

## فصل ۱

- ۱- **راه انداز:** قسمتی از DNA است که آنزیم RNA پلی‌مراز به آن متصل شده و سبب می‌شود که آنزیم RNA پلی‌مراز رونویسی را از محل صحیح آغاز کند.
- ۲- **جایگاه آغاز رونویسی:** اولین نوکلئوتید رونویسی شونده از هر ژن را جایگاه آغاز رونویسی می‌گویند.
- ۳- **جایگاه پایان رونویسی:** تعدادی نوکلئوتید در انتهای ژن است که پس از رونویسی شدن این توالی، رونویسی پایان می‌یابد.
- ۴- **کدون:** هر سه نوکلئوتید متوالی در مولکول mRNA را که یک آمینواسید را رمز می‌کند، یک کدون می‌نامند.
- ۵- **آنتی‌کدون:** سه باز (نوکلئوتید) در حلقه‌ی میانی tRNA را که مکمل یکی از کدون‌های mRNA می‌باشد، آنتی‌کدون می‌گویند. نقش آنتی‌کدون مطابقت دادن یک آمینواسید با کدون مربوطه می‌باشد.
- ۶- **جایگاه A:** قسمتی از ریبوزوم است که tRNAهای حاوی آمینواسید در ابتدای ورود به ریبوزوم وارد آن می‌شوند.
- ۷- **جایگاه P:** قسمتی از ریبوزوم است که پس از حرکت ریبوزوم tRNAهای حاوی پپتید وارد آن می‌شوند و در آن مستقر هستند.
- ۸- **tRNA آغازگر:** اولین tRNA که در پروتئین‌سازی وارد ریبوزوم می‌شود، tRNAی آغازگر نام دارد. این tRNA حامل آمینواسید متیونین بوده و آنتی‌کدون آن UAC است.
- ۹- **عامل پایان ترجمه:** پروتئینی است آنزیمی که در مرحله‌ی پایان ترجمه وارد جایگاه A شده و با هیدرولیز پیوند بین آخرین tRNA و پلی‌پپتید، موجب جدا شدن آن‌ها از هم می‌شود.
- ۱۰- **mRNA ی اولیه:** در یوکاریوت‌ها mRNA ای که محصول مستقیم رونویسی است بالغ نمی‌شود و برای بالغ شدن آن باید، تغییراتی در آن صورت گیرد. به چنین mRNA ای، mRNA ی اولیه می‌گویند.
- ۱۱- **ژن‌های گسسته:** ژن‌هایی در یوکاریوت‌ها هستند که در آن‌ها بین بخش‌هایی از DNA که رونوشت آن‌ها ترجمه می‌شود، بخش‌هایی وجود دارد که رونوشت آن‌ها از mRNA ی اولیه حذف شده و ترجمه نمی‌شوند.
- ۱۲- **اینترون:** قسمت‌هایی از ژن‌های گسسته هستند که رونویسی می‌شوند ولی رونوشت آن‌ها از RNA ی رونویسی شده حذف می‌شوند.
- ۱۳- **اگزون:** قسمت‌هایی از ژن‌های گسسته هستند که رونوشت آن‌ها از RNA ی اولیه حذف نشده و در RNA ی بالغ وجود دارند.
- ۱۴- **اپراتور:** قسمتی از DNA است که پروتئین مهارکننده به آن متصل می‌شود و در روشن یا خاموش شدن یک ژن نقش اساسی را به عهده دارد.
- اپراتور:** قسمتی از DNA است که قبل از نقطه‌ی آغاز رونویسی قرار دارد و اتصال پروتئین مهارکننده به آن سبب جلوگیری از حرکت RNA پلی‌مراز و توقف رونویسی می‌شود.
- ۱۵- **مهارکننده:** پروتئین‌های بزرگی در پروکاریوت‌ها هستند که با اتصال به اپراتور مانع رونویسی می‌شوند.

۱۶- **ژن تنظیم کننده:** ژنی است که پروتئین مهارکننده را می سازد.

۱۷- **اپران:** مدلی است برای توصیف نحوه ی تنظیم بیان ژن در باکتری ها. هر اپران دارای دو بخش است: ۱- بخش تنظیمی (اپراتور و راه انداز) ۲- بخش ژن های ساختاری که شامل یک یا چند ژن ساختاری می باشد.

۱۸- **mRNA ی چند ژنی:** mRNA ای که محصول رونویسی از چند ژن مجاور هم بوده و رمز چند پلی پپتید را دارد. این mRNA فقط در پروکاریوت ها وجود دارد.

۱۹- **عامل تنظیم کننده:** ماده ای است که به پروتئین تنظیم کننده (مهارکننده ی یک اپران) متصل شده و آن را فعال یا غیر فعال می کند.

۲۰- **عوامل رونویسی:** گروهی از پروتئین ها هستند که در یوکاریوت ها وجود دارند و در کار شناسایی راه انداز و انجام رونویسی به آنزیم RNA پلی مراز کمک می کنند.

۲۱- **افزاینده:** قسمتی از DNA است که به کمک عوامل رونویسی متصل به آن سبب تقویت رونویسی می شود.

۲۲- **فعال کننده:** یکی از پروتئین های عوامل رونویسی است که با اتصال به افزاینده سبب فعال شدن عوامل رونویسی متصل به راه انداز و تقویت رونویسی می شود.

۲۳- **جهش:** هرگونه تغییر در ساختار DNA را جهش می نامند.

**جهش نقطه ای:** جهش هایی که در آن ها یک یا چند نوکلئوتید روی یک کروموزوم تغییر می یابد، جهش نقطه ای نام دارند.

**جهش جانشینی:** جهشی است که در آن یک نوکلئوتید یک ژن با نوکلئوتید دیگری عوض شده است.

**جهش تغییر چهارچوب:** جهشی است که در آن افزایش یا کاهش یک یا چند نوکلئوتید یک ژن، سبب تغییر همهی کدون ها می شود.

۲۴- **بیماری آلکاپتونوریا:**

آلکاپتونوریا نوعی بیماری ارثی است که در آن، ادرار افراد بیمار در صورت تماس با هوا سیاه رنگ می شود. علت سیاه شدن ادرار وجود ماده ای به نام اسید هموجنتیسیک است که در معرض هوا اکسید شده و ماده ی سیاه رنگی تولید می کند.

علت بیماری آلکاپتونوریا: نبودن آنزیم تجزیه کننده ی اسید هموجنتیسیک.

علامت بیماری آلکاپتونوریا: سیاه شدن ادرار پس از تماس با هوا.

۲۵- **برقراری ارتباط بین ژن و پروتئین با مطالعه روی آلکاپتونوریا:**

مطالعه ی بیماری آلکاپتونوریا به برقراری ارتباط بین ژن ها و پروتئین ها منجر شد. زیرا این بیماری از یک طرف با یک نقص ژنی و از طرف دیگر با یک نقص آنزیمی در ارتباط است:

آلکاپتونوریا نوعی بیماری ارثی است. بنابراین، علت آن نوعی نقص ژنی است.

علت بیماری، تجزیه نشدن اسید هموجنتیسیک است. بنابراین، علت آن نقص آنزیمی است.

