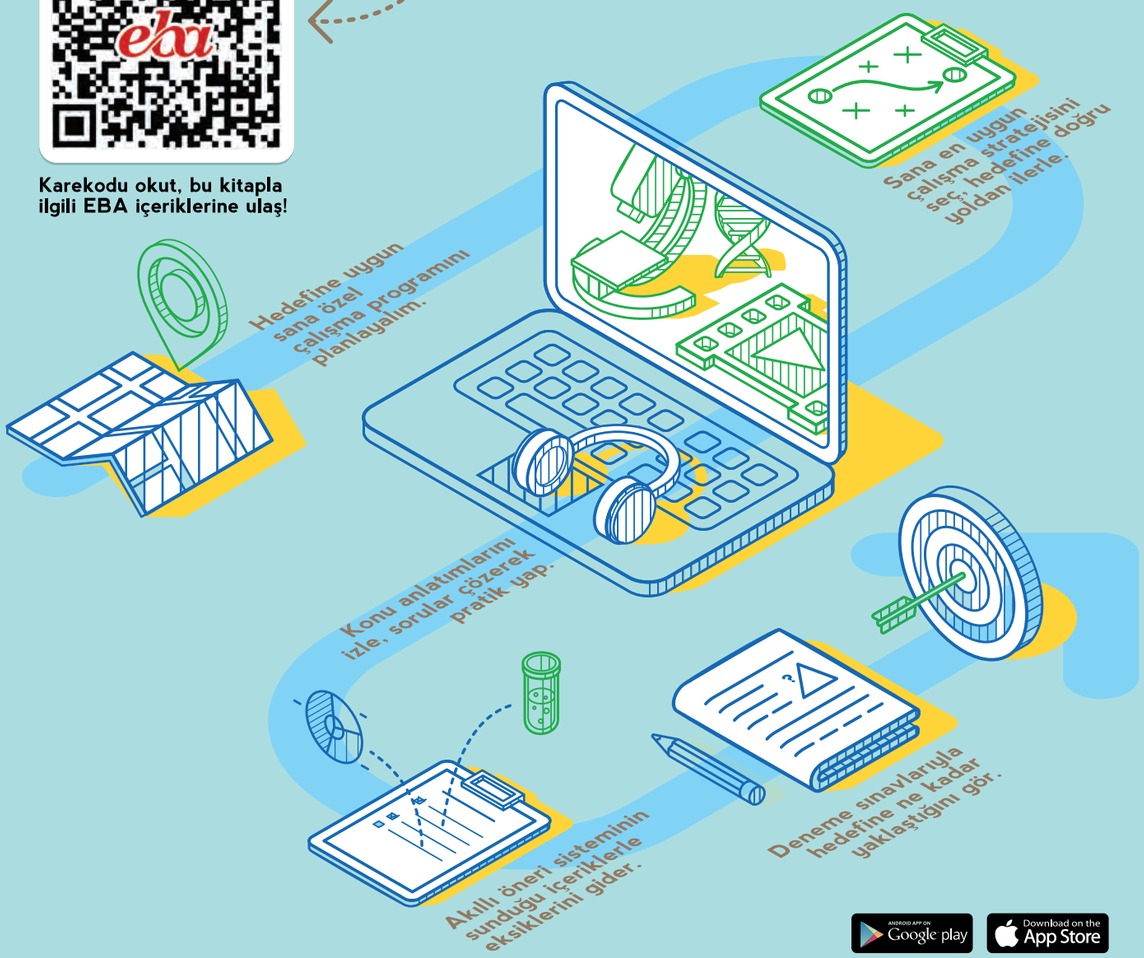
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!



Google play | App Store

BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

ORTAÖĞRETİM BİYOLOJİ 12. SINIF DERS KİTABI

T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI | ORTAÖĞRETİM | DERS KİTABI

BİYOLOJİ 12. SINIF

SDR DİKEY YAYINCILIK

ORTAÖĞRETİM

BİYOLOJİ

12. SINIF

DERS KİTABI

Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulunun 04.01.2023 tarih ve 2 sayılı (ekli listenin 15'inci sırasında) kurul kararıyla 2023-2024 öğretim yılından itibaren 5 (beş) yıl süreyle Ders Kitabı olarak kabul edilmiştir.

Kurulca bu kitabın kabul edilmiş olması ders kitabından yayınevi ve yazarın sorumluluğunu kaldırmaz.

YAZARLAR

Ender ÜNVER

Zafer ARSLAN

SDR DİKEY YAYINCILIK

Her hakkı saklıdır ve **DİKEY EĞİTİM SAĞLIK ARAŞTIRMA BASIN YAYIN SANAYİ TİCARET LİMİTET ŞİRKETİ**'ne aittir. İçindeki şekil, yazı, metin ve grafikler, yayınevinin izni olmadan alınamaz; fotokopi, teksir, film şeklinde ve başka hiçbir şekilde çoğaltılamaz, basılamaz ve yayımlanamaz.

ISBN:
978-975-9168-70-4

Editör
Halime CENGİZ

Dil Uzmanı
Engin EKİCİ

Görsel Tasarımcı
Dr. Aysel GÜNEY TÜRKEÇ

Program Geliştirme Uzmanı
Zeynep TIRAŞ

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı
Kenan GEDİK

Rehberlik Uzmanı
Hamdi GÖKTAŞ

SDR DİKEY YAYINCILIK

Kavacık Subayevleri Mah. Fahrettin Altay Cad. No.: 4/8 Keçiören/ANKARA
tel.: (0.312) 318 51 51- 50 • belgegeçer: 318 52 51

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,
Medeniyyet 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 feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

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

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

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

Mehmet Âkif Ersoy

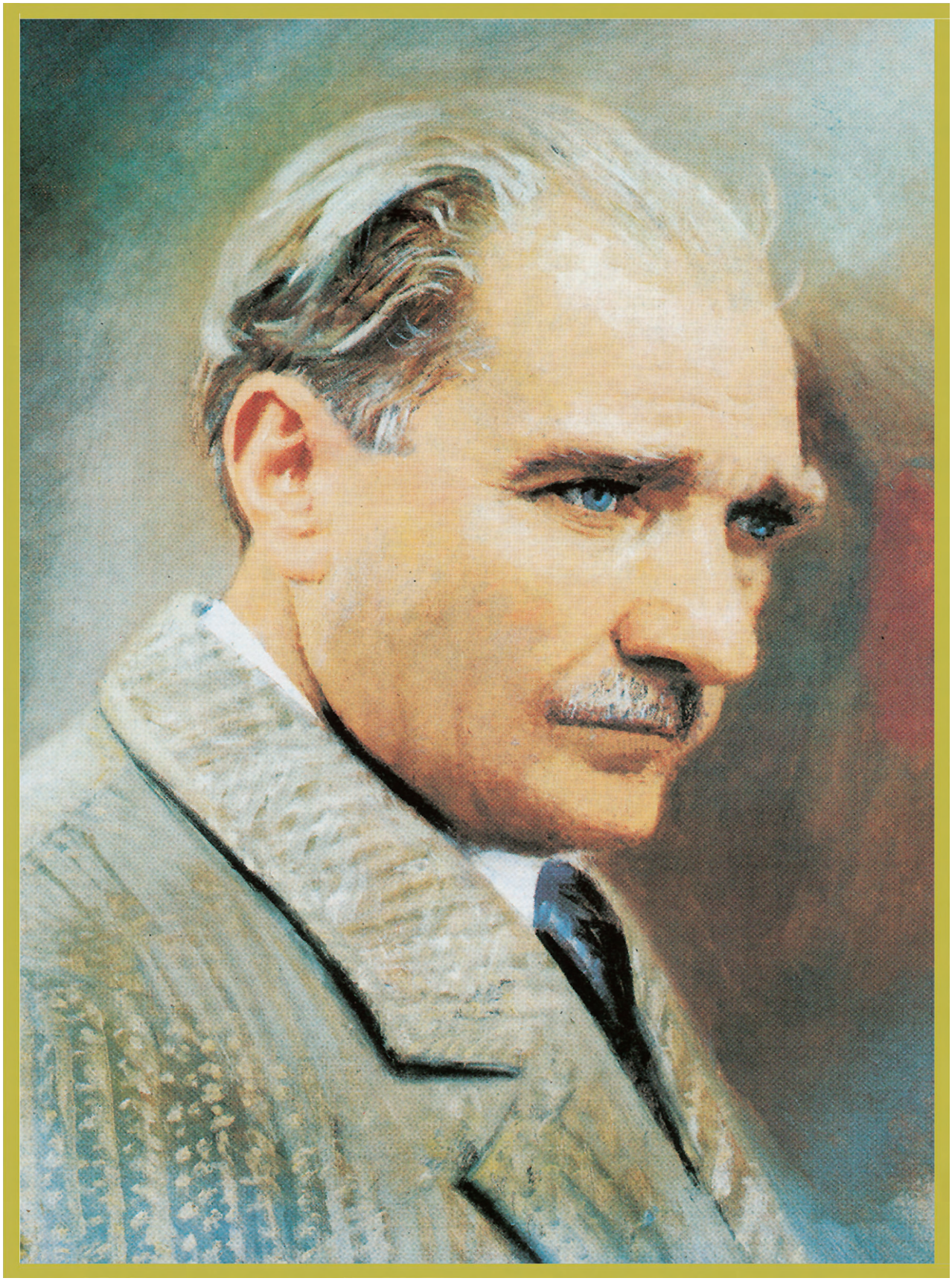
GENÇLİĞE HİTABE

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 dâhilî ve hâricî 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 namüsait 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 dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin 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 asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

KİTABIN TANITIMI 9
GÜVENLİK SEMBOLLERİ 11
1. ÜNİTE: GENDEN PROTEİNE 13
1. BÖLÜM: Nükleik Asitlerin Keşfi ve Önemi 14
1.1.1. Nükleik Asitlerin Keşfi 15
1.1.2. Nükleik Asitlerin Çeşitleri ve Görevleri 18
A. Deoksiribonükleik Asit (DNA) 19
B. Ribonükleik Asit (RNA) 23
1.1.3. Hücredeki Genetik Materyalin Organizasyonu 26
1.1.4. DNA'nın Replikasyonu (DNA'nın Eşlenmesi) 27
1. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 32
2. BÖLÜM: Genetik Şifre ve Protein Sentezi 34
1.2.1. Protein Sentezinin Mekanizması 35
A. Genetik Şifre ve Protein Sentezi Arasındaki İlişki 35
B. Protein Sentezi 36
1.2.2. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji 40
1.2.3. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Uygulamaları 42
A. Gen Teknolojileri 43
B. DNA Parmak İzi Yöntemi 44
C. Kök Hücre Yöntemi 44
Ç. Model Organizmalar ve Model Organizmaların Genetik ve Biyoteknolojik Araştırmalarda Kullanılması 47
1.2.4. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Uygulamalarının İnsan Hayatına Etkisi 47
A. Klonlama Çalışmaları ve Organizmaların Genetiğinin Değiştirilmesinin Olası Sonuçları 50
B. Biyogüvenlik ve Biyoetik 52
2. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 56
1. ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 57

2. ÜNİTE: CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ 63
1. BÖLÜM: Canlılık ve Enerji 64
2.1.1. Canlılığın Devamı İçin Enerji Gereklidir 65
A. Enerjinin Temel Molekülü Adenozin Trifosfat (ATP) 66
1. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 69
2. BÖLÜM: Fotosentez 70
2.2.1. Fotosentezin Canlılar İçin Önemi 71
2.2.2. Fotosentez Süreci 75
A. Kloroplastın Yapısı 75
B. Fotosentez ve Işık 79
C. Fotosentezin Işığa Bağımlı Reaksiyonları 85
Ç. Fotosentezin Işıktan Bağımsız Reaksiyonları 86
2.2.3. Fotosentezin Hızını Etkileyen Faktörler 89
A. Tarımsal Ürün Miktarını Artırma Uygulamaları 90
B. Fotosentez Hızını Etkileyen Faktörlerle İlgili Deneyler 91
2. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 98
3. BÖLÜM: Kemosentez 99
2.3.1. Kemosentez Olayı 100
3. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 104
4. BÖLÜM: Hücresel Solunum 105
2.4.1. Hücresel Solunumun Canlılar İçin Önemi 106
A. Glikoliz 107
B. Oksijen Kullanılmadan ATP Üretilmesi 108
C. Oksijenli Solunum 114

2.4.2. Fotosentez ve Solunum İlişkisi 122
4. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 126
2. ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 127

3. ÜNİTE: BİTKİ BİYOLOJİSİ 133
1. BÖLÜM: Bitkilerin Yapısı 134
3.1.1. Çiçekli Bitkilerin Temel Kısımları 135
A. Bitkisel Dokular 135
B. Bitkide Organlar 148
3.1.2. Bitki Gelişiminde Hormonların Etkisi 161
A. Oksin 162
B. Giberellin 163
C. Sitokininler 163
Ç. Etilen 164
D. Absisik Asit (ABA) 165
3.1.3. Bitkilerde Gözlenebilen Hareketler 166
A. Tropizma Hareketleri 166
B. Nasti (Irganım) Hareketleri 171
C. Fotoperiyodizm 172
1. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 175
2. BÖLÜM: Bitkilerde Madde Taşınması 176
3.2.1. Köklerde Su ve Mineral Emilimi 177
A. Nodül ve Mikoriza Oluşumu 177
3.2.2. Bitkilerde Su ve Minerallerin Taşınması 179
A. Suyun Taşınmasında Stomaların Rolü 184
3.2.3. Bitkilerde Fotosentez Ürünlerinin Taşınması 185
2. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 187
3. BÖLÜM: Bitkilerde Eşeyli Üreme 188
3.3.1. Çiçeğin Yapısı 189
3.3.2. Çiçekli Bitkilerde Tozlaşma, Döllenme, Tohum ve Meyve Oluşumu 192
A. Tozlaşma 192
B. Döllenme 192
C. Tohum Oluşumu 194
Ç. Meyve Oluşumu 194
3.3.3. Tohum Çimlenmesi ve Çimlenmeye Etki Eden Faktörler 196
3. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 199
3. ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 200

4. ÜNİTE: CANLILAR VE ÇEVRE 205
1. BÖLÜM: Canlılar ve Çevre 206
4.1.1. Çevre Şartlarının Genetik Değişimlerin Sürekliliğine Etkisi 207
A. Varyasyon, Adaptasyon, Mutasyon, Doğal Seçilim ve Yapay Seçilim 207
B. Bakterilerin Antibiyotiklere Karşı Direnç Geliştirmesi 208
C. Herbisit ve Pestisitlerin İnsan ve Çevre Üzerine Etkileri 209
4.1.2. Tarım ve Hayvancılıkta Yapay Seçilim Uygulamaları 211
1. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 212
4. ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI 213

BÖLÜM VE ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI 215
TERİMLER VE KAVRAMLAR SÖZLÜĞÜ 219
KAYNAKÇA 222
GENEL AĞ KAYNAKÇASI VE GÖRSEL KAYNAKÇA 222

KİTABIN TANITIMI

Ünite numarasını gösterir.

Ünite adını gösterir.

Bölüm başlıklarını gösterir.

1. BÖLÜM

Nükleik Asitlerin Keşfi ve Önemi

Anahtar Kavramlar

- DNA ligaz
- DNA polimeraz
- Gen
- Helikaz
- Kromozom
- Nükleik asit
- Nükleotit
- DNA Replikasyonu

Neler Öğreneceksiniz?

Nükleik Asitlerin Keşfi ve Önemi bölümünde; Nükleik asitlerin keşif sürecini, nükleik asitlerin çeşitlerini , görevlerini, hücredeki genetik materyalin organizasyonunu ve DNA' nın kendini eş-lemesini öğreneceksiniz.

Hazırlık Soruları

1. Çevrenizde yaşayan insanların dış görünüşlerinin birbirinden farklı olmasının temel sebepleri neler olabilir? Bu konuyla ilgili araştırma yaparak, bulduğunuz sonuçları arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Canlıların bütün kalıtsal özellikleri hangi molekülde bulunur? Bu konuyla ilgili bilgilerinizi arkadaşlarınızla tartışınız.

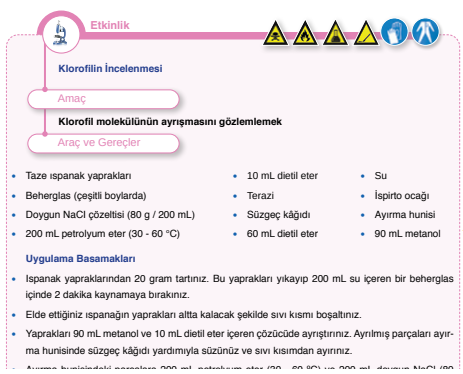
14

Bölüm numarasını gösterir.

Bölüm ana başlığını gösterir.

Konu ile ilgili bazı kavram ve terimlerin verildiği bölümdür.

Bölüm ile ilgili dikkat çekici görsellerin verildiği bölümdür.



Etkinlik

Klorofilin İncelenmesi

Amaç

Klorofil molekülünün ayrışmasını gözlemlemek

Araç ve Gereçler

- Taze ıspanak yaprakları
- Beherglas (çeşitli boylarda)
- Doygun NaCl çözeltisi (80 g / 200 mL)
- 200 mL petrolyum eter (30 - 60 °C)
- 10 mL dietil eter
- Terazi
- Süzgeç kâğıdı
- 60 mL dietil eter
- Su
- İspirto ocağı
- Ayırma hunisi
- 90 mL metanol

Uygulama Basamakları

- Ispanak yapraklarından 20 gram tartınız. Bu yaprakları yıkayıp 200 mL su içeren bir beherglas içinde 2 dakika kaynamaya bırakınız.
- Elde ettiğiniz ıspanağın yaprakları altta kalacak şekilde sıvı kısmı boşaltınız.
- Yaprakları 90 mL metanol ve 10 mL dietil eter içeren çözücüde ayrıştırınız. Ayrılmış parçaları ayırma hunisinde süzgeç kâğıdı yardımıyla süzünüz ve sıvı kısımdan ayırınız.

Konu ile ilgili yapabileceğiniz deney, poster, gazete ve model hazırlama gibi çalışmaların olduğu bölümdür.

Bölüm sonlarında, edindiğiniz bilgi ve becerileri ölçme ve değerlendirme amacıyla hazırlanmış soru ve çalışmaları içeren bölümdür.

2. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıda verilen ifadelerde bildirilen yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (....) Bir amino asit birden fazla kodon tarafından belirlenebilir.
2. (....) DNA molekülünde, sentezlenecek proteinlerin amino asit dizilim bilgisi bulunur.
3. (....) mRNA'daki nükleotit sayısı, DNA'nın şifreyi aktaran kısmındaki nükleotit sayısından fazladır.
4. (....) Yetişkin kök hücrelerinin bölünme yetenekleri yoktur.

Ünitede işlenen konularla ilgili edindiğiniz bilgi ve becerileri ölçme değerlendirme amacıyla hazırlanmış soru ve çalışmaların yer aldığı bölümdür.

1. ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıdaki çoktan seçmeli sorularda doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. **Aşağıda verilenlerden hangisi, DNA ya da RNA molekülünün hidrolizi sonucu elde edilemez?**

A) Amino asit B) Fosforik asit C) Riboz D) Timin E) Urasil

4.

İşlenen bölüm ile ilgili dikkat çekici okuma metinlerinin verildiği bölümdür.

Okuma Metni

NOBEL ÖDÜLÜ'NE UZANAN BİR AZİM VE KARARLILIK ÖYKÜSÜ

AZİZ SANCAR

Aziz Sancar 1946'da Mardin'in Savur kasabasında, çiftçilikle uğraşan orta gelirli bir ailenin yedinci çocuğu olarak dünyaya geldi. İlk ve ortaöğrenimini, Savur'da tamamladı. Liseyi ise Mardin'de okudu. Daha sonra İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesinden birincilikle mezun oldu. TÜBİTAK bursuyla gittiği ABD'de birkaç yıl biyokimya eğitimi aldı fakat bazı nedenlerle yurda döndü ve memleketi olan Savur'da bir süre hekimlik yaptı. Ancak gönlü hâlâ bilimsel çalışmalarda olan Aziz Sancar, tekrar ABD'ye gide-

Konu ile ilgili düşünmenizi sağlayacak, fikir alışverişine ortam hazırlayacak çalışmaların verildiği bölümdür.

Tartışalım

Nükleik asitlerin bulunmasının insanlığa ne gibi katkılar sağladığını sınıfınızda arkadaşlarınızla tartışınız.

Konu ile ilgili dikkat çekici bilgilerin yer aldığı bölümdür.

Bilgi Kutusu

İzotop, atom veya proton numaraları aynı, kütle numaraları farklı elementlere denir. ^{14}N ve ^{15}N birbirinin izotopudur.

Konu ile ilgili bilgilerinizi araştırma yoluyla genişletebileceğiniz çalışmaların verildiği bölümdür.

Araştıralım

Kemosentezin ekosisteme ve endüstriyel alanlara katkılarını araştırınız. Araştırma sonuçlarını arkadaşlarınızla paylaşınız.

Konu ile ilgili ilgi çekici bilgilerin verildiği bölümdür.

Biliyor musunuz?

Etik, Yunanca "ethos" sözcüğünden gelmektedir. Etiğe, "ahlak kuramı" ya da "teorik ahlak" da diyebiliriz.

Ünitede yer alan elektronik içerikler, işlenen konunun içeriğine göre sayfada ilgili alanlara yerleştirilmiştir.

GÜVENLİK SEMBOLLERİ

ELBİSE GÜVENLİĞİ

Bu sembol, laboratuvarda kullanılan malzemelerin deney yapan kişinin üzerine sıçrama, vücudunu veya giysilerini yakma ve delme tehlikesinin bulunduğunu gösterir. Böyle tehlikelerden korunmak için laboratuvarda önlük giyilmelidir.

EL GÜVENLİĞİ

Bu sembol, cilde zararlı bazı kimyasal maddelerle çalışılırken eldiven kullanılması gerektiğini gösterir. Cilde veya göze kimyasal madde sıçraması hâlinde cilt ve göz bol su ile yıkanmalıdır.

SOLUNUM GÜVENLİĞİ

Bu sembol, kimyasal maddelerin reaksiyonu sonucu oluşabilecek dumandan etkilenmemek için maske kullanılması gerektiğini belirtir.

GÖZ GÜVENLİĞİ

Bu sembol, gözü ve yüzü tehlikelere karşı korumak için gözlük kullanılması gerektiğini belirtir.

BİTKİ GÜVENLİĞİ

Bu sembol, çalışılan bitkilerin zehirli veya dikenli olmasına karşı dikkatli olunması gerektiğini gösterir.

KESİCİ CİSİMLER GÜVENLİĞİ

Bu sembol, deneyde kullanılan malzemede kesici ve delici cisimler olduğunu gösterir.

KIRILABİLİR CAM GÜVENLİĞİ

Bu sembol, deney sırasında kullanılacak cam malzemenin kırılabileceğini gösterir.

ZEHİRLİ (TOKSİK) MADDE GÜVENLİĞİ

Bu sembol, deneyde kullanılan malzemelerin zehirli (toksik) olabileceğini gösterir.

AŞINDIRICI MADDE GÜVENLİĞİ

Bu sembol, kullanılan malzemenin metalleri ve canlı dokuları aşındırabilen madde olduğunu, deriye ve göze hasar vereceğinden korunmak için önlemler alınması gerektiğini gösterir.

PATLAMA VEYA ISI GÜVENLİĞİ

Bu sembol, çalışılan kimyasalların yanlış kullanıldığında patlamaya neden olabileceğini gösterir.

OKSİTLEYİCİ MADDE GÜVENLİĞİ

Bu sembol, çalışılan maddenin havasız ortamda bile yanabileceğini, yanabilen maddelerle karıştırılırsa patlayabileceğini, bu nedenle tutuşturucularla temasını önlemek gerektiğini gösterir.

BİYOLOJİK TEHLİKE GÜVENLİĞİ

Bu sembol, yapılan çalışmada tehlikeli organizmaların olabileceğini gösterir.

ZARARLI VE TAHRİŞ EDİCİ MADDE GÜVENLİĞİ

Bu sembol, deneyde kullanılan malzemenin alerjik deri reaksiyonlarına neden olabileceğini, ozon tabakasına ve vücuda zarar verebileceğini, göze temasından kaçınılıp koruyucu giysi giyilmesi gerektiğini gösterir.

ELEKTRİK GÜVENLİĞİ

Bu sembol, deney sırasında elektrikli aletlerle çalışılırken dikkat edilmesi gerektiğini gösterir.

1. ÜNİTE

GENDEN PROTEİNE

- **1. BÖLÜM** Nükleik Asitlerin Keşfi ve Önemi
- **2. BÖLÜM** Genetik Şifre ve Protein Sentezi

EBA

1. Ünite Sunu

1. BÖLÜM

Nükleik Asitlerin Keşfi ve Önemi

Anahtar Kavramlar

- DNA ligaz
- DNA polimeraz
- Gen
- Helikaz
- Kromozom
- Nükleik asit
- Nükleotit
- DNA Replikasyonu

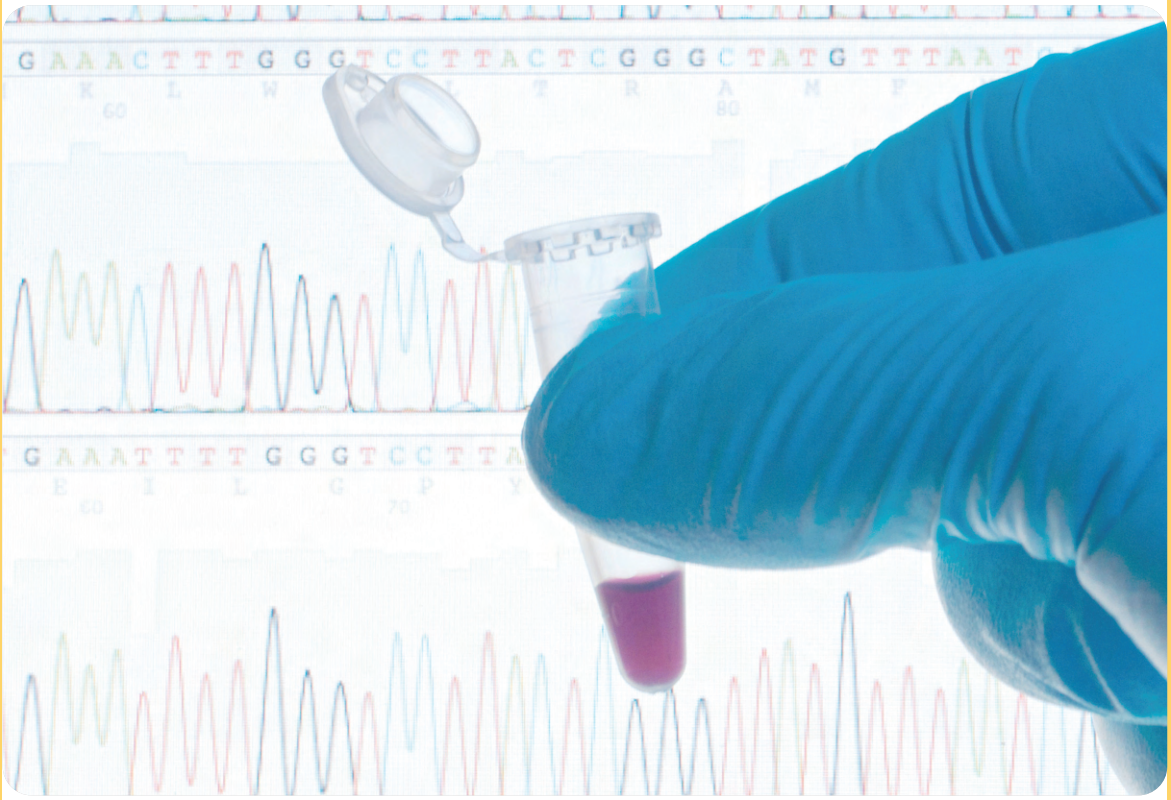
Neler Öğreneceksiniz?

Nükleik Asitlerin Keşfi ve Önemi bölümünde Nükleik asitlerin keşif sürecini, nükleik asitlerin çeşitlerini , görevlerini, hücredeki genetik materyalin organizasyonunu ve DNA' nın kendini eşlemesini öğreneceksiniz.

Hazırlık Soruları

1. Çevrenizde yaşayan insanların dış görünüşlerinin birbirinden farklı olmasının temel sebepleri neler olabilir? Bu konuyla ilgili araştırma yaparak bulduğunuz sonuçları arkadaşlarınızla paylaşınız.

2. Canlıların bütün kalıtsal özellikleri hangi molekülde bulunur? Bu konuyla ilgili bilgilerinizi arkadaşlarınızla tartışınız.



1.1.1. Nükleik Asitlerin Keşfi

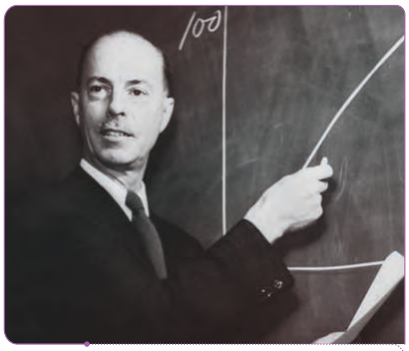
Canlıların en küçük yapı ve işlev birimi olan hücre, birçok bilim insanının yıllar süren araştırmalarının sonunda keşfedildi. Ardından yaşamın en önemli anahtarlarından biri olan nükleik asit moleküllerine ulaşıldı. 1869 yılında İsviçreli bilim insanı Friedrich Miescher (Firedrik Mişer, Görsel 1.1), balık spermlerinin ve akyuvarların çekirdeklerini ayrıştırarak yaptığı çalışmalarda, bu hücrelerin çekirdeklerindeki bazı maddelerin asit özelliği gösterdiğini gözlemledi. İlk olarak Friedrich Miescher tarafından nüklein adı verilen bu moleküllere günümüzde çekirdekte bulunan asit anlamına gelen **nükleik asit** denildi. Friedrich Miescher nükleik asitlerin karbon, hidrojen, oksijen, azot ve fosfor elementlerinden oluştuğunu da belirtti.

Görsel 1.1: Friedrich Miescher

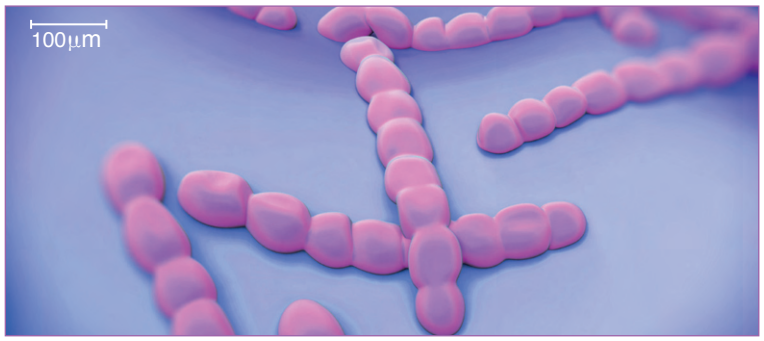
Zoolog Oscar Hertwig (Oskar Hertvig) de 1884 yılında nükleik asitlerin, kalıtımın aktarılmasından sorumlu kimyasal olduğunu öne sürdü. Ancak nükleik asitlerin karmaşık yapısı yıllar sonra anlaşıldı.

Oswald Theodore Avery (Ozvıld Teodor Evıri, Görsel 1.2) ile meslektaşları Colin Munro MacLeod (Kalin Munro Makleyad, Görsel 1.3) ve Maclyn McCarty (Makleyn Makkarti, Görsel 1.4) DNA'nın (deoksiribonükleik asit) genlerin özünü oluşturan kalıtımsal bir madde olduğunu 1944 yılında öne sürene kadar, DNA pek önemsenmiyordu. Avery, bu fikri öne sürdüğünde 67 yaşında, emekli olmuş bir profesördü. Oswald Theodore Avery ve arkadaşları, Frederick Griffith'in (Firederık Gırift) 1928 yılında, *Streptococcus pneumoniae* (Streptokokus pnömoni) bakterileriyle (Görsel 1.5) yaptığı deneyleri tekrarlayıp bunun üzerinde çalışarak zatürre hastalığına neden olan kalıtımsal maddenin DNA olduğunu göstermişlerdir. Zatürre hastalığına neden olan *Streptococcus pneumoniae* bakterilerinin kapsüllü ve kapsülsüz olmak üzere iki formu vardır. Kapsüllü bakteri zatürre hastalığına yol açarken kapsülsüz bakteri bu hastalığa neden olmaz.

Görsel 1.2: Oswald Theodore Avery

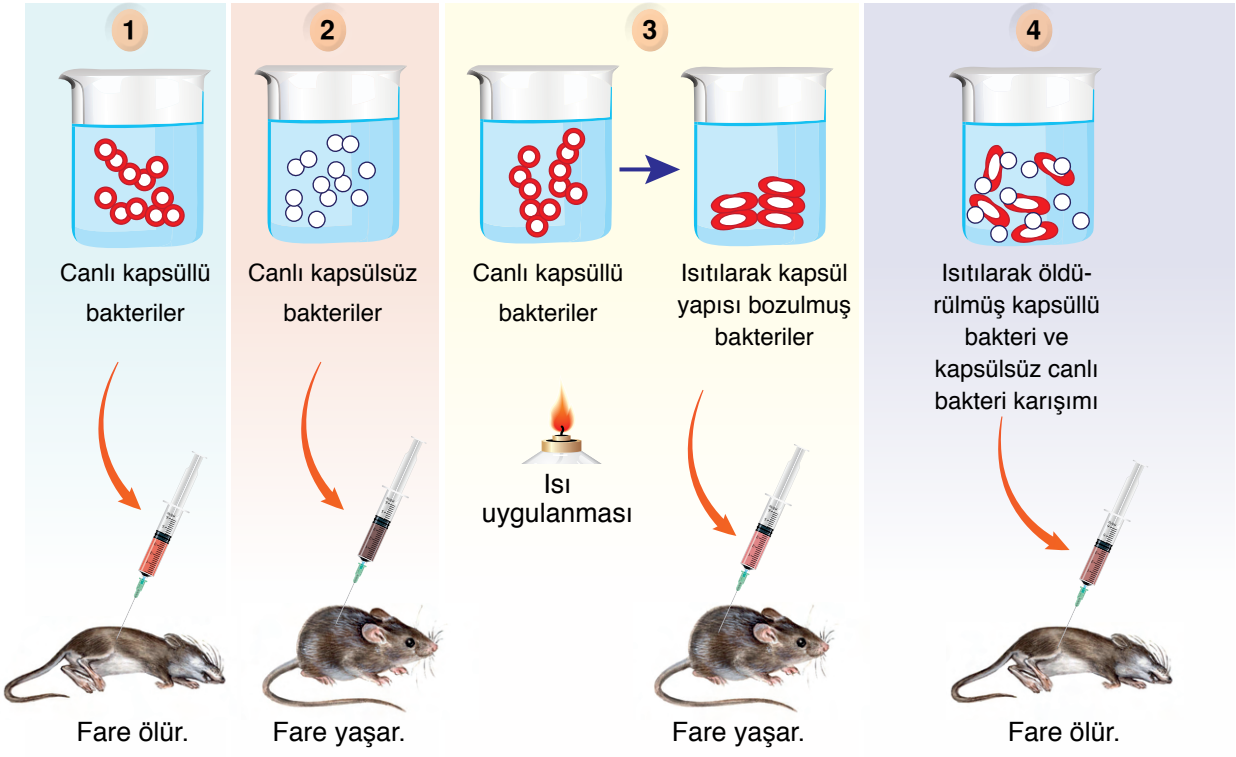


Görsel 1.3: Colin Munro MacLeod



Görsel 1.5: Streptococcus pneumoniae bakterileri

Görsel 1.4: Maclyn McCarty



Görsel 1.6: Griffith'in deneyi

Griffith'in zatürreye neden olduğu bilinen *Streptococcus pneumoniae* bakterileriyle yaptığı deneyleri (Görsel 1.6) şöyle özetleyebiliriz:

1. Canlı kapsüllü bakteriler fareye enjekte edildiğinde farenin zatürreye yakalanarak öldüğü görülmüştür.
2. Canlı kapsülsüz bakteriler fareye enjekte edildiğinde farenin yaşamaya devam ettiği görülmüştür.
3. Isıtılarak öldürülen kapsüllü bakteriler fareye enjekte edildiğinde farenin zatürreye yakalanmadığı ve yaşamaya devam ettiği görülmüştür.
4. Isıtılarak kapsül yapısı bozulmuş ölü bakteriler ile kapsülsüz canlı bakteriler karıştırılarak fareye enjekte edildiğinde farenin zatürreye yakalanarak öldüğü görülmüştür.

Dördüncü aşamada ölen fareden alınan kan örneği incelendiğinde kanda kapsüllü bakteriler tespit edilmiştir. Öyle ise kapsüllü bakterilerden kapsülsüz bakterilere geçen ve kapsülsüz bakteriye kapsül yapma özelliği yani zatürreye neden olma özelliği kazandıran bir madde olmalıdır. Griffith'in keşfettiği canlı bakterilerin yaşadıkları ortamdan ölü bakterilere ait maddeleri alması şeklinde gerçekleşen bu olaya **transformasyon** adı verilmiştir. Griffith bu maddenin ne olduğunu açıklayamamıştır.

Araştıralım

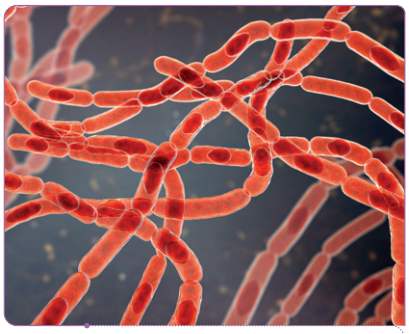
Nükleik asitlerin keşfedilmesinin nasıl gerçekleştiğini gördünüz. Nükleik asitlerin keşfedilme sürecine katkı sağlayan bilim insanlarını ve yaptıkları çalışmaları araştırınız. Bu araştırmalar sonucunda edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

Bilim insanları yapmış oldukları çalışmalarda çok sayıda kapsüllü *Pneumococcus* ürettiler. Sonra bu bakterilerden, farklı kimyasal maddelerle saflaştırılmış bir çözelti meydana getirdiler. Bilim insanları bu metotla hazırlanan bakterilerin yapılarında bulunan maddeleri içeren çözeltilere **özüt** adını vermişlerdir.

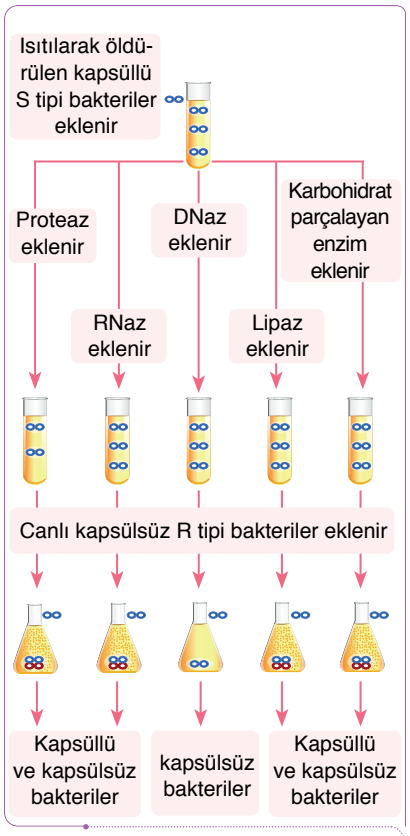
Pneumococcus ile yapılan deneylerin birinde, kapsüllü ölü bakterilerden elde edilen özüt, bir kültür ortamına alındı. Sonra kapsülsüz canlı *Pneumococcus* bakterileri (Görsel 1.7) bu kültüre eklenerek gelişmeye bırakıldı. Kapsülsüz bakterilerin bazıları kapsüllü bakteriler hâline dönüştü. Ayrıca bu bakteriler, özütün yokluğunda bile kapsüllü bakteriler meydana getirmeye devam etti. *Pneumococcus* bakterilerindeki bu değişiklik, araştırmacıların zihinlerinde cevaplanması güç bazı sorular oluşturdu. Kapsülsüz bakterilerden bazıları değişime uğruyordu. Bu bakteriler kapsül meydana getiriyor ve hastalığa sebep oluyordu. Daha da önemlisi bu bakterilerden oluşan yeni bakteriler de kapsüllüydü ve hastalık yapabiliyordu. Bu kapsülsüz bakteriler, yeni biyolojik bilgileri almıştı. Herhangi bir organizmanın kendinden öncekilerden aldığı ve kendinden sonra geliştirdiği bu bilgiler onun kalıtımsal özelliğidir.

Avery ve arkadaşlarının DNA'nın yönetici molekül olmasıyla ilgili yaptıkları çalışmalarda, ısıtılarak kapsül yapısı bozulmuş bakterilerden farklı kimyasal maddeler izole edilmiştir. Özüt hâlinde olan bu maddelerin her biri ile kapsülsüz canlı bakteriler değişikliğe uğratılmaya çalışılmıştır. Sonuçta istenen değişiklik yani kapsülsüz canlı bakterilerin kapsül yapabilme özelliği kazanması, ancak DNA içeren özütte olmuştur. Deneylerde, kapsülsüz *Pneumococcus* hücrelerindeki kalıtsal özelliğin değiştiği gözlendi. Özütte bulunan bir maddenin kalıtsal değişikliğe sebep olduğu veya bu maddenin kendisinin değişen hücrelerin kalıtımının bir parçası hâline geldiği sonucuna ulaşıldı. Daha sonra bir grup araştırmacı, ölü hücrelerden elde edilen özütün kapsülsüz hücreleri etkileyen kısmını tanımak amacıyla çalışmalar başlattı. Bu araştırmacılar özütün her parçasını kontrol ederek birçok deney yaptılar. Buldukları sonucu 1944 yılında şöyle açıkladılar: Kapsülsüz hücrelerin kalıtımının değişmesine sebep olan etken DNA molekülüdür. Yani yabancı DNA, kapsülsüz bakterinin DNA'sının bir parçası hâline gelerek onun yapısını değiştirmiştir. Böylece Griffith'in açıklayamadığı transformasyona neden olan maddenin DNA olduğu bulunmuştur. (Görsel 1.8)

Sonuç olarak bu çalışmalar DNA hakkındaki bilgilerin adım adım ilerlemesini sağlamıştır.



Görsel 1.7: Kapsülsüz bakteriler



Görsel 1.8: DNA'nın taşınan madde olduğu ilgili Avery ve arkaşlarının yaptığı deney.

Tartışalım

Nükleik asitlerin bulunmasının insanlığa ne gibi katkılar sağladığını sınıfınızda arkadaşlarınızla tartışınız.

DNA ile ilgili bazı önemli bilgiler, Erwin Chargaff (Örvin Çargaf) tarafından 1947 yılında açıklanmıştır. Chargaff, birçok organizmayı inceleyerek DNA'daki baz dizisinin türden türe farklı olduğunu, aynı türdeki canlıların değişik dokularından elde edilen DNA'ların ise aynı baz bileşimine sahip olduğunu açıklamıştır.

Görsel 1.9: ***a.*** *Maurice Wilkins (Moris Vilkins)* ***b.*** *Rosalind Franklin (Rosalin Firenklin)* ***c.*** *DNA'nın X ışını kırınımı*

DNA'nın yapısını çözmek isteyen Rosalind Franklin ve Maurice Wilkins 1951'de X ışınları ile DNA'nın kırınımlı yapı fotoğrafını elde ettiler (Görsel 1.9). Fotoğraf, DNA molekülünün ikili sarmal yapıda olabileceğini gösteriyordu. Ancak Franklin, DNA molekülünün ikili sarmal yapıda olabileceği fikrine sıcak bakmadı. Aynı zaman diliminde James Watson (Ceymıs Vatsın) ile Francis Crick (Fransis Kırik), DNA'nın yapısını araştırmaya başladılar (Görsel 1.10). Wilkins, DNA'nın X ışını kırınımlı fotoğrafını Watson ve Crick ekibine gösterdi. Daha sonra Watson ve Crick, DNA'nın ikili sarmal yapıda olduğunu ortaya koydular. Watson ve Crick, bu fotoğraftan yararlanarak DNA'yı oluşturan fosfat, şeker, adenin (A), timin (T), sitozin (C) ve guanin (G) moleküllerinin ölçekli modelleri ile ikili sarmal şekli elde etmeye çalıştılar. Ölçekli modeller ve X ışınlarıyla elde edilen fotoğrafın uyumlu olacağı yapıyı araştırdılar. DNA'da adenin ve timin molekülleri aynı sayıda ise bunlar karşı karşıya ve birbirine bağlı olmalıydı. Aynı şekilde, sitozin ve guanin molekülleri de eşit sayıda ve karşılıklı birbirine bağlı olmalıydı. Böylece, DNA'nın yapısı şekillendi. Elde edilen bu sonuçlarla dünyanın en önemli buluşlarından biri yapılmıştı. Hücre bölünürken DNA bir "fermuar" gibi bir uçtan açılıyordu. DNA'nın bir yarısındaki adenin moleküllerinin karşısına timin molekülleri, diğer yarısında ise timin moleküllerinin karşısına adenin molekülleri geliyor olmalıydı. DNA'daki sıralama AGCCCTTTG... ise bunun karşısına her bölünmede TCGGGAAAC... gelecek ve şifre nesiller boyu aynı kalacaktı. İkili sarmal yapı, genetik şifrenin sürekliliğini sağlıyordu.

Görsel 1.10: *Watson ve Crick*

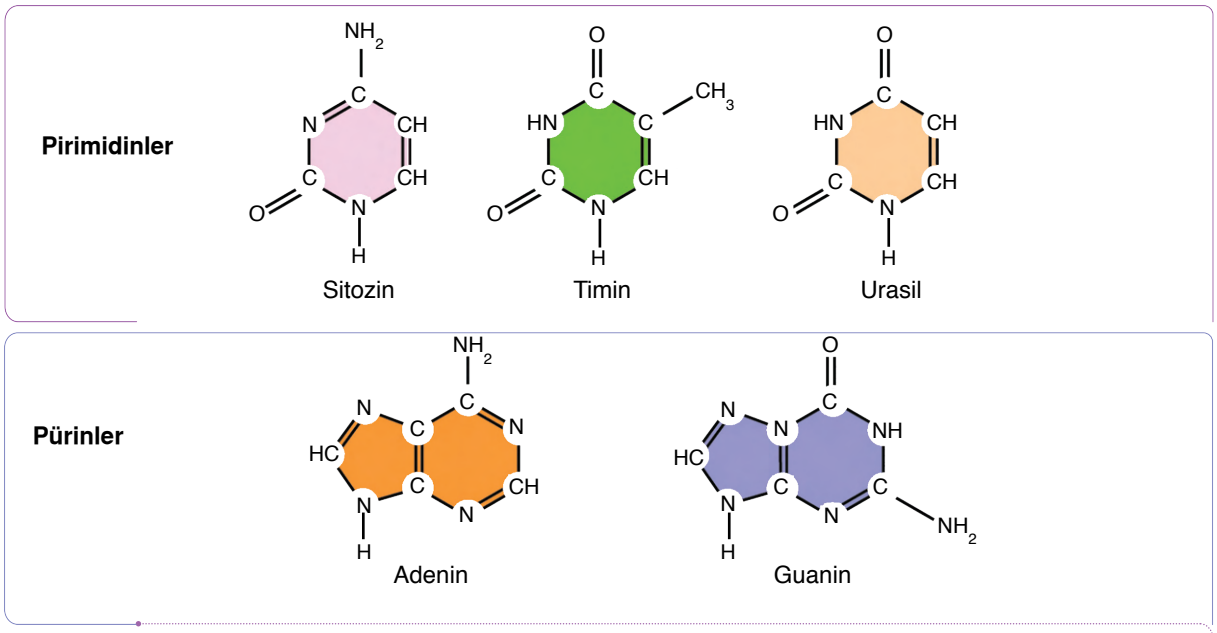
1.1.2. Nükleik Asitlerin Çeşitleri ve Görevleri

Bugünkü bilgilerimize göre nükleik asitler bütün canlılarda bulunan organik moleküller olup **deoksiribonükleik asit (DNA)** ve **ribonükleik asit** (**RNA)** olmak üzere iki çeşittir. Nükleik asitler **nükleotit** denilen birimlerden oluşur. Canlıların kendilerine özgü özelliklerini DNA belirlerken RNA da protein sentezinde görev alarak hücredeki yaşamsal olayların denetiminde DNA molekülüne yardımcı olur.

Nükleik asitler C, H, O, N ve P atomlarından oluşan karmaşık yapılı büyük organik moleküllerdir. Nükleik asitler; azotlu organik baz, beş karbonlu bir şeker ve fosfat grubundan oluşur. Azotlu organik bazlar; adenin (A), guanin (G), sitozin (C), timin (T) ve (U)'dir. Adenin ve guanin çift halkalı **pürin** bazları, sitozin timin ve urasil ise tek halkalı **pirimidin** bazlarıdır.

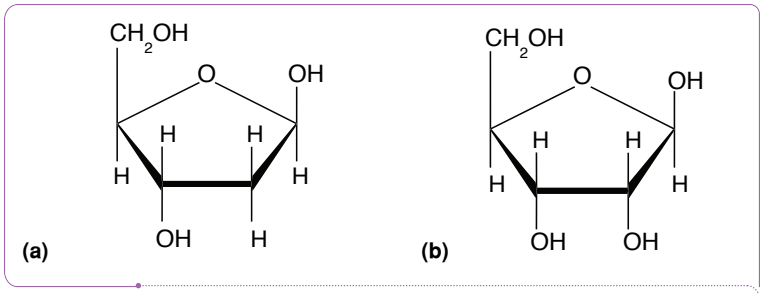
Biliyor musunuz?

Toplam sekiz çeşit nükleotit vardır. DNA'da; adenin deoksiribonükleotit, guanin deoksiribonükleotit, sitozin deoksiribonükleotit ve timin deoksiribonükleotittir. RNA'da ise adenin ribonükleotit, guanin ribonükleotit, sitozin ribonükleotit ve urasil ribonükleotittir.



Görsel 1.11: Pirimidin ve pürin bazları

Nükleotidin yapısında DNA'ya özgü deoksiriboz veya RNA'ya özgü riboz şekeri bulunur (Görsel 1.12). Riboz halkasından bir oksijenin eksilmesiyle deoksiriboz şekeri oluşur. İki şeker arasındaki tek fark budur.



Görsel 1.12: ***a.*** *Deoksiriboz şekeri,* ***b.*** *Riboz şekeri*

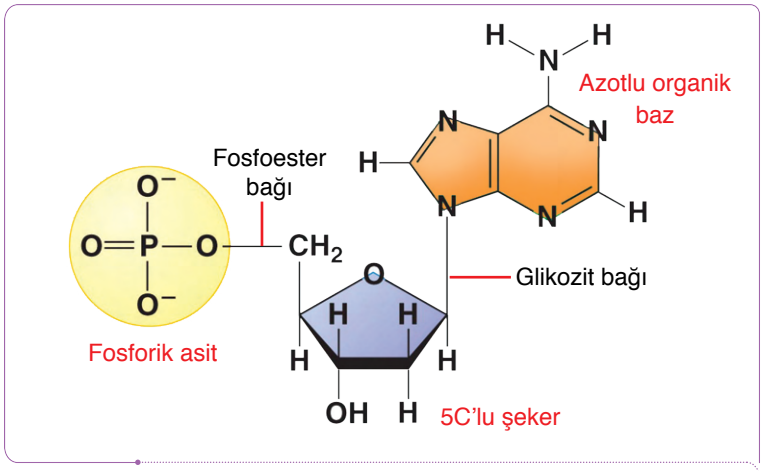
Yönetici olan nükleik asitler tüm canlılarda ve virüslerde protein sentezi gibi olayların yönetimini sağlar. Protein sentezi ile canlı sistemlerdeki metabolik faaliyetler genler ile kontrol edilerek hücrenin yönetimi sağlanır. Ayrıca nükleik asitler genetik özelliklerin aktarımında da görev alır.

A. Deoksiribonükleik Asit (DNA)

DNA'nın yapısı ve kendini eşlemesine açıklık getiren Watson ve Crick'in geliştirdiği model, hâlâ geçerliliğini korumaktadır. Bu modele göre DNA, iki zincirden oluşan çift sarmal yapıdadır. DNA, prokaryot hücrelerde sitoplazmada; ökaryot hücrelerde ise çekirdekte, mitokondride ve kloroplastta yer alır. Her bir zincir, nükleotit adı verilen birimlerden meydana gelir. DNA ökaryot hücrelerde doğrusal, prokaryot hücrelerde halkasal yapıdadır.

Nükleik asitlerin yapı birimine **nükleotit** denir.

Azotlu organik baz ve beş karbonlu şeker glikozit bağ (glozidik bağı) ile bağlanarak **nükleozit** adı verilen molekülü oluşturur. Nükleozitin fosfat grubuna fosfoester bağıyla bağlanmasıyla da nükleotit oluşur. Nükleotitler birbirine fosfodiester bağı ile bağlanarak nükleik asit zincirini oluşturur (Görsel 1.13).



Görsel 1.13: Nükleotidin yapısı

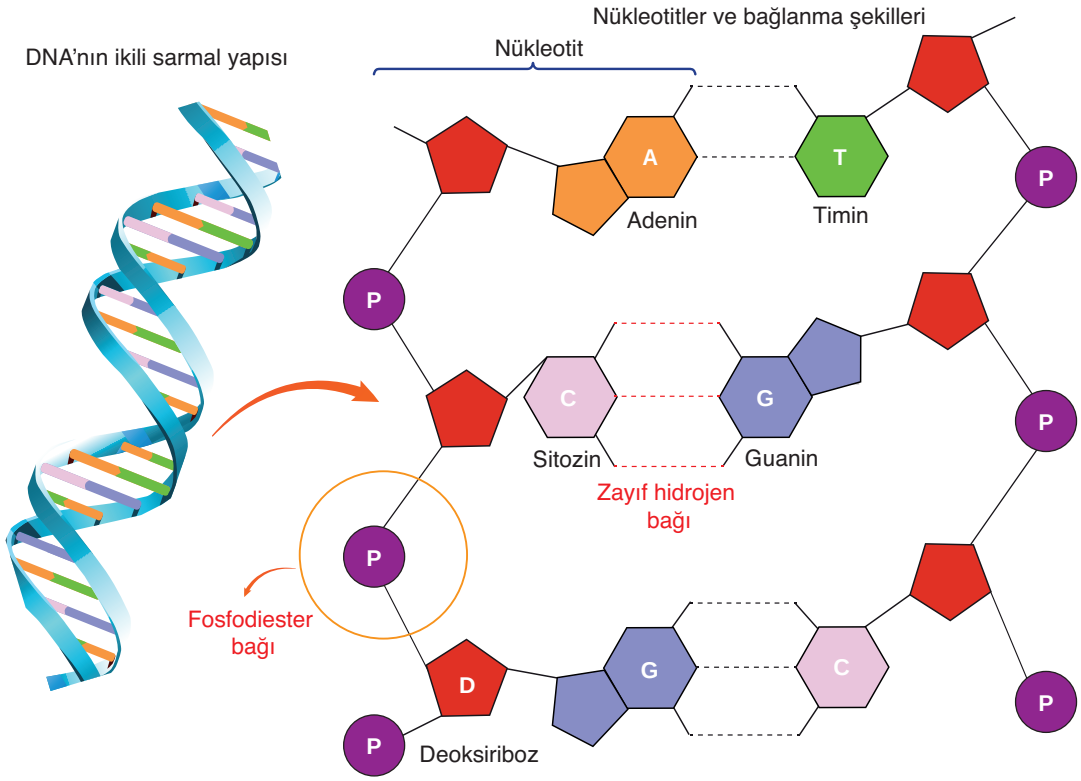
Araştıralım

Nükleik asitlerin görevlerini nasıl yaptıklarına dair çalışmalarda neden mikroorganizmaların kullanıldıklarını araştırınız. Elde ettiğiniz bilgileri daha sonra sınıf ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız.

DNA'nın yapı birimlerine **deoksiribonükleotit** denir. Buna göre DNA, binlerce deoksiribonükleotidin dehidrasyon sentezi ile bir araya gelmesinden oluşan polimerlerdir.

DNA molekülü çift iplikten oluşur. DNA molekülünü oluşturan iplikteki deoksiriboz şekerleri birbirlerine antiparalel şekilde konumlanmıştır. DNA'nın iki ipliğindeki deoksiriboz şekerinin beşinci karbonuna fosfat grubu bağlı iken aynı ipliğin diğer ucundaki şekerin üçüncü karbonuna hidroksil grubu bağlıdır. Bu ipliğin karşısındaki

diğer ipliğin uçları birincil iplikle zıt yönlüdür. Birbirine zıt uzanan bu zincirler birbirinin tamamlayıcısıdır (Görsel 1.14).



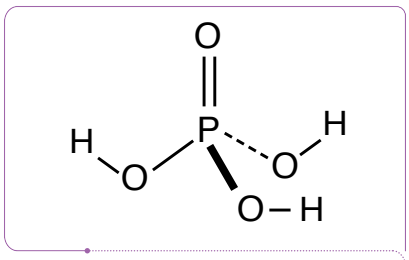
Görsel 1.14: DNA'nın yapısı

Bir nükleotidin yapısında azotlu organik baz, beş karbonlu şeker (deoksiriboz) ve fosfat grubu bulunur (Tablo 1.1).

DNA molekülü çift zincirli sarmal bir yapı şeklinde olup zincirde fosfodiester bağıyla bağlı şeker ve fosfattan oluşan omurga sarmalın dışında kalır. Azotlu organik bazlar ise sarmalın iç kısmında yer alır. Bu zincirler karşılıklı azotlu bazların arasındaki zayıf hidrojen bağlarıyla bir arada tutulur. Adenin timinle; guanin ise sitozinle eşleşir. Adenin ile timin arasında ikili zayıf hidrojen bağı bulunurken guaninle sitozin arasında üçlü zayıf hidrojen bağı bulunur.

DEOKSİRİBONÜKLEOTİTLERİN YAPISI		
Azotlu Organik Baz	**5C'lu Şeker**	**Fosfat Grubu**
Pürinler [Adenin (A)-Guanin (G)] **Pirimidinler** [Sitozin (C)-Timin (T)]	Deoksiriboz ($C_5H_{10}O_4$)	Fosforik Asit (H_3PO_4)

Tablo 1.1: DNA'nın yapı birimleri



Görsel 1.15: Fosfat grubu, tüm nükleotitlerde aynı şekilde bulunur.

DNA molekülünde adenin sayısı timin sayısına (A = T), guanin sayısı da sitozin sayısına (G = C) eşit olduğundan pürin sayısı, pirimidin sayısına eşittir. Yani A + G = T + C'dir. Böylece bir zincirdeki baz dizilimi diğerinin tamamlayıcısıdır.

$\frac{A+G}{C+T}$ oranı tüm canlılarda 1'e, $\frac{A+T}{G+C}$ oranı ise bir türün bireyleri için hemen hemen sabit bir değere eşittir. DNA'daki çif sarmalın dayanıklığı hidrojen bağları ile sağlanır. $\frac{G+C}{A+T}$ oranı fazla olan DNA'nın iki ipliğini birbirinden ayırmak için gerekli olan ısı miktarı daha yüksek olur.

Fosfat grubu, nükleotitlerin tümünde bulunan ortak moleküldür. Fosforik asit, kompleks moleküllerin yapısına girdiği zaman fosfat grubu adını alır (Görsel 1.15).

DNA, canlıya ait kalıtsal karakterlerle ilgili şifreleri taşır ve hücre bölünmesi ile kopyasını oluşturarak bu şifrelerin gelecek nesillere geçişini sağlar. Ayrıca hücrede solunum, sindirim, protein sentezi, madde taşınımı vb. yaşamsal faaliyetleri yönetir. Aşağıdaki etkinliği yaparak DNA'nızı elde edebilirsiniz.

Etkinlik

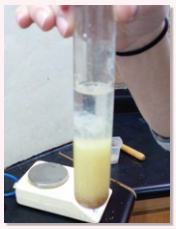
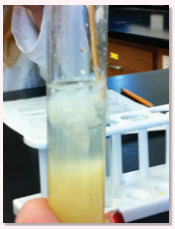
DNA İzolasyonu

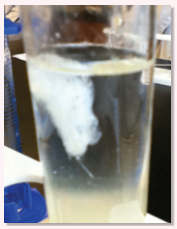
Amaç

Kendinize ait bir dokunun hücrelerinden DNA'yı izole edip gözlemleyebilmek

Araç ve Gereçler

- Kaynamış içme suyu
- Sıvı bulaşık deterjanı (DNA'nın etrafını saran zarların çözülmesi ve DNA zincirinin açığa çıkması için gereklidir.)
- Sofra tuzu
- Gıda boyası (Mavi, siyah, yeşil gibi koyu tonlar seçilebilir.)
- %70 izopropil alkol
- Doku örneği
- Saat
- Kürdan (ya da pipet)



Uygulama Basamakları

- Doku alma işlemi: 500 mL suyun içine yaklaşık 15 gr tuz ekleyiniz ve bunları iyice karıştırıp çözelti hâline getiriniz. Hazırladığınız çözeltinin yaklaşık 45 mL'sini temiz bir kaba ayırınız. Ayırdığınız 45 mL çözelti ile 1 dakika boyunca gargara yapınız ve ağzınızdaki çözeltiyi boş bir kaba boşaltınız. Böylece kendinize ait doku örneğini elde etmiş oldunuz.

- Doku örneğinin içine bir damla bulaşık deterjanı ekleyip yavaşça karıştırınız. Bulaşık deterjanı, hücredeki fosfolipit membranları uzaklaştırıp DNA zincirini açığa çıkartmak için gereklidir.
- Karışıma 3 damla gıda boyası ekleyip karıştırınız. Başka bir kaba 100 mL %70'lik izopropil alkol ekleyiniz. Hazırladığınız boyalı çözeltinin bir miktarını alkole, üzerinde katman oluşturacak kadar yavaşça ekleyiniz. Bu karışımı, şekil alması için iki üç dakika bekletiniz. Karışımın alkole ilave edilmesi, DNA'nın sıvı karışımdan ayrılmasını sağlayacaktır. Bekleme sonrasında bir pipet ya da kürdanı karışım içinde dairesel olarak hareket ettirip DNA'nın çubuğa sarılmasını sağlayınız ve çubuğu hafifçe yukarı kaldırıp gözlemleyiniz. Daha sonra çubuktaki ipliksi jel örneğini mikroskopta inceleyiniz.

Sonuç

- Gördüğünüz, size ait DNA zincirlerin bulunduğu ipliksi jel kitlesidir.

B. Ribonükleik Asit (RNA)

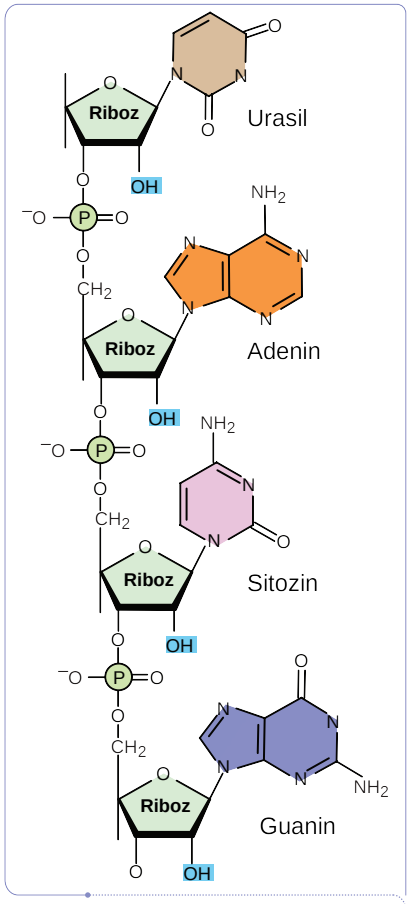
Canlılardaki yaşamsal faaliyetlerin sürdürülmesi için gerekli protein moleküllerinin sentezlenmesinde, metabolizmanın dengede kalabilmesinde ve yeni nesillere genetik bilginin aktarılmasında temel göreve sahip olan DNA, bu faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için ara moleküllere ihtiyaç duymaktadır. DNA, büyük boyutlu olduğundan çekirdekden çıkamaz ve doğrudan görev yapmak yerine, öncelikle sentezlenecek proteinle ilgili şifreleri, mRNA aracılığıyla protein sentezinin gerçekleştiği organel olan ribozoma aktarır.

RNA'nın nükleotitlerine **ribonükleotit** denir. RNA molekülü, ribonükleotitlerin fosfodiester bağı ile birbirine bağlanması sonucu meydana gelen bir nükleik asittir. RNA, prokaryot hücrelerde sitoplazma ve ribozomda, ökaryot hücrelerde ise çekirdek, sitoplazma ve bazı organellerde bulunur. RNA, tek zincirden oluşur ve kendini eşleyemez. Bütün RNA çeşitleri DNA'da bulunan şifreye göre DNA üzerinden transkripsiyon reaksiyonu ile RNA polimeraz enzimi yardımı ile sentezlenir. Yıkımı ise RNaz enzimi ile gerçekleşir. RNA bazı virüslerde yeni nesillere bilgi aktarımını da sağlar. RNA'nın DNA'dan farkı, yapısında deoksiriboz şekeri yerine riboz şekeri bulundurması ve timin bazı yerine urasil (U) bazı yer almasıdır (Tablo 1.2).

Protein sentezinde DNA'ya yardımcı molekül olarak görev yapan RNA; mesajcı RNA (mRNA), taşıyıcı RNA (tRNA) ve ribozomal RNA (rRNA) olmak üzere üç çeşittir. Bu RNA çeşitlerini sırasıyla açıklayalım.

Ribonükleotitlerin Yapısı	
Azotlu Organik Baz	**Pürinler** [Adenin, Guanin] (A) (G) **Pirimidinler** [Sitozin, Urasil] (C) (U)
Beş Karbonlu Şeker	Riboz ($C_5H_{10}O_5$)
Fosfat Grubu	Fosforik asit (H_3PO_4)

Tablo 1.2: RNA'nın yapı birimleri



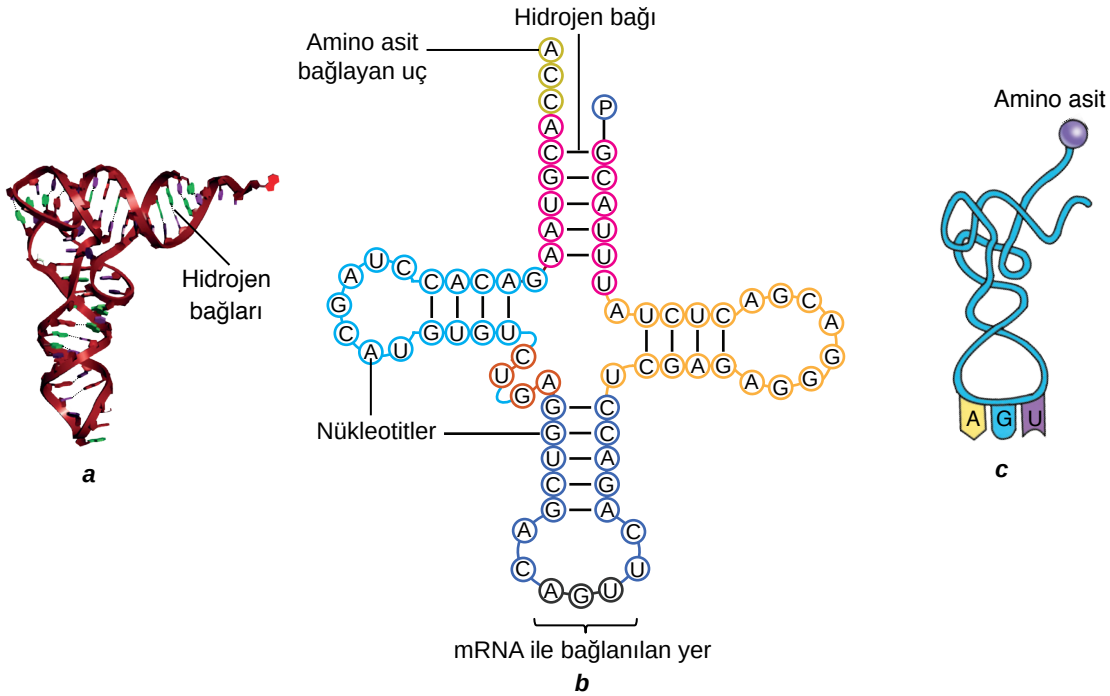
Görsel 1.16: mRNA'nın yapısı

I. Mesajcı RNA (mRNA)

Prokaryot hücrede sitoplazmada, ökaryot hücrede ise çekirdek ve sitoplazmada bulunabilen mRNA'lar (Görsel 1.16), toplam RNA'nın %5'ini oluşturur. Protein sentezinde görevlidir. mRNA, protein sentezi için gerekli genetik bilgiyi DNA'dan alıp ribozoma iletir. mRNA'daki nükleotit dizilimi sentezlenecek proteindeki aminoasitlerin sayısını, sırasını ve çeşidini belirler. mRNA'da üçlü baz dizilimlerinden oluşan kodonlar vardır ve her aminoasit bir kodona karşılıktır. DNA'dan mRNA sentezlenirken adeninin karşısına urasil, timinin karşısına adenin, guaninin karşısına sitozin ve sitozinin karşısına guanin gelir. Örneğin DNA'da bulunan genetik şifre AGT ise bu şifreden sentezlenecek mRNA'daki nükleotit dizilimi, UCA olur.

II. Taşıyıcı RNA (tRNA)

Taşıyıcı RNA, protein sentezinde mRNA'daki şifrelere göre amino asitleri sitoplazmadan ribozoma taşır. tRNA oluşurken dört çeşitli nükleotit, fosfodiester bağlarıyla birbirine bağlanır ve katlanmalar yapabilir. Çekirdekçikten tek zincir hâlinde sentezlenen tRNA, bazı bölgelerinde kendi içinde hidrojen bağları ile birleşmesi sonucu üç boyutlu yapı kazanır (Görsel 1.17). Toplam RNA'nın %15'ini oluşturur.



*Görsel 1.17: tRNA molekülleri: **a.** Üç boyutlu yapı **b.** İki boyutlu yapı **c.** Sembol gösterimi*

tRNA'nın bir ucunda üçlü nükleotit dizisinden oluşan mRNA ile bağ yapan kısım diğer ucunda ise amino asidin bağlandığı bölüm bulunur. Örneğin mRNA'daki UCA nükleotitlerinin karşısına tRNA'da AGU nükleotitleri gelir.

Bir tRNA sadece bir çeşit amino asit taşıyabilir. Doğada 20 çeşit amino asit bulunmaktadır. O hâlde 20 amino asidin her biri için en az bir tRNA görev yapacağından en az 20 çeşit tRNA vardır.

Biliyor musunuz?

Canlılarda 20 çeşit amino asit bulunur. Fakat yapılan çalışmalarda bazı bakterilerde 22 çeşit amino asit tespit edilmiştir.

III. Ribozomal RNA (rRNA)

Ökaryotlarda çekirdekçikte üretilen rRNA'lar, protein sentezinin gerçekleştiği ribozom organelinin yapısında bulunur. rRNA'nın yapısındaki zincir kendi üzerine katlanmalar yapabilir. Bu nedenle yapısında hidrojen bağı bulunabilir. Çekirdekçikte sitoplazmadan gelen proteinlerle birleştirilerek ribozomun yapısını oluşturur. Bir ribozomun yaklaşık %65'i rRNA'dır. Geri kalan kısmı ise protein molekülüdür. Protein sentezinde amino asitler arasındaki peptit bağı ribozomda kurulur. rRNA ribozomda tRNA ile etkileşir. Enzim gibi davranarak amino asitleri birbirine bağlar. rRNA, toplam RNA'nın %80'ini oluşturur.

DNA ve RNA'nın karşılaştırmasını Tablo 1.3'te inceleyiniz.

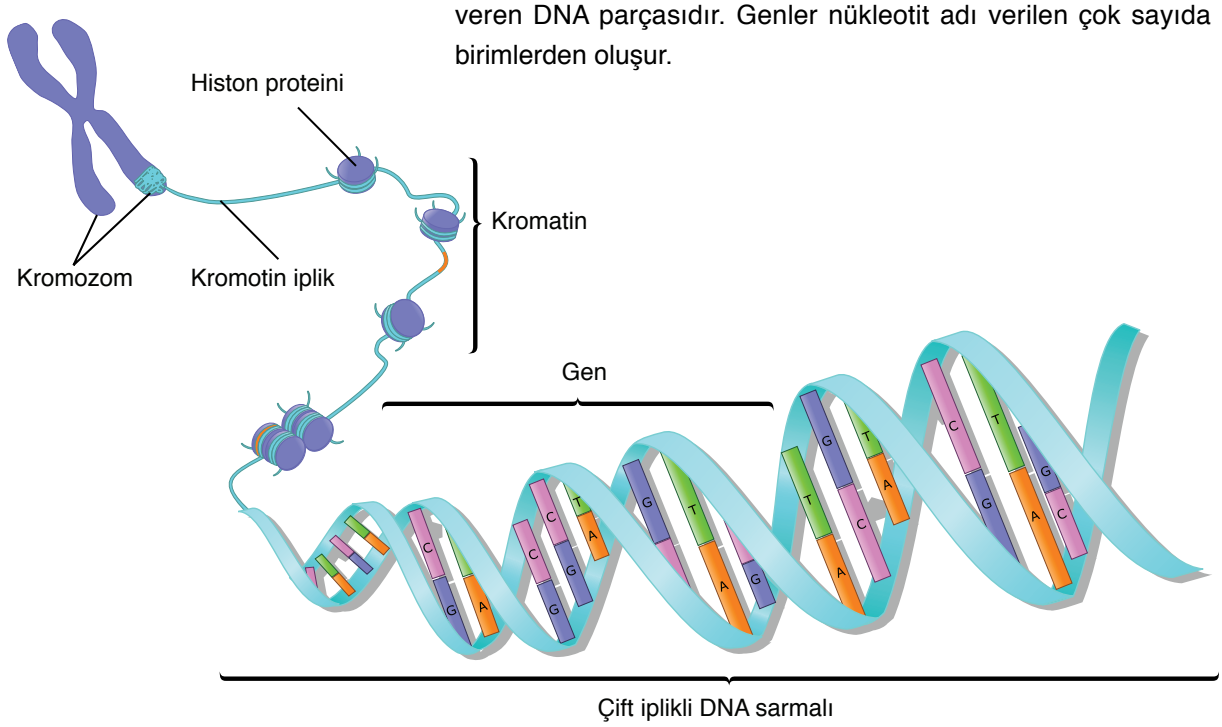
DNA	RNA
İki zincirden oluşur.	Tek zincirden oluşur.
Deoksiriboz şekeri bulundurur.	Riboz şekeri bulundurur.
Kendini eşleyebilir.	Kendini eşleyemez.
DNA polimeraz enzimi ile sentezlenir.	RNA polimeraz enzimi ile DNA molekülü üzerinden transkripsiyonla sentezlenir.
Genetik bilgiyi taşır ve protein sentezinde rol alır.	Protein sentezinde görevlidir. Bazı virüslerde kalıtsal bilginin nesillere aktarılmasını sağlar.
Özel bazı timindir.	Özel bazı urasildir.
A = T, G = C eşitliği vardır.	Böyle bir eşitlik aranmaz.
Prokaryot hücrede sitoplazmada bulunur.	Prokaryot hücrede sitoplazmada ve ribozomda bulunur.
Ökaryot hücrede çekirdek, mitokondri ve kloroplastta bulunur.	Ökaryot hücrede sitoplazma, çekirdek, mitokondri, kloroplast ve ribozomda bulunur.

Tablo 1.3: DNA ve RNA arasındaki farklılıklar

1.1.3. Hücredeki Genetik Materyalin Organizasyonu

DNA, hücrenin kalıtım ve yönetim molekülüdür. Ökaryot hücrelerde, her bir kromozom ayrı bir DNA molekülü bulundurur, prokaryot hücrelerde ise tek bir kromozom bulunur ve tüm DNA içeriği bu kromozomda yer alır. DNA molekülü, **histon** adı verilen proteinlere sarılarak **kromatin** iplik yapısını oluşturur. Kromatin doğrusal bir yapıya sahiptir. Hücre bölünme evresinde olmadığı zamanlar kromatin, çekirdekte ince, uzun ve ağ şeklinde bulunur. Bu yapıya **kromatin ağı** da denir. Ancak her kromatin ipliğinin çekirdek içinde belirgin bir yeri vardır. Bölünmeye hazırlanma aşamasında DNA molekülü kendini eşler. Hücre bölünürken kromatin iplikler kısalıp kalınlaşarak kromozomları oluşturur (Görsel 1.18). DNA molekülü kendini eşlediği için bir kromozom, birbirinin kopyası iki kromatit içerir.

Bir türe ait tüm sağlıklı bireylerin kromozom sayısı aynıdır. Örneğin sağlıklı her insanda 46 kromozom bulunur. Bunun yanı sıra tavukta 78, eğrelti otunda 500, köpekte 78, kurtbağrı bitkisinde 46 kromozom bulunur. Görüldüğü gibi farklı türlerin kromozom sayıları aynı olabilir. Kromozom sayıları aynı olan bu canlılar, kalıtsal olarak birbirinden farklıdır. Bu kalıtsal farklılığın oluşmasını sağlayan, kromozomlarında yer alan genlerin birbirinden farklı olmasıdır. **Gen,** belirli bir özelliği ifade eden, çeşitli proteinleri kodlayan ve bir karakterin oluşumunda görev yapan, anlamlı şifreler veren DNA parçasıdır. Genler nükleotit adı verilen çok sayıda birimlerden oluşur.



Görsel 1.18: Genetik materyalin organizasyonu

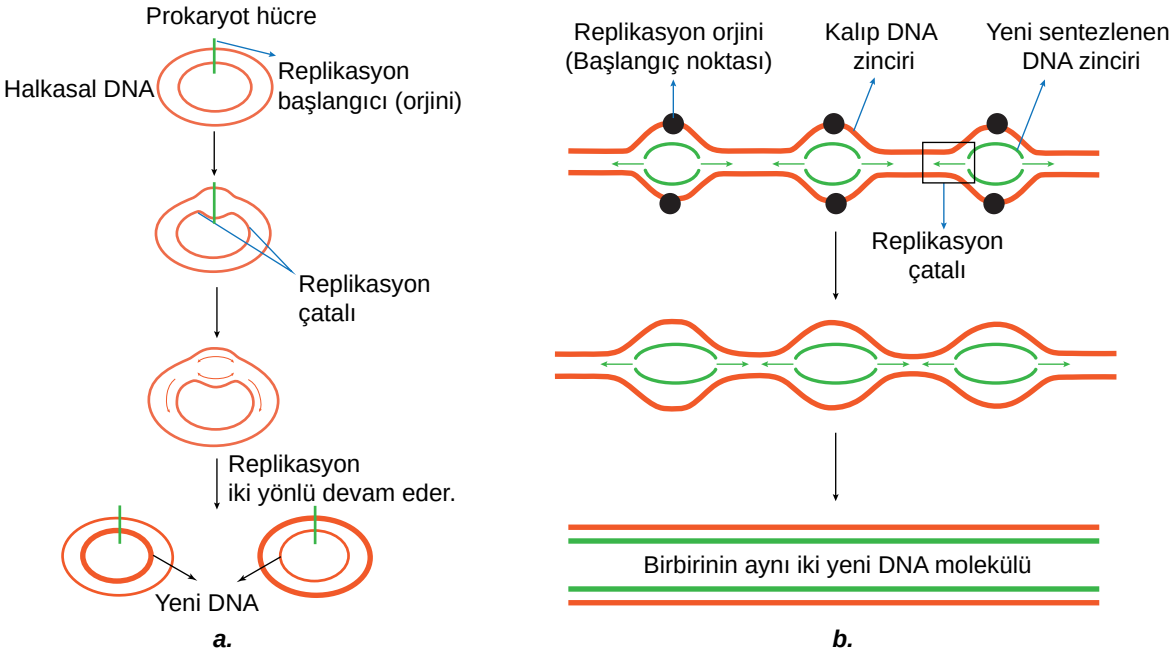
1.1.4. DNA'nın Replikasyonu (DNA'nın Eşlenmesi)

DNA molekülünün yapısını ve önemini incelediğimiz bu ünitede, DNA'nın hücrede hayatsal olaylarını yönettiğini ve genetik bilgiyi nesilden nesile aktardığını öğrendik.

İşte DNA'nın genetik bilgiyi hücrelere ve nesillere aktarımı, hücrenin bölüneceği zaman kendini eşlemesiyle olur. Bu eşlenmeye **replikasyon** denir. DNA'nın hem miktarı hem de özelliği, ata hücreden meydana gelen yeni hücrelere bu şekilde aktarılır. Replikasyon, tüm DNA'larda **replikasyon orijini** denilen başlangıç noktasından başlar. Prokaryotlardaki DNA polimaraz enzimi ökaryotlardaki DNA polimeraz enziminden daha hızlı nükleotit dizmektedir (Görsel 1.19).

Bilgi Kutusu

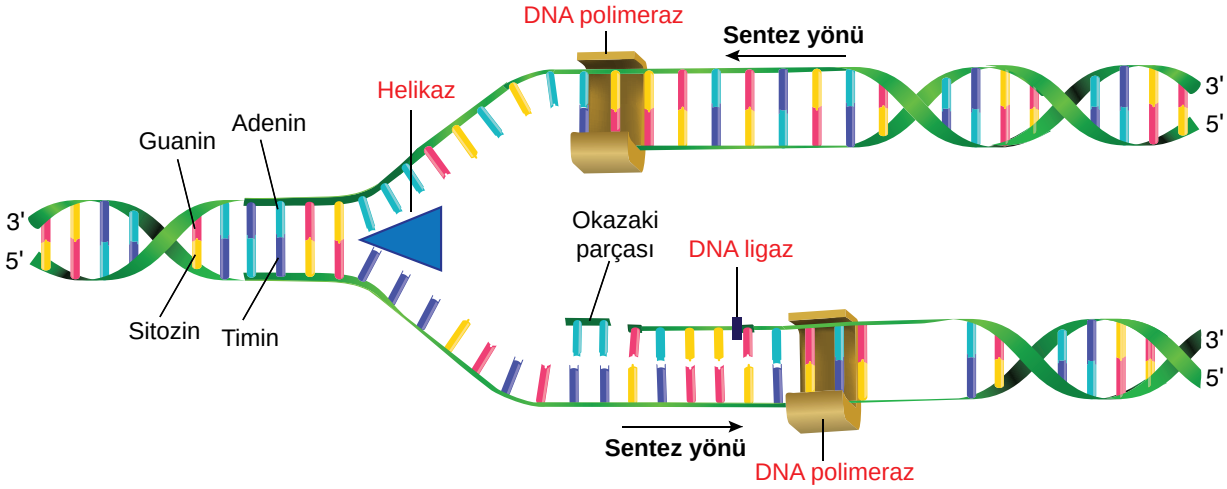
Prokaryot hücrelerde DNA halkasal olduğundan replikasyonunun başlangıç noktası (replikasyon orijini) bir noktadan başlayıp iki yönde ilerler ve DNA tamamen kopyalanıncaya kadar sürer. Ökaryot hücrelerde ise DNA'lar doğrusaldır. Ökaryotlardaki DNA molekülleri çok uzun olduğundan ve DNA polimerazların nükleotit ekleme hızının prokaryot hücrelerdekinden daha yavaş olduğundan ökaryot hücrelerde fazla sayıda replikasyon orjini oluşur. Bu nedenle, DNA'nın replikasyonunu kısa zamanda gerçekleşir.



*Görsel 1.19: **a.** Prokaryot hücrelerde replikasyon orijini ve replikasyon çatalı, **b.** Ökaryot hücrelerde replikasyon orijini ve replikasyon çatalı*

DNA molekülünün ikili sarmal ipliklerini birbirine bağlayan zayıf hidrojen bağlarının bir fermuar gibi çalıştığını düşünebiliriz. **Helikaz enzimi** ile DNA zincirinin karşılıklı iki ipliğini bir arada tutan hidrojen bağları yıkılır. Bu olay sırasında ATP harcanır. DNA'nın yıkımında ise DNaz enzimi görev yapar. Eğer molekülün bir ucundan başlarsak teker teker her pürini, pirimidin

eşinden fermuar açar gibi ayırabiliriz. Bu açılma, her iki zincirde eşlerinden ayrılan pürin ve pirimidinin uçlarını açıkta bırakır. Böylece ayrılan iplikler kalıp hâline gelir. Bu ayrılma sırasında helikaz etkisi ile DNA üzerinde bir çok **replikasyon çatalı** denilen bir bölge oluşur (Görsel 1.20).



Görsel 1.20: DNA'nın replikasyonu

1956'da *Escherichia coli* (Eşeriya koli) bakterisinde tanımlanmış **DNA polimeraz enzimi**nin, DNA ipliklerinin karşısına doğru nükleotitleri getirerek yeni iplikleri sentezleme yeteneğine sahip olduğu anlaşıldı. DNA'nın iki ipliği birbirine antiparalel uzandığından, DNA polimeraz enzimi kalıp DNA zincirine uygun nükleotitleri ekler. Böylece zincirlerden biri, 5' ucundan 3' ucuna doğru kesintisiz olarak sentezlenir. Diğer yeni zincir 5' 3' yönünde sentezleneceği için replikasyonun yönü replikasyon çatalından uzaklaşacak şekilde olur. Bu yönde sentezlenecek zincir kesintili olarak sentezlenir. Bu nedenle kesintili sentezlenen iplikteki parçalar (Okazaki parçaları) fosfodiester bağları ile **DNA ligaz** enzimi tarafından birleştirilir. Bu esnada ATP harcanır. Eşlenme için DNA'nın her bir ipliği, yeni iplikler için kalıptır. İkili sarmal dizinin sonuna ulaşıldığında DNA'nın iki ipliği ayrılmış olur. Ayrılan zincirlerin her biri, kaybettiği nükleotit eşinin yerine yeni bir ikili zincir oluşturur. DNA polimeraz DNA ipliğinde oluşan hataların onarılmasında da görev yapar.

DNA'nın kendini yarı korunumlu olarak eşler. DNA'nın her bir ipliği kalıp görevi yaparak yeni bir DNA ipliği oluşturmasına **yarı korunumlu eşlenme (semikonservatif)** denir. Bu eşlenme modeline göre oluşan DNA molekülleri DNA'nın ana zincirinden birini taşır.

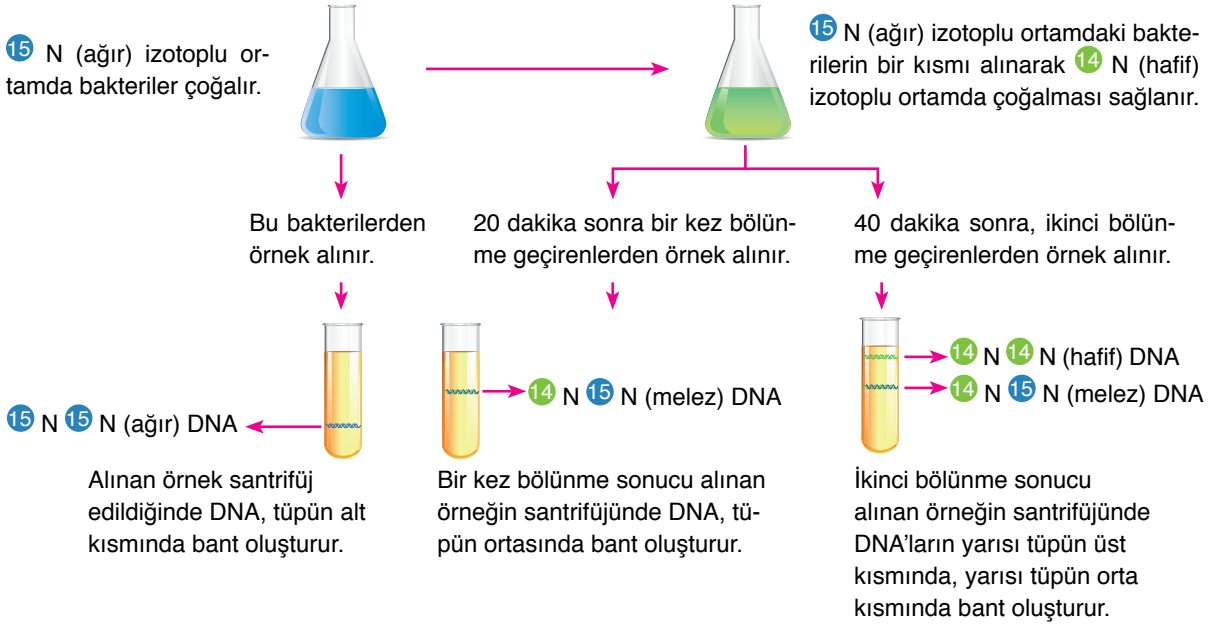
- Azotun ^{14}N izotopunu içeren normal DNA, ^{15}N izotopunu içeren ağır DNA'dır.
- Ağır DNA'ya sahip bakteriler ^{14}N içeren ortama konulur ve bu ortamda üremeleri sağlanır.

