarak sentezledikleri organik bileşiklerdir. Dolayısıyla beslenme ilişkileri ile enerjinin de aktarımı sağlanmış olur (Resim 3.21). Ekosistemdeki madde ve enerji akışının temelini bu ilişkiler oluşturur. Madde ve enerji akışının sürekliliği için ekosistemde bir denge olmasıdır. Üreticiler olmazsa ekosistemlerde enerji üretimi olmayacaktır. Ayrıştırıcılar olmazsa organik maddeler ortamda gittikçe artacak, mineraller ve bazı inorganik bileşikler ekosisteme geri kazandırılmayacaktır.

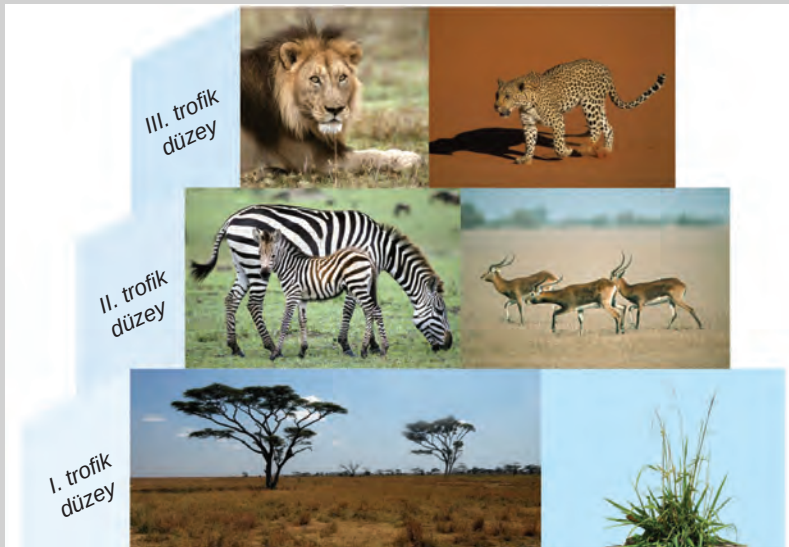
Ekosistemdeki canlıların sentezlediği tüm organik maddeleri ekologlar biyokütle (biyomas) olarak tanımlar. Şekil 3.5'teki gibi



Resim 3.21. İçtiğiniz sütteki enerjinin kaynağı yeşil bitkilerdir.

üreticilerin sentezlediği besin maddeleri tüketicilere doğru aktarılırken biyolojik faaliyetler (metabolizma, boşaltım ve ölüm) ve enerji dönüşümlerinden dolayı biyokütlede azalma görülür. Üretici ve tüketicilerden ayrıştırıcılara da her düzeyde madde ve enerji akışı olur.

Üreticiler tarafından organik moleküllere aktarılan enerji birincil tüketicilere, buradan da bu canlılarla beslenen ikincil tüketicilere ve ardından en üst katmanda bulunan diğer tüketicilere kadar ulaşır. Canlılar arasındaki beslenme ilişkilerini gösteren her katman o canlının **trofik düzeyi (beslenme basamağı)** olarak adlandırılır. Trofik düzey canlılar arasında enerji aktarımı sırasında organizmanın beslenme ilişkileri bakımından bulunduğu konumu gösterir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Canlıların bulunduğu farklı trofik düzeylere örnekler

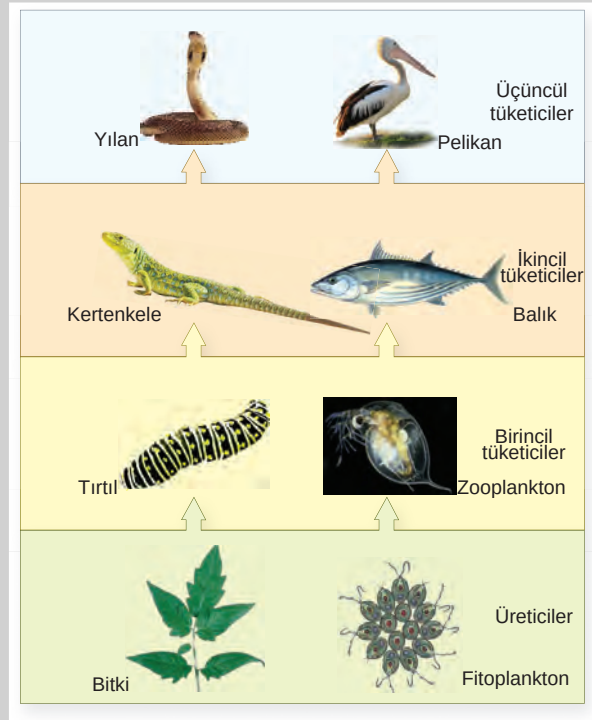
Şekilde görüldüğü gibi üreticilerin tümü birinci trofik düzeyde bulunur. Tüketici canlılardan herbivorlar grubuna giren zebra ve antilop gibi canlılar ikinci trofik düzeydedir. Herbivor canlılarla beslenen aslan ve kaplan gibi canlılar ise üçüncü trofik düzeyde yer alan karnivorlardır. Ekosistemlerde genellikle üç ya da dört trofik düzey bulunur. Her trofik düzeyde depolanan enerji miktarı farklıdır.

Birinci trofik düzeydeki enerjinin tamamı bir sonraki basamağa aktarılmaz. Enerjinin bir kısmı hayatsal faaliyetlerde kullanılır, bir kısmı ise ısı olarak ortama verilir. Aktarılan madde ve enerji bir üst düzeydeki canlılar tarafından kullanılır.

Ekosistem içerisindeki beslenme ilişkileri nedeniyle besin zincirleri veya besin ağları oluşur.

B. Besin Zinciri, Besin Ağı ve Biyokütle Piramidi

Bir ekosistemde üreticilerden tüketicilere doğru besin aktarımı meydana gelir. Üreticilerden başlayarak bir trofik düzeyden diğerine besinin aktarıldığı yol **besin zinciri** olarak tanımlanır (Şekil 3.7). Besin zinciri aynı zamanda bir canlıdan diğerine enerjiyi de aktarmaktadır. Besin zincirinde ilk halkayı üretici organizmalar oluşturur. Üreticiler güneş enerjisi yardımıyla organik besinleri sentezler. Sentezlenen besin, besin zinciri yoluyla diğer canlılara aktarılır. Besin zincirinde sadece üreticilerle beslenen hayvanlara birincil tüketiciler denir. Fare, koyun, sığır, geyik vb. birincil tüketicilere örnek verilebilir. Birincil tüketicilerle beslenen hayvanlara ise ikincil tüketiciler denir. Yılan, kedi, kurt ve aslan gibi et ile beslenen canlılar ikincil tüketicilerdir. Zincirin sonraki halkasında ikincil tüketicilerle beslenen üçüncül tüketiciler bulunur. Böylece üreticilerden tüketicilere doğru besin aktarımı gerçekleştirilir. Besin zincirleri karasal ortamlarda genellikle çiçekli bitkilerle başlarken su ortamında mikroskopik alglerle başlar.



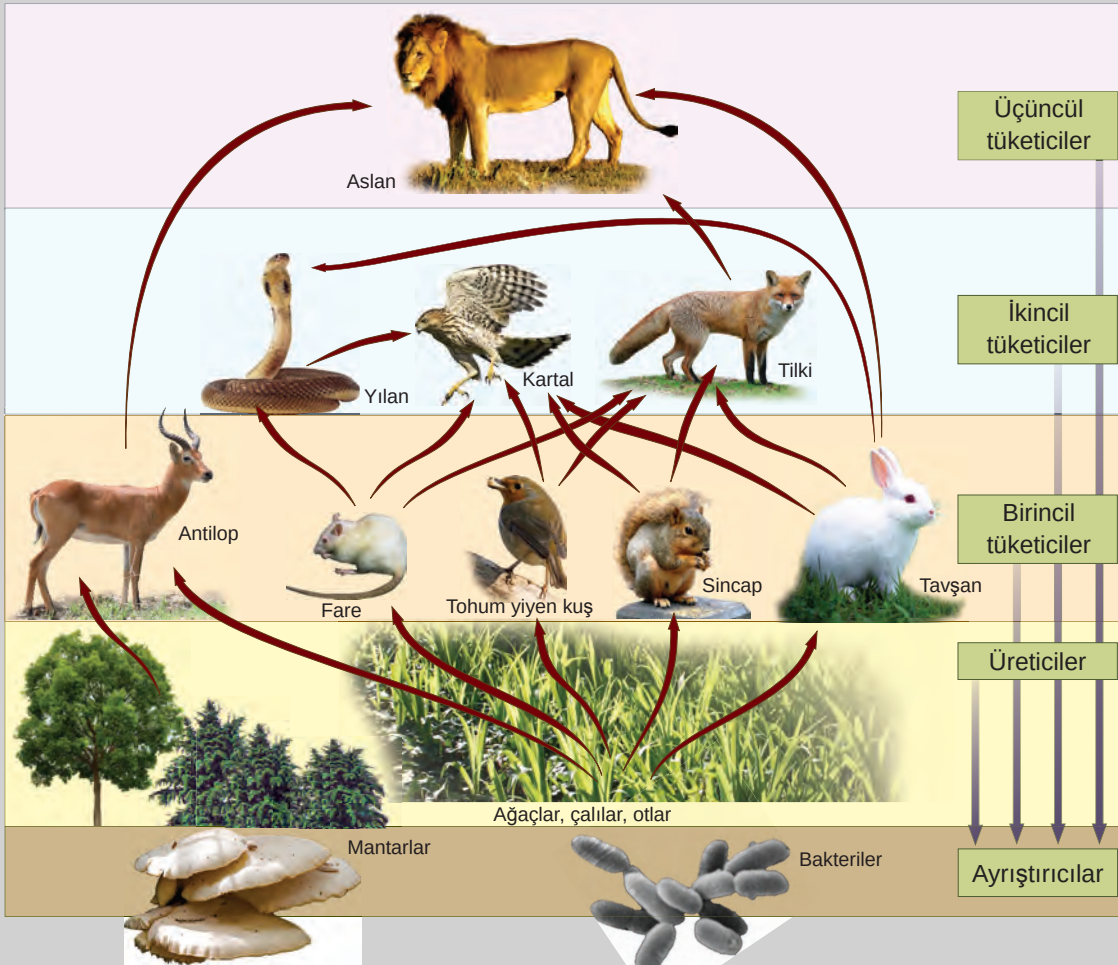
Şekil 3.7. Karasal ve su ekosistemindeki üretici ve tüketiciler arasındaki madde ve enerji akışı

Ayrıştırıcılara aktarılan organik maddeler inorganik hâle getirilerek maddelerin tekrar doğaya dönmesi sağlanır. Görüldüğü gibi beslenme ilişkileri üretici, tüketici ve ayrıştırıcı üçgeninde gerçekleşir.

Ekosistemdeki beslenme ilişkileri, basit besin zincirlerinin içinde bulunduğu karmaşık bir yapıdan oluşur. Tüketicilerin çoğu, birden çok besini tüketebilir. Örneğin kurtlar; tavşan, fare ve çeşitli kuş türlerini avlayarak yaşamlarını sürdürür. Bununla birlikte, birden fazla tüketici aynı organizma ile besleniyor da olabilir. Fareler; kartal, şahin, kurt, tilki, yılan gibi pek çok canlıya besin olduğu için bu duruma uygun bir örnektir. Görüldüğü gibi birçok besin zinciri birbiriyle iç içe geçmiştir. Ekosistemde organizmalar arasındaki karmaşık beslenme ilişkileri bir ağa benzetilir ve farklı türlerin birlikte oluşturduğu bu ilişkiler **besin ağı** olarak adlandırılır (Şekil 3.8). Besin ağları canlıların ekosistemdeki rollerini gösterir. Ekosistemlerde biyolojik çeşitliliğe bağlı olarak besin ağlarındaki tür çeşitliliği ve karmaşıklık değişebilir. Örneğin tür çeşitliliğinin zengin olduğu yaprak döken ağaç ormanı ekosisteminde besin ağlarının karmaşıklık düzeyi, tür çeşitliliğinin çok daha düşük olduğu tundralara göre fazladır.

Düşünelim- Araştırma

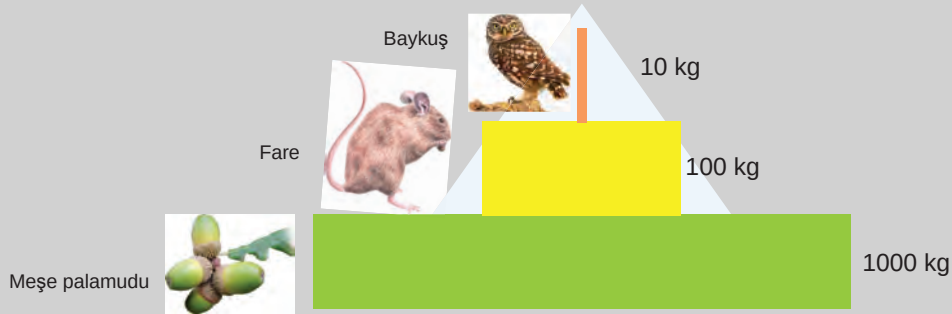
Çevrenizdeki canlılardan hangi türler arasında beslenme ilişkileri olduğunu gözlemleyiniz. Bu türlerin ekolojik nişlerini araştırarak madde akışındaki rollerini yorumlayınız. Edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.



Şekil 3.8. Kara ekosisteminde bir besin ağı örneği

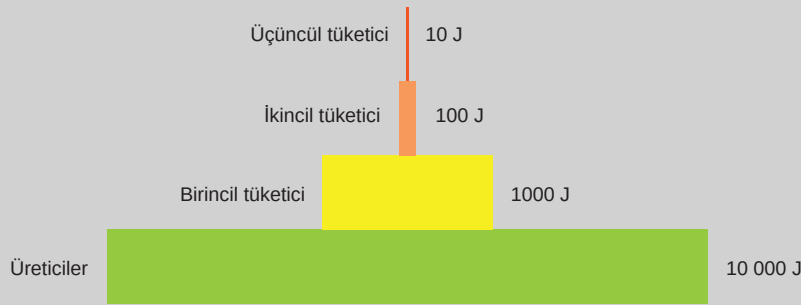
Yerkürede her yıl üreticilerin faaliyetleri sonucunda büyük miktarda organik madde üretilir. Üreticilerin yapısında yer alan bu organik maddeler üreticilerin biyokütlelerini oluşturur. Yerkürede üreticilerin yıllık biyokütlesinin yaklaşık 200 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir. Bitkiler ve fotosentez yapan diğer organizmalar güneş ışığının yalnızca %1-3'ünü kullanarak kimyasal enerjiye dönüştürür. Birincil tüketiciler bitkileri yediğinde bitkideki enerjinin çoğu ısı veya atık madde olarak kaybolur ve sadece küçük bir kısmı birincil tüketicinin biyokütlesine katılır.

Ekosistemlerin özelliğine bağlı olarak trofik düzeyler arasında aktarılan enerjinin oranları farklılık gösterebilir. Genellikle üretici biyokütlesinin yaklaşık %10'u bir sonraki beslenme katmanında yer alan birincil tüketicie geçer. Birincil tüketicinin biyokütlesinin yalnızca %10'u bir sonraki katmanda yer alan ikincil tüketici tarafından alınır. Biyokütle piramidinde alt basamaktan yukarıya doğru çıkıldıkça toplam biyokütlede azalma görülür. Örneğin 1000 kg'lık bitki tohumu onu yiyen kemirgenlere toplam 100 kg kazandırır. Kemirgenlerdeki 100 kg'lık biyokütle onunla beslenen kuşlara en fazla 10 kg kazandıracaktır. Ekosistemlerde biyokütledeki azalış bir piramit şeklinde sembolize edilebilir (Şekil 3.9). Meşe palamudu, fare ve baykuştan oluşan besin zinciri trofik düzeylerdeki biyokütle değişiminin bir örneğidir.



Şekil 3.9. Ekosistemde biyokütle (biyomas) piramidi

Trofik düzeyler arasındaki etkileşimi göstermenin bir diğer yolu da enerji piramitleridir. Besin zincirleri yoluyla aktarılan enerji miktarı joule ya da kilokalori cinsinden de gösterilebilir. Üreticilerde depolanan enerjinin çok az kısmı besin zinciri yoluyla birincil tüketicilere aktarılır. Enerji üst basamaklara doğru aktarılırken her trofik düzeyde azalır, çünkü büyük bir kısmı ısı olarak ortama verilir. Şekil 3.10'da verilen enerji piramidinde görüldüğü gibi üreticilerin depoladığı yaklaşık 10 000 joule olan enerji her trofik düzeye azalarak aktarıldığından üçüncül tüketicilere ulaştığında 10 joule'e kadar düşer.



Şekil 3.10. Ekosistemde enerji piramidi

Besin zincirleri ve besin ağlarında türler ekolojik etkileri bakımından birbirlerine bağımlı olduğu için bazı türler bütün sistem üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. Böyle türlere **kilittaşı türleri** adı verilir. Komünitede kilittaşı türlerin birey sayısı diğer türlere göre az olsa da etkileri fazladır. Kilittaşı türlerden herhangi birinin neslinin tükenmesi ekosistemdeki trofik düzeyler üzerinde olumsuz yönde büyük etki yapar. Örneğin Kuzey Pasifik'te kıyı ekosisteminde kilittaşı tür su samurudur. Su samurları, deniz kestanelerini yiyerek beslenir. Deniz kestaneleri de çok hücreli alglerden olan kelpi besin olarak tüketir. Kelpi birçok tür için habitat oluşturur. Bu ekosistemdeki su samurları yok olursa deniz kestanelerinin sayısı artar. Bu da kelpilerin azalmasına neden olur. Kelpi azaldığında habitatları bozulan türler de ortadan kalkar (Şekil 3.11).



Biliyor musunuz?

Her canlı, ekosistem için gereklidir, ancak bazı canlılar ekosistem içinde diğerlerinden daha fazla etkilidir. Bu türler, ekosistemde yok edildikleri veya azaldıklarında habitat değişime uğramaktadır. Kural olarak bir ya da birkaç tane olan bu canlı türüne **kilittaşı tür** denir.



Şekil 3.11. Besin zincirinde kilittaşı tür su samurudur.

Bir ekosistemde besin ve iklim şartlarının değişmesi, avcı sayısının azalması, kimyasal ilaçlar ile mücadele gibi çeşitli sebeplerle besin zincirinin halkalarını oluşturan canlılardan herhangi birinin sayısı azalabilir. Bu durumda o canlıyla beslenen ve aynı besin ağına dâhil olan diğer canlılar da bu durumdan zarar görür.

Aşağıda besin zincirinin canlılar için önemini kavramanızı amaçlayan bir etkinlik düzenlenmiştir. Beslenme ilişkileri ile ilgili bilgilerinizden de yararlanarak bu etkinliği yapınız.

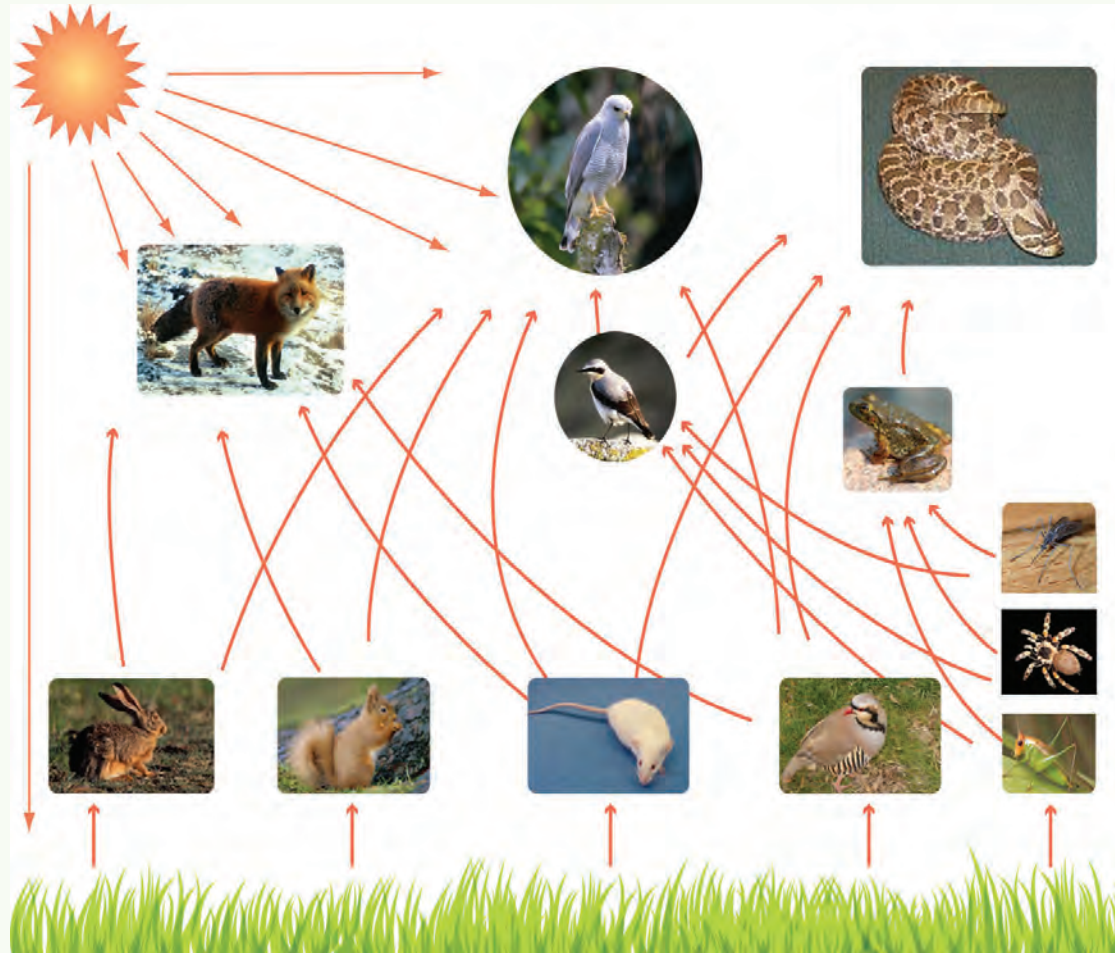
Etkinlik-Öğrenme

Etkinliğin Adı: Besin ağı

Amaç: Canlılar arasındaki beslenme ilişkileri ve enerji akışını kavrama.