مطالعه ی این بیماری توانست بین یک نقص ژنی و یک نقص آنزیمی ارتباط برقرار کند و به این ترتیب، سبب شکل گیری اندیشه های اولیه ی نظریه ی زیر شد:

«هر ژن مسئول ساختن یک آنزیم است»

## ۲۶- آزمایش بیدل و تیتوم (نظریه ی یک ژن- یک آنزیم):

قبل از بیدل و تیتوم، بیش تر آزمایش های ژنتیکی روی صفات قابل مشاهده، مانند ژن رنگ چشم مگس سرکه انجام می گرفت. ولی بیدل و تیتوم رویکرد جدیدی اتخاذ کردند و به مطالعه ی جهش های مربوط به ژن های کنترل کننده ی واکنش های مهم متابولیک پرداختند.

### روش مطالعه ی بیدل و تیتوم:

بیدل و تیتوم ابتدا به کمک پرتوی X در هاگ های کپک نورو سپورا کراسا، جهش ایجاد کرده و سپس هاگ های جهش یافته را در محیط کشت حداقل قرار دادند و مشاهده کردند که هاگ های جهش یافته، فقط در صورتی رشد می کنند که به محیط کشت حداقل ماده یا مواد خاصی افزوده شود که سلول های جهش یافته توانایی تولید آن را از دست داده اند. آن ها به این طریق پی بردند که در هر جهش یافته، ژن مربوط به کدام واکنش متابولیسمی، جهش یافته است.

۲۷- **محیط کشت حداقل:** محیط کشتی که فقط دارای مواد غذایی مورد نیاز جاندار غیر جهش یافته است، محیط کشت حداقل نامیده می شود.

**محیط کشت غنی شده:** محیط کشتی که علاوه بر نیازهای غذایی جاندار غیر جهش یافته، مواد مورد نیاز جاندار جهش یافته نیز به آن افزوده می شود، محیط کشت غنی شده نام دارد.

## ۲۸- مواد موجود در محیط کشت نورو سپورا:

(۱) انواع نمک ها (۲) کمی شکر (۳) ویتامین بیوتین (۴) آب

## ۲۹- دو ویژگی مطلوب نورو سپورا کراسا برای مطالعه ی بیدل و تیتوم:

۱- نورو سپورا نوعی قارچ هاپلوئید است. در جانداران دیپلوئید بسیاری از جهش ها نمی توانند مستقیماً سبب تغییر فنوتیپ بشوند. زیرا جهش در ژنوتیپ دیپلوئید (AA) سبب تبدیل آن به ژنوتیپ (Aa) می شود که فنوتیپ عادی را دارد. ولی جهش در جاندار هاپلوئید مستقیماً در فنوتیپ بروز می کند.  
۲- نورو سپورا قادر است در مدت کوتاهی، تعداد زیادی هاگ تولید کند.

## ۳۰- مثالی از آزمایش های بیدل و تیتوم:

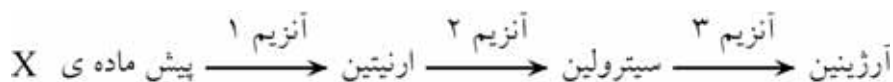
یک مثال از آزمایش های بیدل و تیتوم، گروهی از جهش یافته ها بودند که در سنتز اسید آمینه ی آرژینین نقص داشتند. این گروه جهش یافته ها سه نوع بودند:

۱- نوع اول: در صورت افزودن آرژینین، سیترو لین و یا ارنیتین به محیط کشت حداقل قادر به رشد بودند.  
۲- نوع دوم: جهش یافته هایی بودند که فقط در صورت افزودن آرژینین و یا سیترو لین به محیط کشت حداقل قادر به رشد بودند.  
۳- نوع سوم: جهش یافته هایی بودند که فقط در صورت افزودن آرژینین به محیط کشت حداقل قادر به رشد بودند.

## ۳۱- استنباط بیدل و تیتوم:

بیدل و تیتوم استنباط کردند که عدم رشد هاگ های جهش یافته در محیط کشت حداقل ناشی از جهش هایی بود که سبب از بین رفتن توانایی تولید آرژینین شده اند. زیرا کپک های طبیعی قادر به تولید آرژینین بوده و رشد هاگ های آن ها نیاز به افزودن آرژینین به محیط کشت حداقل ندارند ولی جهش یافته ها فقط در صورتی رشد می کنند که به محیط کشت آن ها، آرژینین یا پیش ماده های آن افزوده شوند. وجود سه نوع جهش یافته، نشان دهنده ی دخالت سه ژن در سنتز آرژینین است. از طرف دیگر سنتز آرژینین نیازمند انجام سه واکنش شیمیایی و دخالت سه نوع آنزیم است. بنابراین می توان گفت که هر نقص ژنی به نقص در یک آنزیم منجر شده است.

۳۲- مسیر سنتز آرژینین به صورت زیر است:



### ۳۳- فرضیه ی بیدل و تیتوم:

جهش یافته ی نوع اول که در حضور یکی از سه ماده ی ارنیتین، سیترولین یا آرژینین رشد می کند قادر است ارنیتین را به سیترولین و سیترولین را به آرژینین تبدیل کند. ولی قادر به تبدیل پیش ماده ی X به ارنیتین نمی باشد. بنابراین، این جهش یافته در تولید آنزیم ۱ نقص دارد.

جهش یافته ی نوع دوم فقط در حضور سیترولین یا آرژینین رشد می کند، بنابراین، این جهش یافته قادر به تبدیل سیترولین به آرژینین می باشد ولی نمی تواند ارنیتین را به سیترولین تبدیل کند و نقص آن در تولید آنزیم ۲ است. جهش یافته ی نوع سوم فقط در حضور آرژینین رشد می کند و قادر به تبدیل سیترولین به آرژینین نمی باشد، بنابراین در تولید آنزیم ۳ نقص دارد.

با توجه به مطالب فوق می توان گفت که در هر جهش یافته، فقط تولید یک آنزیم متوقف شده است. از طرف دیگر در هر جهش یافته فقط یک ژن جهش یافته است، از این رو، آنها استنباط کردند که هر ژن فقط یک آنزیم را می سازد و هر آنزیم فقط توسط یک ژن ساخته می شود و به این ترتیب، نظریه ی یک ژن یک آنزیم را ارائه دادند.

### ۳۴- تغییر نظریه ی یک ژن- یک آنزیم

نظریه ی یک ژن- یک آنزیم، به دو دلیل زیر به نظریه ی یک ژن- یک رشته ی پلی پپتیدی تغییر یافت:

۱- بسیاری از ژن ها پروتئین هایی را به رمز درمی آورند که آنزیم نیستند.

۲- بسیاری از پروتئین ها، از چند زنجیره ی پلی پپتیدی ساخته شده اند.