Bilgi Kutusu

DNA polimeraz enziminin aktivitesi için Mg elementi gereklidir.

Biliyor musunuz?

DNA'nın eşlenmesi işleminin parçalı olarak gerçekleştiğini, 1968 yılında Reiji Okazaki (Reji Okazaki) ve Tsuneko Okazaki (Tısuneko Okazaki) bulmuştur. Buldukları parçalı yapılara "Okazaki parçaları" adını vermişlerdir.



Görsel 1.21: DNA'nın kendini yarı korunumlu eşlemesi

- Bu bakterilerin ilk bölündüğünde elde edilen DNA'lar, %100 melezdir (20. dk.). Çünkü DNA molekülünün ^{15}N taşıyan iki zinciri açılır ve karşısına ortamdaki ^{14}N nükleotitlerden oluşan yeni zincir oluşturulur. Böylece DNA'nın bir zinciri ^{15}N diğeri ^{14}N olur.
- Melez DNA'lı bakteriler ^{14}N ortamda bir kez daha bölündüğünde oluşan bakterilerin %50'si ^{14}N, %50'si melez DNA'ya sahiptir [(40 dk) (Görsel 1.21)].

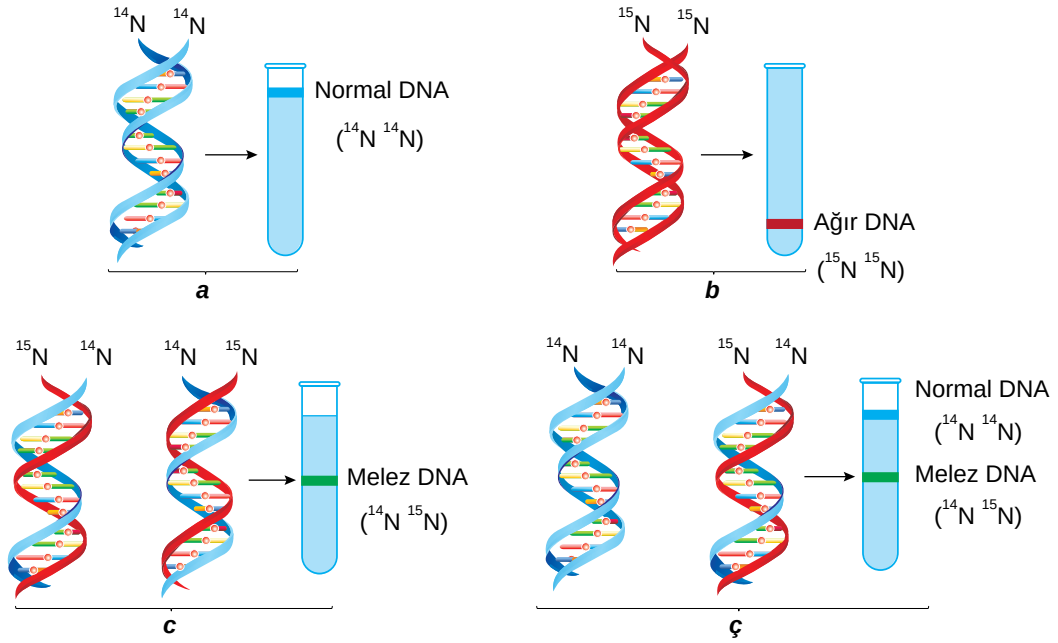
DNA'nın eşlenme mekanizmasını açıklamaya çalışan hipotezler arasında, yarı korunumlu eşlenme modeli de vardır. Bu modeli Amerikalı bilim insanları Matthew Meselson (Metyu Meselsın) ve Franklin V. Stahl'ın (Fıranklin V. Sıtal) 1958'de yaptıkları çalışmalar ile açıkladılar. Bu araştırmacılar, bakterilerin gelişme ortamlarına azotun izotopunu ekleyerek deneylerini yaptılar.

Bakteriler gerek normal azot (^{14}N) gerekse ağır azot (^{15}N) kapsayan ortamlarda üretilebilir. Eğer bakterilerin azot kaynağı sadece azot iyonları ise bu azot, yapısında azot bulunan moleküllere, özellikle de DNA bazlarına geçecektir. Ağır azotlu ortamda (^{15}N) üreyen bakterilerden elde edilen DNA'nın yoğunluğu, normal azotlu ortamda (^{14}N) üremiş bakterilerden elde edilen DNA'nın yoğunluğundan fazla olacaktır. Bu yoğunluk farkı, iki tip DNA'yı santrifüjde ayırmayı mümkün kılar. Ağır azotlu (^{15}N) DNA'nın

Bilgi Kutusu

İzotop, atom veya proton numaraları aynı, kütle numaraları farklı elementlere denir. ^{14}N ve ^{15}N birbirinin izotopudur.

çökelme (sedimantasyon) hızı normal azotlu DNA'nınkine göre daha fazladır. Bir dizisinde ^{15}N, diğer dizisinde ^{14}N bulunduran DNA moleküllerinin çökelme durumu ise Görsel 1.22'deki gibi olacaktır.



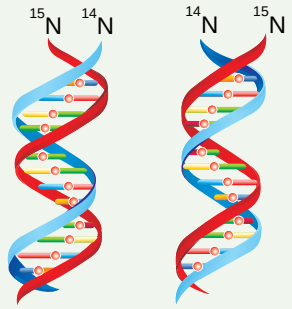
Görsel 1.22: *DNA'nın santrifüj edilerek çökelme durumlarının incelenmesi:* ***a.*** *Normal DNA* ***b.*** *Ağır DNA* ***c.*** *Melez DNA'lar* ***ç.*** *Normal ve melez DNA'lar*

Bilgi Kutusu

Örnek: Normal azotlu (^{14}N) DNA içeren bir bakteri ağır azot (^{15}N) içeren ortamda eşlenmeye bırakılıyor.

Meydana gelen bakterilerde melezlik oranı nedir?

Cevap: ^{14}N iplikleri ^{15}N ortamında bir kere eşlenir ise %100 melez olur.



%100 melez

Meselson ve Stahl, *Escherichia coli* bakterilerini ağır azotlu (^{15}N) bir ortamda, DNA'ları ağır azot (^{15}N) kapsayıncaya kadar birçok nesil ürettiler. Bundan sonra, bu bakterilerin bir kısmını alarak yalnız normal azot bulunan bir ortamda, her bakteri bir defa bölününceye kadar bıraktılar. Çoğalma sonunda bakteri sayısı ve dolayısıyla toplam DNA miktarı iki katına çıktı. Eğer DNA'lar gerçekten yarı korunumlu eşlenmekteyse bakteriler %100 melez DNA'lı yani eşit oranda ^{14}N ve ^{15}N içeren DNA'lara sahip olmalıdır. Bilim insanları bu duruma açıklık getirebilmek için santrifüjleme işleminden faydalanmışlardır. Santrifüjleme sonucunda ayrıştırılan DNA'ların deney tüpünün ortasında bantlaşma yaptığını görmüşlerdir.

Aynı ortamda bakteriler iki kez bölünecek şekilde bırakıldığında ise santrifüjleme işlemi sonunda DNA'ların %50'si deney tüpünün ortasında bantlaşma yaparken %50'si de deney tüpünün üstünde bantlaşma yapmıştır. Böylece bu iki bilim insanı, DNA eşlenirken bir zincirin kalıp olarak kaldığını, diğer zincirin ise ortamdaki nükleotitlerden yeniden yapıldığını göstermiştir.

Okuma Metni

NOBEL ÖDÜLÜ'NE UZANAN BİR AZİM VE KARARLILIK ÖYKÜSÜ

AZİZ SANCAR

Aziz Sancar 1946'da Mardin'in Savur kasabasında, çiftçilikle uğraşan orta gelirli bir ailenin yedinci çocuğu olarak dünyaya geldi. İlk ve ortaöğrenimini, Savur'da tamamladı. Liseyi ise Mardin'de okudu. Daha sonra İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesinden birincilikle mezun oldu. TÜBİTAK bursuyla gittiği ABD'de birkaç yıl biyokimya eğitimi aldı fakat bazı nedenlerle yurda döndü ve memleketi olan Savur'da bir süre hekimlik yaptı. Ancak gönlü hâlâ bilimsel çalışmalarda olan Aziz Sancar, tekrar ABD'ye giderek Dallas'taki Teksas Üniversitesinde moleküler biyoloji alanında doktora eğitimine başladı. Doktora sonrası araştırmalarına Yale Üniversitesinde devam eden Aziz Sancar burada çok önemli buluşlar yaptı. Bu başarılarından dolayı da ABD'deki Chapel Hill North Carolina (Şapıl Hıl Nort Kerolayna) Üniversitesinden teklif aldı. Çalışmalarına orada da aynı hızla ve özenle devam etti, yine önemli buluşlara imza attı. Yaklaşık kırk yıllık araştırma kariyeri boyunca pek çok ödül alan Aziz Sancar, sonunda DNA onarım mekanizmaları konusunda yaptığı buluşlarla 2015 Nobel Kimya Ödülü'ne layık görüldü.

Aziz Sancar'ın Bilime Önemli Katkıları

- Aziz Sancar, bakteri hücresi içindeki kromozomun ultraviyole (UV) ışınlarının etkisiyle yok edilip plazmidin sağlam ve tek başına hücre içinde bırakıldığı Maxicell (Maksisel) yöntemini geliştirdi.
- Aziz Sancar, Teksas Üniversitesindeki doktora çalışması sırasında, bakterilerde UV (morötesi) ışımadan hasar görmüş DNA'yı onaran, fotoliyaz enzimini kodlayan geni klonlamayı yani genomdan ayrı olarak elde etmeyi ve ayrıca bakterinin bu enzimi fazladan üretmesini sağlamayı başardı.
- Çalışmasına önce bakterilerle başlayan Sancar, bu enzimin bakteri DNA'sındaki hasarlı nükleotitleri çıkarırken onların çevresindeki 12 nükleotidi de kesip attığını keşfetti.
- Sancar ve asistanı, transkripsiyona bağlı DNA onarımına başlayan enzimi saflaştırıp bunun mekanizmasını çözerek tüm mekanizmayı tek bir makalede açıkladı.
- Moleküler ara bulucu proteinler, DNA'ya bağlanacak proteinin üç boyutlu yapısında değişiklik yaparak yarı korunumlu bir DNA-protein kompleksinin oluşmasını sağladı.

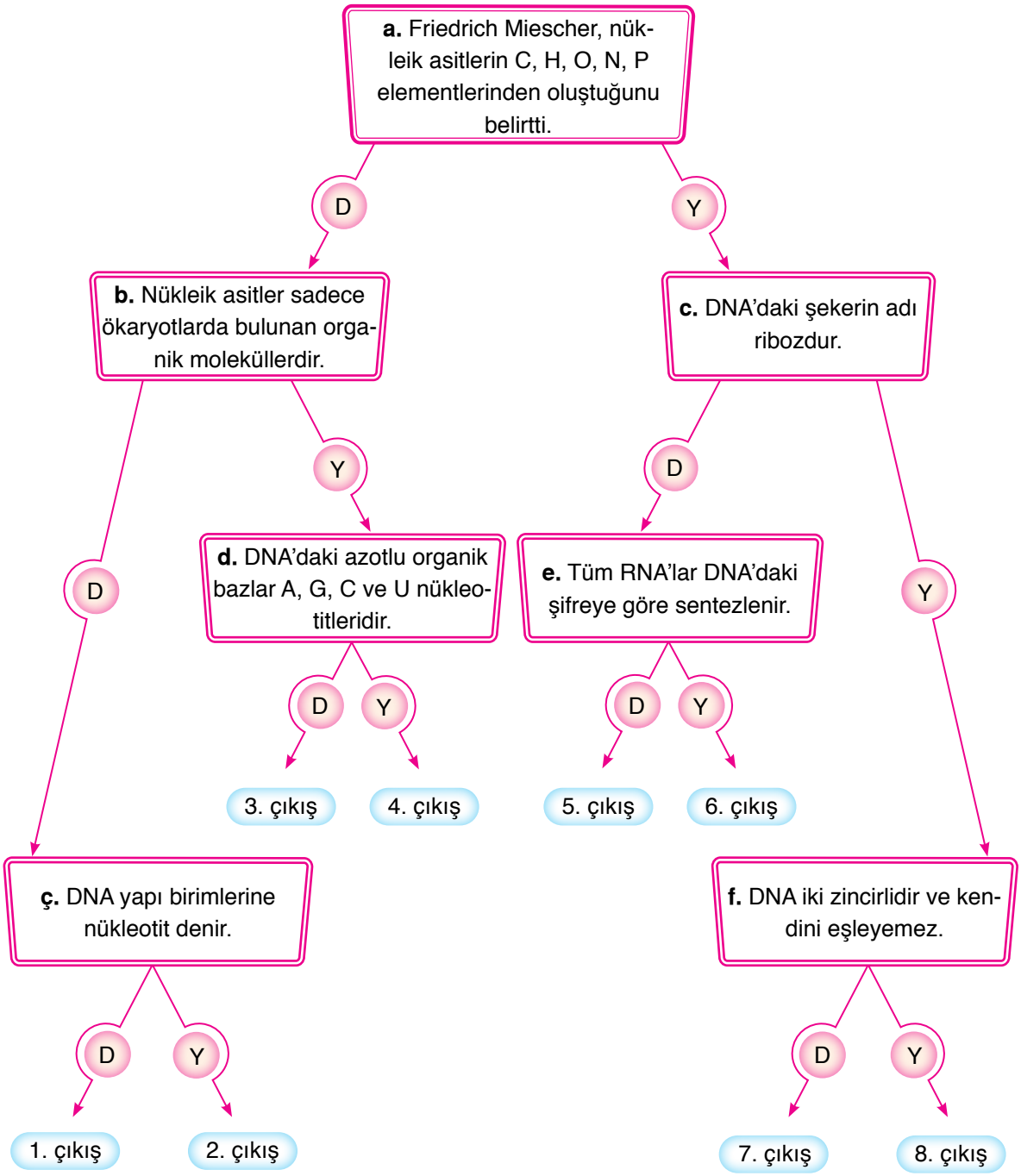
Aziz Sancar bilimsel çalışmalarının yanında, eşi Prof. Gwen (Givın) Sancar ile birlikte Türk Öğrenci Evi ve Türk Kültür Merkezini kendi imkânlarıyla hayata geçirmiştir.

Kuzey Carolina'da bulunan ve "Carolina Türk Evi" ismini verdikleri evde, eğitim için gelen Türk öğrenciler kalabilmektedir. Sancar çifti, bu evin Türk insanının ve onların dünya mirasına yaptıkları kültürel katkının doğru anlaşılmasında önemli rolü olduğunu düşünüyor. Aziz Sancar, Kristal Elma Festivali konuşmasında, "Vatan sevgim olmasaydı buralara ulaşamazdım. Çok çalışın, çocuklarınıza da hem çok çalışmayı hem de vatan sevgisini öğretin. Çocuklara bunu aşılamak lazım. Memleketine faydalı olan, tüm dünyaya faydalı olur." sözleriyle de yaptıklarını özetleyen bir bilim insanıdır.

Bilim ve Teknik dergisi, Kasım 2015, S 576, s. 22-27 (Düzenlenmiştir.)

1. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. **Aşağıda birbiri ile bağlantılı doğru (D) ya da yanlış (Y) ifadeler içeren tanılayıcı dallanmış ağaç tekniğinde bir soru verilmiştir. "a"dan başlayıp cümlelerin doğru ya da yanlış olduğuna karar vererek ilgili ok yönünde ilerleyiniz. Her bir cevap, bir sonraki aşamayı etkileyecektir. Vereceğiniz cevaplarla doğru çıkışı bulunuz.**



B. Aşağıda verilen ifadelerde bildirilen yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (....) Nükleik asitler tüm canlılarda bulunan organik moleküllerdir.
2. (....) DNA'daki toplam fosfat sayısı, pürin nükleotitlerinin sayısına eşittir.
3. (....) rRNA, ribozomun yapısına katılır.
4. (....) RNA, çift zincirlidir.
5. (....) DNA ve RNA'nın yapısında beş karbonlu şeker bulunur.
6. (....) DNA molekülünde A ile T arasında ikili zayıf hidrojen bağı bulunur.
7. (....) Bir proteinle ilgili şifre içeren mRNA molekülüne gen denir.
8. (....) Bir DNA molekülünde pirimidin bazlarının sayısı biliniyorsa hidrojen bağı sayısı bulunabilir.
9. (....) mRNA sadece çekirdekteki DNA tarafından sentezlenir.
10. (....) Bir DNA molekülündeki fosfat sayısı biliniyorsa organik baz sayısı bulunabilir.

C. Aşağıdaki cümlelerde noktalı yerlere, verilen kelimelerden uygun olanı yazınız.

iki, azotlu organik baz, beş karbonlu şeker, glikozit, fosfat, DNA, mRNA, üç, riboz, timin, 1/2, helikaz, yarı korunumlu, DNA polimeraz, RNA, Urasil, DNA ligaz, 3/4, deoksiriboz

1. Bir nükleotidin yapısında ……, ……. ve ……. molekülleri bulunur.
2. Nükleik asitler ……. ve ……. olarak iki çeşittir.
3. DNA'da ……. şekeri bulunurken RNA'da ……. şekeri bulunur.
4. Protein sentezi için gerekli genetik bilgiyi ……, DNA'dan alıp ribozoma iletir.
5. DNA eşlenmesinde ……, ……. ve ……. enzimleri görev alır.
6. Pirimidin bazlarından ……. sadece DNA'nın yapısına katılır.
7. DNA molekülü kendini ..... olarak eşler.
8. DNA molekülünde adenin ile timin arasında ..... zayıf hidrojen bağı sitozin ile guanin arasında ise ..... hidrojen bağı kurulur.
9. Bir DNA molekülündeki pürin organik bazlarının tüm nükleotitlere oranı ..... olarak bulunur.
10. Bir nükleotidin yapısında organik baz ile şeker arasında ..... bağı bulunur.

2. BÖLÜM

Genetik Şifre ve Protein Sentezi

Anahtar Kavramlar

- Antibiyotik
- Antikodon
- Biyoetik
- Biyogüvenlik
- Biyoteknoloji
- DNA parmak izi
- Gen terapisi
- Genetik şifre
- Genetik danışmanlık
- Genetik mühendisliği
- İnsülin
- Klonlama
- Kod
- Kodon
- Kök hücre
- Model Organizma
- RNA polimeraz
- Transkripsiyon
- Translasyon
- Yapay doku/organ
- Protein sentezi

Neler Öğreneceksiniz?

Genetik şifre ve protein sentezi bölümünde protein sentezinin mekanizmasını, genetik mühendisliği ve biyoteknoloji kavramlarını, genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarını, genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının insan hayatına etkisini öğreneceksiniz.

Hazırlık Soruları

1. Hücre içerisinde yaşamsal faaliyetlerin devamlılığını ve düzenini sağlayan moleküller hakkında neler biliyorsunuz?

2. Genetiği değiştirilmiş organizmalar hakkında neler biliyorsunuz?

3. Kök hücreler hakkında neler biliyorsunuz?

1.2.1 Protein Sentezinin Mekanizması

DNA molekülü ile ilgili yapılan deneyler, DNA'nın hücre faaliyetlerini yönetebildiğini göstermiştir. Bu deney sonuçları, cevaplanması gereken başka soruları ortaya çıkarmıştır. "DNA molekülleri bu yönetimi nasıl sağlayabilir?", "Hücreler kendi özelliklerini, oğul hücrelere nasıl aktarabilir?", "Bu özellikler bütün canlılarda görülür mü?" Son zamanlarda yapılan araştırmalar sayesinde bu konudaki sorular cevaplanabilmiştir. Bilimsel araştırmalar; canlılardaki özelliklerin moleküllere bir şifre olarak nasıl yazıldığını, şifreli mesajların hücre tarafından nasıl çözüldüğünü, hücrede belirli protein moleküllerinin nasıl sentezlendiğini öğrenmemizi sağlamıştır.

Bilgi Kutusu

Tüm organizmalarda gerçekleşen yaşamsal olaylardan biri de protein sentezidir. Protein sentezinde amino asitler kullanılır. Genetik şifrenin amino asitlere karşılık gelmesi gelişigüzel gerçekleşen bir olay olmayıp genlerin kontrolünde gerçekleşen bir olaydır.

A. Genetik Şifre ve Protein Sentezi Arasındaki İlişki

Birçok canlı türünün kendine has bazı özelliklere sahip olduğunu önceki yıllarda öğrenmiştiniz. Canlıların ortak özelliklerinin ortaya çıkmasında DNA molekülünün, virüslerde ise DNA veya RNA moleküllerinin etkili olduğunu biliyoruz. O hâlde canlılardaki ortak özelliklere ait bilgiler de bu moleküllerde saklı olmalıdır.

DNA'da genetik bilgi bulunmaktadır. Genetik bilgi, her bir gende bulunan nükleotitlerin oluşturduğu özel şifrelerdir. Bütün canlılarda görev yapan genetik şifreler birbirine benzemektedir. Alfabedeki harflerin kelimeleri, kelimelerinse cümleleri oluşturması gibi gendeki nükleotitlerden oluşan şifreler amino asitleri, amino asitlerden oluşan proteinler de canlının özelliğini (örneğin göz rengi gibi) (Görsel 1.23) belirler. Canlıların ortak birçok özelliğinden bahsettiğimize göre hayatın dili de ortak şifrelerden oluşmaktadır. Bu şifrelerin neler olduğu, proteinlerin sentezinde nasıl kullanıldığı, değişmesi durumunda nasıl bir sonucun ortaya çıkacağı, bu bölümün başlıca konularını oluşturmaktadır.

Organizmalarda bulunan genetik şifrenin genel biçimini ve işleyişini şöyle özetleyebiliriz:

- DNA ya da mRNA'daki üçlü nükleotit grubuna **kodon** adı verilir. Kodon bir amino asidi şifreleyen bilgidir.
- Bir kodon genellikle birden fazla amino asiti şifreleyemez.
- mRNA'da "başlatma" ve "durdurma" kodonları bulunur.
- Başlatma kodonu: AUG,
- Durdurma (bitiş) kodonları: UAA,UGA,UAG şeklinde yazılır.

Belirtilen bu özellikler canlılarda ortaktır. Canlılardaki bu durum genetik şifrenin evrenseliğini gösterir.

Görsel 1.23: Göz renginin farklı olmasını sağlayan genetik şifreye göre sentezlenen, renk veren proteinlerin farklı olmasıdır.

Biliyor musunuz?

Hücresel solunumdaki glikoliz evresi canlılarda ortaktır. Çünkü bu evrede görev yapan enzimler ve enzimlerin sentezinden sorumlu genler ortaktır.

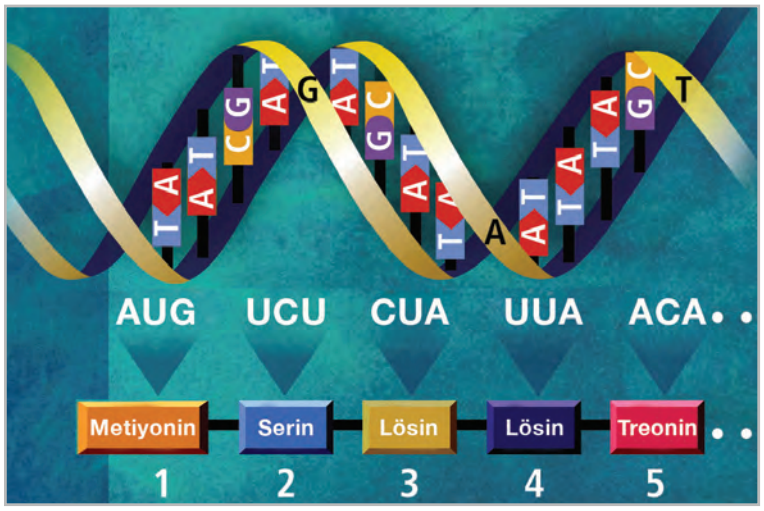
B. Protein Sentezi

İnsanlar, konuşarak iletişim kurarken cümlelerden yararlanır. Bu cümleler, genellikle kelimelerin anlamlı bir şekilde bir araya gelmesiyle oluşur. Kelimeler de 29 harfin çeşitli şekillerde belli bir kural dâhilinde bir araya gelmesiyle oluşur. Dolayısıyla insanlar arasındaki iletişimin dili gibi canlının en küçük yapı birimi olan hücrelerin arasındaki iletişimin de bir dili vardır. Bu dilin organizasyonunu DNA belirler. DNA dilini oluşturan harfler A, T, C ve G olmak üzere dört çeşit nükleotitten oluşur. Bu nükleotitler genetik şifreleri oluşturur. **Genetik şifreler** ya da **genetik kod** (DNA kodonu) amino asitleri temsil eden DNA ipliğindeki bilgilerdir. (Görsel 1.24).

Canlı yapısındaki proteinlerde çeşitli amino asitler bulunur. DNA'nın yapısındaki dört nükleotitten oluşan alfabe, canlıda bulunan amino asitleri nasıl kodlayabilir?

Sentezlenecek proteinle ilgili genetik bilginin kaynağı DNA'dır. DNA'daki genetik bilgi mRNA'ya aktarılır. Bu bilgiye göre de tRNA'lar uygun amino asitleri ribozoma getirir. Böylece amino asitler birbirine bağlanır ve protein sentezlenir.

DNA'daki üçlü baz dizilerinin her biri (durdurucu şifreler hariç) bir amino asidi kodlayan bilgilerdir. 4 çeşit nükleotit, 2'li gruplar olarak şifre oluştursaydı 4^2 =16 şifre meydana gelirdi. Bu genetik şifre sayısı, 20 çeşit amino asit için yeterli değildir. 4 çeşit nükleotit, 3'lü gruplar olarak şifre oluştursaydı 4^3 = 64 şifre (kodon) meydana gelir ve bu sayı 20 çeşit amino asit için fazlasıyla yeterli olurdu.



Görsel 1.24: Genetik şifre

Genetik şifre tüm canlılar için evrensel olan üçlü şifreler şeklindedir. Örneğin mRNA'daki UUG kodonunun bütün canlılarda karşılığı aynı olup bu kodon, lösin amino asidini belirler. DNA'daki genetik şifreler ribozoma doğrudan gidemeyeceği için bir aracı molekül olarak sentezlenen mRNA, aldığı protein amino asit dizilim bilgisini ribozoma iletir. Genetik şifrelerin mRNA'ya yazılırken kodon olarak adlandırıldığını birinci bölümde öğrenmiştiniz. mRNA'daki kodonlardan biri, tüm genlerde bulunan TAC şifresinin yazılımı olan AUG'dir. AUG kodonu, protein sentezini başlatacaktır. AUG kodonu, metiyonin amino asidinin sitoplazmadan ribozoma getirilmesini sağlar. Protein sentezini sonlandıracak olanlar da yine kodonlardır. Bunlara **durdurma** ya da **stop kodonları** denir. Durdurma kodonları UAA, UAG ve UGA olup bunlar, tRNA'da karşılıkları olmadığı için amino asit getirtemez. Yani 64 özgül kodondan 20 çeşit amino aside karşılık 61 tanesi şifre olarak görev yapar. Bu durumda bazı amino asitleri şifreleyen birden fazla kodon bulunur (Tablo 1.4). Aminoasitlerin birden çok kodon tarafından şifrelenmesi canlıda oluşabilecek mutasyonlara karşı sentezlenecek proteinlerin değişmesini önler.

Biliyor musunuz?

64 çeşit genetik şifre, tüm DNA'larda bulunur. Ancak bunların sayısı, çeşidinin miktarı ve dizilimi DNA'lardaki, dolayısıyla canlılardaki farklılığı ortaya çıkarır.

Birinci Baz Sırası	İkinci Baz Sırası: U	İkinci Baz Sırası: C	İkinci Baz Sırası: A	İkinci Baz Sırası: G	Üçüncü Baz Sırası
U	UUU, UUC Fenilalanin UUA, UUG Lösin	UCU, UCC, UCA, UCG Serin	UAU, UAC Tirozin UAA, UAG Durdurma kodonları	UGU, UGC Sistein UGA Durdurma kodonu UGG Triptofan	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG Lösin	CCU, CCC, CCA, CCG Prolin	CAU, CAC Histidin CAA, CAG Glutamin	CGU, CGC, CGA, CGG Arjinin	U C A G
A	AUU, AUC İzolösin AUA Metiyonin AUG Başlatma kodonu	ACU, ACC, ACA, ACG Treonin	AAU, AAC Asparajin AAA, AAG Lizin	AGU, AGC Serin AGA, AGG Arjinin	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUG Valin	GCU, GCC, GCA, GCG Alanin	GAU, GAC Aspartik asit GAA, GAG Glutamik asit	GGU, GGC, GGA, GGG Glisin	U C A G

Tablo 1.4: Protein sentezinde kullanılan kodonlar ve amino asitler

Biliyor musunuz?

Bir amino asidin birden fazla kodonla şifrelenmesinin canlıya sağladığı yarar, DNA'da olabilecek mutasyonlara karşı canlıyı korumaktır. Böylece bir amino asidin şifresinin mutasyonla bozulma olasılığı en aza indirgenir.

DNA molekülündeki bir gen, bir proteinin sentezlenmesini sağlayan parçadır. Protein sentezi, protein sentezletecek gendeki bilgiye uygun olarak gerçekleşir. Bu genetik bilgi, proteindeki amino asitlerin dizilimini, sayısını ve çeşidini belirler. Bu da protein moleküllerinin farklı olmasında etkili olur.

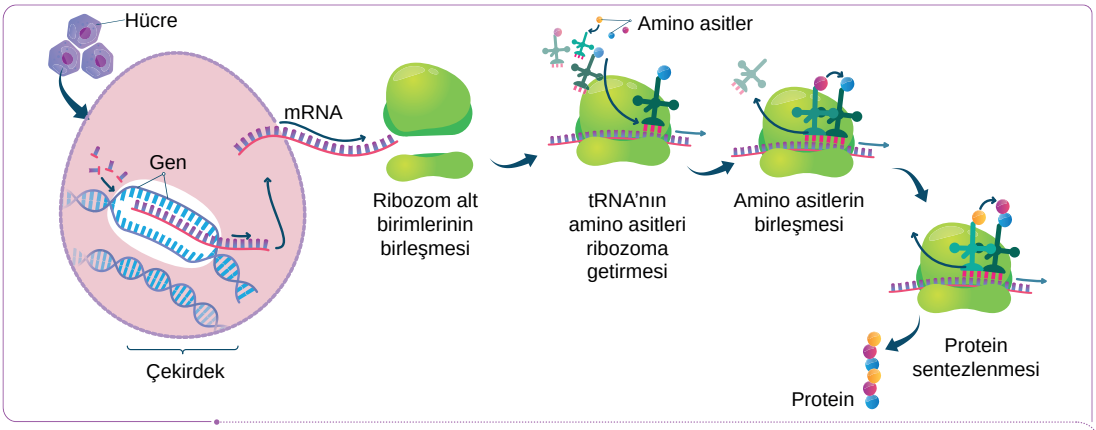
DNA'nın gen bilgisine göre ribozomda amino asitlerden protein molekülü yapımına **protein sentezi** denir. **RNA polimeraz** enzimi DNA'nın ilgili gen bölgesini açarak anlamlı zincirin karşıtı olarak mRNA'nın sentezini gerçekleştirir. Buna **transkripsiyon (yazılma)** adı verilir. Sentez tamamlandıktan sonra RNA polimeraz ilgili gen bölgesini tekrar sarmal hâle getirir. mRNA'nın ribozoma gidip orada okunması ile protein sentezinin gerçekleşmesine de **translasyon (okunma)** denir.

Transkripsiyon olayı için önce ilgili genin ikili sarmal yapısı RNA polimeraz enzimi ile fermuar gibi açılır. Daha sonra, gendeki TAC ile başlayan zincir, kalıp olarak kullanılır. mRNA sentezinde DNA'nın şifre veren zincirine **kalıp zincir**, şifre vermeyen zincirine ise **kalıp olmayan zincir** (anlamlı zincir) denir. DNA'nın her iki ipliği RNA sentezine kalıp olarak kullanılabilir.

DNA'dan mRNA üretilirken DNA'nın kalıp zincirinde bulunan adeninin karşısına, timin nükleotidi yerine urasil nükleotidi gelir. Örneğin DNA molekülünü oluşturan kalıp iplikteki genetik şifre TAC, TGA, GCC, GAA, GTA şeklinde ise bu iplik üzerinden sentezlenecek mRNA'ya ait kodonlar AUG, ACU, CGG, CUU, CAU şeklinde olmalıdır. Ökaryot hücrede DNA'daki şifreye göre sentezlenen mRNA, sitoplazmaya geçerek ribozomun küçük alt birimine bağlanır ve protein sentezi sırasında kalıp olarak görev yapar.

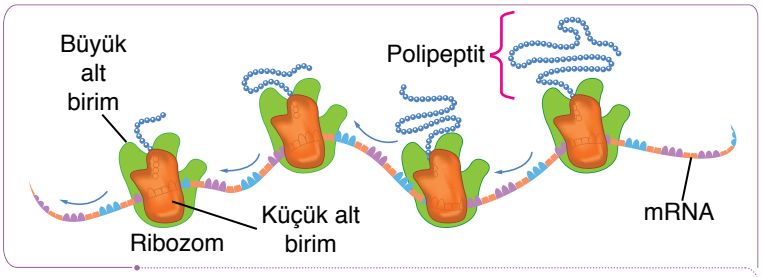
Amino asit molekülleri özel bir enzim ve ATP ile aktifleştirlir. Aktifleşen amino asitler kendilerine uygun tRNA'lara bağlanır. tRNA'lar, antikodonlarına uygun amino asitleri ribozoma taşır. Kodonlara uygunluk gösteren tRNA'daki üçlü nükleotit dizisine **antikodon** denir. Protein sentezine başlama sinyalini, mRNA'daki AUG kodonu verir. Bu kodon, metiyonin amino asidini şifreler. Ribozom, sitoplazmadaki uygun antikodona ait tRNA'yı kendisine bağlar ve böylece protein sentezi başlar. Translasyon, durdurucu kodon gelinceye kadar sürer. Durdurma kodonlarından birinin gelmesiyle protein sentezi son bulur. Böylece polipeptit ile tRNA arasındaki bağ kopar ve mRNA ile ribozom alt birimleri serbest kalır. Protein sentezi bu şekilde sonlanır. Ayrılan RNA'lar ve ribozom alt birimleri protein sentezinde daha sonra tekrar kullanılabilir.

Üretilen protein, hücre yapısında ve hücre faaliyetlerinde kullanılır. (Görsel 1.25).



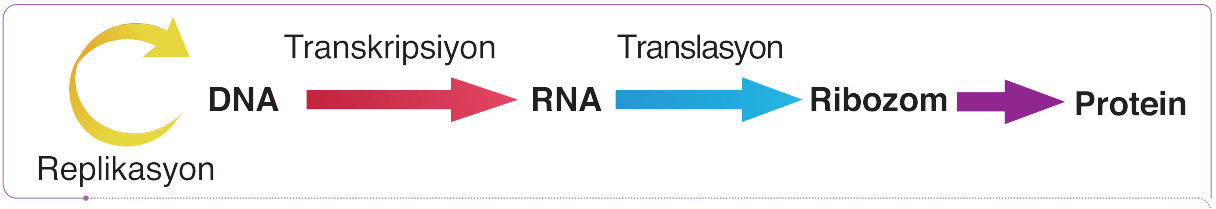
Görsel 1.25: Hücrede protein sentezinin basamakları

Bir mRNA üzerine birden fazla ribozomun tutunmasıyla oluşan yapılara **polizomlar** veya **poliribozomlar** denir. Bu durumda kısa zamanda aynı proteinden fazla miktarda üretilir (Görsel 1.26).



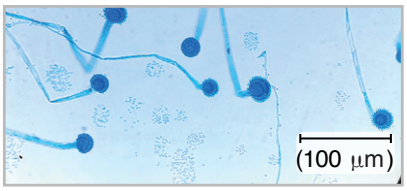
Görsel 1.26: mRNA'nın aynı anda birçok ribozom tarafından okunması

DNA molekülü, protein sentezinde amino asitlerle doğrudan temas etmez. DNA'daki genetik bilgiden RNA aracılığıyla ribozomlarda protein sentezlenmiştir. DNA'daki genetik bilginin aktarımına santral dogma denir (Görsel 1.27). Bu aktarım replikasyon, transkripsiyon ve translasyonla olur.

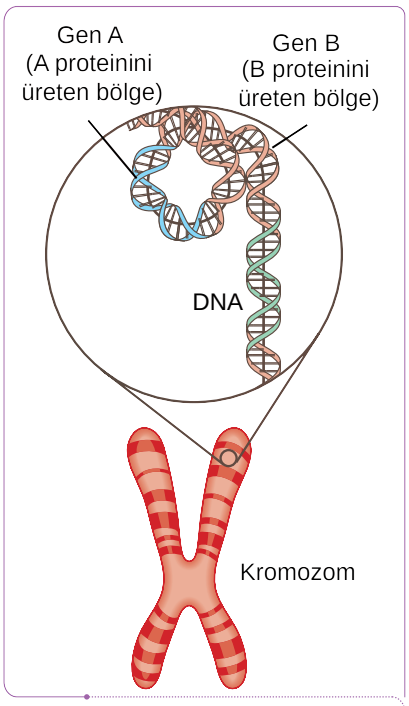


Görsel 1.27: Santral dogma

George Beadle (Corc Bidıl) ve Edward Tatum (Edvırt Tatum) 1930'lu yıllarda bir ekmek küfü olan *Neurospora crassa* (Neurosporo kırassa) (Görsel 1.28) ile yaptıkları deneylerle öncül bir maddeden arjinin amino asidinin üretiminde üç farklı enzimin görev aldığı, bu enzimlerden her birinin sentezinden de farklı bir genin sorumlu olduğu sonucuna ulaşmışlardır.



Görsel 1.28: Neurospora crassa



Görsel 1.29: Kromozomlarda protein üretiminden sorumlu bölgeler

Neurospora crassa'da öncül maddeden arjinin amino asidinin üretiminde üç farklı enzim ve dolayısıyla üç farklı gen görev alır. Bu genlerden biri mutasyona uğrarsa arjinin amino asidi üretilemez.

Her canlının kendine özgü bir genetik şifresi yani DNA'sı vardır. Bu kadar çok canlı türünün olması, her türün kendine özel bilgileri içeren DNA'yı bulundurmasından kaynaklanır. Aynı tür içinde de türün bireylerinin birbirlerine göre üstün veya zayıf özellikleri bulunabilmektedir. Bu özellikleri belirleyen de genlerdir (Görsel 1.29).

Ancak insanların bilinmeyene merakı, çok sayıda buluşun gerçekleşmesini ve bilimsel yöntemlerin geliştirilmesini sağlamıştır. Örneğin mikroskop, insanların çıplak gözle göremediği birçok yapı hakkında bilgi sahibi olmasını sağlayarak çoğu gelişmenin temelini oluşturmuştur. Ardından insanlar önce hücreyi, sonra hücre çekirdeğini tanımlayarak DNA yapısının çözülmesine kadar giden yolun kapısını aralamıştır. İlk gen diziliminin oluşturulması, bilim insanlarına insan genom şifresinin çözülmesi için gerekli cesareti sağlamıştır. **Genom**, organizmanın genetik bilgisinin tamamını ifade eden bir kavramdır. DNA üzerinde yer alan, transkripsiyonu yapılabilen, düzenleyici ve fonksiyonel bölümleri olan bölgelerin ise genler olduğunu öğrenmiştiniz. Günümüze kadar insan genomu ile birlikte birçok organizmaya ait (virüs, bakteri ve ökaryot türleri) genom dizilimleri belirlenebilmiştir. Bu bilgiler, genetik mühendisliğini ve biyoteknoloji çalışmalarını ortaya çıkarmıştır.

1.2.2. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji

Genetik mühendisliği, istenen özellikte bir genin çeşitli tekniklerle izolasyonu, çoğaltılması, nükleotit dizilişlerinin belirlenmesi ya da bir canlıdan alınarak başka bir canlıya aktarılmasıyla uğraşır. Böylece aktarılan genlerle yeni gen kombinasyonları üretilerek **rekombinant DNA** elde edilir. Rekombinant DNA'ya sahip canlı **transgenik canlı [Genetiği değiştirilmiş organizma (GDO)]** olarak adlandırılır. Genetik mühendisliği, bugünkü biyoteknolojinin temelini oluşturan bir bilim dalıdır.

Genetik mühendisliği ile elde edilen bilgiler sayesinde biyoteknolojik yöntemler kullanılarak daha ucuz, daha kolay veya daha verimli ürünler günlük hayatımıza kazandırılmaktadır. İstenen özellikte olan genin bir başka canlıya aktarılması, genetik mühendisliğinin alanıdır. İstenen amaca yönelik ürün elde edilmesi ise biyoteknolojinin alanıdır. Örneğin, *E.coli* bakterisine insülin üretecek özelliklerin kazandırılması, genetik mühendisliğinin alanıdır. İnsülinin saflaştırılması, gerekli kontrollerinin yapılması ve insüline ilaç özelliği kazandırılması ise biyoteknolojinin alanıdır (Görsel 1.30).

Moleküler biyoloji, özellikle Watson-Crick'in DNA'nın çift iplikli yapısını moleküler düzeyde açıklaması ile gelişmeye başlamıştır. Bugün bilim insanları DNA'yı çeşitli yerlerinden kesebilen, kesilmiş DNA parçacıklarının birbirine eklenmesini sağlayan çeşitli enzimlerin varlığını keşfetmişlerdir. Böylece birçok kalıtsal hastalığa neden olan genetik şifre sağlam genetik şifre ile değiştirilebilecek, bitkiler ve hayvanlardaki üstün ve verimli özelliklerden sorumlu genetik şifreler başka bitkilere ve hayvanlara nakledilebilecektir. Bu çözümlerin üretilmesinde karşımıza çıkan en büyük sorun, canlıların genetik şifrelerini ortaya çıkaran gen haritalarının henüz tam olarak elde edilememesidir. Bilim insanları, canlıların gen haritaları üzerine çalışmalarını sürdürmektedir.

Görsel 1.30: İnsülin biyoteknolojik yöntemlerle geliştirilmiş bir ilaçtır.

Biyoteknoloji, doğa bilimleri ve çeşitli mühendislik dallarından yararlanılarak DNA teknolojisiyle yeni bir organizma elde etmek veya mevcut organizmanın yapısında istenilen yönde değişiklikler oluşturmak amacıyla yapılan çalışmaların tamamını kapsayan bilim dalıdır. (Görsel 1.31). İstenilen genin farklı bir canlıya aktarılması genetik mühendisliğinin alanı iken o canlıdan istenilen bir ürün elde edilmesi biyoteknolojinin alanıdır. Biyoteknoloji moleküler biyoloji, mikrobiyoloji, genetik, fizyoloji, biyokimya hücre ve doku kültürü gibi doğa bilimlerinin yanı sıra mühendislik dallarından yararlanarak DNA teknolojisiyle bitki, hayvan ve mikroorganizmaları geliştirmek, isteğe yönelik ürünleri oluşturmak veya bu ürünleri dönüştürmek için biyolojik sistemleri, canlı organizmaları veya türevlerini kullanan uygulamaların tümüne denir. Melezleme, yapay dölleme, poliploidi biyoteknolojinin uygulamalarına örnek verilebilir.

Görsel 1.31: Biyoteknoloji çalışmalarında doğa bilimlerinden yararlanılır.

Yapay döllenme; damızlık özelliklerine sahip verimli bireylerden alınan spermlerin dondurularak yumurtaların döllenmesinde kullanılır.

Melezleme; genetik yapısı farklı bireylerin çaprazlaması sonucu melez bireyler elde edilir. Bu yöntemle çekinik genlerin biraraya gelmesi önlenerek hastalıkların oluşmasının önüne geçilir.

Organizmalarda kromozom sayılarında meydana gelen değişmelere **ploidi**, somatik hücrelerde ikiden fazla kromozom takımının bulunması durumuna ise **poliploidi** denir. Bu yöntem ile normalden daha büyük ürünler oluşturulur. Kültür bitkileri genellikle bu yöntem ile üretilir.

Biyoteknoloji, genetik mühendisliği sayesinde daha ucuz ve verimli ürünleri daha kolay üreterek hayatımızı kolaylaştırmaktadır. Bu uygulamalardan bazıları; gen teknolojileri ve model organizmalardır.

1. Ünite Ölçme ve Değerlendirme Etkinliği-1

Tartışalım

Sınıfınızda beşer kişilik iki grup oluşturarak genetik mühendisliği ve biyoteknoloji arasındaki farkların neler olduğunu tartışınız.

DNA'nın yapısı ve işlevleri ile elde edilen daha geniş bilgiler sayesinde bitkilerin ve hayvanların genotipleri araştırılarak yok olma tehlikesi ile karşı karşıya olan bitki ve hayvan türleri yapay seçilim yoluyla üretilebilmektedir. Günümüzde, var olan türlerin kalıtsal özellikleri belirlenerek istenen özellikte karakterin elde edilmesine yönelik seçim ya da çaprazlama yapılabilmektedir. Bu yolla daha verimli tarım bitkileri ve hayvan türleri elde edilebilir. Doğada soyu tükenmekte olan bitki ve hayvanlar çoğaltılabilir. Günümüzde genetik mühendisliği ve biyoteknoloji çalışmaları farklı alanlara ayrılarak yürütülmektedir.

1.2.3. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Uygulamaları

Bakterilere gen aktarımıyla başlayan gen teknolojisi çalışmaları, günümüzde hemen her organizma üzerinde sürdürülmektedir.

Genetik mühendisliği ve biyoteknolojinin baş döndürücü gelişimi, 1990'larda hız kazanmıştır. Bu gelişmeler, sansasyonel biyoteknoloji uygulamalarının yanı sıra bu alandaki "İnsan Genom Projesi" gibi büyük uluslararası projelerle kamuoyunun en çok ilgilendiği bilimsel konular arasına girmiştir. "İnsan Genom Projesi" çerçevesinde insanın genetik yapısına ilişkin elde edilen yeni bilgiler, bütün dünyada büyük ilgi toplamıştır. "İnsan Genom Projesi"yle hastalıkların tanı ve tedavisi için bireylerin genetik yapısına uygun ilaçlar geliştirilecek, adli tıpta suçluların saptanması kolaylaşacak, kişilerin hastalıklara genetik yatkınlıkları belirlenecek, biyoteknolojik aşılar üretilecektir (Görsel 1.32).

Görsel 1.32: Biyoteknolojik aşı üretimi laboratuvarlarda yapılır.

Genetik mühendisliği, canlıların kalıtsal özelliklerini değiştirerek onlara yeni işlevler kazandırmaya yönelik çalışmalar yapan bilimdir. Farklı canlıların genlerinin birleştirilmesi, bir canlı türünden başka bir canlı türüne gen aktarılması ya da genlerin çoğaltılması gibi alanlarla uğraşır. Genetik mühendisliği uygulamaları sonucu elde edilen ürünlere **biyoteknolojik ürünler** denir. Biyoteknoloji, mal veya hizmet üretmek için canlı organizmalardan yararlanma teknolojisidir ve bu yüzyılda hayatın her alanında etkisini bir şekilde göstermektedir. Örneğin gen teknolojileri, DNA parmak izi analizi ve kök hücre gibi teknolojik ögeler hayatımızda yer almıştır. Bu teknolojilerin yanında yüksek değerli gıda üretimini ve güvenliğini; daha verimli biyoyakıtları, enerji ve su tüketiminin azaltılması için üretimin çeşitli aşamalarında kullanılan enzimleri, biyoürünleri ve biyomateryalleri de hayatımıza giren diğer biyoteknolojik ögeleri arasında sıralayabiliriz (Görsel 1.33). Kök hücre teknolojileriyle yapay doku ve yapay organ üretimi de yapılabilmektedir. Laboratuvarda, canlı hücrelerden oluşturulan dokulara **yapay doku** denir. Görevini tam olarak yerine getiremeyen organların yerine mekanik malzemelerden tasarlanan, doku mühendisliği ile üretilen organlara **yapay organ** denir.

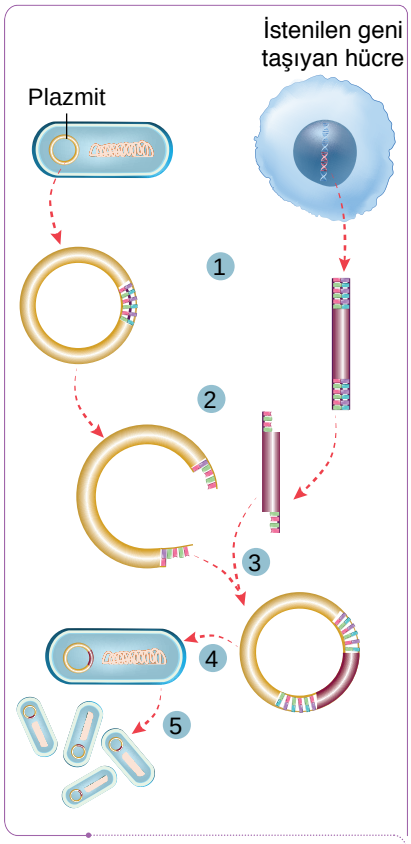
Görsel 1.33: Biyoteknolojik yöntemlerle birçok ürün üretilebilir.

A. Gen Teknolojileri

Gen teknolojisi, canlıların özelliklerinde değişiklikler oluşturan bir teknolojidir. Gen teknolojisinin ilk uygulamaları, teknik avantajları nedeniyle bakteriler üzerinde yapılmıştır. Bakterilere gen aktarımıyla başlayan gen teknolojisi çalışmaları, günümüzde bir hücrelilerden insana kadar her organizma üzerinde yürütülmektedir. “İnsan Genom Projesi” çerçevesinde insanın genetik yapısına ilişkin elde edilen yeni bilgiler ve bu bilgilerin sağlayacağı yeni açılımlar bütün dünyada büyük ilgi toplamıştır. Şizofreni, alzheimer (alzaymır), manik depresyon benzeri hastalıkların moleküler özünün anlaşılması sayesinde bilim insanlarının araştırmalarını kolaylaştıracak güçlü araçlar geliştirilmiştir. Bir genin kopyasını oluşturmak için kullanılan yöntem ve tekniklerin tamamına klonlama denir. Gen klonlaması ile genetik yapısı tamamen aynı olan hücreler meydana gelir.

Mikroorganizmalar, klonlanmış canlılar, genetik yapısı değiştirilmiş bitki ve hayvanlardan ilaç, gıda ve giyim gibi çeşitli biyoteknolojik alanlarda yararlanmaktayız.

Gen teknolojisi günümüzde yaşamın her alanında etkisini göstermektedir. Özellikle tıp, tarım, hayvancılık, gıda, kimya, enerji ve çevre endüstrileri gen teknolojisinden yoğun bir şekilde yararlanmaktadır. Bir genin kopyasını oluşturmak için kullanılan yöntem ve tekniklerin tamamına **gen klonlaması** denir.



Görsel 1.34: Bakterilerde gen klonlaması

Gen klonlaması ile insan DNA'larından izole edilen genler bazı bakterilere aktarılmaktadır. Bu aktarım ile insülin ve büyüme hormonu gibi ürünler daha kolay ve ucuz bir şekilde üretilir. Örneğin Görsel 1.34'te bakterilerden gen klonlanması verilmiştir.

1. Geni kullanılacak canlıya ait DNA ve vektör olarak kullanılacak bakteri plazmidi saf olarak izole edilir.

2. İzole edilen DNA'daki istenilen gen ve bakteri plazmiti aynı restriksiyon enzimleri ile kesilir.

3. Bakteri plazmiti ve istenilen geni taşıyan DNA parçası DNA ligaz enzimi ile birleştirilerek klonlanacak gen plazmite eklenmiş olur. Bu durumda plazmit, farklı kaynaktan gelen iki DNA'nın kombinasyonu olduğu için buna **rekombinant (yeni bileşenli) DNA** molekülü denir.

4. Rekombinant DNA bakteri hücresine tekrar aktarılır.

5. Rekombinant DNA içeren bakteriler kültür ortamında çoğaltılır. Plazmite aktarılan gen klonlanmış ve yeni hücrelere de aktarılmış olur. Böylece istenilen genin klonlanması sağlanır.

Gen klonlama uygulamaları zaman içinde sağlık, çevre, endüstri, tarım, enerji alanlarında hayatımızın vazgeçilmez parçası hâline gelecektir.

B. DNA Parmak İzi Yöntemi

Her canlının genetik olarak incelenip ayırt edilebilmesi için DNA'sındaki gen dizilimine bakmak gerekir. Her insanın DNA'yı oluşturan baz sırası, diğer insanlarınkinden farklıdır (tek yumurta ikizleri hariç). Bu dizilimin belirli tekniklerle izinin çıkarılması işlemine **DNA parmak izi yöntemi** denir. Bu yöntem suçluların tespiti, safkan ırkların belirlenmesi, babalık davaları, bitki ve hayvan türlerinin korunması gibi birçok alanda kullanılır.

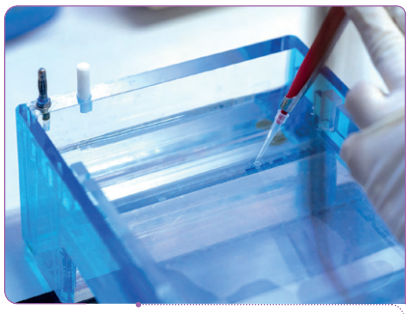
DNA parmak izi, 1984 yılında Sir Alec Jeffreys (Sör Alek Cefri) tarafından keşfedilmiştir (Görsel 1.35).

Görsel 1.35: Sir Alec Jeffreys, DNA parmak izini keşfetmiştir.

DNA dizilimindeki farklılıktan dolayı iki ayrı insanın DNA'sında, her 100 nükleotitte, 1 veya 2 nükleotidin farklı olduğu anlaşılmıştır. Örneğin GGAAGGGAAGGGAAGGGAAG gibi bir baz dizisi, aslında beş nükleotitten meydana gelen GGAAG gibi bir dizinin dört kez tekrarından oluşmuştur. DNA parmak izi tekniği bu şekilde geliştirilmiştir. Bu teknikle DNA analizleri yapılarak DNA'nın tüm yapısı ortaya çıkarılmıştır.

Özel yöntemlerle (PCR = polimeraz zincir reaksiyonu) DNA'nın bölümleri laboratuvar koşullarında çoğaltılır. Bu yöntemde yüksek sıcaklıkta yapısı bozulmayan DNA polimeraz enzimi kullanılarak

DNA çoğaltılır. DNA örnekleri; çok az miktardaki kandan, sperm-den, saç teli dibindeki çok küçük dokulardan hatta yıllar öncesine ait mumya ve fosillerden elde edilebilir. Elde edilen DNA'nın kesici enzimler tarafından farklı büyüklükte ve sayıda kesilmesiyle DNA parçaları elde edilir. Bu DNA parçaları jel içine enjekte edilir. **Elektroforez** adı verilen bir yöntemle farklı uzunluktaki DNA parçaları birbirinden ayrılır (Görsel 1.36). Kısa olan DNA parçalarının hareketleri, uzun olanlara göre daha hızlıdır. DNA parçaları, jel üzerinde büyüklüklerine göre belirli uzaklıklarda bantlar oluşturur. Bu bantlaşma her bireyde kendine özgüdür. Buna DNA parmak izi adı verilir. Bu yöntemle adli olaylarda şüphelinin DNA'sı, olay yerinde bulunan şüpheliye ait örneklerden elde edilen DNA'larla karşılaştırılır. Böylece, suçu gerçekten şüphelinin işleyip işlemediği belirlenebilir. DNA parmak izi, bebeklerin ana baba tayininde de kullanılmaktadır.



Görsel 1.36: Elektroforez cihazı

C. Kök Hücre Yöntemi

Döllenme sonrası oluşan hücre (zigot) tek başına tüm organizmayı meydana getirir. Döllenmeyi izleyen ilk 4-5 gün içinde tek hücreden meydana gelen tüm hücreler aynı genetik yapıya sahiptir.

Gerekli ortam sağlandığında bu hücreler bilinen çok sayıda hücre türüne dönüştürülebilir. Bu hücrelere **kök hücre** denir. Kök hücreler, vücudumuzdaki bütün doku ve organları oluşturan ana hücrelerdir. Henüz farklılaşmamış bu hücreler, sınırsız bölünebilme ve kendini yenileme, organ ve dokulara dönüşebilme yeteneğine sahiptir.

Kök hücre çalışmaları: 1960 yılında kemik iliğinden alınan kök hücreler lösemi tedavisinde kullanılmıştır. İlerleyen yıllarda farklı kök hücrelerin de tedavide kullanılabileceği anlaşılmıştır.

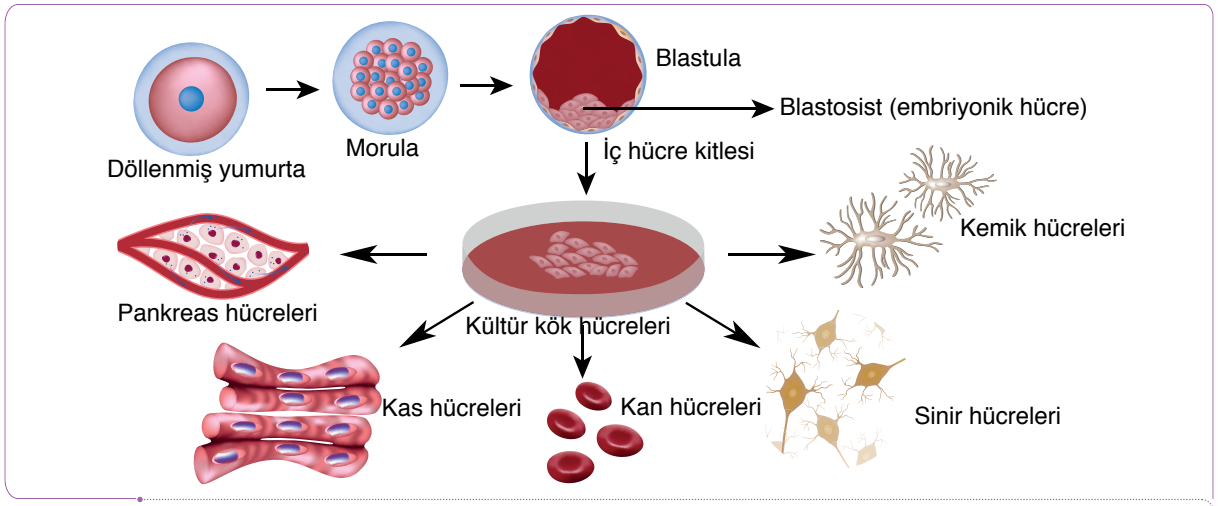
1980 yılında, yenidoğan bebeklerin kordon kanında da kök hücrelerin bol miktarda bulunduğu ve bunların tedavide kullanılabileceği fikri ileri sürülmüştür.

1998 yılında ABD'li bilim insanı James Thomson (Jeymis Tamsın) ve ekibi, ilk defa "insan embriyonik kök hücreleri"ni laboratuvarda embriyodan ayrıştırmış ve çoğaltmıştır.

Henüz bilinen üç tip kök hücre bulunmaktadır:

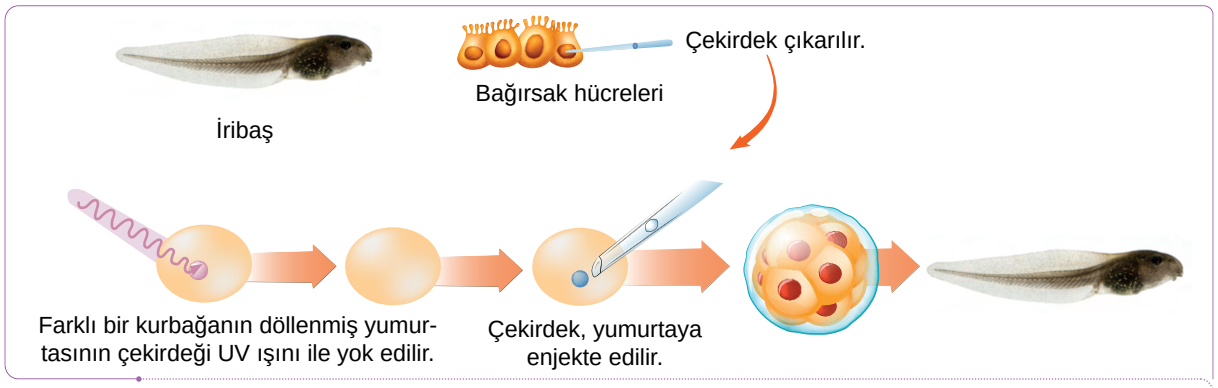
Embriyonik kök hücreleri, tek başına bir organizmayı oluşturacak güce sahip kök hücreleridir.

Kordon kanından elde edilen kök hücreleri, en kolay elde edilebilen hücreler olup bilinen tüm hücre tiplerine dönüşebilen ancak bir organizmayı oluşturamayan özellikteki kök hücreleridir.



Görsel 1.37: Embriyodan alınan kök hücreler farklı hücre tiplerine dönüşebilir.

Yetişkin kök hücreleri, bulunduğu doku ve organdaki hücre tiplerine dönüşebilmesine karşın diğer hücre tiplerine dönüşemeyen kök hücreleridir (Görsel 1.37). Kök hücre çalışmalarının sonuçlarından biri de klonlamadır. **Klonlama,** dışarıdan müdahale ile bir canlının DNA'sının kopyalanarak genetik ikizinin oluşturulmasıdır. Bunun için en çok kullanılan yöntem çekirdek transferidir (Görsel 1.38). Dr Wilmuth (Vilmut) tarafından klonlanan koyun Dolly, ilk klon örneğidir.



Görsel 1.38: Çekirdek transferi yöntemiyle yapılan klonlamayla iribaş eldesi

Biliyor musunuz?

Ülkemizde ilk klonlama 2007 yılında İstanbul Üniversitesi Veterinerlik Fakültesindeki uzman ekipler tarafından gerçekleştirildi. Koyun üzerinde yapılan çalışma sonucu dünyaya gelen kuzuya "Oyalı" adı verildi.

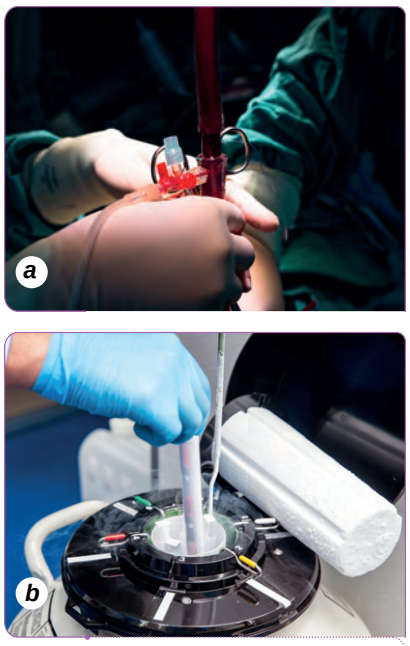
Kök hücre tedavisini sınırlayan faktörler de vardır. Bunlar, insanlar üzerindeki denemelerin henüz yetersiz olması hatta bazı tedavilerin insanlar üzerinde hiç denenmemesidir. Ayrıca nakledilen kök hücreler, dokuda kanser oluşturma riski taşıyabilir.

Kordon Kanı ve Kök Hücre Elde Edilmesi

Yenidoğan bebeğin göbek kordonundan elde edilen kordon kanı (Görsel 1.39a), dondurma yöntemlerinden herhangi biri kullanılarak dondurulur ve sıvı azot tanklarına yerleştirilerek −196 °C'ta saklanır (Görsel 1.39b).

Kordon kanını dondurup saklamanın pek çok amacı vardır. Bunlardan ilki, ileride organların ve dokuların yaralanması, hasarı veya yaşlılığı gibi kök hücre tedavisi gerektirecek durumlarla karşılaşıldığında doku uyumu olan verici aramaya gerek kalınmadan kişinin kendine ait bebeklik çağının sağlıklı kök hücreleriyle tedavi edilebilmesidir. Diğer bir amaç, bebeğin kardeşlerinde ya da yakın akrabalarında çıkabilecek hastalıkların tedavisidir. 1988 yılında kemik iliği yetmezliği hastalığı bulunan bir çocuğun ilk kez kordon kanı ile tedavi edilmesinden bu yana, çok sayıda hasta bu yöntem ile sağlığına kavuşmuştur. Kordon kanı kök hücreleri ile tedavi edilen başlıca hastalıklar şunlardır:

- Kanser
- Bağışıklık yetersizlikleri
- Doğuştan gelen metabolik düzensizlikler
- Kalıtsal kan hastalıkları
- Kemik iliği hastalıkları



Görsel 1.39: ***a.*** *Kordon kanı eldesi* ***b.*** *Kordon kanının saklanması*

Ç. Model Organizmalar ve Model Organizmaların Genetik ve Biyoteknolojik Araştırmalarda Kullanılması

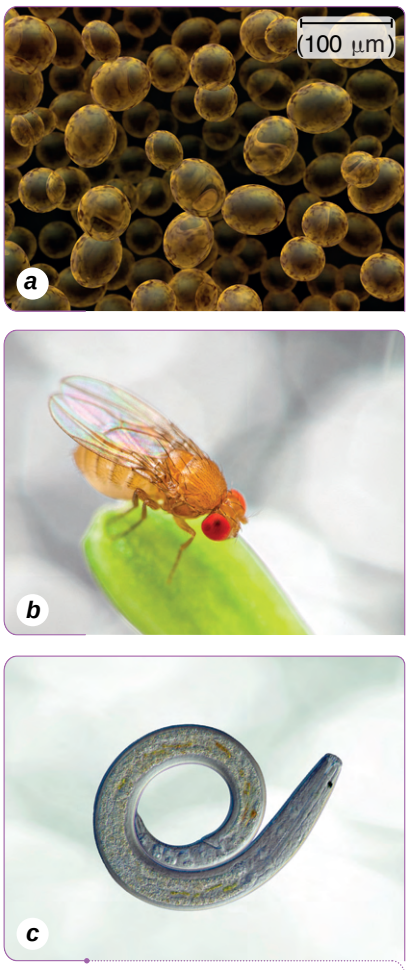
Deney ve araştırmalarda kullanılmaya uygun olan ve çeşitli biyolojik olayları anlamak için üzerinde çalışılan canlılara **model organizma** denir.

Model organizma, bilimsel çalışmalarda kullanılmaya uygun, belirli bir genetik dizilim, hastalık ya da özellik taşıyan canlıdır. Biyoteknoloji, genetik, moleküler biyoloji gibi biyolojinin birçok dalında farklı özelliklere sahip model organizmalar kullanılabilir.

Model organizma seçiminde şu faktörler önemlidir:

- Yaşam döngüsü kısa olmalı.
- Genetik uygulamalar için elverişli olmalı.
- Laboratuvar ortamında yetiştirilebilmeli.
- Genom büyüklüğü elverişli olmalı.
- Ekonomik koşullara uymalı.
- Genom haritası çıkarılmalı.

Genetik model organizmalar: Bu organizmalar genetik analizler için kullanılır. Çok hızlı ürerler. *Saccharomyces cerevisiae*



Görsel 1.40: Bazı model organizma örnekleri: ***a.*** *Tomurcuklanan mayalar* ***b.*** *Meyve sineği* ***c.*** *Nematod*

(Sakhoromises serevisa-tomurcuklanan maya-Görsel 1.40a), *Drosophila melanogaster* (Drosofila melanogaster-meyve sineği-Görsel 1.40b), bir nematod türü olan *Caenorhabditis elegans* (Kinorhabtidis elegans-Görsel 1.40c) örnek verilebilir.

Deneysel model organizmalar: Bu organizmaların embriyoları gelişim biyolojsinde kullanılır. *Gallus gallus* (Galus galus-tavuk), *Xenopus laevis* (Senofus levis-bir kurbağa türü) örnek verilebilir.

Genomik model organizmalar: Bu organizmalar insanlarınkine benzer genlere sahiptir. Ancak daha küçük genomları olduğundan genomik model organizma olarak kullanılır. *Fugu rubripes* (Fugu rubrifes-balon balığı) örnek verilebilir.

1.2.4. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Uygulamalarının İnsan Hayatına Etkisi

Biyoteknolojinin çok geniş uygulama alanları vardır. Eski çağlardan beri bilinen ekmek (Görsel 1.41), peynir, alkol, çeşitli alkollü içecekler, sirke, yoğurt ve yerel fermente ürünlerin üretiminde biyoteknoloji kullanılmıştır. Ayrıca günümüz teknolojik gelişmelerinin ışığındaki yeni ve özel ürünlerin üretiminde ve birçok alanda biyoteknolojiden yararlanılmıştır.

1940'lı yıllara kadar mikroorganizmalarda genetik yapı değişikliği çalışmaları yapılmamıştır. Bu dönem, mayalanma teknolojisi ağırlıklı olup **geleneksel biyoteknoloji** olarak da adlandırılabilir.

1970'li yılların başından itibaren biyoteknolojik uygulamaların endüstriyel olarak yaygınlaştığı bir döneme girilmiştir. Genetik yapıya müdahale edilerek canlılara yeni genetik özellikler kazandırılmaya başlanmıştır. Bu döneme **modern biyoteknoloji dönemi** denilmektedir. Bu dönemdeki başlıca uygulama alanları şunlardır:

- Aşı üretimi
- Memeli hücre kültürü üretimi
- Yeni ürünlerin (polisakkaritler gibi) üretimi
- İlaç üretimi (antibiyotik)
- Organik çözücü üretimi (aseton, bütanol vb.)
- Protein bakımından zenginleştirilmiş gıdaların üretimi

Görsel 1.41: Ekmek hamurunun mayalanması, fermantasyon sürecidir.

Genetik mühendisliği ve biyoteknolojinin uygulama alanları; enzim teknolojisi, atık teknolojisi, çevre teknolojisi, yenilenebilen kaynaklar teknolojisi, sağlık, ziraat ve hayvancılıktır.

Rekombinant DNA teknolojisi, doğada kendi aralarında üreme şansı olmayan, genellikle farklı biyolojik türlerden elde edilen DNA moleküllerinin genetik mühendislik teknolojisiyle kesilmesi ve elde edilen farklı DNA parçalarının birleştirilmesi işlemidir. Bu işlem sonucu üretilen yeni DNA molekülüne **rekombinant DNA** denildiğini öğrenmiştik. Bu alandaki çalışmalarla genetik bozuklukların gen aktarımı yöntemleriyle düzeltilmesi ya da etkin tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Örneğin böbreklerde sentezlenen ve alyuvar üretimini uyaran eritropoietin hormonu, rekombinant DNA teknolojisiyle de elde edilir ve böbrek hastalarında oluşan kansızlığın tedavisinde kullanılır.

Günümüzde rekombinant DNA teknolojisiyle oluşturulmuş enzimler; deterjan, şeker ve peynir üretiminde de kullanılmaktadır.

DNA teknolojisinin en yaygın uygulama alanlarından biri de tıp ve sağlık alanıdır. Hastalıkların tedavisinde kullanılabilen ilaçları geliştirmek için DNA teknolojisinden yararlanılmaktadır. Günümüzde bu teknolojiyle **aşı**, **antibiyotik**, **insülin**, **interferon** üretimi gerçekleştirilir. Aynı zamanda kanser tedavisinde ve gen terapisi uygulamalarında genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarından faydalanılır.

Şeker hastalığının tedavisinde kullanılan insülin ve cücelik görülen çocukların tedavisinde kullanılan büyüme hormonu gibi protein yapılı hormonların büyük miktarlardaki üretimi DNA teknolojisi ile mümkün hâle gelmiştir. Aynı şekilde, hücrelerin virüslere karşı oluşturduğu interferon denilen protein yapılı özel savunma maddesi, bakterilere sentezlettirilebilmektedir. Önceleri binlerce litre kandan sadece birkaç gram elde edilebilen interferon, DNA teknolojisi sayesinde hem daha az maliyetle hem de daha fazla miktarda üretilebilmektedir.

DNA teknolojisindeki en büyük beklenti, genetik bozuklukların gen aktarımı yoluyla düzeltilmesidir. Canlıda bulunan işlev ve yapıca bozuk genlerin tespiti, değiştirilmesi ve onarımı **gen terapisi** olarak adlandırılır. Bu yöntem, bazı etik sorunlar doğurmasına rağmen önümüzdeki yıllarda çok daha fazla önem kazanacaktır. Hemofili, kas körelmesi gibi birçok hastalığın biyoteknolojik yöntemlerle tedavisi yapılabilmektedir. Kanser, şeker hastalığı, yüksek tansiyon gibi hastalıklarda da birden fazla gen etkili olduğundan biyoteknolojik yöntemlerle çok başarılı ve ümit verici gelişmeler elde edilmiştir. Kanserli hücrelere karşı alınan bağışıklık hücrelerinin genetiğiyle oynanıp bu hücreler kanserli hücreyi yok edecek şekilde geliştirilmiştir.

Biliyor musunuz?

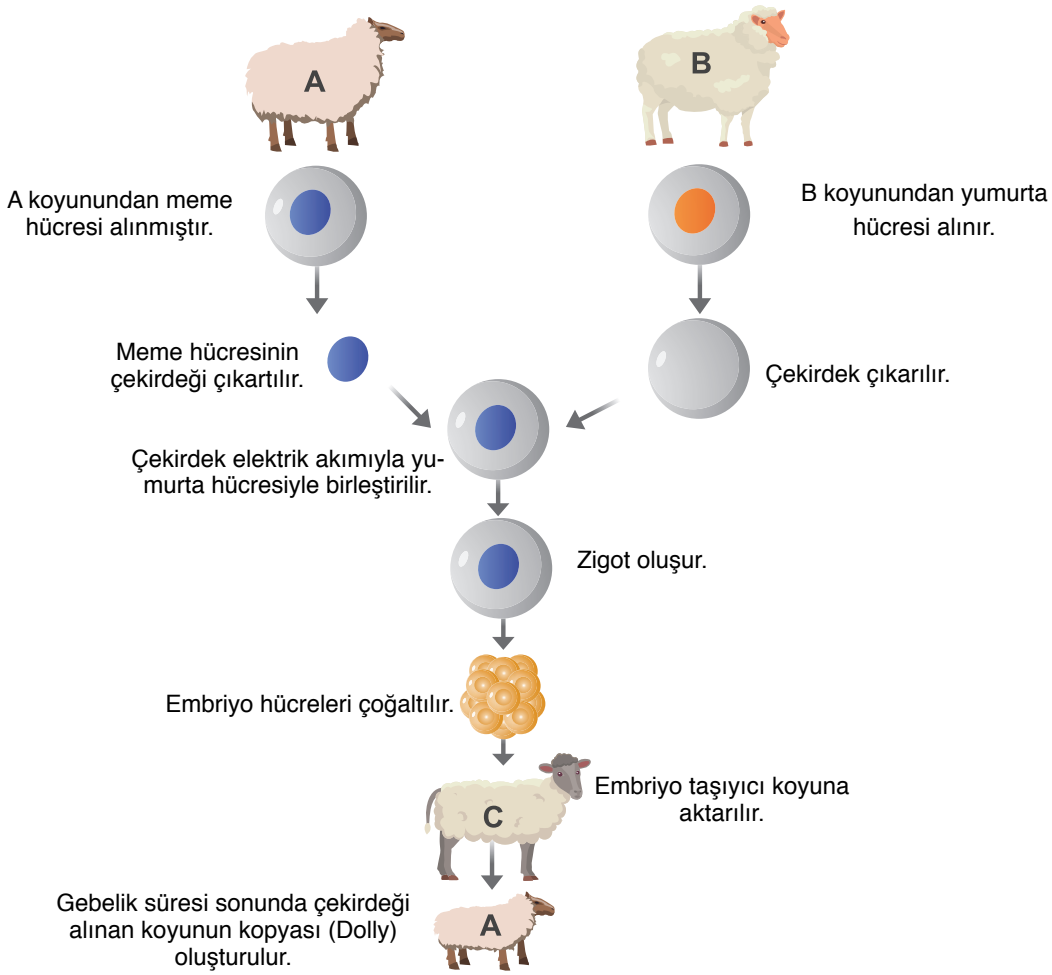
Gen Haritası

Gen terapisi yönteminde normal bireyden alınan gen klonlanıp zararsız bir virüse aktarılır. Hastanın kemik iliğinden alınan hücreler rekombinant virüs ile enfekte edilir. Virüs normal insan genini içeren kendi genomunun bir DNA kopyasını hastanın DNA'sına aktarır. Daha sonra bu hücreler hastaya enjekte edilir.

A. Klonlama Çalışmaları ve Organizmaların Genetiğinin Değiştirilmesinin Olası Sonuçları

Biyoteknoloji uygulamalarının örneklerinden biri de klonlamadır. **Klonlama**, bir canlının tıpatıp aynısının üretilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bilim insanları artık gelişmiş hayvanları rahatlıkla klonlayabilmektedir. 1997 yılında Dr. Ian Wilmut (İyan Vilmut) ve ekibi, ilk kez bir memeli hayvanı kopyalamayı başarmışlardır. Dr. Ian Wilmut ve ekibi, klonlanan Dolly adlı kuzunun doğumunu açıkladıklarında bu olay, bilim dünyasında büyük yankı uyandırmıştır. Çünkü Dolly, farklılaşmış bir hücrenin çekirdeğinin aktarılması sonucunda olgun bir koyundan klonlanmış bir kuzudur.

Dolly kopyalanırken yetişkin bir koyundan alınan bir vücut hücresi çekirdeği, başka bir koyunun, çekirdeği çıkarılmış yumurta hücresine yerleştirilmiştir. Bu yumurtanın çoğaltılmasıyla elde edilen embriyo, taşıyıcı bir annede gelişimini tamamlamıştır. Bu yolla oluşan yavru (Dolly), hücre çekirdeğini aldığı yetişkin koyunun genetik ikizidir (Görsel 1.42).



Görsel 1.42: Dolly'nin klonlanması

Dolly'nin klonlama basamakları şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

- Ergin koyunun meme dokusundan bir hücre alınır.
- Meme hücresi besin bakımından az olan ortama alınarak hücre döngüsü durdurulur.
- Farklı bir koyundan alınan yumurta hücresinin çekirdeği çıkarılır.
- Meme hücresi vericisi koyundan alınan hücrenin çekirdeği, başka koyundan alınan çekirdeği çıkarılmış yumurta içine elektrik akımıyla yerleştirilip kaynaştırılır.
- Elektrik akımı hücre bölünmesini başlatır ve embriyo oluşur.
- Embriyo, taşıyıcı annelik yapacak farklı bir koyunun rahmine yerleştirilir.
- Yavru kuzu Dolly, dünyaya gelir. Bu kuzu, meme hücresinin çekirdeği alınan koyunun genetik ikizidir.

Gen mühendisleri tarafından genleri değiştirilen canlılara, genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO) veya transgenik organizmalar adı verildiğini öğrenmiştik.

GDO'ların elde edilmesinde kullanılan modern biyoteknoloji ya da genetik mühendisliği, doğadaki mevcut mekanizmaların inceliklerini anlayıp bu bilgiler ışığında doğadaki molekülleri kullanarak yeni ürün ve hizmetler ortaya koyar. Ancak GDO'lu ürünlerle ilgili iki görüş ortaya çıkmaktadır. GDO, kimilerine göre 21. yüzyılda insanlığın sorunlarını çözecek; kimilerine göre ise birçok olumsuz sonuç doğuracak modern biyoteknoloji yöntemidir.

GDO'lu ürünlerle ilgili Birleşmiş Milletler (BM) bünyesinde 1992 yılında yapılan Rio Konferansı'nda "Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi" adı altında bir protokolün hazırlanması karara bağlanmıştır. BM Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'ne ek Biyogüvenlik Protokolü, 2000 yılında ülkelerin imzasına açılmış; ülkemiz de 24 Ocak 2004 tarihinde bu protokolü kabul etmiştir. Genetiği değiştirilerek elde edilen canlılar, kimyasallara ya da zararlılara karşı daha dirençli olmaktadır. Bu da tarımda kimyasal böcek ilaçlarının kullanımını azaltmaktadır. GDO teknolojisi; mısırın ve pamuğun zararlılara, soya ve kanolanın böcek ilaçlarına, kabağın da virüslere karşı dirençli olmasında kullanılmaktadır.

Genlere müdahale edilerek bitkilerin lezzet, besleyicilik ya da dayanıklılık gibi özellikleri artırılabilmekte, istenmeyen durumlara daha kolay müdahale etme yetenekleri geliştirilebilmektedir. Genetiği değiştirilmiş organizmaların özellikle aşı ve ilaç yapımında

Biliyor musunuz?

Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'nin ek bir protokolü olarak hazırlanan ve 2003 yılında yürürlüğe giren Cartagena Biyogüvenlik Protokolü, genetik olarak değiştirilmiş organizmaların sınır ötesi hareketleriyle ilgili, evrensel düzeyde bağlayıcı ilk hukuk belgesidir. Türkiye Cartagena Biyogüvenlik Protokolü'nü 2000 yılında imzalamış ve 2003'te onaylamıştır. Protokolün içeriği Türkiye'nin biyogüvenlik konusundaki ulusal mevzuat çalışmalarını büyük ölçüde şekillendirmiştir.

Kaynak: https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1337

Görsel 1.43: GDO tekniği kullanılarak üretilebilen bazı ürünler

kullanılması önem kazanmaktadır. Dünyamızın geleceği için son derece önem taşıyabilecek bir çalışma olan susuzluğa dayanıklı bitki geliştirme çalışmaları ise hâlen devam etmektedir. Ayrıca genetik müdahale ile daha bol ürün elde edilmesi de mümkün olup bu özelliklerinden dolayı GDO'yu savunanlar, bunun dünyada artan gıda ihtiyacının karşılanmasına çözüm olabileceğini düşünmektedir.

GDO'lu ürünlerin sağlık, biyolojik çeşitlilik gibi alanlarda sakıncalı olduğunu ileri sürenler de mevcuttur. GDO'lu ürünleri tüketen insanlarda besin alerjisi en sık görülen sağlık riskidir. Bu tür gıda maddelerinin etiketlerine gerekli uyarıların yazılması ve bunların patentli olması gerekmektedir. Ayrıca GDO'lu tarım bitkilerinin direnç mekanizmalarının doğal gen değişimiyle (üreme) başka yabanıl türlere geçebileceği, bu türlerin besin zincirine zarar vereceği düşünülmektedir. Ancak GDO'lu ürünlerin (Görsel 1.43) insan sağlığına etkilerinin tam olarak anlaşılması için bilimsel araştırmalar hâlen devam etmektedir.

B. Biyogüvenlik ve Biyoetik

Biyogüvenlik canlıların sağlığını, çeşitliliğini ve çevreyi korumak için GDO'lu ürünlerin doğurabileceği riskleri değerlendirmek ve kontrol altına almak şeklinde tanımlanır.

Verimli bir tarım sektörü, ekonomik büyümenin artması ve yoksulluğun azaltılması için kritik bir öneme sahiptir. Biyoteknolojinin ve genetik mühendisliğinin ortaya çıkışı, tarımsal araştırmalarda elde edilebilecek imkânları büyük ölçüde genişletmiştir. Klasik melezleme tekniği ile farklı türlerden gen aktarmada en önemli engeller, genetik mühendisliği teknikleri ile gen aktarılması sayesinde tamamen ortadan kaldırılmakta; ıslah süresi kısaltılmakta, yabani canlılardan gen kaynağı olarak sonsuz yararlanma imkânına kavuşulmaktadır. Ancak bu konuda ahlaki, dinî, sosyal ve çevre ile ilgili kaygılardan kaynaklanan biyoetik kavramı ortaya çıkmıştır.

Biyoetik terimi, ilk kez 1970 yılında Hollandalı biyokimyacı Van Rensselaer Potter (Fan Rensiler Putır) tarafından kullanılmıştır. Biyoetik; biyoteknolojide yaşanan gelişmeler, canlı yaşamları, insanın özgürlük ve onuru açısından meydana getirdiği sorunlara çözüm geliştirmesiyle ilgili bir kavramdır. Biyoetik kavramıyla birlikte tarım; gıdaların işlenmesi, dağıtımı, ticareti ve tüketimi gibi gıda sistemi ile ilişkili değerler de sistematik olarak tartışılmaya başlanmıştır. Genetik kaynakların toplanması, envanterinin çıkarılması, gen kaynaklarının modern biyoteknoloji yöntemleri ile

Biliyor musunuz?

Etik, Yunanca "ethos" sözcüğünden gelmektedir. Etiğe, "ahlak kuramı" ya da "teorik ahlak" da diyebiliriz.

korunması, değerlendirilmesi, karakterize edilmesi, canlılığının uzun yıllar muhafaza edilmesi ve etkin bir şekilde ıslahçıların kullanımına açılması sağlanmalıdır. Biyogüvenlik, biyoteknolojik çalışmaların doğayı ve insan yaşamını etkilememesi için ülkelerce yasal denetim altına alınması işlemidir.

Gerek biyoteknolojik ürünlerin geliştirilmesi gerekse doğaya uygulanması sırasında biyogüvenlikle ilgili kanunun AB mevzuatıyla uyumlu olacak şekilde düzenlenmesi ve bu mevzuatı uygulayacak yetkin kişilerin eğitilmesi gerekmektedir. Biyogüvenlik mevzuatının bilimsel esaslara dayalı olması, yurt içinde yapılacak çalışmaları engelleyici değil, kolaylaştırıcı tedbirleri içermesi önem taşımaktadır. Diğer teknoloji alanlarında olduğu gibi 21. yüzyılın teknolojisi olarak kabul edilen modern biyoteknolojide de Türkiye geri kalmamalıdır. Ülkemiz teknoloji ve tohum geliştiren ülkelerin arasında yer almalıdır.

Etik; binlerce yıldır "iyi" ve "doğru" kavramlarının ne olduğunu, "evrensel iyi", "evrensel doğru" olup olmadığını ve bunlara ulaşılıp ulaşılamayacağını araştıran zihinsel bir çabadır. "Etik" sözcüğü Türkçede "bireyin sosyal değerleri" anlamında kullanılmaktadır. Bir başka deyişle dilimizde etik, bir yandan kişinin sonradan edindiği tutum ve davranışlar için kullanılırken öte yandan toplumun benimsediği değer sistemlerinin de adı olmuştur.

Modern biyoteknoloji; toplum için geniş kapsamlı yasal, ahlaki ve etik çıkarımlar ortaya koymaktadır.

Biyoteknolojik gelişmeler tam olarak ortaya konulmamışken etik sorunlara da yanıtlar aranmak zorunda kalınmıştır. Bu sorunlar şu durumlardan kaynaklanmaktadır:

- Aktarılan genin tüketici tercihleri dışında olması
- Dinî yaklaşımlar
- İnsan sağlığına zarar verme olasılığı
- Çevreye verilecek olası zararlar
- Besinlerin doğal özelliğinin kaybolması
- Tüketilen besinlerin özelliğinin bilinmemesi
- Tüketicinin seçim özgürlüğünün sınırlanması

Görüldüğü gibi tartışmaya açık birçok konu vardır. Toplum, gen aktarımlı ürün tüketimindeki tercih hakkını kullanmalıdır. Çünkü sağlıklı gıda tüketimi insanların en doğal hakkıdır. Tüketici hakları gereği marketlerde tüketime sunulan ürünlerin üzerine

Biliyor musunuz?

BİYOGÜVENLİK KANUNU

MADDE 1 – (1) Bu Kanunun amacı; bilimsel ve teknolojik gelişmeler çerçevesinde, modern biyoteknoloji kullanılarak elde edilen genetik yapısı değiştirilmiş organizmalar ve ürünlerinden kaynaklanabilecek riskleri engellemek, insan, hayvan ve bitki sağlığı ile biyolojik çeşitliliğin korunması, sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla biyogüvenlik sisteminin kurulması ve uygulanması, bu faaliyetlerin denetlenmesi, düzenlenmesi ve izlenmesi ile ilgili usül ve esasları belirlemektir.

Kaynak: https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5977.pdf

"GDO'lu" ya da "GDO'suz" etiketi konularak tüketici bilgilendirilmelidir. Geleneksel gıdaların yerini henüz tanınmayan gıdaların alması, bu gıdalara karşı tüketimde kararsızlığa, damak tadında farklılığa ve toplumsal sorunlara yol açabilmektedir.

Gen aktarım teknolojisinin tüketiciler ve çevre açısından ortaya koyduğu riskli durumların ve sağladığı yararların iyi hesaplanması gerekir. Gen aktarımlı gıdaların yararlı ya da riskli oluşu duruma göre değişir. GDO içeren gıdaların gerçek genetik etkileri hakkında belirsizlikler vardır. Bu belirsizlikler varken GDO ile ilgili çalışmaların yararlı yönlerinin ön plana çıkarılarak riskli yönlerinin göz ardı edilmesi de doğru ve etik değildir. Genetik mühendisliği ve biyoteknolojinin insanlara, yeniliklere cesaretle yaklaşabilecekleri özgür bir çalışma alanı bırakması da önemlidir.

Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji çalışmalarının sonucunda riskli durumlar olabilir. Bu yüzden tüketicilerin GDO içeren gıdalar hakkında gerçekçi ve sağlıklı kararlar vermeleri zordur.

Bazı insanların böcek gibi hayvan genlerinin kullanıldığı ürünleri tüketmek istememeleri doğaldır. Bu durumda ürünlerin GDO'lu olup olmadığı gibi gerekli bilgilerin ürün etiketlerinde doğru ve açık bir şekilde verilmesi, insanlık görevi ya da etik açıdan bir zorunluluktur.

Son yıllarda tıp ve sağlık alanında en çok tartışılan konuların başında gelen klonlama ve kök hücre uygulamaları, içerdiği etik sorunlar nedeniyle de tartışmalara yol açmaktadır (Görsel 1.44). İnsan kopyasının üretilmesi anlamına gelen üreme amaçlı klonlama, insan onuruna aykırılık oluşturduğu gerekçesiyle uluslararası anlaşma ve bildirgelerle yasaklanmıştır.

Görsel 1.44: Kök hücre araştırmalarında dikkatli olunmazsa etik sorunlar oluşabilir.

Kök hücre araştırma ve uygulamalarına ilişkin başlıca etik tartışmalar:

- Kök hücre kaynakları
- Tedavi amaçlı kullanım alanları
- Kök hücre araştırmaları ve ilgili yasal düzenlemelerin henüz hazırlanmamış olması

Uygulamaların kötüye kullanılma olasılığı konularında yoğunlaşmaktadır.

Kök hücrelerin, elde edildikleri kaynağa bağlı olarak farklılaşma kapasiteleri ve etkinlikleri değişebilmektedir. Embriyonik kök hücrelerin kaynağı, kliniklerde döllenmiş ve araştırma amaçlı bağışlanmış embriyolardır. Fetal kök hücreler, göbek kordon kanından ve gebeliğin istemli ya da istemsiz olarak sonlanması sonucu fetal dokudan elde edilmektedir. Bu dokuların kök hücre kaynağı olarak deneysel ve tedavi amaçlı kullanımı konusundaki etik tartışmalar, temel olarak embriyonun ahlaki statüsüne ilişkin bakış açılarının farklılığı ile ilgilidir. Bu farklılıkla ilgili temelde üç görüş ortaya çıkmaktadır:

Birinci görüşü savunanlar embriyonun bir "kişi" olduğunu ve haklarına saygı gösterilmesi gerektiğini öne sürerek embriyonik ve fetal kök hücrelerin kullanılmasına karşı çıkmaktadır. İkinci görüşü savunanlar embriyonun "kişi" sayılamayacağını öne sürer. Bu yüzden kök hücrenin deney ve kullanımının etik sorun oluşturmayacağını dile getirmektedir. Üçüncü görüşü savunanlar ise embriyonun deneysel ya da tedavi amaçlı kullanımını gerektiren bir ahlaksal nedenin var olup olmadığına odaklanılmasını önermekte, embriyo ve fetal dokuların insanların tedavisi için kullanılmasını ahlaki bir seçim olarak nitelendirmektedir.

Kök hücre araştırma ve tedavisine ilişkin imkânlar iyi yönde kullanılmalıdır. Henüz faydaları kanıtlanmamış girişimler "mucize tedaviler" gibi sunulmaktan kaçınılmalıdır. Tedavi beklentisi içindeki insanlar doğru bilgilendirilmelidir.

Tartışalım

Biyogüvenlik ve biyoetik konularını araştırarak sınıfınızda arkadaşlarınızla bir tartışma ortamı oluşturunuz. Tartışma sonucunu yazarak sınıf panonuzda paylaşınız.

1. Ünite Ölçme ve Değerlendirme Etkinliği-2

2. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıda verilen ifadelerde bildirilen yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (....) Bir amino asit birden fazla kodon tarafından belirlenebilir.
2. (....) DNA molekülünde, sentezlenecek proteinlerin amino asit dizilim bilgisi bulunur.
3. (....) mRNA'daki nükleotit sayısı, DNA'nın şifreyi aktaran kısmındaki nükleotit sayısından fazladır.
4. (....) Yetişkin kök hücrelerinin bölünme yetenekleri yoktur.
5. (....) Her canlı protein sentezi yapar.
6. (....) Tüm RNA çeşitleri çift zincirden oluşur.
7. (....) Protein sentezinde her zaman DNA'nın tamamı açılarak mRNA sentezi yapılır.
8. (....) Tüm hücrelerde mRNA'nın sentezi ribozom içinde gerçekleşir.
9. (....) Kuzu Dolly, farklılaşmış bir hücrenin çekirdeğinin aktarılması sonucunda olgun bir koyundan klonlanmıştır.
10. (....) İnsan insülin hormonu biyoteknolojik yöntemle mikroorganizmalara ürettirilebilir.

B. Aşağıdaki cümlelerde noktalı yerlere verilen kelimelerden uygun olanı yazınız.

kök hücreler, ribozom, UAA, transkripsiyon, GGC, model organizma, AAA, DNA ligaz, AUG, GDO, transgenik organizma, CUC, GUC, metiyonin, UAG, interferon, UGA

1. Protein sentezi sırasında tRNA, amino asitleri ..... organeline taşır.
2. Çeşitli biyolojik olayların anlaşılması için üzerinde çalışılan canlılara ..... denir.
3. Protein sentezinde ..... başlangıç kodonudur.
4. DNA'nın kalıp ipliğindeki şifreler CCG, TTT, GAG ve CAG ise buradan sentezlenecek kodonlar .. .., ..., ..., ve .....şeklinde olur.
5. mRNA'daki AUG başlangıç kodonu ..... amino asidini şifreler.
6. Embriyoda farklı hücre tiplerine dönüşebilen ..... bulunur.
7. Okazaki parçaları ..... enzimi ile bağlanır.
8. Gendeki kalıp zincirden mRNA sentezlenmesine ..... denir.
9. Protein sentezinde ....., ... ve ..... bitiş kodonlarıdır.
10. Genetik mühendisleri tarafından genleri değiştirilen canlılara ..... veya ..... denir.

1. ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıdaki çoktan seçmeli sorularda doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıda verilenlerden hangisi, DNA ya da RNA molekülünün hidrolizi sonucu elde edilemez?

A) Amino asit B) Fosforik asit C) Riboz
D) Timin E) Urasil

2. Aşağıda bir polipeptit zincirindeki amino asit çeşitleri ve sıraları verilmiştir.

Z – H – Z – R –Y – Y – R – B – Z – H

Bu polipeptit zincirine göre

I. mRNA molekülünde en az 5 çeşit kodon bulunur.

II. Peptit bağı sayısı 9'dur.

III. En az 10 çeşit tRNA, amino asit taşımıştır.

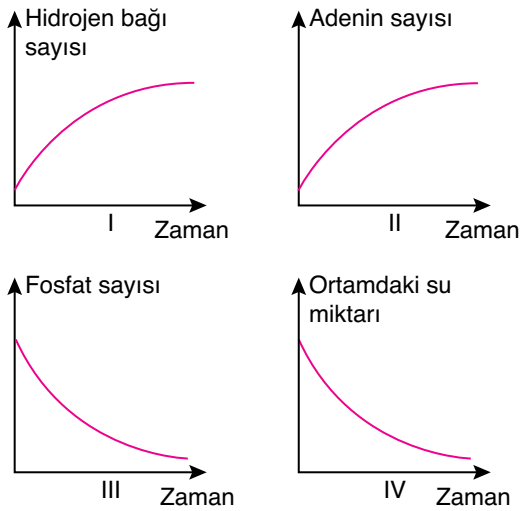
ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

3. Normal azotlu nükleotitler içeren bir DNA molekülü, ağır azotlu nükleotitlerin bulunduğu ortamda iki kez eşlenirse oluşan DNA'ların oranları ve nitelikleri aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

A) %25 melez, %75 ağır
B) %25 normal, %75 ağır
C) %75 melez, %25 ağır
D) %50 melez, %50 normal
E) %50 melez, %50 ağır

4.

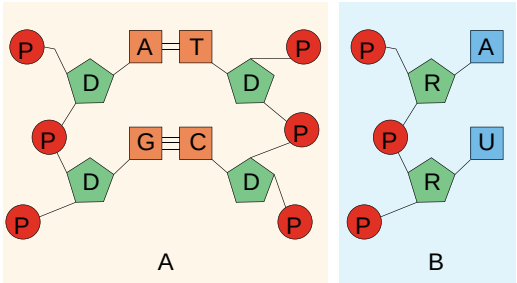


Uygun şartlar altındaki bir deney tüpünde DNA molekülü tamamen hidroliz ediliyor.

Buna göre yukarıdaki grafiklerden hangileri doğrudur?

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

5. Aşağıda A ve B nükleik asitlerinin açık gösterimi verilmiştir.



A ve B ile gösterilen nükleik asitlerde aşağıdakilerin hangisinde verilen özellik kesinlikle ortak olarak gözlenir?

A) Adenin deoksiribonükleotidi içermeleri
B) Zayıf hidrojen bağı içermeleri
C) Riboz şekeri bulundurmaları
D) Fosfodiester bağı bulundurmaları
E) Urasil nükleotidi içermeleri

6. I. Zayıf hidrojen bağı bulundurma

II. Pentoz şekeri bulundurma

III. Pürin bazı bulundurma

Yukarıdakilerden hangileri DNA ve tRNA için ortaktır?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III

D) II ve III E) I, II ve III

7.

Yukarıdaki şekilde mRNA ve mRNA'nın protein sentezindeki okunma yönü verilmiştir.

Buna göre protein sentezinde,

I. 5 peptit bağı kurulur.

II. 1 molekül su oluşur.

III. 3 tRNA molekülü görev yapar.

ifadelerden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III

D) I ve III E) I, II ve III

8. **Replikasyon ve transkripsiyon olayları gerçekleşirken aşağıdaki nükleotitlerden hangileri arasında hidrojen bağı kurulamaz?**

A) Deoksiriboz içeren guanin nükleotidi ile riboz içeren sitozin nükleotidi arasında

B) Deoksiriboz içeren adenin nükleotidi ile riboz içeren urasil nükleotidi arasında

C) Deoksiriboz içeren timin nükleotidi ile riboz içeren adenin nükleotidi arasında

D) Riboz içeren guanin nükleotidi ile riboz içeren sitozin nükleotidi arasında

E) Deoksiriboz içeren adenin nükleotidi ile deoksiriboz içeren timin nükleotidi arasında

9. I. AUGCC

II. AAGCA

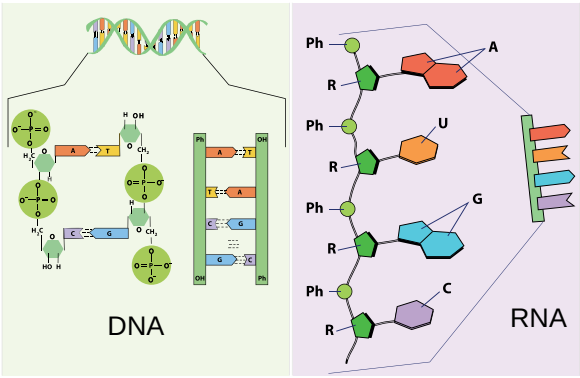
III. ATCTA

Yukarıdaki nükleik asitlere ait zincir parçalarından hangilerinin DNA molekülüne ait olduğu kesindir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III

D) I ve III E) I, II ve III

10. Aşağıdaki şekillerde DNA ve RNA'nın farklı gösterimleri verilmiştir.



Bu yapılara göre aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

		DNA	RNA
A)	İçerdiği organik bazlar	A, G, C, T	A, G, C, U
B)	Yapı	Çift zincir	Tek zincir
C)	Şeker	Riboz	Deoksiriboz
D)	Nükleotitten oluşma	Oluşur	Oluşur
E)	Kendini eşleme	Eşler	Eşleyemez

11. Kapsülsüz *Streptococcus pneumonie* bakterisi zatürreye neden olmazken kapsüllüsü zatürreden ölüme neden olur.

I. Fare + kapsülsüz bakteri → yaşar.

II. Fare + kapsüllü bakteri → ölür.

III. Fare + ısıtılmış kapsüllü bakteri → yaşar.

IV. Fare + ısıtılmış kapsüllü bakteri + kapsülsüz bakteri → ölür.

Yukarıda verilen deney sonuçlarına göre seçeneklerde verilen bilgilerden hangisine varılamaz?

A) II. deneyde kapsüllü bakteri farenin zatüreden ölümüne neden olmuştur.

B) III. deneyde ısıtılmış kapsüllü bakterinin DNA yapısı bozulmuştur.

C) IV. deneyde ısıtılmış kapsüllü bakterinin protein özütü kapsülsüz bakteriyi değiştirmiştir.

D) IV. deneyde ölen farenin vücudunda kapsüllü bakteri gözlenir.

E) I. deneyde kapsülsüz bakteri farenin bağışıklık sistemi tarafından yok edilmiştir.

12. DNA —I→ mRNA —II→ Protein → Yapısal / İşlevsel

Hücre içinde genetik bilginin aktarımı yukarıda verilmiştir.

Buna göre, numaralandırılmış olaylarla ilgili aşağıdaki açıklamalardan hangisi yanlıştır?

A) Bilgi aktarımı tek yönde gerçekleşir.

B) Ökaryot hücrede I numaralı olay, çekirdekte gerçekleşir.

C) II. olayda ribozom görev alır.

D) I. olayda oluşabilecek mutasyon, proteinin yapısını değiştirebilir.

E) II. olay, transkripsiyon olup sitoplazmada gerçekleşir.

13.

Yukarıda bir proteinin amino asit dizilimi sembolik olarak gösterilmiştir. Geometrik şekiller amino asidi göstermektedir.

Bu protein sentezinde

I. 5 molekül su açığa çıkmıştır.

II. mRNA'da 18 kodon görev almıştır.

III. DNA'nın kalıp ipliğinde 21 nükleotit görev yapmıştır.

ifadelerinden hangileri doğrudur? (Durdurucu kodonu dikkate alınız.)

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

14. Üç farklı protein molekülünün yapısına

– metiyonin, – triptofan,

– histidin, – fenilalanin

amino asitlerinden aynı miktarda katılmasına rağmen proteinlerin birbirinden farklı olması,

I. Amino asitlerin diziliminin farklı olması

II. Amino asitlerin bağlanma şeklinin farklı olması

III. Durdurucu kodonların farklı olması

durumlardan hangileri ile açıklanabilir?

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

15. a ↻ DNA $\underset{d}{\overset{b}{\rightleftarrows}}$ RNA $\underset{e}{\overset{c}{\rightleftarrows}}$ PROTEİN

Bir hücre yukarıdaki şemada verilen a, b, c, d ve e olaylarından hangilerini gerçekleştiremez?

A) Yalnız a B) Yalnız d C) Yalnız e
D) d ve e E) a, b ve c

16. Aşağıdaki tabloda çeşitli amino asitlerin üçlü şifreleri verilmiştir.

Amino asit	Kodon	Kodon	Antikodon
■	AGA		AGA
●		CCC	
★	ATA		AUA
▲			GGU

Bu tabloya göre verilen şifrelerden "■ ▲ ● ★" diziliminde bir protein sentezi için mRNA molekülünün nükleotit dizilimi aşağıdakilerden hangisidir?

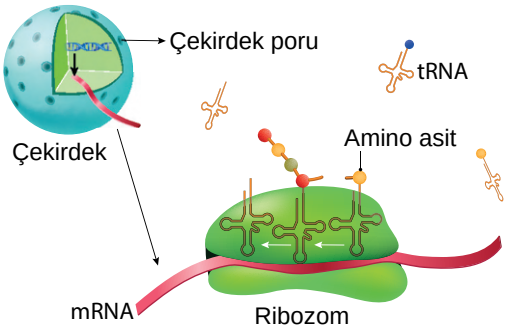
A) UCUCCCUAGGA
B) AGAGGGAUAGGU
C) AGACGCCCCUAG
D) UCUCCACCCUAU
E) CCGGGGAGAAUU

17. I. DNA replikasyonu
II. mRNA sentezi
III. Protein sentezi tamamlandıktan sonra DNA'nın parçalanması
IV. Su miktarının artması

Yukarıda verilenlerden hangileri protein sentezi sırasında gerçekleşir?

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

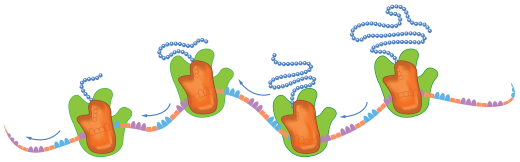
18. Aşağıda çekirdekte başlayıp sitoplazmada devam eden protein sentez mekanizması şematize edilmiştir.



Buna göre RNA çeşitleri ile ilgili verilen özelliklerden hangisi yanlıştır?

A) mRNA, DNA zincirine uygun olarak çekirdekte sentezlenir.
B) mRNA sitoplazmada ribozom organeline bağlanır.
C) tRNA 3 nükleotitten oluşur.
D) tRNA uygun amino asitleri ribozom organeline taşır.
E) tRNA ile mRNA arasında birbirine uygunluk vardır.

19. Aşağıda polizom yapısı şematize edilmiştir.



Buna göre bu polizomda üretilen proteinlerle ilgili aşağıdakilerden hangisi söylenemez?

A) Aynı protein sentezlenir.
B) Kurulan peptit bağı sayısı eşittir.
C) Kısa sürede çok sayıda protein üretilir.
D) Amino asit dizilimleri aynıdır.
E) Her birinin başlangıç amino asidi farklıdır.

B. Aşağıdaki soruların cevaplarını noktalı yerlere yazınız.

1. Nükleotidin ne olduğunu açıklayıp yapısındaki kısımları yazınız.

.....

.....

.....

2. DNA ve RNA moleküllerinin üçer tane benzer ve farklı yönlerini yazınız.

.....

.....

.....

3. Genetik mühendisliği ile biyoteknolojinin farkı nedir?

.....

.....

.....

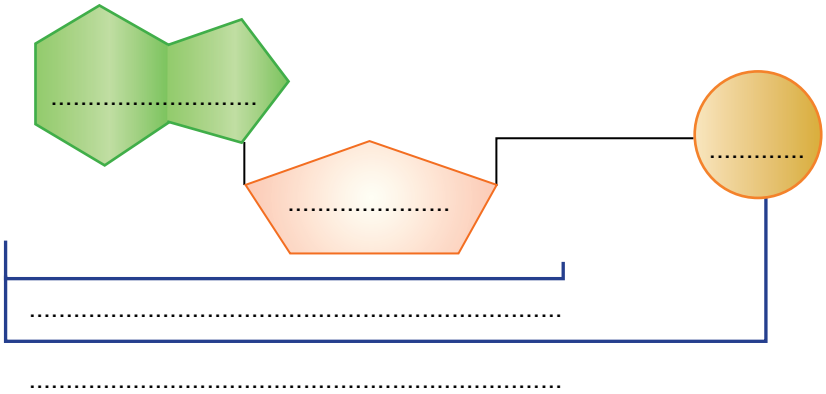
4. Genetiği değiştirilmiş organizmalar için toplumda hangi endişeler ortaya çıkmaktadır? Yazınız.

.....

.....

.....

5. Aşağıda, yönetici molekül olan DNA'yı oluşturan bir yapı birimi verilmiştir. Boş bırakılan yerleri doldurunuz.



1. Ünite Sonu Değerlendirme Çalışmaları-3

2. ÜNİTE

CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ

- 1. BÖLÜM Canlılık ve Enerji
- 2. BÖLÜM Fotosentez
- 3. BÖLÜM Kemosentez
- 4. BÖLÜM Hücresel Solunum

EBA

2. Ünite Sunu

1. BÖLÜM

Canlılık ve Enerji

Anahtar Kavramlar

- ATP
- Enerji
- Enerji dönüşümü
- Fosforilasyon
- Fotosentez
- Hücresel solunum
- Kemosentez

Neler Öğreneceksiniz?

Canlılık ve Enerji bölümünde Canlılığın devamı için enerjinin gerekliliğini, ATP molekülünün yapısını ve Fosforilasyon çeşitlerini öğreneceksiniz.

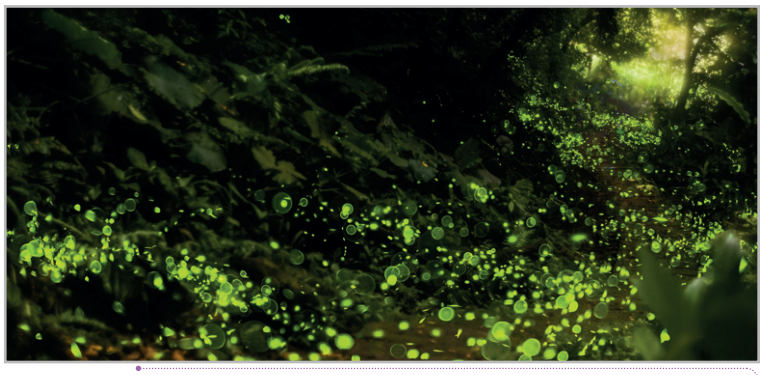
Hazırlık Soruları

1. Hücrelerin, canlılığını devam ettirebilmek için sürekli olarak enerjiye ihtiyaç duymasının nedeni nedir?

2. ATP'nin tüm canlılar tarafından kullanılmasının nedeni nedir?

2.1.1. Canlılığın Devamı İçin Enerji Gereklidir

Hepinizin bildiği ilginç canlılardan biri olan ateş böceklerinin nasıl ışık yaydığını hiç düşündünüz mü? Ateş böcekleri, toplu hâlde bulundukları yerlerde, yanıp sönen ışıklarıyla ortalığı şimşek çakmış gibi aydınlatır. Ateş böcekleri bazen o kadar parlak ışık yayar ki ağaç dallarında bulundukları zaman uzaktan ağaçlar içinde ışık yanıyormuş gibi görünür (Görsel 2.1).



Görsel 2.1: Ateş böcekleri ışık saçar.

Ateş böceklerinin ışık organları, karın bölümünün son kısmında bulunur (Görsel 2.2). Bu kısım saydam bir tabaka ile örtülüdür. Karnın iç kısmı, ışığı yansıtıcı bir tabakadan oluşmuştur. Işık organında üretilen ve yağa benzeyen lüsiferin maddesi, lüsiferinaz enziminin katalizörlüğünde kademeli olarak oksijen yardımı ile parçalanır. Bu kimyasal olay sonucunda ateş böceklerinde ışık meydana gelir. Oksijenin tüketimine bağlı olarak ışık ara sıra yanıp söner. Ateş böceğinin ürettiği ışık, kimyasal enerjinin ışık enerjisine dönüşmesi sonucudur. Üretici canlılar, ışık enerjisini kimyasal enerjiye çevirirken ateş böcekleri kimyasal enerjiyi ışık enerjisine çevirir. Bu ışık, ateş böceğinin hem üremesine hem de düşmanlarına karşı kendini savunmasına yardımcı olur. Eğer ateş böceği bu davranışı gerçekleştirecek enerjiyi üretemeseydi yaşamını sürdüremezdi. Peki, ateş böcekleri ihtiyaç duydukları enerjiyi nereden sağlar? Yaşam, canlıların enerjiyi bir biçimden başka bir biçime dönüştürebilme yeteneği sayesinde devam eder.

Canlılarda gerçekleşen yapım ve yıkım tepkimelerinin tümü **metabolizma** olarak tanımlanır. Hücrelerdeki metabolik faaliyetlerin çoğu için enerji gerekir. Örneğin canlılar hareket ederken, beslenirken, soluk alıp verirken enerji harcar. Enerji yok olmaz ancak bir formdan başka bir forma dönüşebilir.

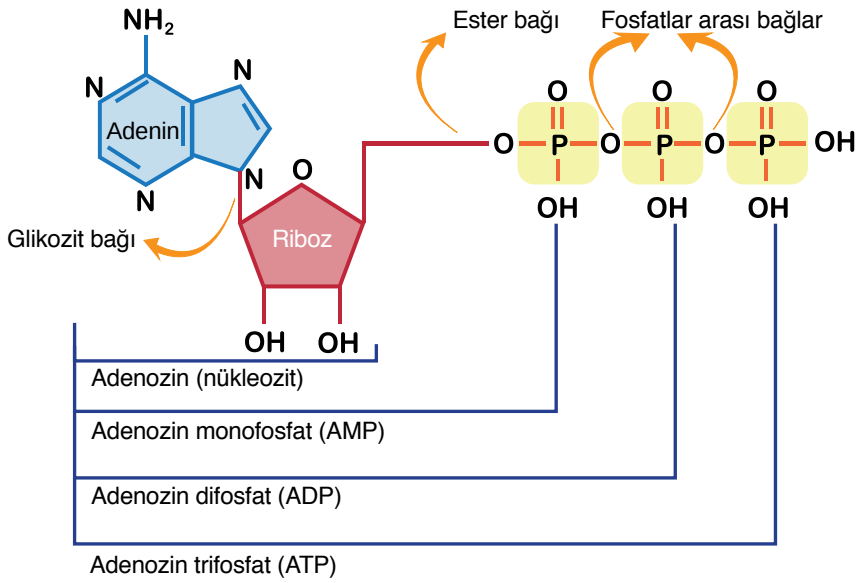
Hücrelerde enerji üretimi ve üretilen enerjinin başka formlara dönüşerek diğer canlılara aktarımı ekosistemlerin devamlılığı açısından önemlidir.

Görsel 2.2: Ateş böceğinin ışık organı, karın bölümünün son kısmındadır.

A. Enerjinin Temel Molekülü Adenozin Trifosfat (ATP)

Enerji iş yapabilme yeteneğidir. Hücreler, var olan enerji çeşitlerini, kullanabilecekleri enerji türlerine dönüştürerek hayatlarını devam ettirir. Bütün hayat belirtileri ve metabolizma olaylarının tamamı, hücredeki kimyasal reaksiyonlara bağlıdır. Bu durum, canlılık için temel öneme sahiptir ve tüm hayat olaylarının devamlılığı için esastır. 9. sınıf biyoloji dersinin "Yaşam Bilimi Biyoloji" ünitesinden de hatırlayacağınız gibi ATP, hücrede oluşan yaşamsal olaylar için gerekli enerjiyi sağlayan temel moleküldür.

ATP, hücrenin enerji gerektiren hemen her reaksiyonunda, enerji kaynağı olarak kullanılır. Kimyasal enerjinin transferini sağlayan çeşitli enzimatik reaksiyonlarda, fosfatlar arası bağlar hidroliz ile kırılır ve enerji açığa çıkar.



Görsel 2.3: ATP molekülünün yapısı

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi ATP; adenin denilen azotlu organik bir bazdan, beş karbonlu bir şeker olan ribozdan ve üç fosfat grubundan meydana gelir (Görsel 2.3).

ATP molekülü canlılarda sürekli olarak tüketilir ve üretilir. En sondaki fosfat grubu koptuğu zaman geriye ADP ve tek inorganik fosfat (Pi) kalır. Bu sırada enerji açığa çıkar ve bu enerji de canlılığın devamı için gereklidir. ADP'den bir fosfat daha koparsa AMP oluşur.

ATP'den bir fosfat grubu ayrıldığında fosfatlar arası bağ kırılır ve bu olaya **defosforilasyon** denir. Fosfat grubunun ADP'ye

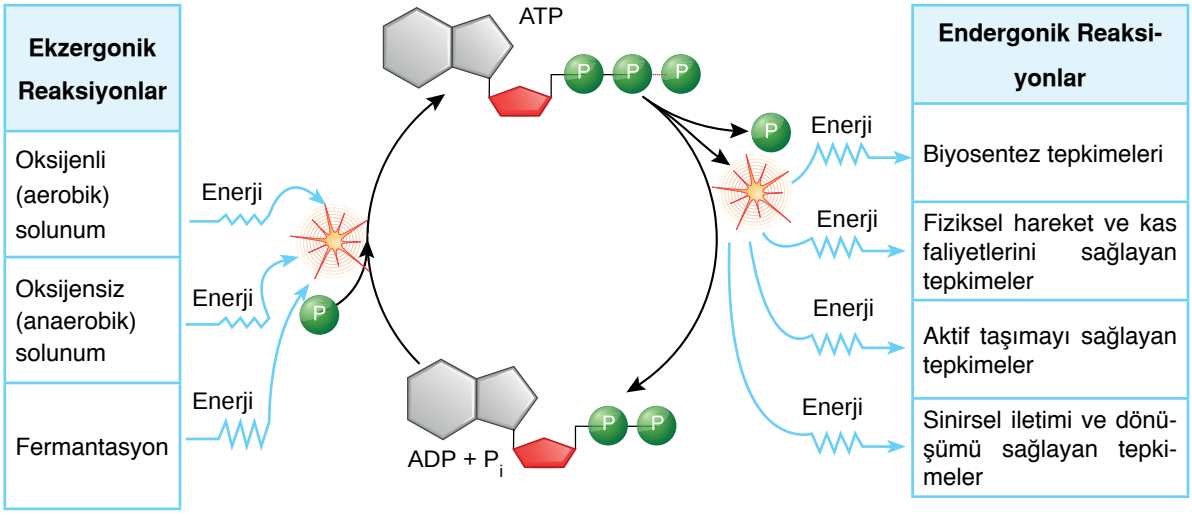
bağlanması da **fosforilasyon** olarak adlandırılır. Bu yolla enerji, bir molekülden diğerine aktarılır.

$$ATP + Su \underset{\text{Fosforilasyon}}{\overset{\text{Defosforilasyon}}{\rightleftharpoons}} ADP + P_i + \text{Enerji}$$

Hücrede enerji gerektiren pek çok olay, ATP'nin parçalanması sonucunda açığa çıkan enerji ile gerçekleşir. Enerjinin büyük bir kısmı, fosfatla birlikte aktarıldığı moleküle geçer, bir kısmı da ısı enerjisine dönüşür.

Hücredeki metabolik olaylar, enerjiyi açığa çıkarma veya enerjiyi kullanma şeklinde gerçekleşir. Enerji açığa çıkaran reaksiyonlara **ekzergonik**, enerji alan reaksiyonlara ise **endergonik reaksiyon** denir. Örneğin oksijenli ve oksijensiz solunum olayı ekzergonik; aktif taşıma, protein sentezi, hücre bölünmesi, sinirsel iletim ise endergoniktir (Görsel 2.4).

ADP'ye dehidrasyon senteziyle bir fosfat eklenmesi sonucu ATP sentezlenir. Bunun için gerekli enerji, organik bileşiklerin oksijenli solunum, oksijensiz solunum ya da fermantasyon ile parçalanmasından elde edilir. İnorganik fosfat ATP'nin hidrolizi ile ATP'den ayrılır. Bu sırada açığa çıkan enerji ise hücre içinde kullanılır.



Görsel 2.4: ATP molekülünün döngüsü

Ekosistemdeki bitkiler, hayvanlar, mantarlar, tek hücreli canlılar yaşamlarını sürdürebilmek için enerjiye ihtiyaç duyar. Yeryüzündeki yaşamın devamlılığı güneş enerjisinden sağlanır. Güneş enerjisi, fotosentezle organik moleküllerin bağlarında kimyasal enerjiye dönüştürülerek depolanır. Hücresel solunum ile organik moleküller parçalanır ancak açığa çıkan kimyasal enerji, hücrede doğrudan kullanılmayıp öncelikle ATP molekülünün yapısında tutulur. Bu sebeple her hücre, kendi ATP'sini üretir ve yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirir. Eğer hücre ATP üretemezse yaşamını sürdüremez. Bu yüzden ATP, canlılar için temel enerji molekülüdür.

ATP'nin bazı özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

- Her hücre ihtiyaç duyduğu ATP'yi kendi sentezler.
- ATP sentezi hücrede sitoplazma, mitokondri ve kloroplast gibi yapılarda gerçekleşir.
- ATP hücrede depolanamaz.
- ATP enerji taşıyıcı olarak görev yapar.
- ATP oluşumu dehidrasyon tepkimesiyle, parçalanması hidroliz tepkimesiyle olur.

ATP sentezi, fosforilasyon olayıdır. Fosforilasyon üç şekilde gerçekleşir:

Substrat düzeyinde fosforilasyon: Yapısında fosfat bulunan bir substrattan enzim yardımıyla ADP'ye bir fosfat grubu aktarılarak ATP sentezlenmesidir. Oksijensiz solunum, oksijenli solunum ve fermantasyon yapan canlıların hepsinde görülür.

Oksidatif fosforilasyon: Organik molekülden ayrılan hidrojenlerin indirgenme-yükseltgenme olayları sayesinde elektronların taşınması sırasında açığa çıkan enerji ile ATP sentezlenmesidir. Oksijenli solunumun elektron taşıma sistemi evresinde gözlenir. Ayrıca inorganik madde oksitlenmesine bağlı organik madde üretiminde açığa çıkan enerjiden ATP üretimi de oksidatif fosforilasyondur. Dolayısıyla kemosentez olayında da oksidatif fosforilasyon gerçekleşir.

Fotofosforilasyon: Işık enerjisi ile ATP sentezlenmesidir. Klorofilli canlılarda fotosentez olayında gerçekleşir.

1. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıda verilen ifadelerde bildirilen yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (....) Enerji, iş yapabilme yeteneğidir.
2. (....) Tüm canlılar, hayatlarını devam ettirebilmek için enerjiye ihtiyaç duyar.
3. (....) ATP, hücrede depolanıp ihtiyaç duyulduğunda kullanılır.
4. (....) ATP molekülünde 4 fosfat grubu arasında yüksek enerjili bağ bulunur.
5. (....) ATP'nin yapısında azot elementi bulunur.
6. (....) Fermantasyon olayı endergonik bir reaksiyondur.
7. (....) Oksijenli ve oksijensiz solunum ekzergonik bir olaydır.
8. (....) ATP'nin sentezine defosforilasyon denir.
9. (....) ATP'deki enerjinin tamamı, fosfatla birlikte aktarıldığı moleküle geçer.
10. (....) Hücredeki protein sentezi ekzergonik bir reaksiyondur.
11. (....) Yeryüzündeki yaşamın devamlılığı güneş enerjisinden sağlanır.
12. (....) ATP molekülünde ester bağı bulunur.

B. Aşağıdaki ifadelerde noktalı yerlere doğru kelimeleri yazınız.

endergonik, fotofosforilasyon, dehidrasyon, sitoplazma, mitokondri, fosforilasyon, substrat düzeyinde fosforilasyon, hidroliz, Güneş, adenin, fosfat, ekzergonik, ADP, fosfat molekülleri, riboz, ATP, oksidatif fosforilasyon, kloroplast, ısı, hücre

1. ..... canlılar için temel enerji molekülüdür.
2. ATP ..... tepkimesiyle oluşur, ... tepkimesiyle parçalanır.
3. Hücrede ....., ... ve ..... gibi yapılarda ATP sentezi gerçekleşir.
4. ATP sentezine ..... denir.
5. Fosforilasyon ....., ... ve .....olarak farklı şekillerde gerçekleşir.
6. Hücrede gerçekleşen enerji dönüşümleri sırasında bir miktar ..... açığa çıkar.
7. Defosforilasyon olayı "ATP ⟶ ..... + Pi + Enerji" şeklindedir.
8. ATP; ..... denilen organik bir bazdan, beş karbonlu bir şeker olan ..... ve üç ..... grubundan meydana gelir.
9. Enerji açığa çıkaran olaylara ..... enerji alan olaylara ise ..... olay denir.
10. ATP'deki enerji ..... arasındaki bağlarda bulunur.

2. BÖLÜM

Fotosentez

Anahtar Kavramlar

- Fotosentez
- Işık
- Fotoliz
- Klorofil
- Kloroplast

Neler Öğreneceksiniz?

Fotosentez bölümünde; fotosentezin canlılar için önemi, fotosentez sürecini ve hızını etkileyen faktörleri öğreneceksiniz.

Hazırlık Soruları

1. Fotosentezle ilgili olarak yapılmış çalışmalar hakkında neler biliyorsunuz?

2. Işık hangi özelliği sebebiyle fotosentezde etkili olabilmektedir?

3. Fotosentez hızını etkileyen faktörler hakkında neler biliyorsunuz?

2.2.1. Fotosentezin Canlılar İçin Önemi

Giydiğiniz elbiseler, kullandığınız yakıtlar, yazı yazdığınız defterler güneş enerjisi sayesinde oluşur (Görsel 2.5), bunu biliyor musunuz? Bu kitabı okurken ve kitabın sayfalarını çevirirken harcadığınız enerjinin kaynağının Güneş olduğunu söylesek ne düşünürsünüz? Yeryüzünde canlıların büyük bir kısmının kullandığı enerjinin kaynağı Güneş'tir ve Güneşsiz bir hayat düşünmek imkânsızdır.

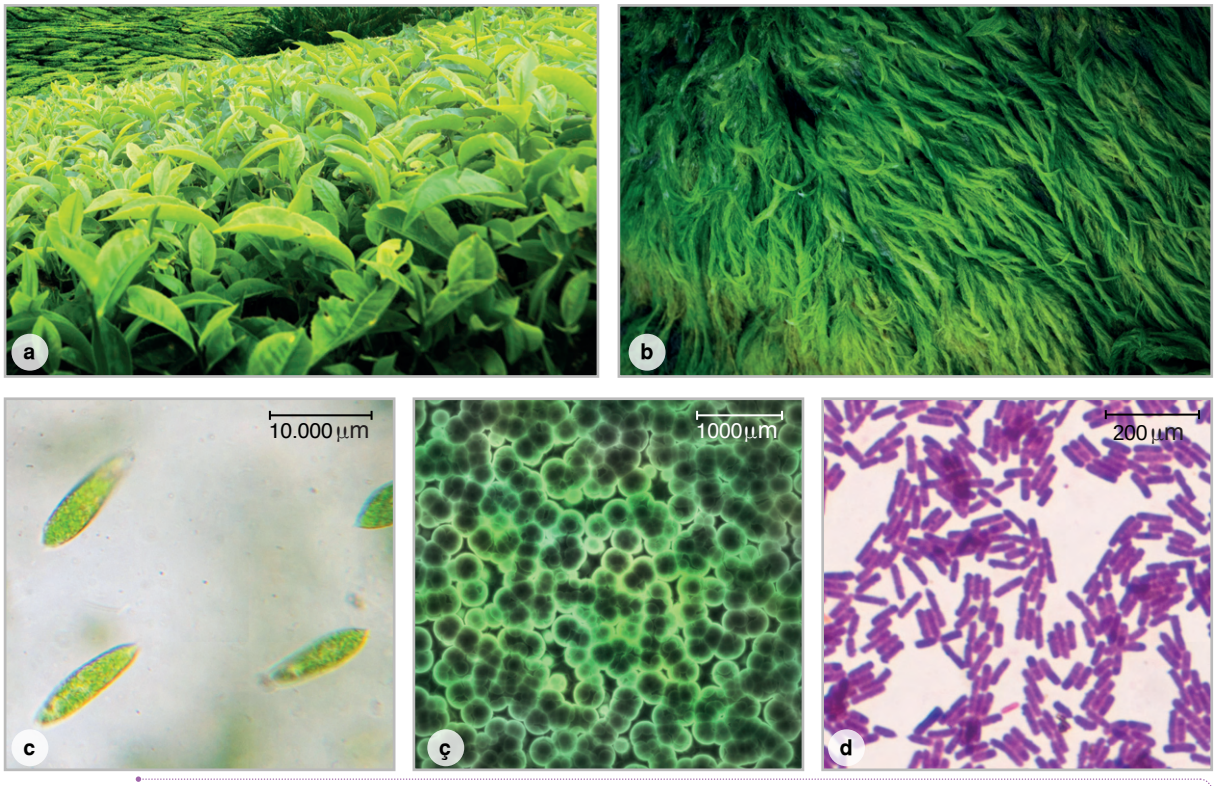
Görsel 2.5: Bitkiler güneş enerjisini besin üretmek için kullanarak diğer canlılara da bu enerjinin besin yoluyla aktarılmasını sağlar.

Fotosentez, ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşümü ile organik besin üretimini sağlayan mekanizmadır. Hücrelerimiz tarafından yapı ve enerji ham maddesi olarak kullanılan besinler, güneş enerjisi ile üretilir. İnorganik maddelerden organik maddeleri sentezleyen canlılara **ototrof (üretici) canlılar** denir. Bu canlılar kemosentetik ya da fotosentetik olabilir. Organik madde sentezi için ışık enerjisi kullanan canlılara **fotosentetik canlılar** (fotosentetik ototrof canlılar) denir. Fotosentez bir yapım faaliyetidir ve bu yüzden özümleme olarak da ifade edilir.

Biliyor musunuz?

Tam parazit bitkiler fotosentez yapmaz.

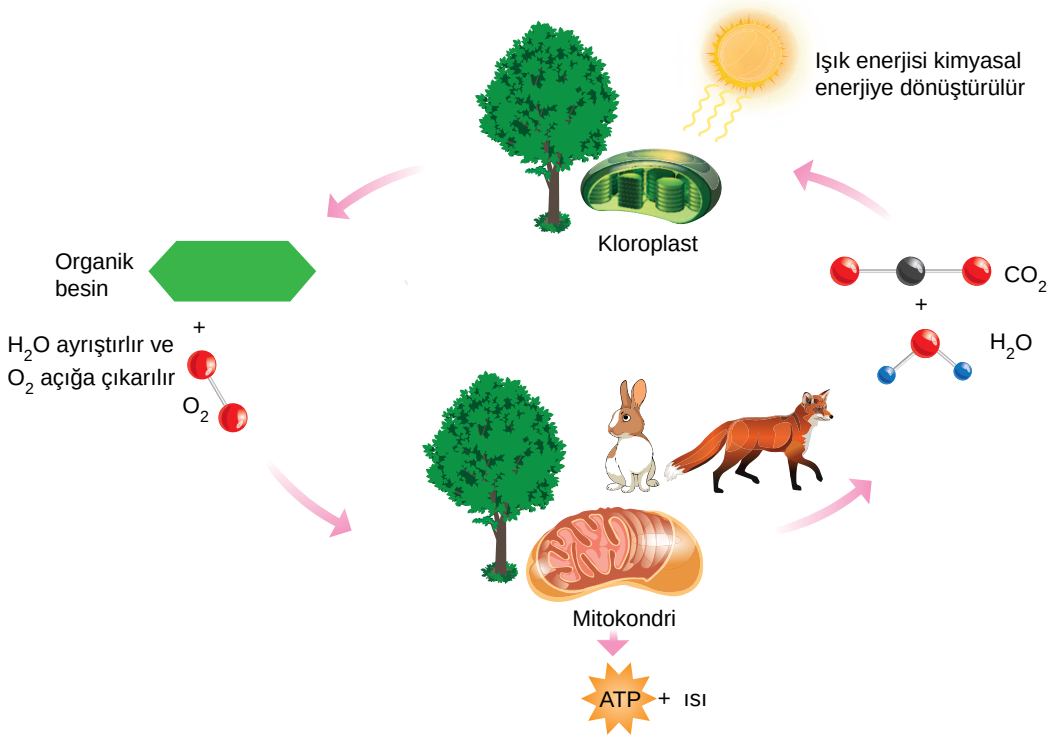
Organik besin üretebilen ototrof canlıların büyük bir kısmını fotosentetik canlılar oluşturur. Bitkiler, algler, öglena ve siyanobakteriler ve mor kükürt bakterileri fotosentetik ototrof canlılar grubundandır (Görsel 2.6).



*Görsel 2.6: Fotosentetik canlı çeşitleri: **a.** Bitkiler, **b.** Algler, **c.** Öglena, **ç.** Siyanobakteriler, **d.** Mor kükürt bakterileri*

Organik besinlerini kendisi üretemeyip dışarıdan alan canlılara **heterotrof (tüketici) canlılar** denir.

Heterotrof canlılar, büyüyüp gelişebilmek ve hayati faaliyetlerini devam ettirebilmek için üreticiler tarafından üretilen çeşitli besin maddelerine doğrudan ya da dolaylı olarak ihtiyaç duyar. Tüketiciler, fotosentez ürünlerini kullanarak kendileri için enerji üretip CO_2, H_2O gibi metabolizma ürünü maddeleri oluşturur. Metabolizma ürünü olan CO_2 ve H_2O tekrar fotosentez olayının ham maddesini oluşturabilir. Bu şekilde, fotosentez yapan canlılarla tüketici canlılar arasında birbirini tamamlayan bir ilişki kurulur (Görsel 2.7).



Görsel 2.7: Fotosentez ve solunum olayı ile havanın O_2 ve CO_2 dengesi korunur.

Üreticiler ve tüketiciler arasındaki denge sayesinde dünya yaşanabilir bir ortam hâline gelmektedir. Üretici canlılar, besin zincirinin ilk halkasını oluşturduğundan, diğer tüm canlıların var olabilmesi ve yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli besini, fotosentez olayı ile elde edip diğer canlılara aktarır. Fotosentez olayı ile havanın O_2 ve CO_2 dengesi de korunmaktadır. Bu nedenle hayatın devamı için fotosentez olayının önemi büyüktür.

Biliyor musunuz?

Günümüzde enerji üretmek için kullanılan fosil yakıtların kaynaklarından biri de fotosentetik organizmalardır.

Fotosentez yoluyla organik madde üretimi, uzun yıllar bilim insanları tarafından merak edilmiş, bu konuda çok sayıda araştırma yapılmıştır. Örneğin Aristo, bitkilerin yeşillenmesi için güneş ışığının

gerekli olduğunu savunmuştur. Günümüzde de araştırmalar devam etmektedir.

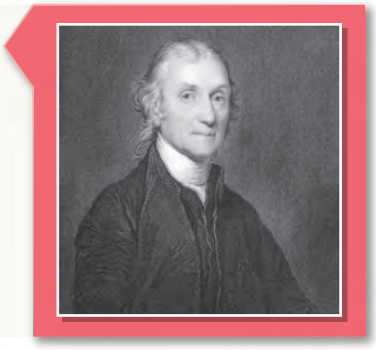
Bilim insanlarının fotosentezin bilim tarihindeki gelişimi ile ilgili çalışmalarını şöyle sıralayabiliriz:

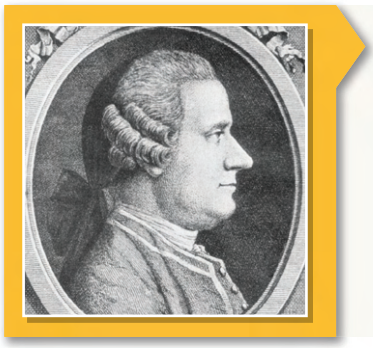
Van Helmont

17. yüzyılda Van Helmont, (Van Helmınt), 2,5 kg ağırlığındaki bir söğüt fidanını, içinde 100 kg toprak bulunan bir saksıya dikmiş ve bu fidanı, sadece yağmur suyuyla 5 yıl süresince sulamıştır. Sürenin bitiminde fidan, 85 kg'lık bir ağaç olmuştur. Deney sonunda kuru toprağın ağırlığı 99,994 kg olarak belirlenmiştir. Helmont, aradaki farkı deney hatası olarak kabul etmiş ve bu deneyinde, söğüt ağacının büyüme sebebinin sadece saksıdaki toprak olmadığı, bitki ağırlığında oluşan 82,5 kg'lık madde artışının yalnız sudan kaynaklandığı kanısına varmıştır. (Düzenlenmiştir)

Joseph Priestley

1771 yılında İngiliz Joseph Priestley (Yosef Prestliy), karanlıkta bitkilerin dışarıya karbondioksit verdiğini ve havayı kirlettiğini saptamış; evdeki hava kirliliğini önlemek için bitkilerin geceleri ev dışına çıkarılmasını önermiştir. Işıkta yeşil bitkilerin hayvanlar tarafından kirletilen havayı temizlediğini, fotosentezde O_2 molekülünün de etkisinin olduğunu ileri sürmüştür. Havanın bu şekilde temizlenmesinde ışığın gerekli olduğunu açıklamıştır.



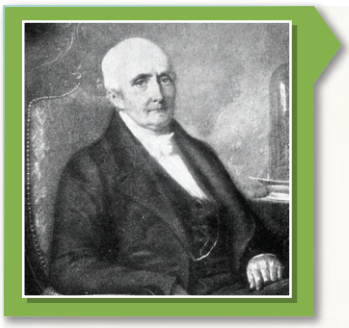


Jan Ingenhousz

1779 yılında Jan Ingenhousz (Yan İngenhauz), bitkinin havayı ancak ışık olduğunda temizleyebileceğini göstermiştir. Fotosentezde klorofilin önemini vurgulamıştır.

Jean Senebier

1782 yılında Jean Senebier (Ciin Senöbiyer), bitkilerin havaya oksijen verirken CO_2 kullandığını belirtmiştir. Karanlıkta bitkiler ve hayvanlar tarafından oluşturulan CO_2 bileşiğinin, ışık altında bitkiler tarafından O_2 üretimini teşvik ettiğini ve bitkiler tarafından meydana getirilen O_2 miktarının tamamen ortamdaki CO_2 miktarına bağlı olduğunu belirtmiştir.



Nicolas Theodore De Saussure

1820 yılında Nicolas Theodore De Saussure (Nikolas Teodor Dö Sasür), bitki ağırlığındaki artışa dayanarak fotosentezde suyun da kullanıldığını açıklamıştır. Böylece fotosentezin ilk niceliksel ölçümünü yapmıştır. De Saussure, fotosentez esnasında eşit hacimde CO_2 ve O_2 alışverişi olduğunu, buna benzer eşit hacimde bir gaz alışverişinin solunum sırasında da meydana geldiğini ileri sürmüştür. Bitkilerin ışıkta CO_2 alması ve O_2 açığa çıkarmasının ancak bitkinin yeşil kısımlarında olabildiğini göstermiştir.

Theodor Wilhelm Engelmann

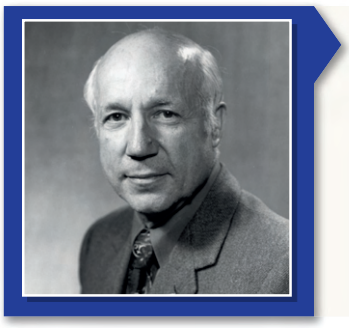
1883 yılında Theodor Wilhelm Engelmann (Teodor Vilhem Engılmın), fotosentezde ortama O_2 verilmesinin kloroplastlar tarafından sağlandığını ortaya koymuştur. Engelmann, fotosentezin mavi-mor ışıklarda yüksek olduğunu, en az ise yeşil ışıkta gerçekleştiğini deneylerle açıklamıştır.

Cornelius Bernardus Van Niel

1930 yılında Cornelius Bernardus Van Niel (Kornelyüs Bernardus Van Niyıl), bazı bakterilerin de bitkilerdekine benzer bir fotosentez yaptığını bulmuştur. Çeşitli bakteriler, CO_2 bileşiğini, ışık enerjisi ve su dışında başka bir elektron kaynağı kullanarak indirgemektedir. Van Niel, çalışmasında su yerine H_2S kullanmış ve yan ürün olarak sülfür açığa çıkmıştır.

Robert Hill

1937 yılında Robert Hill (Rabırt Hil), fotosentezin ışık reaksiyonu üzerinde çalışmıştır. Bu araştırmacı, izole edilen kloroplastların ve kloroplast parçalarının bile uygun bir elektron alıcısı verildiğinde, ışık altındaki ortamda CO_2 olmadan, sudan elektron alarak O_2 açığa çıkardığını tespit etmiştir. Suyun bu şekilde ışıkta, CO_2 olmaksızın ayrışması (fotoliz) Hill reaksiyonu olarak bilinmektedir. Reaksiyon, fotosentezde O_2 molekülünün ışık reaksiyonlarında oluştuğunu ve bu O_2 molekülünün CO_2 bileşiğinden değil de H_2O bileşiğinden kaynaklandığını göstermesi yönünden önemlidir.



Melvin Calvin

1954-1961 yılları arasında Melvin Calvin (Melvin Kelvin) ve arkadaşları, fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonları üzerinde çalışmışlar; bu olaydaki karbon metabolizmasını ayrıntılı bir şekilde açıklamışlardır. Bu çalışmasından dolayı Calvin'e Nobel Ödülü verilmiştir.

2.2.2. Fotosentez Süreci

Fotosentez olayının üretici canlılar tarafından gerçekleştirildiğini öğrendikten sonra, bu defa, nasıl gerçekleştiği sorusu akla gelmektedir. Fotosentez, bitkinin tüm hücrelerinde mi yoksa bazı hücrelerinde mi gerçekleşmektedir? Bu olay, bitkinin kloroplast denilen organelinde gerçekleşmektedir. Peki, kloroplastlar bitkinin hangi hücrelerinde bulunur?

Aşağıdaki etkinliği yaparken siz de kloroplastı gözlemleyecek ve yukarıdaki sorulara cevap bulacaksınız.

Etkinlik

Yaprağın Yapısında Kloroplastın Bulunduğu Kısımlar

Amaç

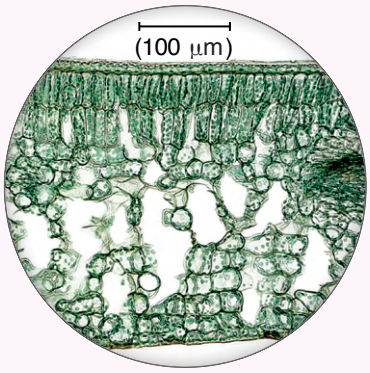
Kloroplastın bulunduğu yapıları gözlemleme

Araç ve Gereçler

- Mikroskop
- Lam
- Lamel
- Bisturi
- Yapraklar
- Damlalık
- Plastik köpük

Uygulama Basamakları

- Yaprağın orta kısmından bisturi yardımıyla ince bir kesit alınız.
- Kesitin en ince kısmından aldığınız bir parçayı lamın üzerine koyup su damlatınız.
- Lameli lamın üzerine kapatarak preparatınızı oluşturunuz.
- Daha sonra preparatı mikroskopta inceleyiniz.
- Mikroskopta gördüğünüz görüntünün şeklini çiziniz.
- Görüntüde hangi yapıları renksiz gördünüz? Belirtiniz.



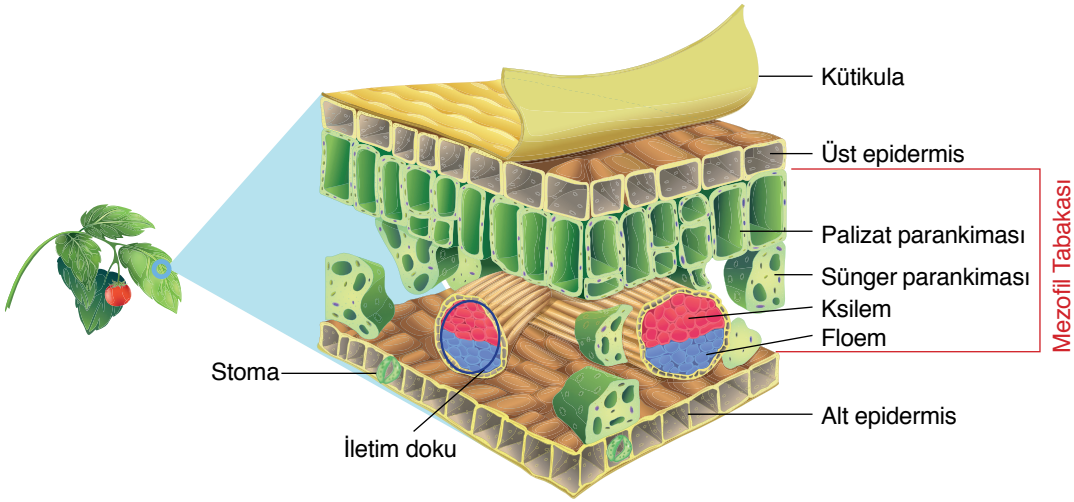
Sonuç

- Yaprağın tüm hücrelerinde kloroplast bulunur mu? Açıklayınız.

A. Kloroplastın Yapısı

Etkinlikte de görüldüğü gibi alt ve üst epidermis arasında bulunan tabakalardaki bazı hücreler yeşil renklidir. Bu hücreler palizat ve sünger parankiması olarak adlandırılır. Parankima hücreleri, kloroplast organeli bulundurmaktadır. İşte, bitkilerde fotosentez reaksiyonları, bu kloroplast organeli tarafından gerçekleştirilmektedir. Kütikula tabakası ve kütikulayı oluşturan epidermis dokusu, koruyucu özelliktedir. İki epidermis arasında kalan bölgeye mezofil tabakası denir.

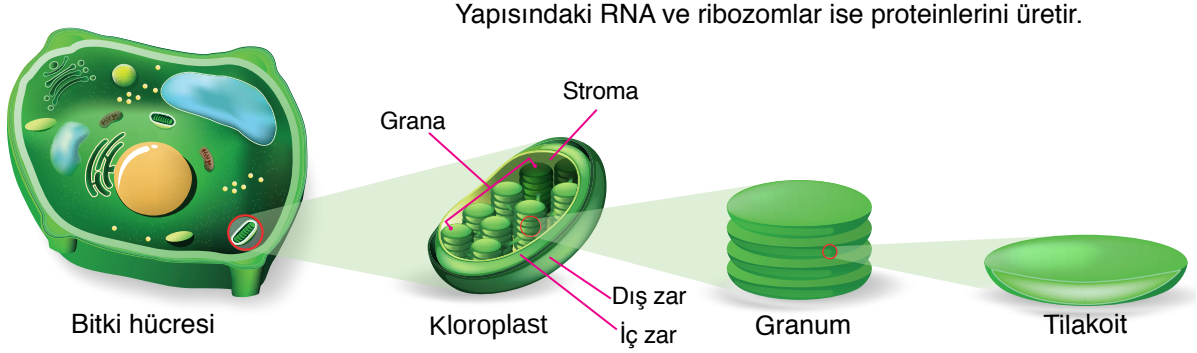
İletim doku ise madde iletiminde görev yapar (Görsel 2.8).



Görsel 2.8: Yaprağın enine kesitindeki tabakalar

Kloroplast, çift katlı zara sahip bir organeldir (Görsel 2.9). Ökaryot hücre yapısına sahip ototrof canlılarda bulunur. Kloroplastlar içerisinde üst üste dizilerek oluşmuş **tilakoit** denilen üçüncü bir zar sistemi vardır. Tilakoitler, **stroma** adı verilen bir sıvı içinde bulunur. Kloroplastlar içindeki diske benzeyen tilakoitlerin oluşturduğu sütunlara **granum** denir. Granumlar da ara lamellerle birbirine tutunur, granumların toplu halde oluşturdukları yapılara ise **grana** denir. Granumlarda bol miktarda klorofil pigmenti ve elektron taşıma sistemi (ETS) molekülleri bulunur. Granumlar, madenî paraların üst üste dizilmesinden oluşmuş kümeler gibi görünür. Ayrıca granumları birbirine bağlayan **ara lameller** de vardır ve bunlar sayesinde ışığın en verimli şekilde kullanımı sağlanır. Böylece bitki daha fazla fotosentez yapar.

Kloroplastın kimyasal yapısında yüksek oranda protein, lipit bulunurken daha az miktarda pigmentler ile DNA, RNA, karbohidrat gibi maddeler bulunur. Kloroplast organeli, stromasında bulunan DNA'sı sayesinde çekirdek kontrolünde kendini eşler. Yapısındaki RNA ve ribozomlar ise proteinlerini üretir.



Görsel 2.9: Kloroplast organeli

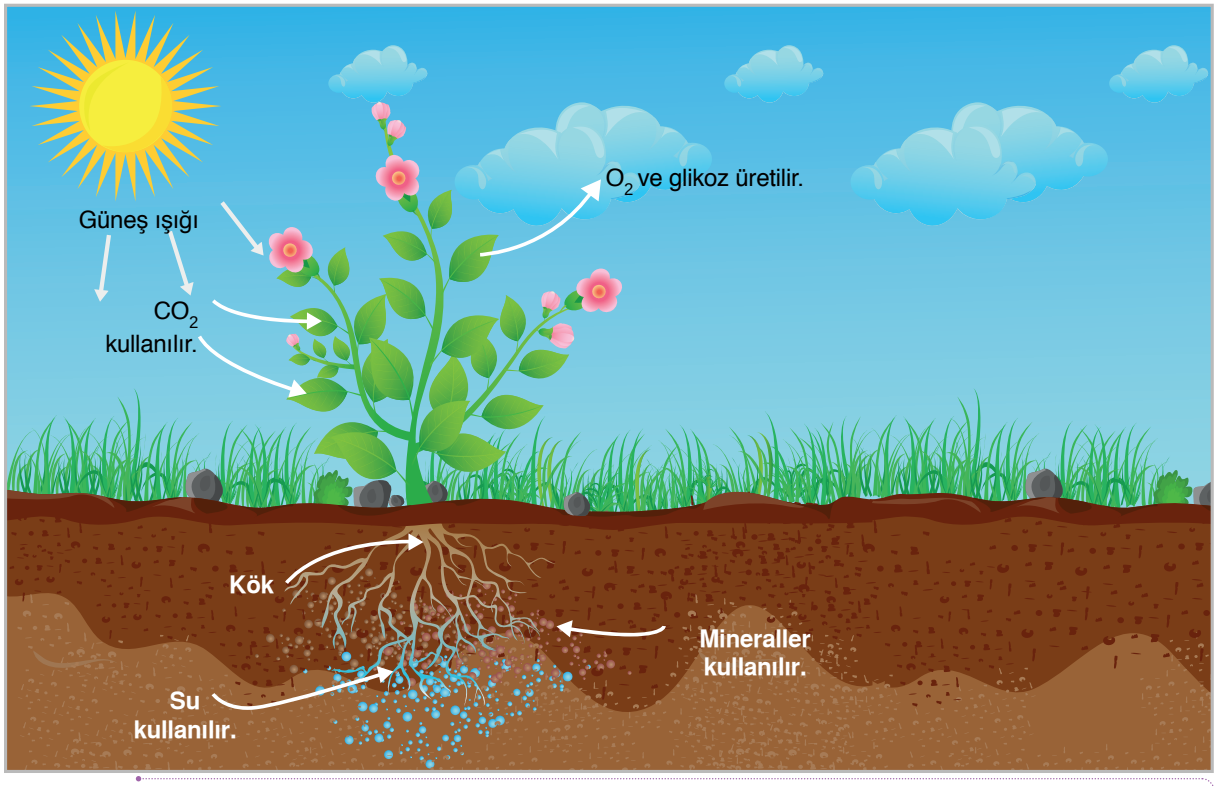
Karmaşık reaksiyonlardan oluşan fotosentez, genel bir kimyasal formülle aşağıdaki gibi özetlenebilir:

$$6\,CO_2 + 12\,H_2O \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Işık enerjisi}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6\,H_2O$$

Bu reaksiyonun net su tüketimi aşağıdaki formülle gösterilebilir:

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Işık enerjisi}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

Fotosentez reaksiyonlarında CO_2 ve H_2O kullanılarak O_2 ve glikoz sentezlenir (Görsel 2.10). Uzun yıllar, fotosentez sonucu ortaya çıkan oksijenin kaynağının karbondioksit olduğu düşünülmüştü. Robert Hill'in fotosentezde açığa çıkan O_2 molekülünün kaynağının su olduğunu ispatladığını öğrenmiştiniz. Ayrıca daha sonraları bilim insanlarının yeşil alg türüyle yaptığı deneylerde, yeşil algin ortamına ağır oksijenli (O^{18}) H_2O bileşiği ile normal oksijen atomu içeren CO_2 molekülü bırakıldı. Fotosentez sonucu çıkan oksijenin ağır oksijen olduğu ve O_2 molekülünün H_2O bileşiğinden geldiği görüldü.



Görsel 2.10: Bitkiler ışık enerjisini kullanarak inorganik maddelerden organik madde üretirler.

İlerleyen zamanda yapılan deneyler de Robert Hill'in görüşlerini ispatlar niteliktedir.

$$6\,CO_2 + 12\,H_2O^{18} \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Işık enerjisi}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2^{18} + 6\,H_2O$$

Fotosentezde kullanılan hidrojen kaynağına göre, glikozun yanında oluşan yan ürün değişebilir. Aşağıda bu reaksiyonları görebilirsiniz.

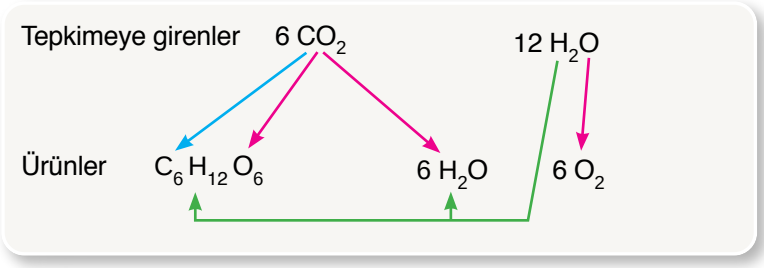
$$6\,CO_2 + 12\,H_2O \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Işık enerjisi}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6\,H_2O$$

(Bitkilerin, alglerin, öglenaların ve siyanobakterilerin yaptığı fotosentezde hidrojen kaynağı olarak H_2O kullanılır. Bu yüzden yan ürün, O_2'dir.)

$$6\,CO_2 + 12\,H_2S \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Işık enerjisi}} C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O + 12\,S$$

(Mor kükürt bakterilerinin yaptığı fotosentezde hidrojenli bileşik olarak hidrojen sülfür (H_2S) kullanılır. Bu yüzden yan ürün, kükürttür.)

Kimyasal formülde görüldüğü gibi açığa çıkan oksijen molekülünün temel kaynağı sudur. Karbondioksit bileşiğindeki karbon atomu glikozun yapısına, oksijen atomu ise glikozun ve suyun yapısına katılmaktadır.



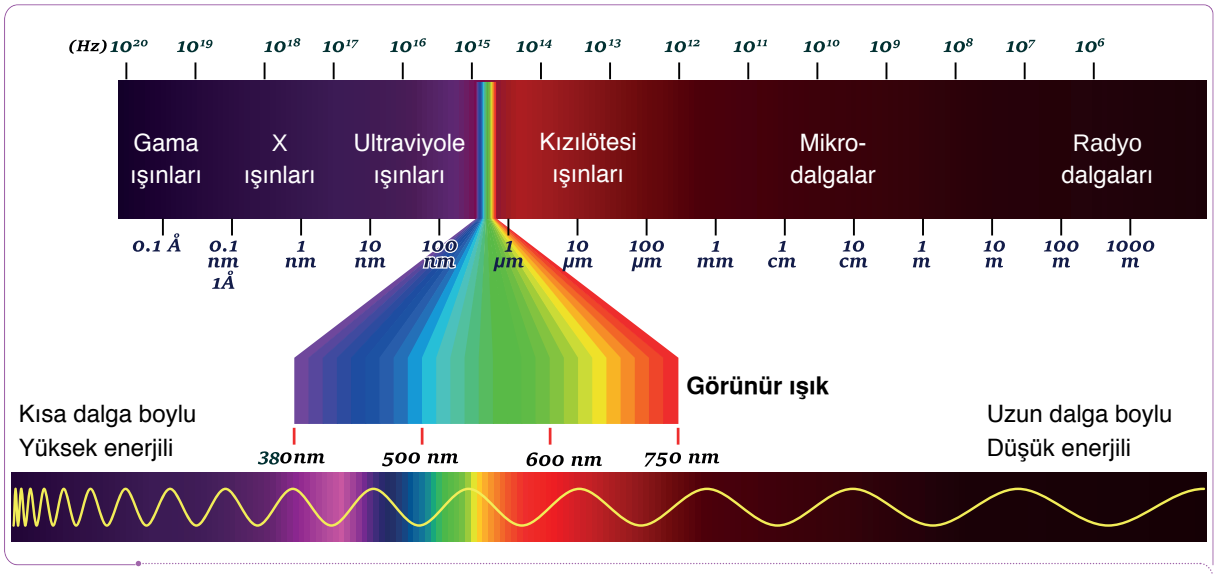
B. Fotosentez ve ışık

Işık enerjisi, fotosentez olayında klorofilden elektronun kopması ve fotoliz olayının gerçekleşmesi şeklinde çok önemli bir role sahiptir. Bu yüzden fotosentezi daha iyi anlayabilmek için öncelikle ışığın bazı özelliklerini öğrenelim.

Güneş'ten Dünya'mıza elektromanyetik dalgalar hâlinde gelen ışığın içinde, dalga boyları birbirinden oldukça farklı ışınlar bulunmaktadır. Işık, elektromanyetik olarak bilinen bir enerji biçimidir. Elektromanyetik dalgaların tepe noktaları arasındaki uzaklık, dalga boyu olarak bilinir. Işığın dalga boylarına göre sıralanmasına **elektromanyetik spektrum** adı verilir (Görsel 2.11). Bu spektrumun fotosentez için önemli kısmı, 380-750 nm arasında olan bölümdür. Bu dalga boyu, insan gözü tarafından çeşitli renklerde algılandığı için **görünür ışık** (beyaz ışık) olarak da bilinir. Bitkiler de fotosentezde spektrumdaki görünür ışığı kullanır.

Biliyor musunuz?

Kısa dalga boyundaki ışınlar, DNA'nın yapısını bozarak mutasyonlara neden olur. Bu yüzden bu ışınlar canlılar için zararlıdır. Atmosferdeki ozon tabakası, Güneş'in zararlı ışınlarının çoğunu emdiği ve tekrar uzaya yansıttığı için canlılar açısından koruyucu görev yapar.



Görsel 2.11: Elektromanyetik spektrum

Fotonlar, yüksek hızla hareket eden ve enerji taşıyan parçacıklardır.

Görünür ışık spektrumunda dalga boyu en kısa olan mor ışık, en uzun olan ise kırmızı ışıktır. Bu nedenle mor ışığın bir fotonunun enerjisi, kırmızı ışığınkinden daha fazladır.

Işık, bir cisme çarptığında ya cisimden geçer ya yansıtılır ya da cisim tarafından absorbe (emilim-soğurma) edilir. Her üç olay aynı anda da gerçekleşebilir. Gelen ışık, cisim tarafından tutulursa

Biliyor musunuz?

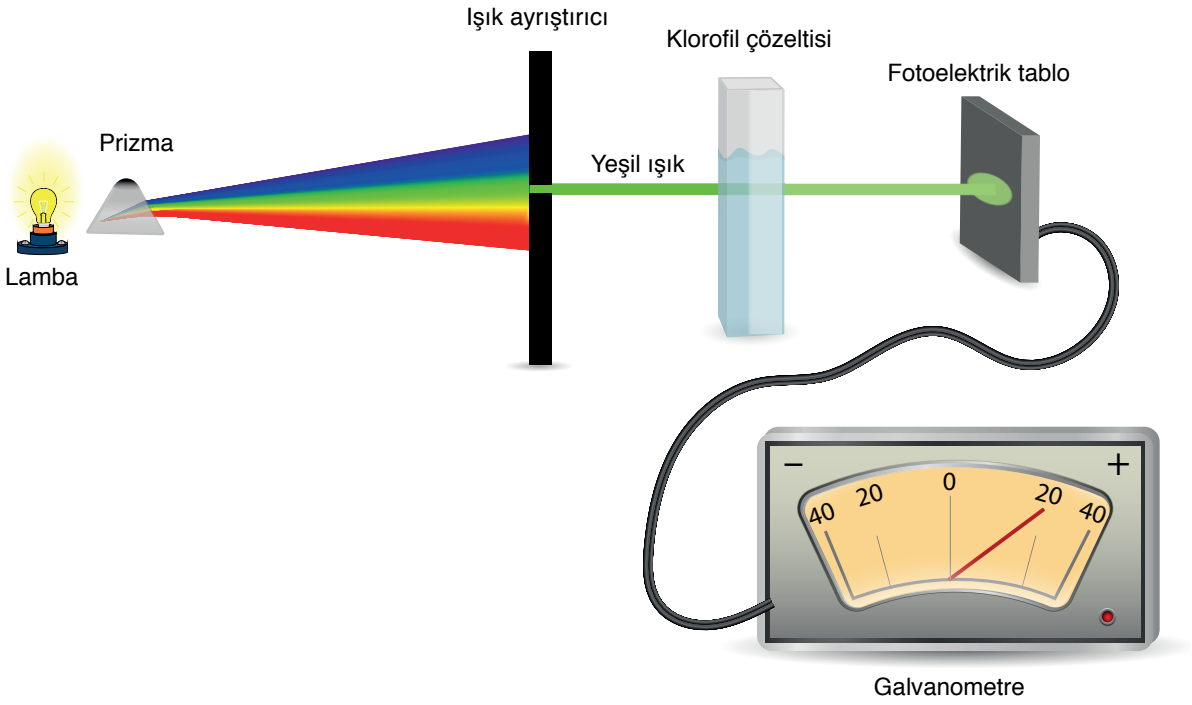
Galvanometre, elektrik akımını manyetik etkisinden yararlanarak ölçmeye yarayan alettir. Küçük akımların varlığını ve yönünü belirlemede kullanılır.

Kaynak: Campbell Biyoloji (9. Baskı), s. 190.

ışık olmaktan çıkıp başka bir enerji şekline dönüşür. Fotosentezde ışık, absorbe edilerek kimyasal enerjiye dönüştürülür. Işığın bitkiler tarafından absorbe (emilim-soğurma) edilmesinin, bitkiye yeşil rengi veren klorofil pigmenti sayesinde olduğunu öğrenmiştiniz ve bu pigment, ökaryotlarda kloroplast organelinin içinde bulunmaktaydı. Klorofiller, absorbe ettiği enerjiyi bir molekülden diğerine aktararak fotosentez reaksiyonlarında katalizör görevi de yapar. Ayrıca bazı bitkilerde fotosentezde etkili karoten, ksantofil, likopen gibi pigmentler de bulunur.

Bir pigmentin çeşitli dalga boylarındaki ışığı absorbe etme yeteneği **spektrofotometre** ile ölçülür.

Pigmentin, dalga boyuna karşı soğurduğu ışığı gösteren grafiğe **absorbsiyon spektrumu** denir.



Görsel 2.12: Galvanometrede okunan değerin yüksek olması, yeşil ışığın fotosentezde kullanımının az olduğunu gösterir.

Görsel 2.12'deki galvanometrede okunan değerin yüksek olması, ışığın soğrulmayıp fotosentezde kullanımının az olduğunu; okunan değerin düşük olması ise ışığın pigment çözeltisi tarafından emiliminin fazla olduğunu ve fotosentezde kullanımının çok olduğunu gösterir.

Prokaryot hücre yapısındaki canlıların zarla çevrili organelleri yoktur. Bu nedenle söz konusu organizmaların kloroplastları da yoktur fakat hücre zar kıvrımlarında klorofiller bulunur. Öglena, alg ve yeşil bitki gibi ökaryot canlılarda ise klorofil, kloroplast içinde yer alır.

Klorofil, fotosentez yapan canlıların yapısında bulunan, renk veren bir pigmenttir. Klorofilin yapısında karbon, hidrojen, oksijen, azot ve magnezyum atomları vardır. Klorofilin birçok çeşidi bulunup en yaygın çok bilinenleri **klorofil a** ve **klorofil b**'dir. Klorofil a, yeşil bitkilerin hepsinde bulunurken klorofil b ise bazı yeşil bitki ve alglerde bulunmaktadır.

Bitkiler, fotosentezde ışık enerjisini etkin şekilde soğuran klorofil dışında birçok pigmente sahiptir. Bitkilerde, plastitlerde bulunan, turuncu, kırmızı ve sarı renk veren pigment kümesine **karotenoit** denir.

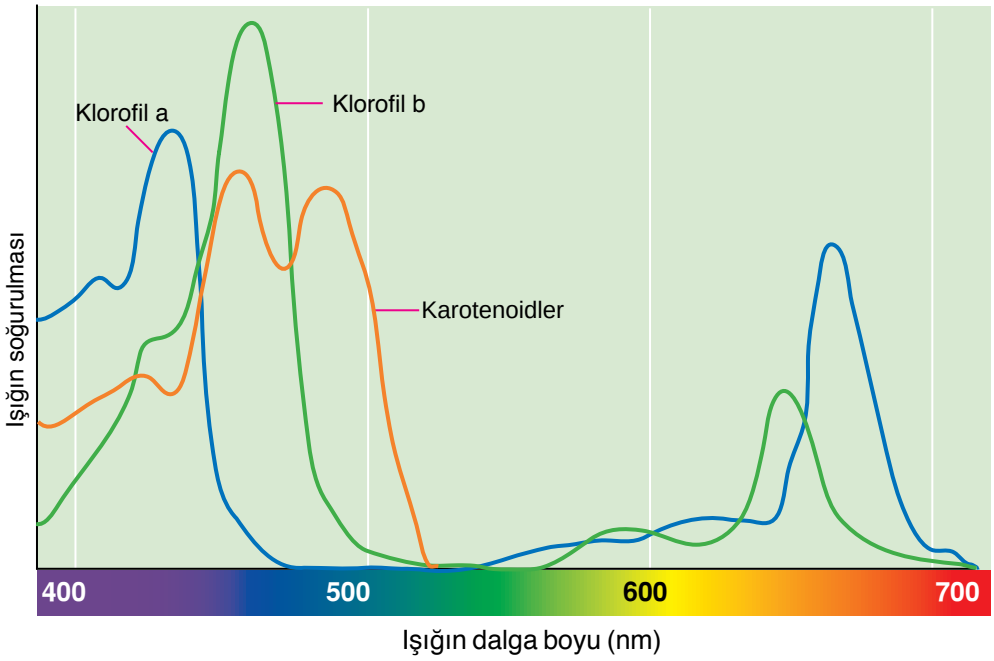
Karotenoitler, klorofilin tek başına soğurduğu ışıktan daha farklı dalga boylarındaki ışıkları soğurup klorofile aktarır (Görsel 2.13). Çiçeklerin ve meyvelerin renklenmesini sağlar. Ayrıca klorofile zarar verebilecek fazla ışığı emerek etrafa yayar ve klorofilin zarar görmesini engeller. Karotenoitler tarafından soğurulan ışık, fotosentez için klorofile aktarılır.

Biliyor musunuz?

Bitkilere turuncu renk veren pigment karoten, sarı renk veren pigment ksantofil, kırmızı renk veren pigment ise likopendir.

Karotenoitler mor ve mavi-yeşil ışığı soğurmaları nedeniyle sarı ve turuncunun çeşitli tonlarında gözüken moleküllerdir.

Kaynak: Campbell Biyoloji (9. Baskı), s. 191. (Düzenlenmiştir.)



Görsel 2.13: Bazı fotosentetik pigmentlerin ışığı soğurma spektrumu

Aşağıdaki etkinliği yaparak klorofilin yapısını inceleyiniz.

Etkinlik

Klorofilin İncelenmesi

Amaç

Klorofil molekülünün ayrışmasını gözlemlemek

Araç ve Gereçler

- Taze ıspanak yaprakları
- Beherglas (çeşitli boylarda)
- Doygun NaCl çözeltisi (80 g / 200 mL)
- 200 mL petrolyum eter (30 - 60 °C)
- 10 mL dietil eter
- Terazi
- Süzgeç kâğıdı
- 60 mL dietil eter
- Su
- İspirto ocağı
- Ayırma hunisi
- 90 mL metanol

Uygulama Basamakları

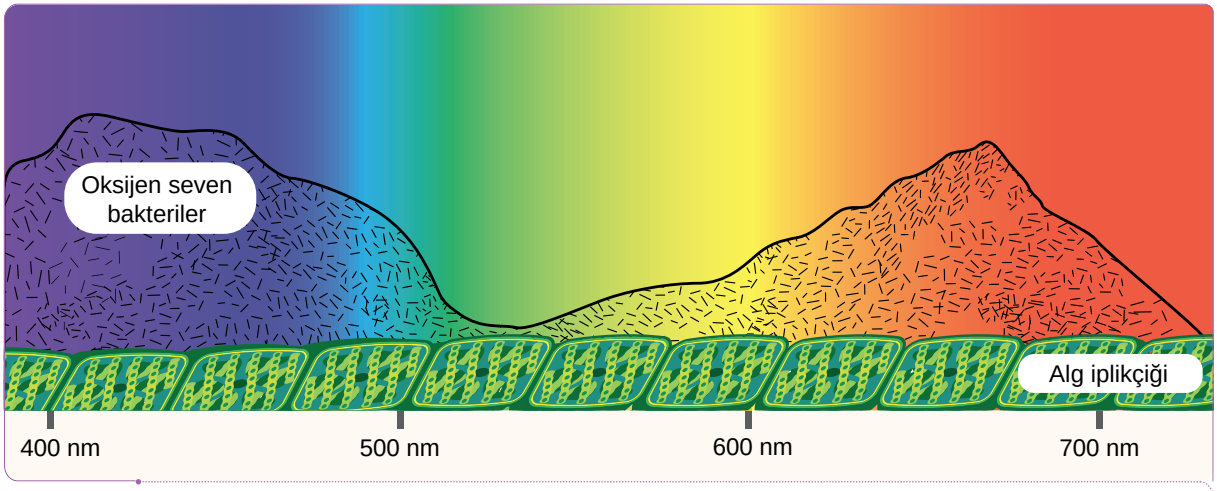
- Ispanak yapraklarından 20 gram tartınız. Bu yaprakları yıkayıp 200 mL su içeren bir beherglas içinde 2 dakika kaynamaya bırakınız.
- Elde ettiğiniz ıspanağın yaprakları altta kalacak şekilde sıvı kısmı boşaltınız.
- Yaprakları 90 mL metanol ve 10 mL dietil eter içeren çözücüde ayrıştırınız. Ayrılmış parçaları ayırma hunisinde süzgeç kâğıdı yardımıyla süzünüz ve sıvı kısımdan ayırınız.
- Ayırma hunisindeki parçalara 200 mL petrolyum eter (30 - 60 ºC) ve 200 mL doygun NaCl (80 gram / 200 mL) ekleyiniz.
- Karışımı iyice sallayınız ve tabakaların ayrılmasını gözlemleyiniz. Arada bir ayırma hunisinin kapağını açarak basıncı düşürünüz. Tabakalar iyice belirginleştiğinde alt tabakayı uzaklaştırınız.
- Üst tabakayı (yeşil sıvı) 200 mL su ile çalkalayınız. Tabakaların ayrılmasını gözlemleyiniz ve üstteki yeşil parçaları büyük bir beherglasa toplayınız.
- Bu parçaları tekrar 200 mL su ile ayırma hunisinde çalkalayınız ve yeşil renkli parçaları tekrar toplayınız.
- Petrolyum eter ile ayrılmış parçaları sıcak su buharı ile kurutunuz ve 40 ºC'un altındaki bir sıcaklıkta konsantre ediniz.

Sonuç

- Ispanak yaprakları metanol ve dietil eter içinde neden çözüldü? Açıklayınız.
- Ayırma hunisinde çözdürülen karışım neden tabakalaştı? Açıklayınız.
- Bu deney farklı renk yapraklarla yapılsaydı benzer sonuçlar alınabilir miydi? Tartışınız.

Fotosentez ile ilgili bilgilerimizin artmasında, etkin spektrum önemli bir rol oynamıştır. Etkin spektrum, bir dalga boyunun fonksiyonu olarak bir biyolojik sistemin ışığa verdiği tepkinin büyüklüğünü gösterir. Örneğin fotosentezin etkin spektrumu, farklı dalga boylarında oksijen çıkışının ölçülmesi ile belirlenebilir.

İlk etkin spektrumlardan bazıları, 1800'lü yılların sonunda Theodor Wilhelm Engelmann tarafından ölçülmüştür.



Görsel 2.14: Engelmann'ın deneyine göre yeşil ışıkta fotosentez hızı minimumdur.

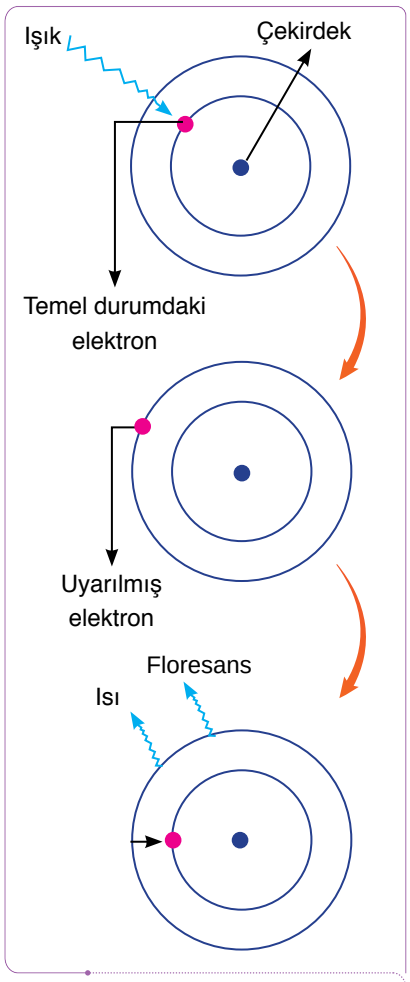
Engelmann, bir prizma kullanarak güneş ışığını, gökkuşağı renklerine ayırmak suretiyle bir ipliksi algin üzerine düşürmüştür. Engelmann'ın bir algi tercih etmesinin sebebi, alg hücrelerinin yan yana dizilerek ipliksi yapı göstermesidir. Engelmann, alglerin fotosentez hızını ölçmek için ise sisteme O_2 seven bir bakteri (aerob) popülasyonu eklemiştir. Bakteriler ipliksi algin (*Spirogyra*-Spirojira) en çok O_2 oluşturulan bölgelerinde toplanmıştır. Bu noktalar, klorofil tarafından kuvvetle soğurulan mor, mavi ve kırmızı ışığın düştüğü bölgeler olmuştur. Bakterilerin toplanması, fotosentezin bu bölgelerde daha hızlı olmasından ve alglerin daha fazla O_2 üretmesinden kaynaklanır. Yeşil ışık ise bakterilerin en az bulunduğu yerdir. Bu da yeşil ışığın fotosentezde en az soğurulduğunun göstergesidir (Görsel 2.14).

Klorofilin Işık Tarafından Etkinleştirilmesi

Klorofil pigmenti ile oluşturulan çözeltiye ışık gönderilirse çözelti kırmızı-turuncu renk alır. Gözlenen bu durum, yörüngesinden ayrılan elektronların yörüngelerine tekrar dönerken çevrelerine yaydıkları ısı ve ışık enerjisinden kaynaklanan bir olaydır.

Biliyor musunuz?

Fotosentez hızı, en fazla mor, mavi ve kırmızı dalga boyundaki; en az ise yeşil dalga boyundaki ışıkta gerçekleşir.

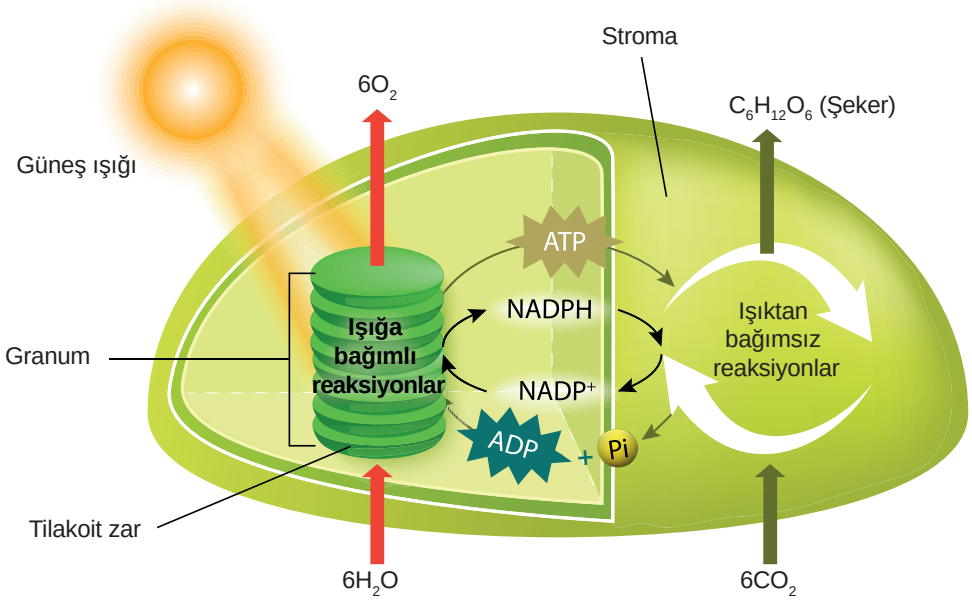


Görsel 2.15: Işık enerjisinin elektron tarafından soğurulması

Klorofil molekülündeki bir elektronun en düşük enerjili durumuna, **temel durum** denir. Işık soğurulduğunda ışık enerjisi, elektronu daha yüksek enerji seviyesine taşır (Görsel 2.15). Klorofil molekülü temel durumdan uyarılmış duruma geçer. Uyarılmış durumdaki elektron, kazandığı enerjiyi dışa vererek eski hâline döner. Başka bir elektron bu enerjiyle aynı olayı tekrar eder. Başka bir elektron alıcısı yoksa uyarılmış elektron ısı ve ışığı dışarı verir. Bu ışık yayılması **floresans** olarak isimlendirilir.