Uygulayalım

- Aşağıdaki şemada verilen canlıların beslenme ilişkilerini inceleyiniz.



Sonuçlandırılmalı

1. Besin ağında bulunan besin zincirlerine birkaç örnek yazınız.
2. Besin ağından her seferinde bir canlının çıkarıldığını düşünerek bunun ağdaki diğer canlıları nasıl etkileyeceğini belirtiniz.
3. Şemada verilen canlıların besin ağındaki yerlerini incelediğinizde hangi trofik düzeydeki canlıların biyokütlesinin daha fazla olduğunu söyleyebilirsiniz?
4. Canlılar arasındaki beslenme ilişkilerini incelediğinizde hangi trofik düzeyde enerji kaybının en az ve en fazla olduğunu düşünürsünüz? Nedenini açıklayınız.

Besin Zincirindeki Canlılarda Biyolojik Birikim

İnsanlar tarafından üretilmiş, doğa için kirletici olan bazı maddeler genellikle havada ve suda seyreterek canlılara zarar veremeyecek düzeye iner. Ayrıca zehirleyici özelliğe sahip pek çok kirletici madde de ortamdaki mikroorganizmaların etkisiyle fiziksel ve kimyasal işlemler sonucu zararsız ya da daha az zararlı hâle dönüşür. Örneğin azotlu gübre fabrikalarında yan ürün olarak çıkan ve zehirli özelliğe sahip amonyak, ayrıştırıcılar tarafından zehirsiz hâle dönüştürülür. Fakat her kirletici zararsız hâle dönüştürülemez. Bu tip maddeler besin zincirini oluşturan farklı trofik düzeylerdeki organizmaların dokularında gittikçe artan oranda birikir ve zararlı konsantrasyon düzeyine ulaşabilir. Bu olaya **biyolojik birikim** denir.

Organizmalar biriken zararlı maddelere belirli seviyelere kadar tolerans gösterse de birikimin artmasına bağlı olarak kanser ve solunum sistemi rahatsızlıkları gibi pek çok sağlık problemi ortaya çıkar. Doğada biyolojik olarak birikebilen maddelere DDT (bir çeşit böcek öldürücü ilaç), siyanür, bazı ağır metaller ve radyoaktif maddeler örnek verilebilir. DDT, tarım ürünlerine böceklerin verdiği zararları azaltmak ve insanlara hastalık taşıyan böcekleri kontrol altına almak için uzun yıllar kullanılmıştır. Bu maddenin ortaya çıkardığı zararlı sonuçlardan dolayı günümüzde pek çok ülkede kullanılması yasaktır. Kemirgenler DDT ile ilaçlanmış bitkileri ve tohumları yediğinde bir miktar DDT yağ dokularında birikir. Şahin ve benzeri yırtıcı kuşlar kemirgenleri yediğinde DDT'nin o canlıda yoğunluğu artarak birikir. Hatta bu madde kuşların yumurtalarına da geçer. DDT'nin yasaklandığı ülkelerdedoğan, şahin, kartal gibi yırtıcı kuşların sayısında önemli bir artış görülmüştür. Birçok



Biliyor musunuz?

Civa, doğada bakteriler aracılığıyla kimyasal değişimlere uğrayarak ekosistemde biriken zehirli bir madde hâline gelmektedir. Civanın başlıca zehirli türevi olan metilli civanın, insanlara etkisi sinir sistemi üzerinedir. Metilli civa önce dokunma, sonra görme duyusunu etkiler. Daha sonra da merkezî sinir sistemini etkileyip felç eder ve ölüme yol açar.

madde örnekte olduğu gibi besin zincirinin halkalarında birikebilir. Çevreden alınan DDT, siyanür gibi vücuda zehir etkisi yapan çeşitli kimyasallar vücuttan atılamadıkları için besin zincirinin her basamağında artış gösterir.

Bir tarım ilacı olan DDT'nin, ekosistemde bulunan canlılardaki biyolojik birikimini aşağıda yapacağınız etkinlikle kavramaya çalışınız.

Etkinlik_Yorumlama

Etkinliğin Adı: Biyolojik birikim

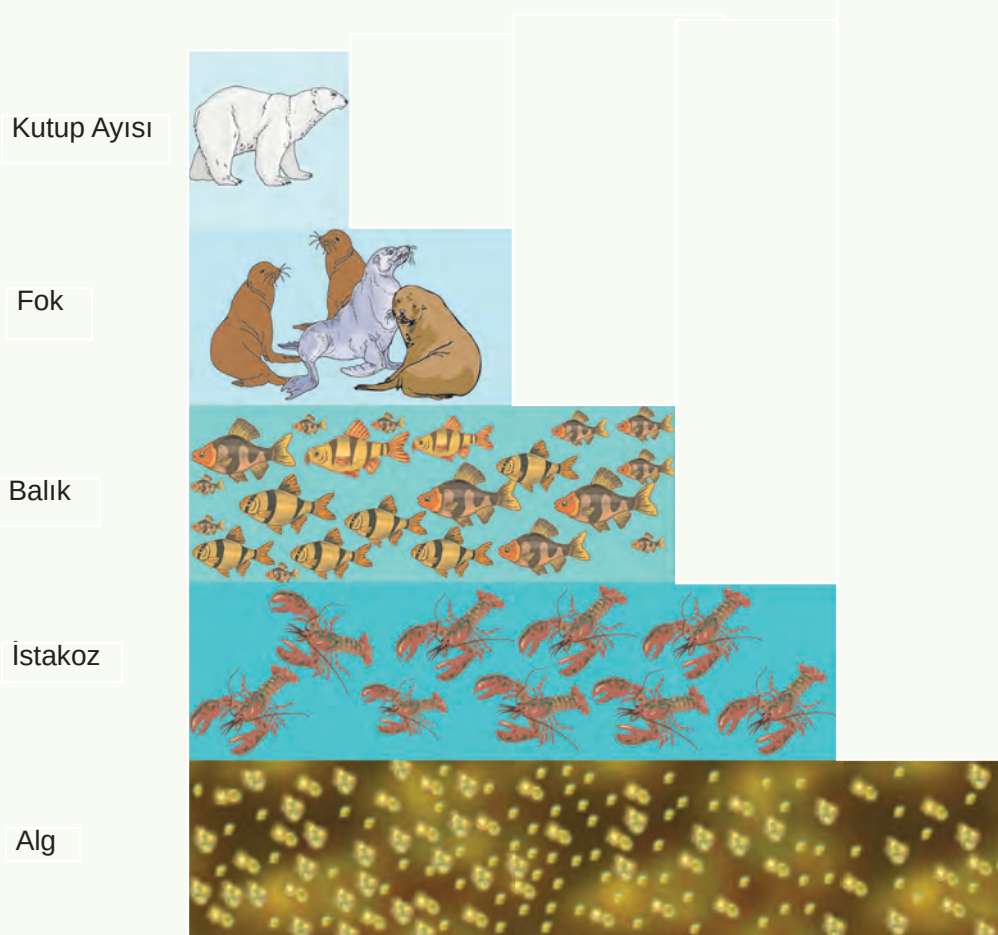
Amaç: Besin zinciri ve biyolojik birikim arasında ilişki kurma.

Ön Bilgi

Araştırmacılar bir göl ekosistemine tarım alanlarından taşınan DDT(tarım ilacı)nin etkisini incelemek istiyorlar. Bunun için gölde bulunan besin ağından seçtikleri bir besin zincirinin farklı düzeyindeki canlılardan örnekler toplayarak bunların vücutlarındaki DDT miktarını belirliyorlar. Buna göre bir fitoplanktonun(bitkisel plankton) bünyesinde 0,002 ppm, bununla beslenen zooplanktonda(hayvansal plankton) 0,012 ppm, bu zooplanktonlarla beslenen küçük balıklarda 0,20 ppm, daha büyük etçil balıklarda 1,8 ppm DDT bulunuyor. Hatta aynı göldeki balıkçıda bu miktarın 18 ppm olduğu belirleniyor. (ppm: 1 litre çözeltideki çözünen madde miktarının mg cinsinden kütlesi mg/L=ppm)

Uygulayalım

- Ön bilgide verilen örnek olay ile aşağıda verilen besin zincirinde yer alan canlıların beslenme ilişkisi arasında bağlantı kurunuz.



- Besin zincirinin yer aldığı bu ortama DDT karıştığını varsayarak sonuçlarının neler olabileceğini tartışınız.

Sonuçlandırılmalı

1. Verilen besin zincirindeki canlıları üreticilerden tüketicilere doğru sıraladığınızda DDT miktarının biyolojik birikimiyle ilgili ne söyleyebilirsiniz?
2. Besin zincirinin hangi basamağında yer alan canlıda biriken DDT'nin miktarı en fazladır? Neden?



Düşünelim- Araştırma

Evrende benzeri keşfedilmemiş dünyamızın bilinçsizce kirlenmesi, kontrolsüz enerji kullanımı, yasa dışı avlanmalar ve ormanların tahribi ekosistemdeki dengeye ne gibi olumsuz etkiler yapar? Doğanın bir parçası olan insanların çevre, yaban hayatı, doğal kaynakları korumada bireysel ve toplumsal sorumlulukları nelerdir? Araştırınız, sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız. Yakın çevrenizi inceleyerek insanların çevreyi nasıl etkilediğine dair örnekler veriniz.

C. Doğada Madde Döngüleri

Günümüzde çeşitli doğal kaynaklar, sürekli kullanılan hammaddeler hızlı bir şekilde tüketilirken atıklardan yeniden yararlanma ya da yeniden kullanım yaklaşımı giderek daha büyük önem kazanmaktadır. Ülkemizde bir kez kullanılmış kaynaklardan yeniden faydalanma olanakları da şimdilik sınırlıdır.

Bazı şehirlerimizde katı atıkların (çöplerin) değerlendirilmesi elle ayıklama yöntemiyle yapılmaktadır. Ülkemizde şehir çöpünün büyük bir kısmı düzensiz depolanmakta, dolgu maddeleri olarak kullanılmakta ya da denetimsiz olarak yakılmaktadır.

Ekolojik ilkelere uygun olan çözüm; maden, cam ve kâğıt atıklar ayrıldıktan sonra geri kalan organik madde oranı yüksek katı atıkların mikroorganizma kullanılarak ayrıştırılmasıdır. Bu yöntemde, gübre değeri oldukça yüksek koyu renkli kokusuz, toprağa benzer bir madde ortaya çıkar.

Ekosistemde maddeler geri dönüştürülerek defalarca kullanılır. Ekosistemlerin dengesi madde döngülerinin düzenli şekilde gerçekleşmesine bağlıdır. Doğada yaşamın sürekliliği için karbon, su, oksijen, azot, kükürt ve fosfor gibi maddeler devirli olarak kullanılır. Yani canlılar ihtiyaç duydukları bu maddeleri yaşadıkları ortamdan alır, kullanır ve sonra bir şekilde ortama geri verir. Maddelerin ekosistem içindeki bu dolaşımına **madde döngüleri** denir.

1. Ekosistemde Su Döngüsü

Big Bang kuramına göre evren yaklaşık 14 milyar yıl önce büyük bir patlama sonucu oluşmuştur. Güneş sistemi ve Dünya ise günümüzden yaklaşık 5-6 milyar yıl önce gaz ve toz bulutlarının sıkışmasından meydana gelmiştir. Zamanla sıkışan bu yapıda içte ağır metaller, üstte ise hafif elementler ve gazlar yer almıştır. Bu yapı soğudukça yerküre üzerinde bir kabuk tabakası oluşmuştur. Kabuk oluşumundan sonra içte kalan enerjiden ve bazı elementlerden kaynaklanan yüksek basınç, yanardağ patlamalarını meydana getirmiştir. Yanardağlar sadece kızgın lavlar değil aynı zamanda çok miktarda su buharı püskürtmekteydi. Çıkan su buharı yeryüzüne yağmur şeklinde düşerken yerkürenin sıcaklığı 100°C 'un üzerinde olduğundan sular yeniden buhar hâline geçmekteydi. Böylece yeryüzü sıcaklığı bir çeşit döngü ile daha üst tabakalara iletilmekte, bunun da soğumaya büyük katkısı olmaktadır.

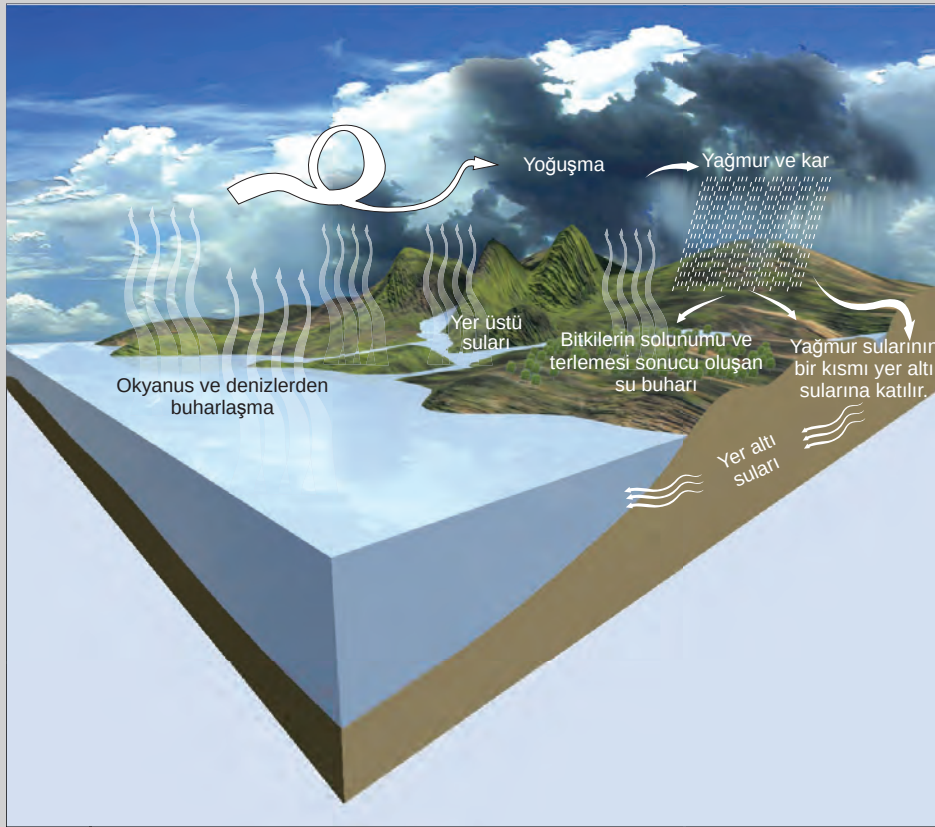
Bugün yeryüzünü kaplayan ve yaşamın temeli olan su, yaklaşık 3 milyar yıl önce bu şekilde oluşmuştur.

Yeryüzünün yaklaşık 2/3'ünü kaplayan su, canlıların yapısında da önemli bir yere sahiptir. Hücrelerimizin yaklaşık %70-90 kadarını su oluşturur. Buna rağmen yeryüzünde yaşayan canlıların taşıdığı su miktarı gezegenimizin sahip olduğu toplam su miktarının çok altındadır. 9. sınıf derslerinizde de öğrendiğiniz gibi su hayattır. Canlıların yaşamsal faaliyetlerinin sürmesi için ortamda en az %15 oranında su bulunması gerekir. Su, enzimlerin çalışması için ortam oluşturur ve kimyasal tepkimelerin oluşumunu kolaylaştırır. Göller, akarsular, denizler ve okyanuslarda bulunan su, yeryüzü suyunun büyük kısmını oluşturur (Resim 3.22).



Resim 3.22. Akarsular su döngüsünde önemli bir yere sahiptir.

Suyun bir kısmı da atmosferde buhar hâlinde bulunur. Bunun yanında yer altı kaynaklarında, topraktaki partiküllere bağlı olarak ve kayalıklardaki çatlakların arasında da su vardır. Suyun farklı kaynaklar arasındaki bu dolaşımı **su döngüsü** olarak bilinir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Su döngüsü

Dengedeki bir ekosistemde madde ve enerji akışı düzenli ve sürekli. Su atmosfere okyanuslar, göller, akarsular ve karalardan, buharlaşmayla; canlılardan solunum ve terlemeyle karışır. Bitkiler topraktan aldıkları suyun fazlasını yine terleme ile vücutlarından uzaklaştırır. Karasal ekosistemlerden döngüye katılan suyun %90'ının kaynağı, bitkilerin terleme olayı ile atmosfere verdiği sudur.



Düşünelim- Araştırılmalı

Karbon dioksit, yüzyılın en büyük tehlikesi olarak kabul edilen küresel ısınmanın temel sebeplerinden biridir. Atmosferden karbon dioksitin fazlasını uzaklaştırmak konusunda yapılan bilimsel çalışmalar nelerdir? Araştırınız.



Biliyor musunuz?

Yaşlı ormanların karbon dioksit tutması genç ormanlara göre çok daha düşüktür. Bu nedenle atmosferdeki karbon dioksitin tutulabilmesi için genç ormanlara ihtiyaç vardır.

2. Ekosistemde Karbon Döngüsü

Karbon (C) canlıların yapısını oluşturan organik moleküllerin temel elementlerinden biridir. Organik moleküllerin yapısında mutlaka karbon bulunur. Yeryüzünde dolaşıma katılan en önemli karbon bileşiği karbon dioksittir. Karbon atmosfer, hidrosfer (deniz ve tatlı sular), litosfer (taş küre) ve canlıların yapısında depolanır.

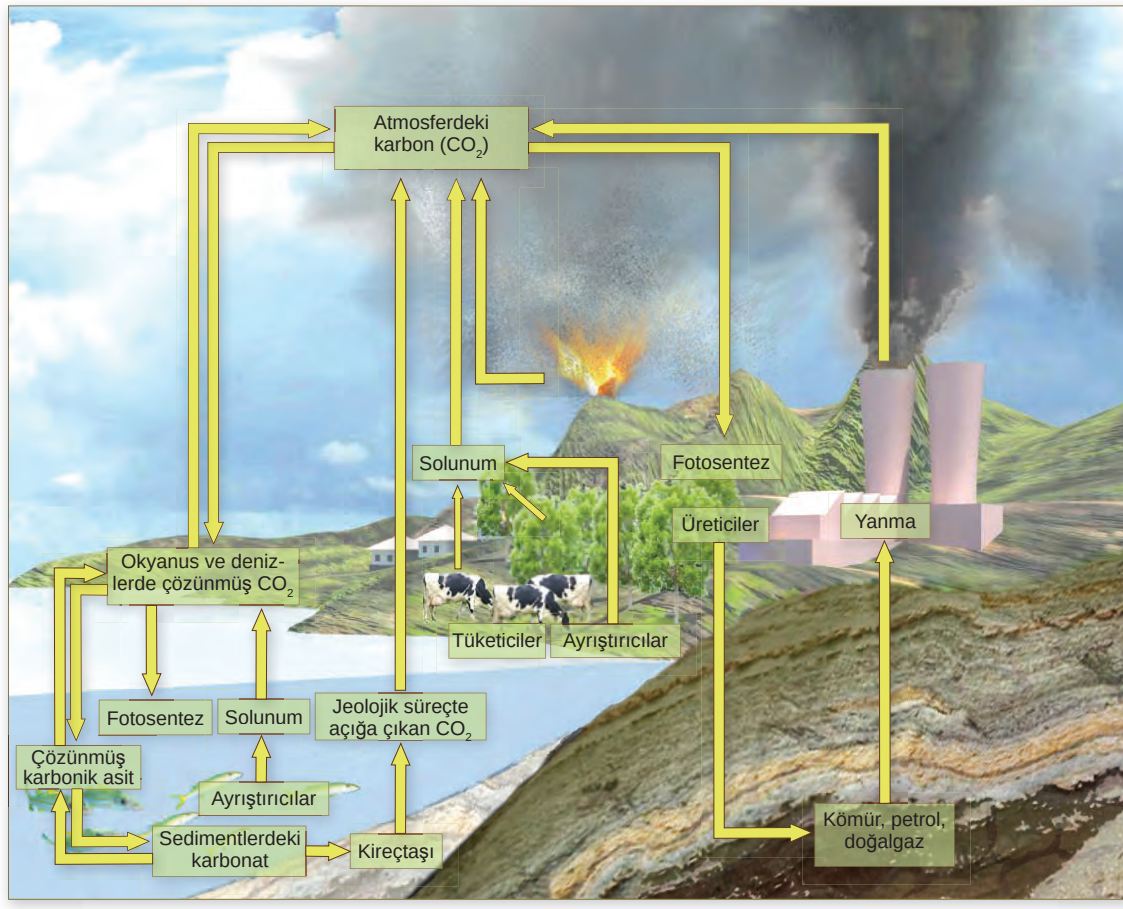
Suda yaşayan fitoplankton adı verilen mikroskopik canlılar suda çözünmüş olan karbon dioksidi fotosentezde kullanır. Karalarda ise bitkiler atmosferdeki karbon dioksidi kullanır.