### ۳۵- رمزهای وراثتی سه حرفی اند:

ترتیب آمینواسیدهای پروتئین ها توسط ترتیب نوکلئوتیدهای DNA تعیین می شود. اگر هر نوکلئوتید، رمز یک آمینواسید باشد، با چهار نوع نوکلئوتید، فقط چهار رمز (A, T, G, C) ایجاد می شود که برای رمز کردن ۲۰ نوع آمینواسید کافی نمی باشد. اگر رمزها دو نوکلئوتیدی باشند با چهار نوع نوکلئوتید فقط  $4^2 = 16$  نوع رمز دو نوکلئوتیدی (CG, GC, CT, TC, GT, TG, CA, AC, GA, AG, TA, AT, CC, GG, TT, AA) ایجاد

می شود که برای رمز کردن ۲۰ نوع آمینواسید کافی نمی باشد. ولی اگر رمزها سه نوکلئوتیدی باشند،  $4^3 = 64$  رمز ایجاد می شود که برای رمز کردن ۲۰ نوع آمینواسید کافی می باشد. بنابراین انتظار می رفت که رمزها سه حرفی باشند. آزمایش های نیرنبرگ و همکاران وی این موضوع را به صورت تجربی ثابت کرد.

### ۳۶- RNA واسطه ی بین DNA و پروتئین سازی است

DNA درون هسته ی سلول قرار دارد ولی پروتئین سازی درون سیتوپلاسم انجام می گیرد. از این رو وجود یک میانجی بین DNA و ریبوزومها لازم است. شواهد زیر RNA را به عنوان میانجی مطرح می کند:

(۱) سلول هایی که پروتئین سازی شدیدتری دارند، RNA بیشتری دارند و برعکس سلول هایی که پروتئین سازی آنها شدید نیست، RNA کمتری دارند.

(۲) RNA هم در هسته وجود دارد و هم در سیتوپلاسم

(۳) RNA در هسته ساخته می شود ولی در سیتوپلاسم فعالیت می کند.

۳۷- ۱- mRNA یا RNA ی بیگ: اطلاعات را از DNA به ریبوزومها می برد.

انواع RNA: ۲- tRNA یا RNA ی ناقل: آمینواسیدها به ریبوزومها منتقل می کند.

۳- rRNA یا RNA ی ریبوزومی: در ساختار ریبوزومها شرکت دارد.

### ۳۸- رونویسی:

ساختن RNA از روی DNA را رونویسی می‌نامند که توسط آنزیم‌های RNA پلی‌مراز انجام می‌گیرد. نکته: رونویسی اولین قدم برای پروتئین سازی است.

### ۳۹- انواع RNA پلی‌مرازها:

- ۱- RNA پلی‌مراز پروکاریوتی: رونویسی همه‌ی ژن‌های پروکاریوتی را بر عهده دارد.
- ۲- RNA پلی‌مرازهای یوکاریوتی: در یوکاریوت‌ها سه نوع RNA پلی‌مراز وجود دارند که هر کدام گروهی از ژن‌های یوکاریوتی را رونویسی می‌کنند:
  - ۱- RNA پلی‌مراز ۱: رونویسی ژن‌های rRNA
  - ۲- RNA پلی‌مراز ۲: رونویسی ژن‌های mRNA و برخی RNA های کوچک
  - ۳- RNA پلی‌مراز ۳: رونویسی ژن‌های tRNA و برخی RNA های کوچک

۴۰- نکته: رونویسی در یوکاریوت‌ها در هسته ولی در پروکاریوت‌ها در سیتوپلاسم انجام می‌گیرد. زیرا باکتری‌ها هسته ندارند.

۴۱- نکته: mRNA های یوکاریوتی ابتدا به صورت پیش‌ساز ساخته شده و پس از تغییراتی مانند قطع شدن برخی توالی‌ها بالغ شده و به سیتوپلاسم می‌روند. ولی در پروکاریوت‌ها mRNA از همان ابتدا به صورت بالغ ساخته می‌شود.

### ۴۲- مراحل رونویسی:

- ۱) مرحله‌ی اول: RNA پلی‌مراز به راه‌انداز ژن متصل می‌شود.
  - ۲) مرحله‌ی دوم: RNA پلی‌مراز با شکستن پیوندهای هیدروژنی، دو رشته‌ی DNA را از هم جدا می‌کند.
  - ۳) مرحله‌ی سوم: RNA پلی‌مراز در طول DNA حرکت کرده و ریبونوکلوئوتیدها را در مقابل دئوکسی ریبونوکلوئوتیدهای DNA الگو قرار داده و با ایجاد پیوند فسفودی‌استر به هم متصل می‌کند. این کار تا پایان رونویسی ادامه می‌یابد.
- پایان رونویسی: رونویسی هنگامی پایان می‌یابد که RNA پلی‌مراز جایگاه پایان رونویسی را رونویسی بکند. جایگاه پایان رونویسی قسمتی از مولکول DNA است که پس از رونویسی شدن آن، رونویسی پایان می‌یابد.

### ۴۳- تفاوت‌های رونویسی و همانندسازی:

- ۱- در رونویسی مولکول ساخته شده RNA است ولی در همانندسازی، DNA ساخته می‌شود.
  - ۲- در همانندسازی هر دو رشته‌ی DNA، الگو قرار می‌گیرد ولی در رونویسی فقط یک رشته‌ی DNA به عنوان الگو عمل می‌کند.
- نکته: در رونویسی همواره یکی از دو رشته‌ی DNA رونویسی می‌شود.

۴۴- راه‌انداز: قسمتی از مولکول DNA است که RNA پلی‌مراز به آن متصل می‌شود و به RNA پلی‌مراز، این امکان را می‌دهد که رونویسی را از محل صحیح آغاز کند.

#### ۴۵- چگونگی شناسایی رمزهای DNA:

رمزهای DNA توسط نیرنبرگ و همکاران وی کشف شد. وی برای کشف رمزهای DNA از مولکول mRNA استفاده کرد. نیرنبرگ به این منظور ترجمه‌ی mRNA را درون لوله‌ی آزمایش انجام داد و به لوله‌ی آزمایش مواد زیر را افزود:

- ۱- بیست نوع آمینواسید
  - ۲- مایع استخراج شده از سیتوپلاسم سلول
  - ۳- RNA ای که در آزمایشگاه ساخته شده بود و فقط دارای یوراسیل بود.
- نتیجه‌ی آزمایش نیرنبرگ: زنجیره‌ی پلی‌پپتیدی تولید شده فقط دارای اسیدآمینوی فنیل‌آلانین بود. با توجه به این که در آزمایش‌های دیگر روشن شده بود که رمزهای آمینواسیدها سه نوکلئوتیدی هستند، نیرنبرگ بیان کرد که رمز فنیل‌آلانین UUU است.

۴۶- **کدون:** رمزهای سه نوکلئوتیدی مولکول mRNA را کدون می‌نامند.  
نکته: کدون‌ها عمومی هستند، یعنی در همه‌ی جان‌داران یکسان هستند.