Işığı emen pigmentler, tilakoit zarda **fotosistem** denilen birimler hâlindedir. Fotosistemler, tilakoit zarın ışığı toplamasını ve ışığın kimyasal enerjiye dönüşmesini sağlayan birimlerdir. Tilakoit zarda bu birimler **fotosistem I** (P700) ve **fotosistem II** (P680) olmak üzere sıralanmıştır. Fotosistem, proteinler ve diğer moleküller içerip birkaç yüz pigment molekülünden oluşan bir **anten kompleksi** ile aynı zamanda klorofil a ve ilk elektron alıcı molekülün yer aldığı **tepkime merkezi**ni içerir. Bir foton, bir pigment molekülüne çarpınca enerji, tepkime merkezine ulaşıncaya kadar bir molekülden diğerine aktarılır. Tepkime merkezindeki klorofilden ayrılmış ve uyarılmış bir elektron yine tepkime merkezindeki özelleşmiş bir molekül tarafından yakalanır. Bu özelleşmiş molekül **ilk elektron alıcı** olarak isimlendirilir.

Fotosentez reaksiyonları kloroplast içinde, iki ana basamakta gerçekleşir (Görsel 2.16). Birinci basamakta ışık enerjisi, hücrenin doğrudan kullanabileceği kimyasal enerjiye dönüştürülür.



Görsel 2.16: Işığın fotosistemi etkinleştirmesi ile gerçekleşen reaksiyonlar

Bu olay tilakoit zarda, granada (çok sayıda granum) gerçekleşir çünkü granada bol miktarda klorofil molekülü vardır. Dönüşüm sırasında mutlaka ışık enerjisi kullanıldığından bu olaya **ışığa bağımlı reaksiyonlar** denir. İkinci basamakta ise CO_2 kullanılarak birinci basamaktan gelen ATP ve NADPH molekülleri yardımıyla organik madde sentezlenir. Bir dizi kimyasal tepkimenin gerçekleştiği bu basamağa ise **ışıktan bağımsız reaksiyonlar** denir. Bu olay ise stromada olur.

Biliyor musunuz?

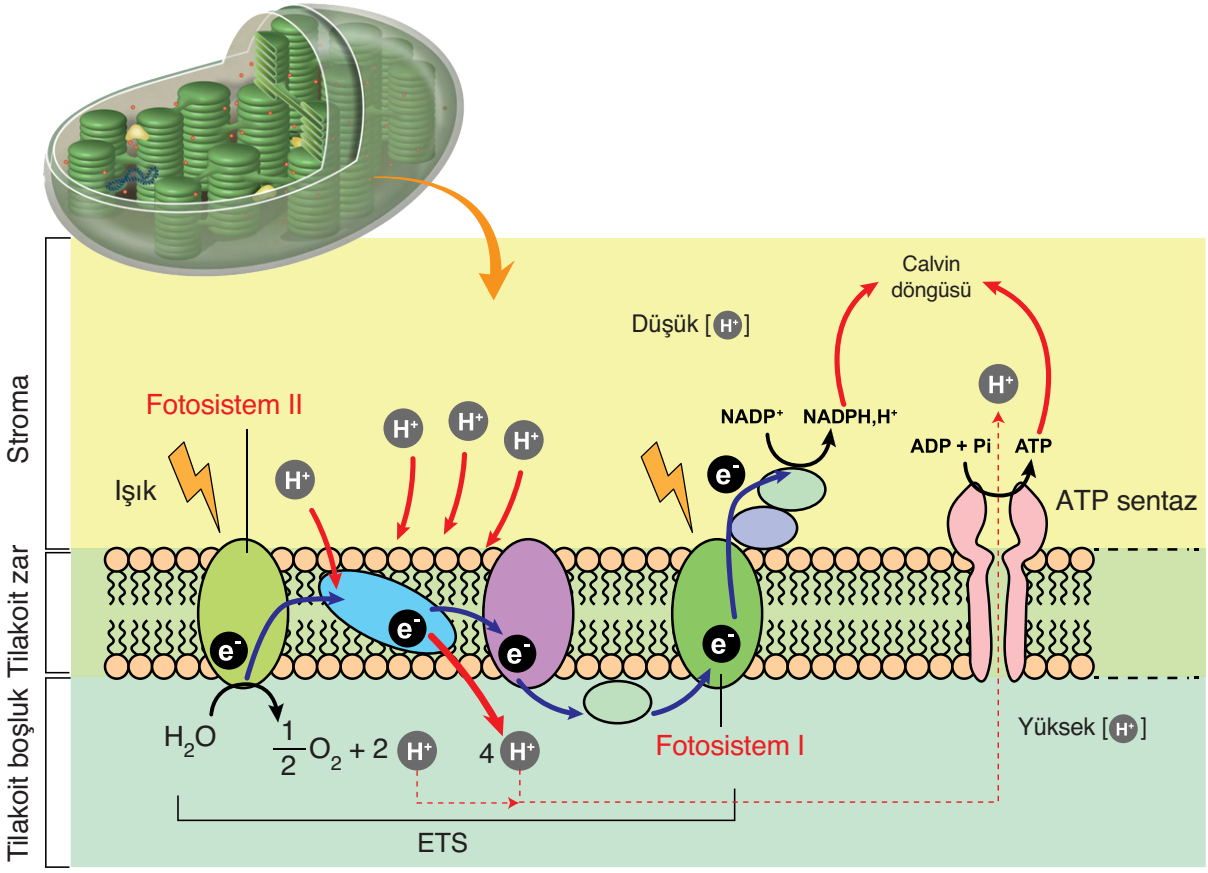
Klorofil tarafından soğurulan ışık, sudan gelen elektronların ve hidrojen iyonlarının bir alıcıya aktarılmasını sağlar. Bu alıcı, nikotinamid adenin dinükleotid fosfat ($NADP^+$) olarak adlandırılır.

Kaynak: Campbell Biyoloji (9. Baskı), s. 188.

C. Fotosentezin Işığa Bağımlı Reaksiyonları

Fotosentetik sistemlerde ışığa bağımlı reaksiyonlar, güneş enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülüp ATP şeklinde üretildiği aşamadır. Bu safhada ışık şiddeti etkili olup ATP ve NADPH üretilmesi sağlanır (Görsel 2.17).

Işığa bağımlı reaksiyonların başlayabilmesi için ışık tarafından klorofilin uyarılması gerekir. Bu tepkimelerde ışığa ve suya ihtiyaç duyulur. Kullanılan ışık enerjisi yardımıyla su molekülleri parçalanır. Bu olaya **fotoliz** denir.



Görsel 2.17: Tilakoit zarda proton ve elektron akışı, ATP ve NADPH üretimi

Suyun fotolizi ile açığa çıkan hidrojenler, $NADP^+$ koenzimi tarafından tutularak NADPH molekülü meydana gelirken oluşan O_2 molekülü atmosfere verilir.

Fotosentezde CO_2 kullanılarak besin sentezlenebilmesi için öncelikle ATP ve NADPH sentezlenmelidir. Klorofilin ışığı soğurmasıyla serbest kalan elektronu tutabilecek bir sistem gereklidir. Bu sistem, kloroplastlardaki granumda bulunan elektron taşıma sistemidir (ETS).

Önceden de bahsettiğimiz gibi Güneş'ten gelen ışık enerjisi, klorofil tarafından soğurularak kimyasal bağ enerjisi olan ATP'ye dönüştürülür. Bu olaya **fotofosforilasyon** denir.

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

$$2\,H_2O + 3\,ADP + 3\,Pi + 2\,NADP^+ \xrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Işık enerjisi}} 2\,NADPH + 3\,ATP + O_2 + 2\,H^+$$

Oluşan bu ATP ve NADPH'ler stroma sıvısı içinde, ışıktan bağımsız reaksiyonlar için kullanılır.

Ç. Fotosentezin Işıktan Bağımsız Reaksiyonları

1961'de Dr. Melvin Calvin'e (Görsel 2.18) fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonları ile ilgili yaptığı araştırmalardan dolayı Nobel Ödülü verilmiştir. Bu nedenle ışıktan bağımsız reaksiyonlar "Calvin döngüsü" olarak da bilinmektedir.

Görsel 2.18: Melvin Calvin

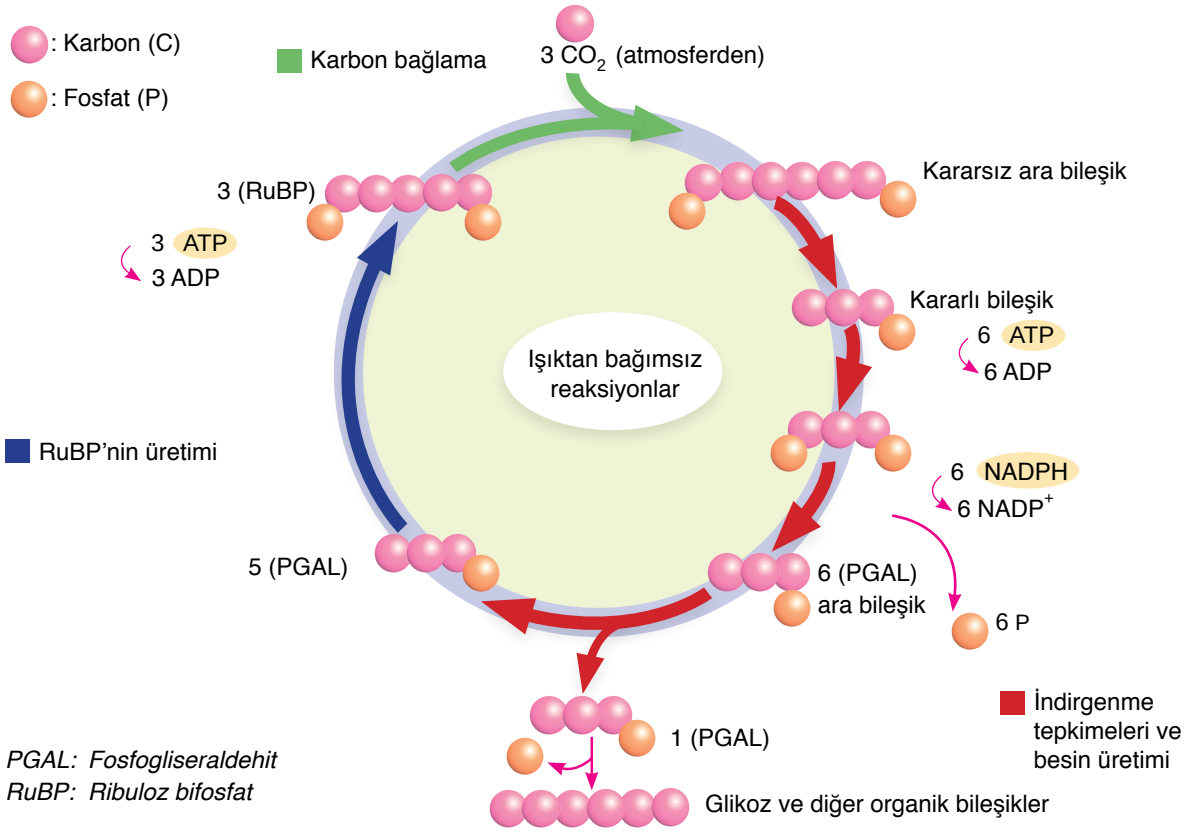
Calvin ve arkadaşları yaptıkları araştırmalarda karbondioksidi işaretlemek için karbonun radyoaktif bir izotopunu kullandılar. Bu işaretlenmiş karbondioksidin fotosentez sırasında yeşil algler tarafından alındığını tespit ettiler. Araştırmacılar, farklı zaman dilimlerinde ışıktan bağımsız reaksiyonları durdurarak işaretlenmiş bileşikleri izole ettiler ve tanımladılar. Bu şekilde, karbondioksitten karbohidrata doğru karbon yolunu izleyerek çalışmaları devam ettirdiler.

Işıktan bağımsız reaksiyonlar için mutlaka CO_2 gereklidir. Bu reaksiyonda, enzimlerin etkinliği fazladır. Sıcaklık değişimlerine karşı enzimler hassastır. Bu reaksiyonlar; karbon bağlama,

indirgenme ve CO_2 alıcısının yenilenmesi şeklinde üç aşamada gerçekleşir.

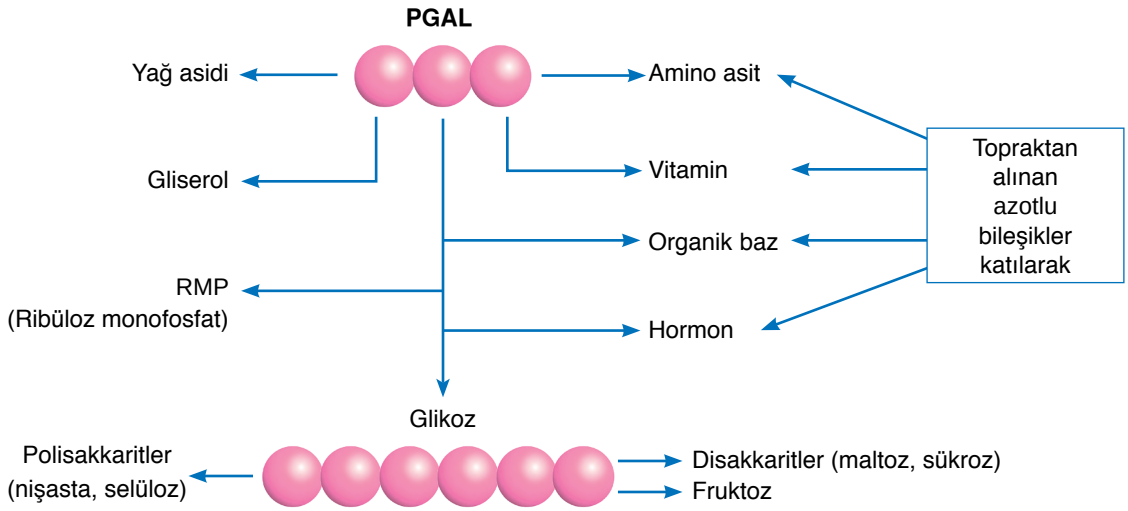
Işıktan bağımsız reaksiyonların gerçekleştiği Calvin döngüsünde, 5C'lu ribuloz bifosfat (RuBP) molekülüne CO_2 bağlanması ile ATP ve NADPH kullanılır ve 3C'lu fosfogliseraldehit (PGAL) oluşur. Bu metabolik yollarla glikoz ve diğer karbohidratlar sentezlenir (Görsel 2.19).

Işıktan bağımsız reaksiyonlar, bitkilerde kloroplastın stromasında gerçekleşir. Bu reaksiyonlara ışıktan bağımsız reaksiyonlar denilmesinin nedeni, reaksiyonlarda doğrudan ışığa ihtiyaç duyulmamasıdır. Işık gerekli olmasa bile ışığa bağımlı evreden ATP ve NADPH'lere ihtiyaç olduğundan bu evre gündüz gerçekleşir. Reaksiyonlar, CO_2 bileşiğinin ribuloz bifosfata bağlanması ile başlar. 1 mol CO_2 bileşiğinin organik madde oluşumuna katılabilmesi için 3 ATP ve 2 NADPH gereklidir. Bir glikozun yapısında 6C olduğundan bu olay altı defa tekrarlanır. Sonuçta 1 molekül glikoz sentezi ışığa bağımlı evreden ışıktan bağımsız evreye toplam 18 ATP, 12 NADPH aktarılır.



Görsel 2.19: Fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonları ile karbohidratlar sentezlenir (Calvin döngüsü).

Fotosentez sonucunda üretilen PGAL'ler amino asit, yağ asidi gibi organik bileşiklere de dönüşebilir (Görsel 2.20). Fotosentez yapan en basit canlılardan en gelişmiş canlılara kadar CO_2 bileşiğinin karbohidratlara indirgenmesi olayı temelde aynıdır. Fotosentezde CO_2 karbohidratlara dönüştüğünden atmosferdeki CO_2 oranı önemlidir.



Görsel 2.20: PGAL'den oluşabilecek son ürünler

Işığa bağımlı ve ışıktan bağımsız reaksiyonlar karşılaştırılırsa (Tablo 2.1) ışığa bağımlı reaksiyonlar sonucunda ATP ve NADPH açığa çıkar. Çıkan ürünler ışıktan bağımsız reaksiyonlarda kullanılır. Işık reaksiyonlarının amacı, ATP ve NADPH gibi molekülleri elde etmektir.

Işığa Bağımlı Reaksiyonlar	Işıktan Bağımsız Reaksiyonlar
Ökaryot hücrelerde kloroplastın granalarında, prokaryotlada hücre zarı kıvrımlarında gerçekleşir.	Ökaryot hücrelerde kloroplastın stromasında, prokaryotlada ise sitoplazmada gerçekleşir.
Işık ve su kullanılır.	Işık doğrudan kullanılmaz.
ETS görev yapar.	ETS görev yapmaz.
ATP üretilir.	ATP tüketilir.
Suyun fotolizi ile oluşturulan hidrojenler $NADP^+$ tarafından tutulur ve NADPH oluşturulur.	NADPH'ın hidrojenleri glikoz sentezinde kullanılır.
Oksijen oluşur, CO_2 tüketilmez.	CO_2 tüketilir. O_2 oluşmaz ve kullanılmaz.
İlk elektron yakalayıcısı görev alır.	Organik besinler üretilir.
Enzimler etkindir.	Enzimler etkindir.
Sıcaklıktan etkilenir.	Sıcaklıktan etkilenir.

Tablo 2.1: Işığa bağımlı ve ışıktan bağımsız reaksiyonların ürün ve süreç açısından karşılaştırılması

2.2.3. Fotosentezin Hızını Etkileyen Faktörler

Fotosentezin normal devam edebilmesi fotosenteze etki eden faktörlerin normal düzeyde olmasına bağlıdır. Fotosentez hızına etki eden faktörlerden birinin eksik olması, fotosentezin yavaşlamasına veya durmasına neden olurken fotosenteze etki eden faktörlerin bazılarının normalin üzerinde olması ise fotosentez hızına etki etmez. Fotosentez yapan hücrelerin birim zamanda kullandığı CO_2 ve atmosfere verdiği O_2 miktarı fotosentez hızını gösterir. Fotosentezin hızını, fotosenteze etki eden faktörlerden en düşük miktarda olan faktör belirler. Buna **Minimum Yasası** denir. Örneğin klorofil miktarının düşük olduğu ortamda ışık şiddeti artırılsa bile fotosentez hızlanmaz. Burada fotosentez hızını sınırlayan faktör, klorofil miktarıdır. Yalnız sıcaklığın normalin üzerine çıkması, enzim yapısını bozacağından fotosentezin durmasına neden olabilir.

Fotosentez hızını etkileyen çevresel faktörler; ışık şiddeti, ışığın dalga boyu, sıcaklık, CO_2 yoğunluğudur. Kalıtsal faktörler ise klorofil miktarı, yaprak sayısı ve konumu, stoma yapısı ve konumudur.

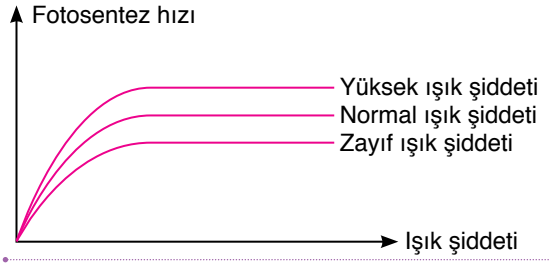
Biliyor musunuz?

Bitkilerde fotosentez ile oluşan glikoz, nişastaya çevrilerek geçici olarak depolanır. Eğer basit şekerler depo edilmeseydi hücre içinde çözünen şeker miktarı artar, bu da hücrenin çok su alıp şişmesine neden olurdu. Nişastanın bir kısmı kloroplastlarda, diğer bir kısmı da kök, yumru, tohum ve meyvenin depo hücrelerinde depolanır.

Kaynak: Campbell Biyoloji (9. Baskı), s. 203. (Düzenlenmiştir.)

Işık Şiddeti

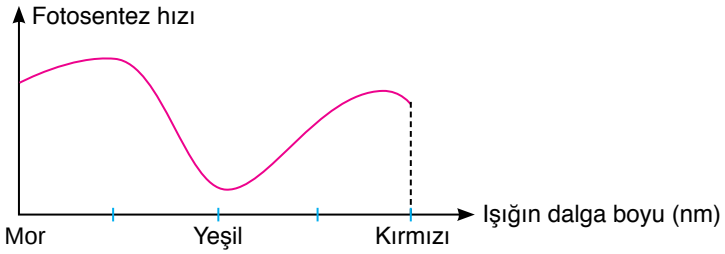
Klorofil, ışık enerjisi almazsa fotosentez yapamaz. Işık, fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonlarına etki ederek ATP ve NADPH molekülünün sentezlenmesini sağlar. Artan ışık şiddeti, fotosentezi belirli bir seviyeye kadar artırıp daha sonra sabit tutar (Grafik 2.1).



Grafik 2.1: Işık şiddetinin fotosentez hızına etkisi

Işığın Dalga Boyu

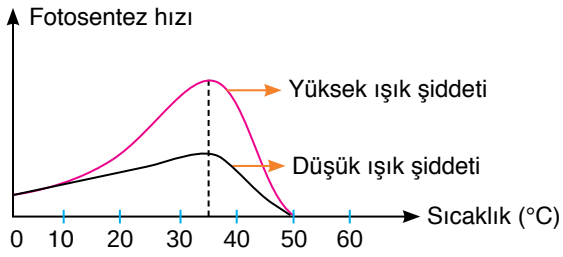
Işığın dalga boyu, klorofilin ışığı soğurmasını etkiler. Klorofil molekülü, en fazla mavi-mor ve kırmızı dalga boyundaki ışıkları soğururken yeşil ışığı en az soğurur (Grafik 2.2).



Grafik 2.2: Işığın dalga boyunun fotosentez hızına etkisi

Sıcaklık

Sıcaklık artışı, fotosentez hızını belirli bir değere kadar artırır. Belirli bir değerden sonra fotosentezde görevli enzimlerin yapısı bozulduğundan fotosentez hızı düşer ve durur (Grafik 2.3).



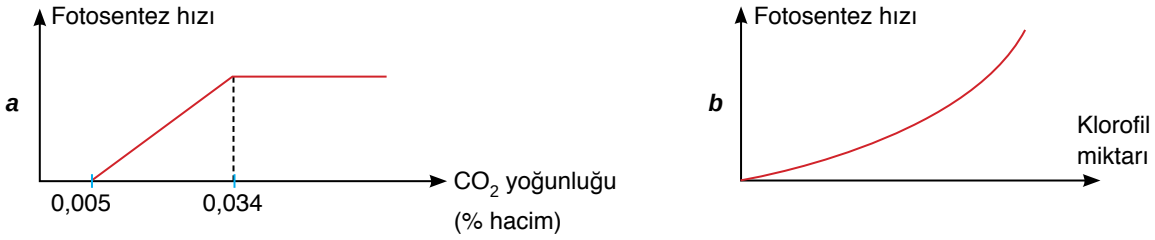
Grafik 2.3: Sıcaklığın fotosentez hızına etkisi

CO_2 Yoğunluğu

CO_2 miktarı arttıkça fotosentez hızı belirli seviyeye kadar artar, sonra sabit kalır (Grafik 2.4).

Klorofil Miktarı

Bir bitkideki klorofil miktarı arttıkça fotosentez hızı da artar. Örneğin koyu yeşil bitkilerdeki fotosentez hızı, açık yeşil bitkilere göre daha fazladır.



Grafik 2.4: ***a.*** *CO_2 yoğunluğunun fotosentez hızına etkisi,* ***b.*** Klorofil miktarının *fotosentez hızına etkisi*

A. Tarımsal Ürün Miktarını Artırma Uygulamaları

Bitkilerin fotosentez hızını artırmak, tarımsal ürün miktarını da etkiler. Bu yüzden seracılıkta tarımsal ürünü artırmak için CO_2 miktarını artırma ve yapay ışıklandırma gibi yöntemler uygulanır. Fotosentez sırasında bitkiler karbondioksit kullanır. Sera içerisinde (Görsel 2.21) fazla bitki olduğunda CO_2 konsantrasyonu dışarıdaki seviyeden daha düşüktür.

Görsel 2.21: Sera

Fotosentez süresince CO_2 (kabondioksit) ve H_2O (su) birleşerek $C_6H_{12}O_6$ (karbohidrat) ve O_2 (oksijene) dönüşür. CO_2 konsantrasyonu,kış dönemlerinde normal değerinin altına inebilir.

Çoğu bitki türü için CO_2 konsantrasyonundaki azalma, üretilen ürün miktarını olumsuz etkiler. CO_2 ile zenginleştirme yapıldığında bitkiler daha iyi büyür, erken hasat alınır ve yüksek kaliteli ürün elde edilir. Bu şekilde CO_2 miktarının artırılmasına **CO_2 gübrelemesi** veya **CO_2 zenginleştirilmesi** adı da verilir (Görsel 2.22).

Görsel 2.22: CO_2 zenginleştirme işleminde kullanılan tank

Kışın ışık seviyesinin düşük olduğu dönemlerde, bulutlu hava koşullarında CO_2 enjeksiyonundan etkili sonuç almak için yapay aydınlatma işlemi de uygulanabilir. Yapay aydınlatmanın amacı, fotosentez hızını artırarak verimi yükseltmektir. Bitkiler üretim dönemi boyunca ışık seviyesinden etkilenir. Sera içi ışık seviyesinde; gün uzunluğu, güneş ışığının gelme açısı, atmosferin bulutlu olması, bitki yoğunluğu, sera yapısı ve örtü malzemesi etkilidir.

Yapay aydınlatmanın şiddeti ve kalitesi için aşağıdaki faktörler göz önüne alınır:

- Gün uzunluğu
- Serada yetiştirilen türlerin ışık gereksinimi
- Güneşlenme süresi
- Güneş açısı ve ışığın yoğunluğu (enlem ve hava koşulları)
- Yapısal gölgeleme seviyesi

Ortalama güneşlenme süresi 4-5 saatten daha kısa olan bölgelerde yapay aydınlatma uygulaması olumlu sonuçlar vermektedir.

B. Fotosentez Hızını Etkileyen Faktörlerle İlgili Deneyler

Fotosentez hızını etkileyen faktörler; ışık şiddeti, sıcaklık, ışığın dalga boyu ve klorofil miktarıdır. Bu faktörler ile ilgili deneyler yapmadan önce bilimsel yöntem basamaklarını kısaca sıralayalım:

Bilim insanları, sorularına cevap ararken birçok farklı yöntem kullanırlar. Bilimsel çalışma sürecinde; problem belirleme, gözlem yapma, veri toplama, hipotez kurma, hipoteze dayalı tahminler yapma, kontrollü deneyler kurma, bulguların değerlendirilmesi ve sonuç çıkarma şeklinde bazı basamaklar vardır. Bilim insanları, bu bilimsel basamakları farklı şekillerde kullanabilir. Çünkü takip edilen sadece tek bir yöntem yoktur. Bilim insanlarının çalıştıkları konuya ve olaylara bakış açılarına göre, bilimsel sorulara cevap ararken kullandıkları bilimsel yöntemler farklı olabilir. Ayrıca, bu basamakları farklı bir sıralamayla da takip edebilirler. Birbirinden

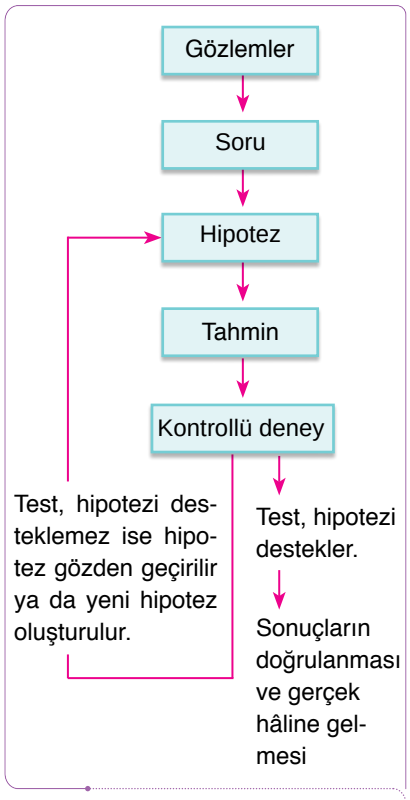
Araştıralım

Tarımsal ürün miktarını artırmak amacıyla fotosentezi hızlandırmak için yapılan çeşitli uygulamaları araştırarak edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

farklı birçok bilim dalı vardır ve dolayısıyla her bilim insanının çalıştığı problem farklı olacağından her bir probleme ilişkin çözüm yolları da farklı olacaktır.

Bilim insanları bir soru sorduktan sonra geçici çözüm yolu bulmak için tümdengelimci mantığı kullanırlar. Bu mantık, gözlemleri ya da gerçekleri dikkate alarak bu gözlemler ya da gerçeklerle uyumlu yeni bir öneri oluşturur. Bu geçici öneri, hipotez olarak adlandırılır. Hipotez, problemlere çözüm önerisi getiren gözlemlere ve mevcut bilimsel bilgilere dayanarak hazırlanmış, sınanabilen önerilerdir. Bilim insanları, hipotez oluştururken sordukları soruya bir ya da birkaç olası cevap bulmak için elde ettikleri verileri bir araya getirirler. Çok sayıda verinin bir araya getirilip genellemeler yapılmasına tümevarım denir.

Bilimsel bir hipotez, ilave gözlemler ya da deneyler yapılarak sınanabilir olmalı ve öngörüler sunabilmelidir. Bir hipotezin denenmesi sırasında yapılan ek gözlemler, yeni bir hipotezin kurulmasını ya da eski hipotezin değiştirilmesini gerektirebilir (Görsel 2.23). Hepimiz, gündelik hayatta karşılaştığımız sorunları çözerken hipotezleri kullanırız. Bir soruya çözüm bulmak için farklı hipotezler ileri süreriz. Daha sonra sonucun tahmin ettiğimiz gibi olup olmadığını görmek için deney yaparak hipotezimizi sınayabiliriz. Gözlem yapma, problem belirleme, hipotez ortaya atma ve sonuç çıkarma işlemleri doğrudan bilimsel süreçlerle ilgili iken bu süreçlerin bilim insanının sahip olduğu anlayışlardan nasıl etkilendiği ise bilimin doğası ile ilgilidir. Oluşturulan hipotez, kontrollü deney yapılarak test edilir. Kontrollü deneyde kontrol ve deney grubu olmak üzere iki grup deney düzeneği hazırlanır. Kontrol grubu, deney grubuna uygulanan faktörün etkilerinin karşılaştırıldığı gruptur. Kontrollü deneylerde, deneyi etkileyen faktörlerden sadece etkisi araştırılan faktör değiştirilir. Değiştirildiğinde deney sonucunu etkileyen bu faktöre bağımsız değişken denir. Bağımsız değişkene bağlı olarak değişen değişkene ise bağımlı değişken denir. Örneğin bitki büyümesine ışığın etkisi araştırılırken diğer tüm şartlar sabit tutulur ve ışık faktörü değiştirilir. Burada ışığın olup olmaması bağımsız değişkendir. Işığın olup olmamasına göre bitkideki büyüme ise bağımlı değişkendir.



Görsel 2.23: Karşılaşılan bir probleme, hipotez oluşturma ve sonuç çıkarma mantığının uygulanması

Siz de bilimsel yöntem basamaklarını kullanarak fotosentez hızını etkileyen faktörler ile ilgili basit etkinlikler tasarlayınız ve

etkinlik sonuçlarını grafiklerle gösteriniz.

Etkinlik

Işık Şiddetinin Fotosentez Hızına Etkisi

Amaç

Işık şiddetinin fotosenteze etkisini kontrollü deney yaparak incelemek

Araç ve Gereçler

- Kıskaç
- Bünzen mesnedi
- Akvaryum bitkisi (Elodea)
- Bisturi
- Şeffaf kap
- 10 mL $NaHCO_3$ (sodyum bikarbonat)
- 50 mL su
- Saat
- Deney tüpü
- 75 W'lık ampul

Uygulama Basamakları

Gözlem Yapma

Farklı ışık şiddetinin fotosentez hızı üzerinde etkisinin belirlenmesi

Problem

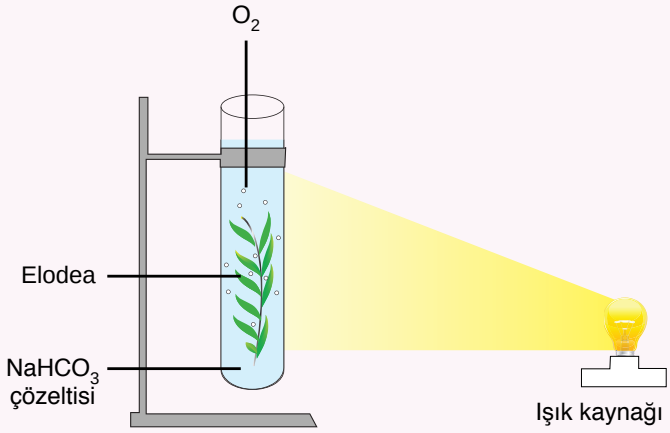
Işık şiddetinin fotosentez üzerinde nasıl bir etkisi var?

Hipotez

Işık şiddetinin azalması fotosentez hızını azaltır.

Tahmin

Eğer ortamda ışık şiddeti azalırsa fotosentez hızı da düşer.



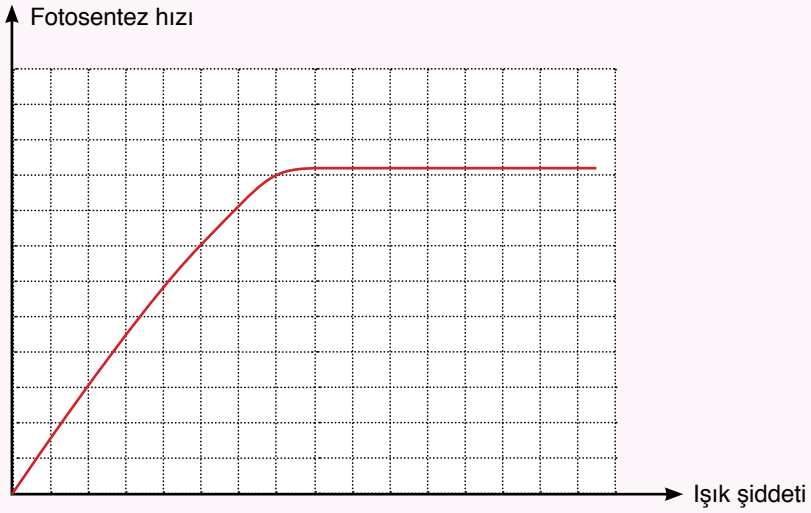
Kontrollü Deney

- Akvaryum bitkisinin gövdesini eğik olarak kesiniz. Bu bitkiyi ucu yukarıya gelecek şekilde 50 mL su bulunan bir deney tüpüne koyunuz. Daha sonra tüpe 10 mL $NaHCO_3$ çözeltisi doldurunuz. Deney için karanlık bir ortam hazırlayıp akvaryum bitkisinin içinde olduğu tüpü bünzen mesnedi ile tutturunuz. Akvaryum bitkisinin tam karşısına 75 W'lık bir ampul koyarak akvaryum bitkisinden çıkan oksijen kabarcıklarını sayınız.
- Akvaryum bitkisini ışık kaynağından sırasıyla 25 cm, 50 cm ve 100 cm uzağa koyarak deneyi tekrarlayınız ve ışık şiddetinin etkisini gözlemleyiniz. 15 dk. boyunca her 5 dakikada çıkan kabarcık sayısını belirleyip aşağıda verilen tabloya yazınız.

Zaman (dk.)	Kabarcık Sayısı		
	25 cm	50 cm	100 cm
1			
5			
10			
15			

Bulguların Değerlendirilmesi ve Sonuç Çıkarma

- Yaptığınız deneyde elde ettiğiniz veriler hipotezi destekliyorsa sonuçları rapor hâline getiriniz. Eğer sonuçlar hipotezi desteklemiyorsa kurduğunuz hipotezi değiştirerek yeniden tasarlayınız.
- Işık kaynağının bitkiye uzaklığına bağlı olarak çıkan kabarcık sayısı ile fotosentez hızı arasında nasıl bir ilişki vardır? Açıklayınız.
- Edindiğiniz verilere dayanarak bitkinin ışık kaynağına uzaklığı ile kabarcık sayısı arasındaki ilişkiyi verilen grafiğe göre nasıl açıklarsınız?



Bitkiler yapay ışıkta da fotosentez yapabilir. Floresan lambadan çıkan ışınlar da fotosentez için yeterlidir fakat yapay ışıkla maksimum fotosentezi sağlamak için güçlü bir ışık kaynağına gereksinim vardır.

Etkinlik

Işığın Dalga Boyunun Fotosentez Hızına Etkisi

Amaç

Işığın dalga boyunun fotosentez hızına etkisini incelemek

Araç ve Gereçler

- Akvaryum bitkisi
- Kırmızı lamba
- Sarı lamba
- Yeşil lamba
- Mor lamba

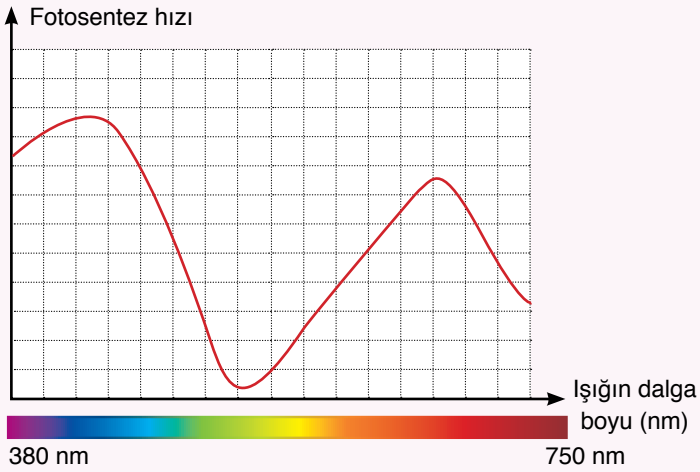
Uygulama Basamakları

- Önceki etkinlikte ışık şiddetinin fotosentez hızına etkisini ölçmek için kurduğunuz düzeneği tekrar hazırlayınız. Duyların üzerine bu sefer sırasıyla mor, yeşil, sarı, kırmızı renkte olmak üzere 4 adet 75 W'lık lamba takınız.
- Işık kaynağını elodea bitkisinin 25 cm uzağına yerleştiriniz. İkişer dakika boyunca bitkiye farklı renkte ışık veren lambaları teker teker deneyerek oluşan kabarcık sayılarını aşağıdaki tabloya kaydediniz.

	Işık			
	Mor	Yeşil	Sarı	Kırmızı
Kabarcık Sayısı	.....	.....	.....	.....

Sonuç

- Seçtiğiniz lambalarla yaptığınız deneylerin hangisinde kabarcık sayısı fazla oldu? Elde ettiğiniz sonuçlar aşağıdaki grafikle gösterilebilir mi? Grafiği inceleyerek açıklayınız.



Işığın dalga boyunun fotosentez hızına etkisi

Etkinlik

Sıcaklığın Fotosentez Hızına Etkisi

Amaç

Sıcaklığın fotosentez hızına etkisini incelemek

Araç ve Gereçler

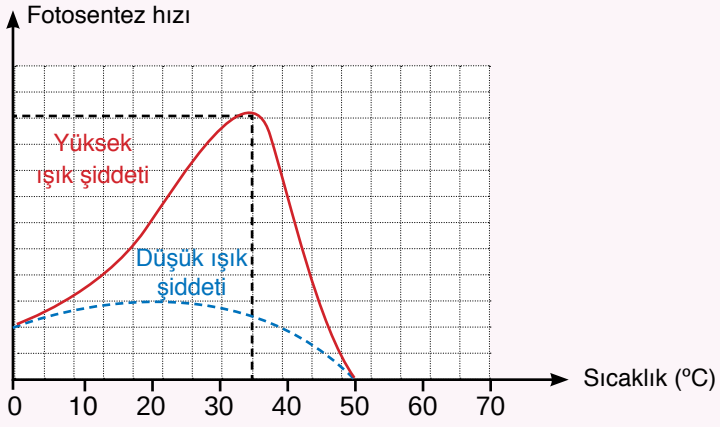
- İspirto ocağı
- Su
- Termometre
- Bünzen mesnedi
- Kibrit
- Kıskaç
- Şeffaf kap
- Deney tüpü
- Akvaryum bitkisi

Uygulama Basamakları

- Akvaryum bitkisinin gövdesini eğik olarak kesiniz. Bu bitkiyi ucu yukarıya gelecek şekilde deney tüpüne koyup tüpü su ile doldurunuz. Deney için hazırladığınız aydınlık bir ortamda, akvaryum bitkisinin olduğu tüpü bünzen mesnedi ile tutturunuz. Suyun sıcaklığını ölçüp bu sıcaklıkta oluşan kabarcık sayısını saptayınız.
- Daha sonra, suyun sıcaklığını ispirto ocağı yardımıyla artırınız ve kabarcık sayısındaki değişimi belirleyiniz. Sıcaklığı kabarcık çıkışı durana kadar artırmaya devam ediniz.
- Sıcaklık ile fotosentez ilişkisini bir grafikte gösteriniz. Sıcaklık, fotosentezde görev yapan enzimleri etkilediğinden önemlidir. Sıcaklık 35 ºC'un üzerine çıkarılırsa fotosentez hızı düşmeye başlar, daha da artırılırsa fotosentez durur.

Sonuç

- Sıcaklığın artırılmasının fotosentez hızına etkisi nasıl oldu?
- Aşağıdaki grafikte görüldüğü gibi ışık şiddeti düşük olduğunda sıcaklığın uygun değere çıkması ile fotosentez hızı az miktarda değişir. Yüksek ışık şiddetinde ise sıcaklık arttıkça fotosentez hızı belirli bir değere kadar artar. Yani ışık ve sıcaklık belirli oranda arttığında fotosentez de hızlanır.
- Deneyde edindiğiniz bilgilerden faydalanarak sıcaklığın ve ışık şiddetinin birlikte fotosentez hızına etkisini gösteren aşağıdaki grafiği inceleyiniz.



Etkinlik

Klorofil Miktarının Fotosentez Hızına Etkisi ve Klorofilin Gerekliliği

Amaç

Klorofil miktarının fotosentez hızına etkisini incelemek

Araç ve Gereçler

- Lügol (iyot) çözeltisi
- Varyegat yapraklı bitki

Not: Lügol çözeltisi nişastanın ayıracıdır ve nişasta ile kullanıldığında mavi renk verir.

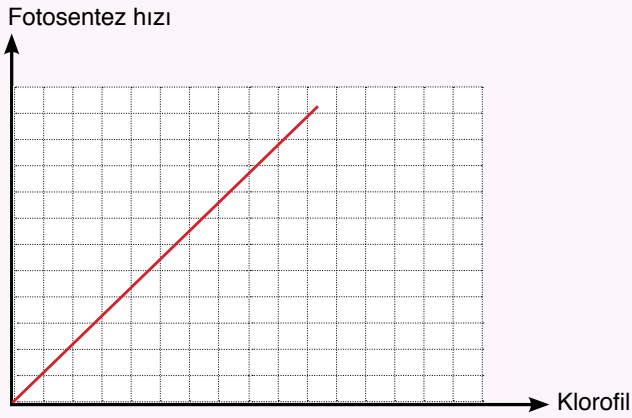
Uygulama Basamakları

- Fotosentez olayında klorofilin rolünü kanıtlamak için bir varyegat (iki renkli) yaprağı ışıkta bekletip yaprağın tüm gün fotosentez yapmasını sağlayınız. Akşam olunca yaprağın beyaz ve yeşil kısımlarına lügol (iyot) damlatınız.

Varyegat yaprak

Sonuç

- Yaprağın yeşil kısımlarının maviye boyanmasına karşın klorofil taşımayan beyaz kısımlarında bir renk değişimi olmadığını tespit edebildiniz mi?
- Elde ettiğiniz sonuca göre klorofil miktarı ile fotosentez arasındaki ilişki yandaki grafikle gösterilebilir mi? Grafiği inceleyerek açıklayınız (tüm faktörler normal).



Yukarıdaki yöntemleri kütikulası kalın bir bitki ile kütikulası ince bir bitki üzerinde uygulayınız. Elde ettiğiniz verileri raporlaştırıp grafik üzerinde gösteriniz.

Araştıralım

Fotosentez hızını etkileyen diğer etmenlerle ilgili araştırma yaparak siz de öğretmeninizin kontrolünde basit kontrollü deneyler tasarlayınız. Tasarladığınız deneylerde bulduğunuz sonuçları grafikle gösteriniz.

2. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıda verilen ifadelerde bildirilen yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (....) Fotosentezde üretilen ATP hücre içi sindirimde kullanılabilir.
2. (....) Fotosentez yapan bir bakteri, kloroplastları olduğundan oksijen üretebilir.
3. (....) Işığa bağımlı tepkimeler, bitki hücresinde kloroplastın granasında gerçekleşir.
4. (....) Işık, elektromanyetik dalgalar hâlinde yayılır.
5. (....) Fotosentezde ışığa bağımlı reaksiyonların başlayabilmesi için oksijen tarafından klorofilin uyarılması gerekir.
6. (....) Fotosentezde oluşan oksijenin kaynağı, kullanılan sudur.
7. (....) Işığa bağımlı olmayan reaksiyonlarda, CO_2, ATP ve NADPH molekülleri yardımıyla organik madde sentezlenir.
8. (....) Fotosentez sonucunda oluşan organik bileşikler sadece karbohidratlardır.
9. (....) Fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonları, karanlıkta gerçekleşir.
10. (....) Fotosentez hızına etki eden faktörlerden birinin normalin altında olması, fotosentez hızını artırır.

B. Aşağıdaki ifadelerde noktalı yerlere doğru kelimeleri yazınız.

spektrofotometre, ribulozbifosfat, sünger, grana, stroma, ATP, ışık şiddeti, ışığın dalga boyu, palizat, klorofil, sıcaklık, Minimum Yasası, kloroplast, mor ışık, NADPH, Robert Hill

1. Işığa bağımlı tepkimeler kloroplastların ……, ışıktan bağımsız tepkimeler de kloroplastların …… kısmında gerçekleşir.
2. Fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde üretilen ..... ve ..... ışıktan bağımsız tepkimelerde kullanılır.
3. Klorofil miktarı, ..., ... ve ..... fotosentez hızına etki eden faktörlerdendir.
4. Kloroplasta yeşil renk veren ..... molekülüdür.
5. Fotosentez hızını, miktarı en az olan faktör belirler. Buna ..... denir.
6. Işığa bağımlı olmayan reaksiyonlar, 5C'lu ..... molekülüne CO_2 bağlanması ile başlar.
7. 1880 yılında Engelmann adlı bilim insanı, fotosentezde ortama O_2 verilmesinin ……..….. tarafından sağlandığını ortaya koymuştur.
8. Alt ve üst epidermis arasında bulunan mezofil tabakasındaki bazı hücreler yeşil renklidir. Bunlar …….....….... ve …….. parankiması olarak adlandırılır.
9. Bir pigmentin çeşitli dalga boylarındaki ışığı emme yeteneği ……... ile ölçülür.

3. BÖLÜM

Kemosentez

Anahtar Kavramlar

- Kemosentez
- Oksidasyon

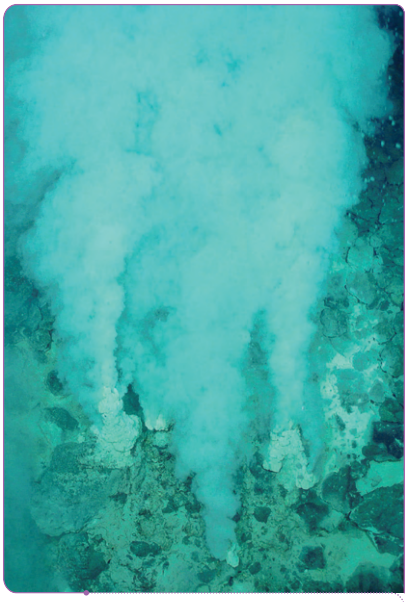
Neler Öğreneceksiniz?

Kemosentez bölümünde kemosentez olayını, kemosentez yapan canlı örneklerini, kemosentezin madde döngüsüne katkılarını ve endüstriyel alanlarda kullanımını öğreneceksiniz.

Hazırlık Soruları

1. Işık enerjisi yerine inorganik bileşiklerden organik besin sentezi yapılabilir mi?

2. Kemosentetik organizmalar biyolojik dengenin korunmasında ve çevre kirliliğinin önlenmesinde kullanılabilir mi ?



Görsel 2.24: Deniz diplerinde bulunan volkanik bacalar

2.3.1. Kemosentez Olayı

Okyanus diplerinin güneş ışığı alamayacak kadar derin bölgelerinde besin kaynakları oldukça kısıtlı olduğundan bu bölgelerde canlı sayısı yok denecek kadar azdır. Ancak 1970'li yıllarda bilim insanları, Galapagos Adaları'nın 320 km kuzeydoğusunda, deniz yüzeyinin 1.600 m altında bu durumun tam aksiyle karşılaştılar. Bu bölgelerde diğer yerlerden farklı olarak omurgasız türlerden büyük bir canlı topluluğunun yaşadığı tespit edildi. Bu bölgelerde uzunluğu bir metreye varan ve bazalt kayalara yapışmış hâlde yaşayan dev deniz solucanlarının, 30 cm büyüklüğünde koca beyaz istiridyelerin, midye kümelerinin, yengeç ve karideslerin yaşadığı tespit edildi. Bu canlıları farklı kılan şey ise sadece deniz dibinin çok derinlerindeki karanlık sularda yaşamaları değil, aynı zamanda deniz altında yer alan volkanik bacaların bulunduğu bölgelerde yaşamalarıdır (Görsel 2.24). Peki, bu kadar çok canlı türü nasıl oluyor da güneş ışığı olmayan bir ortamda yaşayabiliyor?

Ekosistem, canlı ve cansız etmenleri içeren biyolojik ortamdır. Ekosistem içerisinde, güneş ışığının ulaşmadığı okyanusların derin bölgelerinde yaşayan canlılarla beraber klorofile sahip olmayan ototrof mikroorganizmalar da bulunmaktadır. Klorofile sahip olmayan bu ototrof canlılar, güneş ışığı olmadan organik madde sentezini gerçekleştirerek farklı bir besin döngüsü oluşturmuştur. Acaba bu canlılar ışık ve klorofil kullanmadan besinlerini nasıl sentezliyor?

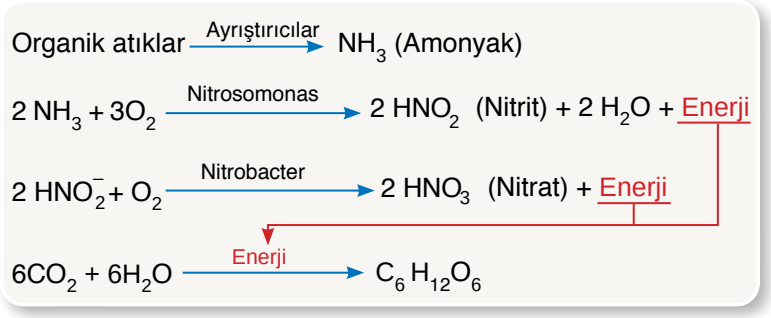
Klorofile sahip olmayan bazı prokaryot ototrof canlılar, güneş enerjisi yerine, bazı inorganik maddeleri oksidasyona uğratarak elde ettikleri enerjiyi kullanır. Bu olay sırasında oksijenin olması zorunlu değildir. **Oksidasyon** elektronların bir atom ya da molekülden ayrılmasını sağlayan kimyasal tepkimelerdir. Oksidasyon sonucunda ATP ve NADPH üretir. Ürettikleri ATP ve NADPH moleküllerini madde üretiminde kullanır. Bu olaya **kemosentez** denir.

Fotosentezde gerekli enerji, güneş ışığından karşılanırken kemosentezde ise ışık yerine hidrojen sülfür (H_2S), amonyak (NH_3), demir (Fe^{+2}), nitrit $\left(NO_2^-\right)$, hidrojen (H_2), kükürt (S), amonyum $\left(NH_4^+\right)$ gibi kimyasal maddelerin oksidasyonundan sağlanan kimyasal enerji, besin yapımında kullanılır. Kemosentezde ETS ve $NADP^+$ kullanılır. Ayrıca bazı canlılar ise NAD^+ kullanır.

Kemosentez yapan ototrof canlılara; doğada azot döngüsünü sağlayan nitrifikasyon bakterileri, bazı kükürt bakterileri, hidrojen bakterileri ve bazı arkeler örnek verilebilir. Besinlerini kemosentezle üreten bu canlılara **kemootötrof (kemolitotrof)** denir.

Topraktaki amonyak, bitkiler ve diğer canlılar için doğrudan emilime ve kullanıma uygun değildir. Yani azotun ya nitrit $\left(NO_2^-\right)$ ya da nitrat $\left(NO_3^-\right)$ bileşikleri hâlinde toprakta bulunması gerekir.

Azot, toprakta organik azot bileşikleri, nitratlar ve amonyum tuzları hâlinde bulunur. Azotlu bileşikler, bakteriler aracılığı ile oksidasyona uğrar ve bu olaya **nitrifikasyon** denir. Böylece amonyak, topraktaki hidrojenleri alarak amonyuma (NH_4), sonra da nitrit ve nitrata dönüşür. Bu sırada açığa çıkan elektronlar ETS'den geçirilir ve ATP üretilir. Bu ATP'nin bir kısmı kullanılarak besin sentezlenir:



Nitrifikasyon ile azot, bitkilerin kullanabileceği bileşiklere dönüşürken açığa çıkan enerji de nitrifikasyon yapan bakteriler tarafından kemosentez için kullanılır (Görsel 2.25). Kemosentezde de fotosentezde olduğu gibi Calvin döngüsü vardır. Kemosentez yapan canlılar inorganik maddeleri okside ederken bu süreçte ATP ve NADH sentezlenir. Üretilen ATP ve NADH molekülleri Calvin döngüsünde karbon fiksasyonunda kullanılarak organik madde sentezi yapılır.

Görsel 2.25: Amonyumu nitrite çeviren bakteri (Nitrosomonas)

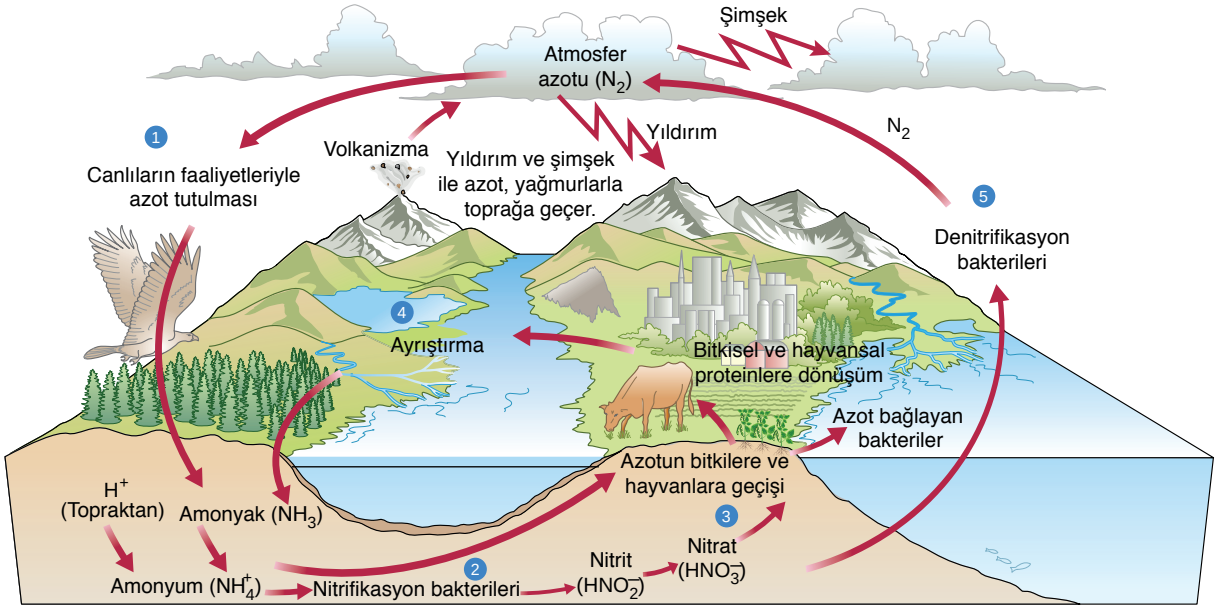
Proteinlerin kokuşmasından meydana gelen H_2S, çeşitli organik maddeler üzerinde mikroorganizmaların faaliyeti sonucu ortaya çıkan zehirli bir gazdır. Kükürt bakterileri hidrojen sülfürünü oksitleyerek enerji kaynağı olarak kullanır.

Biliyor musunuz?

Metanojenik arkeler oksidasyonlarını hidrojen ile gerçekleştirir. Bu esnada oksijen kullanmadan kemosentez yaparak metan gazı üretir.

Bitkiler, havadaki CO_2 bileşiğini bağlayarak organik bileşik sentezler fakat bitkilerin havada bulunan azot (N_2) gazını doğrudan kullanmaları mümkün değildir. Bitkiler, gelişmeleri için büyük öneme sahip olan azotu, azotlu bileşikler hâlinde topraktan alır. Topraktaki azotun bitkiler tarafından kullanılabilir hâle gelmesi ile doğada azot döngüsü gerçekleşir. Azot bakterileri, toprakta bulunan azotu, bitkilerin daha iyi yararlanabileceği hâle kemosentez olayı ile dönüştürür. Kemosentez, madde döngüsünün devamını sağlar ve azot döngüsüne katkısı çok fazladır. Kemosentetik bakteriler, doğada biyolojik dengenin devamı için oldukça önemlidir çünkü kemosentez ile ortamdaki atık maddeler parçalanarak tekrar işe yarar hâle getirilir, aynı zamanda çevre kirliliği de önlenir. Kemosentetik canlılar, bazı elementlerin doğada devirli olarak kullanımına da yardım eder.

Kemosentezin azot döngüsüne olan katkısı şöyle özetlenebilir: Canlıların ölümleri ile birlikte organik maddeler toprağa aktarılır. Azotlu organik maddeler, çürükçül organizmalar tarafından amonyağa dönüştürülür. Topraktan amonyağa (NH_3) H^+ katılarak amonyum (NH_4) oluşturulur. Bu aşamada kemosentetik bakteriler devreye girerek amonyumu nitrifikasyonla nitrite ve nitrata (azot tuzlarına) dönüştürür. Bitkiler, kökleriyle topraktan nitratı alır ya da denitrifikasyon bakterileri nitratı parçalayarak atmosfere yeniden azot gazı hâlinde gönderir. Bu olay **denitrifikasyon** olarak adlandırılır. Böylece azot döngüsü tamamlanır (Görsel 2.26).



Görsel 2.26: Azot döngüsü

Ekosistemdeki azot kazanımının en önemli miktarı biyolojik yolla elde edilir. Ayrıca 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 döngüsüne diğer bir etkisi de sanayide ve araçlarda kullandıkları akaryakıttan çıkan nitrit oksitlerin oluşumudur. Nitrit oksitler hava kirliliğini oluşturan gazlardandır.

Ekosistemlerde, endüstriyel ve evsel atıkların doğaya bırakılması ve bu atıklarda da yüksek miktarda azot bileşikleri bulunması her geçen gün kirliliği artırmaktadır. Bu kirlilik, döngüde çok önemli rolleri olan mikroorganizmaların yaşam alanlarını etkileyerek azot döngüsündeki dengeyi bozar. Biyolojik ve ekonomik özellikleri açısından bakıldığında kemosentetik organizmaların bir kısmı zor koşullarda yaşayabilir. Bu organizmalar, bozulmadan kalabilen dirençli enzimlere sahiptir. Bu enzimler, endüstride pek çok tepkimenin gerçekleştirilmesi, atık metallerin zehirli özelliklerinin azaltılması, kalitesi düşük metal cevherlerinin biyolojik yollarla kullanılabilir hâle getirilmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Metal karışması nedeniyle kirlenen suların yeniden kullanılabilir hâle getirilmesinde ve boya endüstrisinin oksijensiz arıtma tanklarında bulunan atık suyun yeniden temizlenmesinde de kemosentetik organizmalardan yararlanılmaktadır. Ayrıca kemosentetik organizmalar volkanik faaliyetler (Görsel 2.27) ile yeryüzüne çıkan azotu, kemosentez reaksiyonlarında kullanarak çözünebilen azot tuzlarına dönüştürür. Böylece azotu canlıların kullanabileceği forma dönüştürmüş olur.

Görsel 2.27: Volkanik faaliyetler yeryüzüne azot kazandırabilir.

Araştıralım

Kemosentezin ekosisteme ve endüstriyel alanlara katkılarını araştırınız. Araştırma sonuçlarını arkadaşlarınızla paylaşınız.

3. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıda verilen ifadelerde bildirilen yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (....) Kemosentez, madde döngüsünün devamını sağlayan olaylardan biridir.
2. (....) Kemosentez olayı, ışık enerjisi kullanılarak besin sentezlenmesidir.
3. (....) Kemosentetik canlılar ototroftur.
4. (....) Kemosentez yapan ototrof canlılara, doğada azot döngüsünü sağlayan nitrifikasyon bakterileri örnek verilebilir.
5. (....) Kemosentetik canlılar, bazı elementlerin doğada devirli olarak kullanımına yardım eder.
6. (....) Ekosistemdeki azot kazanımının tamamı, endüstriyel yolla elde edilir.
7. (....) Kemosentetik organizmaların bir kısmı zor koşullarda yaşayabilir. Bunlar, bozulmadan kalabilen dirençli enzimlere sahiptir.
8. (....) Kemosentezde ihtiyaç duyulan kimyasal enerji, sadece organik maddelerin oksidasyonundan elde edilir.
9. (....) Kemosentezi protistler gerçekleştirir.
10. (....) Kemosentezde karbon kaynağı olarak karbondioksit kullanılır.

B. Aşağıdaki ifadelerde noktalı yerlere doğru kelimeleri yazınız.

kemosentez, Fe, oksidasyon, $2HNO_3$, denitrifikasyon, azot, inorganik maddeler, oksijen, bakteriler, NH_3, nitrifikasyon, arkeler, NH_4^+, kimyasal, CO_2

1. Kemosentez olayını bazı ..... ve bazı ..... yapabilir.
2. Kimyasal enerji kullanılarak besin sentezlenmesine ..... denir.
3. Kemosentez için ....., ..., ... gibi moleküller elektron kaynağıdır.
4. Elektronların bir atom veya molekülden ayrılmasını sağlayan kimyasal tepkimelere .... denir.
5. Kemosentez reaksiyonlarında kullanılan enerjinin kaynağı ..... .
6. Azotlu bileşikler, bakteriler aracılığı ile oksidasyona uğrar, bu olaya …… denir.
7. Kemosentezde enerji oluşumu "$2\ HNO_2 + O_2 \longrightarrow$ ..... + Kimyasal enerji" denklemi şeklindedir.
8. Azot ……..……..bakterileri tarafından yeniden atmosfere gönderilir, böylece azot döngüsü tamamlanır.
9. Kükürt bakterilerinin kemosentez denklemi "$2\ H_2S + O_2 \longrightarrow 2\ H_2O + 2\ S +$ …… enerji" şeklindedir.
10. Topraktaki azotun kullanılır hâle gelmesi ile doğada …… döngüsü gerçekleşir.

4. BÖLÜM

Hücresel Solunum

Anahtar Kavramlar

- Fermantasyon
- Glikoliz
- Hücresel solunum
- Mitokondri
- Oksijenli solunum
- Krebs döngüsü
- Oksijensiz solunum

Neler Öğreneceksiniz?

Hücresel solunum bölümünde oksijenli solunumda reaksiyona girenleri ve reaksiyon sonunda açığa çıkan son ürünleri, fotosentez ve solunum ilişkisini, fotosentez ve oksijenli solunumda enerji üretim mekanizmasını öğreneceksiniz.

Hazırlık Soruları

1. Hücresel solunumun canlılar için önemi nedir?

2. Laktik asit fermantasyonu hangi alanlarda kullanılır ?

3. Spor yaparken doğru soluk alıp vermenin enerji verimliliği üzerindeki etkisi nedir?

Görsel 2.28: Canlılar, enerji ihtiyaçlarını besinlerden elde eder.

2.4.1. Hücresel Solunumun Canlılar İçin Önemi

Ekosistemlerin devamlılığı için gerekli enerjinin kaynağı Güneş'tir. Ekosistemde, bitkiler güneş enerjisini kullanarak fotosentezle besin üretir. Bazı hayvanlar bitkileri, bazıları da bitkilerle ve hayvanlarla beslenen (Görsel 2.28) diğer hayvanları yiyerek enerjilerini sağlar. Bu bölümde, canlıların organik moleküllerde saklanmış kimyasal enerjiyi nasıl açığa çıkardıklarını ve bu enerjiyi ATP molekülüne nasıl dönüştürdüklerini öğreneceğiz.

Canlılarda büyüme, gelişme, hareket, biyosentez, üreme gibi hayatsal faaliyetler, yapım ve yıkım olayları ile gerçekleşir. Bu yapım ve yıkım tepkimelerine **metabolizma** denir. Canlılar, bu metabolik faaliyetleri sırasında enerjiye ihtiyaç duyar ve bu enerjiyi hücresel solunumla elde eder. Solunum olayında amaç, enerji elde etmektir. Bir hücreli veya çok hücreli tüm canlılarda enerji gerektiren reaksiyonlar meydana gelir.

Canlılar, ihtiyaç duydukları enerjiyi organik besinlerden sağlar. Hücrede organik besinlerden enerji oluşturma ile ilgili metabolik olay, hücresel solunumdur. Hücresel solunum, oksijenli solunum ve oksijensiz solunum olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Canlılar oksijenli ve oksijensiz solunum dışında organik maddelerin enzimlerle daha küçük organik maddelere çevrildiği **fermantasyon** denilen yıkım tepkimeleriyle de ATP üretir.

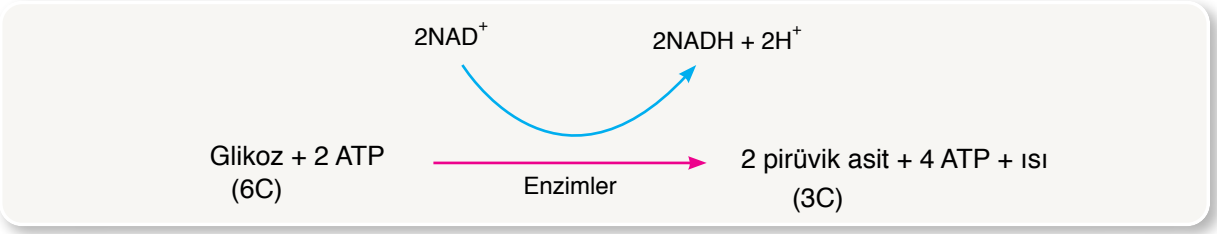
Canlılar, enerji üretemediğinde canlılığın sürdürülmesi mümkün değildir. Enerji ihtiyacı canlının yaşamı boyunca sürdüğü için hücresel solunum her zaman gerçekleşir. Bu nedenle hücresel solunum olayı canlılar için çok önemlidir.

Hücreler yaşamları için gerekli olan enerjiyi ATP molekülünden sağlar. Organik monomerlerin parçalanmasıyla ATP üretilmesi; oksijensiz solunum, oksijenli solunum ve fermantasyon olarak adlandırılan metabolik yollarla gerçekleştirilir. Fermantasyon besinlerin yapı taşlarının oksijen kullanmadan kısmi olarak yıkılıp ATP elde edilmesi olayıdır. Tüm bu metabolik olaylarda sitoplazmada gerçekleşen glikoliz tepkimeleri ortaktır.

Şimdi, sırasıyla glikolizi, oksijenli solunumu, oksijensiz solunumu ve fermantasyonu inceleyelim.

A. Glikoliz

Glikoliz "şeker parçalanması (Yunancada gliko: şeker, tatlı; lizis: parçalamak)" anlamına gelir. Bir adet 6 karbonlu glikozun çeşitli enzimler yardımıyla daha basit yapılı 3 karbonlu iki molekül pirüvik aside (pirüvat) kadar parçalanmasına **glikoliz** denir. Glikoliz, tüm solunum yapan canlılarda gerçekleşen temel metabolik yoldur.



Glikoz molekülünün tepkimeye girebilmesi için aktivasyon enerjisi engelinin aşılması gerekir. Bunun için 2 ATP enerji harcanarak glikoz kararsız bir bileşiğe dönüştürülür. Bu kararsız bileşik, hemen parçalanıp çeşitli basamaklardan geçerek 2 molekül, 3C'lu pirüvik asidi oluşturur. Enerjinin büyük bir kısmı pirüvik asit molekülünün yapısında kalır. Tepkime sonucu 4 ATP sentezi gerçekleşir. Ancak ilk aşamada 2 ATP harcandığından net 2 ATP kazanılır. Glikoliz olayı enerjinin harcandığı ve enerjinin tekrar oluştuğu reaksiyondur. Koenzim olarak kullanılan NAD^+ (nikotinamit adenin dinükleotit) ara molekülden 2H alarak indirgenir ve $NADH+H^+$ oluşur. Bu sırada pirüvik asit meydana gelir ve enerjinin büyük kısmı pirüvik asit molekülünün yapısında kalır.

Glikolizde ATP sentezi, **substrat düzeyde fosforilasyon** şeklindedir. Yani reaksiyon sadece enzimlerle yürür. Elektron taşıma sistemi (ETS) yoktur. Glikoliz reaksiyonları, oksijensiz solunum, oksijenli solunum ve fermantasyon yapan hücrelerde ortaktır. Bu yüzden glikozun pirüvik aside kadar parçalanması reaksiyonları sırasında görev yapan enzimler aynıdır. Glikoliz reaksiyonları, hücre sitoplazmasında gerçekleşir.

Glikolizde açığa çıkan enerji miktarı düşük gibi görünse de dokulara oksijen gitmediği zaman bu yol, ana enerji kaynağı olarak çalışır.

Pirüvik asidin oluşturulmasına kadar kullanılan substratlar, bütün canlılarda aynıdır. Bu bilgi, tüm canlılarda glikoliz reaksiyonlarını kontrol eden kalıtsal yapının ve enzimlerin benzer olduğunu kanıtlar.

*Görsel 2.29: Fermantasyon örnekleri **a.** Peynir **b.** Turşu **c.** Sirke*

B. Oksijen Kullanılmadan ATP Üretilmesi

Bazı hücrelerin oksijen kullanılmaksızın organik besinleri oksitleyerek ATP üretmelerini mümkün kılan iki genel mekanizma vardır. Bunlar **fermantasyon** ve **oksijensiz solunum**dur.

Fermantasyon: Hiç şüphe yok ki insanlar çok eski zamanlardan beri fermantasyonun genel anlamını biliyorlardı. Geçmiş dönemlerde insanlar, bazı şartlar altında sütün peynire dönüştüğünü öğrenmişlerdir. Sütte görülen değişikliğin bir kısmı, belirli bakterilerin yaptığı fermantasyondan ileri gelmektedir. Fermantasyon, oksijen ya da bir başka elektron taşıma sistemi kullanmaksızın kimyasal enerjinin sadece glikoliz yolu ile elde edilmesidir. Fermantasyon ile moleküllerinden koparılan elektronlar NAD^+ molekülüne aktarılarak $NADH+H^+$ üretilir.

Fermantasyon ile enerji elde edilmesi, bakterilerin büyük bir bölümünde, maya mantarlarında, omurgalıların çizgili kaslarında ve bazı tohumlarda gerçekleşir. Örneğin bazı bakteri veya mayalarla fermantasyon yardımı ile;

- Sütten yoğurt veya peynir yapılması (Görsel 2.29 a),
- Çeşitli sebze ve meyvelerden turşu yapılması (Görsel 2.29 b),
- Üzümden sirke (Görsel 2.29 c) yapılması gibi olaylar gerçekleştirilir.

Gıda endüstrisinde fermantasyon olaylarının yapılma nedeni genellikle yoğurt, sirke gibi ürünleri elde etmektir.

Fermantasyon, glikoliz ve son ürün evrelerinden oluşur. Glikoliz reaksiyonlarıyla glikoz, pirüvik aside kadar parçalandıktan sonra, son ürün evresinde pirüvik asit, ürüne dönüştürülür. Son ürün evresi, glikoliz reaksiyonlarının bir uzantısıdır. Fermantasyon glikolizdeki substrat düzeyindeki fosforilasyonun sürekli gerçekleşmesine imkân sağlar. Çünkü glikolizde oluşan $NADH+H^+$ ler yeniden NAD^+ molekülüne dönüşmezse glikoliz devam edemez. Oluşan $NADH+H^+$ ler son ürün evresinde tekrar yükseltgenerek bir sonraki glikoliz olayında kullanılır. Farklı canlılarda, farklı enzimlerle gerçekleştiği için bu evrede, farklı son ürünler oluşur.

Fermantasyonda açığa çıkan enerji, oksijenli solunuma göre daha azdır. Bunun nedeni şudur: Fermantasyon tepkimelerinde besinler, alkol ve laktik asit gibi organik bileşiklere kadar dönüştüğü için enerjinin büyük bir bölümü bu ürünlerin yapısında kalır.

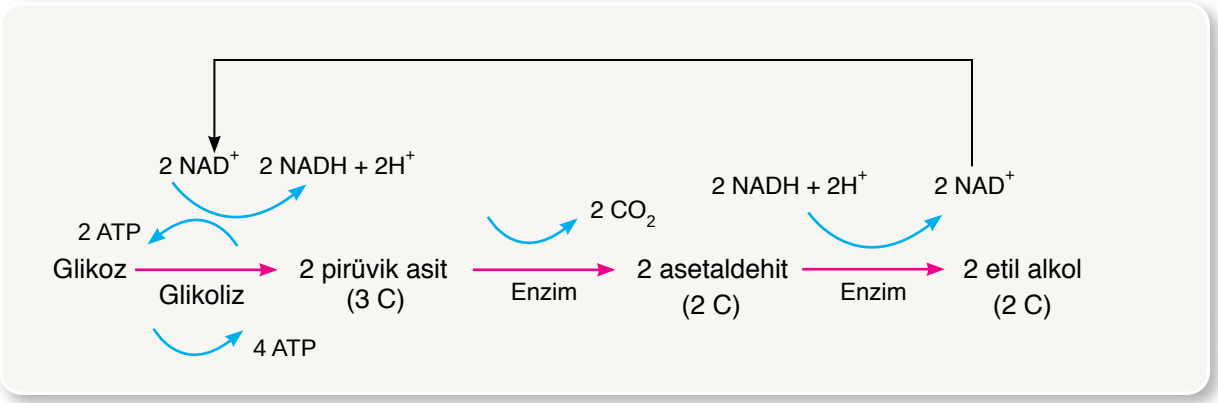
Fermantasyon sonucu oluşan son ürünlerin, genellikle canlı türüne bağlı olarak farklı olmasının sebebi tepkimelerde görev yapan enzim çeşitlerinin bu canlılarda farklı olmasıdır.

Fermantasyonda en yaygın olarak bilinen iki son ürün etil alkol ve laktik asittir.

1. Etil Alkol Fermantasyonu

Bazı bakteriler, mayalar ve bazı bitki tohumları, glikozu enzimler yardımıyla glikoliz reaksiyonlarıyla parçalayarak pirüvattan etil alkol (ethanol) oluşturur. Enerjinin açığa çıktığı bu tür tepkimelere **etil alkol fermantasyonu** denir. Örneğin bira mayası hücreleri, fermantasyon ile glikozu parçalayarak etil alkol, karbondioksit ve 4 ATP sentezler.

Etil alkol fermantasyonunda pirüvik asitten CO_2 açığa çıkması ile önce asetaldehit oluşur. Asetaldehit ise $NADH+H^+$ molekülünden hidrojenleri alarak etil alkole dönüşür. Bu arada NAD^+ serbest kalarak tekrar glikolizde kullanılabilir. Etil alkol fermantasyonunun denklemini şöyle gösterebiliriz:



Etil alkol fermantasyonunda 2 molekül pirüvik asitten 2 molekül etil alkol oluşur. Bununla birlikte 2 CO_2 , 2 NAD^+ açığa çıkar. Pirüvik asitten etil alkol oluşumu sırasında (son ürün evresinde) ATP sentezi ve tüketimi gerçekleşmez.

Etil alkol fermantasyonu ile sirke elde edilir. Pastacılıkta kullanılan mayaların gerçekleştirdiği alkolik fermantasyon

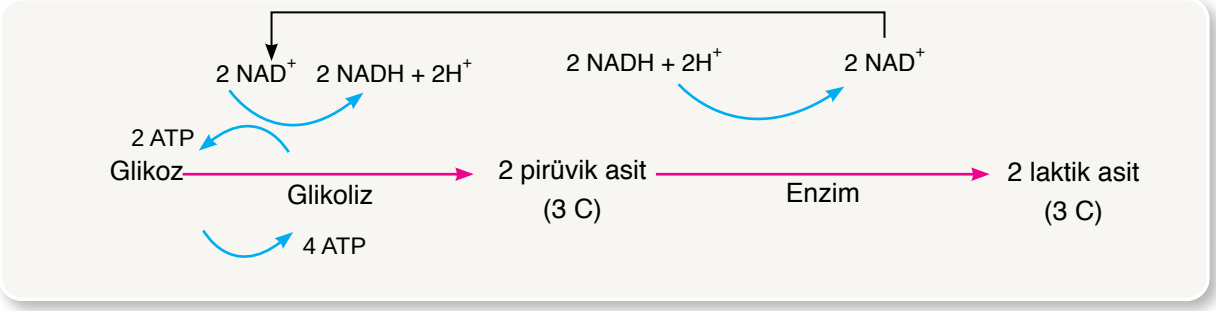
Görsel 2.30: Fermantasyon sonucu hamur kabarır.

sonucu açığa çıkan CO_2 hamurun kabarmasını sağlar (Görsel 2.30). Etil alkol fermantasyonu sonucu oluşan hava kabarcıkları da açığa çıkan CO_2 ile oluşur.

Etil alkol fermantasyonu tepkimeleri sonucu açığa çıkan etil alkol oranı %12'yi aşarsa bu durum, fermantasyon yapan canlılara zarar verir. Bu nedenle etil alkol birikiminin yoğun olması, bu fermantasyonu yapan canlıları olumsuz etkiler.

2. Laktik Asit Fermantasyonu

Laktik asit fermantasyonu, glikoliz sonunda oluşan pirüvik asit molekülünün hücre sitoplazmasında enzimlerle laktik aside dönüştüğü, NAD^+ ve ATP moleküllerinin sentezlendiği bir olaydır. Bazı mantar çeşitleri, peynir yapımında kullanılan bakteriler, yoğurt bakterileri, bazı turşu bakterileri bu fermantasyon çeşidini gerçekleştirdiğinden endüstride önemli bir yer tutar.

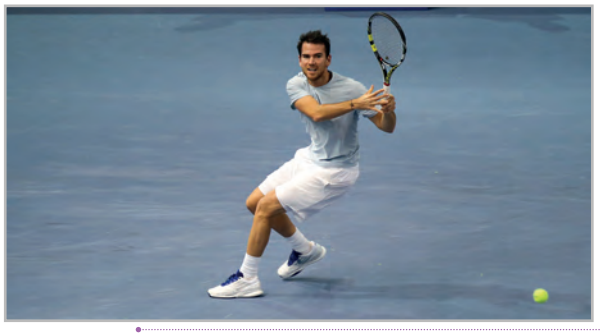


Laktik asit fermantasyonun sonucunda 2 molekül pirüvik asitten 2 molekül laktik asit oluşur ve 4 ATP sentezlenir. Bu reaksiyonlar sonucunda etil alkol fermantasyonundan farklı olarak CO_2 ve asetaldehit oluşmaz.

Laktik asit fermantasyonunda glikolizin son ürünü pirüvik asit, ortamdaki $NADH+H^+$ molekülünden 2 H^+ alarak laktik aside indirgenir. Bu sırada NAD^+ oluşur. NAD^+ oluşumu, glikolizin devamını sağlar. Bu şekilde, ortamda glikoliz sonucu oluşan pirüvik asit ve hidrojen birikimi gerçekleşmez. Eğer pirüvik asit ve hidrojen birikimi gerçekleşseydi bu birikim, glikolizi durdurur ve hücre ölümüne neden olabilirdi.

Etil alkol ve laktik asit fermantasyonu sonucu pirüvik asitten etil alkol veya laktik asit oluşurken toplam 4 ATP üretilir. Glikolizde 2 ATP, glikozu aktifleştirmek için kullanıldığından net enerji kazancı ise 2 ATP'dir.

Oksijenli solunum yapan bazı hücreler yeterince oksijen alamadığında veya aşırı çalışan bir kas hücresinde olduğu gibi kendisine gelen oksijen miktarı yetersiz kaldığında laktik asit fermantasyonu ile enerji üretmeye başlar. Kaslarda üretilen az miktardaki laktik asit kaslara uyarıcı etki yapar. Bu nedenle spordan önce yapılan ısınma hareketleri oldukça faydalıdır (Görsel 2.31). Laktik asit, kan aracılığı ile karaciğere taşınır ve burada karaciğer hücreleri tarafından tekrar pirüvata dönüştürülerek oksijenli solunum tepkimelerinde kullanılır.



Görsel 2.31: Spor aktivitelerinden önce ısınma hareketleri yapılmadığında kas krampları oluşabilir.

Karbohidrat parçalanması kandan kas hücrelerine O_2 verilmesini sağlar. Yoğun egzersiz sırasında, laktik asit piruvata dönüşmez. Biriken laktik asit kasta yoğun egzersiz sırasında yorgunluğa veya ağrıya neden olduğu sanılıyordu. Ancak, araştırmalar bu yaygın görüşün tersine laktik asit üretiminin egzersiz sırasında performansı artırdığını göstermiştir. Bunun da ötesinde, bir saat için de laktik asitin fazlası solunum için diğer dokulara ya da karbohidrat üretmek üzere karaciğere ve böbreklere gönderilmektedir. Sonradan ortaya çıkan kas ağrılarının sebebi kas liflerindeki zedelenmelerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Campbell, 2022: 181).

100 metre hız koşusu gibi aşırı kas hareketi gerektiren aktivitelerde oksijen kaslara yeterli hızla taşınamadığından ATP eldesi için oksijenli solunum gerçekleşemez. Bunun yerine kaslar, depoladıkları glikojeni glikoza dönüştürür. Oluşan glikozu fermantasyonla son ürün olan laktik aside yıkarak hızlı bir şekilde ATP elde eder.

Bazı bakteriler ve bazı mantarlar laktik asit fermantasyonu yapar. Ayrıca omurgalıların çizgili kasları ve memelilerin olgun alyuvarı hücrelerinde de laktik asit fermantasyonu görülür.

Görüldüğü gibi bazı canlılarda, pirüvik asidi karbondiokside ve etil alkole dönüştüren enzimler bulunmaktadır. Bazı organizmalarda ise pirüvik asidi laktik aside dönüştüren enzimler vardır. Çok çeşitli son ürünleri olmakla beraber fermantasyonun temel tepkimeleri, oksijensiz devam eder ve her bir olayı, başka bir enzim tarafından katalizlenen birçok basamaktan meydana gelir. Bu basamakların bir sonucu olarak organizmanın yaşaması ve büyümesi için gerekli enerji üretilir.

Aşağıda verilen etkinliklerle sırasıyla boza, yoğurt ve hamur yapalım.

Etkinlik

Boza Yapımı

Amaç

Fermantasyon ile boza yapmak

Araç ve Gereçler

- 1 su bardağı bulgur
- 1/4 su bardağı yoğurt
- 1/4 tatlı kaşığı kuru maya
- 10 su bardağı su
- 2 çorba kaşığı şeker
- Mutfak robotu
- 1 çorba kaşığı un
- Ocak
- Tencere

Uygulama Basamakları

- Bulguru büyük bir tencereye koyunuz. Tencereye 8 su bardağı su ilave ederek üzeri kapalı şekilde oda sıcaklığında 1 gece bekletiniz. Bulguru kısık ateşte 2 saat kadar pişirdikten sonra mutfak robotunda çekip süzgeçten geçiriniz. Oluşan karışımı buzdolabına koyunuz.
- Süzgecin üzerinde kalan bulguru yeniden tencereye koyup üzerine 1 su bardağı su ilave edip kısık ateşte 1 saat daha pişiriniz. Bu bulguru da süzgeçten geçirip buzdolabına koyunuz.
- Unu küçük bir tencereye koyup üzerine 1 bardak su ekleyiniz. Karışımı kısık ateşte sürekli karıştırarak koyulaşıncaya dek pişiriniz. Karışımı ateşten alıp içine 1,5 çorba kaşığı şeker koyup eriyinceye kadar karıştırınız. Karışım ılık duruma gelince içine yoğurt katınız.
- Mayayı çeyrek bardak ılık suda ezip ardından 5 dakika bekletip yoğurt karışımına katınız. Ilık bir ortamda yarım saat bekletiniz.
- Mayalı karışımı, ezilmiş bulgura ekleyip oda sıcaklığında yaklaşık 2 gün bekletiniz. Ancak bu süre içinde ara sıra karışımı karıştırınız.
- Kalan şekeri mayalı karışıma ekleyip şeker iyice eriyinceye kadar karıştırınız.

Sonuç

- Karışımın içine neden maya kattığınızı açıklayınız.

Etkinlik

Yoğurt Yapımı

Amaç

Fermantasyon ile yoğurt yapmak

Araç ve Gereçler

- Küçük bir kâse
- 1,5 çorba kaşığı yoğurt
- Ocak
- Yoğurt mayalanacak kap
- 1 kg süt
- Tencere

Uygulama Basamakları

- Sütü ocağa koyup kaynayıncaya kadar ısıtınız.
- Kaynama başladıktan sonra yaklaşık 5 dakika daha sütü kaynatmaya devam ediniz.
- Kaynamış sütü, yoğurt yapılacak kabın içine koyunuz. Süt, parmağı yakmayacak sıcaklığa geldiğinde bir kâseye az bir miktar süt alıp içine çırpılmış yoğurt (1,5 çorba kaşığı) ilave ediniz. Bunu kabın içindeki süte yavaş yavaş karıştırınız. Yoğurt kabının yerini sağlamlaştırınız. Kabın her tarafını örtü ile sıkıca kapatıp ılık ortamda 5 saat kadar beklettikten sonra üzerini açınız. Yoğurdu ekşimemesi için serin bir yerde saklayınız.

Sonuç

- Sütün içine yoğurt katılmasının nedeni ne olabilir? Açıklayınız.

Etkinlik

Hamur Yapımı

Amaç

Fermantasyon ile hamur yapmak

Araç ve Gereçler

- 2 su bardağı su
- 1 tatlı kaşığı tuz
- 1 çay bardağı zeytinyağı
- 5,5 su bardağı un
- 1,5 yemek kaşığı şeker
- 1 yemek kaşığı kuru maya

Not: Mayalı hamur yapımı, malzemelerin hazırlanması, yoğurma, dinlendirme gibi aşamalardan oluşur.

Uygulama Basamakları

- Belirtilen malzemeleri ölçerek hazırlayınız. 35-40 °C'taki suyun içine 1 tatlı kaşığı şeker ve kuru mayayı ekleyip bunları karıştırarak eritiniz.

- Unun ortasını çukur şeklinde açıp mayalı sıvıyı oraya dökünüz, ön mayalanma için 10 dakika bekleyiniz. Daha sonra diğer malzemeleri ilave ediniz. Hamur kıvamlı hâle gelip kendini kabın kenarından ayırana kadar hamuru elle yoğurunuz.
- Hazırlanan hamuru, üzerini örterek sıcak bir yerde kabarmak üzere dinlenmeye bırakınız. Mayalanma işlemi sırasında oluşan gazları dışarı çıkartmak için mayalanmanın sonuna doğru hamurun üzerine yumrukla 3-4 kez vurunuz. Mayalanma işleminin tamamlanıp tamamlanmadığını anlamak için hamura parmakla bastırınız. Hamur, bastırdığınız noktada kısa bir süre içinde eski hâlini alıyorsa mayalanma işlemi tamamlanmamış demektir. Eğer parmak izi aynen kalıyorsa hamurun yeterince mayalandığı anlaşılır.

Sonuç

- Hamurun kabarmasını sağlayan etken nedir? Tartışınız.

Oksijensiz solunum: Organik moloküllerin oksijen kullanılmadan yıkılması esnasında ETS yardımıyla ATP üretilmesine **oksijensiz solunum** denir. Oksijensiz ortamda yaşayan bazı prokaryot organizmalar elektron taşıma zinciri içermekle birlikte zincirin sonunda elektron alıcısı olarak oksijen kullanmazlar oksijensiz solunumda ETS deki son elektron alıcısı olan inorganik bileşiklerin (sülfür (H_2S), nitrat (NO_3^-), karbondioksit (CO_2) ve demir (Fe_3^-)) elektron çekim güçleri oksijene göre zayıftır. Bu nedenle oksijensiz solunumda üretilen ATP miktarı oksijenli solunuma göre azdır. Örneğin denitrifikasyon bakterileri nitrat kullanarak oksijensiz solunum yapar. Ayrıca bataklık gibi oksijensiz ortamda yaşayan bazı bakteriler besin moleküllerinden kopardıkları elektronları elektron taşıma sistemi üzerinden sülfat (SO_4^{-2}) iyonuna aktarır. Elektronların elektron taşıma zinciri üzerinden aktarılması sırasında açığa çıkan enerji ile ATP sentezlenir. Ancak yan ürün olarak su yerine hidrojen sülfür (H_2S) üretilir. Bataklıklardan gelen çürük yumurta kokusunun sebebi üretilen hidrojen sülfürdür. Oksijensiz solunumda ATP kazancı son elektron tutucuya göre değişmektedir.