Üreticilerin sentezlediği besinler, hayvanlar ve diğer tüketiciler tarafından oksijenli solunumda yıkılarak karbon dioksit ve suya dönüştürülür.

Canlılığını yitirmiş bitki ve hayvan kalıntıları ayrıştırıcılar tarafından parçalandığında karbon dioksit açığa çıkar. Günümüzde kömür, doğal gaz, petrol gibi fosil yakıtların enerji üretmek için kullanılması da atmosfere CO₂ verilmesine neden olur. Yanardağlar ve orman yangınları nedeniyle de havaya bol miktarda CO₂ verilir (Resim 3.23).



Resim 3.23. Orman yangını



Şekil 3.13. Karbon döngüsü

Karbon dioksit karalar, denizler, atmosfer ile canlılar arasında solunum, fotosentez ve yanma olayları sayesinde sürekli döngü hâlinindedir (Şekil 3.13).

Yerkürenin karbon kaynaklarından biri de kireç taşı kayalarındır. Kireç taşları havayla temas ettiği zaman aşınmaya ve erozyona uğrar. Kireç taşının içinde bulunan mineral karbon yavaş yavaş ayrışıp karbon dioksit hâlinde denizlere ve atmosfere karışarak karbon döngüsüne katılır. Denizde yaşayan bazı canlı türlerinin kabuk ve kemiklerinde karbon depolanır. Bu canlılar öldüğünde kalıntıları uzun yıllar boyunca birikip jeolojik zaman içinde kireç taşı kayalarına dönüşür. Kireç taşı kayaları da deprem, volkan püskürmesi vb. jeolojik olaylar tarafından tekrar yeryüzüne çıkarılır. Kireç taşının yeryüzüne çıkıp döngüye katılması çok uzun zamanda gerçekleşir. İnsanların son 200 yıl boyunca fosil yakıtları giderek artan oranlarda kullanması atmosferdeki CO₂ miktarını yükseltmiştir. Bu durum doğal sera etkisini arttırdığından dünyanın sıcaklığının da artması beklenmektedir.



Biliyor musunuz?

Son 150 yıl içinde, atmosferdeki CO₂ oranı %30 artmıştır. Bu artışın neredeyse yarısı son 40 yıl içinde gerçekleşmiştir. Bu artış, insan aktiviteleri sonucudur. Endüstride kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtların kullanılmaya başlanması atmosferdeki CO₂ dengesini değiştirmiştir.

3. Ekosistemde Azot Döngüsü

**Dikkat!**

Azot, okyanusun bir çok kısmında fitoplankton gelişimini sınırlayan bir elementtir.

**Düşünelim- Araştırılım**

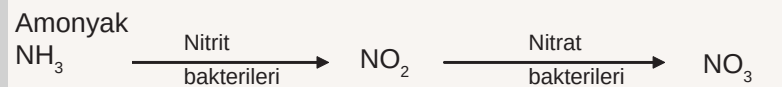
Topraktaki azot bileşiklerinin bitki gelişimine etkisini araştırınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

Canlılarda amino asit, protein ve nükleik asit gibi karmaşık organik moleküllerin sentezinde azot kullanılır. Atmosferdeki azotun canlılar tarafından kullanımı ve tekrar atmosfere dönmesi olayına **azot döngüsü** denir. Bakteriler dışında hiçbir canlı havanın %78'ini meydana getiren serbest azottan doğrudan yararlanamaz. Havadaki azotun bitkiler tarafından kullanılmasında, baklagil köklerinde yaşayan azot bağlayıcı bakteriler (*Rhizobium*) ve siyanobakteriler önemli rol oynar (Resim 3.24). Bazı azot bağlayan bakteri türleri ise doğada serbest olarak bulunur. Baklagiller, azot bağlayan bakterilerle karşılıklı yarar sağlama prensibine dayalı ortak bir yaşam geliştirmiştir.

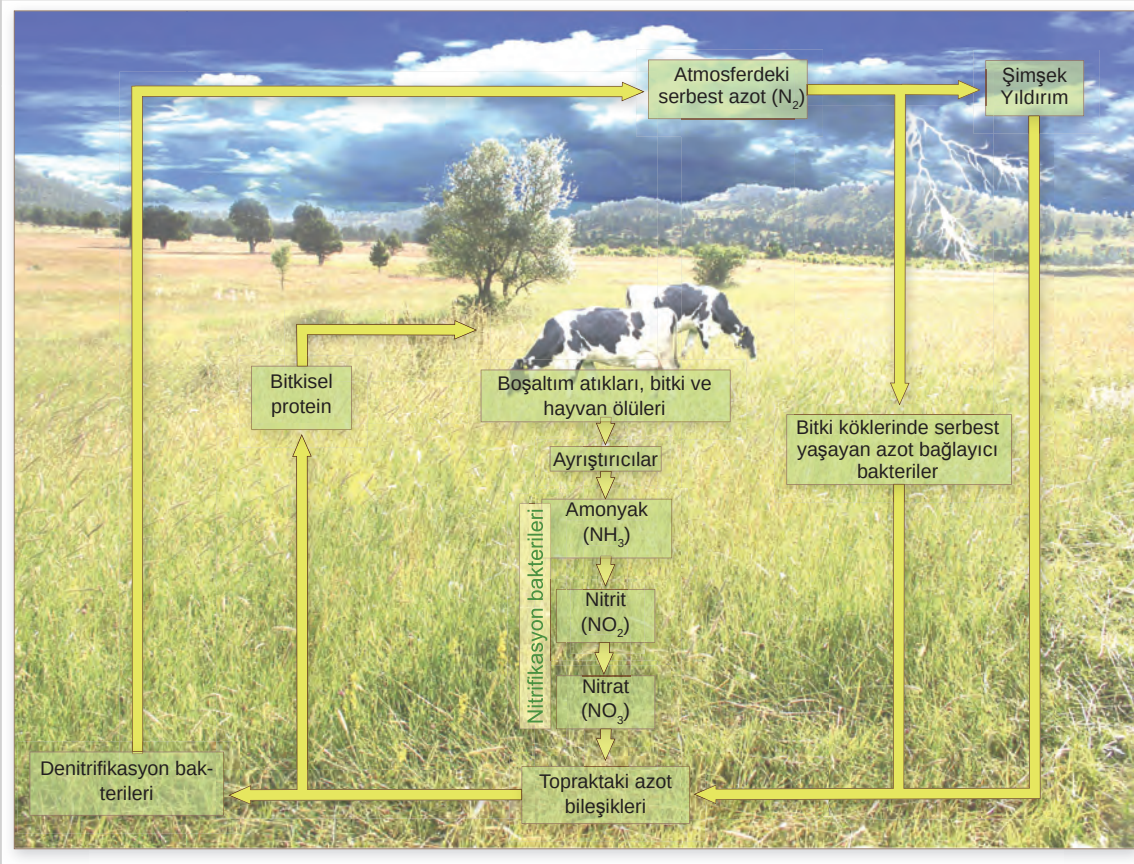


Resim 3.24. *Rhizobium* bakterileri havanın azotunu bitkilerin kullanabileceği hâle dönüştürür ve bitki köklerinde bulunan nodüllerde depolar.

Bitkiler azot bağlayıcı bakterilerin toprağa kazandırdıkları azot tuzlarını fotosentez tepkimelerinde kullanır ve organik besin üretir (Şekil 3.14). Hayvanlar azot ihtiyaçlarını beslenme yoluyla bitki ve diğer hayvanlardan karşılar. Bitki, hayvan ölü dokuları veya onların boşaltım atıkları ayrıştırıcı organizmalar tarafından parçalanır. Böylece azotlu organik maddeler amonyağa dönüşür. Oluşan amonyağı kemosentetik bakterilerden olan nitrit bakterileri nitrite, nitrat bakterileri de nitrata dönüştürür. Bu olaya **nitrifikasyon** denir.

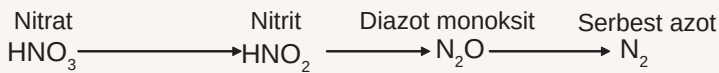


Havanın azotu, yıldırım ve şimşeklerin sağladığı enerji sayesinde suyun hidrojeni ve oksijeni ile birleşip NH_3 ve NO_3 'a dönüşür. Daha sonra bu maddeler yağışlarla yeryüzüne iner. Suda çözünen nitratlar tekrar bitki kökleri ile topraktan alınır.



Şekil 3.14. Azot döngüsü

Toprakta bulunan denitrifikasyon bakterileri de nitrit ya da nitratı tekrar atmosferin serbest azotuna dönüştürür. Bu olay **denitrifikasyon** olarak adlandırılır.



Denitrifikasyonla oluşan moleküler azot atmosfere verilir ya da bakteriler tarafından yeniden bitkilerin kullanabileceği azot bileşikleri hâlinde toprağa bağlanır. Su ekosistemlerinde açığa çıkan azot ise dipteki tortular içinde birikir.

Ekosistemdeki azot kazanımının en önemli miktarı biyolojik yolla elde edilir. Bunun yanında insanlar tarafından endüstriyel yolla suni nitratlı gübre üretimi de gerçekleştirilmektedir. Ancak suni gübre üretimi ile yapılan azot kazanımı biyolojik kazanımın yaklaşık yarısı kadardır. İnsanların azot döngüsündeki diğer bir etkisi de sanayide ve araçlarda kullandıkları akaryakıttan çıkan nitrit oksitlerin oluşumudur. Nitrit oksitler özellikle büyük kentlerin atmosfer kirliliğinde önemli etkiye sahip gazlardan biridir. Ekosistemlerde, endüstriyel ve evsel atıkların doğaya

bırakılması ve bu atıklarda da yüksek miktarda azot bileşikleri bulunması her geçen gün kirliliği artırmaktadır. Bu kirlilik de döngüde çok önemli role sahip mikroorganizmaların habitatlarını etkileyerek azot çevrimindeki dengeyi bozar.

Madde döngüleri ile ilgili öğrendiklerinizden yararlanarak aşağıdaki etkinliği yapınız.



Etkinlik_Poster Hazırlama

Etkinliğin Adı: Madde döngüleri

Amaç: Madde döngülerini ve bu döngülerin birbirleriyle olan ilişkilerini kavrama.

Konular

1. Ekosistemlerdeki azot döngüsü endüstrileşmenin yol açtığı hava kirliliğinden nasıl etkilenir?
2. Minerali düşük ortama uyum sağlamış canlıların bulunduğu sucul ekosistemde azotun ve diğer minerallerin miktarı arttırılırsa ekosistem bu durumdan nasıl etkilenir?
3. Ekosistemde su döngüsü kesintiye uğrarsa canlıların yaşamı bu durumdan nasıl etkilenir?

Uygulayalım

- Öğretmeninizin rehberliğinde çalışma grupları oluşturunuz.
- Yukarıda verilen konulardan birini araştırma konusu olarak seçiniz.
- Araştırma yaparken hangi kaynaklardan yararlanacağınızı, kullanacağınız araştırma yöntemlerini (anket, fotoğraf, deney, gözlem vb.) ve çalışmalarınızı tamamlamak için gereken süreyi belirleyiniz.
- Grup olarak bir çalışma planı ve görev dağılımı yapınız.
- Çalışmanız için veri toplayınız. Araştırmalarınız sonunda edindiğiniz bilgilerden yararlanarak bir poster hazırlayınız. Hazırladığınız posterleri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız. Öğretmeninizin yardımıyla okulda uygun alanlar seçerek çalışmalarınızı sergileyiniz.

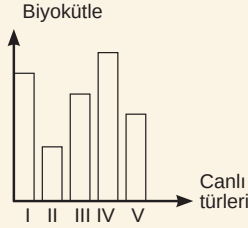
Solunum sonucu ürettiğimiz karbon dioksidi bitkilerin fotosentezde kullandığını hatırlayınız. Acaba kaçımız, karbon döngüsünün, bizleri bahçedeki otlara ya da denizlerdeki planktonlara bağlayan bir köprü olduğunu düşünür? Yalnızca elementlerin döngüsü değil tüm yaşam aslında bir zincirin halkaları gibi birbirine bağlıdır. Doğadaki canlılar bu döngülerin kesintisiz gerçekleşmesiyle varlığını sürdürür. Bitkilerin tozlaşmasını sağlayan böcek türleri döngüden çıkarılsaydı açlık sorunuyla karşı karşıya kalırdık. Karbon döngüsü bozulsaydı hızlı iklim değişikliği insanlığın geleceğini tehlikeye sokardı. Çünkü, gelişmiş teknolojiye rağmen insanlar, henüz bu döngülerin işlevlerini yerine getirebilecek bir makine yapamamıştır. Bu örnekleri arttırmak mümkündür. Sizler de sınıfınızda azot ve su döngülerinin kesintiye uğramasıyla ortaya çıkabilecek ekolojik sorunları tartışınız.



Konu Sonu Değerlendirme

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1.



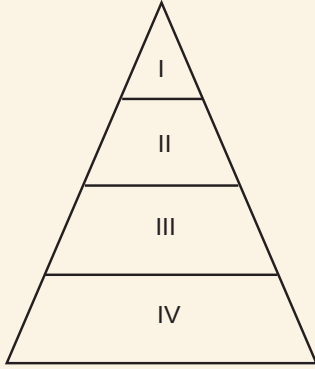
Bir kara ekosisteminde bulunan canlıların oluşturduğu besin zincirinin farklı halkalarındaki canlıların biyokütlesi grafikte gösterilmiştir.

Bu besin zincirinde yer alan canlı gruplarından üretici ve tüketici olanlar hangi numaralarla gösterilmiştir?

Üretici:

Tüketici:

2.



Yanda bir kara ekosistemine ait biyokütle piramidi gösterilmektedir. Bu piramide göre aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

a. Bu ekosistemin en büyük enerji ve besin kaynağı hangi canlı grubudur?

.....

b. DDT ile ilaçlama yapıldığında bu maddenin miktarı hangi canlı grubunda en fazla birikir?

.....

.....

3. Doğal bir ekosistemde bulunan;

- I. Üreticiler
- II. Tüketiciler
- III. Ayrıştırıcılar
- IV. Işık
- V. Su

şeklindeki öğelerden hangileri abiyotik faktörlerdendir?

.....

.....

.....

4. Doğal bir ekosistemde bulunan;

- I. Üreticiler
- II. Tüketiciler
- III. Ayrıştırıcılar
- IV. Toprak ve mineraller
- V. Ortam pH'si

şeklindeki öğelerden hangileri biyotik faktörlerdendir?

.....

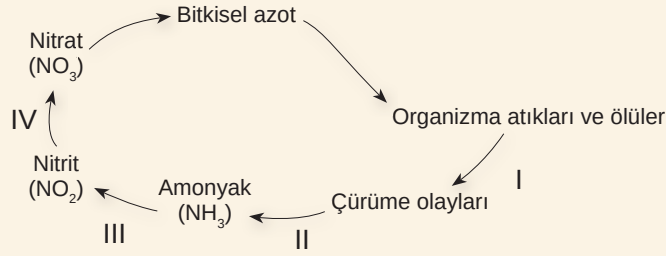
.....

.....

5. Doğada azot döngüsünde saprofit (ayrıştırıcı) organizmaların aktivitesinden sonra gerçekleşen olaylar aşağıda verilmiştir. Bu olayları sıralayınız.

- I. Azotlu bileşiklerin oluşması
- II. Amonyakın açığa çıkması
- III. Bitkilerin azotu kullanması
- IV. Hayvanların azotu kullanması

6. Aşağıdaki şekilde, doğada gerçekleşen azot döngüsünün bazı olayları gösterilmiştir. Bu döngüde nitrifikasyon bakterileri hangi basamaklarda bulunur?



B. Aşağıda yapılandırılmış gridda numaralandırılmış kutucuklarda çeşitli canlı isimleri verilmiştir. Kutucuk numaralarını kullanarak aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

1 Zooplankton	2 Baykuş	3 Mantar
4 Yılan	5 Palamut balığı	6 Çimen
7 Fare	6 Su teresi	9 Yunus
10 Hamsi	11 Alg	12 Böcek

1. Yukarıdaki canlılardan hangileri üreticidir?

2. Yukarıdaki canlılardan hangileri tüketicidir?

3. Yukarıdaki canlılardan hangileri ayrıştırıcıdır?

4. Yukarıdaki canlılardan hangileri sucul besin zincirini oluşturur?

5. Yukarıdaki canlılardan hangileri karasal besin zincirini oluşturur?



Yandaki resimde gördüğünüz su ekosisteminin bir parçası olan su sümbülleri (*Eichornia crassipes*) ılıman iklimlerde doğal olarak yetişen, çok güzel görünüşe sahip, hızlı büyüyen ve yayılan bir bitkidir. Yapılan bilimsel çalışmalar 1970'li yıllara kadar zararlı bir su otu gözüyle bakılan bu bitkinin atık sularındaki organik maddeleri büyük bir hızla temizlediğini göstermiştir. Hesaplamalar, evsel atıklar içeren bir gölü temizleyebilmek için gölün toplam alanının %30'u kadar bir su sümbülü ekim alanının yeterli olacağını ortaya çıkarmıştır. Çevre kirliliği ile mücadele etmek ve toplumların hayat kalitesini iyileştirmek kısaca ekosistemlerin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla pahalı teknolojiler yerine su sümbülü örneğinde olduğu gibi doğada mevcut biyolojik sistemleri kullanmak düşüncesi son yıllarda iyice yaygınlaşmıştır.

Su sümbülü gibi birçok canlının yaşadığı bir ekosistemde her bireyin farklı işlevleri yerine getirmesi sonucu sistemin işleyişi ve doğal varlığı sürdürülür. Bu bölümde ekosistemlerdeki etkileşimlerin canlılara sağladığı faydalar (hizmetler) ve bu faydaların sürdürülebilir olmasının yollarını öğreneceksiniz.

A. Ekosistem Hizmetleri

Ekosistemin önemini anlamanın iyi bir yolu, evrendeki başka bir gezegende yeni bir yaşam hayal etmek olabilir. Örneğin dünyanın yaşam koşullarının bozulduğunu, yerküreye benzer atmosferi ve iklimi olan farklı bir gezegene gideceğinizi düşününüz. Yanınızda götüreceğiniz de sınırlı sayıda olsa dünyada yaşayan milyonlarca canlı türünden hangilerine gereksinim duyardınız? Yiyecek, içecek, kereste, ilaç, gibi en önemli gereksinimleriniz için yüzlerce canlı türünü, beraberinizde götürmeniz gerekirdi. Havanın ve suyun arıtılması, atıkların arındırılması ve ayrıştırılması, toprağın ve toprak veriminin sağlanması, bitkilerin tozlaşması, tarım zararlılarının kontrol edilmesi, biyolojik çeşitliliğin korunması, güneşin mor ötesi ışınlarından korunma, iklimin kısmen dengelenmesi gibi ihtiyaçlarınızı nasıl karşıladınız? Bu ihtiyaçları karşılamak için gerekli olan ekosistemi nasıl oluştururdunuz?

Yaşam, enerji kaynaklarıyla birlikte canlıları içinde barındıran denge hâlindeki ekosistemlere bağlıdır. Başka bir gezegende dünyamızın şartlarını oluşturmak henüz mümkün değildir. Bundan dolayı ekosistemdeki dengelerin bozulmadan daima sürdürülebilir olması gerekmektedir. Biyotik ve abiyotik öğelerin birlikte bir denge hâlinde bulunduğu ekosistemler canlıların

barınmaları, beslenmeleri ve nesillerini sürdürebilmeleri için uygun ortamlar ve koşullar sağlayarak çeşitli hizmetler sunar.