#### ۴۷- ساختار tRNA:

- ۱- tRNA ساختار برگ شبدری دارد و ساختار سه بعدی آن در سلول به صورت حرف L است.
- ۲- tRNA مولکولی یک رشته‌ای است ولی برخی قسمت‌های این مولکول به دلیل مکمل بودن، روبه‌روی هم قرار گرفته و بخش‌های دو رشته‌ای می‌سازند.
- ۳- در هر tRNA سه حلقه وجود دارد که یکی از آن‌ها حلقه‌ی آنتی‌کدون نام دارد و حاوی سه نوکلئوتید آنتی‌کدون می‌باشد و دو حلقه‌ی جانبی مسئول نگهداری آن روی ریبوزوم هستند.
- ۴- در بازوی پذیرنده‌ی آمینواسید توالی CCA وجود دارد که آمینواسید به نوکلئوتید آدنین دار آن متصل می‌شود.

۴۸- **آنتی‌کدون:** سه نوکلئوتید مکمل کدون‌های mRNA در tRNA را آنتی‌کدون می‌نامند.

#### ۴۹- ترجمه:

- ۱- ریبوزوم به عنوان جایگاه پروتئین سازی
- ۲- mRNA که حامل اطلاعات DNA است.
- ۳- tRNA که ناقل آمینواسیدها بوده و هر آمینواسید را با کدون مربوطه مطابقت می‌دهد.

#### ۵۰- مراحل ترجمه:

الف) مرحله‌ی آغاز (ب) مرحله‌ی ادامه (ج) مرحله‌ی پایان ترجمه

#### ۵۱- الف) مرحله‌ی آغاز ترجمه:

- ۱- ابتدا بخش کوچک ریبوزوم در مجاورت کدون آغاز (AUG) به mRNA متصل می‌شود، به طوری که رمز آغاز ترجمه در جایگاه A ریبوزوم و دومین رمز در جایگاه P ریبوزوم قرار می‌گیرند.
- ۲- سپس اولین tRNA که ناقل متیونین بوده و tRNA آغازگر نام دارد به جایگاه P وارد می‌شود و آنتی‌کدون آن (UAC) با کدون آغاز رابطه‌ی مکملی برقرار کرده و بین آن‌ها پیوندهای هیدروژنی به وجود می‌آید.
- ۳- پس از ورود tRNA آغازگر، بخش بزرگ ریبوزوم نیز به مجموعه اضافه می‌شود تا ساختار ریبوزوم برای انجام ترجمه کامل بشود.

### ۵۲- (ب) مرحله ی ادامه:

۱- در این مرحله ابتدا tRNAی دوم که حامل دومین آمینواسید است وارد جایگاه Aی ریبوزوم می شود و آنتی کدون آن با دومین رمز رابطه ی مکملی برقرار می کند.

۲- اولین آمینواسید (متیونین) از tRNAی آغازگر جدا شده و با آمینواسید موجود در جایگاه A پیوند پپتیدی برقرار می کند. در این حالت در جایگاه P فقط یک tRNAی خالی ولی در جایگاه A یک tRNAی حاوی دی پپتید وجود دارند.

۳- پس از تشکیل پیوند پپتیدی، ریبوزوم به اندازه ی یک کدون (سه نوکلئوتید) جابه جا می شود. در آن صورت tRNAی آغازگر از جایگاه P خارج شده و tRNAی حامل پپتید از جایگاه A به جایگاه P منتقل می شود. با این کار جایگاه A خالی می شود.

۴- با خالی شدن جایگاه A، سومین tRNA وارد جایگاه A می شود و سپس دی پپتید موجود در جایگاه P از tRNAی دوم رها و به آمینواسید سوم در جایگاه A پیوسته و تری پپتید را می سازد. پس از آن ریبوزوم مجدداً جابه جا می شود و tRNAی سوم که حامل تری پپتید است به جایگاه P وارد می شود. با این کار جایگاه A برای پذیرفتن چهارمین آمینواسید (یا tRNA) خالی می شود. این اعمال به صورت چرخه ای تا پایان ترجمه تکرار می شود.

### ۵۳- (ج) مرحله ی پایان ترجمه:

پایان ترجمه، زمانی صورت می گیرد که یکی از رمزهای پایان ترجمه (UAG یا UGA یا UAA) در جایگاه Aی ریبوزوم قرار گیرند. در این صورت هیچ tRNAی وارد جایگاه A نمی شود و به جای آن، عوامل پایان ترجمه وارد جایگاه A شده و با هیدرولیز پیوند بین آخرین tRNA و پلی پپتید ساخته شده، سبب پایان ترجمه می شود. نکته: عامل پایان ترجمه نوعی پروتئین آنزیمی است.

### ۵۴- ژن های گسسته:

ژن های گسسته فقط در یوکاریوت ها و گروهی از باکتری ها به نام آرکی باکتری ها وجود دارند. منظور از ژن گسسته، ژنی است که در آن در چند نقطه ی توالی های قابل ترجمه ی ژن (اگزونها) توسط توالی های ترجمه نشدنی (اینترونها) از هم جدا شده اند. در هنگام رونویسی از ژن های گسسته تمام توالی های ژن رونویسی می شوند ولی پس از رونویسی، رونوشت اینترونها از RNA حذف شده و رونوشت توالی های قابل ترجمه (اگزونها) به هم متصل می شوند.

۵۵- اگزون: قسمت هایی از ژن که رونوشت آنها در RNA ی بالغ باقی می ماند، اگزون نام دارد.

۵۶- اینترون: قسمت هایی از ژن که رونوشت آنها از RNA ی اولیه حذف می شوند و در RNA ی بالغ وجود ندارند، اینترون نامیده می شود.

۵۷- mRNA ی اولیه (پیش ساز mRNA): mRNA ای که مستقیماً حاصل رونویسی ژن های گسسته است، mRNA ی اولیه نام دارد. این نوع RNA در یوکاریوت ها وجود دارد و پس از تغییرات به RNA ی بالغ تبدیل می شوند. یکی از این تغییرات، قطع رونوشت اینترونها است.

۵۸- نکته: حذف رونوشت اینترونها در یوکاریوت ها در هسته ی سلول ها انجام می گیرد و آنچه از هسته خارج می شود، RNA ی بالغ است.

۵۹- نکته: اگزون و اینترون در DNA وجود دارند و قطع نمی شوند و آنچه قطع می شود، رونوشت اینترونها در mRNA است.

۶۰- نکته: اگزون و اینترون رونویسی می شوند ولی رونوشت اینترون برخلاف رونوشت اگزون حذف شده و ترجمه نمی شود.



### ۶۱- تنظیم بیان ژن:

خصوصیات جانداران مختلف و سلول‌های بدن آن‌ها به نوع ژن‌های آن‌ها وابسته است و هر ژن شامل مجموعه‌ای از رمزهای ژنتیکی است و از پایداری نسبی برخوردار بوده و در طول زندگی یک فرد تغییر نمی‌کنند. بر این اساس پرسش‌های بسیاری در رابطه با عمل ژن‌ها مطرح می‌شود مانند:

۱- تمام سلول‌های سازنده‌ی پیکر یک فرد حاصل تقسیم میتوز یک سلول اولیه به نام سلول تخم هستند و از طرف دیگر نوع و مقدار DNA در همه‌ی سلول‌های حاصل از تقسیم میتوز شبیه هم و شبیه سلول اولیه است.