C. Oksijenli Solunum

Oksijenli solunum yapan hücreler, besinlerin yapı taşlarını hücresel solunumunda enerji üretmek için kullanır. Oksijenli solunum ile üreticilerin fotosentezle ürettikleri oksijen de tüketilir. Oksijenli solunum ile organik moleküllerde depolanmış enerji açığa çıkar ve ATP üretilir. Üretilen ATP, hücresel faaliyetler için enerji sağlar. Oksijenli solunumun atık ürünleri olan CO_2 ve H_2O, fotosentez yapan canlıların ham maddesini oluşturur:

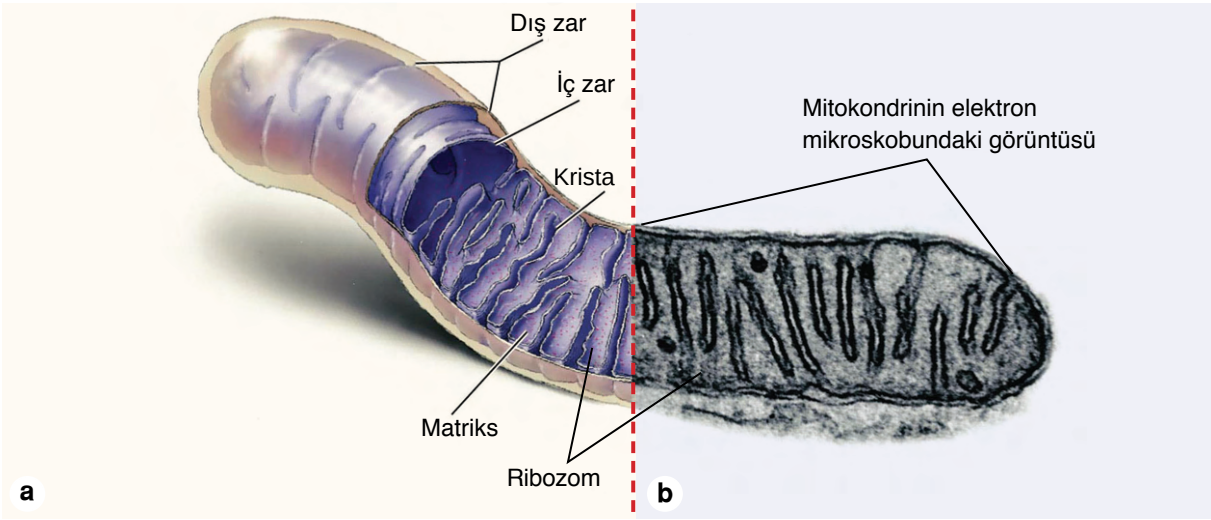
$$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 12H_2O + \text{Enerji (ATP + Isı)}$$

Organik besinlerin oksijen varlığında karbondioksit (CO_2) ve su (H_2O) gibi inorganik maddelere kadar parçalanmasına **oksijenli solunum** denir. Oksijenli solunum sırasında, organik bileşiklerin yapısında bulunan kimyasal bağ enerjisi ile ATP üretilir.

Mitokondri organeline sahip ökaryot canlılarda glikoliz sonucu oluşan pirüvik asidin oksijenli solunum reaksiyonlarına katılması, mitokondride gerçekleşir. Prokaryot canlıların ise mitokondrileri yoktur. Bazı prokaryotlar mitokondrileri olmadığı hâlde oksijenli solunum yapar. Bu canlılarda oksijenli solunum ile ilgili enzimler hücre zarı üzerinde bulunur.

Biliyor musunuz?

Bazı ökaryotik canlılar mitokondri içermeyebilir. Örneğin; monocercomonoides mitokondri yerine hücre içinde bulunan ve besinleri parçalayarak enerji üretmelerini sağlayan enzimler sayesinde yaşamını sürdürebiliyor.



*Görsel 2.32: Mitokondrinin yapısı: **a.** Şematik gösterim, **b.** Elektron mikroskop görüntüsü (SEM 8000 x)*

Oksijenli solunum için özelleşmiş mitokondri, ökaryot canlılarda bulunan çift katlı zar sistemine sahip bir organeldir (Görsel 2.32).

Mitokondrinin dış zarı düzdür, iç zarı ise girintili ve çıkıntılı bir yapıya sahiptir. Bu yapı, solunum yüzeyini artırarak daha fazla enerji elde edilmesini sağlar. İç zarın kıvrımlarına **krista**; iç zar içinde yer alan sıvıya ise **matriks** denir. Krista ve matriks denilen bu bölgelerde oksijenli solunum tepkimelerini gerçekleştiren enzimler bulunmaktadır. Besinlerin parçalanmasıyla oluşan moleküller, mitokondrideki enzimler aracılığıyla ATP sentezlenmesinde kullanılır. Oksijenli solunumda, organik maddeler, inorganik maddelere kadar parçalandığından enerji verimi fermantasyona göre daha yüksektir. Mitokondri zarlarının bazı maddelere karşı uyguladığı geçirgenlik farklıdır. Örneğin mitokondri, glikoz moleküllerini içeri almazken üretilen ATP moleküllerini dışarı yani sitoplazmaya verebilir. Mitokondriler, hücrenin kontrolü altında bölünüp

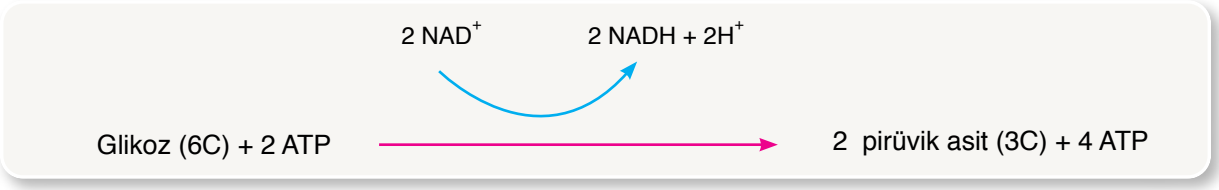
çoğalabilir ve protein sentezi yapabilir. Çünkü mitokondrilerin kendilerine ait DNA'ları vardır. Ayrıca RNA ve ribozomları da bulunur. Mitokondrilerin sayısı ve büyüklüğü hücreden hücreye değişebilir.

Hücrede oksijenli solunum şu aşamalardan meydana gelir:

1. Glikoliz
2. Pirüvik Asitten Asetil-CoA Oluşumu
3. Krebs Döngüsü
4. Elektron Taşıma Sistemi (ETS)

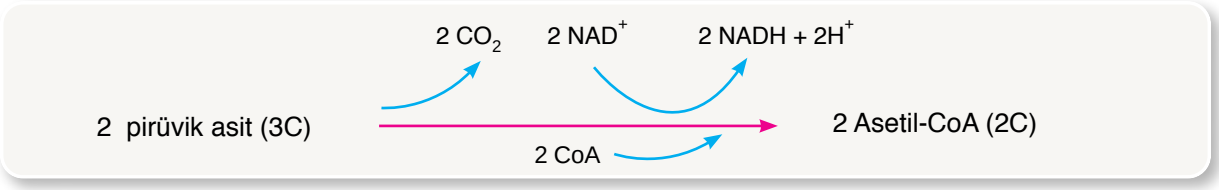
1. Glikoliz

Glikoliz, daha önce anlatıldığı gibi solunum yapan tüm canlılarda ortak metabolik yoldur. Çünkü glikoliz reaksiyonlarında görev yapan enzimler canlılarda ortak olarak bulunur. Glikoliz, sitoplazmada 1 molekül glikozun, 2 molekül pirüvik aside kadar parçalanmasıdır.



2. Pirüvik Asitten Asetil-CoA Oluşumu

Glikolizden sonra pirüvik asitten bir molekül CO_2 ayrılır. Pirüvattan ayrılan hidrojenin elektron ve protonları NAD^+ tarafından tutulur. Ökaryot hücrelerde glikoliz sonucunda oluşan pirüvik asit ve NADH + H^+ eğer ortamda oksijen varsa mitokondriye geçer ve mitokondriye giren pirüvik asit enzimler yardımıyla asetil-CoA molekülüne dönüştürülür. Asetil-CoA'nın oluşumu ortamda yeteri kadar oksijen bulunduğunu gösterir.



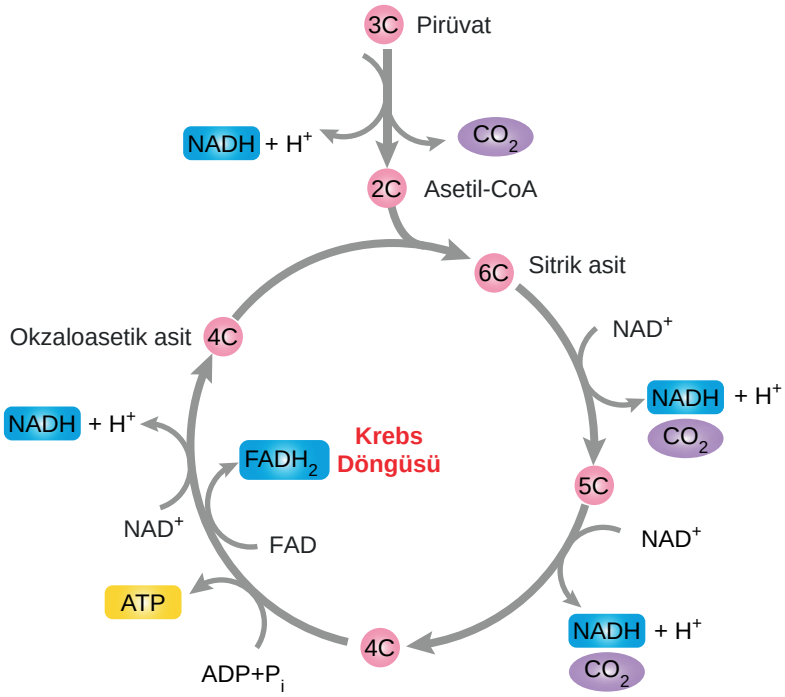
3. Krebs Döngüsü

Krebs döngüsü, mitokondrinin matriksinde meydana gelir ve peş peşe birbirini izleyen bir dizi tepkimeden oluşur. Bu devirli reaksiyonların birçok ayrıntısını ilk defa ortaya çıkaran bilim insanı Hans Krebs (Hans Kırebs,1937) olduğundan bu döngüye **Krebs döngüsü** denir. Başarısından ötürü Hans Krebs'e Nobel Tıp Ödülü verilmiştir. Krebs döngüsünde, meydana gelen ilk

madde 6 karbonlu (6C) sitrik asit olduğundan bu döngüye **sitrik asit döngüsü** de denir.

İki karbonlu asetil grubu 4 C'lu okzaloasetik asitle birleşerek 6 karbonlu sitrik asidi oluşturur. Daha sonra, art arda meydana gelen reaksiyonlar sonucu sitrik asitten tekrar okzaloasetik asit oluşur. Bir glikoz molekülünün parçalanması sonucunda ise 2 pirüvat ortaya çıkar. Bundan sonra 2 adet asetil CoA oluştuğundan 2 defa Krebs tepkimesi meydana gelir (Görsel 2.33).

İki Krebs döngüsünde 2 ATP molekülü substrat düzeyinde fosforilasyonla sentezlenir ve elektronlar, toplam 6 NAD^+ ve 2 FAD^+ tarafından tutularak indirgenir (e^- alan molekül indirgenir, e^- veren molekül yükseltgenir.). Bu sırada da toplam 4 molekül CO_2 oluşur. Krebs döngüsü sırasında oluşan 6 $NADH+H^+$ ve 2 $FADH_2$ molekülleri de ETS'ye aktarılır.



Görsel 2.33: Krebs döngüsü reaksiyonları

Biliyor musunuz?

FAD, elektron taşıyıcı bir koenzim olup enerji metabolizmasında kullanılır.

4. Elektron Taşıma Sistemi (ETS)

ETS, mitokondrinin iç zarı içine gömülmüş, çoğunluğu proteinlerden oluşan moleküllerden meydana gelir. Mitokondri iç zarının kristaları oluşturacak şekilde kıvrımlar yapması, her mitokondrinin çok sayıda elektron taşıma zinciri içermesini sağlar. ETS, enerjinin en yoğun üretildiği safhadır. ETS molekülleri, ökaryot hücrelerde mitokondrinin iç zarında, prokaryot hücrelerdeyse hücre zarında bulunur.

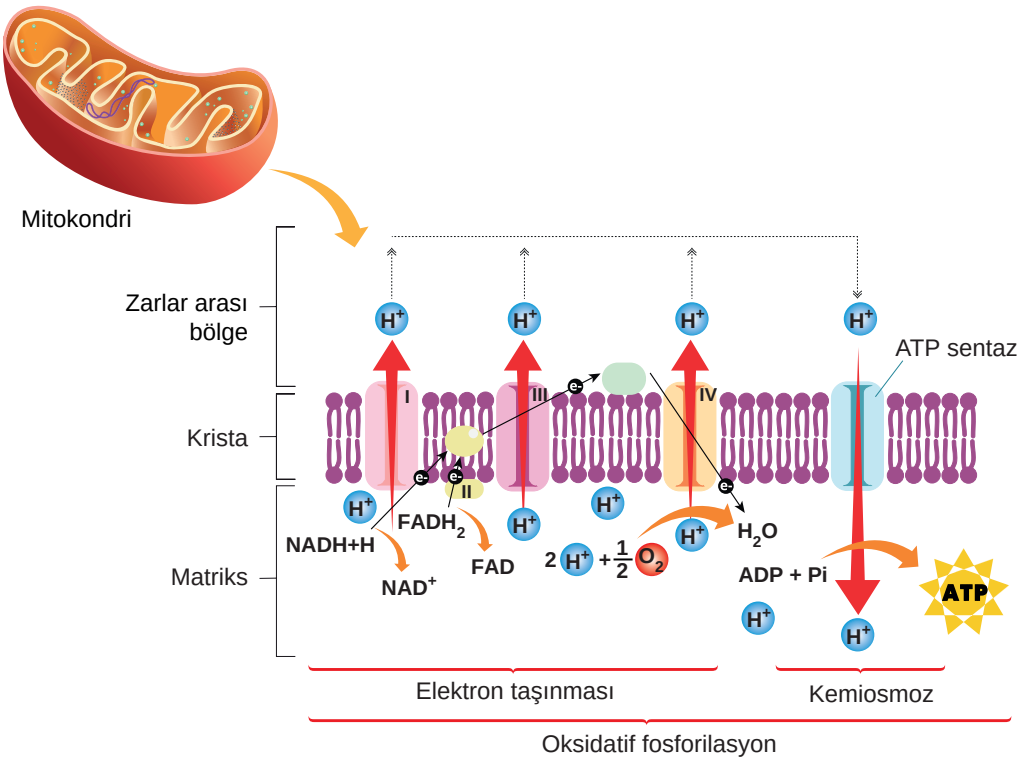
Araştıralım

Kemiosmotik görüşü araştırınız. Araştırma sonuçlarını sınıftaki arkadaşlarınızla paylaşınız.

Oksijenli solunum yapan canlılarda glikoliz, asetil CoA ve Krebs döngüsü reaksiyonları sonucu açığa çıkan bir çift hidrojen atomuna ait elektronlar, ETS'ye NAD^+ ile ulaştırılırsa her bir çift hidrojen atomuna karşılık genellikle 2,5 ATP sentezlenir. Eğer bir çift hidrojene ait elektronlar ETS'ye FAD^+ ile ulaştırılırsa her bir çift hidrojen atomuna karşılık genellikle 1,5 ATP sentezlenir.

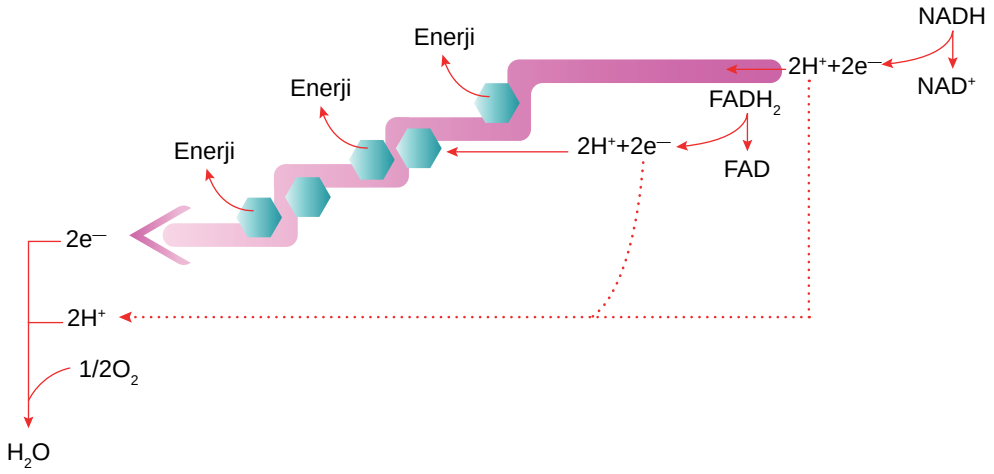
Glikoliz evresinde oluşan 2 $NADH+H^+$ ve pirüvatın asetil CoA'ya dönüşümü sırasında oluşan 2 $NADH+H^+$, ETS'ye iletilir. Krebs döngüsü sırasında oluşan 6 $NADH+H^+$ ve 2 $FADH_2$ molekülleri de ETS'ye iletilir. Elektronlar ETS'de oksijene kadar iletilerek su oluşturulur ve ATP üretilir. Bu şekilde ATP sentezine **oksidatif fosforilasyon** denir. Oksidatif fosforilasyon olayı solunumda üretilen ATP'lerin yaklaşık %90'ının üretildiği aşamadır.

ETS elemanları, $NADH+H^+$ ve $FADH_2$'den yüksek enerjili elektronları alır ve bunları, indirgenme-yükseltgenme tepkimesinden geçirerek elektron taşıma sistemi boyunca taşır. $NADH+H^+$ ve $FADH_2$ hidrojenlerini ETS'ye aktararak NAD^+ ve FAD^+ olarak yükseltgenir. Böylece NAD^+ ve FAD^+ molekülleri elektronları tekrar alabilecek duruma gelir. Oksidatif fosforilasyonda zar yüzeyleri arasındaki proton derişimi farkı, ATP sentezini sağlar. Bu olay **kemiosmotik** görüş olarak adlandırılır (Görsel 2.34).



Görsel 2.34: Glikolizde ve Krebs döngüsünde açığa çıkan hidrojenlerin ETS'de izlediği yol

Glikoliz ve Krebs döngüsü tepkimeleri sırasında açığa çıkan hidrojen atomlarının protonları ve enerji seviyesi yüksek olan elektronları, elektron taşıma sistemine geçer. Böylelikle ETS'de elektronların enerji seviyeleri kademeli olarak düşürülür. ETS'nin son molekülü kendisine gelen bütün elektronları tutamaz. Oksijenli solunumda, oksijenin rolü burada önemlidir. ETS'nin son molekülüne gelen elektronların ve bir çift hidrojen atomunun oksijen ile birleşmesi sonucu 1 molekül H_2O oluşur (Görsel 2.35).



Görsel 2.35: Oksijenli solunumda suyun oluşumu

Protonlar (H^+), matriksten mitokondrinin zarları arasında bulunan boşluğa doğru ETS molekülleri aracılığıyla pompalanır. Bu pompalama, mitokondrilerin iç ve dış zarları arasında yüksek proton (H^+) yoğunluğu oluşturur. Protonlar elektrik yükü taşıdığından mitokondrinin iç zarının iki yüzü arasında elektriksel yük farkı doğar ve bu elektriksel yük farkı bir potansiyel enerji oluşturur. Solunumun son aşaması olan oksidatif fosforilasyon için bu yoğunluk farkı, **ATP sentaz** enzimi aracılığıyla ADP'den ATP üretilmesini sağlar. Glikoz molekülünün bağları arasındaki enerjinin yaklaşık %34'ü ATP sentezinde kullanılır. Geri kalanı ısı olarak kaybedilir. Bu ısının bir kısmı, oldukça yüksek olan vücut sıcaklığımızı korumak için kullanılır. Hücresel solunum, enerji dönüşümü açısından yüksek bir orana sahiptir. Örneğin bir karşılaştırma yaparsak en iyi otomobil, benzinde depolanmış enerjinin yaklaşık %25'ini hareket için kullanabilir.

Solunumdaki tüm reaksiyonlar enzimler tarafından katalizlenir. Solunum sonucu oluşabilecek ürünler hakkında bilgi edinmek için sonraki sayfada verilen etkinlikleri yapınız.

Etkinlik

Bezelyelerde Solunum

Amaç

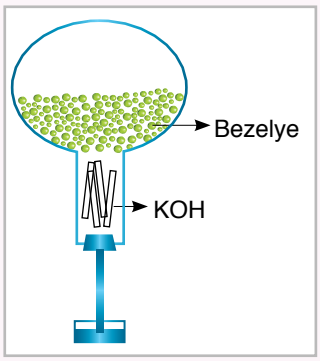
Bezelye tohumlarında oksijenli solunumu gözlemlemek

Araç ve Gereçler

- Çimlenen bezelye taneleri
- Beherglas
- Balon joje (ölçü balonu)
- KOH
- Cam boru
- Renkli bir sıvı

Uygulama Basamakları

- Bu etkinlik için CO_2 tutma özelliğine sahip Potasyum hidroksit (KOH) kristallerini, çimlenen bezelye taneleri ile birlikte bir balon joje içine yerleştiriniz.
- Daha sonra, balon jojeyi, şekilde görüldüğü gibi bir ucu renkli sıvıya batırılmış kılcal boru ile birleştiriniz. Bir süre sonra bezelyelerin solunum yapması ile ortamdaki O_2 alınıp ortama CO_2 verilir. Dışarıya verilen bu CO_2, KOH kristalleri tarafından tutulur ve kılcal boruda azalan hacim kadar renkli sıvı yükselir.



Sonuç

- Çimlenme sırasında tohumların havadan alınan O_2 sayesinde oksijenli solunum yaptığını nasıl tespit ettiniz? Açıklayınız.

Etkinlik

Solunumda Karbondioksit Çıkışı

Amaç

Solunumda karbondioksit çıkışını gözlemlemek

Araç ve Gereçler

- Pipet
- Metilen mavisi
- Kireç suyu

Not: Karbondioksit etkisiyle kireç suyu bulanır, metilen mavisi sarıya döner.

Uygulama Basamakları

- Bir deney tüpünün (veya bir bardağın) içine metilen mavisi veya kireç suyu koyunuz.
- Bir pipeti bu sıvının içine batırıp pipete üfleyiniz. Sıvıda meydana gelen değişimi gözlemleyiniz ve bu değişimin sebebini tartışınız.

Sonuç

- Kireç suyu neden bulandı?

Etkinlik

Bitki Dokularında Solunum

Amaç

Solunumda enzimlerin etkisini kontrollü deney yaparak incelemek

Araç ve Gereçler

- Dörder adet çimlenmiş ve haşlanmış fasulye tohumu
- Bromtimol mavisi
- Damlalık
- Üç adet deney tüpüne uygun deliksiz tıpa
- Mumlu kalem (cam kalemi)
- Karbonatlı su
- 10 mL dereceli silindir
- Üç adet büyük deney tüpü
- Pens
- Pamuk

Not: Bromtimol mavisi asit baz ayıracıdır. Asitli ortamda sarı, bazik ortamda mavi renk oluşturur.

Uygulama Basamakları

- Deney tüplerinin üzerine mumlu kalemle A, B ve C yazınız.
- Dereceli silindir kullanarak her tüpe 10 mL bromtimol mavisi koyunuz.
- A tüpüne bir damla karbonatlı su koyunuz, tüpü çalkalayınız ve değişimi gözlemleyiniz. Tüpteki bromtimol mavisi şeffaf olana kadar karbonatlı su damlatmaya ve ardından tüpü çalkalamaya devam edip gözlemlerinizi kaydediniz.
- B ve C tüplerinde, bromtimol mavisinin 3 cm yukarısına (pamuk bromtimol mavisine temas etmeyecek şekilde) pens yardımıyla sıkıştırılmış pamuk yerleştiriniz. Sonra B tüpüne dört adet çimlenmiş fasulye tohumu, C tüpüne ise pamuk üstüne yerleştirilmiş dört adet haşlanmış fasulye tohumu koyunuz. Deney tüplerinin ağızlarını tıpa ile kapatınız. Tüplerin kapatılma zamanını ve rengin tamamen değişme zamanını aşağıdaki gibi bir çizelgeye kaydediniz.

Deney Tüpü	Tüplerin Kapatılma Zamanı	Rengin Tamamen Değiştiği Zaman	Geçen Zaman
A			
B			
C			

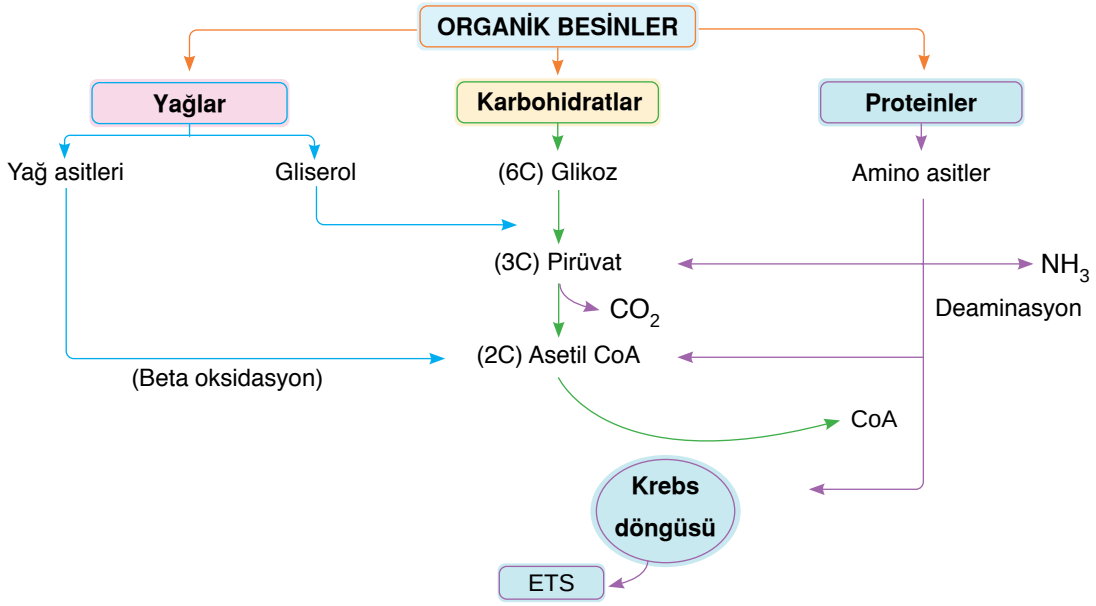
Sonuç

- Bromtimol mavisi çözeltisinin içine karbonatlı su damlatıldığında renk neden değişti? Açıklayınız.
- Neden haşlanmış tohum kullanıldı? Belirtiniz.
- Deney tüpünde üzerine tohumları koymak için pamuk yerine silgi, plastik tıpa vb. kullanılsaydı deneyin sonucu nasıl değişirdi? Tartışınız.
- Elinizdeki verilerden yola çıkarak tüplerdeki oksijen konsantrasyonunun değişimi hakkında ne söyleyebilirsiniz? Açıklayınız.

Biliyor musunuz?

Yağ asitlerinin asetil CoA'ya katılırken iki karbonlu şekilde koparılmasına **beta oksidasyon** denir.

Farklı organik moleküllerin oksijenli solunum tepkimelerine katılım basamakları da farklıdır. Proteinlerin monomerleri pirüvat, asetil CoA ve Krebs basamaklarına katılır.



Görsel 2.36: Oksijenli solunumda besinlerin reaksiyonlara katıldıkları basamaklar

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi karbohidratlar önce monosakkaritlere, daha sonra pirüvata, son olarak da asetil CoA'ya dönüşür.

Yağlar ise önce gliserole ve yağ asitlerine parçalanır. Ardından hücrelere taşınan yağ asitleri asetil CoA'ya, gliserol ise glikoliz evresine girerek pirüvata dönüşür.

Proteinler, amino asitlere kadar parçalanır. Yıkım sırasında önce amino grubu (NH_2) kopar ve NH_3 olarak çıkar. Bu olaya **deaminasyon** denir. Oluşan NH_3 karaciğer mitokondrilerinde üreye dönüştürülür. Amino grubunu kaybeden amino asitlerden karbon sayısına göre 2C'lu asetil CoA, 3C'lu pirüvik asit ile 4, 5, 6C'lu Krebs döngüsü bileşikleri oluşur. Bu bileşikler de Krebs döngüsü tepkimelerine katılarak parçalanır (Görsel 2.36).

2.4.2. Fotosentez ve Solunum İlişkisi

Fotosentez, ışık enerjisinin biyolojik olarak kimyasal bağ enerjisine dönüşmesidir. Enerji yönünden canlı organizmaların

çoğu fotosenteze bağımlıdır çünkü gerekli besin maddelerinin ve hatta atmosferdeki oksijenin kökeni fotosentezdir. Canlıların büyük bir çoğunluğu için oksijen, besin kadar önemlidir. Oksijen (O_2), hayati olayların sürekliliği için besinlerde depolanmış enerjiyi serbest hâle getirir. Üretilen bu enerjiyle hücre içerisinde binlerce tepkime gerçekleştirilir.

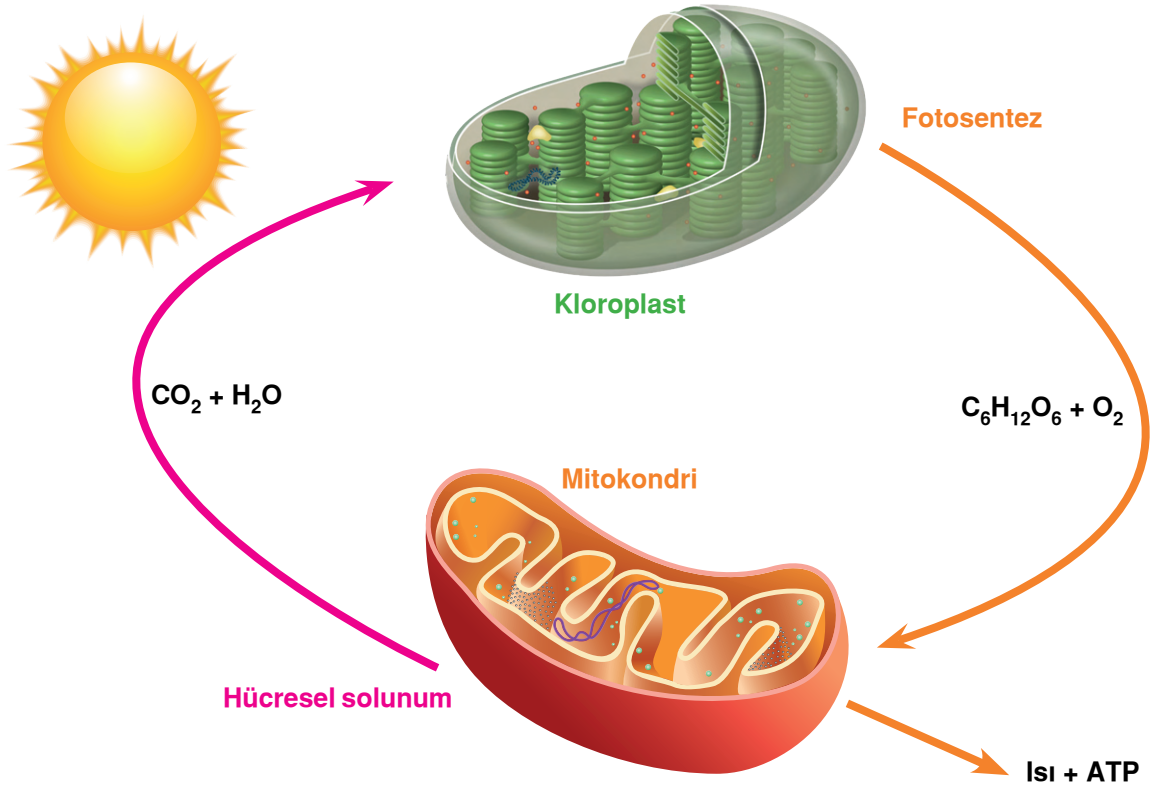
Ekosistemde üreticiler, fotosentez yoluyla güneş enerjisini kimyasal bağ enerjisine çevirip depolar. Bu canlılar, besin zincirinin ilk halkasını oluşturur. Güneş ışınlarını kullanan ototrof canlılar, inorganik bileşiklerden organik bileşikleri sentezler. Karbohidrat, protein gibi bileşikler ise canlılar için enerji kaynağıdır. Üreticiler, depo ettikleri bu enerjinin büyük bir kısmını hayati faaliyetleri için harcarken bir kısmını da yapısında depolar (Görsel 2.37)

Tüketiciler bu enerjiyi, üreticileri yiyerek beslenme yoluyla alır. Böylece tüketiciler güneş enerjisinden dolaylı olarak yararlanmış olur.

Elde edilen bu enerji biyosentez reaksiyonlarında ve organizasyonun devamlılığını sağlamada kullanılır.

Tartışalım

Enerji kaynağı olarak karbohidrat, yağ ve protein monomerlerinin kullanım önceliğini araştırınız. Bu konuda arkadaşlarınızla tartışınız.



Görsel 2.37: Kloroplasta gerçekleşen fotosentez ile organik bileşikler ve oksijen üretilir. Besin yoluyla tüketici canlılara aktarılır. Mitokondride gerçekleşen hücresel solunum ile organik moleküller yıkılır ve ATP üretilir. Sürecin sonunda su, karbondioksit ve ısı oluşur.

2. Ünite Ölçme ve Değerlendirme Etkinliği-1

Bazı bakteriler ise güneş ışığı yerine demir, kükürt vb. inorganik maddeleri indirgeyerek enerji elde eder ve bunları organik madde sentezinde kullanır.

Ototrof ya da heterotrof canlılar, organik bileşikleri kullanarak solunum olayları ile enerji dönüşümünü sağlar. Elde edilen ATP, temel biyolojik olayların gerçekleşmesi için kullanılır. ATP'nin dışındaki enerji, ısı enerjisine dönüştürülür.

Solunum tepkimelerinin son ürünü olan CO_2 ve H_2O fotosentezin ham maddesidir. Aynı şekilde, fotosentezde meydana gelen organik molekülün ve oksijenin de solunumun ham maddesi olduğu görülmektedir.

Geçmişte bitkilerin geceleri solunum, gündüzleri fotosentez yaptığı düşünülüyordu. Ancak Alman bilim insanları Erwin Buenning (Örvin Böyning) ve Kurt Stern (Kört Sitörn), fasulye yapraklarında solunumu incelemişler, diğer canlılarda olduğu gibi bitkilerin de solunumlarının gece ve gündüz aralıksız devam ettiğini gözlemlemişlerdir.

Bitkiler, gündüzleri solunum hızı fotosentez hızından az olduğu zaman, solunum sonucu ürettikleri karbondioksit ve suyu atmosfere vermeden fotosentezde kullanır. Bu nedenle atmosfere CO_2 salınımı, gündüzleri düşük seviyede olur. Ancak verilen bu CO_2, üretici canlılar tarafından alınarak organik bileşiklerin yapısına katılır. Teknolojinin gelişmesi ve nüfus artışına bağlı olarak fabrikalarda ve evlerde ısınmak, üretim, ulaşım vb. olaylar için çok fazla CO_2 atmosfere salınır. Atmosferde biriken bu gaz, yine üreticiler tarafından tutularak besin sentezinde kullanılır. Ancak atmosferdeki CO_2 oranının değişimi ekolojik dengede de bozulmalara sebep olur.

Günlük hayatımızda kullandığımız pek çok malzeme örneğin kâğıt, pamuk ve diğer doğal liflerin neredeyse tamamı, fotosentezle üretilen selülozdan oluşur.

Bitkisel ve hayvansal ürünler ile petrol gibi organik maddelerden elde edilen sayısız yan ürünün kaynağı, güneş enerjisidir.

Fotosentez ve oksijenli solunumun özellikleri Tablo 2.2'deki gibi karşılaştırılabilir (Tablo 2.2).

Fotosentez	Oksijenli Solunum
Enzimatik tepkimelerle gerçekleşir.	Enzimatik tepkimelerle gerçekleşir.
ETS görev yapar.	ETS görev yapar.
Fotosentezin gerçekleştiği organel olan kloroplast çift zarlıdır ve stroma denilen ara maddeyi bulundurur.	Oksijenli solunumun gerçekleştiği organel olan mitokondri çift zarlı olup matriks denilen ara maddeyi bulundurur.
Besin ve oksijen üretilir.	Besin ve oksijen tüketilir.
Karbondioksit kullanılır.	Karbondioksit açığa çıkar.
Işık enerjisi kullanılır.	Işık enerjisi kullanılmaz.
Prokaryotlarda sitoplazmada gerçekleşir. Ökaryotlarda kloroplastlarda gerçekleşir.	Prokaryotlarda sitoplazmada gerçekleşir. Ökaryotlarda sitoplazma ve mitokondride gerçekleşir.
Fotofosforilasyon ile ATP sentezlenir.	Substrat düzeyinde fosforilasyon ve oksidatif fosforilasyon ile ATP sentezlenir.
Işık enerjisi, kimyasal bağ enerjisine çevrilir.	Besinlerdeki kimyasal bağ enerjisi, ATP enerjisine çevrilir.

Tablo 2.2: Fotosentez ve oksijenli solunumun karşılaştırılması

Etkinlik

Fotosentez ve solunum ilişkisi

Amaç

Fotosentez ve solunum ilişkisini gözlemlemek

Araç ve Gereçler

- 2 adet mum
- 2 adet cam fanus
- Saksı bitkisi

Uygulama Basamakları

- Üçer kişilik gruplar oluşturup arkadaşlarınızla görev paylaşımı yapınız.
- Aynı anda verilen cam fanustan birinin içerisine yanan mum, diğerine yanan mum ile birlikte saksı bitkisini hava sızdırmayacak şekilde yerleştiriniz.
- Fanuslardaki mumların yanma sürelerini karşılaştırarak farklılıklarını not ediniz.

Sonuç

- Fanuslarda bulunan mumların hangisi daha uzun süre yanmıştır? Açıklayınız.

Araştıralım

Bilgilerinizi kullanarak sınıfınızda beş kişilik bir grup oluşturup solunum ve fotosentez ilişkisi ile ilgili bir deney araştırarak tasarlayınız.

2. Ünite Ölçme ve Değerlendirme Etkinliği-2

4. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıda verilen ifadelerde bildirilen yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (....) Oksijenli solunumda en son elektron yakalayıcısı H_2O bileşiğidir.
2. (....) Fermantasyon sonucu CO_2 miktarı her zaman artar.
3. (....) Oksijenli solunumda kullanılan oksijen, H_2O bileşiğinin yapısına katılır.
4. (....) Oksidatif fosforilasyonun ETS basamağında NAD^+ indirgenir.
5. (....) Oksijenli solunum reaksiyonları hidroliz reaksiyonlarına örnek verilemez.
6. (....) Krebs döngüsünde $FADH_2$ ve $NADH+H^+$ molekülleri yükseltgenir.
7. (....) Krebs döngüsü reaksiyonlarında sadece oksidatif fosforilasyon ile ATP üretilir.
8. (....) Fermantasyon bakterilerde, insanlarda ve bazı tohumlarda görülebilir.
9. (....) Hücresel solunumda amaç, besinlerden enerji elde etmek ve bu enerji ile hayatsal faaliyetleri devam ettirmektir.
10. (....) Oksijenli solunum, tüm canlılarda mitokondride gerçekleşir.

B. Aşağıdaki ifadelerde noktalı yerlere doğru kelimeleri yazınız.

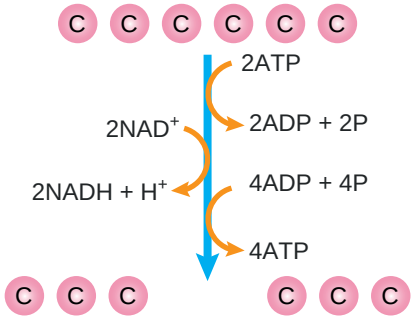
ETS, glikoliz, matriks, CO_2, krista, glikojen, etil alkole, laktik asit, etil alkol, mitokondri, H_2O, Krebs, laktik asit, NH_3, asetil CoA, sitrik asit, CO_2 , Asetil CoA oluşumu, ATP sentaz

1. Oksijenli solunum ……, ……, ……, ……, olmak üzere dört basamakta gerçekleşir.
2. Mitokondri organelinin iç zarına ……....., dolgu sıvısına ise ……..... denir.
3. Zorlu egzersizlerde kas hücrelerindeki ……..... miktarı azalır.
4. Etil alkol fermantasyonunda glikoz ……..... ve ……..... kadar yıkıma uğrar.
5. Krista üzerinde bulunan ..... enzimi ATP üretiminde görevlidir.
6. Fermantasyonda genellikle son iki ürün ……..... ve …… moleküllerdir.
7. Ökaryotlarda oksijenli solunum ……..... organelinde gerçekleşir.
8. Kaslarda oluşan ……..... kana karışır ve canlıda yorgunluk hissi oluşturur.
9. Yağ asitleri oksijenli solunumda ……..... molekülüne dönüşerek enerji verir.
10. Proteinler oksijenli solunumda kullanılırsa ……. , ……. , …… ve ATP oluşur.

2. ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıdaki çoktan seçmeli sorularda doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıda sitoplazmada gerçekleşen bir reaksiyon verilmiştir.



Reaksiyonla ilgili

I. NAD koenzimi indirgenir.

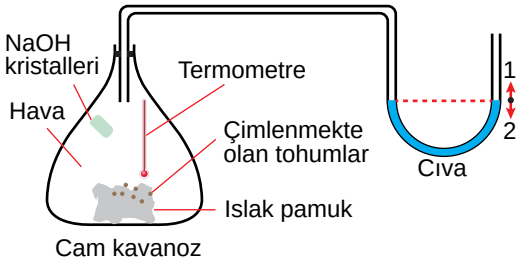
II. Fosforilasyon ve defosforilasyon gerçekleşir.

III. Sitoplazma pH'sinde azalma gerçekleşir.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

2. Aşağıdaki deney düzeneği hazırlandıktan sonra cam kavanozun içine NaOH kristalleri konuluyor.



Cam kavanozda bir süre sonra

I. Civa 1 yönünde hareket eder.

II. Cam kavanozdaki CO_2 miktarı azalır.

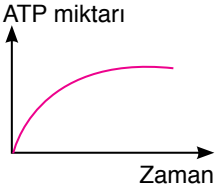
III. Cam kavanozun içerisindeki termometre civa seviyesi yükselir.

verilen olaylardan hangileri gerçekleşmez?
($NaOH - CO_2$ tutucudur.)

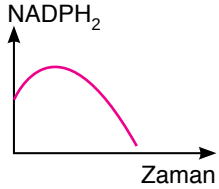
A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

3. Fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonlarında aşağıdaki değişimlerden hangisi gerçekleşemez?

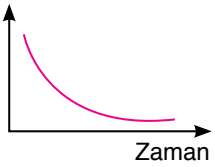
A) ATP miktarı



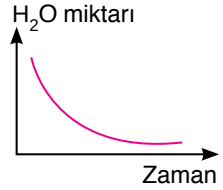
B) $NADPH_2$



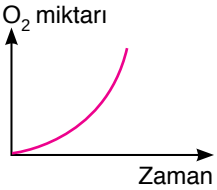
C) ADP miktarı



D) H_2O miktarı



E) O_2 miktarı



4. Aşağıdaki tabloda etil alkol ve laktik asit fermantasyonuna ait bazı özellikler verilmiştir.

Özellikler	Etil alkol fermantasyonu	Laktik asit fermantasyonu
Asetaldehit indirgemesi	+	I
CO_2 oluşumu	II	–
NAD yükseltgemesi	+	III

Buna göre I, II ve III numaralarla gösterilen yerlere aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?
("+" özelliğin bulunduğunu, "–" ise bulunmadığını göstermektedir.)

	I	II	III
A)	+	–	+
B)	–	+	–
C)	+	–	–
D)	–	+	+
E)	–	–	+

5. I. Reaksiyon sonucu sadece glikoz oluşur.

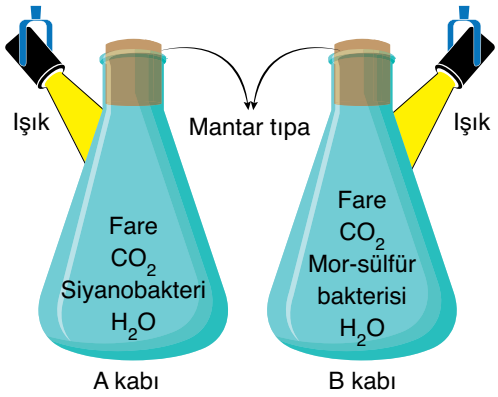
II. Işığa bağımlı evre reaksiyonlarının ürünlerine bağımlıdır.

III. Ortamın sıcaklığı reaksiyon hızını etkiler.

Fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonlarıyla ilgili yukarıdaki yargılardan hangileri yanlıştır?

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

6. Aşağıdaki şekilde A ve B kaplarına çeşitli maddeler ve canlılar konmuştur.



Bir süre sonra A kabındaki fare yaşamını sürdürürken B kabındaki fare ölmüştür.

B kabındaki farenin ölmesinin temel sebebi hangi seçenekte doğru verilmiştir?

A) Mor-sülfür bakterisinin bulunduğu kaptaki O_2'nin tükenmesi

B) Siyanobakterinin besin üretmesi

C) Mor-sülfür bakterisinin ışık enerjisini kullanmaması

D) B kabında suyun bulunmaması

E) Siyanobakterilerin farelerin artıklarını tüketmesi

7.

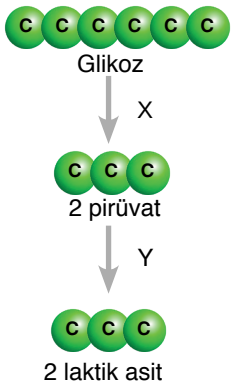
Gerçekleştiği Kısım	Gözlenen Moleküller		
Sitoplazma	a	-	-
Matriks	a	b	-
Krista	a	b	c

Yukarıdaki tabloda, hücredeki oksijenli solunumda görev alan kısımlarda oluşan bazı moleküller harflerle gösterilmiştir.

Tablodaki verilere göre a, b ve c eşleştirmesi aşağıdakilerin hangisi gibi olabilir?

	a	b	c
A)	Glikoz	ATP	CO_2
B)	NADH	FADH	H_2O
C)	H_2O	ATP	CO_2
D)	ATP	FAD^+	NAD^+
E)	NAD^+	H_2O	O_2

8. Aşağıda laktik asit fermantasyonuna ait bazı evreler verilmiştir.



Bu evrelerle ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Y evresinde CO_2 oluşur.

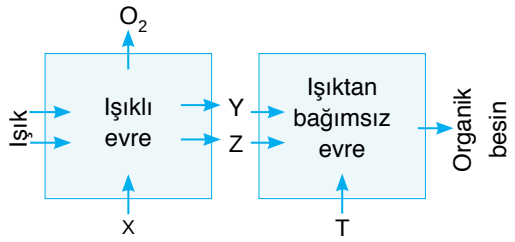
B) X evresinde ATP üretilir.

C) X evresinde NAD^+ indirgenir.

D) X ve Y evreleri hücrenin sitoplazmasında gerçekleşir.

E) Y evresinde NAD^+ yükseltgenir.

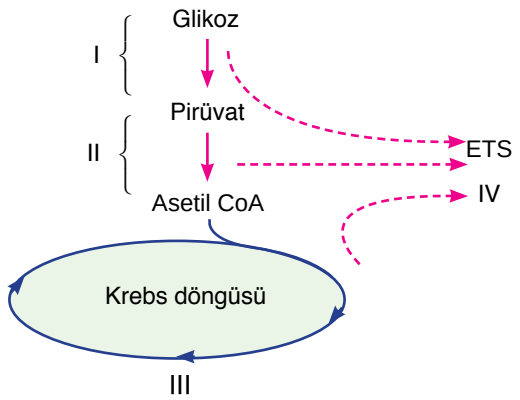
9.



Yukarıda verilenlere göre X, Y, Z ve T harfleri yerine gelmesi gerekenler aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

	X	Y	Z	T
A)	H_2O	ATP	NADPH	CO_2
B)	CO_2	NADPH	ATP	H_2O
C)	$NADP^+$	CO_2	H_2O	ATP
D)	CO_2	ATP	H_2O	NADPH
E)	ATP	CO_2	NADPH	H_2O

10.



Yukarıda ökaryot bir hücrede gerçekleşen oksijenli solunumun bazı basamakları gösterilmiştir.

Buna göre aşağıda verilenlerden hangisi yanlıştır?

A) I, sitoplazmada gerçekleşir ve ATP sentezi olur.

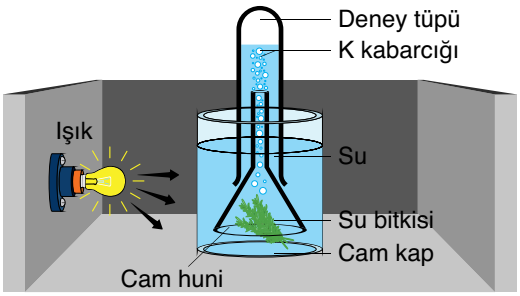
B) II'de CO_2 çıkışı olur.

C) III'te ATP sentezi olmaz.

D) IV'te indirgenme ve yükseltgenme reaksiyonları olur.

E) III, mitokondride gerçekleşir.

11. Aşağıdaki deney düzeneği oluşturulup cam huninin içine su bitkisi konuluyor.



Su bitkisi bir süre sonra K kabarcığını oluşturmuştur.

K kabarcık sayısını artırmak için

I. Cam huni içerisine gazoz ilave etmek

II. Sıcaklığı optimum seviyenin altına düşürmek

III. Işığın dalga boyunu kırmızı ya da mor renge dönüştürmek

verilen olaylardan hangisi gerçekleştirilemez?

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

12. Karotenoit pigmentleri ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Bitkilerde yeşilin dışındaki renkleri verirler.

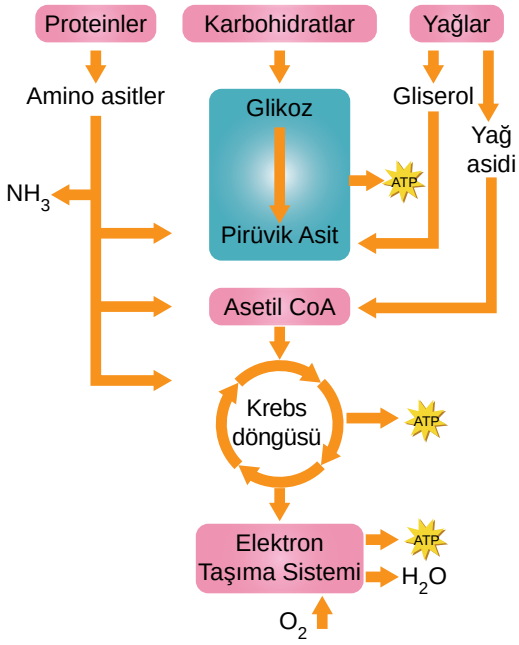
B) Farklı dalga boyundaki ışıkları soğurup klorofile aktarır.

C) Bitkinin aşırı ısınmasını önler.

D) Fotosistemlerin içinde bulunur.

E) Güneş enerjisiyle elektronunu fırlatarak kimyasal enerjiye çevirir.

13. Polimer organik besinlerin oksijenli solunum reaksiyonlarına giriş yerleri aşağıda şematize edilmiştir.



Bu reaksiyonlarla ilgili

I. Protein ve yağların solunumunda glikoliz reaksiyonları gerçekleştirilmez.

II. Amino asitlerin solunumunda ürün olarak sadece amonyak oluşur.

III. Yağların solunumunda daha fazla su meydana gelir .

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve III

D) II ve III E) I, II ve III

14. Oksijenli solunum reaksiyonlarında seçeneklerde verilen olaylardan hangileri sadece mitokondri organelinde gerçekleşir?

A) Substrat düzeyinde fosforilasyon

B) NAD koenziminin indirgenmesi

C) Enzimlerin görev alması

D) ATP tüketiminin yapılması

E) CO_2 üretilmesi

15. Aşağıdakilerden hangisi, glikozdan enerji sağlamak amacıyla gerçekleşen reaksiyonlar sırasında oksijen kullanıldığını gösterir?

A) Laktik asidin oluşması

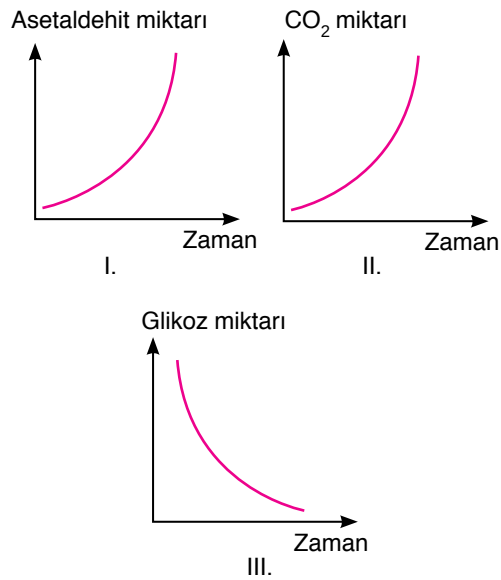
B) Asetil CoA'nın oluşması

C) Pirüvik asidin oluşması

D) NADH + H^+ in meydana gelmesi

E) Etil alkolün oluşması

16.



Omurgalı bir hayvanın iskelet kas hücrelerinde gerçekleşen laktik asit fermantasyonu ile ilgili yukarıdaki grafiklerden hangileri yanlıştır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III

D) I ve II E) I, II ve III

17. I. İnorganik maddelerin oksitlenmesi - ATP

II. Işık enerjisi - ATP

III. Solunum - ATP

IV. ATP - Hücre metabolizması

Yukarıda verilen olaylardan hangilerini kemosentez yapan bir bakteri gerçekleştirir?

A) I ve II B) II ve III C) I, II ve III

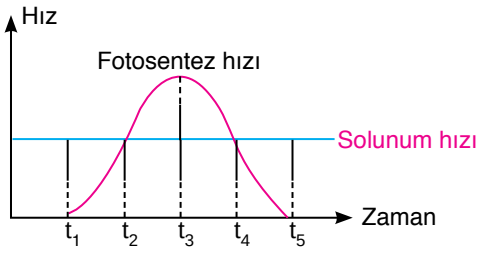
D) I, II ve IV E) I, III ve IV

B. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Ekzergonik ve endergonik reaksiyon nedir? Örneklerle açıklayınız.
2. Fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonlarında ışık doğrudan kullanılmaz fakat fotosentez aydınlık ortamda gerçekleşmek zorundadır. Neden?
3. Bitkilerde klorofilin dışında karoten, ksantofil ve likopen gibi pigmentler bulunur. Bunların fotosentezdeki rolü nedir? Açıklayınız.
4. Glikoz, hücrede oksijenli solunumda kullanılınca yüksek enerji üretir. Hücrelerde binlerce glikoz solunumla parçalandığı hâlde, hücreler yaşamlarına normal olarak devam eder. Bunun temel nedeni nedir? Açıklayınız.
5. Kloroplastlarda gerçekleşen kemiosmotik görüş hakkında bilgi veriniz.
6. Aşağıda oksijenli solunum ve fotosentezin bazı özellikleri verilmiştir. Bu özellikler oksijenli solunuma aitse "+", ait değilse "-"; fotosenteze aitse "+", ait değilse "-" yazınız.

Özellikler	Oksijenli solunum	Fotosentez
Sadece hücrelerinde klorofil bulunan canlılar yapar.		
Enzimler görev yapar.		
Mitokondri organeli kullanılır.		
Gece gündüz devam eder.		
Atmosferdeki karbondioksidin azalmasına neden olur.		
Prokaryot veya ökaryot canlılarda görülebilir.		
ATP sentezi yapılır.		
Tepkimeleri ekzergoniktir.		
Organik maddeler tüketilir.		

7.



Yukarıdaki grafikte bir bitki hücresinin fotosentez ve solunum hızlarının değişimleri verilmiştir.

Grafiğe göre;

t_1-t_2, t_2-t_4 ve t_4-t_5 aralıklarında fotosentez ve solunum hızlarını karşılaştırınız.

t_1-t_2: .....

t_2-t_4: .....

t_5-t_5: .....

2. Ünite Sonu Değerlendirme Çalışmaları-3

3. ÜNİTE

BİTKİ BİYOLOJİSİ

- 1. BÖLÜM Bitkilerin Yapısı
- 2. BÖLÜM Bitkilerde Madde Taşınması
- 3. BÖLÜM Bitkilerde Eşeyli Üreme

EBA

3. Ünite Sunu

1. BÖLÜM

Bitkilerin Yapısı

Anahtar Kavramlar

- Oksin
- Tropizma
- Uç meristem
- Yanal meristem
- Yaş halkaları
- Fotoperiyodizm
- Nasti

Neler Öğreneceksiniz?

Canlılık ve Enerji bölümünde çiçekli bir bitkinin temel kısımlarının yapı ve görevlerini, bitki gelişiminde hormonların etkisini, bitki hareketlerini öğreneceksiniz.

Hazırlık Soruları

1. Yeryüzündeki yaşamın ana enerji kaynağı nedir?

2. Gelişmiş bitkilerde bulunan kök, gövde ve yaprak gibi organları meydana getiren yapılar nelerdir?

3. Bitkiler, organları arasındaki madde iletimini nasıl gerçekleştirir?

4. Ağaçların enine kesitinde iç içe geçmiş birçok halka görülür. Bu halkaların bitkinin yaşı ile ilgisi nedir?

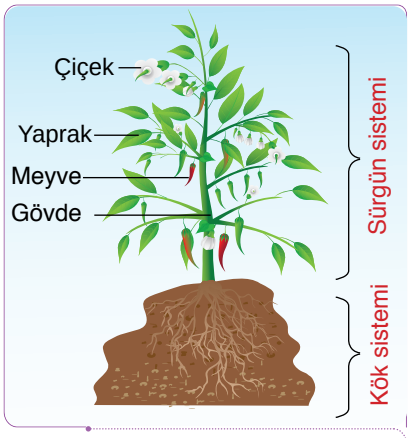
5. Cam kenarında yetiştirdiğiniz bir saksı bitkisinin yukarı doğru büyümesinin nedeni nedir?

3.1.1. Çiçekli Bitkilerin Temel Kısımları

"İnsanlar için hayati açıdan en önemli unsurlar nelerdir?" diye düşündüğümüzde aklımıza su, oksijen, besin gibi temel maddeler gelmektedir. Bu temel maddelerin biyolojik dengedeki dağılımını sağlayan en önemli canlılardan biri bitkilerdir. Yeryüzündeki ısının kontrol edilmesi, atmosferdeki gazların dengesinin korunması ve yaşamın devamı için büyük önem taşıyan canlılardan biri de bitkilerdir (Görsel 3.1). Bu nedenle canlıların çoğu, yaşamını sürdürebilmek için doğrudan ya da dolaylı olarak bitkilere ihtiyaç duyar.

Görsel 3.1: Yaşamın devamı için bitkilerin önemi büyüktür.

Bitkiler **kök** ve **sürgün sistemi** denilen iki farklı ana sistemden oluşur (Görsel 3.2). Kök sistemi genellikle bitkinin toprak altı kısmını oluşturur. Sürgün sistemi; genellikle toprak üstündeki gövde, çiçek, meyve ve yapraklar gibi unsurlardan oluşan kısımdır. Sürgün sisteminde bulunan tomurcuklar dalları, çiçekleri ve yaprakları oluşturur. Kökler sürgün sisteminden gelen besine ihtiyaç duyarken sürgün sistemi de kökten gelecek suya ve minerallere ihtiyaç duyar.



Görsel 3.2: Bitkiler temel olarak kök ve sürgün sisteminden oluşur.

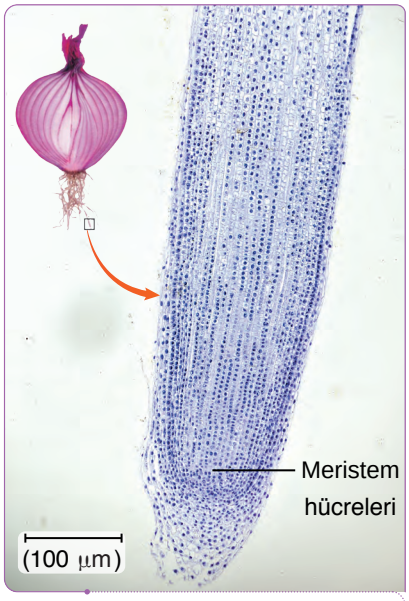
A. Bitkisel Dokular

Bitkilerin kök, gövde ve yaprak gibi organlarında bulunan farklı dokular, belli başlı bazı görevleri yapmak üzere özelleşmiş hücrelerden oluşmuştur. Bir bitkinin büyümesi ve gelişmesi tohumdan başlayarak hayatı boyunca devam eder.

Yüksek yapılı bitkilerdeki dokuları görevlerine göre meristem doku sistemi, temel doku sistemi, iletim doku sistemi ve örtü doku sistemi olmak üzere gruplandırabiliriz.

I. Meristem Doku Sistemi

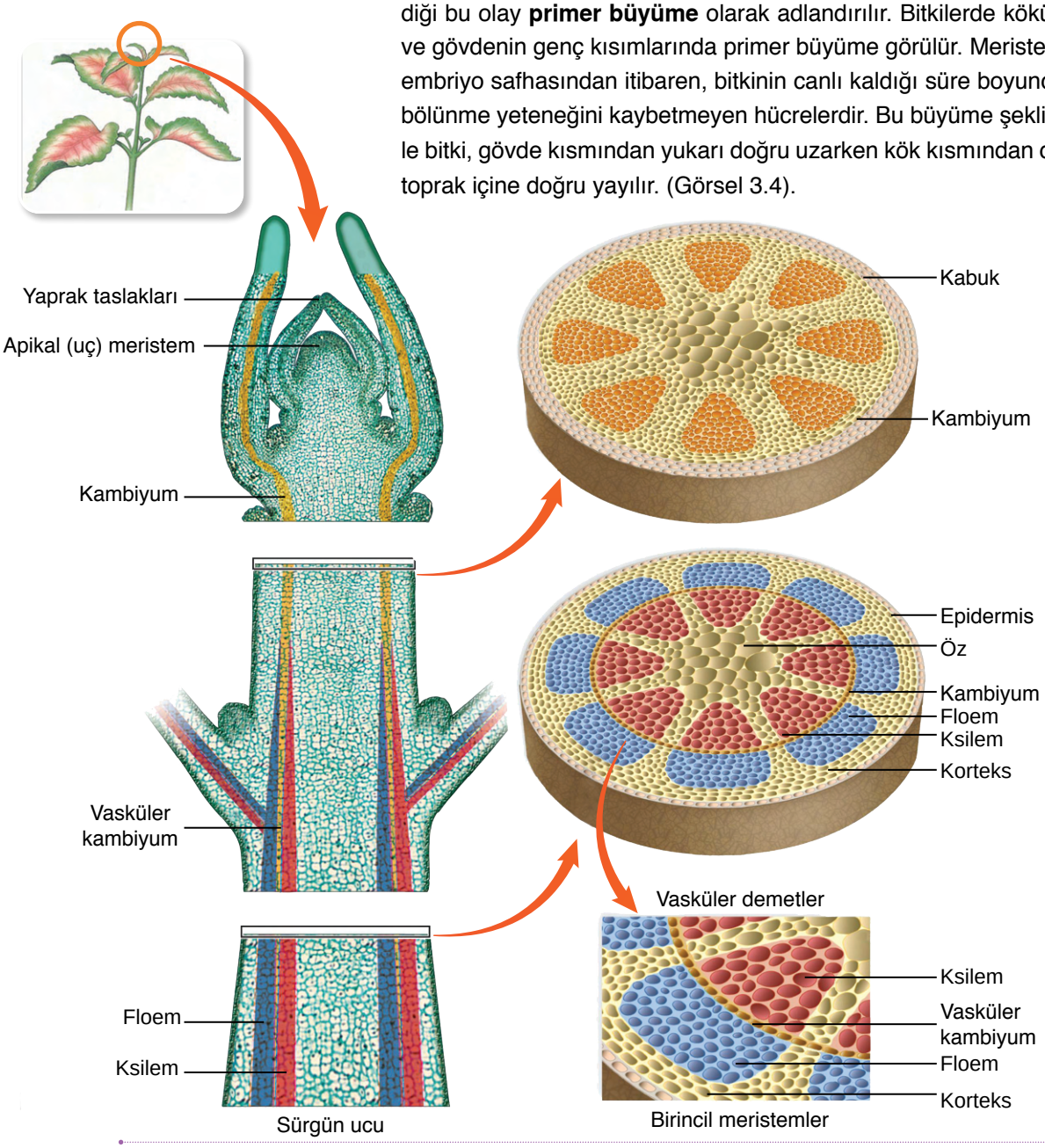
Yunanca kökenli "meristem" terimi, bölünür doku (meristos: bölünme, stema: doku) anlamına gelmektedir. Bitkilerin kök, gövde ve yanal organlarının uç kısımları gibi büyüme bölgelerinde bulunan, embriyodan itibaren bölünme özelliğini koruyan, henüz belirli bir görev yapmak üzere farklılaşmamış (özelleşmemiş) hücrelerden oluşan yapılara **meristem** adı verilir. Bir bitki yaşadığı sürece sürekli büyüme yeteneğine sahiptir. Bu büyüme özelliği, büyüme bölgelerinde bulunan ve meristem olarak adlandırılan embriyonik dokular sayesinde gerçekleşir (Görsel 3.3).



Görsel 3.3: Soğan (Allium cepa-Aliyum sepa) kök ucundaki meristem hücreleri

Metabolik yönden aktif olan meristemler, bitkide bulundukları yerlerde sürekli bölünerek yeni hücreler oluşturur. Oluşan bu hücreler büyüme ve farklılaşmayla belli bir işlevi yerine getirmek üzere özelleşmiş hücrelere dönüşür. Meristem hücrelerinin faaliyetleriyle oluşturulan bu yeni hücreler, boyunun veya çapının artmasını sağlar. Böylece bitki büyür ve gelişir.

Meristem hücrelerinin genellikle kofulları yok ya da çok azdır. Bu hücrelerin çekirdeği, normal hücrelere göre daha büyüktür. Hücreleri arasında boşlukları çok azdır. Meristem hücrelerinin çeperleri incedir, bunlar fotosentez de yapmaz. Ancak bu hücrelerde plastitleri oluşturacak öncül yapılar (proplastit) bulunur. Bitkilerin büyüme durumunu meristem hücrelerinin konumu belirler. Meristem doku bulundukları yere göre uç meristem ve yanal meristem kökenlerine göre primer meristem ve sekonder meristem olmak üzere ikiye ayrılır. Kökte ve gövde uçlarında bulunan **apikal (uç) meristem hücreleri** bitkinin boyca büyümesini sağlar. Bir primer meristem olan apikal (uç) meristemin gerçekleştirdiği bu olay **primer büyüme** olarak adlandırılır. Bitkilerde kökün ve gövdenin genç kısımlarında primer büyüme görülür. Meristem embriyo safhasından itibaren, bitkinin canlı kaldığı süre boyunca bölünme yeteneğini kaybetmeyen hücrelerdir. Bu büyüme şekliyle bitki, gövde kısmından yukarı doğru uzarken kök kısmından da toprak içine doğru yayılır. (Görsel 3.4).



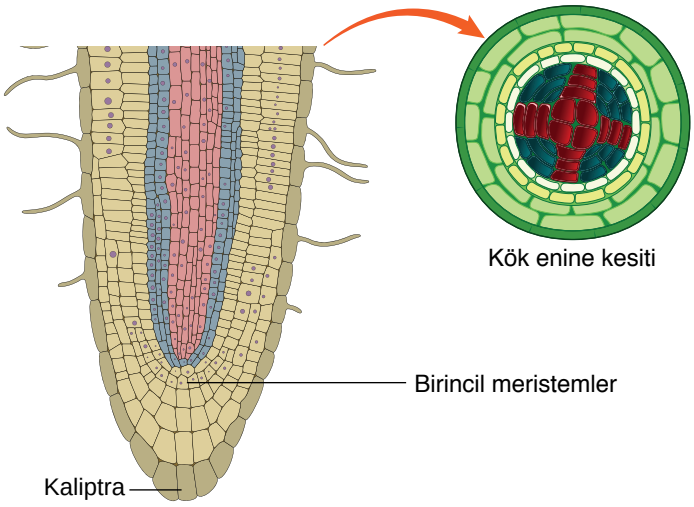
Görsel 3.4: Bitkideki ana meristem bölgeleri

Otsu bitkilerde sadece primer büyüme gözlenir (Görsel 3.5). Primer meristemlerin bulunduğu bölgelerde büyüme ve uzama olur ve bu bölgeler **büyüme noktası** olarak adlandırılır. Büyüme noktası, gövdede **koruyucu yapraklar** tarafından, kökte ise **kaliptra (yüksük)** tarafından korunur. Odunsu bitkilerde ise primer büyümenin yanında **sekonder büyüme** denilen büyüme şekli de görülür. Sekonder meristemler, bölünme yeteneğini kaybetmiş parankima hücrelerinin sonradan hormon etkisiyle tekrar bölünme yeteneği kazanmasıyla oluşur. Sekonder büyüme; primer büyüme ile oluşan kökün ve gövdenin enine kalınlaşmasıdır (Görsel 3.6). Bu enine kalınlaşma olayı lateral (yanal) meristem sayesinde gerçekleşir. **Lateral meristem**, kökte ve gövdede bölünen hücrelerin oluşturduğu halkalardır. Bu halkaların dışa doğru kalınlaşmasıyla epidermis yırtılır. Böylece epidermisin yerini periderm alır. Bitkinin gövdesinin dışındaki kabuk; periderm, mantar kambiyumu ve floem dokularından oluşur. Çift çenekli ve açık tohumlu bitkilerin merkezî silindirinde iletim demetlerinin arasında kambiyum vardır. **Kambiyum**, büyüme döneminde bölünerek yeni iletim demetlerini oluşturarak sekonder büyüme ile bitkide enine kalınlaşma gerçekleştirir. Sekonder meristeme **demet (vasküler ya da damar) kambiyumu** ve **mantar kambiyumu** örnek verilebilir. Mantar kambiyumu kalın ve dayanıklı peridermi oluşturur. Apikal meristem hem köklerin hem de gövdenin uzamasında görev yapar.

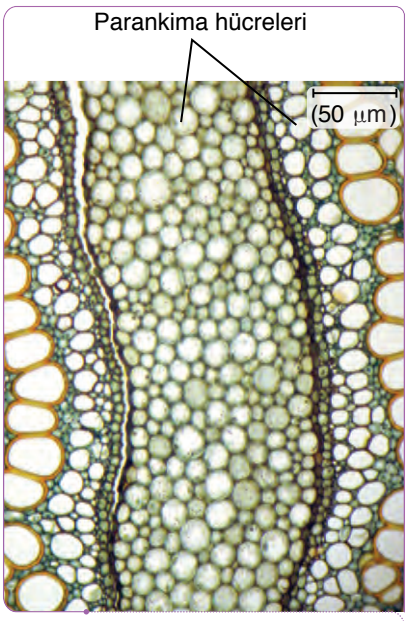
Görsel 3.5: Otsu bitkide primer büyüme

Görsel 3.6: Odunsu bitkide enine kalınlaşma

Bitkilerde primer ve sekonder büyüme, aynı zamanlarda fakat farklı bölgelerde ortaya çıkar (Görsel 3.7). Her büyüme mevsiminde bitkilerin, primer büyüme ile kökü ve gövdesi uzarken sekonder büyüme ile de yaşlı kısımları kalınlaşarak sertleşir.



Görsel 3.7: Kökte büyüme, farklı bölgelerde gerçekleşir.



Görsel 3.8: Maydanoz (Petroselinum crispum - Petroselinum krispum) bitkisinde parankima hücreleri

Görsel 3.9: Leylak (Syringia-Sirinciya) yaprağının enine kesitindeki parankima hücreleri

II. Temel Doku Sistemi

Bölünme özelliğine sahip olmayan bu doku bitkinin depolama, destekleme, organların içini doldurma ve fotosentez gibi işlevlerinin çoğundan sorumlu olup, örtü doku ve iletim doku arasındaki kısımlarda yer alır.

Temel dokuyu; farklı özelliklere sahip parankima, kollenkima ve sklerenkima hücreleri oluşturur.

a. Parankima

Hayvanlardaki bağ dokusu gibi dokuların arasını dolduran, hücreleri canlı, bol sitoplazmalı, küçük kofulları olan ince çeperli yapıdır. Bitkilerin hemen hemen tüm organlarının yapısındaki parankima hücreleri (Görsel 3.8), bulundukları yerlere göre farklı görevler üstlenir. Parankima dokusunun solunum, fotosentez, havalandırma, depo, salgı ve iletim gibi işlevleri vardır.

Parankima dokusuna ait hücreler, çok sayıda çeşitli organik maddenin sentezlenmesini sağlar. Ayrıca bu hücreler, sentezledikleri besin maddelerini bitkilerin büyüme ve gelişim faaliyetleri için hücrelerinde depolar. Büyüklükleri hemen hemen eşit olan parankima hücreleri bol sitoplazmalı, ince ceperli canlı hücrelerdir. Bu hücrelerin merkezinde, büyükçe bir çekirdek ve birkaç koful bulunmaktadır. Parankima dokusuna ait hücrelerin farklılaşması çok az olduğundan bunlar kolaylıkla kök ve gövdeleri meydana getirebilmektedir. Ayrıca bitkiler; çeşitli organlarındaki parankima hücreleri kofullarında, renk veren antosiyanin gibi bileşikleri biriktirir.

Bitki gelişiminde önemli fonksiyonları olan parankima hücreleri, görevleri bakımından dört grupta incelenir:

- Özümleme (asimilasyon) parankiması
- Havalandırma parankiması
- İletim parankiması
- Depo parankiması

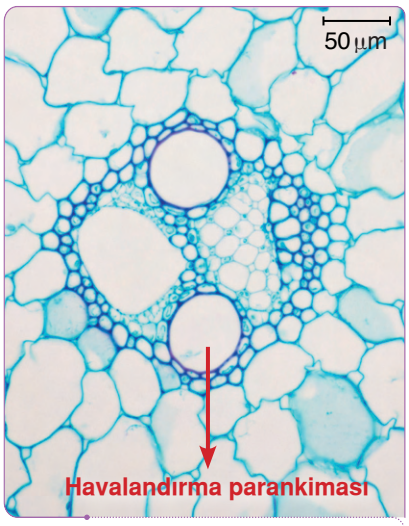
Özümleme (asimilasyon) parankiması: Özümleme parankiması, bitkilerin özellikle yaprak ve otsu gövde gibi genç yapılarında daha çok bulunur. Parankimaya ait bu hücreler kloroplastlı olup fotosentez yapar. Özümleme parankimasını yapraktaki mezofil tabakasında bulunan **palizat** ve **sünger parankiması** hücreleri oluşturur (Görsel 3.9).

Palizat parankiması hücreleri, üst epidermisin altında yer alır ve dikey olarak düzenli bir dizilim göstererek ışığı daha iyi alır.

Her iki yüzeyinden de ışık alan yapraklarda ise her iki tarafta fotosentez yapan palizat parankiması hücreleri yerleşmiştir. Palizat parankimasının varlığı ve hücrelerinin bulunup bulunmaması yaprağın aldığı ışık miktarı ile ilişkilidir.

Palizat parankimasının hemen altında birkaç sıralı, hücreler arası boşluğu olan, az kloroplastlı, düzensiz şekilli ve ince çeperli sünger parankiması hücreleri bulunur. Sünger parankimasında da palizat parankiması gibi fotosentez gerçekleşir.

Havalandırma parankiması: Su ve bataklık bitkilerinde fazla bulunur. Bitkinin havalandırılmasında etkin rol oynayan bu dokuda çok sayıda hücreler arası boşluk vardır. Boşluklarda alınan gazlar depolanır (Görsel 3.10). Gövdelerin etli ve köklerin depo kısmındaki parankima dokusu, çok sayıda hücreler arası boşluğa ya da havalandırma kanalına sahiptir. O_2 ve CO_2 alışverişinde rol oynar.



Görsel 3.10: Mısır bitkisinde (Zea mays-Zea meys) havalandırma parankiması

İletim parankiması: İnce çeperli hücrelerden oluşmuştur. Özümleme parankiması tarafından üretilen organik bileşiklerin soymuk borularına, odun borularından gelen suyun ve minerallerin de özümleme parankimasına iletilmesini sağlar.

Depo parankiması: Kök, gövde, meyve, yaprak sapı, tohum gibi bitkinin hemen hemen tüm kısımlarında bulunur. Depo görevi gören parankimatik hücreler genellikle büyük, ince çeperli, kofullu ve kloroplast içermeyen hücrelerdir. Bitki hücreleri tarafından fotosentez olayı ile üretilen organik bileşikler ve su, depo parankiması hücreleri tarafından depolanır. Su ve organik besin depolayan bu hücreler **depo parankiması** olarak isimlendirilir.

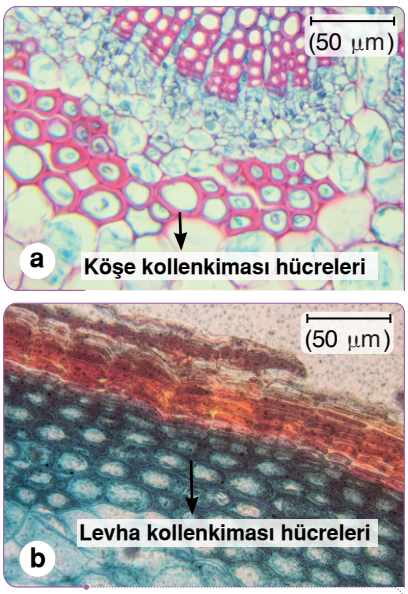
Kurak ortamlara ve çöl ortamına uyum sağlamış sucul bitkiler, su tutma özelliği gösterir. Kaktüsgiller familyası üyeleri depo parankiması hücreleri sayesinde gövdelerinde su depolar (Görsel 3.11). Besin depolayan parankima, daha çok rizom, soğan, yumru gibi toprak altı organlarda ve tohumun endosperminde bulunur.

Görsel 3.11: Kaktüs (Echinocactus grusonii-Eçinokaktüs gırusonya) gövdesi, su depolama özelliği kazanmıştır.

b. Kollenkima (Pek doku)

Canlı bir doku olup bitkide büyüyen kısımlara direnç veren kollenkima hücresidir. Bu hücre gerilme, kıvrılma ve esneme özelliğine sahiptir. Bu özellikleriyle bitkiye mekanik destek sağlar.

Kollenkima; bitkilerde, çiçek sapı, yaprak sapı, yaprağın orta damarı ve genç gövde gibi kısımlarda görülmektedir. Bu gibi organlarda, büyümeyi engellemeden destek görevini sağlar. Böylece kollenkima hücreleri, bir taraftan yüzeylerini artırırken diğer taraftan hücre çeperlerini kalınlaşır.



Görsel 3.12: ***a.*** *Mürver (Sambucus) bitkisinde köşe kollenkiması* ***b.*** *Ihlamur (Tilia sp-Tilya) bitkisinde levha kollenkiması*

Kollenkima hücrelerinin çeper kalınlığı parankima hücrelerindeki çeper kalınlığından daha fazladır. Hücre çeperlerinin kalınlaşması **selüloz** ve **pektin** birikimi ile oluşur fakat bu hücrelerin çeperlerinin kalınlaşması düzgün değildir.

Kollenkima dokusunda hücre çeperi, hücrede kalınlaşmanın görüldüğü yere göre köşe ve levha kollenkiması olarak ikiye ayrılır.

Köşe kollenkiması: Çeper kalınlaşması kollenkima hücrelerinin köşelerinde oluşmuşsa buna **köşe kollenkiması** adı verilir (Görsel 3.12.a). Üstten bakıldığında kalınlaşmayı meydana getiren maddeler, hücre köşelerinde ve daha çok yaprak sapının çevresinde görülür.

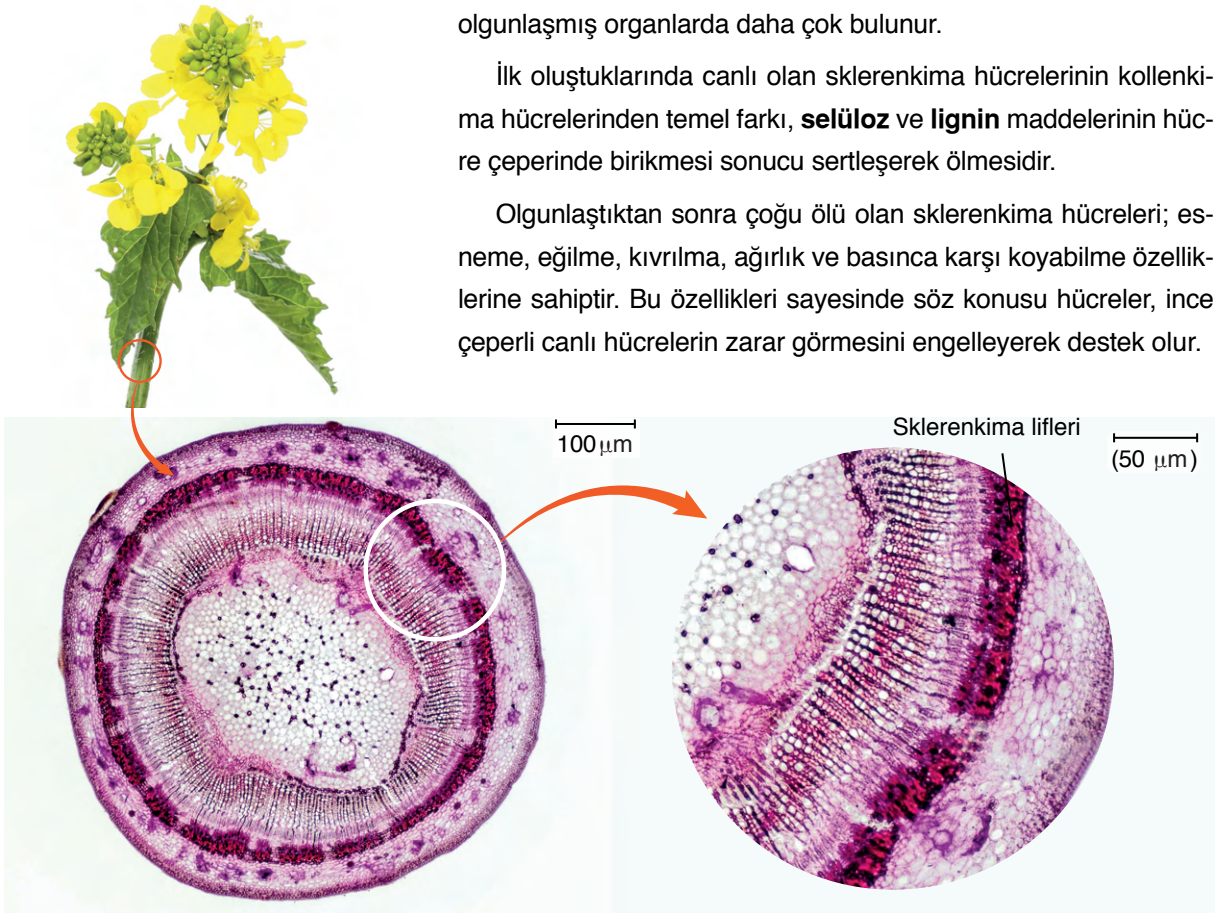
Levha (Plak) kollenkiması: Bazen kollenkima hücrelerinde çeper kalınlaşması karşılıklı olup bir yüzey boyunca görülür (Görsel 3.12.b). Levha kollenkiması denilen bu oluşum, genellikle bitkilerin gövde kısmında bulunur.

c. Sklerenkima (Sert doku)

Sklerenkima dokusu (Görsel 3.13) büyümesini tamamlamış, olgunlaşmış organlarda daha çok bulunur.

İlk oluştuklarında canlı olan sklerenkima hücrelerinin kollenkima hücrelerinden temel farkı, **selüloz** ve **lignin** maddelerinin hücre çeperinde birikmesi sonucu sertleşerek ölmesidir.

Olgunlaştıktan sonra çoğu ölü olan sklerenkima hücreleri; esneme, eğilme, kıvrılma, ağırlık ve basınca karşı koyabilme özelliklerine sahiptir. Bu özellikleri sayesinde söz konusu hücreler, ince çeperli canlı hücrelerin zarar görmesini engelleyerek destek olur.



Görsel 3.13: Ihlamur (Tilia cordata) gövdesinde bulunan sklerenkima lifleri

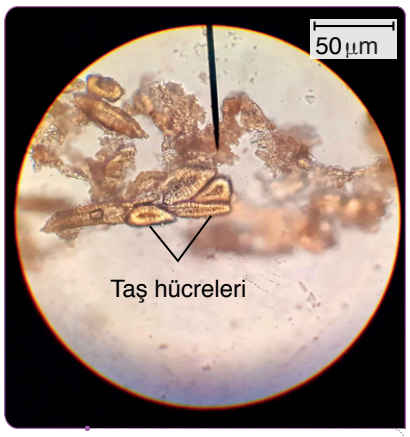
Sklerenkima dokusunu oluşturan hücreler başlıca **sklerenkima lifleri** ve **taş hücreleri (sklereitler)** olarak iki grup altında incelenmektedir.

Sklerenkima lifleri: Hücreleri ölü olduğundan metabolik anlamda etkin değildir. Sklerenkima liflerinin çeperleri odunlaşarak kalınlaşır, böylece geçitler kapanır ve madde alışverişi sona erer. Bu nedenle hücreler ölür.

Sklerenkima lifleri bitkilerin gövdesinde, yapraklarında, meyve kabuğunda veya tohumlarında bulunabilir. Günlük hayatta kullandığımız bazı kumaşlar, keten (*Linum usitassimum*-linum usitasimum) ve kenevir (*Cannabis indica*-kanabis indika) bitkilerinin gövdelerindeki kabukların liflerinden elde edilir.

Taş hücreleri: Bu hücrelerin görünümleri çokgen, küremsi, silindirik veya gelişigüzel girintili çıkıntılı olabilir (Görsel 3.14). Hücre çeperleri kalın ve odunlaşmıştır.

Taş hücreleri, bitki bünyesinde tek tek veya gruplar hâlinde bulunabilir. Bitkinin gövde, yaprak, meyve ve meyve sapları gibi yapılarının epidermis ve parankimasında bulunur. Armut, ayva gibi meyvelerde yer alan sert yapılar taş hücreleridir. Taş hücreleri; ceviz ve fındıkta bol miktarda bulunur.

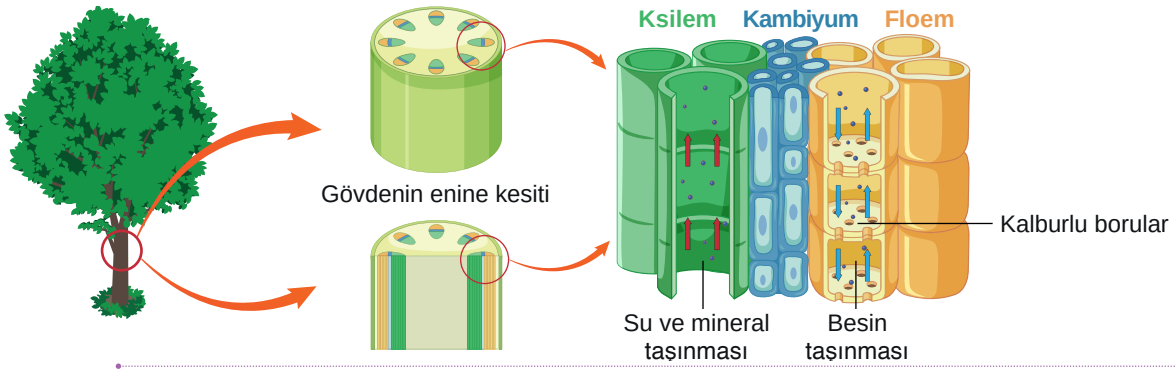


Görsel 3.14: Hindistan cevizi (Cocos nucifera) kabuğundaki taş hücreleri

III. İletim Doku Sistemi

Gelişmiş bitkiler çok sayıda hücreden oluşmuştur ve bunlar bitkinin her yanına yayılan iletim dokusuna sahiptir. İletim doku, bitkide madde iletimini sağlar.