Ekosistem hizmetleri yerkürede çevrenin dengeli ve kararlı bir durumda devam etmesine yardımcı olan, yeryüzündeki canlılar tarafından yürütülen etkinlikler ya da süreçlerdir. Toprağın oluşumu ve verimli hâle gelmesi, suyun temizlenmesi, küresel sıcaklığın kontrol altında tutulması, bitkilerin tozlaşması, oksijen üretimi, karbon dioksit tüketimi dolayısıyla atmosferdeki oksijen ve karbon dioksit dengesinin kurulması gibi ekolojik hizmetlerdir.



Resim 3.25. Toprak solucanı toprağı havalandırır ve bileşimini değiştirir.

Peki, doğada ekosistem hizmetleri nasıl gerçekleşir?

Azot bağlayan bakterilerin, mikoriza mantarların, yassı kurtların ve solucanların etkinlikleri sonucu toprak verimli hâle gelir ve bu düzeyde tutulur (Resim 3.25). Fosfatlı ve azotlu bileşiklerin suda aşırı oranda bulunması, alglerin çoğalmasına yol açar (Ötrofikasyon). Sudaki bu bileşiklerin doğal yollarla uzaklaştırılması ile suyun arıtılması ekolojik hizmetlerin birkaçıdır. Bu süreçler bazı yararlı algler, bakteriler ve sulak alan bitkileri tarafından gerçekleştirilir.

Atmosferdeki oksijen, fotosentez olayı sırasında bitkiler, algler ve siyanobakteriler tarafından üretilir.

Oksijen bazı bakteriler, mantarlar, hayvanlar vb. oksijeni kullanan canlıların yaşaması için gereklidir. Fotosentezle aynı zamanda havadaki karbon dioksitin karbon hâlinde bağlanarak organik maddenin yapısında depolanması sağlanır. Bu yolla karbon, odunsu bitkilerin gövdesindeki odunda, geçmişte yaşamış bitkilerden ve alglerden oluşan fosil yakıtlarda tutulmuş olur. Ayrıca jeolojik devirde bazı algler tarafından biriktirilmiş kireç taşı yığınları da karbonun tutulduğu kaynaklardır. Bu olayların hepsi atmosferdeki karbon dioksitin karbon hâlinde uzun süreli depolanmasını sağlamaktadır. Böylece atmosferdeki oksijen ve karbon dioksit dengesi bugünkü yaşanabilir düzeyde tutulmaktadır. Eğer karbonun bir kısmı bu şekilde depolanmamış olsaydı atmosferde daha fazla karbon dioksit (sera gazı olarak) bulunacaktı. Bunun sonucunda da yeryüzünde iklim canlıların yaşayamayacağı kadar sıcak olacaktı.

Sizce bu hizmetlerin maddi değeri ölçülebilir mi?



Biliyor musunuz?

Atık hâle gelmiş kâğıtlar doğadaki ayrıştırıcılar tarafından 3 ay ile 5 yıl gibi bir süre içinde parçalanarak toprağı karışır. Bir ton kullanılmış kâğıt çöpe atılmayıp kâğıt üretiminde tekrar kullanıldığı zaman;

17 adet yetişmiş çam ağacının kesilmesi,

36 ton sera gazı CO₂'in atmosfere atılması,

4100 kWh elektrik enerjisinin israf edilmesi,

85 m² ormanlık alanın tahrip edilmesi,

38,8 ton suyun israf edilmesi önlenmiş olur.

Ekosistem hizmetlerine bir fiyat biçilmesi, insanların ekosistemin değerini daha iyi anlamasına ve bir ekosistemi kullanma seçeneklerinden en iyisini belirleyip karar vermesine yardımcı olmaktadır. Bazı ekologlar bu konudaki verilere dayanarak bir değerlendirme yapmışlardır. Buna göre, tüm dünya ekosistemlerinin insanlardan hiçbir bedel almadan sunduğu hizmetlerinin karşılığı yılda 51 trilyon TL tutmasına karşılık dünyadaki tüm ülkelerin üretimlerinin toplam değeri 28 trilyon TL olarak hesaplanmıştır. Bu bilgiden de anlaşıldığı gibi ekosistemlerin sunduğu hizmetlerin maddi değeri büyüktür. Bozulan ekosistemlerin ise değerinin az olduğu anlaşılmaktadır. Bir bölgede arazi ve su kaynaklarını kullanma amacıyla yeni düzenleme yapılırken bu düzenlemelerin o bölgeye getireceği yarar, bölgeden götürüleceği ekolojik hizmetlerden daha az ise bu uygulamadan vazgeçilir.

Ekosistem Hizmetlerinin Verimliliğinde Biyoçeşitlilik

İnsanların yaşaması için verimli topraklara, temiz suya ve kirlenmemiş havaya ayrıca yiyecek ve diğer ihtiyaçları karşılamak için çeşitli bitkilere, hayvanlara ve mikroorganizmalara ihtiyaç vardır. Ekosistemlerdeki tüm canlı türleri hep birlikte yerkürenin **biyoçeşitliliğini** meydana getirir. Bir ekosistemdeki canlı türlerinin çeşitliliği ve bu türlerin işlevleri ekosistem hizmetleri açısından önem taşır. Çünkü, biyoçeşitlilik ekosistem hizmetlerinin verimliliği ve yeterliliği açısından gereklidir.

Ekosistemde biyoçeşitliliği etkileyecek bir değişim olursa ekosistem hizmetlerinin yerine getirilmesi olumsuz yönde etkilenebilir. Kilit taşı türler ekosistemde diğer türlere göre daha fazla ekolojik işleve sahiptir. Azot bağlayan bakteriler, mikoriza mantarlar, tropik bölgelerde birçok hayvan türüne besin sağlayan palmiye ve incir gibi kilit taşı türler yok olunca ekosistem hızlı bir şekilde değişir ve ekosistem hizmetleri büyük ölçüde aksar ya da durur.

Dünyada endemik türler bakımından zengin, biyoçeşitliliği çok olan ve insan etkinlikleri nedeniyle tehlike altında olan bölgeler belirlenmiştir. Yağmur ormanları, Orta Amerika, Filipinler, Hindistan, Güney Afrika, Güney Batı Avusturalya, Kaliforniya sahilleri olarak belirlenen bu bölgelerde yerküredeki damarlı bitki, memeli, kuş, sürüngen ve kurbağa türlerinin üçte biri yaşamaktadır. Türkiye de endemik bitkiler açısından dünyanın



Biliyor musunuz?

Afrika savanalarında yaşayan kilit türlerden olan filler, uzun boylu ağaçların filizlerini yiyerek beslenir. Böylece ağaçların büyümelerini doğal olarak kontrol altında tutar. Ağaçlar, kontrolsüz büyümüş olsaydı diplerinde geniş gölgelik alan oluşturarak kısa boylu bitkilerin ve çayırların gelişmesine engel olurdu. Antilop gibi otçul hayvanlar ve onları yiyerek beslenen etçiller bu durumdan olumsuz etkilenebilir hatta yok olma tehlikesiyle karşılaşır.

önemli bölgelerinden biridir. Bu nedenle biyoçeşitlilik bakımından yoğun olan bu alanlar doğa koruma çalışmalarında öncelikli sırada yer almaktadır.

İnsan nüfusunun bu bölgelerde fazla olması nesli tükenmekte olan canlı çeşidinin ve sayısının hızla azalmasının önemli nedenlerindendir. İnsan nüfusu arttıkça doğal ortamlarda yeni tarım alanları açılması, yolların ve hava alanlarının yapılması, yeni yerleşim merkezlerinin ve ticari bölgelerin kurulması habitatların parçalara bölünüp bozulmasına neden olmaktadır. Bu durum biyoçeşitliliği dolayısıyla ekosistemin sürdürülebilirliğini tehlikeye sokmaktadır.

B. Sürdürülebilirlik

Uzun yıllar boyunca dünyadaki kaynakların sonsuz olduğunu düşünen insanoğlu, 20. yy'ın sonlarına doğru yüz yüze geldiği ekolojik sorunlar karşısında doğal dengeyi korumanın ne kadar önemli olduğunu anlamıştır. Ekosistemlerde meydana gelen olumsuz değişimler, kaynaklardan faydalanırken doğaya zarar vermeden ve gerekli önlemleri alarak dünyayı koruma fikrini ortaya çıkarmıştır.

Bu fikir sürdürülebilirlik kavramını karşımıza çıkarır. **Sürdürülebilirlik**; çevrenin kalitesini yüksek bir düzeyde tutarak gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağını yok etmeden insanoğlunun ve onun yaşadığı çevrenin yerkürede devam ettirilmesidir.

Doğada ekosistemleri oluşturan elemanlar arasında anahtar-kilit uyumu vardır. Bu uyum ekosistemlerde dengeyi sağlar. Dengenin bozulması yaşantımızı nasıl etkiler? Dünyamızda çevre koşulları tamamen bozulursa ne yaparız?

1.Sürdürülebilir Bir Yapay Ekosistem Kurulabilir mi?

İnsanlar yerkürenin biyoçeşitliliğine ve burada sunulan ekolojik hizmetlere muhtaçtır. Bu gerçek ABD'nin Arizona eyaletinde gerçekleştirilen **Biyosfer II** projesiyle ortaya konmuştur. Bilim insanları 1990'ların başında ekosistemdeki işleyişi kavrayabilmek ve ilişkiler ağını çözebilmek için teknolojik olanaklardan yararlanarak dünyanın en büyük ekoloji projesi olan Biyosfer II'yi geliştirdiler. Bu yapay biyosfer, Arizona Çölü'nde yaklaşık 12 000 m² lik bir alanda, cam ve çelik kullanılarak inşa edilmiştir (Resim 3.26).



Resim 3.26. Biyosfer II adını alan ekosistem, projenin geliştirildiği güne kadar oluşturulan kapalı araştırma alanlarının en büyüğü ve en kapsamlısıydı.

Biyosfer II ortama giren güneş ışığından başka diğer ekosistemlerden tamamen izole edilmiş dev sera görünümünde bir yapıydı. İçinde, yeryüzündeki yaşam için gerekli olan su oksijen ve azot çevrimi gibi mekanizmaların kendiliğinden işleyeceği düşünülen bir ortam hazırlanmıştı.

Biyosfer II'de yerkürede bulunan dere, bataklık, tropik yağmur ormanları, savan, çöl gibi önemli biyom tipleri, bu alanlara özgü belirli bitki ve hayvan türleri bulunmaktaydı. Bu yapay ekosistemde buharlaşma ve terlemeye bağlı yağmurların yağmasına kadar her şey planlanmıştı. Bütün besin maddeleri Biyosfer II'nin içinde üretiliyordu. Sekiz gönüllü bilim insanı da iki yıl boyunca sistemin bir parçası olarak Biyosfer II'de kalmış ve orada çalışmıştı. 200 milyon dolara mal olan bu projenin amacı başka gezegenlerde insanın yaşayabileceği istasyonların kurulmasına model oluşturmaktı. Ancak sistem en fazla iki yıl kendi kendine yeterli olabilmisti. Bu sürede temiz su sağlayan sistem kirlenmiş, göller yosunlar ile kaplanmış (Resim 3.27), tarla bitkilerinin yerini yabani otlar almıştı. Ortama bırakılan yirmi beş omurgalı canlı türünden on dokuzu yok olmuş, bitkilerin tozlaşmasını sağlayan böcekler ise ölmüş, tüm tesisi çekirgeler, karıncalar ve hamam böcekleri istila etmişti. İçerideki oksijen oranının tehlikeli düzeylere düşmesi, ortamda biriken toksik gazlar gönüllü bilim insanlarının Biyosfer II'yi terk etmelerine neden olmuştur.



Resim 3.27. Biyosfer II projesi sona erdiğinde ortam yosunlarla kaplanmıştı.

Sonuç olarak tüm çabalara rağmen, Biyosfer II kapalı sisteminde, yeryüzünde milyonlarca senedir işleyen dengeleri oluşturmak, dolayısıyla tüm canlılar için sağlıklı yaşanabilir bir ortam sağlamak mümkün olmamıştır. Bu proje bilim ve teknoloji ilerlese de bilimsel çalışmalardan elde ettiğimiz veriler ışığında, doğal ekosistemler içindeki etkileşimin nasıl gerçekleştiğini henüz tam olarak çözemediğimizi göstermektedir. Çünkü yeryüzündeki yaşam milyonlarca canlı türüne, cansız ortam şartlarına ve bunlar arasında kurulan özel ilişkilere bağlıdır. “Milyonlarca yıldır bir denge içinde yaşayan canlılardan bazıları yok olursa yaşadığımız ekosistemde ne gibi olumsuz değişimler meydana gelir?” sorusunun cevabı açıktır: Bizlerin ve bizden sonra gelecek nesillerin hayatı tehlikeye girer. Öyleyse bizler yaşadığımız ekosistemi bir bütün olarak görmeli, doğadaki dengeleri bozmadan ekosistem hizmetlerinden yararlanmalıyız.

Ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak için bu hizmetleri kesintiye uğratan ve ekosistemleri bozan etkenleri bilmeliyiz.

2. Nüfus Artışının Sürdürülebilirliğe Etkisi

Hızlı nüfus artışının ekosistemlerin sürdürülebilirliği üzerine çok büyük olumsuz etkileri vardır.

Artan nüfusun besin ihtiyacını karşılamak için tarım arazilerinin de artırılması gerekmektedir. Tarıma uygun araziler bu amaç için zaten kullanılmaktadır. Otlak ve meralar tarım arazisine çevrilirse bu ekosistemlerin sunduğu ekolojik hizmetler azalacaktır.

Nüfusun artışı çevre kalitesinin gittikçe bozulmasına neden olmaktadır. Barajlar ve sulama kanalları ile tatlı su kaynaklarının doğal akış yönünün kesilmesi başka canlıların yaşama ortamındaki suyun azalmasına yol açmıştır. Önümüzdeki 50 yıl içinde kereste vb. orman ürünlerine ihtiyacın iki kat daha artacağı tahmin edilmektedir. İnsan nüfus artışına paralel olarak doğal kaynaklar hızla yok olmaktadır.

Yerküre kaynakları hangi yaşam düzeyinde, ne kadar insanı destekleyebilir?

Bugün dünya nüfusu yaklaşık 6,5 milyar civarındadır ve beslenme, barınma, su vb. ihtiyaçlar için doğal kaynakların tüketimi devam etmektedir. Nüfusunun yaklaşık yarısı yoksulluk ve yetersiz beslenme sıkıntısı çekmektedir. Yaşam standardı düşük bir geleceği kimse istemeyecektir.

Tüm dünyadaki insanlar ABD'deki yaşam standardının yarısı düzeyinde bir yaşam standardına sahip olsalar bile yerkürenin taşıma gücü ancak iki milyar insanı destekleyebilir. Aynı koşullarda ABD toprakları da ancak 200 milyon insanı taşıyabilir. Oysa ABD'nin kendi nüfusu bugün 300 milyondur. Yaşam düzeyi dikkate alınınca hem dünya hem de ABD'nin nüfusu kendi taşıma güçlerinin üstünde bulunmaktadır. Nüfusun artması enerji tüketiminin artmasına neden olur. İnsan nüfusu bugünkü yaşam düzeyini sürdürülebilmek için bir gün tükenecek olan fosil yakıtlardan sağladığı enerjiden yararlanmaktadır.

İnsan etkinlikleri ve nüfus artışı ile biyoçeşitliliğin azalması, türlerin yok olması arasında önemli bağlantılar vardır. Bu azalma bir türün yaşama ortamının bozulup parçalara ayrılması ve neslinin yok olması, küresel iklim değişikliklerinin etkileri, istilacı türlerin ortaya çıkması gibi olayların sonucunda olmaktadır.

İstilacı tür, başka bir bölgeden bilerek ya da bilmeden getirilen ve getirildikleri yerde hızla yayılarak yerli türlerin habitatını işgal eden türlerdir. Bu türler getirildikleri bölgede, ana vatanlarındaki doğal düşmanlar, hastalık vb. bulunmuyorsa daha hızlı çoğalır ve yayılır. Özellikle yangın gibi nedenlerle tahrip olmuş alanlar istilacı türlere daha yatkındır. İstilacı türler geniş bir hoşgörü ve uyum esnekliğine sahip oldukları için çeşitli ekolojik koşullarda yaşayabilir. Örneğin gümüşü havuz balığı olarak da bilinen *Carassius gibelio* (Resim 3. 28) ülkemizde ilk defa 1986 yılında Gala Gölü'nde görülmüştür.

Yüksek uyum yeteneği ve gelişmiş üreme özelliği nedeniyle bulunduğu yerde kolayca ve hızla yayılabilen gümüşü havuz balığı ortamda bulunan diğer canlılarla rekabete giren istilacı türlere iyi bir örnektir. Bırakıldığı gölde baskın olan kızıl kanat, eğrez, adi sazan gibi türlerin sayılarında ciddi azalmalar meydana gelmesine karşın gümüşü havuz balığının sayıca hızla artış göstererek akarsu ve göllerimizi tehdit eder duruma geldiği tespit edilmiştir. Tahrip olmuş habitatlardaki yerli türler, çoğunlukla yabancı kaynaklı istilacı türler tarafından tehdit edilmektedir.

Bugün her on bitki türünden biri yok olma sınırında bulunmaktadır. Dünya Doğa Koruma Birliği'nin (WCU) hazırlattığı rapora göre yerkürede 34 bin bitki türü soyu tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Tehlike oranı bazı türlerde daha yüksektir. Örneğin zambakgiller aile türlerin üçte biri ciddi tehlike altındadır. Dünya'da gergedan, panda, penguen; ülkemizde ise Akdeniz foku, kelaynak (Resim 3.29), deniz kaplumbağası, alageyik, bozayı ve kardelen çiçeği gibi canlılar nesli tükenme tehlikesi altında olan türlerdir.



Biliyor musunuz?

Bir milyon nüfuslu bir kentte bir günde ortalama 9500 ton fosil yakıt, 625 bin ton su ve 32 bin ton oksijen tüketilirken 500 bin ton atık su, 29 bin ton CO₂ üretilmektedir.



Resim 3.28. Gümüşü havuz balığı



Biliyor musunuz?

Fas ve Suriye ile birlikte popülasyonlardan birine sahip olduğumuz, dünyada nesli tükenmekte olan kelaynaklar Urfa'nın Birecik ilçesinde yaşamlarını sürdürüyor.



Resim 3.29. Kelaynak kuşları nesli tehlike altındaki türlerdendir.



Düşünelim-Araştırma

Nesli tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan canlıların uygun ortamlarda yetiştirilmesi ile ilgili çalışmalar nelerdir? Araştırınız. Bulduğunuz örnek çalışmaları bir pano hazırlayarak sınıf ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız.



Biliyor musunuz?

Kentsel alanlar yeryüzünün %2'sini kaplar ancak bu alanların küresel iklim değişikliğine yol açan sera gazlarının üretimindeki payı %78'dir.



Biliyor musunuz?

Kentlerin ekolojik ayak izi, konut alanlarındaki artışa bağlı olarak besin maddeleri, kâğıt ve yakıt tüketiminin de artmasıyla büyümektedir.

Habitatların insan etkinlikleri ile bölünüp parçalara ayrılması ekosistemlerin de parçalanmasına neden olur. Böylece daha önce geniş bir alanda çok sayıda bireyden oluşan popülasyonlar, bölünme sonucu küçük alanlarda az sayıda bireyden oluşan popülasyonlara parçalanmaktadır. Dar bir alanda yaşamak zorunda kalan popülasyonlarda akrabalar arası eşleşme artar, tür içi çeşitlilik azalır, hatalı genlerin oranı yükselir. Bu durumda bir türün nesli tükenebilir. Oysa büyük habitatlarda bireylerin geniş alanlara yayılması yok olmayı azaltan önemli bir etkidir.

3. Kentlerin Sürdürülebilirliğe Etkisi

Dünya nüfusunun yarısı kentlerde yaşamaktadır. Dünya genelinde doğal alanlar ve biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği açısından en büyük tehlike kentleşmedir. Kentleşme doğal yaşam ortamlarının özelliklerini değiştirmekte, yoğun nüfus nedeniyle kaynaklar tüketilirken büyük oranda atık madde üretimine sebep olmaktadır.

Kentlerin ulaşım, yakıt, konut vb. gereksinimlerini karşılamak amacıyla yerkürede bıraktıkları "ekolojik ayak izi" her geçen gün büyümektedir. Geçen yılki derslerinizden de hatırlayacağınız gibi ekolojik ayak izi, günlük yaşantımızda kullandığımız kaynakların, enerjinin, ham maddenin üretilmesi ve oluşturduğumuz atıkların etkisiz hâle getirilmesi için gerekli kara ve deniz alanıdır. Yani bir insanın yaşam sürecinde kullandığı maddeler ve onların atıklarının dönüştürülmesi için gerekli toprak, su gibi doğal kaynakların tüketimi ekolojik ayak izimizin büyüklüğünü belirlemektedir.