اکنون این پرسش مطرح می‌شود که با توجه به یکسان بودن نوع و مقدار DNA در همه‌ی سلول‌های بدن یک فرد، چرا سلول‌های بافت‌های مختلف بدن متفاوت هستند؟

۲- ویژگی‌های ظاهری و توانایی‌های زیستی افراد مختلف به نوع ژن‌های آن‌ها وابسته است. با این وصف چگونه ممکن است که در شرایط محیطی متفاوت ویژگی‌های متفاوت بروز کند؟

۳- نوع و مقدار DNA در طول عمر فرد تقریباً غیرقابل تغییر است. با این وصف تغییرات صفات افراد در مراحل مختلف نمو چگونه توجیه می‌شود؟

پاسخ به این پرسش‌ها زمانی ممکن است که فعالیت ژن‌ها را قابل تنظیم بدانیم و انتظار داشته باشیم که نیازی نیست که همه‌ی ژن‌ها در یک سلول و هم‌زمان با هم فعال باشند. یعنی برخی ژن‌ها فقط در برخی سلول‌ها و فقط در برخی مراحل نمو فعال (روشن) بوده و در سایر سلول‌ها و زمان‌های دیگر غیرفعال (خاموش) هستند.

### ۶۲- اهمیت‌های تنظیم بیان ژن:

۱- پاسخ مناسب به تغییر شرایط محیطی مانند بودن یا نبودن مواد غذایی مختلف  
مثال: باکتری اشیریشیا کلائی در روده‌ی آدمی زندگی می‌کند. این باکتری از گلوکز به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کند ولی در غیاب گلوکز می‌تواند از لاکتوز نیز به عنوان منبع انرژی استفاده کند. برای مصرف لاکتوز وجود سه نوع آنزیم لازم است و برای سنتز این سه آنزیم، فعالیت سه ژن ضروری است. این باکتری هنگامی که لاکتوز در سلول موجود نباشد، نیازی به این سه آنزیم ندارد لذا ژن‌های سازنده‌ی این آنزیم‌ها را خاموش می‌کند و فقط به هنگام ضرورت آن‌ها را روشن می‌کند.

۲- دخالت در نمو جانداران: در طی نمو در هر بافت فقط ژن‌های خاص آن بافت فعال می‌شوند.

مثال: ۱- ژن هموگلوبین فقط در گلبول‌های قرمز خون روشن بوده و در سایر سلول‌ها خاموش می‌باشد. ۲- ژن انسولین فقط در سلول‌های غده‌ی پانکراس روشن است.

۶۳- نکته: فنوتیپ هر فرد را پروتئین‌ها مشخص می‌کنند و متفاوت بودن شکل و کار سلول‌ها ناشی از متفاوت بودن مجموعه‌ی پروتئین‌های آن‌ها است.

### ۶۴- اپران:

تنظیم بیان ژن در باکتری‌ها اساساً در سطح رونویسی انجام می‌گیرد و به عهده‌ی اپران‌ها است. هر اپران در اساس شامل یک یا چند ژن ساختاری و بخش تنظیم کننده است. بخش تنظیم کننده، روشن یا خاموش بودن و یا میزان فعالیت ژن یا ژن‌های ساختاری را تعیین می‌کند. منظور از ژن ساختاری، ژنی است که از روی آن مولکول RNA ساخته می‌شود. در بخش تنظیمی هر اپران نیز دو بخش به نام‌های راه‌انداز و اپراتور وجود دارند.

### ۶۵- عوامل مؤثر در تنظیم اپران‌ها:

(۱) راه‌انداز که آنزیم RNA پلی‌مراز به آن متصل می‌شود.

(۲) اپراتور: بخشی از ژن است که در جلوی راه‌انداز قرار دارد و پروتئین مهارکننده به آن متصل می‌شود.

(۳) مهار کننده یا پروتئین تنظیم کننده که پروتئین‌های بزرگی بوده و با اتصال به اپراتور سبب خاموش شدن اپران می‌شود.

(۴) عامل تنظیم کننده که فعالیت پروتئین مهارکننده را تنظیم می‌کند.



#### ۶۶- نحوه ی تنظیم اپران‌ها:

هنگامی که پروتئین مهارکننده روی اپراتور قرار بگیرد، به عنوان یک مانع جلوی حرکت آنزیم RNA پلی‌مراز را گرفته و مانع رونویسی می‌شود ولی هرگاه اپراتور خالی باشد، آنزیم به جلو حرکت کرده و رونویسی را انجام می‌دهد. این که چه زمانی مهارکننده به اپراتور متصل بشود یا نه به عهده ی عامل تنظیم کننده است.

#### ۶۷- اپران لک:

این اپران به مصرف قند لاکتوز مربوط است که شامل سه ژن ساختاری، اپراتور و راه‌انداز می‌باشد. در عدم لاکتوز، پروتئین مهارکننده به اپراتور متصل شده و مانع رونویسی می‌شود ولی هنگامی که لاکتوز در محیط وجود داشته باشد، مقداری از آن به داخل سلول وارد شده و به ماده‌ای به نام آلولاکتوز تبدیل می‌شود. آلولاکتوز که عامل تنظیمی اپران لک است با اتصال به مهارکننده سبب تغییر شکل در آن شده و مانع اتصال آن به اپراتور می‌شود، به این ترتیب اپران لک فعال می‌شود.

۶۸- نکته: هنگام رونویسی از سه ژن اپران لک، فقط یک مولکول mRNA ساخته می‌شود که شامل سه ژن می‌باشد ولی هنگام ترجمه، هر سه ژن به‌طور مستقل ترجمه شده و سه پلی‌پپتید جداگانه تولید می‌کنند.  
نکته: آلولاکتوز عامل تنظیم کننده در اپران است.

نکته: مهارکننده ی اپران لک در حالت عادی فعال است ولی اتصال عامل تنظیم کننده به آن سبب غیرفعال شدن آن می‌شود.

#### ۶۹- تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها:

تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها است. یکی از علل آن بیشتر بودن مقدار ماده‌ی ژنتیک آن‌ها است و علت دیگر وجود غشای هسته در سلول‌های یوکاریوتی است. در سلول‌های یوکاریوتی به دلیل وجود غشای هسته، محل انجام رونویسی و ترجمه‌ی ژن‌ها جدا از هم است. از این‌رو فرصت بیشتری برای تنظیم بیان ژن وجود دارد. تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها می‌تواند، پس از رونویسی (طی ترجمه یا بعد از ترجمه) نیز انجام بگیرد.

#### ۷۰- تفاوت‌های تنظیم بیان ژن بین یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها:

- ۱- آنزیم RNA پلی‌مراز پروکاریوتی مستقیماً قادر به اتصال به راه‌انداز خود می‌باشد ولی آنزیم‌های RNA پلی‌مراز یوکاریوتی برای اتصال به راه‌انداز نیازمند به کمک پروتئین‌هایی به نام عوامل رونویسی می‌باشند.
- ۲- یوکاریوت‌ها فاقد اپران هستند و ژن‌های آن‌ها به صورت اپران سازمان نیافته است.
- ۳- در یوکاریوت‌ها پروتئین‌های تنظیمی متعدد هستند و به توالی‌های متعددی مانند راه‌انداز و افزایشنده متصل می‌شوند.
- ۴- در یوکاریوت‌ها معمولاً یک توالی دیگر به نام افزایشنده وجود دارد. افزایشنده بخشی از مولکول DNA است که هزاران نوکلئوتید از ژن فاصله داشته و سبب تقویت رونویسی می‌شود.