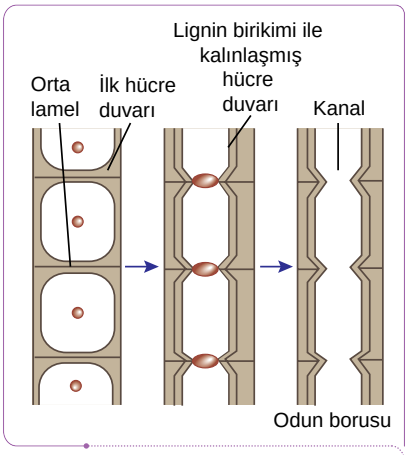
İletim doku, ksilem (odun boruları) ve floem (soymuk boruları) olmak üzere iki kısımdan oluşur. Ksilem, köklerden alınan suyu ve mineralleri yaprak ve diğer organlara taşırken floem ise fotosentez ile yaprak ve genç gövdelerde oluşturulan organik maddeleri bitkinin fotosentez yapmayan kök gibi organlarına taşır (Görsel 3.15). Ayrıca floem, kökte üretilen amino asitleri de gövde ve yapraklara doğru taşıyarak çift yönlü görev yapar.



Görsel 3.15: Keten bitkisinde floem ve ksilem

Araştıralım

Ksilem boruları ile ksilem demetleri arasındaki farkı araştırarak sunum hazırlayınız. Sunumunuzu sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



Görsel 3.16: Ksilemin oluşumu

a. Odun Boruları (Ksilem)

Kelime anlamı "odun" olan ksilem, meristem hücrelerinin çekirdek ve sitoplazmalarını kaybetmesiyle oluşur. Daha sonra lignin birikimi ile çeperler kalınlaşır. Ksilemde taşıma oldukça hızlıdır. Ksilemin en karakteristik elemanları su iletiminden sorumlu olan **trake** ve **trakeitler**dir. Trakeler birçok hücrenin üst üste gelmesi ve bunlar arasındaki çeperlerin erimesiyle oluşan geniş ve açık borulardır (Görsel 3.16). Trakelerin çeperleri geçitli ve kalınlaşmıştır. Trakeitlerin çeperleri ince olup geçitler içerir ve bir ucu kapalıdır. Bu geçitler ile suyu iletir. Trakeitler bitkiye destek görevi de üstlenir.

Ksilem dokusunun cansız elemanları olan trake ve trakeit yapılar, gelişimlerini tamamladıktan sonra bitkinin her bölümüne geniş bir şekilde yayılır. Bu borular ölü hücrelerden oluştuğu için madde taşıma hızı flome göre daha hızlıdır.

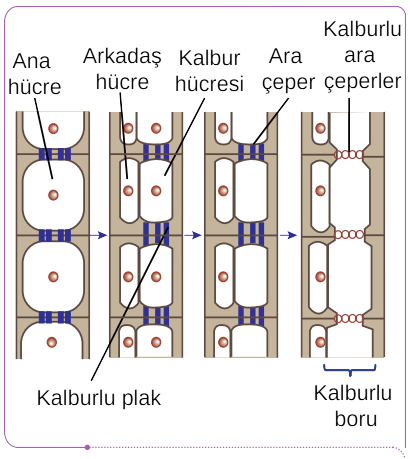
Topraktan emici tüylerle alınan suyun iletimi, köklerdeki ksilemden başlayarak bitkinin tepe noktasına kadar uzanmaktadır. Ayrıca bitkilerde bulunan **ksilem sklerenkiması** trakeitlerden gelişir ve basit geçitleri ile trakeitlerden ayırt edilir. Bu yapılar daha çok bitkiye destek işlevi görür. **Ksilem parankiması** ise besin maddesi depolar. Bazen salgı yapar, bazen de kısa mesafelerde iletimi gerçekleştirir. Ksilem parankiması, gelişmiş bitkilerde yaygın olarak bulunur. Görüldüğü gibi ksilemin iki önemli görevi vardır: Birincisi suyu ve suda çözünmüş mineralleri gövdeye ve yapraklara taşımak, ikincisi ise bitkiye mekanik destek sağlamaktır (Görsel 3.17).

Görsel 3.17: Ksilem, yapısındaki lignin ve selüloz moleküllerinden dolayı bitkiye destek sağlar.

b. Soymuk Boruları (Floem)

Floem; ince çeperli canlı hücrelerden oluşur ve kalburlu borular, arkadaş hücreleri, floem parankiması ve floem sklerenkiması olmak üzere dört hücre tipinden meydana gelir. Floemde madde iletimi yavaş olup esas görevi, yapısındaki kalburlu borular ve arkadaş hücreleri ile birlikte fotosentez sonucu oluşan besinleri köke doğru, kökteki organik besinleri ise yaprağa doğru taşımaktır.

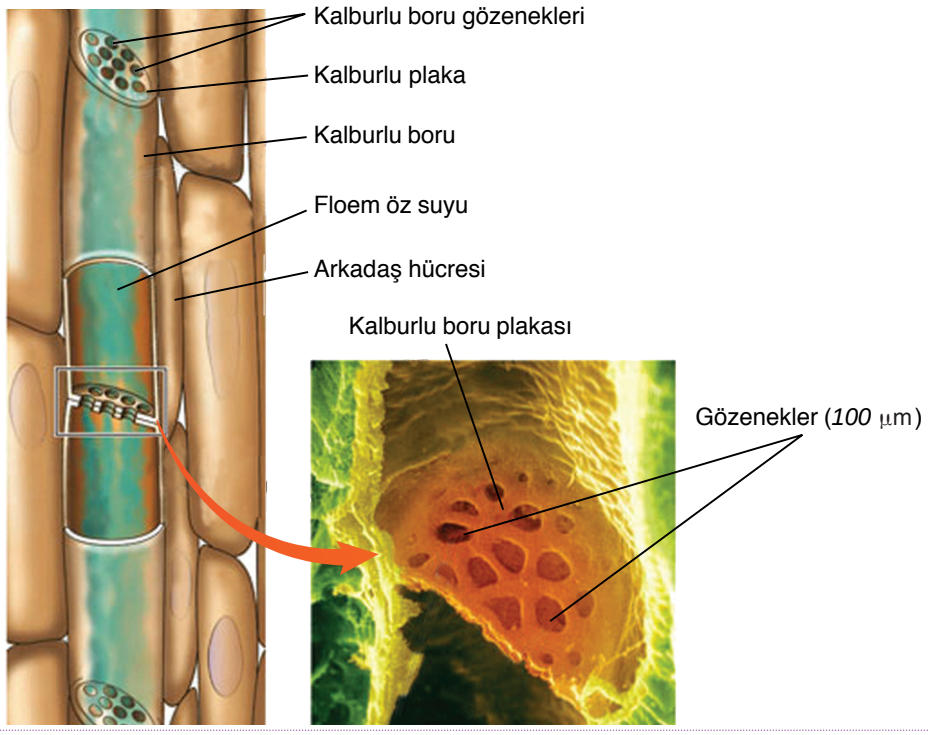
Ara çeperleri bölgesel olarak eriyen kalburlu hücrelerin üst üste dizilmesi ile kalburlu borular meydana gelir (Görsel 3.18). Bu boruların hücreleri canlı ve işlevsel olgunluktadır ancak çekirdekleri yoktur.



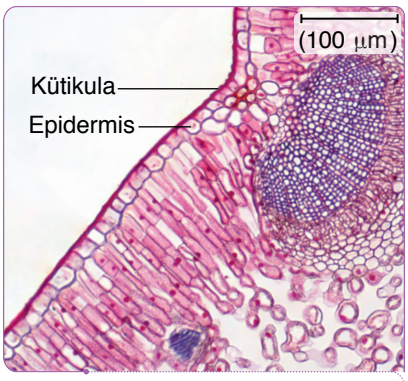
Görsel 3.18: Floem'in oluşumu

Her bir kalburlu boru hücresinin yanında bir ya da birkaç tane yuvarlak veya çokgen şeklinde özelleşmiş **arkadaş hücresi** bulunur. Küçük kofullu, bol sitoplazmalı ve büyük çekirdekli olan arkadaş hücreleri, meristem hücrelerinden gelişir. Bunlar boyuna kesitlerde kalburlu borulardan daha dardır. Arkadaş hücreleri ile kalburlu borular arasında çok sayıda basit geçit vardır. Arkadaş hücreleri, kalburlu boruların metabolzimasını kontrol eder ayrıca organik ürünlerin depolanması ve iletilmesinde kalburlu borularla birlikte çalışır (Görsel 3.19).

Floem parankiması; nişastanın, yağın, tanen ve reçinenin depo edildiği hücrelerdir.



Görsel 3.19: Keten bitkisinin gövdesinde floemin yapısı



Görsel 3.20: Yaprak enine kesitinde kütikula ve epidermis

Floem sklerenkiması bitkiye destek olmanın yanında, merkezde bulunan kambiyum dokusunun korunmasını da sağlar.

IV. Örtü Doku Sistemi

Bitkinin tüm yüzeyini örten ve onu bütünüyle sararak iç kısımdaki dokuları çevresel etkilere karşı koruyan dokuya **örtü doku (koruyucu doku)** denir. Örtü doku bu işlevi ile bir taraftan aşırı su kaybı, mekanik ve kimyasal etkiler gibi olumsuzluklardan bitkiyi korurken diğer taraftan da çevre ile bitki arasındaki madde alışverişinin kontrollü bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır.

Örtü doku, temel olarak iki kısımda incelenir:

- Epidermis
- Periderm

a. Epidermis

Epidermis, bitkinin dış ortam ile doğrudan temasını engelleyen ve genç kısımların tüm yüzeyini kaplayan koruyucu dokudur.

Epidermis hücreleri; canlı, hücreler arası boşlukları bulunmayan, genellikle tek sıralı bir hücre tabakasından oluşur. Bu hücrelerde ayrıca büyük bir koful ve az miktarda sitoplazma vardır.

Bitkilerin genç gövdesinden ve yaprakların epidermisinden genellikle **kütin** denilen mumsu bir madde salgılanır bu da çeperlerde birikerek **kütikula** tabakasını oluşturur. (Görsel 3.20). Kütikula, kalın dış hücre çeperi sayesinde su kaybına, mekanik etkilere ve parazit canlıların saldırılarına karşı bitkiyi korur. Bitkinin kök sisteminde kütikula tabakası bulunmaz. Kütikula kalınlığı, bitkinin yaşama bölgesine göre farklılık gösterebilir. Bu örtü, kurak bölge bitkilerinde kalın, nemli ortam bitkilerinde ise incedir.

Epidermis hücrelerinin farklılaşmasıyla **stomalar, hidatodlar, tüyler** ve **emergensler (dikenler)** meydana gelir.

Stoma: Bitkide terlemeyi ve gaz alışverişini düzenleyen yapılar olup yapraklarda çok sayıda bulunur. Yaprak dışındaki toprak üstü organlarda da stomaya rastlanabilir. Bitkilerin toprak altı organlarında ve tamamen suya gömülü yaşayan su bitkilerinde stoma bulunmaz.

Stoma açıklığı ve onu kuşatan Stoma, bekçi hücrelerinden meydana gelir. Bekçi hücrelerinin çevresindeki epidermis hücreleri de komşu hücreler adını alır. Bekçi hücreleri, kloroplastlı olduğundan fotosentez yapar. Hücrelerde gerçekleşen fizyolojik olayların etkisiyle ve bitkinin ihtiyacına göre bekçi hücreleri açılır ya da kapanır.

Görsel 3.21: Telgraf çiçeğindeki (Tradescantia zebrina-Tradeskantiya zebrina) bekçi hücreleri fotosentez yapar, terleme ve gaz alışverişi gerçekleştirir.

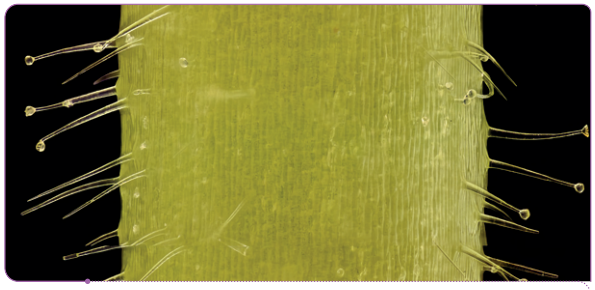
Stomalar ışıklı ortamda dışarıdan karbondioksit alınmasını ve fotosentez sonucu oluşan oksijenin dışarı verilmesini sağlar. Ayrıca fotosentez olmaması durumunda, solunum için dışarıdan oksijen alınmasını ve solunum sonrası oluşan karbondioksidin dışarı verilmesini sağlar. **Terleme (transpirasyon)** olayını düzenleyerek bitkinin yapısındaki suyun ayarlanmasına yardımcı olur. Bitkilerin çoğu, suyun fazlasını terleme ile stomadan dışarıya verir. Böylece stomalar kontrollü bir gaz alışverişi ve terleme gerçekleştirir (Görsel 3.21).

Hidatod (Su savağı): Bitkilerdeki fazla suyun yapraklardan sıvı hâlde atılmasını sağlayan, açılıp kapanma özelliği olmayan, ksilemle bağlantılı olan açıklıklardır. Nemli ortamlarda bulunan bitkiler, hava neme fazla doyduğunda, terleme ile atılamayan suyu **gutasyon (damlama)** ile hidatodlarından atar (Görsel 3.22). Damlama sırasında suyla birlikte bir miktar mineral de bitkiden uzaklaştırılır.

Görsel 3.22: Yaprakta hidatodlar damlama ile fazla suyu boşaltır.

Tüyler: Epidermis hücrelerinin dışa doğru oluşturduğu çıkıntılardır (Görsel 3.23). Tüylerin bazıları canlı hücrelerden oluşurken bazıları da sitoplazmalarını tamamen kaybederek canlılığını yitirir. Bunlar, tek ya da çok hücreli olabilir (Görsel 3.24). Tüyler, bitkilerin bulunduğu çevre şartlarına göre farklı yapı ve görevler üstlenmiştir.

Görsel 3.23: Bitkide tüyler



Görsel 3.24: Bazı çok hücreli tüylerin mikroskop görüntüsü

Savunma tüyleri, bitkinin korunmak için geliştirdiği tüylerdir. Örneğin ısırgan otu bitkisinde savunma tüyleri bulunur (Görsel 3.25).

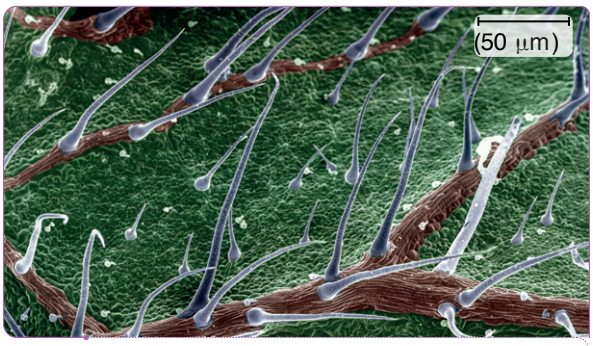
Örtü tüyleri bitkinin su kaybını azaltır. Bu tüyler, epidermis yüzeyinde oluşturdukları tabaka sayesinde Güneş ışınlarını yansıtarak bitkinin aşırı ısınmasını önler.

Korunma tüyleri, stomaları doğrudan rüzgâr almaktan korur. Örneğin menekşe bitkisinde bu tüyler çok bulunur.

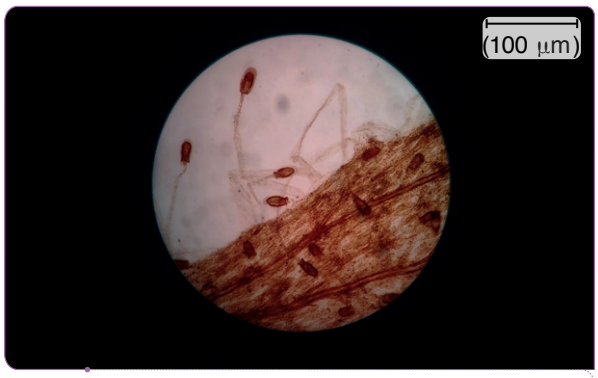
Salgı tüyleri (Görsel 3.26), uçucu kimyasal maddeler salgılar. Birçok çiçeğin taç yaprağında, sardunya gibi kokulu bitkilerin yaprak ve gövdelerinde bu tüylere bolca rastlanır.

Emici tüyler, topraktan su ve mineral alınmasında görev yapar. Bu tüyler kökte bulunur.

Tırmanma tüyleri, bazı sarılıcı ve tırmanıcı bitkilerde bulunur. Dayanmaya ve tutunmaya yarayan bu tüyler, sarmaşık bitkisinde çok sayıdadır.



Görsel 3.25: Isırgan otunda (Urtica diocia-Urdıkı dayaşa) savunma tüylerinin elektron mikroskop görüntüsü



Görsel 3.26: Bitkide salgı tüyü örneği

Emergensler (Dikenler): Sadece epidermis hücrelerinden meydana gelmeyip aynı zamanda epidermis, parankima ve iletim dokuları da içeren çıkıntılardır. Emergensler (Görsel 3.27) salgı, savunma ve tutunma gibi görevler yapar. Gül, böğürtlen gibi bitkilerdeki dikenler, bitkinin savunma emergensleridir. Bazı bitki tohumlarının geniş alanlara yayılmasını ve hayvanların postlarına tutunmayı sağlayan emergensler de vardır.

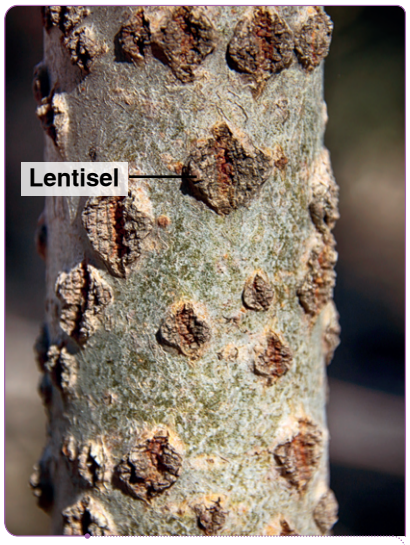
Görsel 3.27: Emergensler

b. Periderm (Mantar doku)

Çok yıllık bitkilerin kök ve gövdelerindeki epidermis parçalanır ve böylece epidermisin yerini **periderm** denilen koruyucu doku alır. Mantar doku hücrelerinin çeperleri olgunlaşınca **süberin** olarak adlandırılan, suya geçirgen olmayan mumsu bir madde birikir. Süberin maddesi ile kaplanmış, içleri hava ile dolmuş bu hücreler ölüdür.

Mantar dokunun su geçirmez hücre çeperleri, bitkinin koruyucu dış örtüsü olarak işlev görür. Bitkiyi su kaybına karşı korur ve Güneş ışınlarının doğrudan geçişini engelleyerek bitkinin ısınmasını önler.

Lentisel (kovucuk); periderm üzerinde bulunan açıklıklardır. Lentiseller, gövdedeki canlı hücrelerin dış ortamla gaz alışverişini sağlar (Görsel 3.28). Buradan O_2 alınır, CO_2 dışarı verilir. Stomalarla benzer işleve sahip olan lentiseller, gövde üzerinde ince yarıklar veya kabartılar şeklinde görülür.

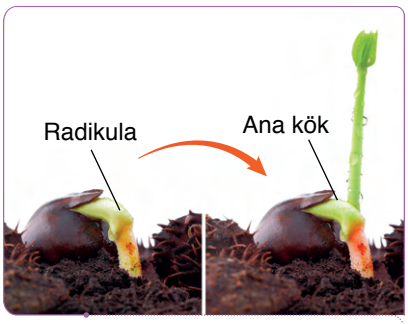


Görsel 3.28: Lentiseller gövde üzerinde gaz alışverişini sağlayan açıklıklardır.

Stomalar, lentiseller ve hidatodlar arasında çeşitli farklar vardır. Bu farkları Tablo 3.1'e bakarak inceleyiniz.

Stoma	Lentisel (Kovucuk)	Hidatod
Epidermiste bulunur ve canlıdır.	Peridermde bulunur ve cansızdır.	Epidermiste bulunur.
Açılıp kapanabilir.	Devamlı açıktır.	Devamlı açıktır.
Gaz alışverişi, terleme ve fotosentez yapar.	Gaz alışverişi ve çok az terleme yapar.	Su ve mineral atar.
Yaprakta ve otsu gövdede bulunur.	Odunsu gövdede bulunur.	Yaprakta bulunur.

Tablo 3.1: Stomalar, lentiseller ve hidatodlar arasındaki farklar



Görsel 3.29: Kök oluşumu

B. Bitkide Organlar

I. Kök

Kök, kara hayatına uyum sağlamış bitkilerde genel olarak yerin merkezine doğru gelişim gösteren ve toprak içinde gelişen bir organdır. Genellikle bitkinin toprağa bağlanmasını sağlayan kök, topraktan su ve mineral alıp bunların gövde ve yapraklara iletilmesini sağlar. Ayrıca kök, bazı değişimlere uğrayarak farklı görevleri de üstlenebilmektedir. Örneğin besin üretmek ve depolamak, hormon salgılamak gibi birçok görevi de yerine getirebilecek özelliklere sahiptir. Bir bitki tohumunun çimlenme sürecinde oluşan ilk yapıya **radikula (kök taslağı)**, radikulanın gelişimi ile ortaya çıkan ilk köke **ana kök** denir (Görsel 3.29). Dallanan ana kök **yan kök**leri oluşturur. Böylelikle bitkinin madde alma ve toprağa tutunma yüzeyi kökün genişlemesiyle artar.

Apikal (uç) meristem, hücre bölünmeleri ile primer dokuları meydana getirerek kökün boyca uzamasını sağlar.

Etkinlik

Kökün Büyümesi

Amaç

Kökün büyümesini gözlemlemek

Araç ve Gereçler

- Dört ya da beş adet fasulye tohumu
- Cetvel
- İnce cam kap
- Pamuk
- Cam kalemi

Uygulama Basamakları

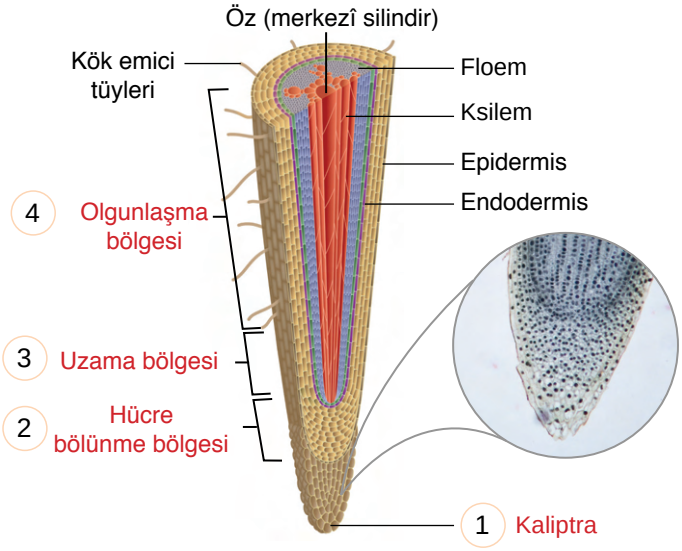
- Fasulye tohumlarını ince cam kabın içinde, pamuğun arasına koyarak çimlendiriniz. Kap içinde çimlenen tohumlardan kökteki büyümenin iyi gözlemlenebileceği bir tohumu seçiniz. Seçtiğiniz tohumun kökünü cam kap üzerinden, kök ucundan başlamak üzere eşit aralıklarla cam kalemi ile işaretleyiniz. Birkaç gün sonra aynı fasulyenin kök uzunluğunu tekrar ölçüp kaydediniz.

Sonuç

- İşaretli hangi kısım daha fazla büyüdü? Neden? Açıklayınız.
- Kökün hiç büyümeyen kısmı var mı? Neden? Açıklayınız.

Kökün boyuna kesiti incelendiğinde en uçta sürekli olarak bölünebilen hücrelerin üzerini saran **kök şapkası (kaliptra)** denilen kısım bulunur. Kök ucunda, sınırları belli olmayan kaliptranın dışında üç bölge vardır. Bunlar; **hücre bölünme bölgesi, uzama bölgesi** ve **olgunlaşma bölgesi**dir.

Kökün bölümlerini inceleyelim (Görsel 3.30):



Görsel 3.30: Kökün boyuna kesitindeki bölgeler

1 Kök Şapkası (Kaliptra)

Kök ucu meristemini koruyan ve onu yüksük şeklinde saran, gevşek yapılı, canlı, parankimatik hücrelerden oluşan bir yapıdır. Hücre çeperleri jelatinimsi bir madde olan müsilaj içerir. Kaliptra hücrelerinin oluşturduğu müsilaj maddesi, kök ucunun toprak içinden kayarak uzamasını sağlar.

2 Hücre Bölünme Bölgesi

Bu bölge, kök ucunda sürekli bölünebilme yeteneğine sahip hücrelerden oluşur ve kaliptra tarafından korunur. Bu bölgenin uç kısmına **büyüme konisi** denir. Kök apikal (uç) meristem dokusu, primer dokuları oluşturur. Bu primer dokular gelişim sürecinin ilk dokularıdır. Apikal meristemden, hücreler farklılaşmadan önce bölünür, uzar ve bu hücreler farklılaşarak ilk iletim dokusunu oluşturur.

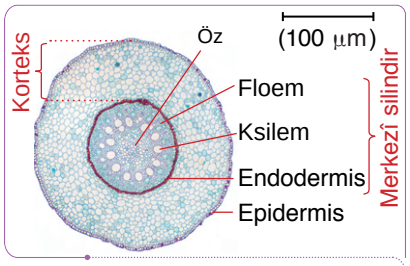
3 Uzama Bölgesi

Meristem hücrelerinin bölünmesi ile oluşan hücreler, hacimlerini ve uzunluklarını artırarak bitkinin dikey yönde aktif şekilde uzamasında rol oynar.

4 Olgunlaşma (Farklılaşma) Bölgesi

Bu bölgedeki hücrelerde farklılaşma vardır. Örneğin epidermis hücrelerinin birçoğu dışa doğru uzayarak emici tüyleri meydana getirir. Bu bölge, suyun ve mineral maddelerin emildiği bölgedir.

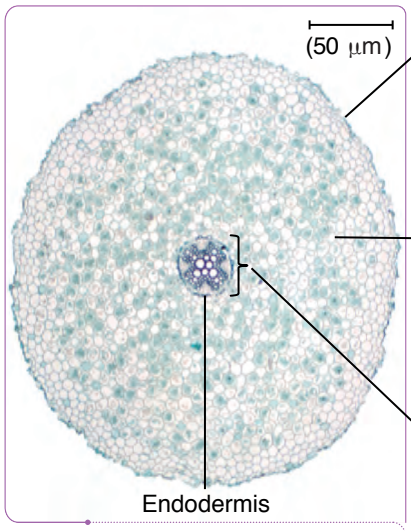
Kökün yeni gelişen bir bölgesinden enine kesit alınırsa dıştan içe doğru epidermis, korteks, endodermis ve merkezî silindir yapıları görülür (Görsel 3.31). Merkezî silindir, iletim demetlerini içerir. Korteksin en iç tabakası endodermistir. Endodermis, topraktan merkezî silindire madde girişini denetleyen seçici bir engeldir. Endodermise komşu olan periskl, daha içte yer alır ve yan kökleri oluşturur. Kambiyum; açık tohumlularda ve kapalı



Görsel 3.31: Tek çenekli bitkide kökün enine kesiti

3. Ünite Ölçme ve Değerlendirme Etkinliği-1

tohumlardan çift çeneklilerde bulunur. Ayrıca çok yıllık bitkilerde kök yapısı; epidermis, korteks, endodermis ve merkezî silindirden oluşur (Görsel 3.32).



Görsel 3.32: Çok yıllık bitkide kökün enine kesitinin yapısı

Epidermis

Kök ucuna yakın bir bölgeden geçen kesitte, en dış yüzeyde bulunur ve kütikula içermez.

Korteks

Epidermis ile merkezî silindir arasında bulunan bölgedir. Korteks bölgesi genelde ince çeperli, hücreler arası boşlukları fazla olan temel doku hücrelerinden meydana gelmiştir.

Merkezî silindir

Endodermisten itibaren kökün iç kısmını dolduran iletim demetlerini içeren bölgedir.

Endodermis, korteks ile merkezî silindir kısımlarını birbirinden ayırır.

Etkinlik

Bitki Kök ve Gövdelerinin Mikroskopta İncelenmesi

Amaç

Kökü ve gövdeyi incelemek

Araç ve Gereçler

- Ayçiçeği
- Çimen
- Lamel
- Kadife çiçeği
- Mikroskop
- Lam
- Mısır
- Su
- Damlalık
- Bisturi

Uygulama Basamakları

- Bitkilerin köklerinden ve gövdelerinden bisturi ile enine ve boyuna kesitler alarak preparatlar hazırlayınız. Bu kesitleri mikroskopta inceleyiniz. Kök tüylerini ve iletim demetlerini çizerek enine ve boyuna kesitlerdeki görüntüleri karşılaştırınız. Aynı işlemleri, bitkilerin gövdelerinden alınan kesitlerle de yapınız.

Sonuç

- Tüyler kökün en çok hangi bölgesinde bulunur? Belirtiniz.
- İletim demetlerinin bulunduğu yerler bitkilerde aynı mıdır? Açıklayınız.
- Kökün ve gövdenin yapısındaki benzerlik ve farklılıklar nelerdir? Karşılaştırınız.

Kökler, yapılarına ve görevlerine göre **kazık kök** ve **saçak kök** olarak iki gruba ayrılır (Görsel 3.33).

Kazık kök: Bu kök tipinde, ana kök iyi gelişmiştir. Yan kökler ana köke bağlıdır ve az gelişmiştir. Bunlar çift çenekli bitkilerde bulunur. Gelincik, havuç, gül, düğün çiçeği, papatya, lahana, bakla, bamya, fasulye vb. bitkilerin kökleri kazık köke örnektir.

Saçak kök: Ana kök baskın değildir ve yan köklerle aynı kalınlıktadır. Bunlar tek çeneklilerde bulunur. Soğan, pırasa, çim, buğday, arpa, yulaf, mısır gibi bitkilerin kökleri saçak köke örnektir.

Kökünü besin olarak tükettiğimiz bitkiler de vardır. Bunlara havuç (Görsel 3.34), şalgam, turp, kereviz (Görsel 3.35), pancar (Görsel 3.36) gibi bitkiler örnek verilebilir. Bu bitkilerden havuç, turp, şalgam, kereviz sebze olarak kullanılır. Pancarın da sebze olarak kullanılan türleri bulunmaktadır. Şeker pancarı kökünden ise şeker üretilir.

*Görsel 3.33: Bitkilerde kök çeşitleri: **a.** Kazık kök, **b.** Saçak kök*

Görsel 3.34: Havuç (Daucus carota-Dakus karota) kökü besin olarak tüketilir.

Görsel 3.35: Kereviz (Apium graveolens-Epiyım grıvielıns) kökü besin olarak tüketilir.

Görsel 3.36: Pancar (Beta sp-Beta) kökü besin olarak tüketilir.

Etkinlik

Farklı Bitki Köklerinin Karşılaştırılması ve İncelenmesi

Amaç

Farklı kök yapılarını incelemek

Araç ve Gereçler

- Maydanoz
- Havuç
- Pırasa
- Domates
- Lahana
- Soğan
- Su
- Kâğıt havlu
- Marul

Uygulama Basamakları

- Çevrenizden bulabileceğiniz maydanoz, lahana, marul, domates, havuç, soğan, pırasa gibi bitkilerin köklerini dikkatlice yıkayınız; gazete, kâğıt havlu vb. eşyaların üzerine koyarak inceleyiniz. Aralarındaki benzerlikleri ve farklılıkları gözlemleyiniz.

Not: Bitkileri topraktan kökleri ile birlikte sökünüz veya pazardan, marketten kökleriyle satın alınız.

Sonuç

- Aldığınız notları inceleyerek kökler arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirtiniz.

Bilgi Kutusu

Apikal Dormansi; uç tabakalarda yer alan tomurcukların, kendisinden alt tabakalarda yer alan tomurcuklara uyguladığı baskı sonucunda oluşur. Bitkilerin uç kısımları budandığında diğer tomurcuklar daha hızlı gelişir

Görsel 3.37: Patatesler (Solonum tuberosum-Salınım tuberızım) besinlerini yumru gövdede depolar.

II. Gövde

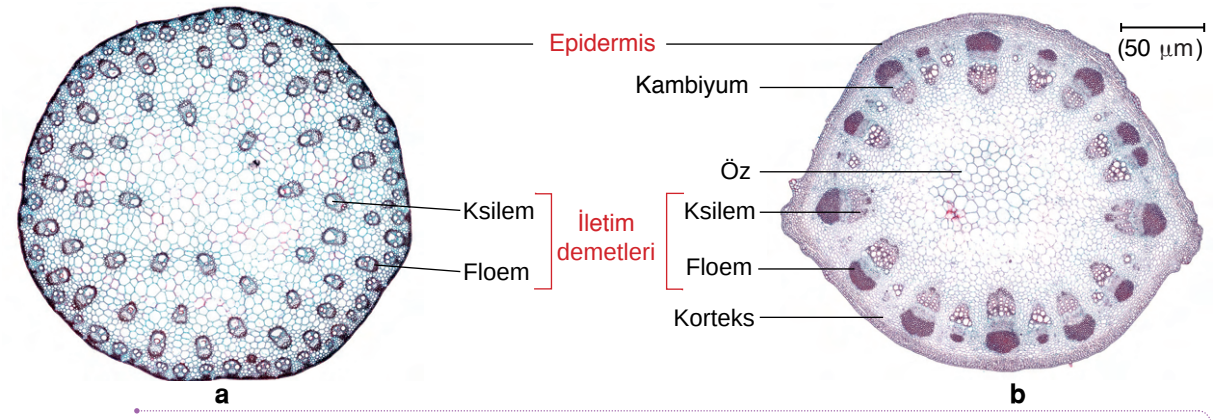
Gövde, bitkinin toprak üstünde yükselen yan dallarını, yapraklarını ve çiçeklerini taşıyan; kök ile bu organlar arasındaki iletimi sağlayan; bu yapılara destek olan ve dallanma gösteren organıdır.

Bitkiler, kökleri yardımı ile aldığı mineralleri ve suyu en uçtaki yapraklara kadar iletir. Gövdede iletim demetleri iyi gelişmiştir. Yapraklar fotosentez sonucu sentezledikleri besini gövde aracılığı ile diğer organlara iletir. Gövde üzerinde bir yaprağın çıktığı noktaya **düğüm (nodyum)**, art arda gelen iki düğüm arasında kalan bölgeye ise **düğümler arası bölge (internodyum)** denir.

Genç bitki gövdeleri, klorofil pigmenti sayesinde fotosentez yapabilir. Gövde; çiçek, yaprak ve meyveleri taşır. Ayrıca patates gibi bazı bitkilerde toprak altı gövdesi diye adlandırılan ve besin depolayan gövde çeşitleri de vardır (Görsel 3.37). Yüksek yapılı bitkilerde iki tip gövde bulunur. Bunlar **otsu** ve **odunsu** gövdedir. Otsu gövdenin en dışı epidermis ile örtülüdür. Otsu bitkiler **tek çenekli** (monokotil) ve **çift çenekli** (dikotil) olabilmektedir. Odunsu bitkiler ise açık tohumlu (kozalaklı) ve çok yıllık çift çenekli bitkiler olabilmektedir.

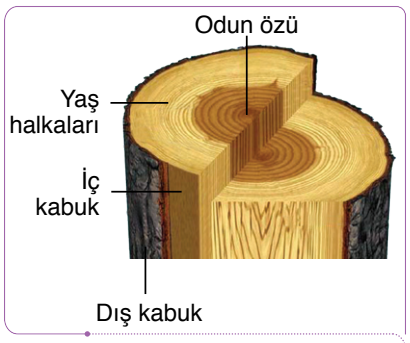
Otsu tek çenekli gövde kesitinde iletim demetleri, parankima hücreleri arasında düzensiz bir şekilde dağılmıştır. İletim demetlerinin merkeze bakan kısmında ksilem, çevreye bakan kısmında ise floem bulunur. Kambiyum olmadığından bu bitkiler enine büyüyemez. Ayrıca tek çeneklilerde korteks tabakası ve öz bulunmaz. Buğday, lale, zambak, mısır, çim vb. otsu tek çenekli bitki örnekleridir. Bunlar da çoğunlukla tek yıllıktır.

Otsu gövde özelliğindeki çift çenekli bitkilerde ise korteks, iletim demetleri ve öz bölgesi bulunur. Bölünme özelliği gösteren kambiyum dışa doğru floemi, içe doğru ksilemi meydana getirir. Merkezdeki kısım, parankima dokusundan oluşup öz olarak adlandırılır (Görsel 3.38).

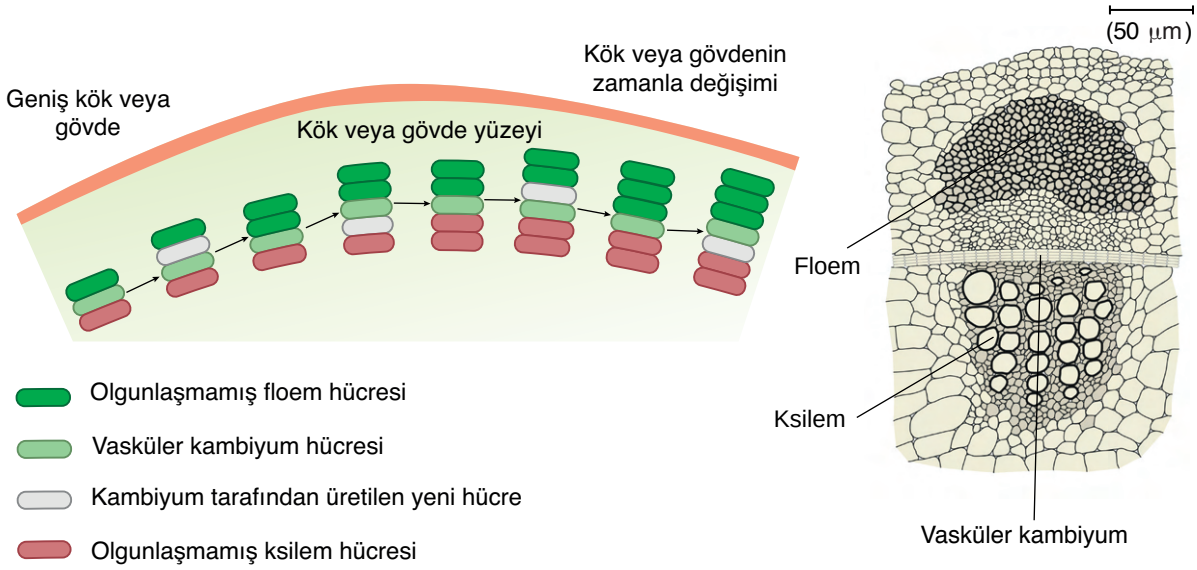


*Görsel 3.38: Gövdenin enine kesiti: **a.** Otsu tek çenekli gövde, **b.** Otsu çift çenekli gövde*

Gövde meydana gelirken iletim demetlerini oluşturan kambiyuma vasküler kambiyum, örtü dokuyu oluşturan kambiyuma ise mantar kambiyumu denildiğini öğrenmiştiniz. Henüz odunlaşmamış genç gövdelerin birincil floemi ve birincil ksilemi arasında vasküler kambiyum bulunur. Vasküler kambiyum bölünerek içe doğru ikincil ksilemi, dışa doğru ikincil floemi oluşturur. Oluşan ksilem birincil ksilemin görevini üstlenirken oluşan floem ise var olan birincil floemin görevini alır. Böylelikle gövde enine kalınlaşır. Mantar kambiyumunun faaliyeti ile epidermis hücreleri dökülerek periderm dokusu oluşur. Olgunlaşmış bir gövdede odun ve kabuk adı verilen iki kısım bulunur. İç taraftaki ksilem tabakaları **odun**, dış kısımdaki periderm ve floem ise **kabuk** olarak adlandırılır (Görsel 3.39).

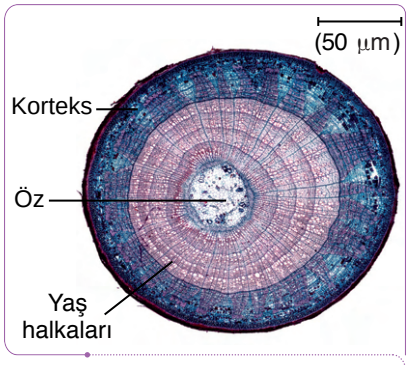


Görsel 3.39: Odunsu gövde



Görsel 3.40: Kambiyum tarafından ksilem ve floemin oluşturulması

Odunsu gövdeye sahip bitkilerin geneli çift çeneklidir. Bu bitkilerin yapraklarında ağsı damarlanma vardır. Odunsu çift çenekliler çok yıllık olup bunların hem kök hem de gövde sistemleri mevsimler boyunca canlı kalır. Merkezî silindirdeki iletim demetleri çoğunlukla tek sıra hâlinde, halka şeklinde sıralanmıştır. Floem ile ksilem arasında kambiyum bulunur (Görsel 3.40). Ağaçların çoğu ve gül gibi çiçekli bitkiler, odunsu çift çenekli bitkilerdir. Ilıman bölgelerde yaşayan ağaçların enine kesitinde iç içe birçok halka görülür. Bu halkaların oluşumunda lateral meristem görev yapar. Bu halkaların her biri, bir yıl içinde meydana gelen odundur ve bunlara **yaş halkaları** denir (Görsel 3.41).



Görsel 3.41: Odunsu gövdenin enine kesitindeki yaş halkaları

Ağaçlar genel olarak ilkbaharda büyümeye başlar, sonbaharda ise büyüme durur. Bu süreye **büyüme mevsimi** denir. Büyüme mevsiminde, ilkbahar ve sonbaharda olmak üzere iki defa odun oluşur. Bu dönemde oluşan ilkbahar odununun hücre duvarları ince, hücreleri büyük; büyüme mevsiminin sonuna doğru oluşan sonbahar odununun hücre duvarları kalın, hücreleri ise daha küçüktür. Bu nedenle ilkbahar odununun yoğunluğu sonbahar odununun yoğunluğundan daha azdır. Yoğunluk farkından dolayı ilkbahar odunu açık renkli, sonbahar odunu ise koyu renkli halkalar şeklinde görülür. İlkbahar ve sonbaharda oluşan açık ve koyu renkli halkalar, ağacın bir yaşını gösterir. Bu şekilde yıllık halkaların sayılması ile bir ağacın yaşı tahmin edilebilmektedir.

Etkinlik

Otsu ve Odunsu Gövdenin İncelenmesi

Amaç

Çeşitli bitkilerde gövde yapısını incelemek

Araç ve Gereçler

- Domates, biber, salatalık, kabak vb. bitkilerden herhangi birinin gövdesi
- Odunsu gövdeli herhangi bir ağacın dalı
- Mikroskop
- Lam, lamel
- Gövde şeması

Uygulama Basamakları

- Domates, biber, salatalık, kabak vb. bitkilerin herhangi birinin gövdesinden enine kesit alarak bunu, mikroskopta inceleyiniz. Gözlemlerinizi şekil olarak çiziniz. Aynı işlemi boyuna kesit alarak da tekrarlayınız. Gözlemlediğiniz dokuları şema ile karşılaştırarak isimlendiriniz.
- Herhangi bir ağacın dalındaki odunsu gövdeden enine kesit alarak bunu, mikroskopta inceleyiniz. Gözlemlerinizi şekil olarak çiziniz. Aynı işlemi boyuna kesit alarak da tekrarlayınız. Gözlemlediğiniz dokuları şema ile karşılaştırarak isimlendiriniz.

Sonuç

- Gözlemleriniz sonucunda çizdiğiniz şekilleri inceleyiniz. Çizdiğiniz şekillerin aralarındaki benzerlikler ve farklılıklar nelerdir? Belirtiniz.

Kökte olduğu gibi gövdesini besin olarak tükettiğimiz birçok bitki türü bulunur. Bunların başlıcaları patates, yer elması vb.dir.

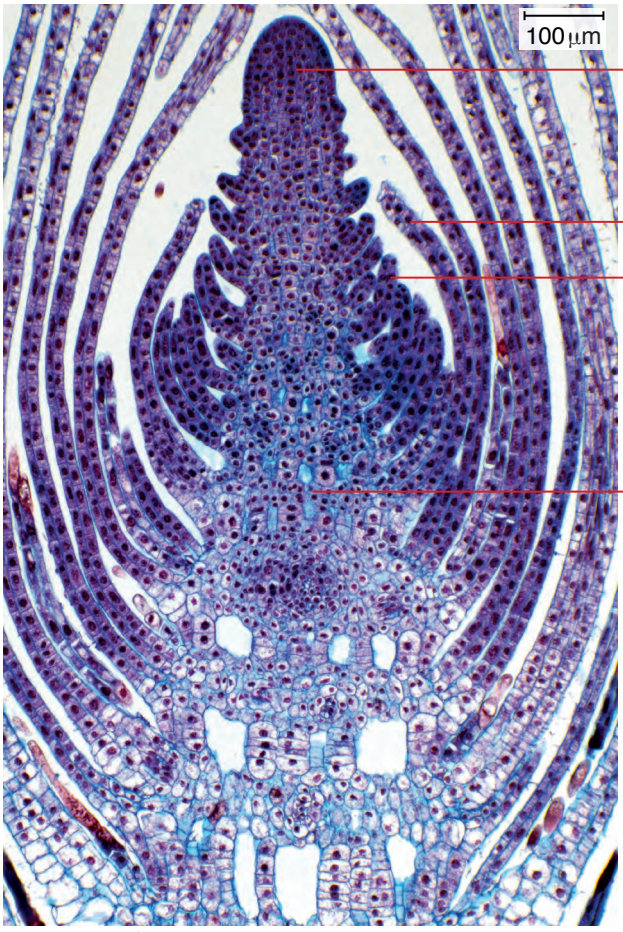
III. Yaprak

Canlılar için çok önemli olan bitkiler; kokusu, tadı ve göz alıcı renkleri ile soluduğumuz havanın, ihtiyacımız olan besinlerin kaynağını oluşturmaktadır. Bitkilerin önemli bir organı olan yapraklar, ışık enerjisi yardımıyla fotosentez yaparak besin üretir. Yapraklar besin ve oksijen üreten, doğayı temizleyen, ekolojik dengeyi sağlayan bir mekanizmaya sahiptir. Bu işlevleri yerine getirebilmek için genişlemiş yüzeye sahip gövdeden dışarı doğru uzamış ve yassılaşmış çok özel yapılardır. Çok yıllık bitkiler genellikle mevsime bağlı olarak yapraklarını döker. Yaprağın dökülmesiyle bitkide boşaltım da gerçekleşebilir.

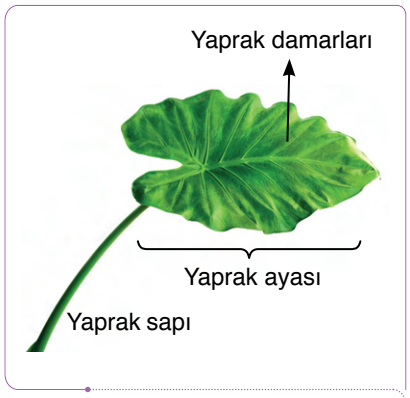
Gövde ve yan dal üzerinde bulunan, başlıca görevi fotosentez olan yapraklar, apikal meristemin yan tarafındaki çıkıntıların gelişmesiyle meydana gelen organlardır (Görsel 3.42).

Araştıralım

Çevrenizdeki farklı bitkilerden yaprak örnekleri toplayarak bunların özelliklerini karşılaştırınız. Bu özelliklerin bitkiye kazandırdığı avantajları araştırınız.



Görsel 3.42: Bitkide yaprak oluşumu



Görsel 3.43: Yaprağın yapısı

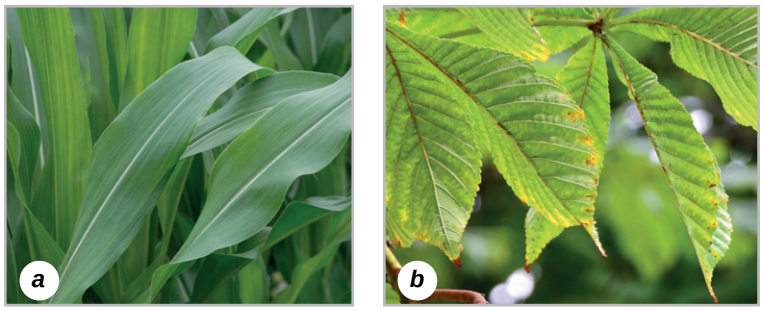
Yapraklarda terleme ve gaz alışverişi gerçekleşir. Yaprakların büyümesi sınırlı olup genellikle ömrü kısadır. Ayrıca yapraklar; değişik bitkilerde su ve besin depolama, böcekleri çekme, bitkiyi hayvanlardan koruma ve böcek yakalama gibi görevleri de gerçekleştirebilir.

Yan tomurcuğun gelişmesiyle oluşan yaprak, uç kısmında bulunan meristem hücrelerinin bölünmesi ile büyür. Yaprak belli bir büyüklüğe geldikten sonra bu hücreler sürekli doku hücrelerine dönüşür.

Yaprak, genellikle yaprak ayası ve yaprak sapı olmak üzere iki bölümden oluşur (Görsel 3.43):

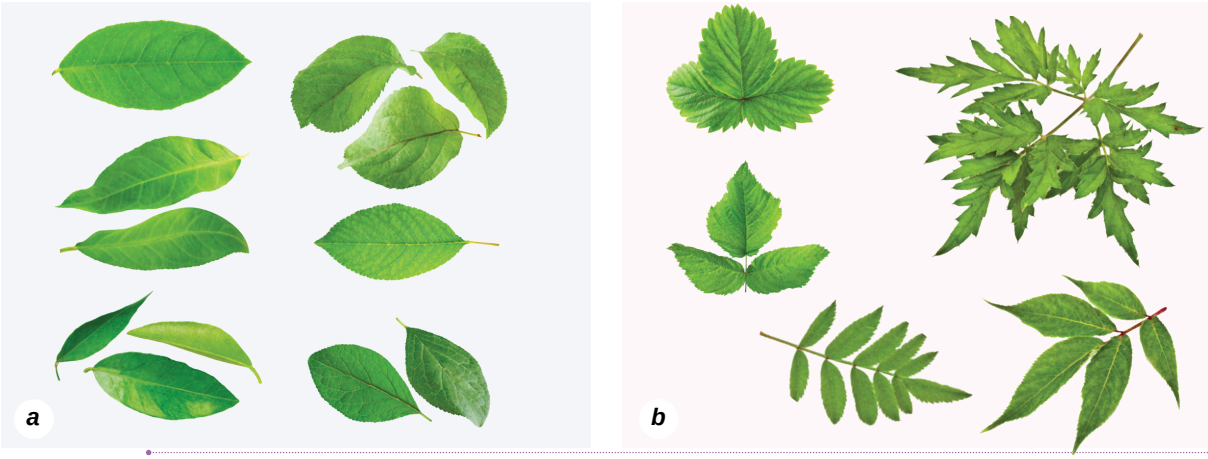
Yaprak ayası; yaprağın yassılaşmış, yeşil renkli, damarlarının bulunduğu bölgedir. Yaprak ayası fotosentezin yapıldığı ve gaz alışverişinin gerçekleştiği bölümdür. Yaprak ayasının geniş olması, güneş ışığının daha fazla tutulmasını kolaylaştırır. Ayrıca geniş yüzey yaprağa daha fazla terleyebilme imkânı sağlar. Bitkinin yapısal olarak yaprak ayası küçük, kütikulası kalın olup su depolayabilme özelliği varsa bu bitki kuraklaşan bir ortama uyum sağlayarak üreyebilir. İletim demetleri yaprak içinde dallanarak yaprak damarlarını meydana getirir.

Damarlar, ksilem ve floemi içerir. Tek çenekli ve çift çenekli bitkilerin yapraklarındaki damarlar farklılık gösterir. Tek çenekli bitkilerin yapraklarında **paralel damarlanma** (Görsel 3.44.a), çift çenekli bitkilerde ise **ağsı damarlanma** görülür (Görsel 3.44.b).



*Görsel 3.44: Bitki yapraklarında damarlanma: **a.** Tek çenekli bitki yaprağı, **b.** Çift çenekli bitki yaprağı*

Yaprağın şekli ve gövde üzerindeki dizilişi, farklı bitkilerde değişiklik gösterebilir. Bu nedenle yaprağın şekilsel özellikleri bir bitkinin tanınmasında son derece önemlidir. Her yaprağın bir yaprak ayası vardır. Bazı bitkilerde yaprak ayasının şekli tam, bazılarında ise parçalara ayrılmıştır. Buna göre yaprakları, **basit yapraklar** (Görsel 3.45.a) ve **bileşik yapraklar** (Görsel 3.45.b) olmak üzere ikiye ayırabiliriz.



*Görsel 3.45: Yaprak örnekleri: **a.** Basit yaprak örnekleri, **b.** Bileşik yaprak örnekleri*

Yaprak sapı, yaprak ayasını belli bir açıyla gövdeye bağlayarak iletim demetlerinin yaprağa bağlanmasını sağlar. Yaprak sapının yapısı gövdenin yapısına benzer. Yaprak sapının gövdeyle birleştiği yer **yaprak kını** olarak adlandırılır. Bazı bitkilerde yaprak sapı bulunurken (Görsel 3.46) bazı bitkilerde bulunmaz. Tek çenekli bitkilerin çoğunda ve bazı çift çenekli bitkilerde yaprak sapı yoktur (Görsel 3.47). Yaprak sapı bulunmayan bitkilerde yaprak ayası doğrudan gövdeye bağlanır.

Bazı bitkilerin yaprakları besin olarak tüketilir. Bu bitkilerin en önemlileri arasında ıspanak, lahana, dereotu, tere, marul, semizotu, pazı, asma, ebegümeci, nane vb. sayılabilir. Ispanak, marul, semizotu ve pazıdan sebze olarak yararlanırız. Dereotu, tere ve nane ise aromatik özellik gösterip yiyeceklerde kullanılır.

Görsel 3.46: Yaprak sapı olan bir bitki

Görsel 3.47: Yaprak sapı olmayan bir bitki

Etkinlik

Yaprağın Yapısı

Amaç

Yaprağın yapısını incelemek

Araç ve Gereçler

- Zambak, sardunya, kabak, domates, kauçuk vb. bitki yaprakları
- Şeffaf tırnak cilası
- Yaprağın enine kesit modeli
- Bisturi
- Lam, lamel
- Mikroskop

Uygulama Basamakları

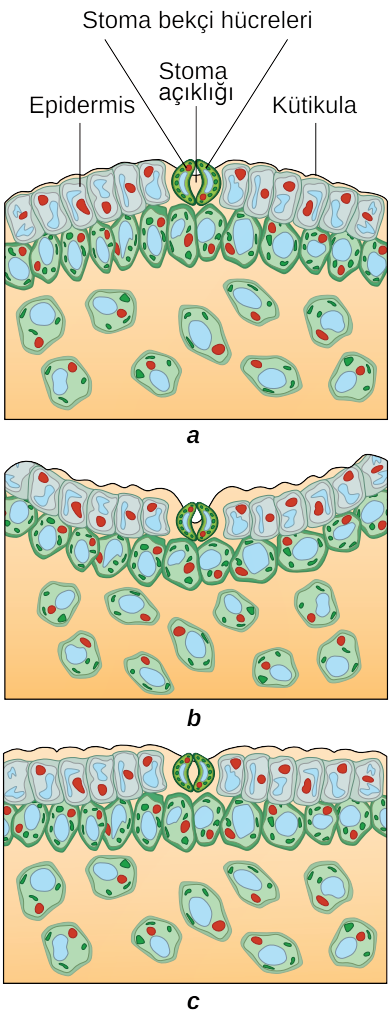
- Herhangi bir bitkinin yaprağının alt yüzeyinden ince bir boyuna kesit alınız.
- Lamın üzerine bir damla su damlatınız. Onun üzerine de aldığınız kesiti yerleştiriniz. Lameli kapatarak kesiti mikroskopta inceleyiniz. Gözlemlediğiniz hücrelerin şeklini çiziniz.

- Aynı bitkinin yaprağından alacağınız enine kesiti de mikroskopta inceleyerek gördüklerinizin şeklini çiziniz. Boyuna ve enine kesitteki yapıları karşılaştırınız.
- Gözlemlediğiniz yapıları yaprağın enine kesit modeli ile karşılaştırarak dokuları isimlendiriniz.

Not: Yaprağın alt yüzeyini incelemek için farklı bir yöntem de kullanabilirsiniz. Yaprağın alt yüzeyine şeffaf tırnak cilası sürünüz. Cila iyice kuruduktan sonra yapraktan dikkatlice kesit alınız. Kesiti mikroskopta inceleyiniz.

Sonuç

- Yaprağın enine kesit modeli ile incelediğiniz yaprağın enine kesitini karşılaştırınız. Benzerlik ve farklılıkları yorumlayınız.



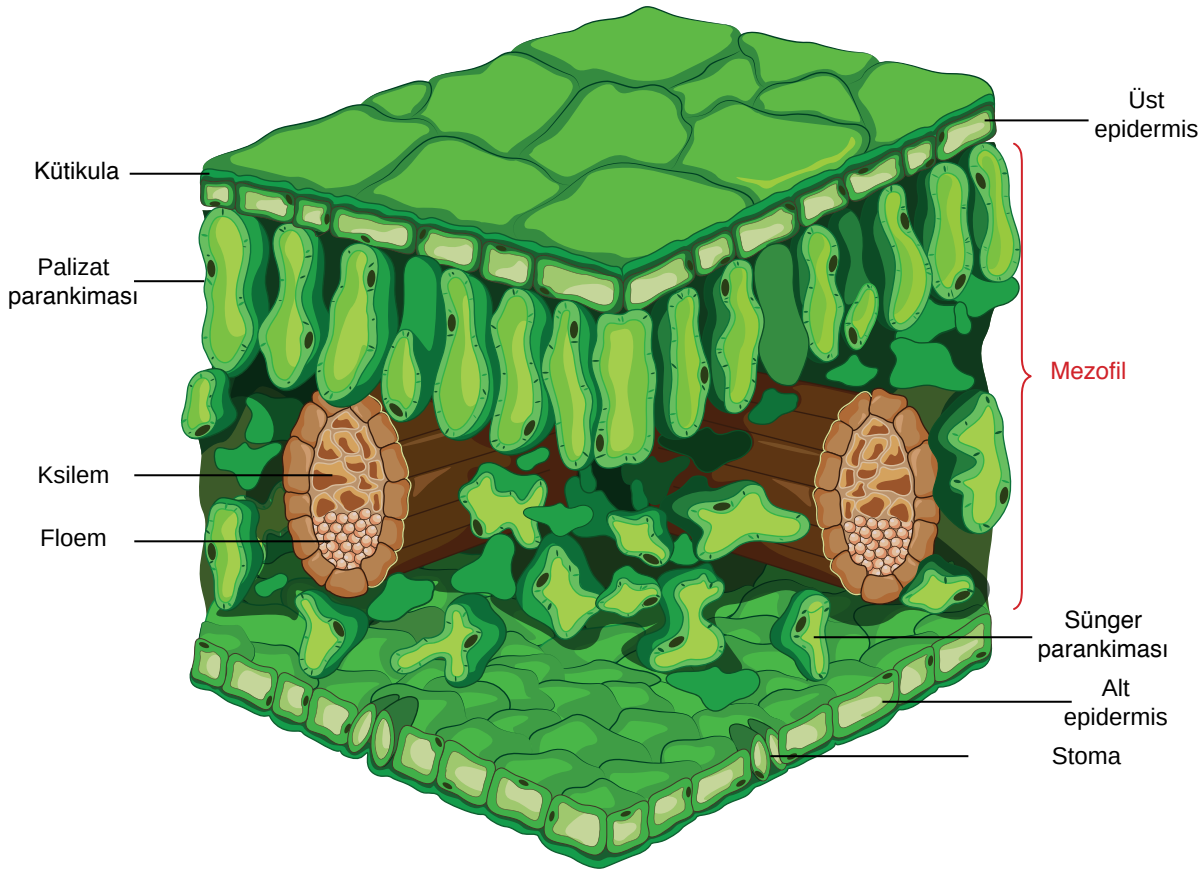
*Görsel 3.48: Stomaların farklı bölgelerdeki konumları: **a.** Sulak bölgede stoma, **b.** Kurak bölgede stoma, **c.** Normal bölgede stoma*

Yaprağın enine kesitinde epidermis, mezofil ve iletim sistemi olmak üzere üç kısım ayırt edilir.

Epidermis: Yaprağın dış yüzeyi epidermis dokusu ile örtülüdür. Farklı bitkilerin epidermis tabakasının şekli, yapısı, stoma tipi, tüy, emergens ve hidatodları farklılık gösterir. Bitkilerin yaprak epidermis hücreleri kloroplast içermez. Epidermisin üst yüzeyi genelde kütikula denilen şeffaf, ince, mumsu bir maddeyle örtülüdür. Kütikula, yaprağın su kaybını önler. Ayrıca epidermis hücreleri, yaprağa mekaniksel destek sağlamak için sıkı şekilde dizilim gösterir. Ancak hücrelerin arasında gaz alışverişini sağlayan stomalar bulunur. Stomalar, gaz alışverişini ve terlemeyi sağlayan yapraklara özel oluşumlardır. Stomalar, bitkinin yetişme ortamı ve ekolojik istekleri ile ilişkili olarak farklı konumlarda bulunabilir. Şöyle ki üst epidermiste (Görsel 3.48a), alt epidermiste (Görsel 3.48b) ya da her iki epidermis ile aynı hizada (Görsel 3.48c) bulunabilir.

Mezofil: Alt ve üst epidermis tabakası arasında yer alan ince çeperli, kloroplastlı parankima hücrelerinden meydana gelir. Mezofil tabakası palizat ve sünger parankiması hücrelerinden oluşur. Palizat parankiması hücreleri bol kloroplastlı, uzun ve silindir şeklindeki hücrelerden oluşur. Palizat parankiması hücrelerinin sırası ve sayısı, yaprak yüzeyine düşen ışık miktarına bağlı olarak değişir. Suda ve gölgede yayılış gösteren yapraklarda palizat parankiması iyi gelişmez. Sünger parankiması palizat parankimasının altında yer alır. Sünger parankiması hücrelerinin düzenli bir şekli yoktur. Palizat parankimasına göre hücreler arası boşlukları fazla geniş, kloroplast miktarı ise daha azdır. Bu hücreler

arası boşluklar, alt epidermiste yer alan stomalar ile ilişkilidir ve palizat hücrelerine gaz iletimini sağlar (Görsel 3.49).



Görsel 3.49: Yaprağın enine kesitinin modeli

İletim sistemi: Yaprak yüzeyi bir ya da daha fazla iletim demetinden oluşur. İnce iletim demetleri mezofil içine gömülü olduğundan yaprak yüzeyinde belirsizdir. Kalın iletim demetleri ise belirgindir ve genellikle dışa doğru bir çıkıntı meydana getirir. Bitki içindeki madde alışverişinde görev alan ksilem ve floem, iletim sistemini oluşturur. Yaprakta ksilem üst, floem ise alt epidermise bakacak şekilde özelleşmiştir. Cansız hücrelerden oluşan ksilem, su ve mineraller gibi inorganik maddelerin iletimini sağlarken canlı hücrelerden oluşan floem ise fotosentez sonucu oluşan besin maddeleri gibi organik maddelerin iletimini sağlar.

Tartışalım

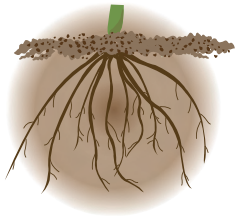
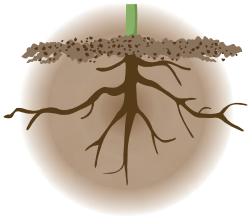
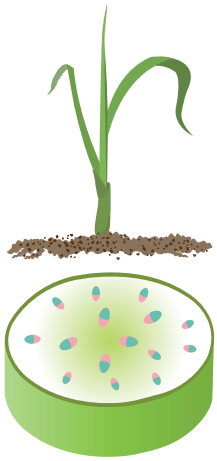
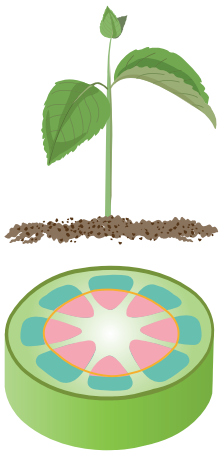
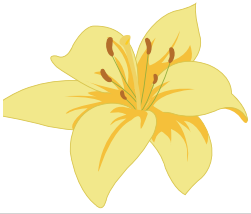
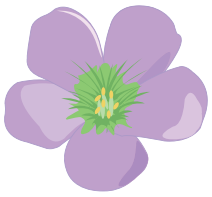
Bitkilerin soylarının tükenmesi ile doğal denge arasındaki ilişkiyi araştırınız. Araştırma sonucunda edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

Araştıralım

Çevrenizdeki bitki çeşitlerinin fotoğraflarını çekiniz. Çektiğiniz bu fotoğrafları eğitsel bir sosyal ağ üzerinden paylaşınız.

Tek Çenekli ve Çift Çenekli Bitkiler

Kotiledon (çenek), bitki embriyosunda besin depolayan bölümdür. Bu bölüm bazı bitkilerde tek parça iken bazılarında çift parçalıdır. Bu nedenle bitkiler tek ve çift çenekli bitkiler olarak da incelenir. Tek çenekli bitkiler mısır, yulaf, arpa gibi buğdaygiller; lale, sümbül, nergis gibi soğanlı bitkilerdir. Çift çenekli bitkilere ise elma, armut, kayısı gibi meyve ağaçları ile fasulye, nohut, mercimek gibi baklagiller örnek verilebilir. Tek çenekli ve çift çenekli bitkilerin yapısal farklarını Tablo 3.2'yi inceleyerek daha iyi anlayabiliriz.

Özellikler	Tek Çenekli (Monokotiledon) Bitkiler		Çift Çenekli (Dikotiledon) Bitkiler	
Kökler	Saçak kök tipi gözlenir.		Kazık kök tipi gözlenir.	
Gövde	Genellikle otsu bitkilerdir. Gövdeleri incedir. Kambiyum yoktur. İletim demetleri dağınık bir şekilde düzenlenmiştir.		Genellikle odunsu bitkilerdir. Gövdeleri kalındır. İletim demetleri halka şeklinde düzenlenmiştir. Kambiyum bulunur.	
Yaprak	Yaprakları ince, uzun, şerit şeklindedir. Paralel damarlanma görülür. Yaprak sapı yoktur.		Yapraklarında ağsı damarlanma görülür. Yaprak sapı vardır.	
Çiçek	Çiçekte taç yaprak kısımları, çoğunlukla üç ve üçün katları şeklindedir.		Çiçekte taç yaprak kısımları, çoğunlukla dört ya da beş ve bunların katları şeklindedir.	

Tablo 3.2: Tek çenekli ve çift çenekli bitkilerin karşılaştırılması

3.1.2. Bitki Gelişiminde Hormonların Etkisi

Bitki gelişirken onu oluşturan çeşitli organların hücre sayısı artar. Hücreler hacimce artar, gelişir ve farklılaşır (Görsel 3.50). Bitki boyca uzar. Bitkiyi oluşturan çeşitli organlar ve hücreler aynı büyüme ve gelişme basamaklarını devam ettirerek gelişme ve farklılaşma evrelerine ulaşacak ana bitkiyi oluşturur.

Görsel 3.50: Bir bitkideki gelişim aşamaları

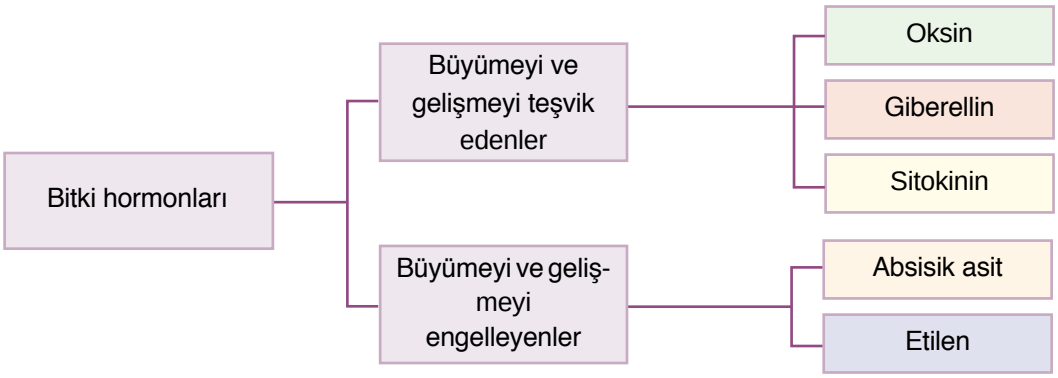
Çok hücreli canlılarda hücrelerin farklılaştığını biliyoruz. Hücreler ne kadar farklılaşırsa o kadar özelleşir. Bu bakımdan çok hücreli bir canlıyı, birçok özelleşmiş hücreden meydana gelmiş bir organizma olarak düşünebiliriz. Acaba nasıl bir mekanizma, bu özelleşmiş hücrelerin belirli bir etkileşim içinde çalışmasını sağlar?

Bitki hücrelerindeki bu etkileşimde kimyasal maddelerin nasıl bir etkisi olabilir?

Bitkide iç düzenleme, **hormon** denilen kimyasal maddelerle sağlanır. Yunancada hormon kelimesi, "uyarma" anlamına gelmektedir. Bitkilerde bulunan hormonlar, bitki hücrelerini organize eden organik kimyasal uyarıcılardır. Bu kimyasal uyarıcılar tarafından etkilenen hücreye, o hormonun **hedef hücresi** denir. Hormonlar hedef hücreye genellikle iletim dokusu ile taşınır. Hedef hücrelerin zarında, hormonu tanıyan yapılar bulunur. Uygun bir hormon hedef hücreye taşındığı zaman, bu yapılar hormonu tanıyarak kendine bağlar ve hedef hücrelerin yanıt vermesi sağlanır.

Bitkilerde büyümeyi, gelişmeyi, üremeyi, farklılaşmayı ve yaraların onarımını hormonlar gerçekleştirir.

Bitkisel hormonlar başlıca **oksin**, **giberellin**, **sitokinin**, **etilen** ve **absisik asit** olmak üzere sınıflandırılabilir.

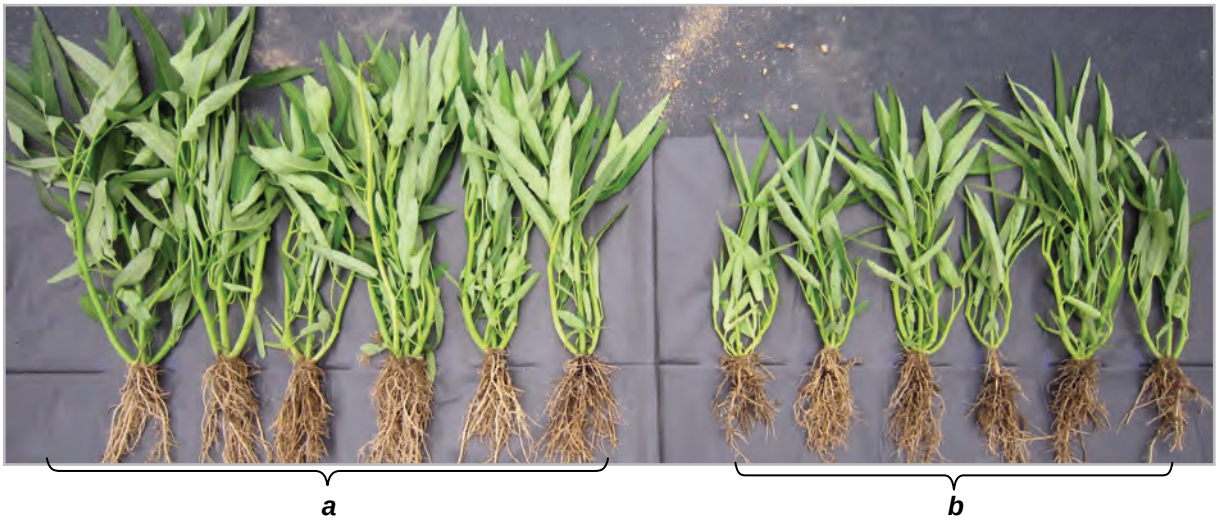


A. Oksin

Oksin kelimesi "artmak" anlamında kullanılır. Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi etkileyen en önemli hormondur (Görsel 3.51). Bitkideki gelişmeyi diğer hormonlarla birlikte gerçekleştirir. Bu hormon, bitkilerin uç meristem ve genç yapraklarda sentezlenir. Oksin gövde uzamasını uyarır (düşük derişimlerde). Yan köklerin oluşumunu sağlar, meyve ve çiçek gelişimini düzenler, iletim demetlerinin farklılaşmasına etki eder. Kambiyumun bölünmesini uyarır ve sekonder meristemi aktif hâle getirir. Arıca yanal tomurcukların gelişimini önler. Fototropizma olayında görev yapar. Ayrıca yaprakların dökülmesini geciktirir. Oksin hormonu eğer çok fazla salgılanırsa bitki büyümeyi durdurur. Bitkilerde meyve vermede ve çekirdeksiz meyve oluşumunda etkilidir. Doku kültürüyle bitki üretiminde de önemli rol oynar.

Biliyor musunuz?

Oksin hormonu hücre çeperindeki selülozların çapraz bağlarının kopmasına neden olur. Bu da hücre çeperinin esnekliğini artırır. Bu nedenle turgor basıncı hücreyi genişletir.

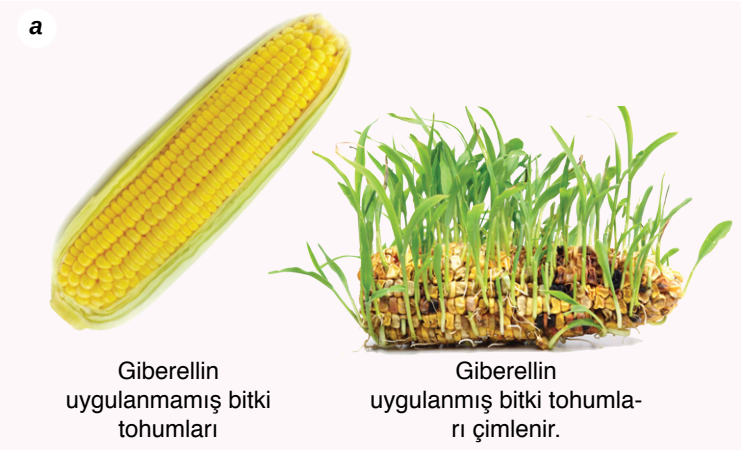


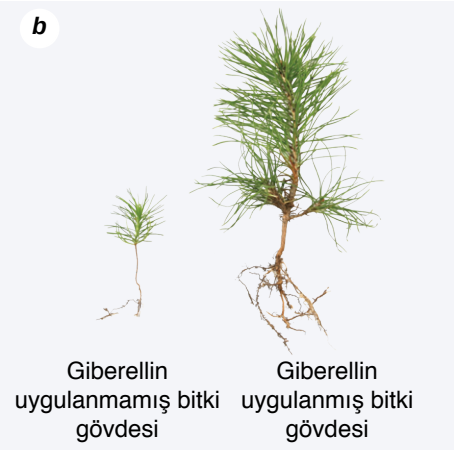
Görsel 3.51: Oksin hormonunun bitki gelişimine etkisi: ***a.*** *Oksin uygulanmış bitkiler,* ***b.*** *Oksin uygulanmamış bitkiler*

B. Giberellin

Giberellinler su alımını uyararak tohumun uyku hâlinin bozulmasını, çimlenmesini (Görsel 3.52a), meyvenin büyümesini ve çiçeklenmeyi sağlar. Ayrıca gövdenin uzamasını, yaprakların büyümesini de sağlar. Cüce bitkilere ve gövdeleri az uzayan diğer bitkilere giberellin verildiğinde gövde uzaması teşvik edilir (Görsel 3.52b).

Giberellin; ilkbaharda absisik asidin etkisinin azalması sonucu tomurcuklarda artarak tomurcuklanmayı da uyarır. Köklerde, genç yapraklarda ve bitki embriyolarında da üretilir. Tarımda yaygın olarak kullanılan bir hormondur. Tozlaşmayı takiben meyve gelişiminin başlamasını ve bazı meyvelerin büyümesini ve çekirdeksiz meyve oluşumunu sağlar.





*Görsel 3.52: Giberellin hormonunun bitkilerde etkisi: **a.** Uyku hâlinde bulunan tohumdaki embriyoyu uyararak çimlenmeyi başlatır. **b.** Gövde büyümesini teşvik eder.*

C. Sitokininler

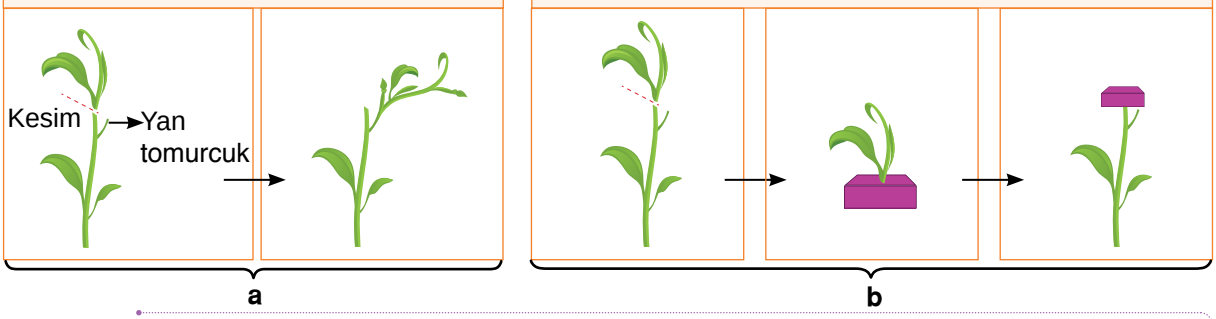
Sitokininler, embriyolarda, kök hücrelerde ve meyvelerde üretilip ksilem ile hücrelere taşınır. Hücre bölünmesine uyarıcı etki yapar. Yanal tomurcuk büyümesini hızlandırır (Görsel 3.53).

Sitokininler, diğer hormonlarla birlikte tomurcuk gelişiminde, yaprakların yaşlanmasının geciktirilmesinde, yaprakların geç dökülmesinde ve zarar gören dokuların onarılmasında etkilidir. Sitokinin, üretilen besinlerin depo organlara taşınmasını artırır. Ayrıca tohumun çimlenmesini uyarır. Çiçekçiler, kesilmiş çiçeklerin tazeliğini korumak için sitokinin spreyleri kullanırlar. Doku kültürü ortamında meristematik hücrelerin farklılaşması için sitokininler, oksinler ile etkileşime geçer. Bu hormonlar belirli bir miktardan sonra hücre bölünmesini ve uzamayı teşvik eder.

Görsel 3.53: Sitokinin hormonu, yanal tomurcuk büyümesini hızlandırır.

Üst tomurcuk kesilince sitokinin hormonu sayesinde yan tomurcuklar filizlenir (Görsel 3.54.a).

Sürgün ucu, kesilip agar blok üzerine yerleştirilirse oksin, agar bloğa yayılır. Oksinli agar blok, kesilen gövdeye yerleştirilirse blokta oksin olduğundan yan dal büyümesi durur (Görsel 3.54.b).



*Görsel 3.54: Bazı hormonların bitki gelişimine etkisi: **a.** Sitokinin hormonu, yan tomurcuklarda filiz oluşturur. **b.** Oksin hormonu, sitokinini engelleyerek yan dal büyümesini durdurur.*

Ç. Etilen

Görsel 3.55: Etilen, meyve olgunlaşmasını hızlandırır.

Etilen, bitki yaşamında bir dizi etkiye sahip olan gaz hâlindeki bir hormondur ve bitkinin birçok kısmında üretilebilir. Meyvelerin olgunlaşması, tomurcuk gelişimi, tohumun çimlenmesi ve yaprakların dökülmesini sağlar. Bitki stres durumunda (kuraklık, yaralanma, su baskını, enfeksiyon vb.) tepki olarak etilen oluşturmayı artırır. Stresli durumların dışında, meyve olgunlaşması (Görsel 3.55), yaprak ve çiçek dökülmesi gibi olaylar sırasında da bitkide etilen üretimi artar (Görsel 3.56). Etilen artışı, karbondioksit oluşumunda ani bir artış veya azalışa neden olarak meyvede olgunlaşma başlatır. Etilenin etkisiyle nişastanın su ile parçalanması, organik asitler, tanen vb. bazı bileşiklerin parçalanması gibi değişiklikler meyveyi tatlandırır ve meyve olgunlaşır. İyi havalandırılmış ortamlarda etilen üretimi yeterli miktarda olmaz. İyi havalandırılmamış ortamlarda ise etilenin artması, meyvenin çürümesine sebep olur.

Görsel 3.56: Etilenin çiçeklenmeye etkisi

Ticari meyvelerin çoğu, taşınırken zararlılara karşı dayanıklı olması için yeşil ve sert iken toplanır. Daha sonra bu meyveler etilen hormonu ile olgunlaştırılıp tüketime hazır hâle getirilir.

D. Absisik Asit (ABA)

Absisik asit, bitkinin hemen hemen bütün hücrelerinde sentezlenebilir, floem ve ksilemle taşınabilir ve büyümeyi yavaşlatır. Çoğunlukla büyüme hormonlarının etkilerine zıt etki yaparak bitki gelişimini engelleyip bitkiyi kış yaşamına hazırlayan (Görsel 3.57) bir dizi karmaşık durumun oluşmasını teşvik eder. Bu durum; hücre bölünmesinin yavaşlamasını, yapraklar yerine koruyucu yapıların oluşmasını, su geçirmeyen maddelerin biriktirilmesini sağlar. Böylece absisik asit, bitkide uyku hâlini (dormansi) teşvik ederek tohumun çimlenmesini engeller.

Absisik asit, bitkilerin kuraklığa karşı koymasını sağlayan hormondur. Bitki solmaya başlayınca yapraklarda absisik asit birikir ve bu da stomaların hızla kapanmasını sağlar. Bunun sonucunda bitkide terleme azalır ve su kaybı önlenir.

Görsel 3.57: Absisik asit bitkilerin kışa hazırlanmasına yardım eder.

Bitki Üretiminde Hormonların Etkisi

Hormonlar bitki üretiminde de kullanılır. Bitki hormonlarıyla yapılan çalışmalarda, 23.000 tane yulaf koleoptilinin ucu kesilmiş ve özütü çıkarılmıştır. Elde edilen özütün kimyasal incelemeleri sonucunda, büyüme uyaranının, oksin olarak bilinen hormon olduğu gösterilmiştir.

Bitki hormonları, bitkilerin büyümesini ve diğer hayati görevlerini düzenleyen doğal maddelerdir. Oksinler ise büyümeyi yöneten özel hormonlardır. Bitki hormonları çok az miktarlarda oluşur ve genellikle oluştukları kısmın dışında yani bitkinin diğer kısımlarında görev alır.

Doğal oksinin incelenmesi sonucunda yapay oksin sentezlenebilmiştir. Günümüzde yapay oksinler çiftçiler tarafından çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Örneğin yapay oksinler, kesik gövde ve yapraklarda kök oluşumu, çiçek açması gibi bitki gelişimi ile ilgili birçok olayın gerçekleşmesi için uyarıcı etki yapar. Ayrıca bitkinin meyve vermesini sağlayabilir. Tozlaşma olmadan meyve oluşmasına yardım edebilir hatta yabani otların yok edilmesinde de oksin kullanılabilir.

Bitki hormonları keşfedilince edinilen bilgiler, ürünlerin yetiştirilmesi ve bitkilerin büyümesi gibi uygulama alanlarında kullanılmıştır.

3.1.3. Bitkilerde Gözlenebilen Hareketler

Görsel 3.58: Bitkilerde hareket

Bitkiler toprağa bağlıdır. Bu nedenle bitkilerde yer değiştirme şeklinde bir hareket görülmez. Ancak bir uyarı olduğunda bitkiler yön ve durum değiştirme hareketi yapabilir (Görsel 3.58).

Tropizma (yönelim) ve nasti (ırganım, salınım) olarak iki grupta incelenir. Bitkilerde hareket, uyarının yönüne bağlı olan harekete **tropizma**, uyaranın yönüne bağlı olmayan harekete ise **nasti** denir. Tropizma ve nasti hareketleri uyaran çeşitlerine göre Tablo 3.3'te verildiği gibi gruplara ayrılabilir.

Tropizma	Nasti
I. Fototropizma	I. Fotonasti
II. Geotropizma	II. Termonasti
III. Hidrotropizma	III. Sismonasti
IV. Kemotropizma	
V. Haptotropizma	
VI. Travmatropizma	

Tablo 3.3: Tropizma ve nasti çeşitleri

A. Tropizma Hareketleri

Tropizma uyarının yönüne bağlı olarak gerçekleşen yönelim hareketleridir. Bu hareketler oksin hormonunun etkisiyle organların asimetrik büyümesi sonucu meydana gelmektedir. Tropizma hareketleri, uyarana doğru olursa **pozitif tropizma**, aksi yönde olursa **negatif tropizma** olarak adlandırılır.

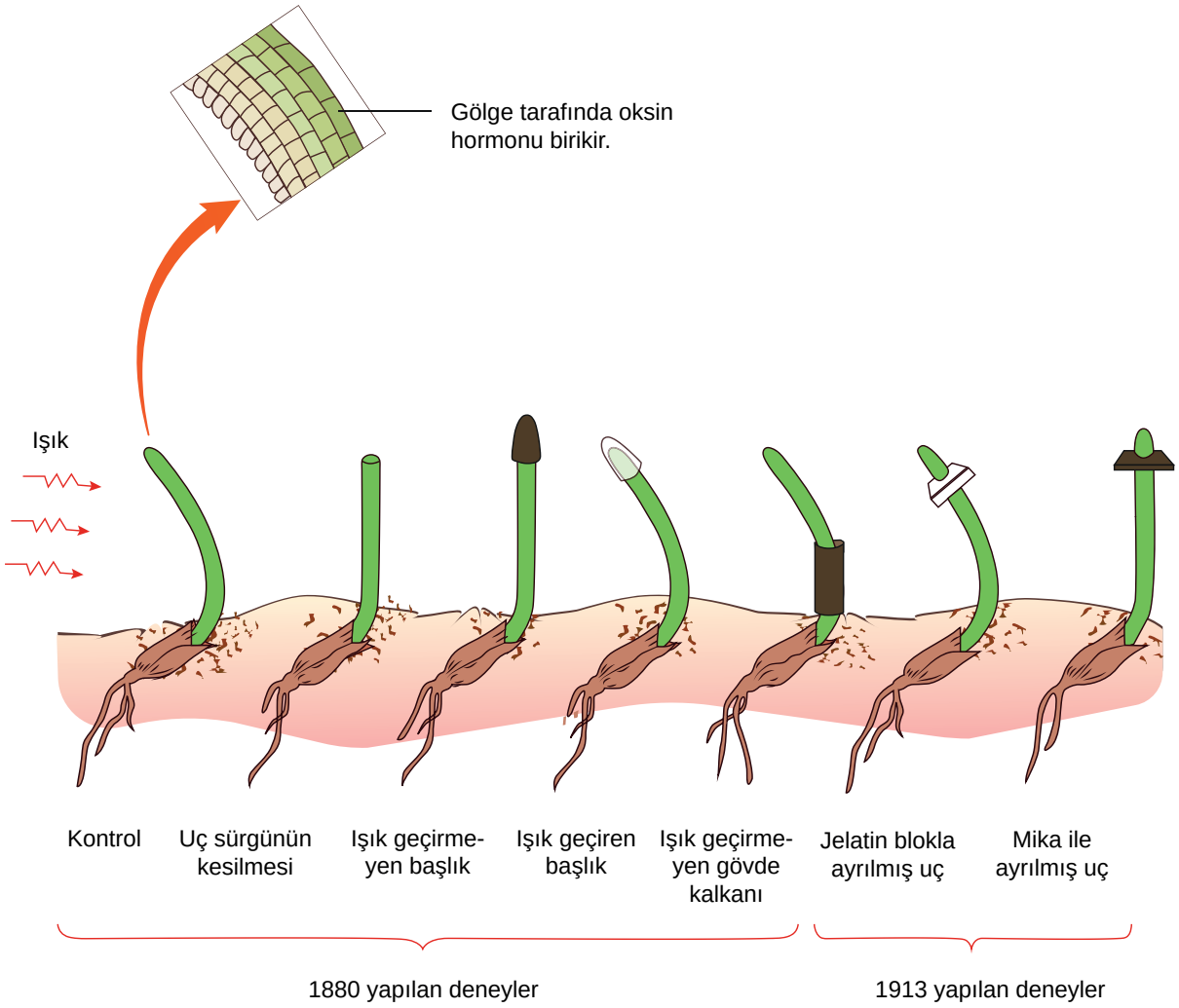
Tropizma hareketlerinden başlıcaları şunlardır:

I. Fototropizma

Fototropizma, bitkilerin ışığa doğru yönelmelerini sağlar. Bir çimen fidesinin gövdesi, **koleoptil** olarak isimlendirilen

kınla kuşatılmıştır. 1880 yılında bilim insanları çalışmalarında, koleoptil ucu kestiklerinde veya ışık geçirmeyen bir başlık ile kapattıklarında, koleoptilin ışığa doğru yönelmediğini gözlemlemişlerdir. Buna karşılık koleoptil ucu açık bırakıldığında ya da ışığı geçiren bir başlık ile kapatıldığında ışığa doğru yönelim olduğunu saptamışlardır (Görsel 3.59). Işığın algılanmasında koleoptil ucun sorumlu olduğu ve uç kısımdan, kıvrımın oluşacağı alt kısımlara bazı sinyaller gönderildiği sonucuna varmışlardır. 1913'te bazı bilim insanları bu varsayımı denemiş ve sinyalin hareketli bir kimyasal madde olduğunu göstermiştir. Araştırmacı, koleoptilin ucunu, hücreler arasındaki teması kesen fakat kimyasalların geçişine izin veren jelatin bir blokla koleoptilin diğer kısımlarından ayırmıştır. Bu fideler, ışığa doğru kıvrılarak yönelmiştir (Görsel 3.60).