Çağımız kentleri ekonomik aktiviteler, materyal tüketimi ve ürettiği atıklar nedeniyle dünya ekosisteminin geleceğini tehlikeye atmaktadır.

Kentler yaşam ortamlarıdır ve doğadan izole edilmiş çevreler olarak algılanmamalıdır (Resim 3.30). Kentsel alanlarda doğal bitki örtüsüne yer verilmesi, kent koşullarına uyum sağlamış alanlar için uygun habitatların oluşturulması, bunların korunması, güçlendirilmesi, çevre kaynaklarının korunmasını sağlar, kentin yaşam ka-



Resim 3.30. Kentler doğal yaşam alanlarının da korunduğu ortamlar olmalıdır.

litesini artırır. Kentsel alanlarda ekolojik çalışmalar doğal çevrenin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir.

4. Teknolojik Gelişmelerin Sürdürülebilirliğe Etkisi

Teknolojik gelişmeler ekosistemde bozulmalara yol açabilir ve bir bütün olan çevrenin sürdürülebilirliğini olumsuz etkileyebilir. Geçtiğimiz yüzyılda, yeni teknolojik keşiflerin yapılması ve çok çeşitli alanlarda hayatı kolaylaştıran makinelerin icadı, petrol, doğal gaz ve kömür gibi doğal kaynaklardan elde ettiğimiz enerjiyi daha fazla kullanmamıza sebep olmuştur.

Doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı ve hızlı nüfus artışı sonucunda yaşadığımız ekosistemler hızla bozulmaya başlamış, bu da yeryüzündeki ekolojik ayak izimizi büyötmüştür. Nesnelerin doğada bıraktıkları ayak izlerini tek tek belirlemek mümkündür. Mesela; toplam ağırlığı 2 g olan, 32 megabayt (MB)'lık bir bellek çipinin (Resim 3.31) üretim ve kullanım sürecinde ortalama 32 litre su, 72 g amonyak ve hidroklorik asit gibi toksik madde kullanılmaktadır. Bu çipin 4 yıl kullanılması için ise harcanan enerjinin fosil yakıt maliyeti yaklaşık 1,6 kg'dır. Peki bir bombanın ekolojik ayak izinin ne olduğunu düşündünüz mü? Örneğin ağır bombardıman uçağından atılan bir bomba patladığında, yaklaşık 3 bin derece sıcaklık ortaya çıkar ve bu ısı tüm flora ile faunanın yanı sıra toprağın daha alt katmanlarının da kavrulmasına neden olabilir. Aynı toprağın yeniden işlenebilir hâle gelmesi için yüzlerce yıl geçmesi gerekir ki bu da savaşın yarattığı ekolojik kıyımın toplumsal kıyımına neredeyse eş olduğunu gösterir.

İnsan hayatını kolaylaştıran teknolojinin ekosisteme zarar verecek şekilde kullanılması doğada geri dönüşümü olmayan zararlara da yol açmaktadır, bu da teknolojinin bilinçli kullanılması gerektiğini gösterir.

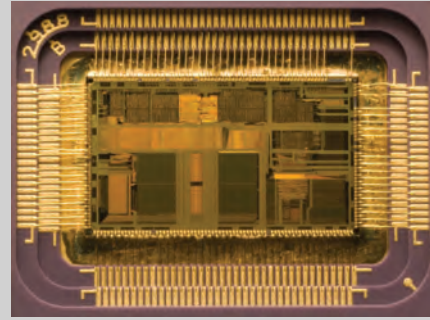
5. Tarımın Sürdürülebilirliğe Etkisi

Tarımsal etkinliklerin gelişmesi ve yaygınlaşması çevrenin küresel düzeyde değişmesine ve ekosistemlerin bozulmasına neden olan etkenlerden biridir. Eldeki verilere göre tarımda verim 1700 yılından 1980 yılına kadar % 500 arttırılmıştır. Bu artışta kimyasal gübreler, sulama sistemleri, pestisitler, türlerin genetik özellikleri bakımından yüksek verimli çeşitleri, işlemede kullanılan mekanizmalar ve bu konularla ilgili teknolojik gelişmeler etkili olmuştur. Bu verim artışı sağlanırken toprak erozyonu,



Biliyor musunuz?

Konutlar arasında kalan boş alanları, ekolojik yaklaşımların uygulandığı yeşil alan ve parklara dönüştürmek kentsel alanların doğallaştırma uygulamalarındandır.



Resim 3.31. Bilgisayar çipleri günlük yaşamımızda çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.



Düşünelim- Araştırılın

Günlük hayatımızda sıkça kullandığımız tek kullanımlık ıslak mendil, plastik tabak, bardak ve çocuk bezi gibi malzemelerin doğada bıraktığı ekolojik ayak izi neler olabilir? Araştırınız. Edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.



Düşünelim- Araştırılım

Çevre sorunları üzerine hazırlanmış çeşitli makaleler okuyunuz. Bu sorunların nedenlerini ve çözümlerini edindiğiniz bilgiler ışığında sınıf ortamında tartışınız.



Biliyor musunuz?

Damla sulamayla 1 dekarlık bir alanda yağmurlama sulamaya göre % 25-30, salma sulamaya göre % 50-60 daha az su kullanıldığı tespit edilmiştir.

toprak verimliliğinin azalması, akarsu ve göllerin kirlenmesi gibi çevresel değişiklikler ortaya çıkmıştır. Besin üretiminde dengeli ve kararlı sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için tarım bitkilerinin biyolojik özelliklerinin bilinmesiyle birlikte ekosistemin bozulmasını önleyecek teknolojilerin gelişmesi gerekmektedir.

Geleneksel yöntemlerle yapılan tarımda verim az, endüstrileşmiş tarımda ise verim fazladır. Bu verim artışını sağlamak için kullanılan fosil yakıtlar, pestisitler, kimyasal gübreler, sulama sistemleri ekosistemlerde bozulmalara yol açmaktadır. Tarımda fosil yakıtların kullanılması hava kirliliğine, küresel iklim değişikliğine ve asit yağmurlarına sebep olur. Çok miktarda kimyasal gübre kullanımı sonucunda gübrenin fazlası yağışlarla akarsu ve göllere ulaşarak kirliliğe neden olur. Aşırı su kullanılması ise doğal kaynakların kurumasının sebeplerinden biridir. Daha fazla ürün almak için tarım zararlılarıyla mücadelede kullanılan pestisitler gibi zehirli kimyasal maddeler ürün miktarını artırır. Ancak bu maddelerin yüksek miktarda ve bilinçsiz kullanılması ortamda birikime neden olur. Dolayısıyla zehirli kimyasallar besin zinciri yoluyla diğer canlılara aktarılır.



Resim 3.32. Denge hâlinde olan ekosistemler bilinçsiz müdahaleler sonucu yenilenemeyecek biçimde bozulabilir.

Ekosistemin sürdürülebilir yapısını (Resim 3.32) bozmadan daha çok ürün elde etmek için olumlu sonuçlar alacak şekilde teknolojiden yararlanılabilir. Ülkemizde bilim insanları tarafından tarımsal faaliyet yapılan alanları denetim altına almak için üretim sırasında yapılan uygulamaları uydu aracılığıyla kayda geçiren bir cihaz geliştirildi. Bu cihaz sayesinde ortamdaki ısı, CO₂, azot, havanın ve toprağın nem durumu tespit edilmektedir. Buradan alınan veriler doğrul-

tusunda üretime yön verilerek yanlış gübreleme, zamansız hasat, fazla veya az sulama gibi konularda çiftçi uyarılmaktadır.

C. Ekosistemdeki Bozulmalar Onarılabilir mi?

Bozulmuş ekosistemler kendi hâline bırakılırsa doğal yollarla onarılması yüzlerce yıl sürebilir. Ekoloji bilgisine sahip kişilerin katkısıyla ekosistemlerin onarımı ve sürdürülebilirliği hızlandırılabilir.

Bozulan ekosistemlerin onarılmasına katkıda bulunmak için toprağa azot bağlama yeteneği olan bitkiler dikerek toprağın azot düzeyi artırılabilir.

Hardal, alpin teresi (Resim 3.33) vb. bitkilerin toksik metalleri topraktan alma ve depolama özelliğinden yararlanılarak metal kirliliği olan toprak ve atık sular temizlenir. Bu gibi işlemlerle doğal özelliklerini geri kazanan toprağa uygun bitki türleri ekilir. Böylece ekosistemin eski hâline gelmesi hızlandırılır.

Bozulan ekosistem yanmış bir orman alanı ise kara yosunlarından olan *Funaria hygrometrica* gibi öncü türlerin yerleşmesiyle bu alanın tekrar yaşanabilir hâle gelmesi hızlanır (Resim 3.34).

Rüzgâr, güneş, akarsu, jeotermal enerji, biyokütle **yenilenebilir enerji** kaynaklarıdır (Resim 3.35). Yenilenebilir enerji kaynakları kirliliğe neden olmaz ancak bu enerji depo edilebildiği ölçüde fosil yakıtların yerini alabilecektir. Rüzgâr temiz ve ucuz bir enerji kaynağıdır. Bu enerjiyi üretmek amacıyla kullanılan arazilerden tarım alanı, otlak vb. olarak da yararlanılabilir.

Ekosistemin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve bozulmaların giderilmesi için hepimize düşen önemli görevler vardır. Bu konuda bilinçli olmak, günümüzde ve gelecekte kuşakların yaşamlarını daha iyi sürdürmelerine katkıda bulunacaktır.

Günlük yaşamımızda dikkat edeceğimiz küçük ayrıntılar bile ekosistemin devamlılığı için önemli olabilir. Aşağıda bunların neler olduğu açıklanmıştır.

Yaşadığımız ortamda enerji tüketimini azaltmalı, günlük yaşantımızın vazgeçilmezi olan giysi, ev eşyası vb. materyal tüketimini en aza indirerek ekolojik ayak izimizi küçültmeliyiz.

Herhangi bir doğal ortamda rastlanan bitki ve hayvanların soyu tükenmekte olan türlerden olabileceği bilinci ile onlara zarar vermemeliyiz.



Resim 3.33. Alpin teresi



Biliyor musunuz?

Alpin teresi (*Tulaspi caerulescens*) kuru ağırlığının %3'ü oranında çinko dokularında biriktirir. Hiçbir zehirlenme belirtisi göstermez. Otçullar metan tadını sevmedikleri için bu bitkileri yemez. Çevre bilimciler de bu bitkilerin metal depolama özelliğinden yararlanır. Metal kirlenmesine maruz kalmış toprak ve atık sular bu bitki yardımıyla temizlenir.



Resim 3.34. Kara yosunu (*Funaria hygrometrica*) bozulan ekosistemlerdeki öncü türlerdir.



Resim 3.35. Rüzgâr türbinleriyle üretilen enerji yenilenebilir enerji kaynaklarındandır.



Düşünelim-Araştırılım

Yaşadığınız yerdeki enerji kaynakları nelerdir? Bunların hangileri yenilenebilir enerjidir? Araştırınız. Edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

Günlük hayatta temizlik amacıyla kullanılan ve suları kirleten deterjan, beyazlatıcı vb. kimyasal maddeleri daha bilinçli kullanmalıyız.

Ulaşım için toplu taşıma araçları kullanılmalı, bisiklet gibi motorsuz taşıtları tercih etmeliyiz.

Yeşil alanların korunması ve ormanlaştırma çalışmalarının hızlandırılması konularında bilinçli olmalıyız.

Kâğıt, plastik, cam gibi geri dönüşümü mümkün maddeleri tekrar doğaya kazandırma çalışmalarına katkıda bulunmak için bu atıkların diğer çöplerden ayrı yerlerde biriktirilmesine dikkat etmeliyiz.

Mesleğimiz ve konumumuz her ne olursa olsun doğanın sürdürülebilmesi için mutlaka yapabileceğimiz bir şeyler olduğunu unutmamalı, bunu kendimize ilke edinerek bilgi ve yeteneklerimiz doğrultusunda elimizden gelen çalışmaları yapmalıyız.

Sürdürülebilir bir çevre anlayışının oluşturulabilmesi için sınırsız üretim ve sınırsız tüketime dayalı bakış açısını reddetmeliyiz.



Konu Sonu Değerlendirme

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Ekosistemin sürdürülebilirliğini örnekle açıklayınız.

.....

.....

.....

2. Ekolojik hizmetler nelerdir? Örnek vererek açıklayınız.

.....

.....

.....

3. Kilit taşı türlerin ekosistemin sürdürülebilirliğine etkisi nasıldır?

.....

.....

.....

4. Bir yerdeki endemik türlerin sayısı ile koruma alanlarının belirlenmesi arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

.....

.....

.....

5. İstilacı türlerin ortak özellikleri nelerdir?

.....

.....

.....

6. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilirlikle ilgisi nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

7. Habitatların parçalanmasının biyoçeşitliliğe etkisi nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

8. İnsanların ekosistemlerin sürdürülebilirliğini önleyen etkilerine örnekler veriniz.

.....

.....

.....

9. Ekosistemlerin sürdürülebilirliği için neler yapılabilir?

.....

.....

.....



Okuma Metni

Geleceğin biyoyakıtı: Algler

Algler, fotosentez yoluyla karbon dioksidi ve güneş ışığını çok etkin bir şekilde enerjiye dönüştüren ve bu süreçte de yağ üreten küçük birer biyolojik fabrikadır. Öyle ki bir gün içinde ağırlıklarını 3-4 katına çıkarabilirler. Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığına göre bu miktar, yaklaşık 4000 m²'lik bir alanda soya fasulyesinden elde edilen yağdan 30 kat fazladır. Alglerden elde edilen yağ, tıpkı soya yağı gibi dizel motorlarda doğrudan yakıt olarak kullanılabilir ve artırılarak biyoyakıtta da dönüştürülebilir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde, Virginia Üniversitesi tarafından, alglerin ürettiği yağ miktarını büyük ölçüde arttıran bir proje geliştirilmiştir. Bu projeye göre alglerin karbon dioksit (başlıca sera gazı) ve lağım suyu gibi organik atıklarla besleneceği, bu sayede kendiliğinden biyoyakıt üretebileceği ve çevre temizliğine katkıda bulunabileceği düşünülmüştür. Alternatif yakıtlar dünyasında, belki de tatlı su alginden daha çevreci bir varlık yoktur. Virginia Üniversitesinden, disiplinler arası araştırma grubunun üyesi Lisa Colosi'nin yaptığı açıklamaya göre biyoyakıt olarak alglerin üzerinde yapılan ve hâlâ da süren araştırmalarda, algler doğal ortamlarına benzer bir ortamda incelenmiştir. Bu canlılar atmosferden aldıkları karbon dioksit ve güneş ışığı gibi doğal girdilerle beslenerek suda büyümeye bırakıldı. Bu yaklaşım alglerden daha az yağ salgılanmasına yol açmıştır. Colosi, Virginia Üniversitesi ekibi yaptığı bir çalışmada, "Algler daha çok karbon dioksit ve organik atık kullanırsa üretilen yağ miktarı algin ağırlığının yüzde kırkı kadar artabilir." şeklinde bir hipotez kurduğunu söylemiştir.

Alglerin aldığı karbon dioksit ya da işlenmemiş organik katı atık miktarının artırılmasıyla daha çok geliştiğinin kanıtlanması, endüstride ekolojik kullanım olanaklarını arttıracaktır.

Colosi, "Endüstriyel ekolojinin temel ilkesi, atıklarımızı yararlı bir şeyler elde edebilmek için kullanmaya çalışmaktır." diyor. Bu araştırma alglerin biyoyakıt üretiminde kullanılmasının ekosistem açısından ne denli önemli olduğunu göstermektedir.



Denizlerde bulunan alg örnekleri



Algler yağ üretiminde kullanılır.

Ece Alat

Geleceğin biyoyakıtı: Algler
Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2008
(Kaynaktan yararlanılmıştır.)



Ölçme ve Değerlendirme

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Bilinçsiz ilaçlama yapan bir çiftçi ekosisteme nasıl zarar verir? Açıklayınız.

.....

2. Biyolojik çeşitliliğin ekosistemlerin sürdürülebilirliğine katkıları nelerdir? Açıklayınız.

.....

3. Tarımda bilinçsiz ilaçlama ekosistemdeki canlı çeşitliliğini nasıl etkiler? Açıklayınız.

.....

4. Orman yangınları madde döngülerine nasıl zarar verir? Açıklayınız.

.....

5. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon bakterilerinin görevlerini karşılaştırarak açıklayınız.

.....

6. Ayırıştırıcıların ekosisteme katkılarını açıklayınız.

.....

B. Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri verilen ifadelerle doğru ve anlamlı şekilde tamamlayınız.

(biyosfer, biyotop, komünite, popülasyon, tür, ekosistem)

1. Aralarında çiftleşen ve çiftleştiklerinde verimli döller veren bireyler topluluğu oluşturur.

2. Bir bölgede, belirli bir zaman diliminde yaşayan aynı türden bireylerin oluşturduğu topluluğa adı verilir.

3. Belirli çevresel koşullara sahip bir ortamda yaşayan ve birbirleri ile etkileşim hâlinde bulunan canlıların tümüne adı verilir. Bu canlılar yaşamlarını sürdürebilmek için olarak adlandırılan coğrafik bir alana ihtiyaç duyar.

4. Dünya üzerinde canlıların yaşadığı alanların tümü olarak adlandırılır.

C. Aşağıda verilenleri dikkatlice okuyunuz. İfade doğru ise “D” harfini işaretleyiniz, yanlış ise “Y” harfini işaretleyerek doğrusunu yandaki kutucuğa yazınız.

1.	Nitrifikasyon bakterileri oksijenin toprağa bağlanmasında etkilidir.	(D) (Y)	
2.	Bir ekosistemde bulunan canlıların tümü komüniteyi oluşturur.	(D) (Y)	
3.	Biyosferde canlıların dağılımını etkileyen en önemli faktörlerden biri de iklimdir.	(D) (Y)	
4.	Karbon döngüsü, ekosistem dengede olduğu sürece bozulmaz.	(D) (Y)	
5.	Bir ekosistemde ayrıştırıcılar olmadan madde ve enerji döngüleri devam edebilir.	(D) (Y)	
6.	İkincil derece tüketiciler otçullardan oluşur.	(D) (Y)	
7.	Bitkiler besin zincirinde üretici rol oynar.	(D) (Y)	
8.	Bir canlı türünün doğal olarak yaşadığı ve ürediği yere komünite denir.	(D) (Y)	
9.	Ekosistemde enerji akışı tek yönlüdür.	(D) (Y)	
10.	Ekosistemdeki enerji akışı canlılar arasında görülen beslenme ilişkileri ile gerçekleşir.	(D) (Y)	

D. Aşağıdaki tabloda ekosistemin öğeleri ve bunları etkileyen faktörler verilmiştir. Bunları (popülasyon, biyotop, abiyotik faktör, komünite, tür) parantez içindeki ifadelerle eşleştiriniz.

Karadeniz'deki hamsiler	
Mineraller	
Hava sıcaklığı	
Güneş ışığı	
Van Gölü'nde yaşayan tüm canlılar	
Ortamın nemi	
Van Gölü	
<i>Felis domesticus</i>	

E. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

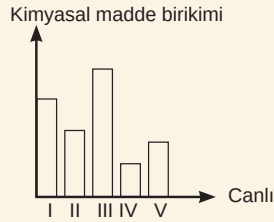
1. Doğal bir ekosistemin sürdürülebilirliği için,

- I. İnorganik maddelerden organik madde üreten
- II. Organik maddelerden inorganik madde oluşturan
- III. Besinlerini hazır olarak alan

canlılardan hangilerinin bulunması zorunludur?

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

2.



Yukarıdaki grafikte farklı trofik düzeylerde yer alan canlılardaki kimyasal madde birikimi gösterilmiştir. Hangi canlı besin zincirinin en alt basamağındadır?

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

3. Belirli bir bölgedeki orman örtüsü kısa bir süre içinde tamamen yok olmuştur. Bu yok oluştan sonra, bu bölgede aşağıdakilerden hangisinin azalması beklenmez?

- A) Birincil tüketici sayısının
- B) İkincil tüketici sayısının
- C) Birim zamanda, birim alandan aşınan toprak miktarının
- D) Üretilen serbest oksijen miktarının
- E) Toprakta tutulan su miktarının

(2002-ÖSS)

4. Aynı ekosistemde yaşayan aşağıdaki canlı gruplarından hangisi popülasyon örneği olamaz?

- A) Hatay'daki böcekler
- B) Ankara'daki tiftik keçileri
- C) Abant Gölü'ndeki beyaz nilüferler
- D) Kaz Dağları'ndaki kızılçamlar
- E) Kızılcahamam'daki alageyikler

5.