#### ۷۱- انواع عوامل رونویسی:

- ۱) عوامل رونویسی متصل به راه‌انداز
- ۲) عوامل رونویسی متصل به افزایشنده که به فعال‌کننده‌ها موسوم هستند.

۷۲- نحوه ی عمل افزایشنده: اتصال پروتئین فعال کننده به افزایشنده سبب پیچ و تاب خوردن مولکول DNA و تشکیل حلقه می‌شود. با این کار عوامل رونویسی متصل به افزایشنده در مجاورت عوامل رونویسی متصل به راه‌انداز قرار گرفته و سبب فعال‌تر شدن آن‌ها و تقویت رونویسی می‌شوند.

**۷۳- جهش:**

هر نوع تغییر در مولکول DNA یا ژن‌ها را جهش می‌نامند که برخی از آنها سبب تغییر در فنوتیپ شده و برخی از آنها بر فنوتیپ بی‌اثر هستند.  
نکته: جهش در سلول‌های جنسی به نسل بعد منتقل می‌شود ولی جهش در سلول‌های سوماتیک (بدنی) فقط در خود فرد تأثیر دارد.

**۷۴- جهش‌های نقطه‌ای:** جهش‌هایی که در آنها یک یا چند نوکلئوتید ژن تغییر می‌یابند به جهش‌های نقطه‌ای موسوم هستند.

**۷۵- انواع جهش‌های نقطه‌ای:**

(۱) جهش جانشینی: جانشین شدن یک نوع نوکلئوتید به جای نوکلئوتید دیگر  
(۲) جهش تغییر چهار چوب: حذف یا اضافه شدن یک یا دو نوکلئوتید که سبب تغییر چهار چوب خواندن می‌شود. یعنی از نقطه‌ی حذف یا اضافه به بعد همه‌ی رموزها تغییر می‌یابند.  
نکته: برخی جهش‌ها اثری بر فنوتیپ ندارند مانند جهش تبدیل رمز UGU به رمز UGC که در آن رمز سیستئین به رمز دیگر آن تبدیل شده است.

**فصل دوم**

-۷۶

**مهندسی ژنتیک:** فرآیند دست‌ورزی در ژن‌ها مهندسی ژنتیک نامیده می‌شود.

**۷۷- وکتور (حامل):** DNA ی حلقوی کوچکی است که به کمک آن ژن خارجی به داخل سلول میزبان انتقال داده می‌شود.

**۷۸- پلازمید (کروموزوم کمکی):** مولکول‌های DNA ی کوچک حلقوی هستند که در بعضی باکتری‌ها وجود دارند و حاوی ژن‌هایی می‌باشند که در کروموزوم اصلی باکتری وجود ندارند و به این دلیل به آنها کروموزوم کمکی نیز می‌گویند.

**۷۹- ژن خارجی:** ژنی است که از یک جاندار جدا شده و قرار است به جاندار دیگری انتقال یابد.

**۸۰- DNA ی نو ترکیب:** DNA ای است که از اتصال ژن خارجی به وکتور به وجود می‌آید.

**۸۱- باکتریوفاژ:** ویروس‌هایی هستند که باکتری‌ها را آلوده می‌کنند.

**۸۲- آنزیم محدود کننده:** آنزیم‌هایی هستند که توالی‌های خاصی را در DNA شناسایی کرده و DNA را برش می‌دهند.

**۸۳- جایگاه تشخیص آنزیم محدود کننده:** توالی خاصی از DNA که آنزیم محدود کننده آن را شناسایی کرده و از آن جا به DNA می‌چسبد، جایگاه تشخیص آنزیم نامیده می‌شود.

**۸۴- انتهای چسبنده:** قطعات یک رشته‌ای کوتاه در دو سر DNA های حاصل از برش DNA توسط آنزیم محدود کننده را، انتهای چسبنده می‌نامند.

**۸۵- آنزیم لیگاز:** آنزیمی است که برای برقراری پیوند فسفودی‌استر بین انتهای چسبنده‌ی وکتور و ژن خارجی به کار می‌رود.

- ۸۶- **کلون کردن:** تولید نسخه‌های یکسان متعدد از یک ژن را کلون کردن می‌نامند.
- ۸۷- **غربال کردن:** عملی است که در آن باکتری‌هایی را که DNA ی نو ترکیب را جذب کرده‌اند از باکتری‌هایی که DNA ی نو ترکیب را جذب نکرده‌اند جدا می‌کنند.
- ۸۸- **الکتروفورز روی ژل:** روشی است که در آن قطعات متعدد DNA یا مولکول‌های پروتئینی از هم جدا می‌شوند.
- ۸۹- **ژن درمانی:** قرار دادن یک نسخه‌ی سالم از یک ژن، درون سلول‌های فردی که دارای نسخه‌های سالم آن ژن نباشد، ژن درمانی نامیده می‌شود.
- ۹۰- **پروژه‌ی ژنوم انسان (HGP):** تعیین توالی نوکلئوتیدی ژنوم انسان و تعیین جایگاه هر ژن روی هر کروموزوم را پروژه‌ی ژنوم انسان می‌نامند.
- ۹۱- **ژنوم:** به کل محتوای DNA ی یک جاندار ژنوم گفته می‌شود که شامل محتوای DNA ی هسته‌ای و DNA ی سیتوپلاسمی (میتوکندری و کلروپلاست) می‌باشد.
- ۹۲- **پلازمید Ti:** نوعی پلازمید باکتریایی است که سبب ایجاد بیماری گال در برخی گیاهان می‌شود. یعنی القاکننده‌ی ایجاد تومور در گیاهان می‌باشد.
- ۹۳- **تراژنی:** جاننداری که در سلول‌های آن DNA ی بیگانه وجود دارد، تراژن نامیده می‌شود.
- ۹۴- **فناوری DNA ی نو ترکیب:** مهندسی ژنتیک را فناوری DNA ی نو ترکیب نیز می‌نامند. زیرا در این فرآیند DNA ی نو ترکیب ساخته می‌شود.
- ۹۵- **مهندسی ژنتیک:**  
مهندسی ژنتیک: فرآیند دست‌ورزی در ژن‌ها مهندسی ژنتیک نامیده می‌شود.  
**اهداف مهندسی ژنتیک:**
- ۱- تولید یک ژن یا فرآورده‌های آن ژن به مقدار انبوه: مانند تولید مقادیر انبوه از DNA ی یک جاندار یا یک ژن برای تعیین توالی نوکلئوتیدی آن و تولید مقدار فراوان از پروتئین انسولین با وارد کردن ژن انسولین به ژنوم باکتری‌ها
  - ۲- تهیه‌ی واکسن: با انتقال ژن سازنده‌ی آنتی‌ژن‌های سطحی از یک میکروب به میکروب دیگر
  - ۳- اصلاح نژاد جانوران و گیاهان با انتقال ژن‌های مطلوب به آنها
  - ۴- ژن درمانی: وارد کردن نسخه‌ی سالم یک ژن به افراد بیمار که فاقد نسخه‌ی سالم آن ژن هستند.
- ۹۶- **نکته:** منظور از فرآورده‌ی ژن، پروتئین یا RNA ای است که توسط آن ژن ساخته می‌شود.
- ۹۷- **نکته:** اولین انتقال ژن، انتقال ژن یک RNA ی ریپوزومی از قورباغی پنجه‌دار آفریقایی به باکتری اشیریشیا کلائی بود.  
**نکته:** اولین جاننداری که به روش مهندسی ژنتیک تغییر یافت، باکتری اشیریشیا کلائی بود.
- ۹۸- **نحوه‌ی تولید انبوه یک ژن:**  
برای تولید انبوه یک ژن، ابتدا ژن مورد نظر از ژنوم جاندار جدا شده و سپس به جاندار ساده‌ای مانند باکتری (که تولیدمثل سریعی دارد) وارد می‌شود. این ژن همانند ژن‌های خود میزبان (باکتری) همانندسازی کرده و تکثیر می‌یابد. باکتری‌ها به سرعت همانندسازی و تکثیر می‌یابند از این رو در زمانی کوتاه نسخه‌های متعدد از آن ژن تکثیر می‌یابند.