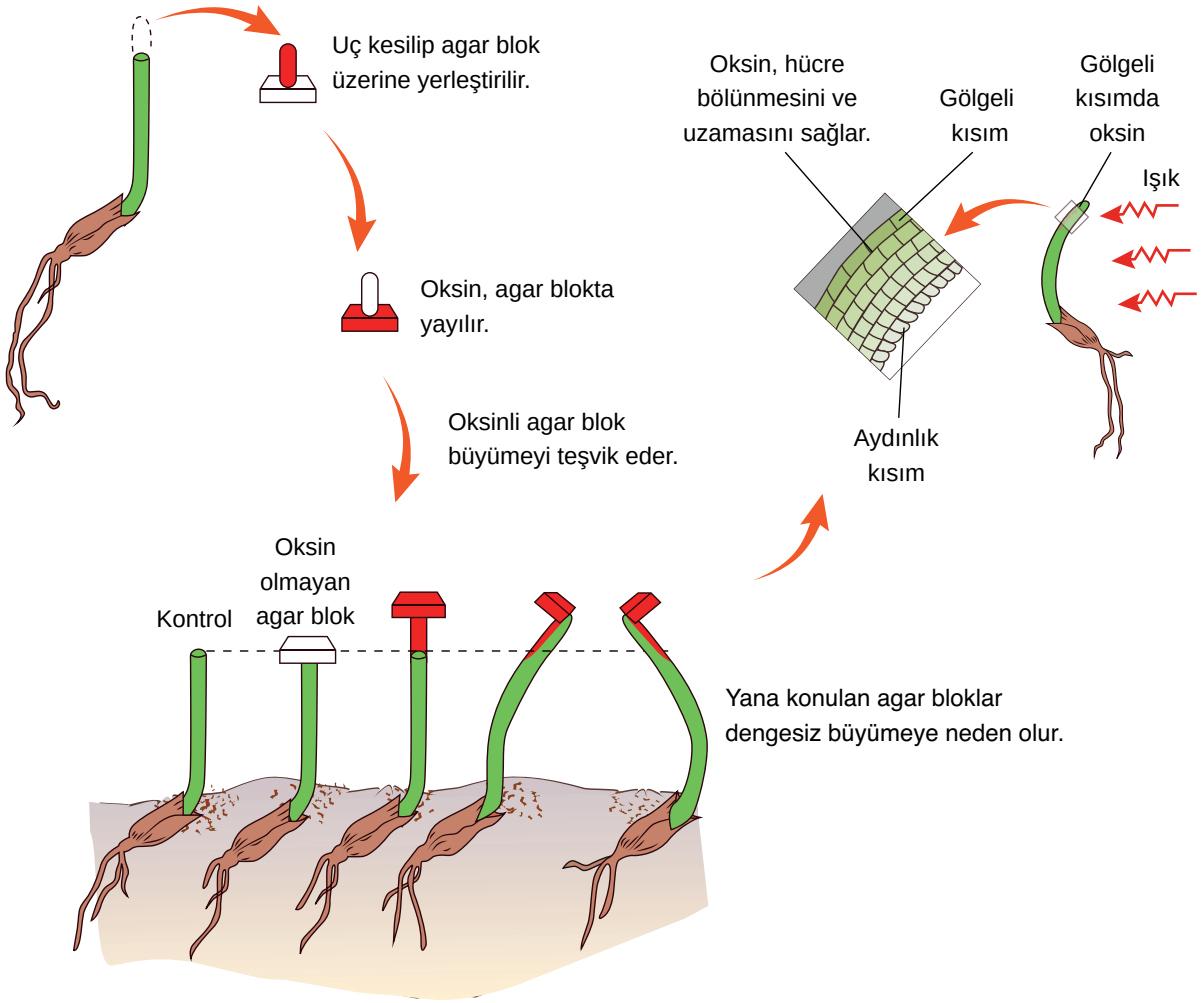
Görsel 3.59: Bitkilerde fototropizma



Görsel 3.60: Oksin hormonunun koleoptillere etkisi ile ilgili deneyler

Koleoptil ucu, alt kısmından geçirimsiz bir engelle (mika ile) ayrıldığında koleoptillerde yönelim olmamıştır.

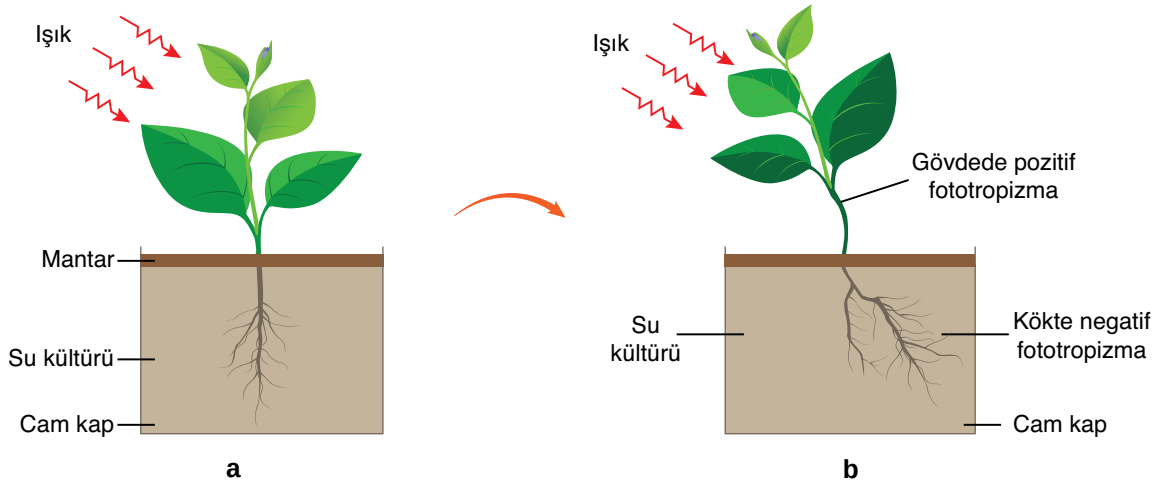
1926'da Hollandalı bilim insanları fototropizma olayındaki etkili kimyasal olan oksin hormonunun agar bloklarına difüzyonla geçmesini sağlamıştır. Agar bloklar, koleoptillerin merkezinden uzağa yerleştirildiğinde bölgede büyüme artmış; koleoptilin yönlenmesi zıt yönde gerçekleşmiştir (Görsel 3.61). Koleoptil ucundaki bir kimyasalın büyümeyi uyardığını ve bu kimyasalın derişiminin ışık olmayan bölgede arttığını, bu sebeple ışık olmayan bölgenin ışık alan bölgeden daha fazla büyüyüp koleoptilin ışığa doğru büyüdüğü açıklandı. Kimyasal mesajcı olan bu hormon oksin olarak isimlendirildi.



Görsel 3.61: Agar blokların kesik uçlu koleoptillerde etkisi ile ilgili deneyler

Oksin hormonu, ışık almayan tarafta aşağıya doğru taşınarak burada bulunan hücrelerin, ışık alan taraftaki hücrelerden daha hızlı büyümesine neden olur ve asimetrik büyümeyi sağlar.

İçinde su bulunan cam kaptaki bitkiye ışık verilirse bitkinin gövdesi ışığa doğru **pozitif fototropizma**, bitkinin kökü ise ışıktan kaçarak **negatif fototropizma** gerçekleştirir (Görsel 3.62).



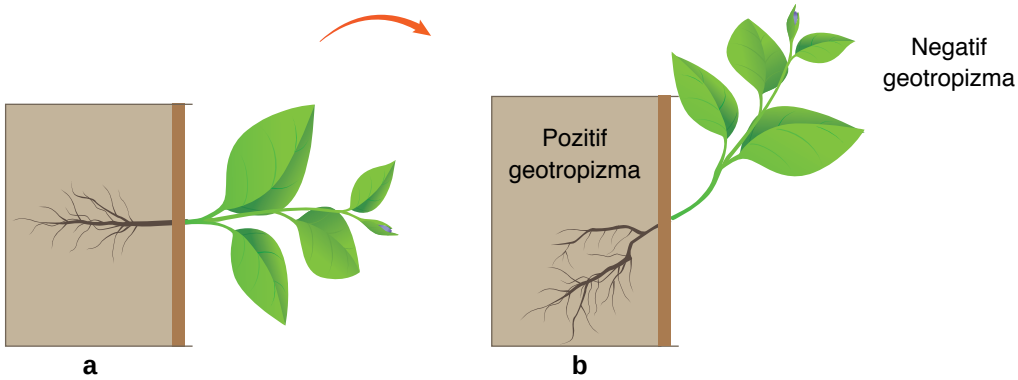
*Görsel 3.62: Bitki fidesinde fototropizmanın kök ve gövdedeki etkisi: **a.** Işık, bitkiye tek yönden geliyor. **b.** Bitki gövdesi ışığa yönelirken kök, ışıktan uzaklaşır.*

II. Geotropizma (Gravitropizma)

Bitkiler yalnızca ışığa değil, yer çekimine de tepki gösterir. Bir fideyi yatay olarak konumlandırırsak (Görsel 3.63.a) fidenin gövdesinin yukarı, kökünün ise aşağı doğru büyüdüğü görülür. Bitkilerin yer çekimine karşı verdikleri tepki, **geotropizma** olarak adlandırılır. Kökler pozitif, gövdeler ise negatif geotropizma gösterir. Toprağa hangi yönde düşerse düşsün, tohum çimlendikten hemen sonra geotropizma ile bitkinin kökü toprağa doğru ilerlerken (pozitif geotropizma) gövdesi zıt yönde (negatif geotropizma) büyür (Görsel 3.63.b).

Biliyor musunuz?

Saksıdaki bir bitkiyi yatay eksende döndürürsek kök ve gövdede yönelim görülmez.



*Görsel 3.63: Bitkide geotropizma: **a.** Bitkinin yan yatırılması, **b.** Köklerde pozitif, gövdede negatif geotropizma*

Görsel 3.64: Sarmaşık (Hedera sp-Hedıra) bitkisinde haptotropizma

III. Haptotropizma (Tigmotropizma)

Bitkilerin, dokunmak gibi uyarılara karşı verdiği tepkilere **haptotropizma** denir. Asma, sarmaşık (Görsel 3.64) gibi sarılıcı bitkiler özel ipliksi uzantılarıyla bitkilere veya herhangi bir yere sarılır. Bu sarılma olayına **pozitif haptotropizma** denir.

IV. Travmatropizma

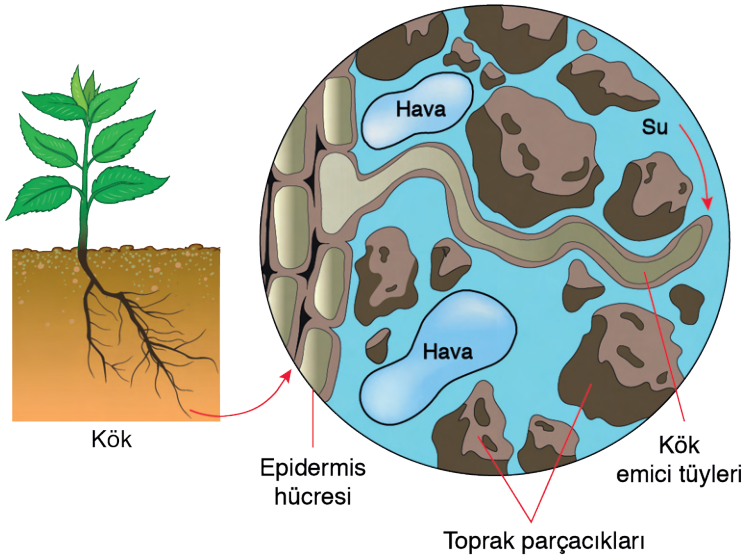
Bitkilerde yaralanmalara bağlı olarak gösterilen yönelme hareketlerine **travmatropizma** denir. Bu durum, genellikle köklerde görülür. Bitkinin kökü yaralanırsa yaralanan bölgeden bir çeşit hormon salgılanır. Salgılanan bu hormonun etkisiyle kök, yara yönünün tersine doğru yönelir. Yaranın yıkanması durumunda hormon kaybolduğundan böyle bir tropizma görülmez.

Araştıralım

Haptotropizma hareketi yapan bitkileri araştırınız.

V. Hidrotropizma

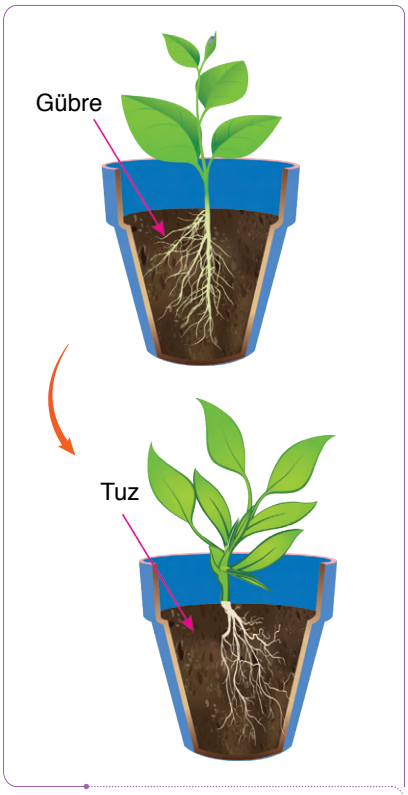
Bitki kökleri her zaman suya doğru yönelir. Suya doğru gerçekleşen bu yönelme hareketine **hidrotropizma** denir. Hidrotropizma her zaman pozitiftir (Görsel 3.65).



Görsel 3.65: Kökte hidrotropizma

VI. Kemotropizma

Bitki köklerinin kendisi için yararlı olan maddelerin bulunduğu bölgeye doğru büyümesi **pozitif kemotropizma**, aşırı tuz, kireç gibi zararlı maddelerin bulunduğu bölgeden uzaklaşması ise **negatif kemotropizma** olarak adlandırılır (Görsel 3.66).



Görsel 3.66: Bitkide kemotropizma

Etkinlik

Bitki Hareketleri

Amaç

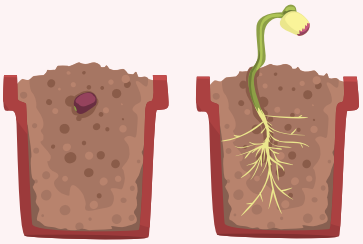
Bitki hareketlerini gözlemlemek

Araç ve Gereçler

- Saksı
- Toprak
- Fasulye tohumu
- Su
- Kamera
- Işık kaynağı

Uygulama Basamakları

- Fasulye tohumunu saksıya ekiniz ve sulayınız.
- Çimlenen tohumu beşer saat arayla ışığı zıt yönde alacak şekilde bir yere koyunuz.
- Süreçleri kameraya alınız.
- Kayıtları birleştiriniz.



Sonuç

- Çimlenme ile oluşan bitki, ışığa doğru hareket etti mi?

B. Nasti (Irganım) Hareketleri

Bitkide turgor basıncı değişimiyle gerçekleşen ve uyaranın yönüne bağlı olmayan durum değiştirme hareketlerine **nasti** denir. Nasti, uyaranın yönüne bağlı olmadığından pozitif ve negatif yönde gerçekleşmez Başlıca nasti hareketleri şunlardır:

I. Fotonasti

Işık etkisiyle gerçekleşen hareketlere **fotonasti** denir. Akşam sefası bitkisinin çiçeklerinin aydınlıkta kapalı (Görsel 3.67.a), karanlıkta açık olması bir fotonasti hareketidir (Görsel 3.67.b).

*Görsel 3.67: Akşam sefası (Mirabilis jalapa-Milabilıs calıpa) bitkisinde fotonasti: **a.** Aydınlıkta, **b.** Karanlıkta*

II. Termonasti

Sıcaklık etkisiyle gerçekleşen nasti hareketine **termonasti** denir. Örneğin lalelerin taç yapraklarının 5-10 °C'ta kapalı (Görsel 3.68a), 15-20 °C'ta açık olması termonastidir (Görsel 3.68b).

Görsel 3.68: Lale bitkisinde termonasti: ***a.*** *5-10 °C'ta taç yapraklar kapalıdır.* ***b.*** *15-20 °C'ta taç yapraklar açıktır.*

III. Sismonasti (Tigmonasti)

Sismonasti bitkilerde, sarsıntı ve dokunma olaylarına bağlı olarak gerçekleşen harekettir. Küstüm otu bitkisinin dokununca yapraklarını kapatması (Görsel 3.69a), böcekçil bitkilerin böcek konduğunda yapraklarının kapanması sismonastiye örnek olarak verilebilir (Görsel 3.69b).

Görsel 3.69: ***a.*** *Küstüm otunda (Mimosa pudica-Mimoza pudika) sismonasti* ***b.*** *Böcekçil bitkide (Dionaea muscipula-Dayonia musipula) sismonasti*

Farklı uyaranların oluşturduğu nasti hareketleri bir günlük yani gece gündüz süresince tekrarlanıyorsa buna **periyodik hareketler** denir. Periyodik hareketlerde bitki sürekli ışıkta ya da sürekli karanlıkta tutulsa bile bir günlük periyot devam eder.

C. Fotoperiyodizm

Gün uzunluğu yapay olarak değiştirildiği zaman bazı bitkiler ilginç tepkiler gösterir. Bitkilerin gün ve gece uzunluğuna verdikleri biyolojik yanıta **fotoperiyodizm** adı verilir. Bitkilerin gelişim gösterdikleri evreye ise **fotoperiyot** denir (Görsel 3.70).

Görsel 3.70: Yapay ışıkta fotoperiyot gerçekleşir.

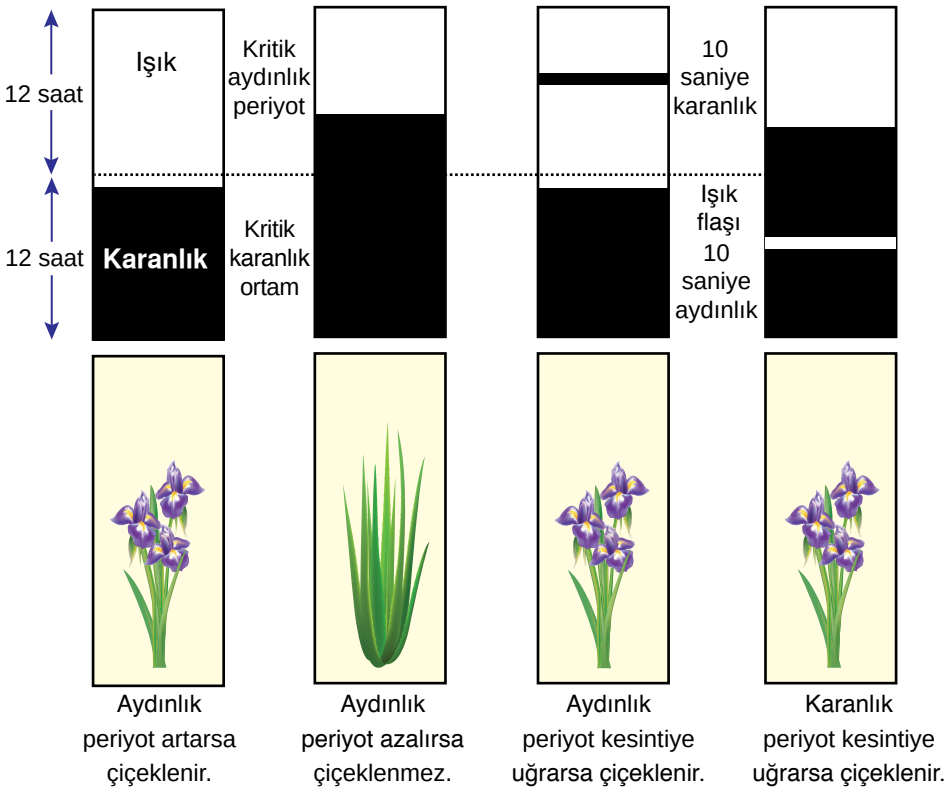
Fotoperiyodizmin çiçeklenmeye olan etkileri, yeryüzünde bitki türlerinin dağılımını da etkilemektedir. Bitkiler normal gelişimlerini gerçekleştirmek için günde belirli bir süre ışığa ihtiyaç duyar. Bitkilerde büyüme, gelişme, yaprakların dökülmesi gibi fizyolojik olaylarda fotoperiyodizm önemli rol oynar. Örneğin ıspanağın çiçeklenmesinin başlaması için 14 saat gün ışığına ihtiyacı vardır.

Işık alma süresine göre bitkiler: uzun gün bitkileri, kısa gün bitkileri ve nötr gün bitkileri olmak üzere üç ana grupta incelenir.

I. Uzun Gün (Kısa Gece) Bitkileri

Gündüzün geceye oranla daha uzun olduğu yani gün uzunluğunun kritik bir süreden daha uzun olduğu günlerde çiçeklenen

ve genellikle Ekvator'dan uzak bölgelerde yaşayan bitkilerdir. Bu bölgelerde yetişen kültür bitkileri yalnız gün uzunluğunun yoğun olduğu yaz mevsiminde çiçeklenir. Bu bitkilerin çiçeklenebilmesi için günde 12 saatten fazla ışığa ihtiyaç vardır (Görsel 3.71). Yapılan araştırmalar, çiçeklenmeyi kontrol eden faktörün gün uzunluğu değil, gece uzunluğu olduğunu göstermiştir. Uzun gün bitkileri aslında "kısa gece" bitkileri olup gecenin gündüze oranla daha kısa olduğu günlerde, genellikle ilkbahar ve yaz aylarında çiçek açar. Uzun gün bitkilerine ıspanak, dereotu, şeker pancarı, turp, marul, süsen, yonca ve birçok tahıl çeşidi örnek verilebilir.

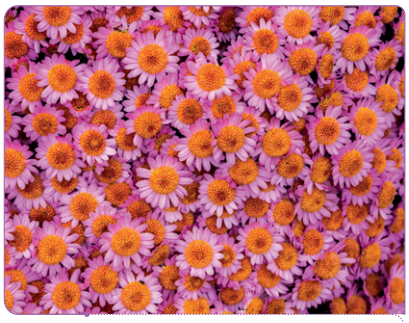


Görsel 3.71: Uzun gün bitkisinde fotoperiyodun etkisi

II. Kısa Gün Bitkileri

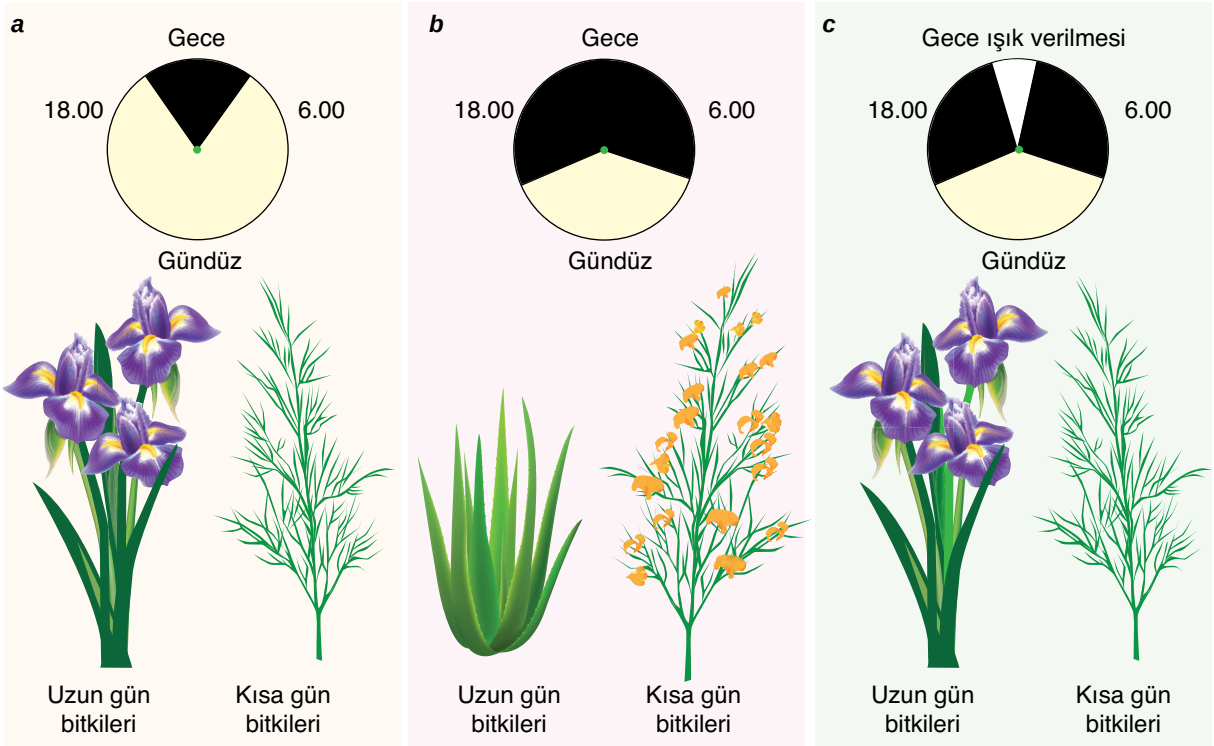
Bazı bitkiler kısa bir fotoperiyoda ihtiyaç duyar ve bir günde aldıkları ışık çok fazla olursa çiçek meydana getirmez. Bu bitkilere **kısa gün bitkileri** denir.

Fotoperiyodun gece bölümü aydınlatma ile bir süre kesintiye uğrarsa kısa gün bitkilerinde çiçeklenme gerçekleşmez. Kısa gün bitkileri aslında "uzun gece" bitkileri olup gecenin gündüzden daha uzun olduğu mevsimlerde (yaz sonunda, sonbahar ve kış aylarında) çiçek açıp gelişir. Kısa gün bitkilerine soya fasulyesi, çilek, sütleğen, patates, kasımpatı örnek verilebilir (Görsel 3.72).



Görsel 3.72: Kasımpatı (Chrysanthemum morifolium-Krisentımım morifaliyum), kısa gün bitkilerindendir.

Fotoperiyodizm mekanizması, gün uzunluğu yapay olarak değiştirilerek yani bitkinin ışıkta kaldığı süre değiştirilerek incelenir. Gün uzunluğu bazı özel amaçlar için de değiştirilebilir. Örneğin sütleğengillerden bir bitki türü olan yılbaşı bitkisi (*Ruscus aculeatus - Ruskus akuletus*), çiçek tomurcukları geliştirmek için günde 12 saat veya daha kısa bir süre ışığa ihtiyaç duyar. Bu bitkileri yılbaşında satmak için yetiştiren çiçekçiler kasım ayından itibaren bitkileri günde 12 saatten daha fazla karanlık bir odada bırakır. Böylece bu bitkiler, kısa gün bitkisine yetecek kadar ışık alır ve yılbaşına kadar çiçeklerini açar (Görsel 3.73).



Görsel 3.73: Kısa ve uzun gün bitkilerine fotoperiyodun etkisi: ***a.*** *Kısa gecelerde uzun gün bitkileri çiçeklenirken kısa gün bitkileri çiçeklenmez.* ***b.*** *Uzun gecelerde uzun gün bitkileri çiçeklenmezken kısa gün bitkileri çiçeklenir.* ***c.*** *Uzun geceler ışık verilerek kesintiye uğratılırsa uzun gün bitkileri çiçeklenirken kısa gün bitkileri çiçeklenmez.*

Görsel 3.74: Karanfil (Syzygium sp) nötr gün bitkilerindendir.

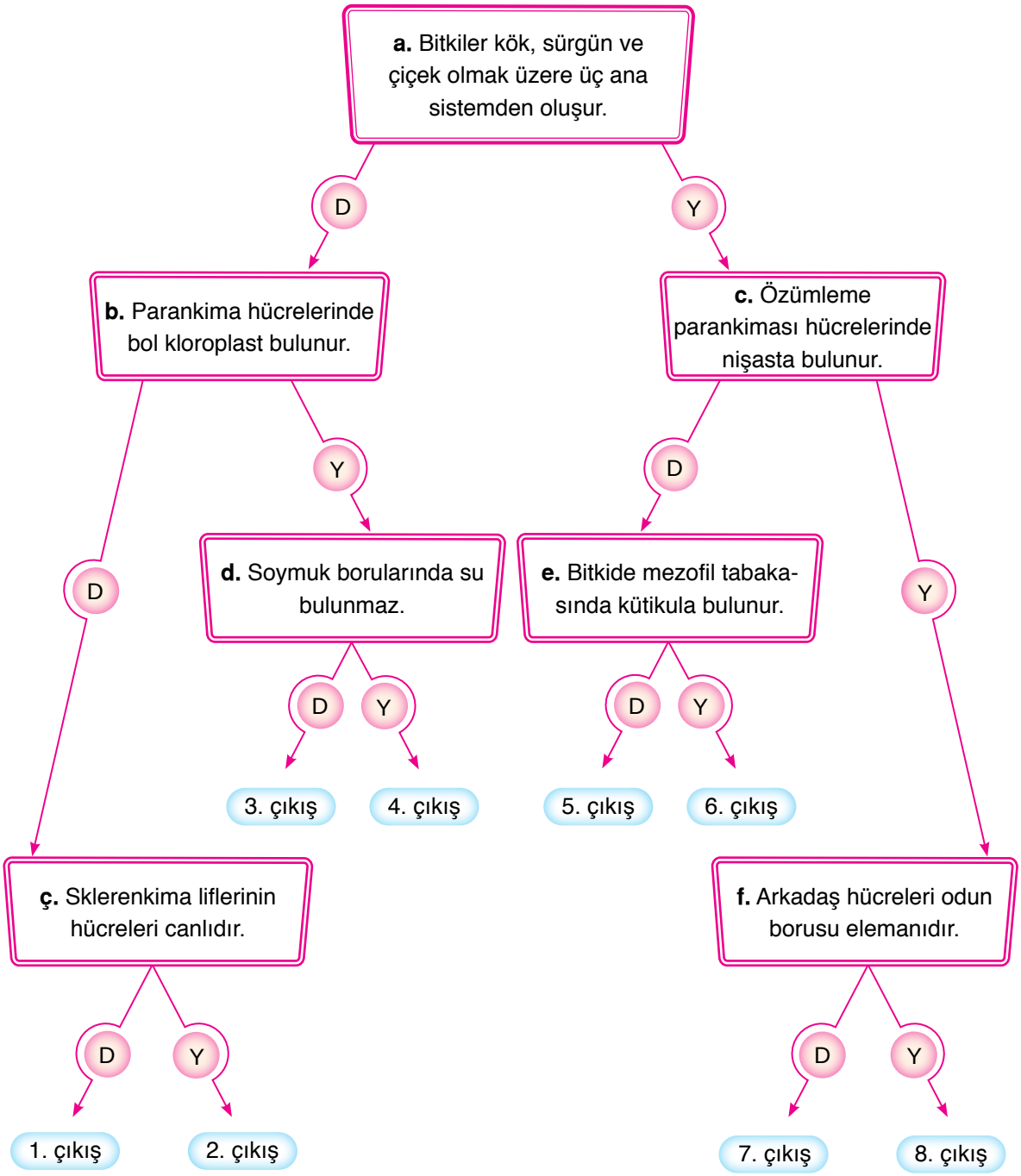
III. Nötr Gün Bitkileri

Uzun gün bitkileri ve kısa gün bitkilerinin yanı sıra günün uzunluğundan etkilenmeyen bitkiler de vardır. Bu bitkiler **nötr gün bitkisi** olarak adlandırılır. Nötr gün bitkilerinde çiçeklenme fotoperiyottan etkilenmez. Çiçeklenme içsel denetim mekanizmasıyla düzenlenir. Gün uzunluğunun kısa ya da uzun olması önemli değildir (Görsel 3.74).

Nötr gün bitkilerine örnek olarak ayçiçeği, karanfil, karahindiba, pamuk, tütün ve domates verilebilir.

1. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

Aşağıda birbiri ile bağlantılı doğru (D) ya da yanlış (Y) ifadeler içeren tanılayıcı dallanmış ağaç tekniğinde bir soru verilmiştir. "a"dan başlayıp cümlelerin doğru ya da yanlış olduğuna karar vererek ilgili ok yönünde ilerleyiniz. Her bir cevap bir sonraki aşamayı etkileyecektir. Vereceğiniz cevaplarla doğru çıkışı bulunuz.



2. BÖLÜM

Bitkilerde Madde Taşınması

Anahtar Kavramlar

- Ksilem
- Floem
- Stoma
- Basınç akış teorisi
- Nodül
- Mikoriza
- Adhezyon
- Terleme
- Minimum kuralı
- Gübre
- Gutasyon
- Kök basıncı
- Kohezyon gerilim teorisi

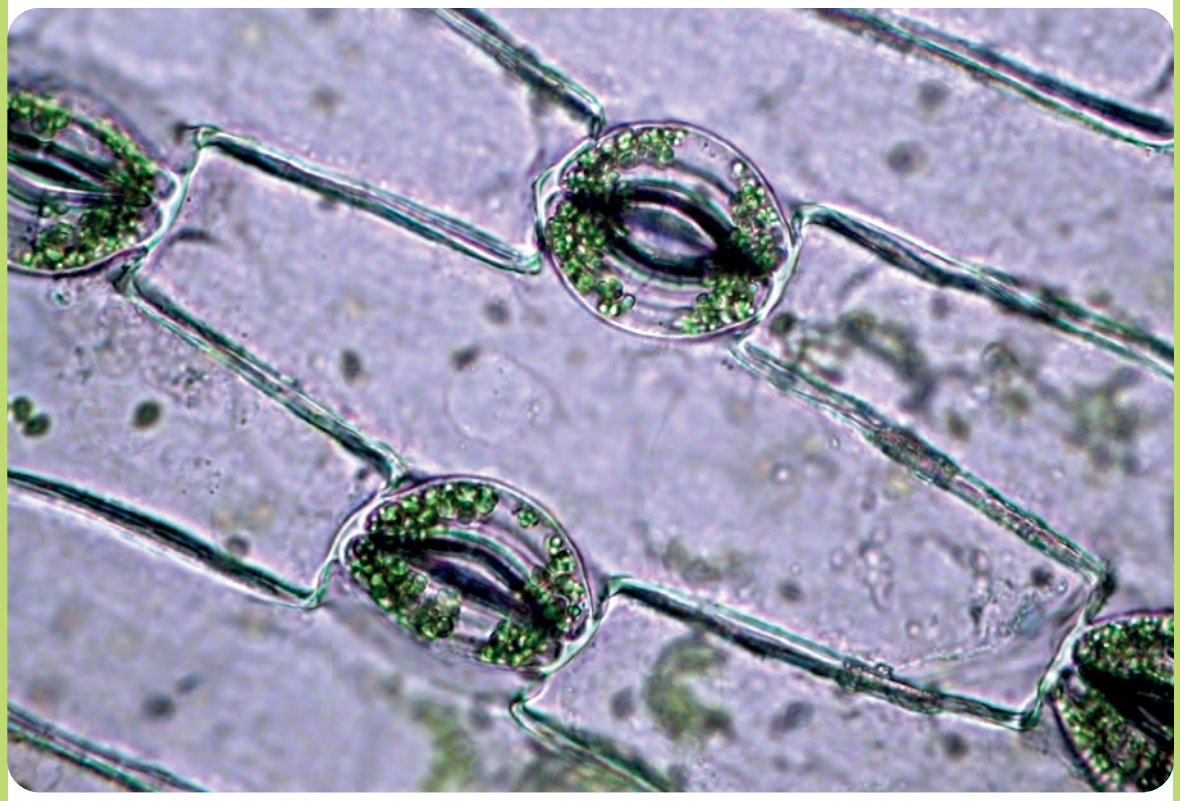
Neler Öğreneceksiniz?

Köklerde su ve mineral emilimini, bitkilerde su ve mineral taşınma mekanizmasını, bitkilerde fotosentez ürünlerinin taşınma mekanizmasını öğreneceksiniz.

Hazırlık Soruları

1. Bitkiler, yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli olan su, mineral ve besinleri hücrelerine kadar nasıl taşır?

2. Stomaların açılıp kapanmasının nedeni nedir?



3.2.1. Köklerde Su ve Mineral Emilimi

Kara yosunu ve ciğer otları gibi bitkiler, iletim demeti bulundurmayan damarsız bitkilerdir. Bu bitkilerde madde alışverişi, difüzyon veya aktif taşıma olayları ile gerçekleşir. İletim demeti ilk olarak kara yaşamına uyum sağlamış damarlı tohumsuz bitkilerden biri olan eğrelti otlarında görülür. Tohumlu bitkilerde ise gelişmiş bir iletim demeti vardır. Karada yaşayan bitkilerin genelinde taşıma sistemleri damar denilen iletim borularıyla gerçekleşir. Bu iletim borularında su taşıma sisteminin yanında, köklere ve diğer organlara besin taşıma sistemi de gelişmiştir.

Bitkinin yaşamını sürdürebilmesinde karbondioksit ve su önemlidir. Fakat bunlar tek başına yeterli değildir. Bunun yanında bitki yapısına diğer elementler de katılmalıdır. Örneğin hücrenin en önemli organik bileşiklerinden proteinleri oluşturan amino asitlerin yapısında azot bulunur. Fosfor ise ATP ve nükleik asitlerin yapısında bulunur. Fotosentezde görevli klorofilin yapısında magnezyum bulunur. Bitkiler, ihtiyaç duydukları azot, fosfor, kükürt, magnezyum, demir ve diğer elementleri yaşadıkları ortamdan yani topraktan kök emici tüyleri yardımıyla almaktadır.

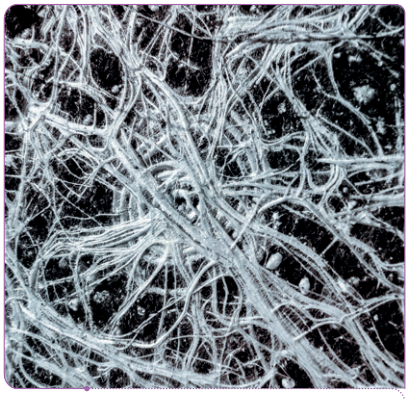
Toprakta madensel tuzlar bulunur. Topraktaki suyun ve minerallerin kök emici tüyler ile alınabilmesi için bu tüylerdeki ozmotik basıncın, toprak suyunun ozmotik basıncından yüksek olması gerekir. Emici tüyler, epidermis hücrelerinin toprak içine yönelen uzantılarıdır ve toprak parçacıklarıyla kökün temas yüzeyini artırır.

A. Nodül ve Mikoriza Oluşumu

Bazı bitkiler, topraktaki besin elementlerini alabilmek için nodül gibi özelleşmiş yapılara sahiptir (Görsel 3.75). Nodül oluşturan bitkilere yer fıstığı, bezelye, fasulye, yonca gibi baklagiller örnek verilebilir. Bu bitkiler atmosfer azotunu tutabilen bakterilerle (*Rhizobium*-Rizobiyum) simbiyotik ilişki kurarak onların tuttuğu azotu kullanır. Bu bakteri türleri baklagillerin kök hücrelerine yerleşmesiyle yumrular oluşur. Bu yumrulara **nodül** denir.

Birçok bitki türünün kökleri bazı mantar türleriyle karşılıklı yarara dayanan bir ilişki kurmuştur. Bu simbiyotik birliğe **mikoriza** denir (Görsel 3.76). Kökler sadece uygun mantar türleriyle mikorizayı oluşturur. Mantar, başta fosfor olmak üzere diğer bazı mineralleri bitkinin kullanımına sunarken karşılığında da bitkiler, heterotrof olan mantara organik besin sağlar. Yapılan araştırmalar, mikorizalı bitkilerin daha hızlı büyüdüğünü göstermiştir.

Görsel 3.75: Kökte nodül



Görsel 3.76: Kökte mikoriza

Biliyor musunuz?

Bitkilerin çok miktarda ihtiyaç duyduğu besin elementlerine **makro element** denir. C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg makro elementlere örnek verilebilir.

Bitkilerin çok az miktarda ihtiyaç duyduğu besin elementlerine **mikro element** denir. Cl, Cu, Mo, Na, Fe, Zn, Mn mikro elementlere örnek verilebilir.

Bitkilerin büyümesinde bazı elementler yaşamsal öneme sahiptir. Bu tip elementlere **mutlak gerekli (elzem) element** denir. Mutlak gerekli elementler enzimlerin faaliyetlerinde, hücrelerin ozmotik basıncının düzenlenmesinde ve bazı organik bileşiklerde yapısal eleman olarak görev yapar.

Bitkinin yaşaması için gerekli olan karbon, hidrojen, oksijen ve azot gibi elementlerin bir kısmı doğada yeterli miktarda genellikle bulunmaz. Bitkinin büyümesi ve gelişmesi aşamasında bu elementler ortamda yeterli miktarda bulunduğunda, bitki büyümesi ve ürün verimi bakımından olumsuz bir durum yaşanmaz. Ancak bu elementler ortamda gerekenden az bulunduğunda bitki gelişimi için çoğu kez sınırlayıcı etken olur. Bitkinin gelişmesini, miktarı en az (minimum) olan gelişim faktörü sınırlandırır. Liebig (Libig), bitki gelişimi ile ilgili olarak 1840 yılında **Minimum Kuralı**'nı ortaya atmıştır. Bu kurala göre bitki gelişimini sağlayan faktörlerden birinin eksikliği, diğer faktörlerin miktarı yeterli olsa da az olan faktöre göre sınırlanır.

Topraktaki suda bulunan madensel tuzlar, doğal ekosistemlerde genellikle organik maddelerin ayrıştırılması sonucu yenilenir. Bir toprakta devamlı bitki yetiştirilirse madensel besinlerin çoğu kullanılıp tüketilir. Bunların toprağa yeniden kazandırılması gübrelemeyle olur. Eskiden çiftçiler, hayvanların dışkı bıraktığı yerlerde çimenlerin daha hızlı büyüdüklerini gözlemlemişlerdir. Bunun üzerine tarlalarını gübrelemeye başlamışlardır. Bitkilerin beslenmesi için gerekli mineralleri bulunduran doğal veya yapay maddelere **gübre** denir (Görsel 3.77). Gübrelerin bir kısmı azot, fosfor, potasyum vb. elementlerden kimyasal yollarla yapay olarak üretilirken bir kısmı da bitki veya hayvanların kalıntılarının ayrıştırılmasıyla doğal yollardan üretilir. Bugün çiftçilerin çoğu, endüstriyel işlemlerle hazırlanmış azot, fosfor ve potasyum gibi zenginleştirilmiş mineralleri içeren, ticari olarak üretilmiş inorganik gübreleri kullanmaktadır.

Görsel 3.77: Günümüzde çiftçiler genellikle ticari gübre kullanmaktadır.

Gübre, ister organik isterse inorganik olsun bir bitki tarafından kullanılan minerallerin aynısını içerir. Ancak organik gübrelerdeki mineraller yavaş çözünür, inorganik gübreler ise çabuk çözünür. Kökler tarafından hemen emilmeyen mineraller suyla topraktan sürülür. Bu gübrelerin çoğu, bitki tarafından alınamaz ve bu durum çevre kirliliğine neden olur.

Bitki veya hayvan kalıntılarından elde edilen organik gübreler biyolojik kökenlidir ve inorganik gübrelerden farklıdır. Bu gübreler, toprak mikroorganizmalarının faaliyeti sonucu mineralleşme denilen bir süreçle parçalanabilen organik madde içerir. Daha sonra bitkiler bu kalıntılardaki besin elementlerini yapılarına katar. Uygun gübreleme için toprak pH'sine dikkat etmek gerekir. Toprak pH'si tüm minerallerin kimyasal formunu etkiler. Elzem bir element toprakta çok bulunsa bile bitkiler, o elementin eksikliğini çekebilir. Bitkiler tarafından alınmayan fazla mineraller ise yağmur ya da sulama sularıyla topraktan süzülerek yer altı suyunu, akarsuları ve gölleri kirletebilir. İnorganik gübrelerde değişik oranlarda potasyum, demir ve fosfor gibi elementler bulunsa da bunların çoğu azot elementi bakımından zengindir. Toprağın madensel elementlerini yenilemek için inorganik gübreler verilmelidir. Eğer bu yapılmazsa böyle yerlerde yetişen bitkiler gelişemez ve sağlıksız olur. Bu yüzden tarımda gübre kullanımında bitkinin ihtiyacı belirlenmeli, ona göre önlem alınmalıdır.

Araştıralım

Bitkilerde iletim doku elemanlarının yapı ve görevlerinin yaş halkaları ile nasıl bir ilişkisi vardır? Araştırınız.

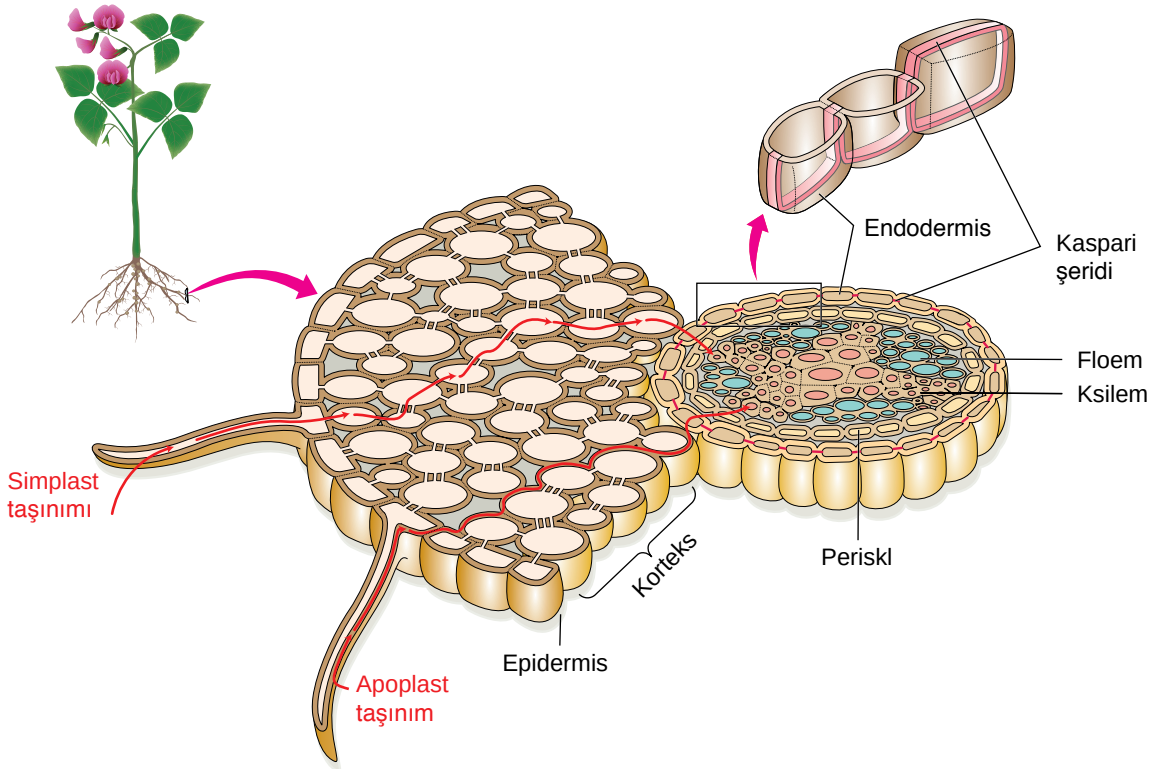
3.2.2. Bitkilerde Su ve Minerallerin Taşınması

Bitkilerde su ve mineraller iletim doku elemanları olan ksilem tarafından taşınır.

Topraklar farklı su tutma kapasitesine sahip olabilir. Toprağın bu özelliğine bağlı olarak her bitki, kendisine gereken suyu ve minerali alabilmek için toprakta oldukça geniş bir alana yayılabilen köklere sahiptir.

Su ve mineral alımı, kökteki emici tüyler tarafından gerçekleştirilir. Kökler, bol miktarda emici tüyler ile kaplıdır ve bu emici tüyler emilim yüzeyini artırır. Su ve madensel tuzlar, kök emici tüyler yardımıyla alınarak **epidermis**, **korteks** ve **endodermis**ten geçerek odun borularına iletilir. Bu iletim iki şekilde olur: Bunlar **apoplast** yol ve **simplast** yoldur. Apoplast yol, suyun ve minerallerin çeperler ve hücre dışı alanlar yolu ile endodermise taşınmasıdır. Simplast yol ise suyun ve minerallerin hücreden hücreye geçişi ile gerçekleşen taşınma olayıdır. Apoplast yol, simplast yola göre daha hızlı hareket eder ve engelle karşılaşmadan endodermisteki kaspari şeridine kadar gelir. **Kaspari şeridi;** endodermis hücreleri arasında bulunan su geçirmeyen kuşaktır. Buraya kadar gelen su endodermis hücrelerine girerek ksileme ulaşır. Su ve mineraller ksileme ulaştıktan sonra bitkinin yapraklarına ve diğer organlarına ksilem boruları ile taşınır. Su, emici tüylerle osmoz kurallarına göre topraktan bitkiye geçer. Minerallerin emici

tüyler tarafından alınması genellikle aktif taşıma ile gerçekleşir. Çünkü minerallerin topraktaki derişimi, emici tüylerdeki derişiminden daha düşüktür. Aktif taşıma için gerekli ATP enerjisi, emici tüylerin mitokondrilerinden karşılanır.

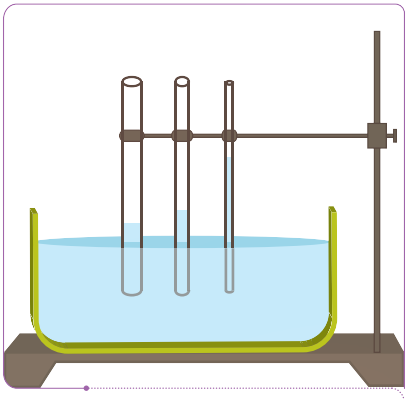


Görsel 3.78: Kökte suyun ve minerallerin taşınımı

Suyun ve suda çözünmüş minerallerin kökten yapraklara kadar taşınmasını ksilem boruları sağlar (Görsel 3.78). Ksilemde taşınma aşağıdan yukarıya doğru, tek yönlü gerçekleşir.

Bitkilerde suyun ksilemde taşınması çeşitli mekanizmalar ile açıklanmaktadır. Bu mekanizmalar **kılcallık**, **kök basıncı** ve **kohezyon gerilim teorisi**dir.

Kılcallık: Adhezyon kuvveti etkisiyle gerçekleşir. Bir borunun çapı ne kadar küçük ise sıvının boruda yükselmesi o kadar hızlı olur (Görsel 3.79). Bitkilerdeki odun boruları, ince kılcal borulardan meydana gelmiştir.



Görsel 3.79: Kılcallığın sıvı iletimine etkisini gösteren deney düzeneği

Odun boruları kılcal özellikte olduğundan suyun yükselmesini sağlar. Bu borular cansız olduğundan suyun geçişine direnç göstermez. Kılcallık olayında sıvı yükselmesi çok fazla olmamaktadır.

Yapılan araştırmalar, suyun odun borularında yükselmesinde kılcallık mekanizmasının diğer faktörlere göre daha etkisiz olduğunu göstermiştir.

Kök basıncı: Kökteki osmotik basınç artışına bağlı olarak kök, topraktan su çeker. Suyu odun borularına doğru itici bir kuvvetle gönderir. Bu itici kuvvet, suyun ksilemde hareketini sağlar.

Kök basıncı etkisi ile yukarı doğru itilen su, havadaki nem oranının yüksek ve su alımının hızlı olduğu durumlarda yaprak kenarında bulunan ve sürekli açık olan hidatod adı verilen yapılardan damlama şeklinde dışarı atılır (Görsel 3.80). Bu olayı gutasyon olarak tanımlamıştık. Gutasyon, kök basıncı etkisiyle gerçekleşir. Bir bitki hangi ortamda yaşarsa yaşasın ortamdan su alabilmesi için kökün osmotik basıncı topraktaki osmotik basınçtan büyük olmalıdır.

Kök basıncı, tek başına suyun taşınması için yeterli bir kuvvet değildir.

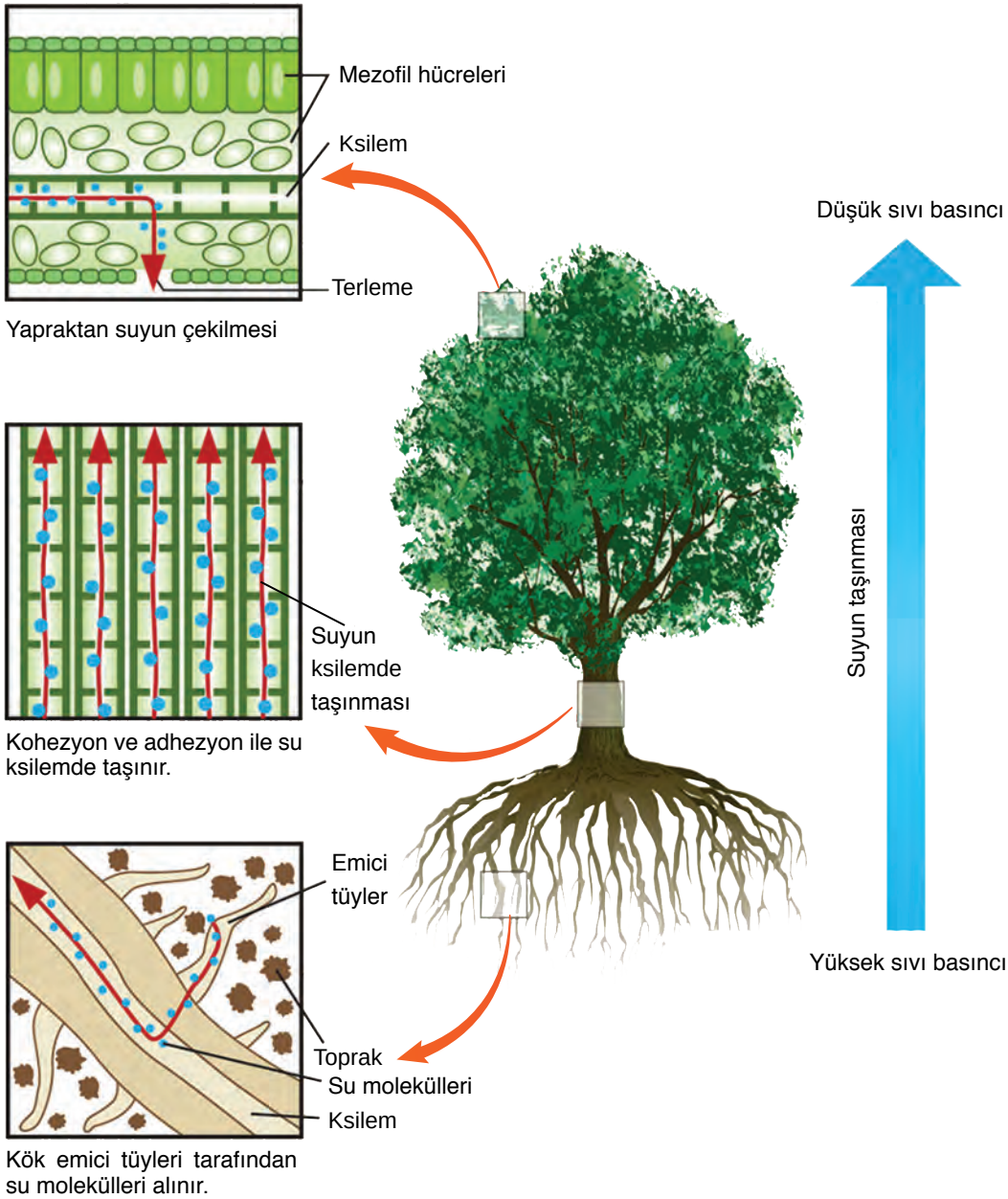
Görsel 3.80: Bitkide gutasyon olayı, hidatodlardan damlama şeklinde gerçekleşir.

Kohezyon-gerilim teorisi: Bu teoriye göre su, kökten bitkinin en üst kısmına kadar kesintisiz bir sütun hâlinde yükselir. Su tepeden buharlaştıkça kökten yukarı doğru su çekilmesini sağlayan bir ozmotik basınç oluşur. Yaprağın mezofil hücrelerinde fotosentez ve terlemeyle su kaybedilmesi sonucu ozmotik basınç artar. Suyun uzaklaşması sonucu yaprak hücrelerinin su potansiyeli düşer ve bunlar komşu hücrelerden, komşu hücreler de diğer komşu hücrelerden suyu çeker. Böylece su, köklerden yapraklara kesintisiz bir sütun hâlinde yükselir.

Hidrojen bağları sayesinde su moleküllerinin birbirine tutunması **kohezyon** olarak adlandırılır. Kohezyon gerilim teorisine göre su moleküllerinin birbirine bağlanma (kohezyon) gücü, içinde taşındıkları iletim borularına bağlanma (adhezyon) gücü ve terleme sonucu bitkinin üst kısımlarında oluşan emme gücü sayesinde ksilem içinde su, yukarı doğru taşınmaktadır.

Biliyor musunuz?

Kök basıncı sadece canlı hücrelerde gerçekleşirken kılcallık ve kohezyon gerilim kuvveti ise cansız sistemlerde de gerçekleşebilir.



Görsel 3.81: Ağaçta terleme-çekim ve kohezyonla su moleküllerinin yükseklere taşınması

Biliyor musunuz?

Kohezyon-gerilim teorisi suyun yükseklere taşınmasında en etkili olan faktördür.

Suyun ksilem içinde taşınmasıyla ilgili görüş, uzun ve dikey su sütunlarının kopmaksızın yukarı doğru çekildiğini kabul eder. Kohezyonun yani su moleküllerini birbirine bağlayan gücün, su sütunlarının kopmasını önlediği varsayılır. Bu teori, suyun 100 metreden daha fazla yüksekliğe nasıl hareket ettiğini açıklar (Görsel 3.81).

Sizler de kohezyon gerilim teorisini basit bir etkinlik yaparak gösterebilirsiniz.

Etkinlik

Kohezyon Gerilim Teorisi

Amaç

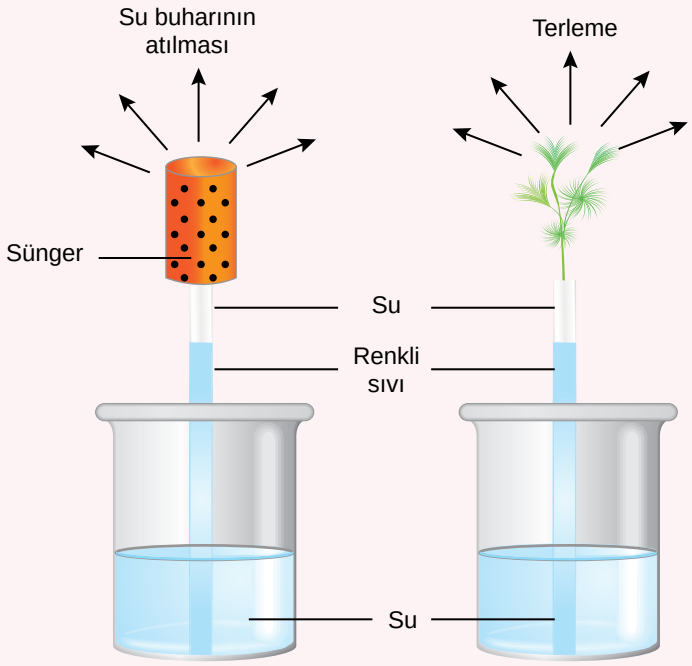
Suyun kohezyon gerilimini gözlemek

Araç ve Gereçler

- Sünger
- Renkli sıvı
- Beherglas
- Dereotu, maydanoz vb. bir bitki
- Cam boru

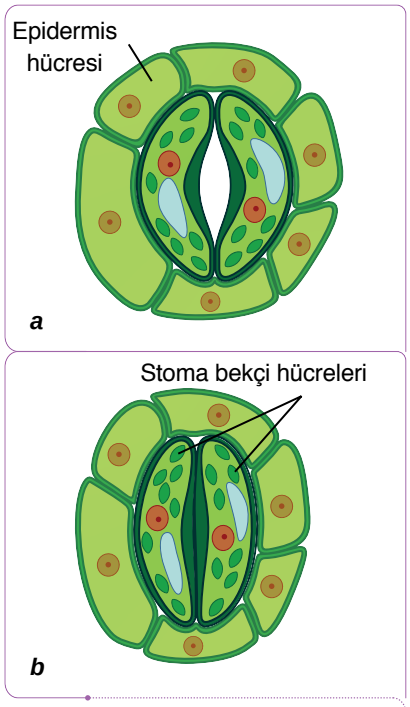
Uygulama Basamakları

İçinde renkli sıvı olan bir beherglasa, içi suyla dolu ince, uzun bir cam boruyu daldırınız. Cam borunun ucuna ıslak bir sünger koyunuz. Cam borudaki su sütunu; alttan beherglastaki renkli sıvıyla, üstten de ıslak süngerle temas hâlindedir. Süngerdeki su buharlaştıkça su sütununun yukarı doğru çekildiğini fark edersiniz. Aynı zamanda beherglastan cam boruya giren renkli sıvının yükseldiğini görürsünüz. Aynı düzeneği ikinci görseldeki gibi bir bitki ile de yapınız. Meydana gelen olayı gözlemleyiniz.



Sonuç

- Kohezyon gerilim kuvveti ile suyun nasıl çekildiğini tartışınız.



*Görsel 3.82: Stoma: **a.** Açık bir stoma, **b.** Kapalı bir stoma*

A. Suyun Taşınmasında Stomaların Rolü

Kara bitkileri, suyu topraktan kök emici tüyleri yardımıyla almak zorundadır. Emici tüylerle alınan su, ksilem ile yapraklara taşınır. Yapraklarda stomalardan terleme ile su kaybedildiğinde yaprak, ksilemden su çekebilecektir. Bu nedenle suyun taşınmasında stomaların rolü önemlidir.

Epidermis hücrelerinin farklılaşmasıyla oluşan stomalar, bitkide terleme ve gaz alışverişini düzenler. Stoma çapını bekçi hücrelerinin aralarındaki genişleme ya da daralma belirler. Bir yaprağın kaybettiği su, büyük ölçüde stoma sayısına ve büyüklüğüne bağlıdır. Bu hücrelerin aralarında **stoma açıklığı** bulunur. Stoma bekçi hücrelerinin önemli bir özelliği kloroplast içermeleridir. Bunların yanlarında bulunan epidermis hücreleri **komşu hücreler** adını alır ve kloroplast bulundurmaz (Görsel 3.82). Stomaların açılıp kapanmasındaki temel faktör bekçi hücrelerdeki turgor basınç değişikliğidir. Bekçi hücrelerin iç çeperinin kalın, dış çeperinin ince olması stomanın açılıp kapanmasında önemlidir. Bu hücrelerde K^+ miktarı pH değişiklikleri, solunum ve fotosentez olayları turgor basıncını etkiler.

Fotosentezin etkisiyle hücrelerdeki glikoz artar. Bu da bekçi hücrelerinin osmotik basıncını artırıp komşu hücrelerden su çekilmesini sağlar. Bekçi hücrelerdeki turgor basıncı artar ve stoma açılır.

Işık etkisiyle komşu hücrelerdeki K^+'lar bekçi hücrelerine pompalanır. K^+ iyonları artan bekçi hücrelerde osmotik basınç artar, komşu epidermis hücrelerinden su alınır ve bekçi hücrelerinde turgor basıncı artar, stoma açılır. K^+'un stomaların kapanmasında; stomanın bekçi hücrelerinden komşu epidermis hücrelerine K^+ iyonlarının aktif taşıma ile gönderilir. K^+ kaybı suyun ozmotik olarak kaybına yol açtığından, stomaların kapanmasına neden olur.

Işığa bağlı olarak bekçi hücrelerdeki CO_2 miktarı azalır, asitlik azalıp pH artar. pH'nin yüklenmesiyle nişastayı glikoza dönüştüren enzim aktifleşir. Glikoz artınca osmotik basıncı artan bekçi hücreleri komşu epidermisten su çeker, turgor basıncı artar ve stomalar açılır. Bu olayın tam tersi stomaların kapanmasına neden olur.

Kurak bölge bitkilerinde su kaybetmemek için yaprak yüzeyindeki stoma sayısı azdır. Stomalar iyice derine gömülmüştür. Buna karşılık sucul ve nemli bölgelerde yaşayan bitkiler daha çok su alır ve bu bitkilerde suyun fazlasını atabilmek için yaprak yüzeyinde daha çok stoma bulunur. Tamamen su altında kalan yapraklarda ise stoma bulunmaz.

Stoma çevresindeki tüyler de rüzgârı engelleyerek stomanın terleme hızının azalmasını sağlar. Bitkilerdeki terlemenin büyük bölümü stoma yoluyla yapılır.

Bitkiler fotosentezi daha çok yaprak yüzeyi vasıtasıyla yaptığından terleme ile su kaybı gerçekleşir. Ayrıca yapraktaki su kaybı, atmosferden karbondioksit alınırken de olur.

Biliyor musunuz?

Stomaların açılıp kapanmasında çevresel faktörler de etkilidir. Örneğin stomalar gündüz açıktır fakat suyun yetersizliği stomaların kapanmasına neden olabilir. Stomaların kapanması bitkinin su kaybetmesini önler.

Terleme hızı; güneşli, sıcak ve rüzgârlı havalarda çok daha fazladır. Karasal bitkilerde terleme, yaprakların su ihtiyacının karşılanmasının yanı sıra kökler aracılığıyla alınan inorganik maddelerin gövdeye ve yapraklara taşınmasına da yardım eder.

Terleme ile kaybedilen suyun çoğu, stomalardan geçtiği için terlemenin düzenlenmesinde stomaların açılıp kapanma özelliği büyük önem taşır.

Etkinlik

Bitkide Terleme

Amaç

Terleme ile su kaybınının belirlenmesi

Araç ve Gereçler

- Köklü saksı bitkisi
- Cam şişe
- Cam macunu
- Musluk suyu
- Cam kalemi
- Saat

Uygulama Basamakları

Bitkiyi, saksıdan toprağı ile birlikte çıkarıp musluk altında kökleri zedelemeden yıkayınız. Cam şişeye su doldurup bitkiyi, kökleri su içinde kalacak şekilde yerleştiriniz. Cam şişenin ağzını hava almayacak şekilde cam macunu ile kapatınız. Cam şişedeki su seviyesini cam kalemi ile işaretleyiniz. Su seviyesini zamanla kontrol ediniz. Kontrol tarihini ve saatini not alınız.

Sonuç

Köklü bitki, stomaları aracılığı ile terler. Terleme sonucu buhar hâlinde kaybedilen su, cam şişeden su alınarak telafi edilir. Bu olayın devam etmesi sonucunda cam şişedeki su miktarı terleme hızıyla doğru orantılı olarak azalır. Bu olayda stomaların rolü nedir?

3.2.3. Bitkilerde Fotosentez Ürünlerinin Taşınması

Bitkilerde fotosentez ile üretilen organik maddeler floem ile taşınır. Floem öz suyunda en bol bulunan çözünmüş madde şekerdir. Ayrıca floem öz suyunda sükroz, glikoz, aminoasitler, mineraller ve hormonlar da bulunur.

Floemdeki taşıma, ksilemdeki taşımaya göre daha yavaştır ve ksilemden farklı olarak çift yönlüdür. Floemde öz suyunda sükroz, glikoz, aminoasitler, minareller ve hormonlar bulunur.

Fotosentez sonucu oluşan organik moleküller yukarıdan aşağıya doğru taşınırken köklerde sentezlenen amino asit ve diğer azotlu organik moleküller de aşağıdan yukarıya yönlendirilmektedir. Organik maddelerin üretildiği yaprak gibi organlardaki hücreler

Biliyor musunuz?

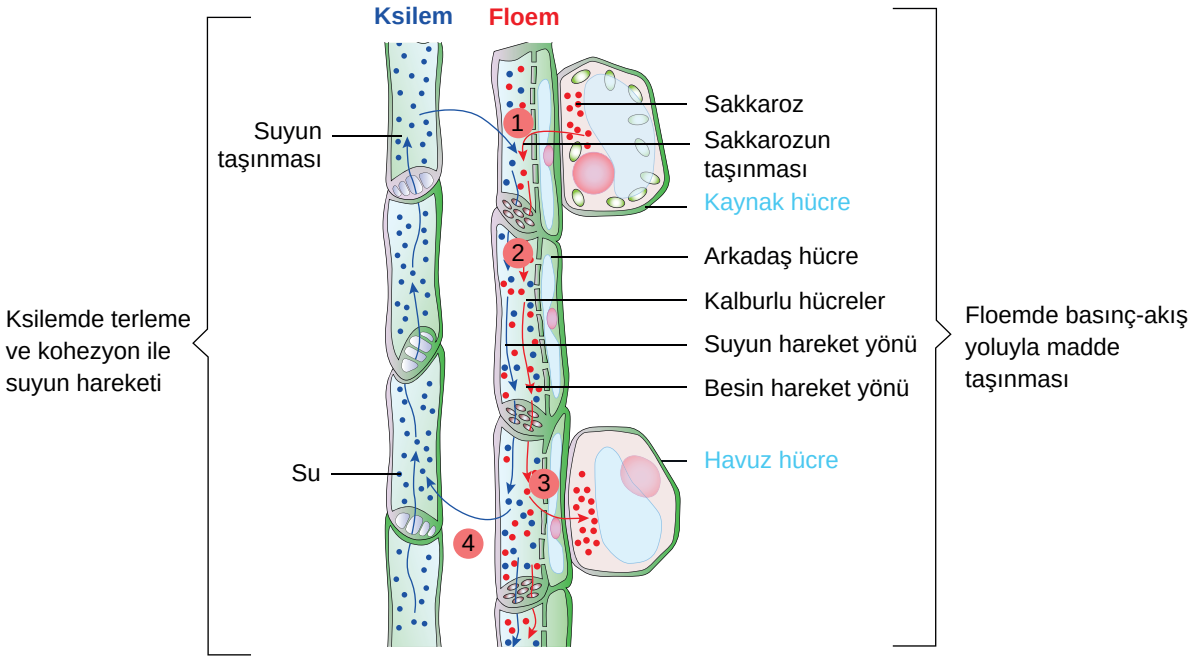
Çiftçiler, daha büyük meyve elde edebilmek için bitkilerdeki bazı çiçek ya da genç meyveleri koparıp daha az sayıda havuz oluşturarak buradaki şekerlerin artmasını sağlarlar. Böylece az sayıda fakat daha büyük meyve oluştururlar.

kaynak hücreleri olarak adlandırılır. Örneğin olgun yapraklar glikoz kaynağıdır. Organik maddelerin kullanıldığı ya da depolandığı kök ve meyve gibi bölümlerdeki hücreler ise **havuz hücreleri**dir. Büyümekte olan kök, gövde ve meyve bölümleri şeker havuzlarıdır. Bir yumru ya da soğan gibi bir depo organı ise mevsime bağlı olarak kaynak ya da havuz olabilir. Organik maddelerin floemde taşınması **basınç-akış teorisi** ile açıklanmaktadır.

Bu teoriyi şöyle özetleyebiliriz:

1. Kaynak hücrelerinden arkadaş hücreleri aracılığı ile kalburlu borular içine aktif taşıma sayesinde şeker yüklenir. Bu durum kalburlu borularda ozmotik basıncın artmasına neden olur. Bunun sonucunda, ksilemle kalburlu borular arasında derişim farkı ortaya çıkar ve su, osmozla ksilemden kalburlu borulara doğru girmeye başlar.
2. Kalburlu borulara su girişi ile hidrostatik basınç oluşur. Böylece floem öz suyu, kaynak hücreden havuz hücrelerine doğru geçmeye zorlanır.
3. Kalburlu borulardaki şekerler havuz hücreye aktif taşıma ile aktarılır ve kalburlu borulardaki şeker derişimi azalır, su derişimi artar.
4. Su, şeker derişiminin azalması ile kalburlu borulardan çıkarak tekrar ksileme geçer ve yukarı taşınır (Görsel 3.83).

Bir şeker havuzu, şekeri çoğunlukla o havuza en yakın kaynaktan alır.



Görsel 3.83: Bitkilerde basınç akış teorisi

2. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıda verilen ifadelerde bildirilen yargılar doğru ise yay ayraç içine "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (....) Floemdeki taşınma hızı ksilemden yavaştır.
2. (....) Bitkideki basınç-akış teorisine göre şeker havuzdan kaynağa doğru taşınır.
3. (....) Stoma bekçi hücreleri fotosentez yapamaz.
4. (....) Terleme, toprağın nem miktarı arttıkça artar, havanın nem miktarı arttıkça azalır.
5. (....) Bitki gelişiminde nodüllerin önemi büyüktür.
6. (....) Bitkilerin kök emici tüylerindeki ozmotik basınç düşük olunca bitki topraktan su alır.
7. (....) Bitkilerdeki kılcallık olayında sıvı yükselmesi kohezyon gerilime göre daha yavaştır.
8. (....) Tuzlu topraklarda kök emici tüylerin ozmotik basıncı yüksektir.
9. (....) Suyun taşınması, floem hücrelerinden olan kalburlu borular tarafından gerçekleştirilir.
10. (....) Stomaların açılmasına bekçi hücrelerdeki pH'ın düşmesi neden olabilir.

B. Aşağıdaki cümlelerde noktalı yerlere verilen kelimelerden uygun olanı yazınız.

su, Minimum Kuralı, mikoriza, kohezyon gerilim, terleme, nodül, hidatodlar, mutlak gerekli, nem, basınç akış teorisi, taşıma sistemi (iletim doku), ksilem, mineraller

1. Bitkilerde suyun yapraklara taşınmasını sağlayan en önemli kuvvet .... teorisidir.
2. Bitki gelişimini sağlayan faktörlerden birinin eksikliği, diğer faktörlerin miktarı yeterli olsa da bitkinin gelişimini sınırlar. Buna .... denir.
3. Bazı bitkiler topraktaki besin elementlerini alabilmek için ..... ve ..... gibi özelleşmiş yapılara sahiptir.
4. Bitkilerin büyümesi için bazı elementler yaşamsal öneme sahiptir. Bu elementler ..... elementler denir.
5. Organik maddelerin taşınması .... ile açıklanır.
6. Bitki köklerinde bulunan emici tüyler vasıtasıyla ..... ve ..... alınmaktadır.
7. Bitkilerde aşırı ısınmayı ..... olayı önler.
8. Bitkilerdeki fazla su, yaprak kenarında bulunan ..... ile damlama şeklinde dışarı atılır.
9. Havadaki ..... çok yüksek olduğu zaman bitkilerde terleme ile su kaybı azalır.
10. Bitkilerde topraktan alınan maddelerin bütün hücrelere ulaşması için .... gelişmiştir.

3. BÖLÜM

Bitkilerde Eşeyli Üreme

Anahtar Kavramlar

- Çiçek
- Döllenme
- Çimlenme
- Üreme hücreleri
- Tohum
- Dormansi
- Tozlaşma
- Meyve

Neler Öğreneceksiniz?

Çiçeğin kısımlarını ve bu kısımların görevlerini, tohum çimlenmesini, dormansi ve çimlenme arasındaki ilişkiyi öğreneceksiniz.

Hazırlık Soruları

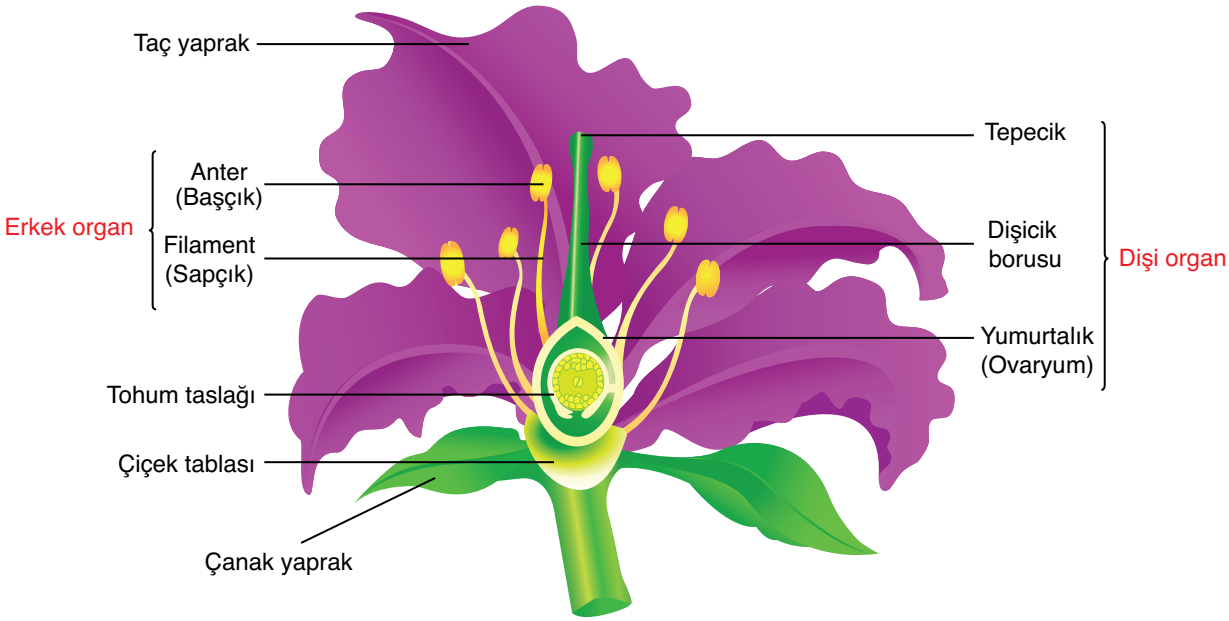
1. Tozlaşma nasıl meydana gelir?

2. Çimlenmeye etki eden faktörler nelerdir?

3. Ağaçlardaki yıllık yaş halkalarına bakılarak o yılki iklim koşulları hakkında yorum yapılabilir mi?

3.3.1. Çiçeğin Yapısı

Kapalı tohumlu bitkilerde üreme organları çiçekte bulunur. Tozlaşma, döllenme, tohum ve meyve oluşumu ise çiçeğin yapısından meydana gelir. Çiçekli bitkiler tohum meydana getirdiği için tohumlu bitki adını da alır. Çiçeğin yapısı, dıştan içe doğru çanak yapraklar, taç yapraklar, erkek organ ve dişi organdan meydana gelir (Görsel 3.84).



Görsel 3.84: Çiçeğin yapısında bulunan temel kısımlar

Çanak yaprak, çiçek tomurcukları açmadan önce onları sarıp koruyan, çoğunlukla yeşil renkli kısımdır. Bu kısımların üremede rolü yoktur. Çiçek tablası ise çiçeği taşıyan kısımdır.

Taç yaprak, çanak yaprakların içinde yer alan, çiçeklerin çoğunda parlak ve farklı renklere sahip kısımdır. Böceklerin ve diğer tozlaştırıcıların ilgisini çekerek tozlaşmaya yardımcı olur. Ayrıca bu kısım içteki yapıların korunmasını sağlar.

Erkek organ, **sapçık (filament)** ve **başçık (anter)** olmak üzere iki kısımdan oluşur. Başçıkta, polen keselerinin ve polenlerin oluştuğu dört bölmeli bir yapı bulunur. Sapçık ise iletim demetlerinden meydana gelmiştir. Başçık kısmının hareketliliğini sağlar.

Dişi organ; yumurtalık, **tepecik** ve **dişicik borusu** olmak üzere üç kısımdan oluşur. Yumurtalık (ovaryum), tohum taslağını bulunduran şişkin kısımdır. Tepecik, girintili çıkıntılı ve nemli olup polenlerin tutunmasını, çimlenmesini sağlar. Dişicik borusu, polen tüplerinin oluştuğu bölümdür.

Araştıralım

Bazı ağaçların üzerinde gördüğünüz kozalakların bitkinin hangi kısımları olduğunu ve bu yapıların hangi ağaç türlerinde bulunduğunu araştırınız.

*Görsel 3.85: Tek eşeyli çiçek: **a.** Dişi çiçek, **b.** Erkek çiçek*

Eğer bir çiçeğin yapısında çanak yaprak, taç yaprak, erkek organ ve dişi organ hep birlikte bulunuyorsa bu çiçek **tam çiçek (hermafrodit)** olarak adlandırılır. Bu dört yapıdan biri veya daha fazlası yoksa o çiçek, **eksik çiçek** olarak adlandırılır.

Çiçekleri üreme organlarına göre iki eşeyli çiçekler ve tek eşeyli çiçekler olmak üzere gruplandırabiliriz. **İki eşeyli çiçekler** hem erkek hem de dişi organa sahiptir. **Tek eşeyli çiçekte** ise erkek veya dişi organdan biri eksiktir. Çiçek, erkek organları eksikse **dişi çiçek** (Görsel 3.85.a), dişi organları eksikse **erkek çiçek** (Görsel 3.85.b) adını alır.

Erkek ve dişi çiçekler aynı ya da farklı bitkiler üzerinde bulunabilir. Bu çiçekler aynı bitki üzerinde bulunuyorsa **bir evcikli**, ayrı ayrı bitkiler üzerinde bulunuyorsa **iki evcikli** olarak adlandırılır. Çiçekli bitkilerde eşeyli üremenin gerçekleşmesi için polenin ve içinde yumurta hücresinin bulunduğu embriyo kesesinin oluşması gerekir.

Etkinlik

Çiçeğin Yapısı

Amaç

Çiçeğin Yapısını İncelemek

Araç ve Gereçler

- Çeşitli çiçekler
- Çiçek modeli
- Bisturi
- Büyüteç

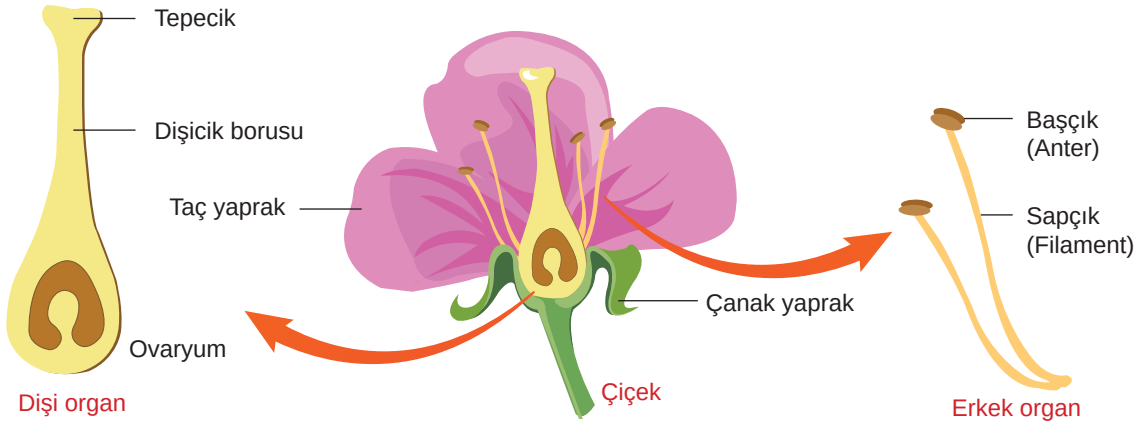
Uygulama Basamakları

- Getirdiğiniz çiçekleri büyüteç ile inceleyiniz.
- Çiçeklerin taç yapraklarını, çanak yapraklarını ve erkek organını dikkatlice koparınız.
- Dişi organı bisturi yardımıyla tepecikten yumurtalığa doğru ikiye ayırınız. Çiçekten elde ettiğiniz parçaları büyüteçle dikkatlice inceleyiniz.

Sonuç

- Çiçeğin kısımlarından çıkardığınız bölümlerin neler olduğunu arkadaşlarınızla tartışınız.
- Çiçek modeli ile incelediğiniz çiçeğin bölümlerini karşılaştırınız.

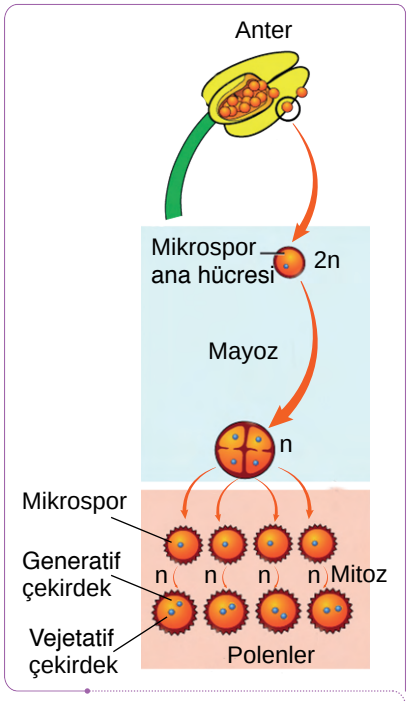
Görsel 3.86'da, bitkilerdeki çiçeğin üreme organları görülmektedir.



Görsel 3.86: Çiçekte üreme organları

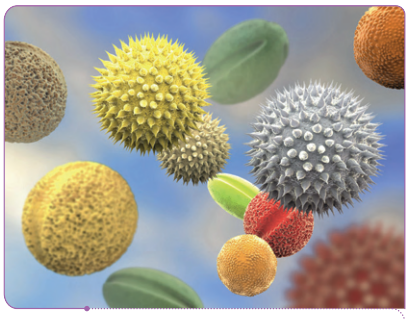
I. Erkek Üreme Hücresinin (Polen) Oluşumu

Çiçekteki erkek üreme organının başçık kısmında dört tane polen kesesi ve bu polen keselerinde de çok sayıda diploit (2n) polen ana hücresi (mikrospor ana hücresi) bulunur. Bu hücrelerin her biri mayozla dört haploit mikrospor meydana getirir. Bu mikrosporların her biri, bir mitoz bölünme geçirerek iki çekirdeğe sahip hücre oluşur. Mitoz bölünmede çekirdek bölünür, sitoplazma bölünmesi gerçekleşmez. İki çekirdekten biri **vejetatif çekirdek (tüp çekirdeği),** diğeri **generatif çekirdek (döller çekirdek)** olarak adlandırılır. İki çekirdekli bu yapı, türe özgü dayanıklı bir çeperle çevrilmiştir ve **polen** olarak isimlendirilir. Polenin olgunlaşması sırasında genaratif hücre vejetatif hücrenin içine girer (Görsel 3.87).



Görsel 3.87: Polenlerin oluşumu

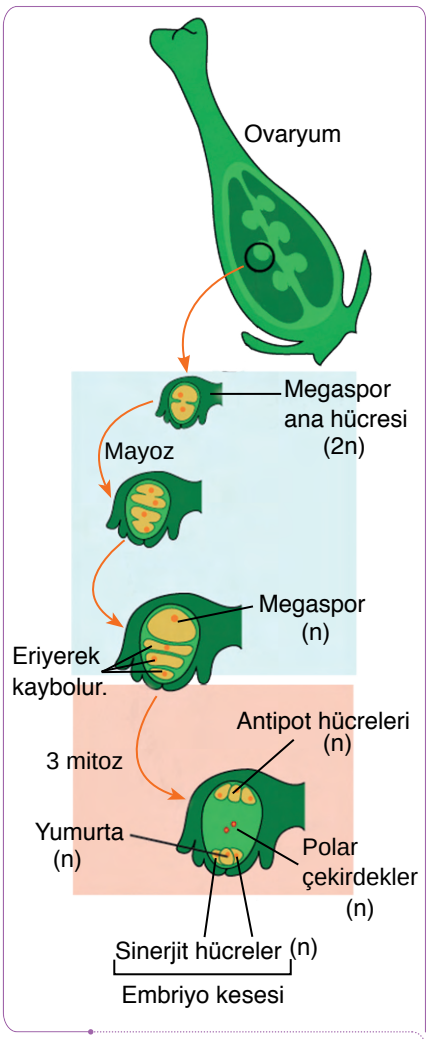
Polenler; renkli, kalın, düz, pürüzlü veya yapışkan çeperlere sahip olabilir (Görsel 3.88). Vejetatif çekirdek bölünmez, polen tüpünün oluşumunu kontrol eder. Generatif çekirdek ise tozlaşmadan sonra bölünerek sperm çekirdeklerini oluşturur.