N	S	C	E
0,03 mg	0,003 mg	0,25 mg	0,3 mg

Tabloda DDT uygulaması yapılan bir alanda aynı besin zincirinin halkaları olan N, S, C ve E canlılarının dokularında biriken DDT miktarları verilmiştir.

Bu canlılarla ilgili aşağıdakilerden hangisi doğru değildir?

- A) E canlısı enerji piramidinin en üst basamağında yer alır.
- B) C canlısının azalması, N canlısının da azalmasına yol açar.
- C) N canlısı birincil tüketicidir.
- D) S canlısının fotosentez yapma yeteneği vardır.
- E) N canlısının birey sayısı, S canlısına göre azdır.

6. Doğadaki azot döngüsünde oluşan bazı maddeler aşağıda verilmiştir.

- I. Havadaki serbest azot
- II. Nitrit
- III. Amonyak
- IV. Nitrat
- V. Bitki ve hayvanların proteinleri

Fotosentez başlangıç kabul edilirse bu maddelerin oluşum sırası aşağıdakilerden hangisidir?

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

7. Doğada, bir besin ve enerji piramidinde bulunan canlılar arasındaki etkileşimle ilgili olarak aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

- A) Üst basamağa doğru gidildikçe toplam birey sayısı azalır.
- B) Bir basamaktaki canlıların tükettikleri enerji toplamı, bir üst basamaktakinden daha fazladır.
- C) Bir basamaktaki türün birey sayısındaki artış sadece alt basamaktaki enerji kaynağını etkiler.
- D) Alt basamak bireylerinde depo edilen toplam enerji miktarı daha fazladır.
- E) Enerji bir üst basamağa sadece besin yoluyla geçer.

(2001-ÖSS)

8. Ekosistemlerin bozulmasında ve uzun süreli kirliliğin oluşmasında aşağıdakilerden hangisinin en az etkisi vardır?

- A) Nükleer atıklar
- B) Besin atıkları
- C) Sanayi atıkları
- D) Pestisitler
- E) Tıbbi atıklar

9. Kapalı bir deney ortamında, deneyin başlangıcından 24 saat sonra, karbon dioksit ve serbest azot miktarının azaldığı, oksijen miktarının arttığı gözleniyor.

Bu değişikliğe, aşağıdakilerin hangisinde verilen iki canlı grubunun birlikte yaşaması neden olur?

- A) Yeşil bitki-Mantar
- B) Parazit bitki- Mantar
- C) Baklagiller- Nitrifikasyon bakterileri
- D) Yeşil bitki- Parazit bitki
- E) Mantar- Çürükçül bakteriler

(2006-ÖSS Fen-1)

10. Ekolojik bir birim olan komüniteyle ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

- A) Birden fazla türden meydana gelir.
- B) Sınırları belirli bir bölgedeki canlıları ifade eder.
- C) Komünite, cansız çevreyle birlikte ekosistemi meydana getirir.
- D) Komüniteyi oluşturan canlılar arasında etkileşim vardır.
- E) Bir komünitede sadece farklı türlerdeki bitkiler bulunur.

11. Aşağıda verilen habitatların hangisinde biyoçeşitliliğin çok olması beklenir?

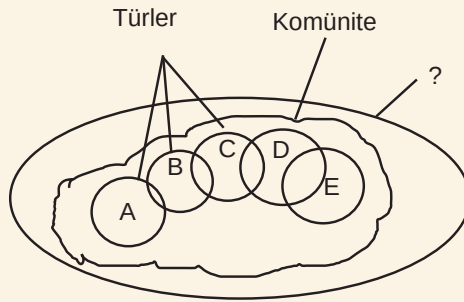
- A) Sulak alanlarda
- B) Tatlı sularda
- C) Havada
- D) Çöllerde
- E) Toprak altında

12. Bilimsel bir çalışmada ekosistemde bulunan bir bitkiye karbonu işaretli olan karbon dioksit ($^{14}\text{CO}_2$) verilerek bitkinin fotosentez yapması sağlanıyor.

İşaretli karbonun ekosistemde yaşayan canlıların doku hücrelerinde izlenme sırası aşağıdakilerden hangisinde verilmiştir?

- A) Meşe ağacı, kurt, akbaba, sincap
- B) Sincap, meşe ağacı, kurt, akbaba
- C) Akbaba, sincap, meşe ağacı, kurt
- D) Meşe ağacı, sincap, kurt, akbaba
- E) Kurt, akbaba, sincap, meşe ağacı

13.



Yukarıdaki şekilde soru işareti ile gösterilen yere ne ad verilir?

- A) Flora
- B) Popülasyon
- C) Baskın tür
- D) Canlı ortam
- E) Ekosistem

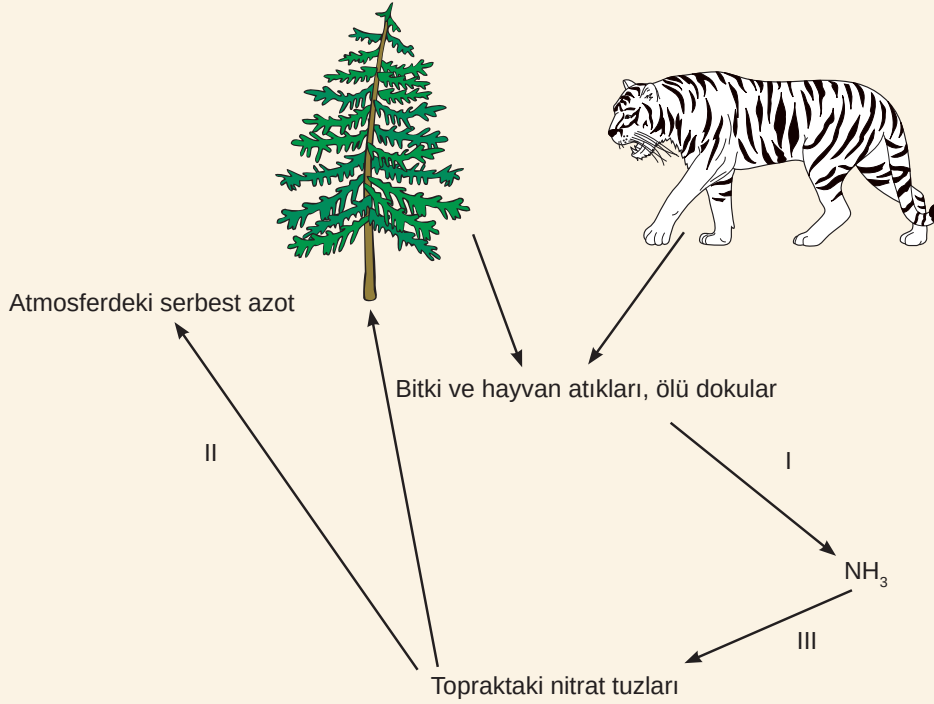
14. **Toprağı azot bakımından zenginleştirmek için hangi bitki ekilmelidir?**

- A) Mısır
- B) Arpa
- C) Bakla
- D) Pırasa
- E) Şeker kamışı

15. **Aşağıdakilerden hangisi sera gazlarından olan CO_2 oluşumunu hızlandırmaz?**

- A) Bitki örtüsünün azalması
- B) Orman yangınlarının artması
- C) Yakıt olarak kömür kullanılması
- D) Rüzgâr enerjisinden daha çok yararlanılması
- E) Petrolle çalışan araçların artması

16.



Yukarıdaki azot döngüsü ile ilgili şemada I, II ve III numaralı süreçlerde meydana gelen olaylar hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?

- | I | II | III |
|--------------------|-----------------|-----------------|
| A) Ayrışma | Denitrifikasyon | Nitrifikasyon |
| B) Denitrifikasyon | Ayrışma | Nitrifikasyon |
| C) Ayrışma | Nitrifikasyon | Denitrifikasyon |
| D) Denitrifikasyon | Nitrifikasyon | Ayrışma |
| E) Nitrifikasyon | Ayrışma | Denitrifikasyon |

17. Doğadaki azot döngüsünün bazı basamakları aşağıda verilmiştir.

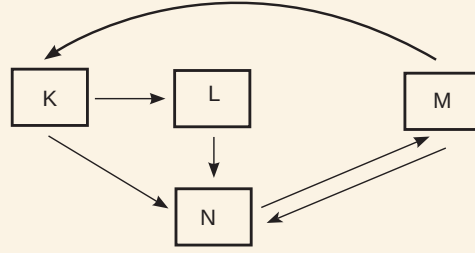
- I. Saprofit bakterilerin amonyak oluşturması
- II. Denitrifikasyon bakterilerinin faaliyeti
- III. Baklagil kök yumrucuklarındaki simbiyotik bakterilerin faaliyeti

Bu olayların hangi sırayla gerçekleşmesi, havadaki azotun canlı yapısına katılıp tekrar havaya dönmesini sağlar?

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

(2005-ÖSS)

18. Bir ekosistemde besin zinciri aşağıdaki şemada gösterildiği gibidir.



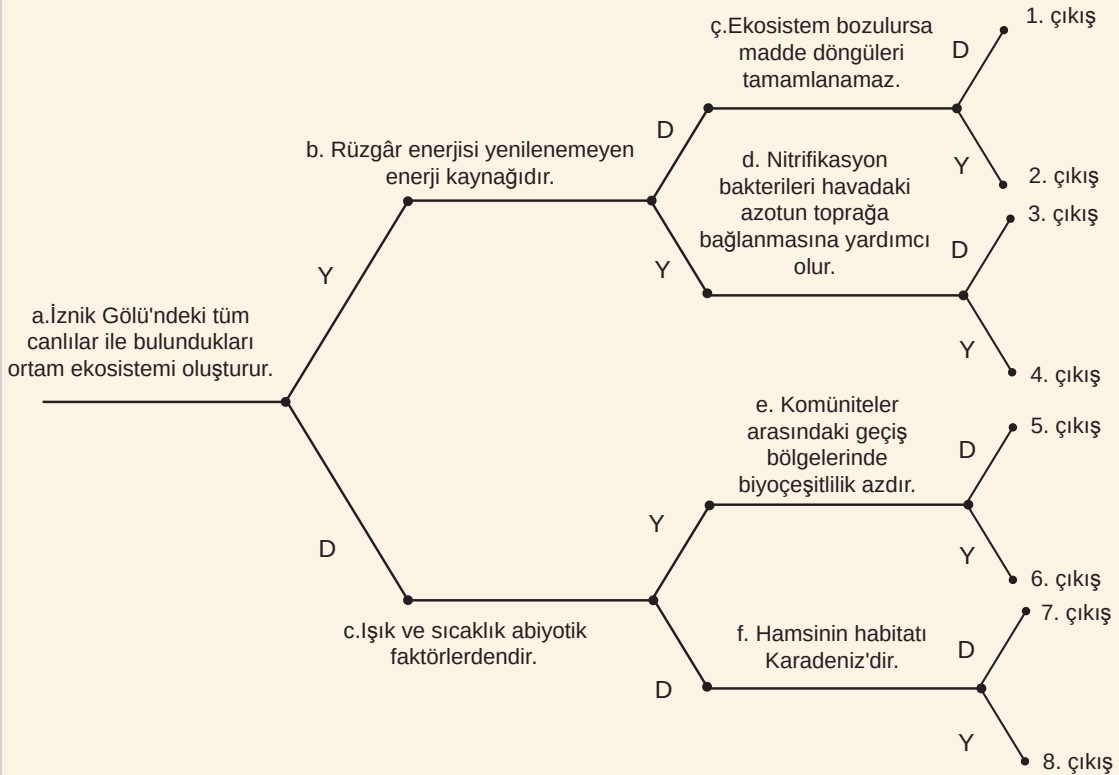
Şemada oklar, besin kaynağı olan gruptan besin alan gruba doğru çizilmiştir.

Buna göre, üretici, birincil derecede tüketici, ikincil derecede tüketici ve ayrıştırıcı canlı grupları, aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

	Üretici	Birincil tüketici	İkincil tüketici	Ayrıştırıcı
A)	K	L	M	N
B)	K	N	L	M
C)	N	M	K	L
D)	M	L	N	K
E)	M	K	L	N

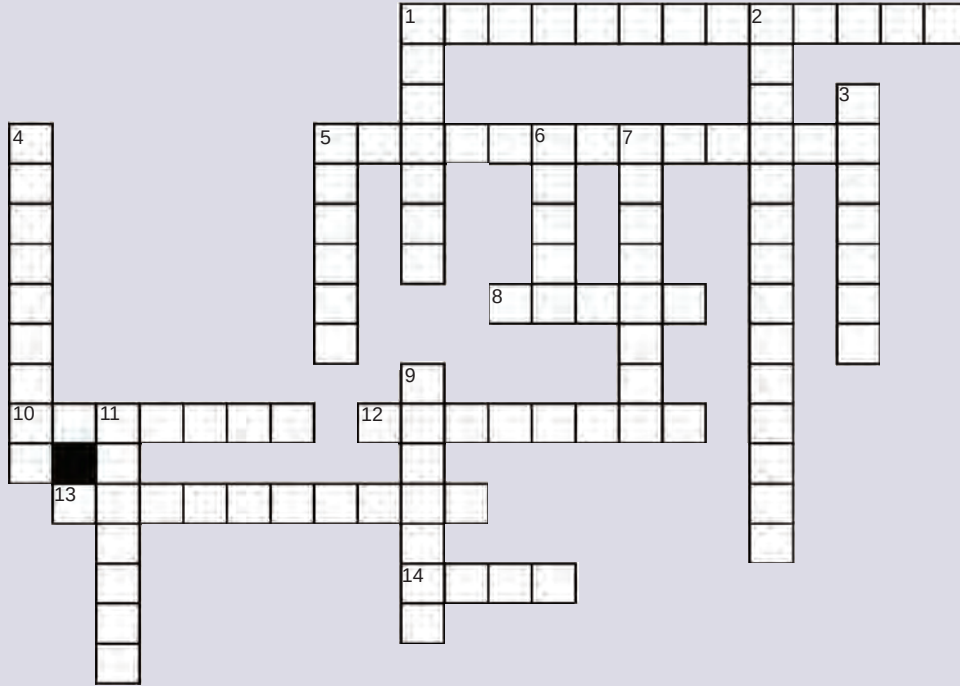
(ÖSS FEN-1/2008)

F. Aşağıda birbiri ile bağlantılı cümleleri içeren bir etkinlik verilmiştir. Bu etkinlikteki cümlelerin doğru (D) ya da yanlış (Y) olduğuna karar vererek ilgili ok yönünde ilerleyiniz. Her bir cevap sonraki aşamayı etkileyecektir. Vereceğiniz cevaplarla farklı yollardan 8 ayrı çıkış noktasına ulaşabilirsiniz. Doğru çıkışı bulunuz.





Bulmaca



YATAY

1. Ekosistemi etkileyen canlı etmen.
5. Amonyanın bakteriler tarafından nitrite dönüştürülüp toprağa verilmesi.
8. Yeryüzünde belirli bir alanda bulunan bütün hayvan türleri.
10. Çevre bilimi.
12. Canlıların birbirleriyle ilişkilerinin sürdüğü kara, su ve hava katmanlarından oluşan yeryüzü örtüsü.
13. Belirli bir coğrafik bölgede yaşayan aynı tür bireylerin oluşturduğu grup.
14. Zararlı mor ötesi ışınları ve radyasyonu süzen tabakayı oluşturan gaz.

DÜŞEY

1. Azot döngüsünde görev alan bir hücreli prokaryot canlılar.
2. Ekosistemi etkileyen cansız etmen.
3. Hücresel solunum için oksijen varlığına ihtiyaç duymayan canlı.
4. Belirli bir çevredeki canlı ve cansızların tümü.
5. Azot döngüsünde nitritlerin dönüşümüyle oluşan üreticiler tarafından alınıp kullanılan azot içeren bileşiğe verilen ad.
6. Yeryüzünde belirli bir alanda bulunan bütün bitki türleri.
7. Belirli bir coğrafik alanda bulunan canlı türlerinin tümü.
9. Çeşitli canlı gruplarının yerleştiği coğrafik bölge.
11. Kendi besinini kendi üreten canlı.

CEVAP ANAHTARI**ÜNİTE 1**

Değerlendirme	
Sayfa 90, A bölümü	Sayfa 90, B bölümü
1. D 2. Y 3. D 4. Y 5. D 6. Y 7. Y	1. Mitokondri 2. Organik madde 3. Stroma 4. ATP ve NADPH 5. Kemooototrof

Değerlendirme			
Sayfa 91, C bölümü		Sayfa 97, D bölümü	Sayfa 97, E bölümü
1. E 2. A 3. A 4. A 5. C 6. E 7. E 8. E 9. D 10. D 11. D	12. D 13. E 14. D 15. D 16. C 17. A 18. B 19. C 20. C 21. E 22. D	1. 5,6,8,9,11,13,14,15,16 2. 4,11 3. 1,2,3,7,9,13,15,16 4. 1,3 5. 6,8 6. 10,12,16	1. Yağ 2. Glikoz 3. Yağ asidi 4. Asetil co A 5. ETS
			Sayfa 98, F bölümü
			2. çıkış

CEVAP ANAHTARI**ÜNİTE 2**

Konu Sonu Değerlendirme	
Sayfa 117, 131, 132, 133	
Sayfa 117, Tanılayıcı dallanmış ağaç	Sayfa131, A bölümü
1.çıkış	1. Sitokinez 2. Telofaz 3. İnterfaz 4. Bitki hücresi 5. Tomurcuklanma 6. Mitoz 7. Anafaz 8. Rejenerasyon 9. Eşeysiz üreme 10. Vejetatif üreme

Konu Sonu Değerlendirme
Sayfa 155, B bölümü
1. Konjugasyon 2. Tetrat 3. Krosing over 4. Yumurta hücresi 5. Folikül 6. Mayoz bölünme 7. Profaz I 8. İç ve dış döllenme 9. Partenogenez 10. Zona pellusida

CEVAP ANAHTARI**ÜNİTE 2**

Değerlendirme	
Sayfa 158-159	
Sayfa 159, B bölümü	Sayfa 160, C bölümü
1. Mayoz	1. D
2. Tetrat	2. D
3. Testis	3. D
Spermatogenez	4. Y
4. Homolog kromozomlar	5. D
Kardeş kromatitler	6. Y
5. Vejetatif	7. D
6. Rejenerasyon	8. Y
7. Boğumlanma	9. D
	10. Y

Değerlendirme			
Sayfa 161, 162, 163, 164, 165, 166			
D bölümü			
1. B	5. E	9. B	13. D
2. D	6. C	10. C	14. C
3. D	7. A	11. E	15. A
4. C	8. B	12. D	16. B
Sayfa 167, Bulmaca			
YATAY		DÜŞEY	
1. YUMURTA		2. REJENERASYON	
3. EŞEYSİZ		3. EŞEYLİ	
6. VEJETATİF		4. SPERM	
8. MAYOZ		5. İNTERFAZ	
9. DÖLLENME		7. TOMURCUKLANMA	
11. KANSER		8. METAFAZ	
14. ZİGOT		10. KROSİNG OVER	
15. KİNETOKOR		12. PROFAZ	
16. TETRAT		13. MİTOZ	
17. SPERMATOGENEZ			

CEVAP ANAHTARI**ÜNİTE 3**

Değerlendirme			
Sayfa 233-240			
Sayfa 233, B bölümü	Sayfa 234, C Bölümü	Sayfa 235, E Bölümü	
1. Tür	1. Y	1. E	11. A
2. Popülasyon	2. D	2. D	12. D
3. Komünite- biyotop	3. D	3. C	13. E
4. Biyosfer	4. D	4. A	14. C
	5. Y	5. B	15. D
	6. Y	6. E	16. C
	7. D	7. C	17. D
	8. Y	8. B	18. E
	9. D	9. C	
	10. D	10. E	
Tanılayıcı dallanmış ağaç Sayfa 240, F Bölümü			
7. çıkış			

Sayfa 241, Bulmaca	
YATAY	DÜŞEY
1. BİYOTİK FAKTÖR	1. BAKTERİ
5. NİTRİFİKASYON	2. ABİYOTİK FAKTÖR
8. FAUNA	3. ANAEROB
10. EKOLOJİ	4. EKOSİSTEM
12. BİYOSFER	5. NİTRAT
13. POPÜLASYON	6. FLORA
14. OZON	7. KOMÜNİTE
	9. BİYOTOP
	10. OTOTROF

EKLER

AKRAN DEĞERLENDİRME FORMU

Yönerge:

Bu form bir grup olarak çalışmalarınızı değerlendirmek üzere hazırlanmıştır. Aşağıdaki her ifadeyi okuyunuz. Bu ifadelere göre önce gruptaki arkadaşlarınızı son sütunda ise kendinizi değerlendiriniz.

Buna göre 5=Çok iyi 4= İyi 3= Orta 2= Kabul edilebilir 1= Kabul edilemez olarak dereceleyniz.