۹۹- ابزارهای مورد نیاز برای مهندسی ژنتیک:

- ۱- آنزیم محدود کننده: برای جدا کردن ژن موردنظر از بقیه ی DNA ی جاندار
  - ۲- وکتور: برای انتقال ژن موردنظر به درون باکتری (یا هر سلول میزبان دیگر)
  - ۳- آنزیم لیگاز: برای اتصال ژن جدا شده به وکتور
  - ۴- آنتی بیوتیک: برای غربال کردن، یعنی انتخاب سلول‌هایی که ژن موردنظر وارد آنها شده است.
  - ۵- الکتروفورز: برای استخراج ژن موردنظر از بین بقیه ی قطعات بریده شده ی DNA
- ۱۰۰- وکتور: ابزاری است که ژن موردنظر به آن متصل شده و توسط آن به درون سلول میزبان انتقال می‌یابد. نکته: وکتورها مولکول‌های DNA حلقوی هستند.

۱۰۱- انواع وکتورها:

- ۱- پلازمید
  - ۲- ویروس (باکتریوفاژ)
- ۱۰۲- پلازمید: پلازمیدها قطعات کوچکی از DNA ی حلقوی هستند که در برخی باکتری‌ها وجود دارند. پلازمید را کروموزوم کمکی باکتری‌ها نیز می‌نامند. زیرا دارای ژن‌هایی است که در کروموزوم اصلی باکتری وجود ندارد. نکته: پلازمیدها مستقل از کروموزوم اصلی باکتری همانندسازی می‌کنند. یعنی حتی هنگامی که باکتری در حال تولیدمثل نمی‌باشد، پلازمید موجود در آن همانندسازی کرده و هم‌زمان با آن تکثیر می‌یابد.

۱۰۳- مراحل مهندسی ژنتیک:

- ۱- برش DNA: در این مرحله DNA ی میزبان را به کمک آنزیم‌های محدود کننده برش می‌دهند تا ژن موردنظر را از آن جدا کنند. همچنین، در این مرحله، DNA ی وکتور را نیز برش می‌دهند.
- ۲- تولید DNA ی نو ترکیب: در این مرحله به کمک آنزیم لیگاز ژن موردنظر را به DNA ی وکتور متصل می‌کنند. به DNA ی حاصل از این کار، DNA ی نو ترکیب می‌گویند.
- ۳- کلون ژن: در این مرحله DNA ی نو ترکیب را در مجاورت باکتری‌ها قرار می‌دهند تا به درون باکتری‌ها جذب شود. DNA ی نو ترکیب پس از ورود به درون باکتری‌ها، با استفاده از دستگاه همانندسازی آن همانندسازی کرده و نسخه‌های متعدد و یکسانی از آن ساخته می‌شود. به تولید نسخه‌های متعدد یکسان از یک ژن، کلون شدن می‌گویند.
- ۴- غربال کردن: در این مرحله باکتری‌هایی را که DNA ی نو ترکیب را جذب کرده‌اند از باکتری‌هایی که DNA ی نو ترکیب وارد آنها نشده است جدا می‌کنند. به این منظور با استفاده از آنتی بیوتیک باکتری‌هایی را که DNA ی نو ترکیب وارد آنها نشده است از بین می‌برند.

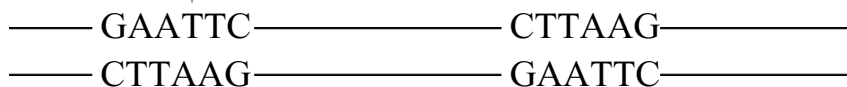
۱۰۴- ابزارهای لازم برای ساختن DNA ی نو ترکیب: برای ساختن DNA ی نو ترکیب به دو نوع آنزیم نیاز داریم:

- ۱- آنزیم محدود کننده: برای بریدن ژن خارجی از DNA ی جاندار موردنظر و بریدن DNA ی وکتور
- ۲- آنزیم لیگاز: آنزیمی است که ژن خارجی را به DNA ی وکتور متصل کرده و بین آنها پیوند فسفو دی‌استر برقرار می‌کند.

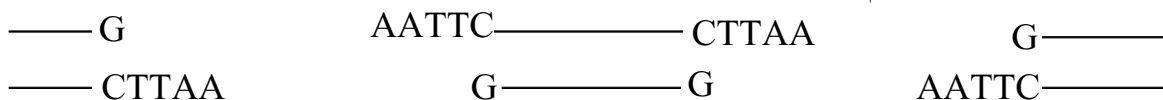
۱۰۵- آنزیم‌های محدود کننده و نحوه ی عمل آنها:

- آنزیم‌های محدود کننده فقط در باکتری‌ها وجود دارند. این آنزیم‌ها، توالی‌های کوتاه و خاصی از DNA را شناسایی کرده و از آن محل به DNA متصل شده و سپس DNA را در بین نوکلئوتیدهای خاصی برش می‌دهند. به این توالی‌های کوتاه و خاص، جایگاه تشخیص آنزیم گفته می‌شود. در جایگاه تشخیص آنزیم محدود کننده، توالی دو رشته‌ی DNA برعکس هم است. مانند توالی
- GAATTC  
CTTAAG
- که در جایگاه تشخیص آنزیم EcoRI وجود دارد. در این جایگاه ترتیب نوکلئوتیدی رشته‌ی بالایی از چپ به راست شبیه ترتیب رشته‌ی پایینی از راست به چپ می‌باشد.

۱۰۶- **انتباهای چسبنده:** بیشتر آنزیم‌های محدود کننده در دو انتهای DNA ی بریده شده، بخش‌های تک رشته‌ای کوتاهی ایجاد می‌کنند که با یکدیگر مکمل هستند. به این دو انتها، انتباهای چسبنده می‌گویند. مانند توالی تک رشته‌ای AATT که در هر دو انتهای DNA ی بریده شده با آنزیم EcoR1 وجود دارد. مثال:



DNA ی فوق از اثر آنزیم EcoR1 از بین G و A شکسته شده به صورت زیر درمی‌آید:



در هر انتهای حاصل از برش، توالی تک رشته‌ای TTAAG وجود دارد که انتهای چسبنده نامیده می‌شود.