Görsel 3.88: Polen şekilleri

II. Dişi Üreme Hücresinin Oluşumu

Yumurtalığın içinde, sayısı türlere göre değişebilen bir ya da daha fazla **tohum taslağı** yer alır. Yumurtalıkta bulunan tohum taslağında 2n kromozomlu **megaspor ana hücresi** vardır. Megaspor ana hücresinin (2n) mayoz bölünmesi ile 4 adet n kromozomlu **megaspor** oluşur. Genellikle oluşan 4 hücreden 3'ü erir, kalan megaspor ise arka arkaya 3 mitoz geçirerek sekiz çekirdekli **embriyo kesesini** meydana getirir. Sekiz çekirdekten üçü bir kutba hareket eder, bunlara **antipot çekirdekler** denir. Diğer üçü ise zıt kutba doğru hareket eder. Bunlardan biri yumurta hücresini oluşturur, iki tanesi ise **sinerjit (arkadaş)** çekirdeklerdir. Diğer iki çekirdek ortada birleşerek 2n kromozomlu



Görsel 3.89: Dişi üreme hücresinin oluşumu

polar çekirdeği meydana getirir. Bu çekirdeklerin çevresinde hücre duvarı gelişerek şekillenir. Sonuçta tohum taslağının döllenme için uygun hücreleri içeren sekiz çekirdekten oluşan bu yapısı **embriyo kesesi** adını alır (Görsel 3.89).

3.3.2. Çiçekli Bitkilerde Tozlaşma, Döllenme, Tohum ve Meyve Oluşumu

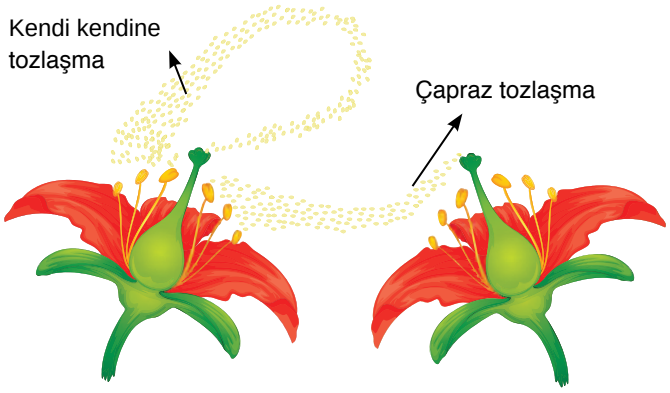
A. Tozlaşma

Erkek ve dişi gametleri bir araya getiren tozlaşma, döllenmeye götüren olaylar zincirinin bir basamağıdır. Birçok bitki tozlaştırıcı olarak rüzgârı kullanır.

Erkek organ başçığının açılması sonucu polenler ya aynı çiçeğin ya da aynı türe ait bir başka çiçeğin dişi organının tepeciğine taşınır. Bu durum **tozlaşma** olarak adlandırılır. Tozlaşmada; arılar, sinekler, güveler, kelebekler, kuşlar ve yarasalar önemli rol oynar (Görsel 3.90). Bu tür tozlaşmada bitkiler, çiçeklerinin renkleri ve kokuları ile tozlaşmayı sağlayacak canlıları kendilerine çeker. Bazı su bitkilerinde de tozlaşma su aracılığıyla yapılır.

Bir çiçeğin dişi organına, aynı çiçekten veya aynı bitkinin başka çiçeğinden polenlerin gelmesi şeklindeki tozlaşmaya **kendi kendine tozlaşma** denir. Kendi kendine tozlaşmanın gerçekleşebilmesi için çiçekte üreme hücrelerinin aynı zamanda oluşması gerekir. Bir bitkinin çiçeğindeki polenin aynı türden başka bir bitkinin çiçeğine gelmesi ile **çapraz tozlaşma** gerçekleşir (Görsel 3.91). Çapraz tozlaşma ile meydana gelen genetik çeşitlilik kendi kendine tozlaşmaya göre daha fazladır.

Görsel 3.90: Tozlaşma olayında arılar önemli rol oynar.



Görsel 3.91: Aynı tür bitki çiçeklerinde kendi kendine ve çapraz tozlaşma

B. Döllenme

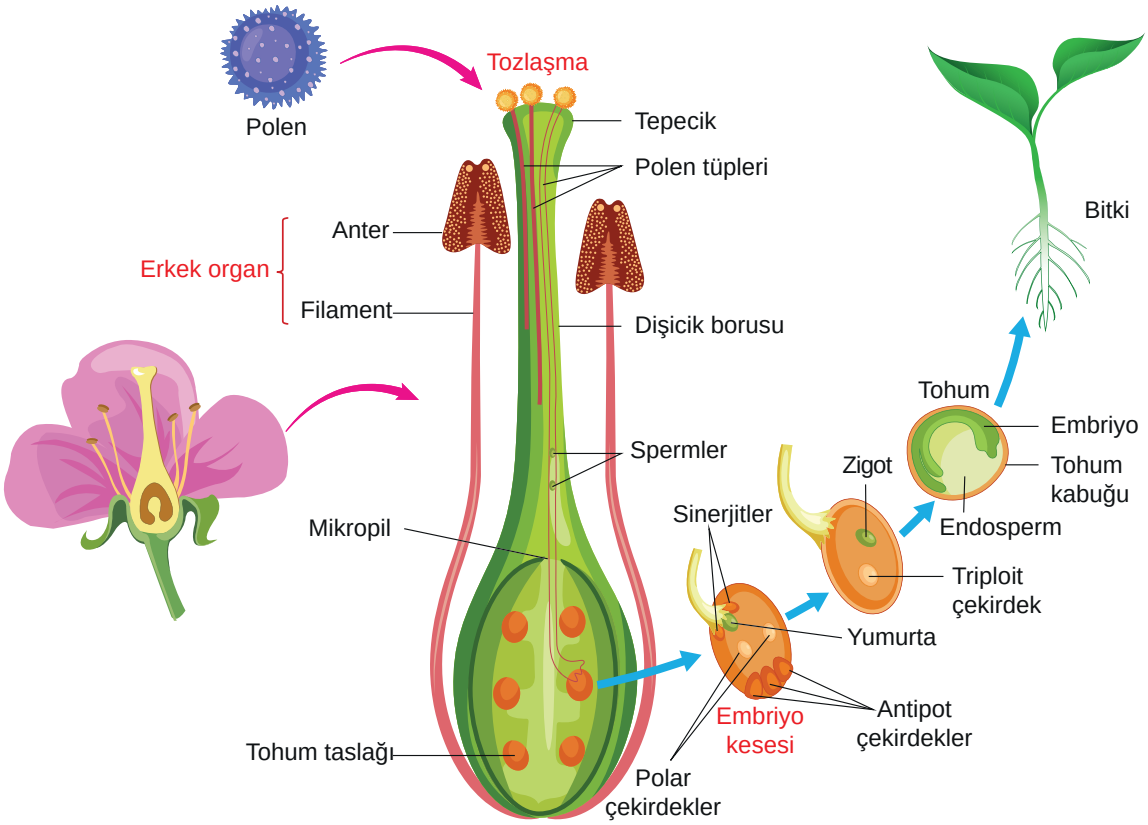
Polen, özel kimyasal madde içeren tepeciğe konduktan sonra nemi emer ve çimlenir. Polendeki vejetatif çekirdek, ovaryuma

doğru uzanan bir **polen tüpü** oluşturur. Polendeki generatif çekirdek ise mitozla iki haploit **sperm çekirdeğ**ini oluşturur. Sperm çekirdekleri, polen tüpündeki tohum taslağının **mikropil** adı verilen açıklığına ulaştığında bu tüpün ucu erir. Embriyo kesesi içine iki sperm girer. Sperm çekirdeklerinin biri yumurtayı dölleyerek 2n kromozomlu **zigot**u oluşturur. Diğer sperm çekirdeği ise embriyo kesesinin merkezindeki polar çekirdeklerle birleşir ve triploit (3n) çekirdek oluşur. Triploit çekirdek, mitoz bölünmelerle tohumda besin depolayan endospermi (3n) oluşturur (Görsel 3.92). İki sperm hücresinin embriyo kesesindeki farklı çekirdeklerle birleşmesi **çift döllenme** olarak isimlendirilir. Çift döllenme endospermin, yalnızca yumurtanın döllendiği tohum taslaklarında gelişmesini sağlar.

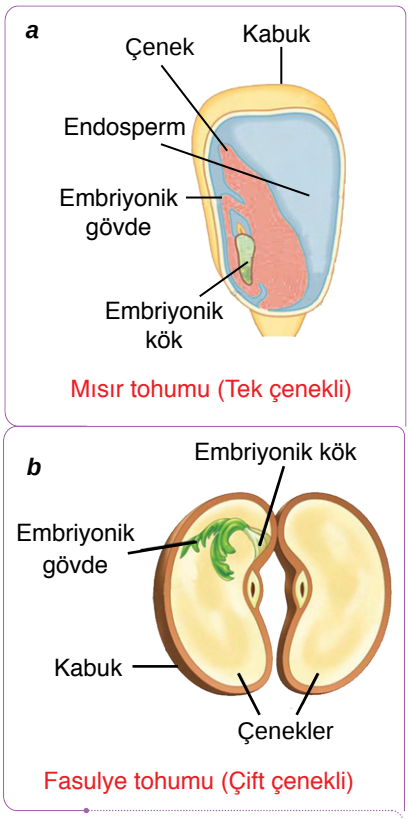
Çift döllenme olayını şöyle özetleyebiliriz:

1. Döllenme: 1. sperm (n) + yumurta (n) $\xrightarrow{\text{Döllenme}}$ zigot (2n) $\xrightarrow{\text{Mitoz}}$ embriyo (2n)

2. Döllenme: 2. sperm (n) + polar hücre (2n) $\xrightarrow{\text{Döllenme}}$ triploit çekirdek (3n) $\xrightarrow{\text{Mitoz}}$ endosperm (besi doku) (3n)



Görsel 3.92: Tozlaşma ve döllenme



*Görsel 3.93: Tohumun yapısı: **a.** Tek çenekli mısır tohumu, **b.** Çift çenekli fasulye tohumu*

C. Tohum Oluşumu

Çift döllenme olayından sonra tohum taslağı olgunlaşarak tohuma dönüşür. Tohum, tohumlu bitkilerin üreme ve yayılmasına yardımcı olan yapıdır. Olgunlaşmış bir tohum, dıştan içe doğru **tohum kabuğu, endosperm (besi doku)** ve **embriyo** olarak üç kısımdan oluşur. Tohum kabuğu, tohum taslağı örtüsünün değişmesiyle meydana gelir. Kabuğun görevi, tohumu uygun olmayan çevre şartlarına ve mekanik etkilere karşı korumaktır. Endosperm, tohum içinde gelişen embriyoya besin sağlar. Fasulye gibi birçok çift çenekli bitkide tohumlar endosperm içermez. Böyle bitkilerde tohumun çimlenmesi için gerekli besinler kotiledondan (çenek) sağlanır. Embriyo, zigotun çok sayıda mitoz geçirmesiyle oluşur. Embriyonun yapısında; **embriyonik kök (radikula), embriyonik gövde (plumula)** ve **çenek (kotiledon)** adı verilen yapılar bulunur (Görsel 3.93). Embriyonik kök, bitkinin kök sistemini; embriyonik gövde ise sürgün sistemini oluşturur. Çenekler, tohum gelişirken endospermden besini alır ve çimlenme sırasında bunları embriyoya iletir.

Tohum taslağının gelişmesi ile ⟶ tohum,

Zigotun gelişmesi ile ⟶ embriyo,

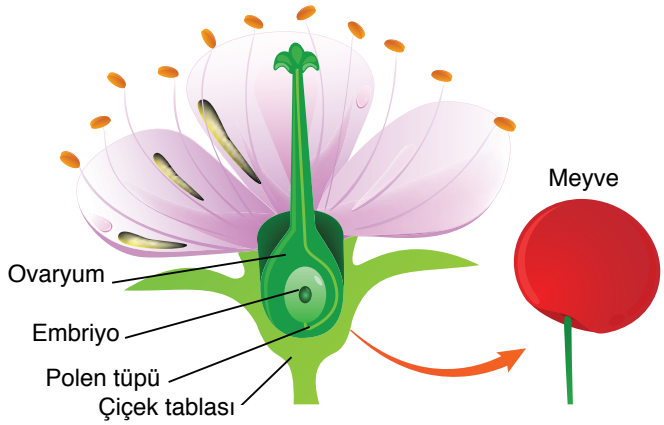
Triploid çekirdeğin gelişmesi ile ⟶ endosperm,

Yumurtalığın gelişmesi ile ⟶ meyve,

Tohum taslağının kalınlaşması ile ⟶ kabuk oluşur.

Ç. Meyve Oluşumu

Döllenmeden sonra tohum taslağı tohuma dönüşürken yumurtalık da gelişerek **meyve**ye dönüşür (Görsel 3.94). Meyvenin görevi, uyku hâlindeki tohumları korumak ve onların dolayısıyla çiçekli bitkilerin geniş alanlara yayılmasına yardım etmektir.



Görsel 3.94: Meyve oluşumu

Meyveler basit, kümeli, bileşik ve yalancı meyveler olarak sınıflandırılır.

Basit meyve, bir çiçeğe ait tek bir yumurtalığın gelişmesiyle oluşur. Fasulye, limon, kiraz ve üzüm örnek olarak verilebilir (Görsel 3.95).

Görsel 3.95: Basit meyve örnekleri

3. Ünite Ölçme ve Değerlendirme Etkinliği-2

Bileşik meyve, bir çiçek sapına bağlı birden fazla çiçeğe ait yumurtalıkların kaynaşıp meyve oluşturulmasıyla ortaya çıkar. Bu tip meyvelere incir ve ananas örnek verilebilir (Görsel 3.96).

Görsel 3.96: Bileşik meyve örnekleri

Küme meyve (agregat), bir çiçeğin birbirinden ayrı birçok yumurtalığından gelişen meyvedir. Çilek ve dut örnek verilebilir. Yumurtalıkla birlikte çiçeğin diğer kısımlarının da meyve oluşumuna katılmasıyla oluşan meyvelere yalancı meyve (elma, armut,...) denir.

Meyvelerdeki çeşitli farklılaşmalar, tohumların yayılmasını kolaylaştırır. Tohumların yayılması ise bitkiler için pek çok fayda sağlar. Bazı bitkilerin tohumları pervane görevi yapan meyvelerin içinde bulunur ve bunlar uçarak bitkiden uzaklaşır. Bazı tohumlar da meyve kabuğunun kuruyup dökülmesi sonucu çevreye yayılır. Pıtrak gibi bitkilerin dikenli meyve kabukları; hayvanların kürklerine, kuşların tüylerine ve insan giysilerine tutunarak taşınır. Süpürge otu gibi bitkilerin meyve çeperleri kurur ve aniden dönüp açılarak tohumlarını dışarı fırlatır. Hayvanların meyve ile beslenmesi de tohumların yayılmasında önemli bir etkendir. Bazı meyvelerin çekirdekleri hayvanlar tarafından sindirilmeden başka alanlara bırakılabilir. Bazı meyveler de suyla taşınarak başka alanlara yayılır.

Araştıralım

Çeşitli meyve örnekleri belirleyerek bunların basit veya bileşik meyve olup olmadıklarını araştırınız.

3.3.3. Tohum Çimlenmesi ve Çimlenmeye Etki Eden Faktörler

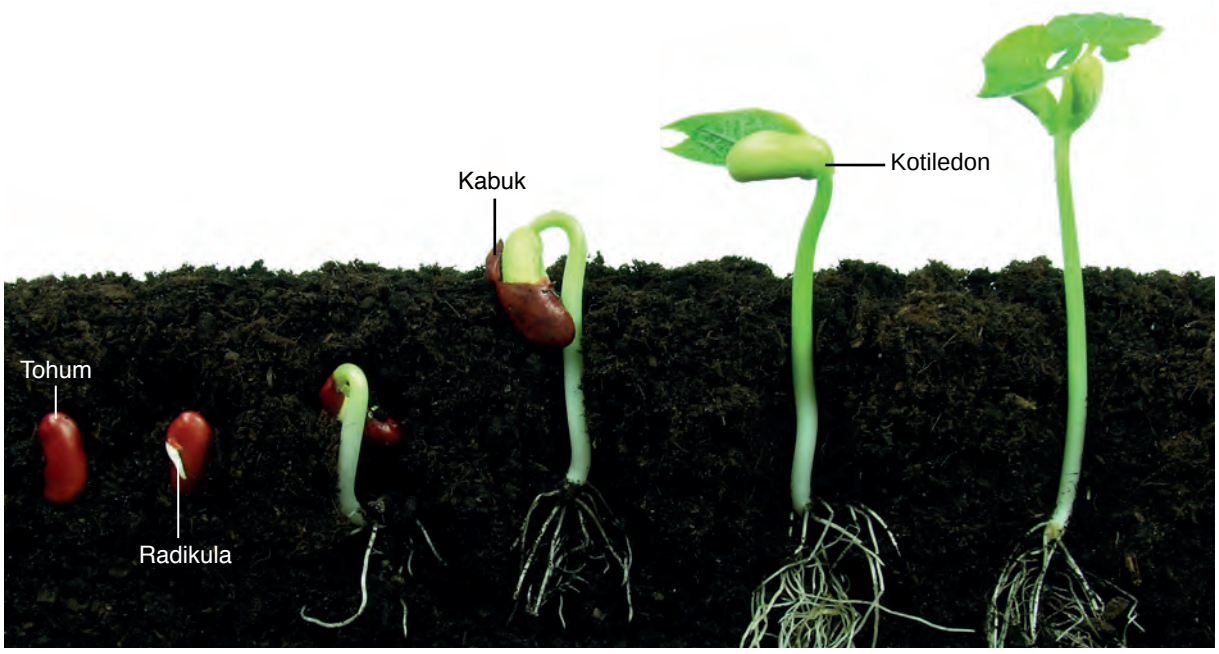
Döllenme olayından sonra çevreye dağılan tohumlar, uygun ortam şartlarında su alarak şişer ve bunların kabuğu çatlar. Kabuğu çatlayan tohumların embriyosu serbest kalır ve büyür. Bu olaya **çimlenme** denir.

Çimlenme, tohumun uygun bir ortamda genç bitkiyi oluşturmak için geçirdiği değişimlerdir. Çimlenme için en önemli faktör tohumun olgunlaşmasıdır. Çimlenme sırasında embriyonun ihtiyacı olan besin, besi doku tarafından karşılanır. Çünkü bu esnada embriyo fotosentez yapamaz.

Çimlenme sırasında embriyo büyüklüğü, metabolik etkinlik hızı, solunum hızı, su emilimi, hücre sayısı, yeni dokuların oluşumu artarken çenek büyüklüğü ve bitkinin kuru ağırlığı azalır.

Çimlenen tohumdan ilk olarak embriyonik kök çıkar.

Çift çenekli bitkilerin çoğunda ve soğan gibi bazı tek çenekli bitkilerde çenekler, çimlenme sırasında topraktan dışarı çıkar. Çift çenekli bir bitki olan fasulyede, tohum içinde kalan embriyonik gövde yukarı doğru büyürken kotiledonları da toprak üstüne doğru iter (Görsel 3.97).



Görsel 3.97: Tohumun çimlenerek bitkiyi oluşturması

Tek çenekli bitkilerin çoğunda ve bezelye gibi çift çenekli bazı bitkilerde endosperm çimlenme sırasında toprak altında kalır. Tek çenekli bir bitki olan mısırda embriyonik gövde doğrudan toprak üstüne çıkarak gelişir. Endosperm ise toprağın altında kalır.

Bitkilerin ilk yaprakları oluşup fotosentez olayına başlayınca kuru ağırlık tekrar artar.

Çimlenmeyi gözlemlemek için aşağıdaki etkinliği yapınız.

Etkinlik

Tohumun Çimlenmesi

Amaç

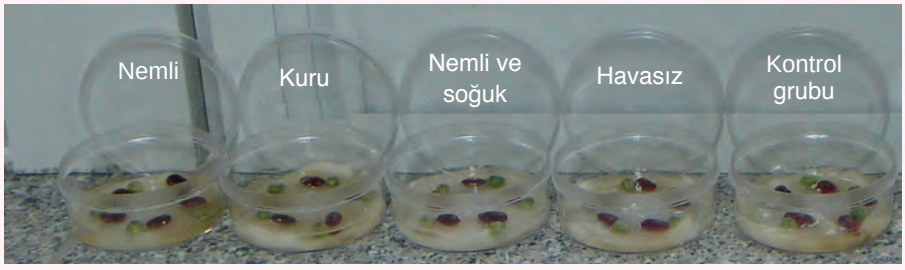
Tohumun çimlenmesine etki eden faktörleri kontrollü deney yaparak gözlemlemek

Araç ve Gereçler

- Fasulye, buğday, bezelye, mercimek, nohut, mısır vb. bitkilerden birine ait yirmi beş adet tohum
- Beş adet petri kabı
- Büyüteç
- Su
- Bir miktar pamuk

Uygulama Basamakları

- Etkinlikten önce tohumları bir gece suda bekletiniz.
- Aşağıdaki uygulama, seçtiğiniz bir bitkinin tohumu (örneğin fasulye) için düzenlenmiştir. Diğer bitki tohumlarıyla da aynı basamakları takip edebilirsiniz.
- İçinde pamuk bulunan her bir petri kabına, seçilen bitki tohumundan beşer tane yerleştiriniz.
- Petri kaplarında çimlenmeye etki edeceğini düşündüğünüz farklı ortamlar (hava, nem, sıcaklık vb.) oluşturunuz.
- Farklı ortam koşullarına bırakılan tohumları büyüteçle inceleyiniz.



Sonuç

- Hangi ortamda çimlenme daha iyi gerçekleşti? Açıklayınız.
- Aşağıda verilen çizelgeye benzer bir çizelge hazırlayarak gözlemlerinizi kaydediniz.

Çimlenme Ortamı	Çimlenme Süresi			
	1. gün	3. gün	5. gün	7. gün

Görsel 3.98: Uygun sıcaklıkta çimlenen ayçiçeği tohumları

Tohumların çimlenmesine çevresel ve genetik faktörler etki eder. Çevresel faktörlerin en önemlileri sıcaklık, su ve oksijendir.

Sıcaklık: Çimlenme süresini düzenleyen en önemli faktörlerden biridir. Tohumda su emilimini, enzim etkinliğini ve difüzyonu etkilediği için çimlenmeyi de etkiler. Genellikle birçok bitki tohumu belirli bir sıcaklık aralığında çimlenir (Görsel 3.98). Minimum bir sıcaklığın altında veya maksimum bir sıcaklığın üstünde çimlenme gerçekleşmez. Bitkilerin çimlenmesi için en uygun sıcaklık yaklaşık 25-30 °C'tur. Minimum çimlenme sıcaklığı 5 °C civarındadır.

Su: Tohumlar yaklaşık olarak %5 ile %15 arasında su içermektedir. Su oranı %15'in üzerine çıkmadan tohumda metabolik reaksiyonlar oluşmaz. Tohumun su emmesiyle çimlenme için gerekli metabolik faaliyetler başlar. Tohuma giren su, depolanmış besinlerin sindirimi için gerekli enzimleri aktifleştirir. Suyun alınması sonucu hücreler genişler ve büyümeye başlar.

Doğal koşullarda tohumun çimlenmesi için gerekli su topraktan alınır. Topraktaki suyun önemli bir kısmı toprak partiküllerince tutulduğu için tohum tarafından kullanılamaz. Topraktaki suyun kullanılması toprağın cinsine göre değişir.

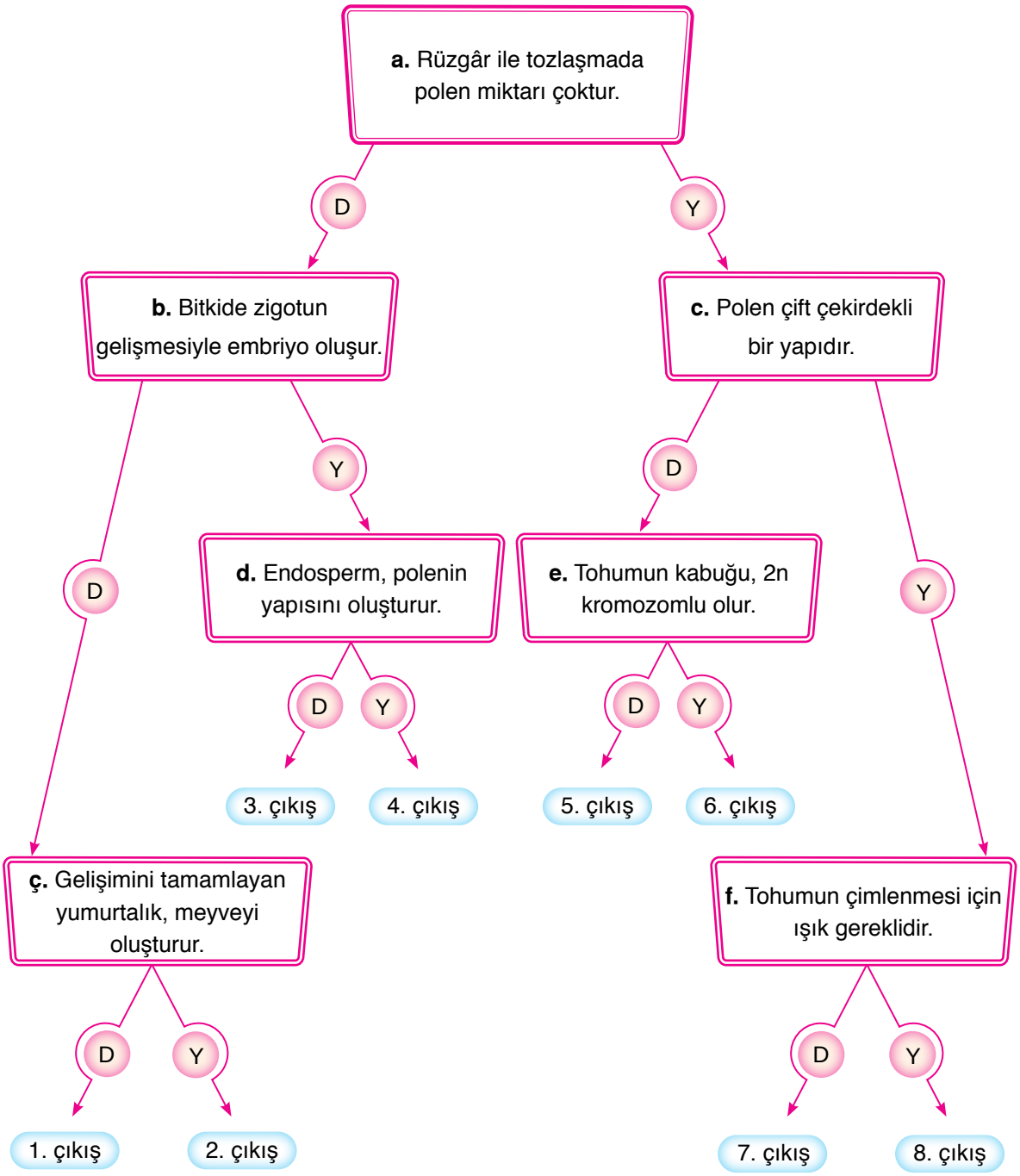
Toprağa aşırı gübre verilmesi ya da topraktaki suyun yetersiz olması durumunda, ortamdaki tuz miktarı artacağı için tohumda çimlenme gerçekleşmeyebilir.

Oksijen: Tohum kabuğunun parçalanmasına kadar geçen süreçte gerekli enerji, oksijensiz solunumla elde edilebilir. Ancak kabuk parçalandıktan sonra metabolik faaliyetlerde kullanılan enerji, oksijenli solunumla sağlanır. Su altında kalan bazı topraklar yeterli oksijen içermez ve bu ortamdaki birçok bitkinin tohumları çimlenmeyi gerçekleştiremez. Ancak su kamışı gibi bazı bataklık bitkileri, oksijenin az bulunduğu bataklık koşullarında yaşayabilir.

Tohum çimlenmesi, embriyoda büyüme ve gelişmenin yeniden başladığı anlamına gelir. Bazı tohumlar uygun koşullarda hemen çimlenebilir. Buna karşılık birçok bitki tohumu, ortam koşulları uygun olsa bile çimlenmeyip uyku hâlinde bekler. Tohumun uygun olmayan şartlarda çok düşük metabolizma ile bulunduğu çimlenme durgunluğuna **dormansi** denir. Dormansi yani uyku süresi tohum kabuğunun kalın ve sert olması, tohumdaki su ve besin miktarına bağlı olarak değişir. Bitkinin çimlenmesi için çevresel faktörler uygun hâle geldiğinde tohum dormansi evresinden çıkar ve çimlenir.

3. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

Aşağıda birbiri ile bağlantılı doğru (D) ya da yanlış (Y) ifadeler içeren tanılayıcı dallanmış ağaç tekniğinde bir soru verilmiştir. "a"dan başlayıp cümlelerin doğru ya da yanlış olduğuna karar vererek ilgili ok yönünde ilerleyiniz. Her bir cevap bir sonraki aşamayı etkileyecektir. Vereceğiniz cevaplarla doğru çıkışı bulunuz.



3. ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıdaki çoktan seçmeli sorularda doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Oksin hormonu ile ilgili

I. Bitkilerde boyca büyümeyi sağlar.

II. Bitkide uyku (dormansi) dönemini uzatır.

III. Nasti hareketlerini düzenler.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

2. Aşağıda verilen özelliklerden hangisi kurak bölgelere uyum sağlamış bitkilerde görülmez?

A) Yaprakların parçalı olması

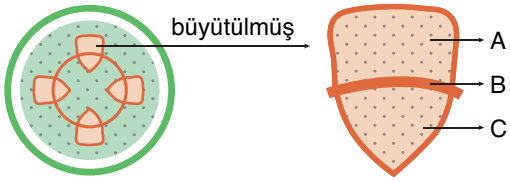
B) Yaprak yüzey alanının küçük olması

C) Stomaların yaprağın alt yüzeyinde yoğunlaşması

D) Kalın kütikula tabakasının olması

E) Yaprak yüzeyinde çok miktarda tüy bulunması

3. Aşağıdaki şekilde çift çenekli bir bitkinin gövde enine kesitinde açık iletim demeti verilmiştir.



Açık iletim demetinde A, B ve C bölgeleriyle ilgili

I. A ve C kambiyum kökenlidir.

II. B bitkilerde enine büyümeyi sağlayan lateral (yanal) meristemdir.

III. C'nin hücreleri ölüdür.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

4. Bir bitkinin yaprakları

I. Fotosentez ile besin üretimi,

II. Aşırı ısınmayı engellemek için terleme gerçekleştirme,

III. Bitkinin boşaltımını sağlama,

IV. Vejetatif üreme yapabilme

görevlerinden hangilerini gerçekleştirir?

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

5. Stoma ile lentiselde

I. Gündüz açılıp gece kapanma,

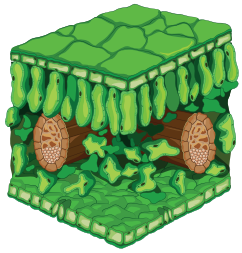
II. Mantar dokunun yapısında bulunma,

III. Gaz alışverişini sağlama

özelliklerinden hangileri ortaktır?

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

6.



Yukarıda verilen yaprak kesiti ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Kütikula tabakası epidermis hücrelerinin salgısından oluşup su kaybını engeller.

B) Tüm epidermis hücrelerinde fotosentez gerçekleşir.

C) Güneş ışığının soğurulduğu tabaka mezofil tabakasıdır.

D) Odun boruları su ve mineral taşınmasında görev alır.

E) Sünger parankiması hücrelerinde fotosentez gerçekleşir.

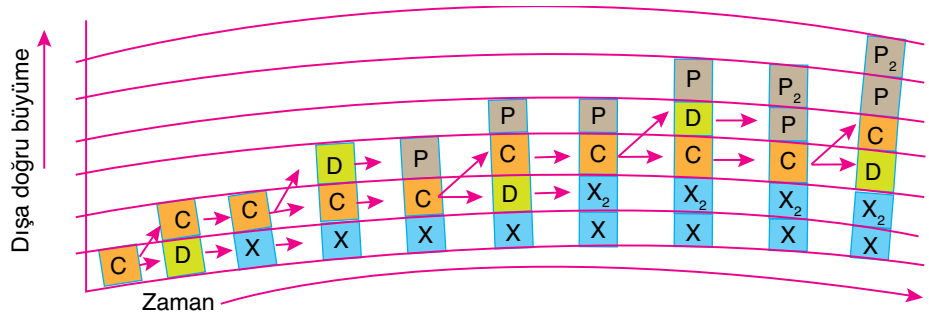
7. Bitkilerin farklı uyaranlar karşısında gösterdikleri hareket şekillerinden bazıları P, R ve S şeklinde aşağıdaki tabloda verilmiştir.

P	R	S
Uyaranın yönü önemli	Uyaranın yönü önemli	Uyaranın yönü önemli değil
Yön değiştirme	Yön değiştirme	Durum değiştirme
Işık etkili	Su etkili	Dokunma etkili

Buna göre, hareketlerin isimleri aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

	P	R	S
A)	Fototropizma	Travmatropizma	Sismonasti
B)	Fotonasti	Hidrotropizma	Sismonasti
C)	Fototropizma	Hidrotropizma	Travmatropizma
D)	Sismonasti	Fototropizma	Hidrotropizma
E)	Fototropizma	Hidrotropizma	Sismonasti

8.



Yukarıdaki şekil, sekonder floem ve sekonder ksilem oluşumu belirtmektedir. Şekilde P_2 sekonder floemi, C kambiyum hücresini, X_2 sekonder ksilemi, D ise oluşan hücreyi göstermektedir.

Buna göre

I. Sekonder floemler dış tarafta, sekonder ksilemler iç tarafta oluşur.

II. D hücresi farklılaşarak kambiyum ve floem hücrelerini oluşturur.

III. C hücresinin bölünme yeteneği kaybolursa bitkide enine kalınlaşma gerçekleşmez.

ifadelerden hangileri doğrudur?

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

9. **Bitkilerde terleme**

I. Madensel tuzların taşınmasına yardımcı olma,

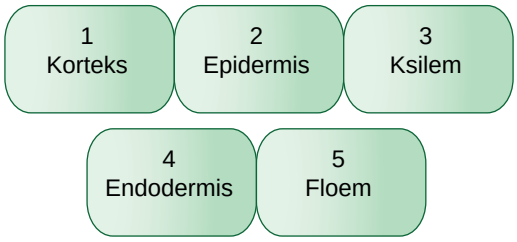
II. Bitkinin aşırı ısınmasını engelleme,

III. Fotosentez ürünlerinin köklere taşınmasını sağlama

işlevlerinden hangilerinin gerçekleşmesini sağlar?

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

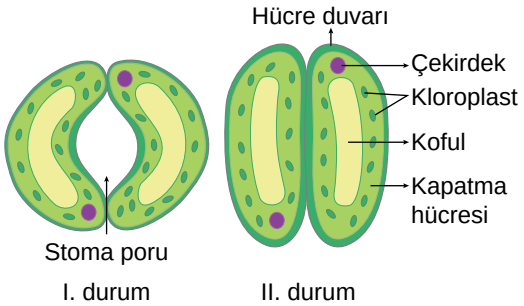
10. Aşağıda tek çenekli bitkilerin köklerinin enine kesitinde bulunan bazı yapılar numaralarla gösterilmiştir.



Numaralı yapıların kökte dıştan içe doğru sıralanışı aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

A) 5 - 4 - 3 - 1 - 2
B) 3 - 5 - 4 - 1 - 2
C) 3 - 5 - 4 - 2 - 1
D) 2 - 3 - 4 - 1 - 5
E) 2 - 1 - 4 - 5 - 3

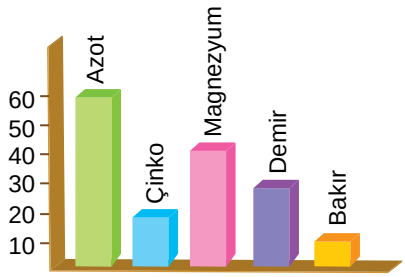
11. Aşağıda stoma yapısına ait iki durum verilmiştir.



Buna göre aşağıdakilerden hangisi stomanın I. durumundan II. durumuna geçişini sağlar?

A) Fotosentez olayının oksijenli solunumdan daha fazla olması
B) CO_2 ve H_2O'nun birleşerek glikoz sentezlenmesi
C) Hücre pH'ının artması
D) Komşu hücrelerden bekçi hücresine doğru su geçişinin olması
E) Bekçi hücrelerinde turgor basıncının azalması

12.



Bitkilerde klorofil sentezinde görev yapan minerallerin topraktaki miktarları yukarıdaki grafikte verilmiştir.

Liebig'in minimum kuralına göre klorofil sentezinde topraktaki minerallerden hangisi bitkinin gelişimini belirler?

A) Azot
B) Bakır
C) Çinko
D) Demir
E) Magnezyum

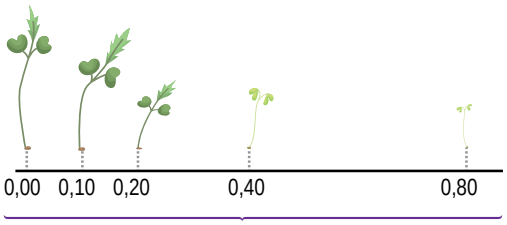
13. Bitkilerin gündüz ve gece uzunluğuna verdikleri yanıta fotoperiyodizm denir.

Fotoperiyodizm sonucunda uzun gün bitkileri ve kısa gün bitkileri oluşmuştur. Aşağıda uzun gün bitkisi ve kısa gün bitkisiyle yapılan deneyin çiçeklenme sonucu gösterilmiştir.

Buna göre I, II, III ve IV numaralarla gösterilen yerlere çiçeklenme durumu ile ilgili aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?

	I	II	III	IV
A)	Yok	Var	Yok	Var
B)	Var	Var	Yok	Yok
C)	Var	Var	Var	Yok
D)	Yok	Yok	Yok	Var
E)	Var	Yok	Yok	Var

14. Aşağıdaki şekilde bezelye fidelerinde mekanik strese bağlı olarak gerçekleşen büyüme manevrası verilmiştir.



Şekilde gerçekleşen olayla ilgili

I. Mekanik stresle karşılaşan genç fidelerde etilen miktarı artar.

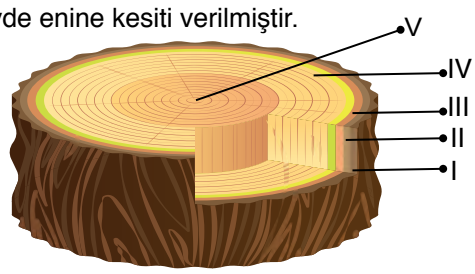
II. Etilen hormonu stres anında fidenin gövde uzamasını yavaşlatır.

III. Oksin hormonu mekanik strese bağlı yanal taşınma gerçekleştirerek enine büyümeyi teşvik eder.

yargılarından hangileri çıkartılamaz?

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

15. Aşağıdaki şekilde odunsu gövdeli bir bitkinin gövde enine kesiti verilmiştir.



Şekilde numaralandırılan yapılarla ilgili verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) I. Kabuğu dıştan koruyan peridermdir.

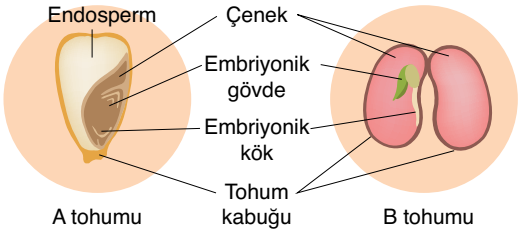
B) II. Kabuk oluşumuna katılan sekonder floemdir.

C) III. Bitkilerde enine büyümeyi sağlayan apikal meristemdir.

D) IV. İkincil ksilemden meydana gelen odun bölgesidir.

E) V. Öz odununu gösterir.

16. Aşağıda kapalı tohumlu iki bitkinin tohumları verilmiştir.



A ve B tohumlarıyla ilgili

I. B tohumunun çimlenmesi sırasında çenekler toprak dışında kalır.

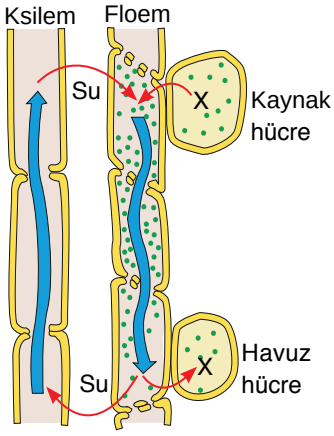
II. A tohumu monokotildir.

III. A tohumunda çimlenme için gerekli besinler endospermde depolanır.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

17. Aşağıdaki şekilde soymuk borularında basınç-akış teorisiyle organik maddelerin taşınması gösterilmiştir.



Şekilde gösterilen X maddesiyle ilgili

I. Sakkaroz olabilir.

II. Suda çözünmeyen bir madde olabilir.

III. Monomer olabilir.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

3. Ünite Sonu Değerlendirme Çalışmaları-3

4. ÜNİTE

CANLILAR VE ÇEVRE

1. BÖLÜM Canlılar ve Çevre

EBA

4. Ünite Sunu

1. BÖLÜM

Canlılar ve Çevre

Anahtar Kavramlar

- Adaptasyon
- Doğal seçilim
- Mutasyon
- Varyasyon
- Yapay seçilim

Neler Öğreneceksiniz?

Çevre şartlarının genetik değişimlerin sürekliliğine olan etkisini, tarım ve hayvancılıkta yapay seçilimini öğreneceksiniz.

Hazırlık Soruları

1. Canlı çeşitliliğindeki değişmelerin nedenleri neler olabilir?

2. Aynı türün bireyleri arasındaki varyasyonlar türün neslini nasıl etkiler?

3. Günümüzde bakterilerin antibiyotiklere karşı geliştirdiği direnç, insan sağlığını nasıl etkiler?

4.1.1. Çevre Şartlarının Genetik Değişimlerin Sürekliliğine Etkisi

A. Varyasyon, Adaptasyon, Mutasyon, Doğal Seçilim ve Yapay Seçilim

Bir canlı türünde bireyler arasında karakter bakımından önemli ölçüde faklılıklar bulunmaktadır. Yani tür içinde aynı genleri paylaşan bireyler birbirlerinden farklıdır. Bir popülasyon içinde gözlenebilen karakteristik farklılıklara **varyasyon** denir. Varyasyonlar genetik ve genetik olmayan olarak iki grupta incelenir. Genetik olan varyasyonlar; üreme hücrelerindeki mutasyon, mayoz ve eşeyli üreme ile gerçekleşirken genetik olmayan varyasyonlar ise sıcaklık, ışık miktarı, beslenme, kimyasal maddeler ve mekanik etkiler gibi çevresel faktörlerle ortaya çıkan modifikasyonlardır.

Çevresel şartlar devamlı değişim içindedir. Bu şartlar kendine uyumlu özelliklere sahip bireylerin yaşama ve üreme şanslarını artırırken uyum gösteremeyen bireylerin elenmesine neden olur. Bu nedenle gelecek nesiller, çevresel şartlara uyumlu özellikleri taşıyan bireylerden oluşur.

Türler, nesilden nesile geometrik dizi şeklinde artma eğilimi gösterir. Canlılar yaşamak için gerekli besin, su, ışık ve diğer çevresel faktörler bakımından rekabet hâlinde olup bu rekabetle başarılı olan bireyler yaşarken diğerleri elenir. Canlılarda sayıca artma eğilimi olduğu hâlde, bir türdeki birey sayısı bu rekabetten dolayı hemen hemen sabit kalır. Her türün bireyleri arasında genetik farklılıklar gerçekleşebilir ve yeni kalıtsal varyasyonlar gözlenebilir. Sonuçta bazı kalıtsal varyasyonlara sahip bireylerin belirli bir çevrede yaşama şansı artarken diğer bireyler elenir.

Çevre şartlarına uygun kalıtsal varyasyonlara sahip olan bireylerin yaşama şansı, diğer bireylere oranla daha fazla olacaktır. Bu durumun sonucu olarak çevreye uygun varyasyonlara sahip bireylerin sayısında artma, diğer bireylerin sayısında ise bir azalma beklenebilir. Aynı türün bireyleri arasındaki varyasyonlar (Görsel 4.1), değişik çevrelerde, farklı şekillerde seçilime uğrar. Bu seçilim sonucunda zamanla nesiller arasındaki farklar daha belirgin hâle gelerek bir türden, yeni türler gelişir. Belirli kalıtsal özelliklere sahip olan bireylerin, değişen çevre koşullarında, bu özelliklerinden dolayı diğer bireylere göre yaşama ve üreme şanslarının daha yüksek olmasına **doğal seçilim** denir. Doğal seçilim, çevreye uygun varyasyonlara sahip bireylerin yaşayıp diğerlerinin elenmesidir. Bu durum, canlıların çevreye uyum sağlamalarına yani adaptasyona neden olur.

Görsel 4.1: Mantarlarda varyasyon

Tartışalım

Bazı türlerin (dinozor, mamut vb.) neden yok olduğunu sınıfınızdaki arkadaşlarınızla tartışınız.

Adaptasyon, canlı türlerinin yaşama ve üreme şansını artıran kalıtsal özelliklerdir. Örneğin DDT, böcek ilacıdır. Ancak DDT'nin ilk kullanıldığı bölgede hemen hemen bütün sinekler, ilacın etkisiyle ölmüştür. Bununla beraber pek az sayıda birey, sahip olduğu varyasyonlardan dolayı DDT'den zarar görmemiştir. Bu bireyler DDT'li ortamlarda yaşama ve üreme şanslarını artırdıklarından o bölgede dayanıklı bireylerin sayısı sonraki yıllarda artmıştır. İlerleyen zamanlarda ise DDT'ye dayanıklı sinekler yaşamaya devam etmiştir. Dayanıklı varyasyona sahip sinekler, başlangıçta çok az sayıda olduğu hâlde DDT kullanılan bölgelerde sinek toplulukların hemen hemen tümünü meydana getirmiştir. DDT'nin kullanılması, dayanıksız sinekler yerine dayanıklı sineklerin yaygın hâle gelmesini sağlayan seçici bir faktör olmuştur. Yani DDT, bir çevre faktörü olarak ortaya çıkmış, seçilime sebep olmuştur.

Bir türün bireyleri arasındaki kalıtsal varyasyonlar üzerinde de biraz durmalıyız. Çünkü doğal seçilimin işlemesi için her şeyden önce aynı türe ait bireyler arasında farklı kalıtsal özellikler taşıyan bireylerin bulunması gerekir.

Bir canlının sahip olduğu bütün kalıtsal özelliklerin eşey hücreleri yoluyla nesilden nesile geçtiğini biliyoruz. Eşey hücrelerinin çekirdeklerindeki kalıtımı aktaran maddenin kimyasal yapısında radyasyon, X ışınları, UV ışınlar, kimyasal maddeler, virüsler gibi sebeplerle değişiklikler meydana gelebilir. Bu olaya **mutasyon** denir (Görsel 4.2).

Görsel 4.2: Yılanda mutasyon

Eşey hücrelerinin kalıtım materyalindeki mutasyonlar, yeni nesildeki bireyler arasında farklı özellikler oluşturabilir. Doğal seçilim, bu varyasyonları, farklı çevrelerde o çevrenin şartlarına göre değişik şekillerde seçerek değişime yön verir ve yeni türlerin gelişmesine yol açar. Canlılardaki değişimin, belirli bir türde, çok uzun zaman boyunca eklenen veya çıkarılan birçok küçük adaptasyon sonucu oluştuğu düşünülebilir.

Sonunda bir grup birey, aynı türün diğer bireylerinden o derece farklı hâle gelir ki diğer bireylerle verimli döller oluşturamaz ve bu bireyler yeni bir tür olarak kabul edilir.

B. Bakterilerin Antibiyotiklere Karşı Direnç Geliştirmesi

Direnç kelimesi, dayanma ve karşı koyma gücü anlamına gelmektedir. Antibiyotik direnci, antibiyotik denilen maddeye dayanabilmek ya da karşı koyabilmek ve antibiyotiklerden etkilenmemektir. Küf mantarları ve bazı canlılar tarafından üretilen antibiyotik denilen penisilin, streptomisin, teramisin gibi kimyasal maddeler, insanlarda hastalık yapan bakteri türlerinin yok edilmesi için kullanılmaktadır.

Ancak bakteri türlerindeki kalıtsal varyasyonlar, antibiyotiklere karşı direncin oluşmasına neden olmaktadır. **Antibiyotik direnci**, bir bakterinin antibiyotiklerin etkilerine karşı durabilme yeteneğidir. Özellikle penisilinin keşfinden sonra bakteriler antibiyotiklere karşı hızla direnç geliştirmeye başlamıştır.

Peki, bu direnç nasıl oluşur?

Yaşamın her alanında gördüğümüz bakteriler, antibiyotik direncini temelde 4 ana mekanizmayla oluşturur:

- Bakterinin hücre zarı; antibiyotikleri içeri almayan, geçirgenliği olmayan bir bariyer oluşturur.
- Bakteri, antibiyotiklerin bağlandığı reseptörleri değiştirir. Böylece bakteri üzerinde bağlanacak yer bulamayan antibiyotik, o bakteriye karşı işlevsiz kalır.
- Bakteri, antibiyotik ona zarar vermeden önce antibiyotiği işlevsiz kılacak enzimler üretir.
- Antibiyotik, bakteri tarafından özelleşmiş mekanizmalarıyla hücre dışına atılır.

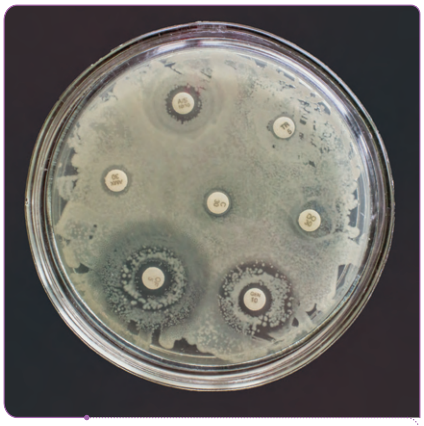
Antibiyotik direncine sahip bakteriler antibiyotik varlığında, dirençli olmayan bakterilere göre avantaj sağlar. Bunun sonucunda, belirli bir süre sonra ortamdaki bakterilerin çoğu o antibiyotiklere karşı doğal olarak seçilerek direnç sahibi olur. Ayrıca, bakteriler dirence neden olan genetik özelliklerini farklı bakteri türlerine de aktarabilir. Bu durum antibiyotik direncinin bakteriler arasında yaygınlaşmasına sebep olur. Bilim insanları dirençli bakterileri yok etmek için yeni moleküller üzerinde çalışsalar da elde edilen veriler, bakterilerdeki antibiyotik direncinin hızla arttığını ve dirençli bakterilerin yakın gelecekte çok büyük sorunlara neden olacağını göstermektedir. Öyle ki yakın gelecekte enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde antibiyotikler tamamen etkisiz hâle gelebilir ve basit yara enfeksiyonları bile ölümle sonuçlanabilir. Bakterilerin hangi antibiyotik çeşidine direnç gösterdiklerini anlamak için yapılan testlere **antibiyogram testi** adı verilir (Görsel 4.3). Bu test sayesinde uygun antibiyotik kullanılır. Antibiyotik direnci oluşumunu azaltmak için hekimlerin verdiği reçete bilgilerine göre ve belirtilen miktarlarda tüketmeliyiz. Ayrıca doktor bilgisi dışında antibiyotik tüketilmemelidir.

C. Herbisit ve Pestisitlerin İnsan ve Çevre Üzerine Etkileri

Pestisit terimi; insektisit (böcek öldürücü), herbisit (yabani ot öldürücü), fungusit (mantar öldürücü), rodentisit (kemirgen öldürücü) vb. şeklinde sınıflandırılan kimyasal maddelerin tümünü kapsamaktadır.

Araştıralım

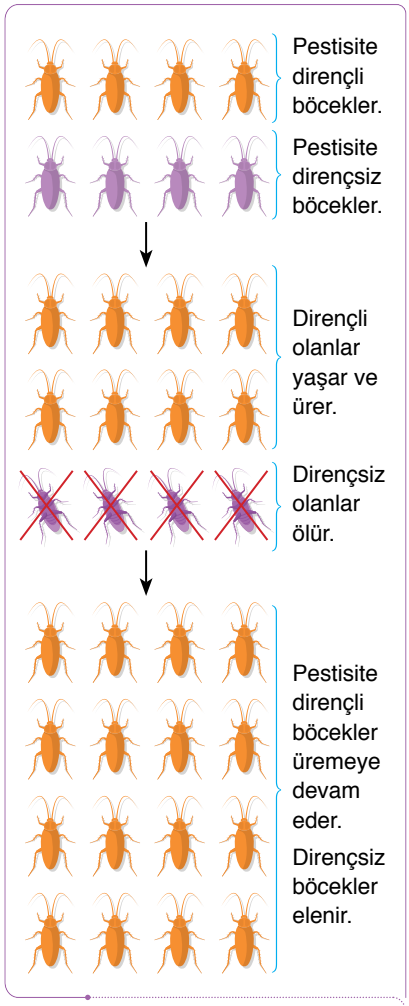
Bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç kazanmalarının nedenlerini araştırınız. Edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla değerlendirip bir sonuç çıkarınız. Sonuçları rapor hâline getirip sınıfınızdaki panoya asınız.



Görsel 4.3: Antibiyogram testi

Tartışalım

Herbisit ve pestisitler zamanla neden etkilerini kaybeder? Bu sorunun cevabını araştırınız. Araştırma sonuçlarını sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.



Görsel 4.4: Böceklerde pestisit direnci oluşumu

Pestisitlerin kullanımı çok eski tarihlere dayanmaktadır. MÖ 1500'lere ait bir papirüs üzerinde bit, pire ve eşek arılarına karşı insektisitlerin hazırlanışına dair kayıtlar bulunmuştur. 19. yy.da zararlılara karşı inorganik pestisitler kullanılmış, 1940'lardan sonra pestisit üretiminde organik kimyadan faydalanılmış, DDT, insektisit ve herbisitler keşfedilmiştir. Bugüne kadar 6000 kadar sentetik bileşik patent almasına karşın, bunlardan 600 kadarı ticari kullanım imkânı bulmuştur. Ülkemizde tarımı yapılan kültür bitkileri, sayıları 200'ü aşan hastalığın ve zararlının tehdidi altındadır. Bunlarla etkili şekilde mücadele edilmediği için toplam ürünün yaklaşık 1/3'ü kayba uğramaktadır. Bu kayıpların önlenmesi bakımından pestisitlerin daha uzun yıllar büyük bir kullanım potansiyeline sahip olacağı kuşkusuzdur. Pestisit kullanımında en yoğun kullanılan gruplar sırasıyla herbisitler, insektisitler ve fungusitlerdir. Bununla beraber, yoğun ve bilinçsiz pestisit kullanımının sonucunda gıdalarda, toprak, su ve havada kullanılan pestisitin kendisi ya da dönüşüm ürünleri kalabilmektedir. Pestisit kalıntılarının önemi, 1948 ve 1951 yıllarında insan vücudunda organik klorlu pestisit kalıntılarının bulunmasıyla anlaşılmıştır. Pestisitlerin bazıları zehirlilik açısından bir zarar oluşturmazken bazılarının kanserojen, sinir sistemini etkileyici hatta mutasyon oluşturucu etkileri saptanmıştır.

Pestisit kalıntılarının en önemli kaynağı gıdalardır. Bu nedenle 1960 yılında FAO (Gıda Tarım Örgütü) ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü) "Pestisit Kalıntıları Kodeks Komitesi"ni kurmuş ve bu komitenin çalışmaları sonucu konu ile ilgili tanımlamalar yapılmış, bilimsel araştırma verilerine dayanılarak gıdalarda bulunmasına izin verilen maksimum kalıntı değerleri saptanmıştır. Ülkemizde de tarımsal ürünlerde kullanılan pestisitlerin gıdalarda bulunması müsaade edilebilir maksimum miktarları, ürün ve ilaç bazında belirlenmiştir. Bu bilgilere Tarım ve Orman Bakanlığının genel ağ sayfasından kolaylıkla ulaşmak mümkündür.

Pestisitlere Karşı Dayanıklılık Oluşumu

Mücadelede kullanılan pestisitlere karşı zararlıların dayanıklılık kazandıkları bilinmektedir (Görsel 4.4). Dayanıklılığın pratikteki anlamı, hastalıkların ve zararlıların daha önce kendilerine karşı başarıyla uygulanan zehirli maddelerden artık etkilenmedikleridir. Tarımsal ürün zararlılarında meydana gelen çeşitli tipteki dayanıklılıklar sonucunda pestisitin etkinliğindeki azalmayı aşmak için daha yüksek dozlarda uygulama gerekmekte, bu da hem maliyetin artmasına ve ürün veriminde azalmalara yol açmakta hem de

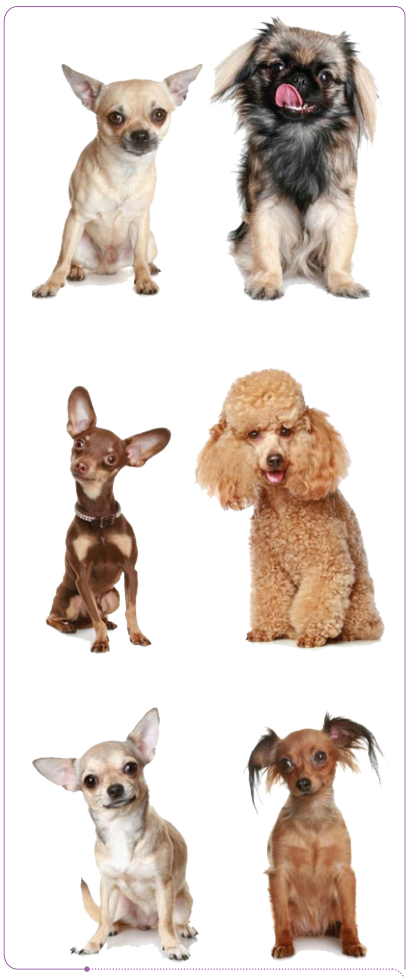
4. Ünite Ölçme ve Değerlendirme Etkinliği-1

üründe ve çevrede kalıntı miktarını ve kirliliği artırmaktadır. Bu nedenle pestisit kullanımı engellenmeli, daha çok biyolojik mücadele yöntemi tercih edilmelidir.

4.1.2. Tarım ve Hayvancılıkta Yapay Seçilim Uygulamaları

İnsanlar, tarih boyunca belirli özelliklere sahip hayvanların ve bitkilerin kendi aralarında döllendirilmesiyle istenen özellikteki yavruların doğma şansının artırılabileceğini biliyorlardı. Bir türe ait canlılarda insanlar tarafından istenilen bazı özelliklerin seçilmesi ve kontrollü olarak yetiştirilmesine **yapay seçilim** denir.

Bilim insanları, konu üzerinde çok uzun yıllar çalışmış ve pek çok evcilleştirme işlemi gerçekleştirmişlerdir. Yapay seçilim, canlılarda istenilen özelliklerin insanlar tarafından seçilip üretilmesidir. Yapay seçilimin birçok uygulaması vardır. Örneğin günümüzdeki bütün evcil köpekler, *Canis lupus familiaris* (Kanis lupus familiaris) ve *Canis lupus dingo* (Kanis lupus dingo) denilen iki alt türe aittir. Bunların tümü, vahşi kurt olarak bildiğimiz *Canis lupus* türünün alt türleridir. Günümüzde görülen çok farklı köpek çeşitliliği, insanların seçimleri nedeniyle ortaya çıkmıştır (Görsel 4.5). Yabani lahananın (*Brassica oleracea*-brassika olarasea) yapay seçilimi sonucu, insanlar bu lahananın farklı özelliklerini seçmiş ve brokoli, karnabahar, Brüksel lahanası, karalahana, kıvırcık lahana, yer lahanası gibi çeşitlerini elde etmiştir (Görsel 4.6). İnsanlar tarafından yapay olarak seçilmiş ve yetiştirilmiş hayvan ve bitki türleri **kültür** olarak adlandırılır.



Görsel 4.5: Köpek çeşitleri

Yediğimiz etler, genellikle en kaliteli ete sahip inek, koyun vb. hayvanların, sürekli kaliteli ete sahip olan diğer bireylerle çiftleştirilmesi sonucu elde edilmektedir. Dünyanın en ünlü atlarından olan İngiliz atları, Arap atlarının sürekli olarak en hızlı ve güçlülerinin yapay olarak seçilmesi sonucunda elde edilmiştir. Bu seçilim, günümüzde de yapay olarak sürdürülmektedir.

Yapay seçilimin pek çok kullanım alanını görebiliyoruz. Örneğin yapay seçilim, bakteriler arasında da uygulanarak bazı ilaçlar üretilebilmektedir.

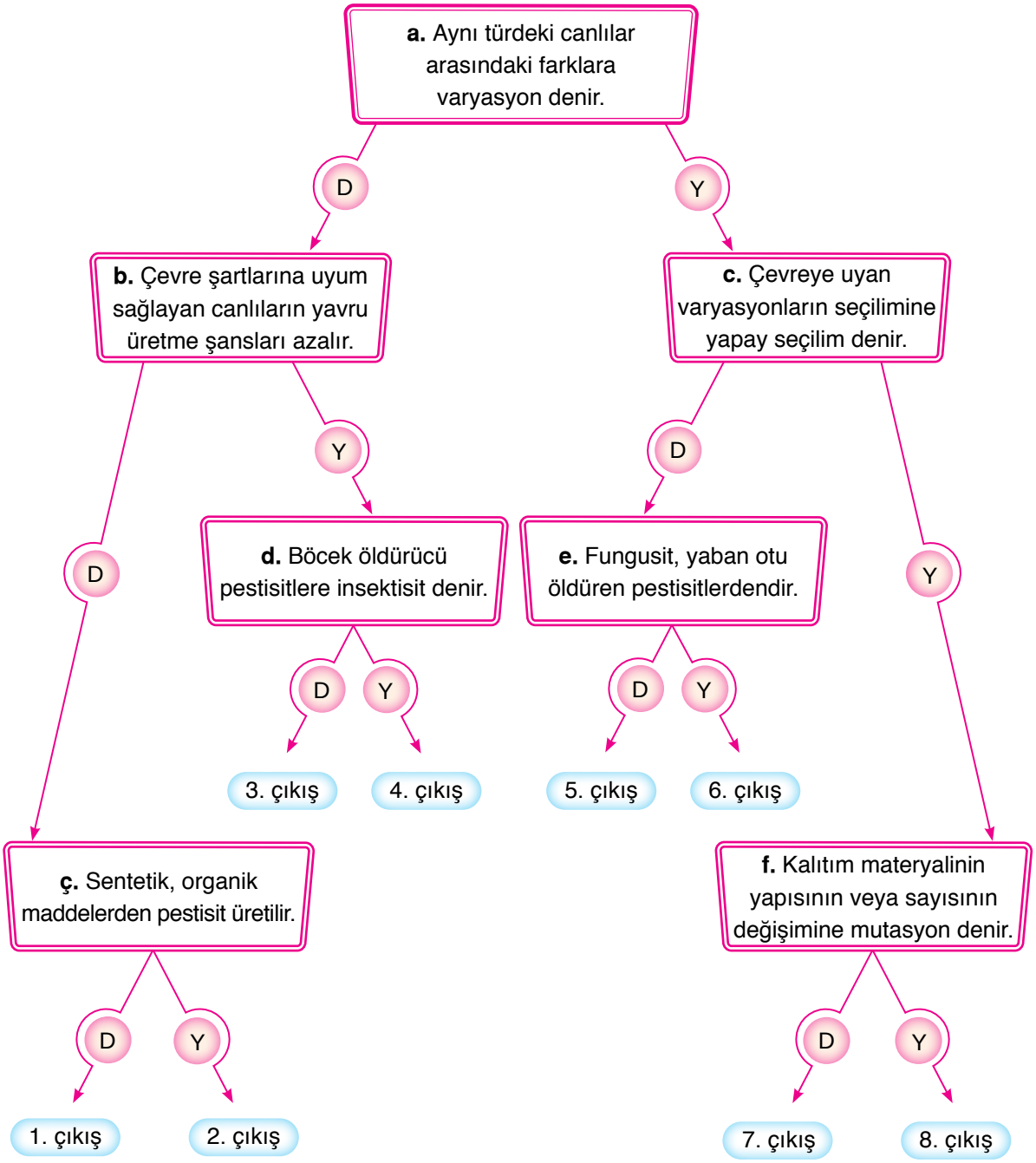
Yapay seçilim, tür içi çeşitliliği azaltır. Bu nedenle de yapay seçilimin hastalıklara, salgınlara ve bazı zayıf özelliklere sebep olabilen olumsuz etkileri de görülebilir. Örneğin sürekli bol süt veya et vermesi yönünde seçilim yapılan bir canlının, doğada serbest bırakıldığında yaşamak için zorluklar çektiği görülür. Bu nedenle yapay seçilimin uygulandığı yerlerde, çok ciddi bir bakım ve takip gerekir.

Görsel 4.6: Yabani lahanada yapay seçilim örnekleri

4. Ünite Ölçme ve Değerlendirme Etkinliği-2

1. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

Aşağıda birbiri ile bağlantılı doğru (D) ya da yanlış (Y) ifadeler içeren tanılayıcı dallanmış ağaç tekniğinde bir soru verilmiştir. "a"dan başlayıp cümlelerin doğru ya da yanlış olduğuna karar vererek ilgili ok yönünde ilerleyiniz. Her cevap bir sonraki aşamayı etkileyecektir. Vereceğiniz cevaplarla doğru çıkışı bulunuz.



4. ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

A. Aşağıdaki çoktan seçmeli sorularda doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. **DENEY 1:** Kirliliğin olmadığı, bu nedenle de açık renkli likenlerin ağaç gövdelerini kapladığı kırsal bir ekosistemdeki doğal kelebek popülasyonunun %95'inin beyaz renkli olduğu saptanıyor. Bu ortama kanat rengi siyah ve beyaz olan kelebeklerden eşit sayıda bırakıldığında kuşların yakaladığı kelebeklerin %86'sının siyah renkli, %14'ünün beyaz renkli olduğu görülüyor.

DENEY 2: Endüstriyel kirlilik nedeniyle likenlerin gelişemediği ve ağaç gövdelerinin fabrika bacalarından çıkan isle koyulaştığı şehre yakın bir ekosistemde ise aynı türe ait kelebek popülasyonunun %85'inin siyah renkli olduğu saptanıyor. Bu ortama kanat rengi siyah ve beyaz olan kelebeklerden eşit sayıda bırakıldığında, kuşların yakaladığı kelebeklerin %80'inin beyaz renkli, %20'sinin siyah renkli olduğu görülüyor.

Bu deneylerle ilgili olarak

I. Çevre koşullarındaki değişiklikler, kanat renginden sorumlu gende mutasyona yol açmıştır.

II. Kirliliğin olmadığı ortamdaki kelebek popülasyonunun yaklaşık %5'inin siyah kanatlı olması türün kalıtsal özelliğidir.

III. Popülasyonlarda farklı kanat rengine sahip bireylerin oranının değişmesinin nedeni doğal seçilimdir.

ifadelerinden hangileri söylenebilir?

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

2. **Bukalemunun renk değiştirmesi, kurak bölge bitkilerinin yapraklarının diken şeklinde olması gibi özellikler aşağıdakilerden hangisi ile ilgilidir?**

A) Modifikasyon B) Adaptasyon
C) Doğal seçilim D) Mayoz bölünme
E) Eşeyli üreme

3. **Bir bitkinin aşağıdaki özelliklerden hangisine sahip olması, kurak bir ortamda yaşaması ile ilgili <u>değildir</u>?**

A) Yaprakların geniş olması
B) Tüylü yapraklara sahip olması
C) Gövdesinin kısa olması
D) Kalın kütikula bulundurması
E) Dikensi yapraklar bulundurması

4. Sıcak bölgelerde yaşayan tilkiler, soğuk bölgelerde yaşayanlara göre daha uzun kulaklı ve uzun kuyrukludur.

Bilim insanlarına göre bu durum aşağıdakilerden hangisi ile açıklanmaktadır?

A) Çevrede meydana gelen değişmelerin, genetik yapıyı etkilememesi
B) Çevre etkisiyle kazanılan özelliklerin, yeni nesillere aktarılması
C) Çevreye uyum sağlayan canlıların yaşama şansının artması
D) Kullanılan organların zamanla gelişmesi
E) İzolasyonların çeşitliliğe neden olması

5. Kirlilik oranına bağlı olarak ortamlara bırakılan ve yakalanan böceklerin sayıları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Ortam	Açık renkli böcek		Koyu renkli böcek	
	Bırakılan	Yakalanan	Bırakılan	Yakalanan
Bölge 1 (Kirlilik fazla)	308	154 (%50)	128	44 (%34)
Bölge 2 (Kirlilik az)	400	20 (%5)	220	22 (%10)

Verilen tabloya göre

I. Kirliliğin artması koyu renkli böceklerin seçilimini sağlar.

II. Kirliliğin azalması açık renkli böceklerin yakalanmasını kolaylaştırır.

III. Kirliliğin artması koyu renkli böceklerin yakalanma oranını azaltır.

yorumlarından hangileri yapılabilir?

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

6. Mısır, 7000 yıl önce New Mexico'da yerliler tarafından bulunmuştur. Boyu 10-15 cm uzunluğundadır. Yerliler ürettikleri mısırların içinden uzun boyluların tohumlarını alarak ekmişler ve uzun boylu mısırların çoğalmasını sağlamışlardır.

Bu işlem aşağıdakilerden hangisi ile açıklanabilir?

A) Kalıtsal varyasyon

B) Yapay seçilim

C) Doğal seçilim

D) Modifikasyon

E) İzolasyon

7. Bilinçsiz ve yoğun olarak kullanılan pestisitlerin kendisi ya da kalıntısı

I. İçme sularında

II. Gıdalarda

III. Solunan havada

ifadelerinden hangilerinde bulunabilir?

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

8. Bakterilerin antibiyotik direncinin oluşmasında aşağıdaki faktörlerden hangisi etkili olmaz?

A) Bakteri hücre zarının bariyer olarak iş görmesi

B) Bakterinin antibiyotiklerin bağlandığı reseptörleri değiştirmesi

C) Bakteri tarafından antibiyotiği işlevsiz kılacak enzimlerin üretilmesi

D) Antibiyotiğin bakteri tarafından özel bir mekanizma ile dışarı atılması

E) Bakterinin plazmitlerini kaybetmesi

4. Ünite Sonu Değerlendirme Çalışmaları-3

BÖLÜM VE ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

1. ÜNİTE

1. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

A.	a. D	b. Y	d. Y	4. çıkış

B.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	D	Y	D	Y	D	D	Y	D	Y	D

C.	
1. azotlu organik baz, beş karbonlu şeker, fosfat	**6.** timin
2. DNA, RNA	**7.** yarı korunumlu
3. deoksiriboz, riboz	**8.** iki, üç
4. mRNA	**9.** 1/2
5. helikaz, DNA ligaz, DNA polimeraz	**10.** glikozit

2. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

A.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	D	D	Y	Y	D	Y	Y	Y	D	D

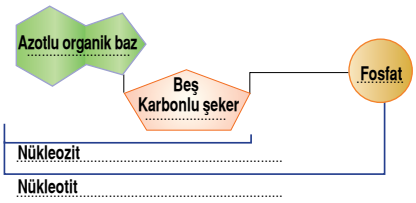
C.	
1. ribozom	**6.** kök hücreler
2. model organizma	**7.** DNA ligaz
3. AUG	**8.** transkripsiyon
4. GGC, AAA, CUC, GUC	**9.** UAA , UAG, UGA
5. metiyonin	**10.** GDO, transgenik organizma

1. ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

A.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	A	B	E	D	D	E	B	D	C	C

11	12	13	14	15	16	17	18	19
C	E	C	A	D	D	A	C	E

B.		
	1	Nükleik asitleri oluşturan yapı birimlerine nükleotit denir. Yapısında azotlu organik baz, beş karbonlu şeker ve fosfat bulunur.
	2	Benzer yönleri: protein sentezinde görev yapmaları, 5C'lu şeker bulundurmaları, nükleotitlerden oluşmaları.
		Farklı yönleri: DNA'nın çift zincirli, RNA'nın tek zincirli olması; DNA'da timin, RNA'da urasil olması; DNA'da deoksiriboz, RNA'da riboz şekeri bulunması.
	3	Genetik mühendisliği; istenilen özellikteki genin bir canlıdan başka bir canlıya aktarılmasıyla uğraşırken istenilen amaca yönelik ürün elde edilmesi biyoteknolojinin alanıdır.
	4	Besin alerjisi endişesi, sağlığa zararının olabileceği ve dinî kaygılar olabilmektedir.

	5	

2. ÜNİTE

1. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

A.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	D	D	Y	Y	D	Y	D	Y	Y

10	11	12
Y	D	D

B.

1. ATP
2. dehidrasyon, hidroliz
3. sitoplazma, mitokondri, kloroplast
4. fosforilasyon
5. fotofosforilasyon, oksidatif fosforilasyon, substrat düzeyinde fosforilasyon
6. ısı
7. ADP
8. adenin, riboz, fosfat
9. ekzergonik, endergonik
10. fosfat molekülleri

2. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

A.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Y	Y	D	D	Y	D	D	Y	Y	Y

B.

1. grana, stroma
2. ATP, NADPH
3. ışık şiddeti, ışığın dalga boyu, sıcaklık
4. klorofil
5. minimum yasası
6. ribuloz bifosfat
7. kloroplast
8. palizat, sünger
9. spektrofotometre

3. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

A.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	D	Y	D	D	D	Y	D	Y	Y	D

B.

1. bakteriler, arkeler
2. kemosentez
3. NH_3, Fe, NH_4
4. oksidasyon
5. inorganik maddelerdir
6. nitrifikasyon
7. $2HNO_3$
8. denitrifikasyon
9. kimyasal
10. azot

4. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

A.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Y	Y	D	Y	D	Y	Y	D	D	Y

B.	**1.** glikoliz, Asetil-CoA oluşumu, Krebs, ETS **2.** krista, matriks **3.** glikojen **4.** CO_2 , etil alkole **5.** ATP sentaz	**6.** etil alkol, laktik asit **7.** mitokondri **8.** laktik asit **9.** asetil CoA **10.** CO_2, H_2O, NH_3

2. ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

A.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	E	A	B	D	A	A	B	A	A	C

11	12	13	14	15	16	17
B	E	C	E	B	D	E

B.

1 Ekzergonik reaksiyon: Enerji açığa çıkaran reaksiyonlara denir. Örneğin oksijenli solunum ve fermantasyon.

Endergonik reaksiyon: Gerçekleşmesi için enerjiye ihtiyaç duyulan tepkimelerdir. Örneğin aktif taşıma, sinirsel iletim.

2 Çünkü ışıktan bağımsız reaksiyonlar ışığa bağımlı reaksiyonlardan gelen maddelere ihtiyaç duyar. Bu nedenle aydınlık ortamlarda gerçekleşir. Ayrıca ışık bu tepkimelerde görev yapan enzimleri aktifleştirir.

3 Bunlara karotenoitler denir. Klorofilin soğuramadığı farklı dalga boylarındaki ışığı emerek klorofilin zarar görmesini engeller.

4 Glikoz kademeli olarak kullanıldığından yaşam normal devam eder.

5 Tilakoit boşlukta biriken hidrojenlerin derişimi fazlalaşır (pH düşer). Bu da ATP sentaz aracılığı ile hidrojenlerin stromaya aktarılması sonucunda ATP üretilmesine neden olur. Bu olaya kemiosmosiz denir.

6

Özellikler	Oksijenli solunum	Fotosentez
Sadece hücrelerinde klorofil bulunan canlılar yapar.	–	+
Enzimler görev yapar.	+	+
Mitokondri organeli kullanılır.	+	–
Gece gündüz devam eder.	+	–
Atmosferdeki karbondioksidin azalmasına neden olur.	–	+
Prokaryot veya ökaryot canlılarda görülebilir.	+	+
ATP sentezi yapılır.	+	+
Tepkimeleri ekzergoniktir.	+	–
Organik maddeler tüketilir.	+	–

7 t_1-t_2: Solunum hızı fotosentez hızından yüksektir.

t_2-t_4: Solunum hızı fotosentez hızından düşüktür.

t_4-t_5: Solunum hızı fotosentez hızından yüksektir.

3. ÜNİTE

1. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

A.	**a. Y**	**c. D**	**e. Y**	**6. çıkış**

2. Bölüm Sonu Değerlendirme Çalışmaları Cevap Anahtarı

A.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
	D	Y	Y	D	D	Y	D	D	Y	Y

B.	**1.** kohezyon gerilim **2.** minimum kuralı **3.** nodül, mikoriza **4.** mutlak gerekli **5.** basınç akış teorisi **6.** su, mineraller **7.** terleme **8.** hidatodlar **9.** nem **10.** taşıma sistemi (iletim doku)

3. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

A.	**a. D**	**b. D**	**ç. D**	**1. çıkış**

3. ÜNİTE SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
A	A	E	E	C	B	E	E	D	E

11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
E	B	A	B	C	E	C

4. ÜNİTE

1. BÖLÜM SONU DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI CEVAP ANAHTARI

A.	**a. D**	**b. Y**	**d. D**	**3. çıkış**

4. ÜNİTE DEĞERLENDİRME SORULARI CEVAP ANAHTARI

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
E	B	A	C	D	B	E	E

TERİMLER VE KAVRAMLAR SÖZLÜĞÜ

A

adaptasyon : 1. Canlının yaşam alanındaki çevre koşullarına uyumu. 2. Uyum, uyma, alışma, uyarlama, uyarlanma.

amonyak : Başlıca amino asitlerin deaminasyonundan ve nükleik asit, aminler gibi diğer kaynaklardan oluşan suda çözünen, oldukça zehirli atık ürün, NH_3.

ayıraç : Belirli bir kimyasal tepkimenin olmasını sağlayan tepkin.

B

bağışıklık : Bir organizmada, mikroorganizmalara ve bunların ürettiği maddelere karşı korunmayı sağlayan doğal ya da sonradan kazanılmış direnç.

bakteri : Hücre zarının üzerinde bir hücre duvarına sahip olan, sitoplazmalarında çıplak DNA'ları bulunan, gerçek anlamda hücre çekirdekleri bulunmayan prokaryot mikroorganizmalar.

Ç

çenek : Embriyonun bir kısmını oluşturan, bazı bitkilerde besin deposu görevini yapan ve ilk oluşan yapraklar.

çürüme : Canlı organizmanın ölümünden sonra mikrobik, kimyasal ve fiziksel etmenlerin etkisiyle bozulup bileşiklerine ayrılması.

D

denatürasyon : Bir proteinin ikincil, üçüncül veya dördüncül yapılarının bozularak birincil yapılarına dönüşmesi ve böylece biyolojik etkinliğini kaybetmesi.

difüzyon : Molekül ya da iyonların, çok yoğun olduğu ortamdan daha az yoğun oldukları ortama doğru yaptıkları geçiş hareketi.

dormansi : Tohumun ana bitkiden ayrılıp çimleninceye kadar geçen süreçte embriyonik faaliyetlerin sıfıra yakın olduğu dönem.

E

embriyo : Yumurtadan meydana gelen, yumurta zarı, yumurta kabuğu ile korunan ya da vücudun içinde bulunan ve gelişmenin erken evrelerinde olan genç organizma.

enzim : Canlı hücrelerce sentezlenen ve biyolojik olayları seçimli olarak katalizleyen, genelde protein yapısında polimer madde.

eşey hücresi : 1. Dişi ya da erkek eşey organlarında meydana gelen ve birleşerek döllenmiş yumurtayı (zigot) oluşturacak dişi hücre (yumurta) ya da erkek hücre (sperm). 2. Gamet.

F

fermantasyon : 1. Bakteri ve mantar hücrelerinin oksijensiz ortamda organik besinleri parçalayarak enerji açığa çıkarması. 2. Mayalanma.

fosil : Jeolojik oluşumlar arasında kalmış, tarih öncesi organizmalardan geri kalmış, kömür, petrol, iskelet izi gibi kalıntıların toplu adı.

fotootrof : Işık enerjisini kullanarak ihtiyacı olan organik besin maddelerini üretebilen canlılar.

G

galvanometre : Elektrik akımındaki değişimin manyetik alan oluşturması prensibiyle çalışan bir tür test cihazı.

H

haploit : Tek bir kromozom takımı kapsayan hücre ya da organizma. Monoploit.

heterotrof : Kendi besinini üretemediği için, gerekli organik maddeleri dışardan almak zorunda olan organizma.

hidroliz : Su ile parçalanma; bir molekülün kovalent bağlarının su ile parçalanarak ayrılan kısımların birine H ve diğerine OH grubunun eklenmesi.

İ

interferon : Virüslere karşı üretilen, bağışıklık sağlayan kimyasal madde.

izolasyon : 1. Yalıtım. 2. İki ortam arasında ses ve ısı geçişinin önlenmesi için geliştirilen yöntem ve tekniklerin tümü.

K

kambiyum : Çift çenekli bitkilerin köklerinin ve gövdelerinin kalınlaşmasını sağlayan meristem doku.

kodon : Özel bir amino asidi şifreleyen ve üç nükleotitten oluşan birim.

kohezyon : Maddenin kendi molekülleri arasındaki çekim kuvveti.

L

lam : Çeşitli preparatların hazırlanması ve mikroskobik incelemelerin yapılması için kullanılan belirli ölçütlerdeki cam malzeme.

lignin : Damarlı bitkilerde hücre duvarlarını sertleştirici, suda çözünmeyen kompleks bir bileşik.

M

mikropil : Ovaryumun tepesinde, polen tüpünde ilerleyen spermlerin içeri girdiği küçük delik ya da kanal.

müsilaj : Suyla temas ettiklerinde su alarak şişen, mide-bağırsak kanalında sindirilemeyen ve emilemeyen bitkisel kaynaklı heterojen polisakkaritlerin genel adı.

N

nodül : Baklagil köklerinde azot bağlayan bakterilerin ortak yaşamaları sonucu köklerde meydana gelen yumru şeklindeki yapılar.

O

oksidasyon : 1. Elektronların bir atom ya da molekülden ayrılmasını sağlayan kimyasal tepkime. 2. Yükseltgenme. 3. Bir kimyasal maddenin oksijen ile birleşmesi ya da oksijen etkisi altında parçalanması olayı, yanma.

Ö

ökaryot : Çekirdeği ve zarlı organelleri olan gelişmiş yapıdaki hücre.

P

pektin : Özellikle bitki hücrelerinin orta lamelinde bulunan büyük moleküllü, karbohidrat karışımı maddeler.

plazmit : Bakterilerde kendini eşleme yeteneği olan, genetik mühendisliği çalışmalarında diğer canlılara gen aktarmada taşıyıcı olarak kullanılan, ana DNA'dan farklı halkasal DNA parçaları.

prokaryot : Küçük ve basit yapılı hücreler olup DNA veya RNA materyali bir zarla çevrili çekirdek içerisinde olmayan canlıları içine alan bir âlem.

protein : Canlıda yapı elemanı, hormon, enzim, elektron ya da madde taşıyıcısı, desteklik gibi görevleri yapan, amino asitlerin birbirine peptit bağlarıyla bağlanması sonucu oluşan, polipeptit dizilerinin tek başlarına ya da diğer moleküllerle birleşerek ipliksi, tabakalı ya da küresel şekillerde (primer, sekonder, tersiyer, kuaterner yapı) bulunabilen, tüm hücre faaliyetlerine katılan bir biyolojik polimer grubu.

R

reseptör : Hücre içinde ya da üzerinde hormon, ilaç, virüs vb.nin özel olarak bağlandığı ve bazı hâllerde özel bir hücre cevabının verilmesine yol açan veya bunların hücreye girmesini sağlayan, protein, glikoprotein ya da oligosakkaritlerden oluşan yer veya yapı.

S

sekonder : İkincil, ikinci derecede önemli olan.

selüloz : Bitki hücre duvarının esas yapısını oluşturan ve glikozlardan yapılmış bir polisakkarit.

süberin : Mantar özü.

T

tohum taslağı : Çiçeğin yumurtalığında embriyoyu meydana getirecek yapı.

tanen : Birçok bitkisel maddede bulunan, deri tabaklamada, hekimlikte kullanılan, tadı buruk bir madde.

V

varyasyon : 1. Bazı karakterler bakımından farklı olma, orta durumdan sapma. 2. Esas tür tipine göre belirli karakterlerde görülen ayrılıklar.

vasküler kambiyum : İletim demetleri arasında yer alan yanal meristem.

Y

yumurta : Dişi eşey hücresi.

Z

zar : Hücreyi ve çoğu organelleri çevreleyen lipit ve proteinlerden oluşan yapı.

KAYNAKÇA

Ataş, E. *Bitkiler Morfolojisi Laboratuvarı*. Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi Yayınları, 2009.

Atıcı, Tahir, Nilay Keskin Samancı ve Çiğdem Alev Özel. *Bitki Anatomisi ve Morfolojisi*. Ankara: Palme Yayıncılık, 2005.

Bahçeci, Zafer. *Moleküler Biyoloji*. Kırşehir: Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Yayınları, 1997.

Bahçeci, Zafer ve İrfan Batat. *Genetik*. Kırşehir: Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Yayınları, 1998.

Biyoloji Dersi Öğretim Programı (Ortaöğretim 9, 10, 11 ve 12. Sınıflar). Ankara: MEB, 2018.

Campbell, N. A., Lisa Urry, Michael Cain, Steven Wasserman, Peter Minorsky, Orr R. B. *Campbell Biyoloji*. çev.: Ertunç Gündüz. çev.: İsmail Türkan. Ankara: Palme Yayıncılık, 2022.

Demirsoy, Ali. *Kalıtım ve Evrim*, bs.: 13. Ankara: Meteksan A.Ş., 2005.

Gökmen, Sabri. *Genel Ekoloji*. Ankara: Nobel Yayınevi, 2007.

Graham, Linda E., James M. Graham ve Lee W. Wilcox. *Bitki Biyolojisi*. çev.: Kani Işık. Ankara: Palme Yayınları, 2004.

Kayalı, Halit, Güngör Şatıroğlu ve Mustafa Taşyürekli. *İnsan Embriyolojisi*, bs.: 6. İstanbul: Alfa Basım Yayın Dağıtım, 1992.

Keeton, William T. ve James L. Gould. *Genel Biyoloji 1*. çev.: Ertunç Gündüz, Ali Demirsoy ve İsmail Türkan. Ankara: Palme Yayınları, 2004.

Keeton, William T. ve James L. Gould. *Genel Biyoloji 2*. çev.: *Ertunç Gündüz, Ali Demirsoy ve İsmail Türkan. Ankara: Palme Yayınları, 2004.*

Kılınç, Mahmut ve H. Güray Kutbay. *Bitki Ekolojisi*. Ankara: Palme Yayıncılık, 2004.

Kocataş, Ahmet. *Ekoloji-Çevre Biyolojisi*. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları, 2006.

Ocakverdi, Hayrettin ve Yelda Güzel. *Deneysel Bitki Anatomisi ve Morfolojisine Giriş*. Ankara: Palme Yayıncılık, 2009.

Reece, Jane B., Lisa A. Urry, Michael L. Cain, Steven A. Wasserman, Peter V. Minorsky ve Robert B. Jackson. *Campbell Biyoloji*, bs.: 9. çev.: Ertunç Gündüz ve İsmail Türkan. Ankara: Palme Yayınevi, 2013.

Taiz, Lincoln ve Eduardo Zeiger. *Bitki Fizyolojisi*. çev.: İsmail Türkan. Ankara: Palme Yayınları, 2008.

Türkçe Sözlük. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları, 2011.

Urry, Lisa A. Michael L. Cain, Steven A. Wasserman, Peter V. Minorsky ve Rebecca Orr. *Campbell Biyoloji*, bs.: 9. çev.: Ertunç Gündüz ve İsmail Türkan. Ankara: Palme Yayınevi, 2022.

Ünsal, Narçin Palavan. *Genel Biyoloji Laboratuvarı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1990.

Yazım Kılavuzu. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları, 2012.

Yeni Rehber Ansiklopedisi. İstanbul: Türkiye Gazetesi Yayınları, 1994.

Yıldız, Kazım, Şengün Sipahioğlu ve Mehmet Yılmaz. *Çevre Bilimi*. Ankara: Gündüz Yayınları, 2007.

(Kitabın kaynakça bölümü Chicago Kaynakça Sistemi esas alınarak düzenlenmiştir.)

GENEL AĞ KAYNAKÇASI VE GÖRSEL KAYNAKÇA

Aşağıda verilen karekod ile genel ağ kaynakçasına, görsel kaynakçaya ve elektronik içerik görsel kaynakçasına ulaşabilirsiniz.