Değerlendiren öğrencinin; 1. Arkadaşımın adı soyadı :
Adı Soyadı : 2. Arkadaşımın adı soyadı :
Sınıfı : 3. Arkadaşımın adı soyadı :
Grubun Adı: 4. Arkadaşımın adı soyadı :
5. Arkadaşımın adı soyadı :

Grubunuzdaki Öğrenciler	1. Arkadaşım	2. Arkadaşım	3. Arkadaşım	4. Arkadaşım	5. Arkadaşım	Ben
1. Çalışmalara gönüllü katılma						
2. Görevini zamanında yerine getirme						
3. Farklı kaynaklardan bilgi toplayıp sunma						
4. Grup arkadaşlarının görüşlerine saygılı olma						
5. Arkadaşlarını uyarırken olumlu bir dil kullanma						
6. Temiz tertipli ve düzenli çalışma						
7. Sonuçları tartışırken anlaşılır konuşma						
Toplam						

İstek ve önerilerim

.....
.....
.....
.....
.....

GRUP ÖZ DEĞERLENDİRME FORMU

Grubun Adı :

Gruptaki Öğrencilerin Adları :

Açıklama : Aşağıdaki tabloda grubunuzu en iyi şekilde ifade eden seçeneği işaretleyiniz.

DEĞERLENDİRİLECEK TUTUM VE DAVRANIŞLAR	DERECELER		
	Her zaman	Bazen	Hiçbir zaman
1. Araştırma planı yaptık.			
2. Görev dağılımı yaptık.			
3. Araştırmada çeşitli kaynaklardan yararlandık.			
4. Etkinlikleri birlikte hazırladık.			
5. Görüşlerimizi rahatlıkla söyledik.			
6. Grupta uyum içinde çalıştık.			
7. Birbirimizin görüşlerini ve önerilerini dinledik.			
8. Grupta birbirimize güvenerek çalıştık.			
9. Grupta birbirimizi takdir ettik.			
10. Çalışmalarımız sırasında birbirimizi cesaretlendirdik.			
11. Sorumluluklarımızı tam anlamıyla yerine getirdik.			
12. Çalışmalarımızı etkin bir biçimde sunduk.			
TOPLAM			

ÖĞRENCİ ÜRÜN DOSYASI

Tarih:

Neden bu çalışmayı sakladım?

Bu çalışmayı neden arkadaşlarımla paylaştım?

Öğrendiklerim hakkında gösterebileceklerim nelerdir?

Eğer bu çalışmayı tekrar yapsaydım, nasıl yapardım?

Çalışmamı yaparken beklemediğim nelerle karşılaştım?

Benim için bu çalışmanın anlamı

ÖĞRENCİ ÖZ DEĞERLENDİRME FORMU

Bu form kendinizi değerlendirmeniz amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmalarınızı en doğru yansıtan seçeneğe (x) işareti koyunuz.

Öğrencinin

Adı ve Soyadı :

Sınıfı :

Nu. :

ÖĞRENCİLERİN DEĞERLENDİRECEĞİ DAVRANIŞLAR	DERECELER		
	Her zaman	Bazen	Hiçbir zaman
1. Başkalarının anlattıklarını ve önerilerini dinledim.			
2. Yönergeyi izledim.			
3. Arkadaşlarımı incitmeden teşvik ettim.			
4. Ödevlerimi tamamladım.			
5. Anlamadığım yerlerde sorular sordum.			
6. Grup arkadaşlarıma çalışmalarında destek oldum.			
7. Çalışmalarım sırasında zamanımı akıllıca kullandım.			
8. Çalışmalarım sırasında değişik materyaller kullandım.			

1. Bu etkinlik sırasında grubumdaki arkadaşlarıma nasıl yardım ettim?

2. Bu etkinlik sırasında en iyi yaptığım şeyler

PROJE DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

Projenin Adı :

Öğrencinin Adı ve soyadı :

Sınıf-Nu. :

BECERİLER	DERECELER				
	Çok iyi	İyi	Orta	Geçer	Yetersiz
	5	4	3	2	1
I. PROJE HAZIRLAMA SÜRECİ					
Projenin amacını belirleme					
Projeye uygun çalışma planı yapma					
Grup içinde görev dağılımı yapma					
İhtiyaçları belirleme					
Farklı kaynaklardan bilgi toplama					
Projeyi plana göre gerçekleştirme					
TOPLAM					
II. PROJENİN İÇERİĞİ					
Türkçeyi doğru ve düzgün yazma					
Bilgilerin doğruluğu					
Toplanan bilgilerin analiz edilmesi					
Elde edilen bilgilerden çıkarımda bulunma					
Toplanan bilgileri düzenlenme					
Kritik düşünme becerisini gösterme					
TOPLAM					
III. SUNU YAPMA					
Türkçeyi doğru ve düzgün konuşma					
Sorulara cevap verebilme					
Konuyu dinleyicilerin ilgisini çekecek şekilde sunma					
Sunuyu hedefe yönelik materyalle destekleme					
Sunuda akıcı bir dil ve beden dilini kullanma					
Verilen sürede sunuyu yapma					
Sunum sırasındaki öz güvene sahip olma					
Severek sunu yapma					
TOPLAM					
GENEL TOPLAM					

BİYOLOJİ DERSİ ARAŞTIRMA RAPORU ÖRNEĞİ

SINIF	
DERS	
ÜNİTE	
AMACI VE ÖNEMİ	
ARAŞTIRMA KONUSU	
ARAŞTIRMA EKİBİ	
YARARLANILAN KAYNAKLAR	
YÖNTEM VE TEKNİK	
TARİH	

RAPOR HAZIRLAMA KRİTERLERİ:

- 1.Araştırma sürecini etkili şekilde planlayınız
- 2.Konuya ilişkin çeşitli kaynaklardan yararlanınız.
- 3.Araştırma sürecinde işbirliğine önem veriniz.
- 4.Dil yazım kurallarına uyunuz.
- 5.Kaynaklardaki bilgileri doğru şekilde kullanınız.
- 6.Konuya ilişkin kavram, olgu ve prensipleri doğru ve yerinde kullanınız.
- 7.Raporunuzu ne şekilde (sözlü anlatım, sunu, yazılı, poster v.b) sunacağınıza karar veriniz.

RAPOR HAZIRLAMADA BULUNMASI GEREKENLER:

- 1-Kapak
- 2-Giriş
- 3-Süreç(Planlanan çalışmaların plana uygun gidip gitmediği ve nedenleri)
- 4-Sonuçların analizi
- 5-Ekler (sunu, poster,resim v.b)

ARAŞTIRMA RAPORU DEĞERLENDİRME FORMU

ÖĞRENCİNİN ADI SOYADI :

GRUP ADI :

ARAŞTIRMA KONUSU :

TARİH :

Sevgili öğrenciler:

Aşağıdaki derecelendirme ölçeği sizin biyoloji ile ilgili bir konuda araştırma yaparken göstermiş olduğu performansa ilişkin gözlemlerin öğretmeniniz tarafından kaydedilmesi için hazırlanmıştır.Yapacağınız araştırmada aşağıdaki ölçütleri dikkate alınız.

5.Çok iyi

4. İyi

3 . Orta

2. Geçer

1. Yetersiz

ÖLÇÜTLER	5	4	3	2	1
1-Araştırmanın amacı belirtilmiştir.					
2-Araştırmanın konusu belirtilmiştir.					
3- Araştırmanın aşamaları açık olarak yazılmıştır.					
4- Araştırmanın aşamaları sırasıyla gerçekleştirilmiştir.					
5- Araştırmanın her aşaması ayrıntılı olarak açıklanmıştır.					
6-Araştırmada gerçekleştirilen çalışmalar rapor halinde düzenlenmiştir.					
7- Araştırmada yararlanılan araç- gereçler ve materyaller hakkında bilgi verilmiştir.					
8- Araştırmanın gerçekleştirilmesi sırasında karşılaşılan güçlükler ve bunların nasıl giderildiği hakkında bilgi verilmiştir.					
9- Araştırmanın gerçekleştirilmesinde yardım alınan kişiler hakkında bilgi verilmiştir.					
10- Araştırma raporu zamanında teslim edilmiştir.					
11-Konuya ilişkin kavramlar doğru ve yerinde kullanılmıştır.					
12-Kaynaklardan elde edilen bilgiler doğru yorumlanmıştır.					
13-Öznel yorumlar katılmıştır.					
14-Yapılan yorumlar tarihsel kanıtlarla desteklenmiştir.					
15-Dil kuralları ve yazım kuralları doğru şekilde kullanılmıştır.					
16.Konu ile ilgili poster resim vb. amacına uygun hazırlanmıştır.					

ULUSLARARASI BİRİM SİSTEMİ (SI)

Tüm dünyadaki bilim insanları Uluslararası Birim Sistemini (SI birim sistemini) kullanırlar. Laboratuvarında yaptığınız ölçme çalışmalarında SI birimlerini sıkça kullanacaksınız.

SI ondalık sistemidir. Bir başka deyişle SI birimleri arasındaki ilişki 10'un katları şeklindedir. Örneğin SI'da uzunluk için temel birim metredir. Bir metre 100 cm'ye ya da 1000 milimetreye eşittir. Bir metre aynı zamanda 0,001 kilometredir. Tablo 1'de yaygın olarak kullanılan SI birimlerinin kat sayıları, ön ekleri ve sembolleri verilmiştir.

Tablo 1. SI Ön ekleri

Ön ek	Sembol	Temel birimin kat sayısı
giga	G	1.000.000.000
mega	M	1.000.000
kilo	k	1.000
hekto	h	100
deka	da	10
desi	d	0,1
senti	c	0,01
mili	m	0,001
mikro	μ	0,000001
nano	n	0,000000001

SI Birimleri

Temel Birimler

7 temel büyüklük, SI'da temel birimler ile temsil edilir. Bu birimlerle kısaltmaları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. SI Temel Birimler

Temel Büyüklük	Birim	Sembol
Uzunluk	metre	m
Kütle	kilogram	kg
Zaman	saniye	s
Elektrik akımı	amper	A
Termodinamik sıcaklık	kelvin	K
Madde miktarı	mol	mol
Işık şiddeti	kandela	cd

Türetilmiş Birimler

Tablo 2'deki temel birimler korunması gereken doğal yaşam alanının yüzeyini ya da koşan bir çitanın hızını ifade etmek için kullanılamaz. Bu nedenle yüzey alanı, hacim, hız gibi büyüklükler türetilmiş birimler ile ifade edilir.

Tablo 3. Türetilmiş SI Birimi Ön ekleri

Türetilmiş Büyüklük	Birim	Sembol
Alan	metre kare	m ²
Hacim	metre küp	m ³
Yoğunluk	kilogram/metre küp	kg/m ³
Hız	metre/saniye	m/s
Celsius sıcaklığı	derece celsius	°C

Laboratuvarlarda genellikle hacmi santimetre küp (cm³) cinsinden ifade edeceksiniz. Dereceli silindirler mililitre ya da santimetre küp ile derecelendirilmiştir. Bir metre kare 10.000 cm²'ye eşittir. Büyük alanların ölçümü genellikle hektar (ha) cinsinden ifade edilir. Bir hektar 10.000 m²'ye eşittir.

SI İle Birlikte Kullanılması Kabul Edilen Birimler

SI birimi olmayan bazı ölçü birimlerinin kullanımı da kabul edilmiştir. Bunlar zaman birimi olan dakika, saat ve gün, hacim birimi olan litre, kütle birimi olan tondur. Bu birimler Tablo 4'de listelenmiştir.

Tablo 4. SI İle Birlikte Kullanımı Kabul Edilen Birimler

Birim	Sembol	SI birimlerine göre değeri
Dakika	min	1 min=60 s
Saat (Hour)	h	1 h=3600 s 1 h=60 min
Gün	d	1 d=24 h
Litre	L	1 L=0,001 m ³
Ton	t	1 t=1000 kg

Eşdeğer Ölçümler ve Birimlerin Dönüşümleri

SI birimleri arasındaki dönüşümler kat sayıların dönüşümünü gerektirir. Örneğin, metreyi santimetreye dönüştürmek için metre ve santimetre arasındaki ilişkiyi bilmeniz gerekir.

$$1 \text{ cm}=0,01 \text{ ya da } 1\text{m}=100 \text{ cm'dir.}$$

15,5 santimetrelilik ölçümü metreye dönüştürmeniz gerekirse aşağıdaki iki yoldan birini uygulayabilirsiniz.

$$15,5 \times \frac{1\text{m}}{100 \text{ cm}} = 0,155 \text{ m ya da } 15,5 \times \frac{0,01\text{m}}{1 \text{ cm}} = 0,155 \text{ m}$$

Aşağıda uzunluk, alan, kütle ve hacim için bazı eşdeğer ölçümler verilmiştir.

UZUNLUK

$$1 \text{ km}=1000 \text{ m}$$

$$1\text{m}=\text{temel uzunluk ölçüsü birimi}$$

$$1 \text{ cm}=0,01 \text{ m}$$

$$1 \text{ mm}=0,001 \text{ m}$$

$$1 \text{ mikrometre } (\mu\text{m})=0,000001 \text{ m}$$

ALAN

$$1 \text{ km}^2=100 \text{ ha}$$

$$1 \text{ ha}=10.000 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2=10.000 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ cm}^2=100 \text{ mm}^2$$

KÜTLE

$$1 \text{ kg}=\text{temel kütle ölçü birimi}$$

$$1\text{kg}=1000 \text{ gram (g)}$$

$$1 \text{ g}=0,001 \text{ kg}$$

$$1 \text{ miligram (mg)}=0,001 \text{ g}$$

$$1 \text{ mikrogram } (\mu\text{g})=0,000001 \text{ g}$$

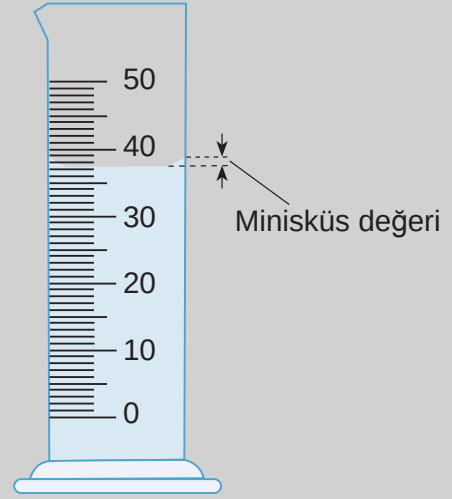
SIVI HACMI

1 kilolitre (kL)=100m L

1 litre (L)=temel sıvı hacim birimi

1 mililitre (mL)=0,001 L

1 mililitre (mL)=1 cm³



NOT: Dereceli silindirde sıvı hacmini ölçerken sıvı yüzeyinin oluşturduğu eğrinin alt kısmındaki (minisküs) değeri okuyunuz.

SÖZLÜK

-A-

abiyotik faktör:	Organizmanın yaşam ortamındaki toprak, su, iklim, inorganik maddeler gibi biyolojik olmayan faktörler
adaptasyon:	Belirli çevre koşullarında canlının yaşama ve üreme şansını arttıran kalıtsal özellikler.
aerob canlı:	Hücresel solunum için oksijen varlığına gereksinim duyan canlı.
aerobik solunum:	1. Havadan oksijen alınarak karbonhidratların parçalanması yoluyla karbon dioksit, su ve enerjinin açığa çıkması. 2. Oksijenli solunum.
aktin:	Hücre iskeletinde bulunan protein yapıdaki ince iplikler.
aktivasyon enerjisi:	Kimyasal tepkimeyi başlatan en düşük enerji miktarı.
alg:	Sularda, nemli yerlerde yaşayan, fotosentez yapan bir ya da çok hücreli canlı.
amonyak:	Amino asitlerin metabolizması sonucunda ortaya çıkan ve suda çözünen oldukça zehirli atık ürün.
anaerob canlı:	Hücresel solunum için oksijen varlığına ihtiyaç duymayan canlı.
anaerobik solunum:	1. Oksijen kullanılmadan karbonhidratların parçalanması ve enerji elde edilmesi. 2. Oksijensiz solunum.
antibiyotik:	Herhangi bir mikroorganizma ya da bitki tarafından, başka bir mikroorganizmayı öldürmek veya çoğalmasını durdurmak için üretilen madde.
asetil koenzim A:	Oksijenli solunumda, Krebs döngüsünün başlangıcında okzaloasetik asit ile birleşerek sitrik asidi oluşturan bileşik.
ATP:	1. Ekzergonik tepkimelerde açığa çıkan enerjiyi depolayan, endergonik tepkimeler için enerji aktarımını sağlayan molekül. 2. Adenozin trifosfat

-B-

bakteri:	Prokaryot hücre yapısına sahip, mikroskopla görülebilen yararlı olanlarının yanı sıra birçoğu çeşitli hastalıklara sebep olan bir hücreli canlı.
besin zinciri:	Komünitede bir organizmanın bir sonraki organizma için besin oluşturduğu dizi.
biyokütle:	Belli bir alanda bulunan organizmaların su dışındaki toplam kuru madde kütlesi.
biyoteknoloji:	Canlı hücreleri kullanarak biyolojik tekniklerle endüstri, tıp, tarım vb. alanlarında kullanılmak üzere materyal üretimi.
biyotop:	Organizmanın içinde yaşadığı karakteristik alan ya da özel tip habitat, çayır, orman gibi ortamlar.
biyom:	Geniş bir alana yayılmış bitki örtüsü ve bununla ilişkili mikro-organizmalar, mantarlar ve hayvanlar.
biyosfer:	Canlı organizmaların birbirleriyle ilişkilerinin sürdüğü kayaç, su ve hava katmanlarından oluşan yeryüzü örtüsü.

-C-

CAM bitkisi:	Kurak ortamlardaki fotosenteze adaptasyon için crassulacean asit metabolizmasını kullanan bitki.
C₃ bitkisi:	Karbon dioksitin tutulmasında sadece Calvin döngüsünü kullanan bitki.
C₄ bitkisi:	Karbon dioksidi önce malat sentezinde kullanıp daha sonra ayrıştırarak Calvin döngüsüne katan bitki.

-D-

dalga boyu:	Elektromanyetik spektrumda yer alan ardışık iki dalganın tepe noktaları arasındaki uzaklık.
demet kını hücresi:	Yaprağın damarlarının (iletim demetlerinin) çevresinde dizili olan doku hücreleri.
denitrifikasyon:	Biyosferde azotlu bileşiklerin bakteri faaliyeti ile moleküler azota indirgenmesi olayı.

-E-

ekzergonik tepkime:	Enerji açığa çıkaran tepkime.
ekoloji:	Canlıların birbirleriyle ve çevreleriyle olan ilişkilerini inceleyen bilim dalı.
ekolojik niş:	Komünitedeki bir türün kendi etkinlikleri ve ekosistemdeki diğer elemanlarla etkileşimde üslendiği rolü.
ekosistem:	Belli bir alanda yer alan tüm organizmalar ve bu organizmalarla etkileşim içerisinde bulunan abiyotik faktörler.
elektromanyetik spektrum:	Işığın dalga boylarına göre sıralanması.
elektron:	Atomun yapısında bulunan negatif yüklü parçacık.
endergonik tepkime:	Kendiliğinden gerçekleşemeyen, enerji gerektiren tepkime.
enerji:	İş görme kapasitesi.
enzim:	Canlı hücrelerde meydana gelen, biyokimyasal tepkimelerde katalizör olarak görev yapan genellikle protein yapılı molekül.
erozyon:	Toprağın verimli tabakasının su, rüzgâr, dalga ve buz gibi etkenlerle taşınması.
etil alkol fermantasyonu:	Glikozdan oksijensiz ortamda son ürün olarak etil alkolün oluştuğu ve ATP'nin sentezlendiği, bazı anaerob organizmalar tarafından kullanılan bir metabolik yol.

-F-

fauna:	Belirli bir bölgede yaşayan tüm hayvan türleri.
fermantasyon:	Bakteri, maya ve memelilerin kas hücrelerinde görülen oksijensiz şartlar altında glikoz moleküllerinin parçalanmasıyla enerjinin açığa çıktığı olay.
fibroblast:	Temel bağ dokusu hücresi.
fosfat grubu:	Bir molekülden diğerine enerji transferini gerçekleştiren çok atomlu bir iyon.
flora:	Bir bölgenin bitki türleri.
fosforilasyon:	Bir moleküle fosfat grubunun eklenmesi.
fosil:	Taş ya da kayaların içerisinde rastlanan taşlaşmış canlı kalıntı ya da izleri.
fosil yakıt:	Çürümüş hayvan ve bitki kalıntılarında uzun zaman sürecinde oluşmuş petrol, kömür vb. yakıtlar.
fotofosforilasyon:	Fotosentez sırasında ışık enerjisinin yardımıyla ADP'ye fosfat eklenmesi.
foton:	Elektromanyetik radyasyonlarda enerji akışını sağlayan, elektriksel olarak yüksüz, kütlesiz daima ışık hızıyla hareket eden dalga paketleri.
fotosentez:	Işık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülerek glikoz ya da diğer organik bileşiklerde depolanması olayı.
fosfogliseraldehit:	Calvin döngüsünde oluşan fotosentezin ilk ürünü.
fotoototrof:	Organik bileşik sentezinde ışık enerjisini kullanan organizma.
fotosistem:	Kloroplastın tilakoit zarı üzerinde yer alan ve fotosentez sırasında farklı dalga boylarındaki ışığı soğuran birimler.

-G-

galvanometre:	Elektrik akımındaki değişimin manyetik alan oluşturması prensibiyle çalışan bir tür test cihazı.
gamet:	Erkek ve dişi üreme hücrelerinden her biri.
gametofit:	Döl değişimi görülen canlılarda gametleri meydana getiren fert ya da döl.
genom:	Prokaryot ya da ökaryot organizmalarda bulunan genetik materyalin tümü.
glikoliz:	Sitoplazmada glikozun pirüvata kadar parçalanması sırasında gerçekleşen tepkimeler ve bu tepkimeler sırasında ATP elde edilmesi.
granum:	Kloroplastta tilakoitlerden oluşan ve fotosentezin ışık tepkimelerinin gerçekleştiği yapı.
glikojen:	Hayvanların karaciğer ve kas hücrelerinde depo edilebilen glikoz polimeri.
görünür ışık:	Dalga boyu 380 -750 nm arasında değişen, insan gözünün algılayabildiği elektromanyetik spektrumun bir bölümü.

	-H-
habitat:	Bir organizmanın barındığı ve kendine özgü özellikler gösteren yaşam ortamı.
heterotrof:	1. Gereksinim duyduğu besinleri diğer organizmaları yiyerek ya da onların ürettiği ürünleri kullanarak elde eden organizma. 2. Tüketici.
hidroliz:	Büyük moleküllere su katılarak yapı birimlerine ayrıştırılması.
homeostazi:	Bir organizmanın dış ortamdaki değişikliklere rağmen kendi iç ortamını belli sınırlar arasında dengede tutması.
hücre solunum:	Organik moleküllerden ATP'nin elde edildiği metabolik yol.
	-I-
ışığa bağımlı tepkimeler:	Fotosentezde ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürüldüğü tepkimeler dizisi.
ışıkla bağımsız tepkimeler:	Fotosentezde inorganik CO ₂ 'in tutularak organik maddelerin sentezlendiği tepkimeler dizisi.
	-İ-
inorganik madde:	Yapısında karbon zinciri bulundurmeyen karbon dioksit, su, tuz vb. madde.
	-K-
karbonhidrat:	Yapısında C, H, O atomlarını bulunduran, monosakkarit, disakkarit, polisakkarit olarak gruplandırılan bileşik.
kanserojen:	Doğrudan ya da dolaylı yolla kansere yol açan etmen.
karnivor:	Et yiyerek beslenen canlı, etobur.
karotenoit:	Bitkilerde kloroplast ve kromoplastlarda yer alan sarı ya da turuncu renkli pigment.
karyotip:	Kromozomların uzunluk, bant özellikleri, sentromer konumu gibi karakterlere göre sınıflandırılıp dizilmesi.
katalizör:	Bir reaksiyonun hızını değiştiren, fakat tüketilmeyen kimyasal madde.
kemiozmoz:	Proton (H ⁺) derişimi farkından dolayı protonların zarıdan geçişi sırasında ATP sentaz aracılığıyla ATP sentezleme mekanizması.
kemosentez:	Bazı canlıların güneş enerjisi yerine inorganik maddelerin oksidasyonu ile açığa çıkan kimyasal enerjiyi kullanarak inorganik maddelerden organik madde sentezlemeleri.
kimyasal enerji:	Moleküllerin kimyasal bağlarında depolanmış enerji.
kimyasal tepkime:	Kimyasal bağların oluşması ya da kırılması ile sonuçlanan tepkime.
klorofil:	Kloroplastın tilakoit zarı üzerinde bulunan ve çeşitli dalga boylarındaki ışığı emen yeşil renkli pigment.
kloroplast:	Bitkiler ve alglerde bulunan fotosentezin gerçekleştiği organel.
komünite:	Belirli bir alanda yaşayan organizmaların tümü.
Krebs döngüsü:	Glikozun devamında pirüvatın karbon dioksit metabolik yıkımının tamamlandığı kimyasal döngü.

kromoplast:	Fotoototrof ökaryotlarda bulunan sarı, kırmızı renkli plastit.
krista:	Elektron taşıma zinciri ve ATP sentezini katalizleyen enzimlerin bulunduğu, mitokondrinin iç zarındaki kıvrımlı yapı.
kuraklık:	Bir bölgede canlıların yaşamını tehlikeye düşürecek şekilde nem miktarındaki azalış.

-L-

larva:	Tüm başkalaşım gösteren böceklerde yumurtadan çıkan pupa evresine girmemiş olan kanatsız, genel olarak kurt biçimindeki evre.
laktik asit fermantasyonu:	Oksijen yokluğunda bazı bakteri ve memeli hücrelerinde görülen, glikoliz sonucu oluşan pirüvatın laktik aside dönüştürülmesi.

-M-

mantar:	Mikroskopik ya da makroskopik olan parazit, saprofit ya da simbiyotik yaşayan klorofilsiz canlı.
matriks:	Mitokondride iç zarın çevrelediği ara madde.
mikoloji:	Mantarların yapısını, gelişmesini, yayılışlarını vb. inceleyen bilim dalı.
mikrobiyoloji:	Mikroorganizmaları inceleyen bilim dalı.
mikroklima:	Belirli bir küçük habitat ya da alandaki iklim.
miyozin:	Aktin filamentlerle etkileşime girerek kasılmaya neden olan protein iplik.
mutasyon:	Genomik DNA dizilerinde kendiliğinden ya da ışıın, kimyasal maddeler gibi etkenler sebebiyle meydana gelen herhangi bir değişiklik.
musilaj:	Suda şişerek yarı akışkan çözelti meydana getiren madde.

-N-

nikotinamid adenin dinükleotit:	1. Hücresel solunumda meydana gelen yükseltgenme ve indirgenme tepkimelerinde, elektron ve proton transferine yardım eden bir koenzim. 2. NAD.
nikotinamid adenin dinükleotit fosfat:	1. Işığa bağımlı tepkimeler sırasında açığa çıkan elektronları ve protonları geçici olarak taşıyan bileşik. 2. NADP.
nitrifikasyon :	Toprakta amonyağın, bakteriler tarafından nitrite ve nitrata dönüştürüldüğü metabolik olay.

-O-

oksidasyon:	1.Elektronların bir atom ya da molekülden ayrılmasını sağlayan kimyasal tepkime. 2.Yükseltgenme.
oksidatif fosforilasyon:	Mitokondrilerin iç zarında bulunan ETS'ler aracılığıyla elektronların oksijene taşınması ve ATP sentezi.
organik madde:	Karbon temelli molekül.
ozon:	Oksijen atomundan oluşan, atmosferin üst katmanlarında yer alan, gökyüzünün mavi renkte görünmesini sağlayan renksiz bir gaz.
ozon tabakası:	Zararlı mor ötesi radyasyonu süzen, ozon içeren üst atmosfer katmanı.

-Ö-

ökaryotik hücre:	Zarla çevrili çekirdek ve organeller içeren gelişmiş hücre tipi.
ötrofikasyon:	Sucul ekosistemlerde azot ve fosfor bileşiklerinin artması sonucu bazı alg türlerinin kontrolsüz çoğalması.

-P-

paleontoloji:	Fosilleri, yaşadıkları devirleri ve o devrin özelliklerini inceleyen bilim dalı.
patojen:	Hastalık yapan mikroorganizma.
pH:	Bir litre sıvıdaki hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritması.
pigment:	Görünür ışığın belli dalga boylarını emen, diğerlerini yansıtarak renk veren madde.
plankton:	Denizlerde ve tatlı sularda, suyun hareketi ile pasif olarak sürüklenen küçük organizmalar.
plasmodium malaria:	Sıtma hastalığı etkeni.
polisakkarit:	Monosakkarit birimlerinin birleşmesi ile oluşmuş, nişasta, glikojen gibi kompleks yapıli karbonhidrat.
popülasyon:	Belirli bir coğrafik bölgeye yerleşen bir türün bireylerinin oluşturduğu topluluk.
prokaryot hücre:	DNA'sı bir zarla çevrili olmayan küçük ve basit yapıli hücre.

-R-

radyasyon:	Bir kaynaktan elektromanyetik dalga ya da hızlı parçacıklar demetinin yayılması. Işıma.
reçine:	Çam, elma, erik gibi bazı odunsu bitkilerin katı ya da yarı akışkan, yarı saydam, suda çözünmeyen salgı maddesi.
redüksiyon:	1. Bir tepkimede element veya iyonun elektron alması 2. İndirgenme
rizom gövde:	Toprak altında yatay olarak gelişen gövde tipi.

-S-

saprofit:	Ölü organizma ya da atık organik maddeleri ayrıştırarak besin sağlayan organizma. Çürükçül.
sıcakkanlı hayvan:	Vücut sıcaklığı ortam sıcaklığına göre değişmeyen, aynı kalan canlılar.
simbiyoz:	İki veya daha fazla sayıda türün bireylerinin etkileşim hâlinde birlikte yaşaması.
stolon:	Toprak yüzeyine paralel uzanan gövde tipi. Sürünücü gövde.
substrat düzeyinde fosforilasyon:	Yıkım tepkimeleri sırasında bir ara maddeden ayrılan fosfat grubunun ADP'ye doğrudan transfer edilmesi suretiyle ATP oluşturulması.
stoma:	Bitkinin gaz alış verişini sağlayan yapı.
stroma:	Kloroplastlarda granumların bulunduğu ara madde.
sporofit:	Döl değişiminin görüldüğü canlılarda spor üreten birey ya da döl.

-T-

termofil:	Sıcağı seven.
toksin:	Zehir.
tundra:	Kuzey Yarıküre'de çalı ve otsu bitkilerin egemen olduğu, kutba yakın bölgedeki ekosistem tipi.

-Y-

yağ asidi:	Bir ucunda karboksil grubu bulunan hidrokarbon zinciri.
-------------------	---

-Z-

zorunlu aerob:	Hücre solunumu için oksijene ihtiyaç duyan, oksijensiz ortamda yaşayamayan organizmalar.
zorunlu anaerob:	Oksijeni kullanamayan ve oksijenin olduğu ortamlarda yaşayamayan organizmalar.

DİZİN

- aerobik solunum, 23
alkol fermantasyonu, 39, 40, 44
anaç,130
anafaz, 110, 116, 140, 143
ara lamel, 58
Ascaris, 146
aşılama, 130, 131, 162
ATP, 106, 145
azot döngüsü, 212, 213
besin ağı, 200, 204, 206
besin zinciri, 200, 202
biyoçeşitlilik, 221, 222
biyolojik birikim, 204, 206, 207
biyosfer, 182, 185
biyosfer II, 222, 224
biyoteknolog, 132
biyoteknoloji, 132
biyotik faktör, 186, 187, 195, 196
biyotop, 181
böcekçil bitkiler, 55
dalga boyu, 60, 65, 67, 84
denitrifikasyon, 212, 213
devirli fotofosforilasyon, 68, 69, 70
devirsiz fotofosforilasyon, 68,69,93
diploit,108,139
DNA, 108, 110,139,153
doku kültürü,132
döngü, 106, 115, 146
ekolojik madde döngüleri, 208
ekolojik niş, 179, 182, 196
ekosistem, 17, 54, 82, 84, 86
ekoton, 180
ekzergonik, 19,21
elektromanyetik spektrum, 60, 61
embriyoloji, 137, 138
endergonik, 19, 21
epidermis, 57, 58
fosforilasyon, 21, 51, 68, 70
fotofosforilasyon, 21, 52, 68, 70
foton, 61, 67
fotoototrof, 19, 54
fotosentez, 17, 52, 67, 78, 83
fotosistem, 67
glikoliz, 25, 35, 42, 43
granum, 58, 68
habitat, 179, 180, 183, 185
haploit, 108, 128, 143, 145
herbivor, 197
homolog kromozom, 108, 119
hücre döngüsü, 106, 116, 151
iç döllenme, 151
iletim doku, 57
interfaz, 106,107
istilacı tür, 225
kanser, 117, 118
karotenoit, 65
karnivor, 197
kemiozotik hipotezi, 31, 70
kemoototrof,19, 54, 85, 86
kısa gün bitkisi,187
kilittaşı tür, 203
kinetokor, 116, 142, 143, 167
klimatoloji, 190
klorofil, 66, 73, 79
koloni, 124,127
komünite, 180, 181
konjugasyon, 152
krista, 23, 24, 31
kromatin, 108, 112, 142
krosing over, 142, 144, 156
laktik asit fermantasyonu, 42, 44
matriks, 23, 27, 32
mayoz, 139, 142
medüz, 124
metabolizma, 22, 26, 82
metafaz, 110, 139, 156
mezofil tabakası, 57, 81
mikrotübül, 110, 146, 133
minimum yasası, 52, 77
mitotik evre, 107, 119
nitrifikasyon, 212,217
Nitrobacter, 86
Nitrosomonas, 86
nodyum, 129
oksidatif fosforilasyon, 33, 35, 36
omnivor, 197
onkolog, 116
onkoloji, 116, 117
oogenez, 145, 147
orta lamel, 113, 143,164
ötrofikasyon, 220
partenogenez, 151, 152, 157
performans eğrisi, 194
pigment 62, 65, 67, 78
plazmit, 153
plazmodyum, 128, 129
popülasyon, 179, 180, 184
profaz 110, 112, 135, 142, 143
radyoterapi, 117
rejenerasyon, 133, 156, 161
rizom gövde, 129, 161
spor, 127, 139, 156
sentromer, 110, 143, 167
sıcakkanlı canlı, 195
sıcaklık tolerans eğrisi, 194
sıcaklık, 187
sinapsis, 142, 169
sitokinez, 111, 112, 161
sitoloji, 106
sitrik asit döngüsü, 27
soğuk kanlı canlı, 195
spermatogenez, 145,146,161
spermatogonyum, 145
stoma, 57, 80, 82
su döngüsü, 209, 214
substrat, 21, 29, 35,
sürdürülebilirlik, 222
telofaz, 110, 139, 143
tetrat, 142, 160, 161
tolerans aralığı, 193
tomurcuklanma,124
trofik düzey, 199, 203, 205
tür, 180, 191, 195,
uzun gün bitkisi, 187
vejetatif üreme, 129, 133,164
yağış, 186, 192, 193
yenilenebilir enerji, 225, 229
zigot,151, 152, 156

KAYNAKÇA

- APPLIN, D. , **Key Science for GCSE Biology**, New Edition Stonly Thomes
- ERCAN AKKAYA, S.; O. ALBAYRAK, E. ÖZTÜRK, Ş. CAVAK, **Biyoloji 9**, MEB Yay, 1.Baskı 2008
- ARDIÇ, M.(OGÜ.Biy.böl. öğr.gör.) Fotoğraf Koleksiyonu
- TÜBİTAK, Bilim Teknik Dergisi, Sayı 491, Ekim 2008
- BOŞGELMEZ, A.; S. KAYNAŞ, N.PASLI, S. SAVAŞCI ,**Ekoloji I-II**, Ankara, 2000
- CAMPBELL, N.A.; J. B. REECE, **Biyoloji**, (6. Baskıdan Çeviri) Çeviri Editörleri: E. GÜNDÜZ, A. DEMİRİSOY, İ.TÜRKAN, Palme Yay. Ankara, 2006
- DEMİRİSOY, A., **Yaşamın Temel Kuralları** (Genel Biyoloji), Cilt 1/Kısım 1, Metaksan A.Ş, Ankara, 1998
- DOĞAN, Y., **Farklı Sistemler ve Çevre Eğitimi**, ÇEV-KOR Çevre Eğitim Hizmetleri Yayınları, 2007
- Doğa, Çevre ve Kültür Dergisi **Ekoloji Magazin**, Sayı: 5,11,12,13,14,15,16,18,19 Tarih: 2005, 2006, 2007, 2008
- ERGENE, E.(Anadolu Üni.Biy. Böl.) Fotoğraf Koleksiyonu
- EUGENE, P.O.; G. BARRETT **Ekolojinin Temel İlkeleri** (5. Baskıdan Çeviri),Çeviri Editörü: K. IŞIK, Palme Yayıncılık, Ankara, 2008
- GÖKMEN, S.; **Genel Ekoloji**, Nobel Yayınevi, Ankara, 2007
- GRAHAM, L. E.; J. M. GRAHAM, L. W. WILCOX, **Bitki Biyolojisi**, Çeviri Editörü: K., IŞIK, Palme Yayıncılık, Ankara, 2004.
- GÜNEY, E. ; **Türkiye Çevre Sorunları**, Nobel Yayınevi, Ankara, 2004
- İLHAN, A.(Viyan Tıp Fakültesi) Fotoğraf Koleksiyonu
- KAYALI, H.; G. ŞATIROĞLU, M. TAŞYÜREKLİ, **İnsan Embriyolojisi**, 6. Baskı, Evrim Basım Yayım Dağıtım
- KEETON/GOULD, **Genel Biyoloji** (5. Baskıdan Çeviri), Çeviri Editörleri: A.DEMİRİSOY, İ.TÜRKAN, E. GÜNDÜZ, Palme Yayıncılık, Ankara, 1999
- KEHA, E. E. ve İ.Ö.KÜFREYİOĞLU, **Biyokimya**, Aktif Yayınevi,6. Baskı, İstanbul, 2009
- KILINÇ, M.; G.KUTBAY, **Bitki Ekolojisi**, Palme Yayıncılık, Ankara, 2004
- KIŞLALIOĞLU, M.; F. BERKES,**Ekoloji ve Çevre Bilimleri**,Remzi Kitabevi, 2003
- KLUG, W.;M. CUMMINGS, **Genetik Kavramlar** (6. Baskıdan çeviri), Çeviri Editörü :C. ÖNER ,Palme Yayıncılık ,Ankara ,2005
- NELSON, D.L.; M. M.COX, **Lehninger Biyokimyanın İlkeleri**,(3.Baskıdan Çeviri),Çeviri Editörü: N.KILIÇ, Palme Yayıncılık, Ankara, 2005
- OPPENHIEMER, S.B.; **Introduction to Embrionic Development**
- ÖSYM , ÖSS Soruları, <http://www.osym.gov.tr>
- ÖZDEMİR, Z. (OGÜ.Biyoloji Böl.)Fotoğraf Koleksiyonu
- PARKER, M. M.; **Brock Biology of Microorganisms**, Ninth Edition
- SADAVA, D.;H. C.HELLER,G. H. ORIAN, W.K. PURVES, D. M.HILLIS, **Life The Science of Biology**, Eighth Edition, ABD, 2007
- SCHRAER, W. D.; H. J. STOLTZE, **Biology The Study of Life**, Sixth Edition, Printice Hall, Massachusetts.
- TAİZ, L.; E. ZEIGNER, **Bitki Fizyolojisi** (3. Baskıdan Çeviri), Çeviri Editörü: İ. TÜRKAN, Palme Yayıncılık, Ankara, 2008
- WRIGHT, J. C.; R. COBLE, J. HORKINS, S. JOHNSON, D. LAHART, **Life Science**, Prentice Hall, ABD, 1993
- YILMAZ, İ.; A. BALCI, F. NOYAN, S. UZUNOĞLU, S. BAŞLAR, M.F. GÖKALP, Y. DOĞAN, A. SEMENDEROĞLU, **Çevre Eğitiminde Temel Kavramlar**, ÇEV-KOR Çevre Eğitim Hizmetleri Yayınları, İzmir, 1998
- FREEMAN ,S.;**Biological Science** ,Third edition , University of Washington, 2008
- BROOKER,R.J.;E. P. WIDMAIER, L.E.GRAHAM,P.D.STİLİNG ,**Biology**, Mc Graw-Hill (İnternational Edition) Higner Education
- COOPER, M. G.; R. E. HAUSMAN,**Hücre Moleküler Yaklaşım**, İzmir Tıp Kitabevi , İzmir, 2006
- <http://biology.arizona.edu/sciconn/CoursesforTeachers.htm>
- <http://naturalsciences.sdsu.edu/ta/>
- <http://waynesword.palomar.edu/>
- <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/>
- <http://www.biology.arizona.edu/DEFAULT.html>
- <http://www.biyolojiegitim.yyu.edu.tr/kav/indexa.htm>
- <http://earthobservatory.nasa.gov/Experiments/>
- <http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookglossA.html>
- <http://www.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/biobooktoc.html>
- <http://www.pubmedcentral.nih.gov/pagerender.fcgi?artid=441368&pageindex=1>
- <http://www.pubmedcentral.nih.gov/pagerender.fcgi?artid=441368&pageindex=3>