۱۰۷- **روش تولید DNA ی نو ترکیب:** به این منظور وکتور بریده شده و ژن خارجی را در لوله‌ی آزمایش قرار می‌دهیم. نظر به این که در تهیه‌ی ژن خارجی و برش وکتور از یک نوع آنزیم محدود کننده استفاده کرده‌ایم، انتباهای چسبنده‌ی وکتور بریده شده و ژن خارجی مکمل هم بوده و بین انتباهای چسبنده‌ی آن‌ها پیوندهای هیدروژنی برقرار می‌شود. پیوندهای هیدروژنی به‌طور خودبه‌خودی برقرار می‌شوند و سپس آنزیم لیگاز بین نوکلئوتیدهای انتهایی آن‌ها پیوند فسفودی‌استر برقرار می‌کند. به این DNA که حاصل اتصال DNA خارجی به وکتور می‌باشد، DNA ی نو ترکیب گفته می‌شود.

#### ۱۰۸- ویژگی‌های وکتور مناسب برای مهندسی ژنتیک:

- ۱- فقط یک جایگاه شناسایی برای آنزیم محدود کننده دارد. زیرا در صورت متعدد بودن جایگاه‌های شناسایی از نقاط متعددی شکسته شده و به قطعات متعدد تقسیم می‌شود.
- ۲- دارای ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک می‌باشد که در مرحله‌ی غربال کردن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۰۹- **غربال کردن:** در این مرحله به محیط کشت باکتری‌ها آنتی‌بیوتیک (مثلاً تتراسایکلین) افزوده می‌شود. باکتری‌هایی که DNA ی نو ترکیب را جذب نکرده‌اند توسط آنتی‌بیوتیک کشته می‌شوند ولی باکتری‌هایی که DNA ی نو ترکیب را جذب کرده‌اند، زنده می‌مانند. زیرا وکتور دارای ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک می‌باشد.

#### ۱۱۰- استخراج ژن به کمک الکتروفورز روی ژل:

پس از کلون کردن DNA ی نو ترکیب، نوبت به استخراج ژن‌های تکثیر یافته می‌رسد. برای استخراج ژن از روش الکتروفورز استفاده می‌شود. به این منظور با استفاده از همان آنزیم محدود کننده‌ای که در مرحله‌ی برش DNA به کار بردیم، DNA های نو ترکیب تکثیر یافته را برش می‌دهیم. حاصل برش، مخلوطی از دو قطعه‌ی DNA می‌باشد. (۱- ژن خارجی ۲- وکتور). مخلوط حاصل با عبور از ژل الکتروفورز به دو بخش تقسیم می‌شود و ژن خارجی از وکتور تفکیک می‌شود.

۱۱۱- **الکتروفورز:** ژل الکتروفورز ورقه‌ای مستطیلی شکل از جنس ژلاتین است. در یک سمت آن چاهک‌هایی وجود دارد که مخلوط تفکیک کردنی را درون این چاهک‌ها قرار می‌دهند. با عبور یک میدان الکتریکی از درون ژل، قطعات DNA شروع به حرکت به سمت قطب مثبت می‌کنند. زیرا سطح خارجی مولکول‌های DNA دارای بار منفی می‌باشد. قطعات DNA طی حرکت در درون ژل از منافذ درون آن عبور می‌کنند. منافذ درون ژل اندازه‌های متفاوتی دارند. قطعات کوچک‌تر از همه‌ی منافذ عبور می‌کنند ولی قطعات درشت‌تر فقط از منافذ درشت‌تر می‌توانند عبور کنند. از این‌رو قطعات کوچک‌تر سریع‌تر حرکت کرده و در پایان الکتروفورز به قطب مثبت نزدیک‌تر هستند.

۱۱۲- نکته: جداسازی مولکول‌های DNA در الکتروفورز براساس اندازه‌ی آن‌ها صورت می‌گیرد و جداسازی مولکول‌های پروتئینی براساس اندازه و بار آن‌ها انجام می‌گیرد.

۱۱۳- کاربرد مهندسی ژنتیک در پزشکی: ۱- تولید داروها ۲- تولید واکسن ۳- ژن درمانی ۴- HGP یا پروژه ی ژنوم انسان

۱۱۴- تولید داروها: علت بسیاری از بیماری های ژنی ناتوانی بدن در تولید یک نوع پروتئین خاص است. امروزه، بسیاری از این پروتئین ها به کمک مهندسی ژنتیک توسط باکتری ها تولید می شوند. مانند مواد ضد انعقاد خون (فاکتور انعقادی شماره ی XIII) و انسولین.

۱۱۵- تولید واکسن: در روش های قدیمی برای تولید واکسن از میکروب های کشته شده یا ضعیف شده استفاده می شد. ایراد این روش ها این است که یک خطا در کشتن یا ضعیف کردن میکروب می تواند سبب انتقال بیماری توسط واکسن بشود. ولی واکسن هایی که با مهندسی ژنتیک ساخته می شوند، این مشکل را ندارند. برای تولید واکسن در مهندسی ژنتیک، ژن تولید کننده ی آنتی ژن میکروب بیماری زا به یک میکروب غیربیماری زا منتقل می کنند. در این صورت میکروب غیربیماری زا در سطح خود دارای آنتی ژن های میکروب بیماری زا خواهد شد. آنتی ژن های تولید شده در سطح میکروب تراژن، می تواند، بدون ایجاد بیماری سبب تحریک دستگاه ایمنی و تولید سلول های خاطره بر علیه میکروب بیماری زا بشود.

۱۱۶- ژن درمانی: بسیاری از ناهنجاری های ژنتیکی ناشی از نبودن نسخه ی فعال یک ژن می باشد. در ژن درمانی یک نسخه ی سالم از ژن مزبور را به درون سلول های فرد بیمار وارد می کنند. به این منظور ابتدا سلول های معیوب را از بدن فرد بیمار خارج کرده و سپس ژن سالم را وارد آن کرده و سلول اصلاح شده را به جای خود برمی گردانند.

۱۱۷- HGP یا پروژه ی ژنوم انسان: منظور از پروژه ی ژنوم انسان تعیین توالی نوکلئوتیدی ژنوم انسان و تعیین نقشه ی جایگاه هر ژن روی هر کروموزوم است. منظور از ژنوم، کل محتوای DNA ی یک جاندار است.

۱۱۸- برخی ژن های موجود بر روی کروموزوم X:

- ۱- تحلیل عضلانی دوشن
- ۲- رنگدانه ای شدن شبکیه ی چشم
- ۳- سیناپسیس ۱
- ۴- کام شکاف دار وابسته به X
- ۵- پذیرنده ی آنژیوتانسین
- ۶- نشانگان زالی- ناشنوایی
- ۷- پروتئین ریپوزومی L۱۰

۱۱۹- نکته: ژنوم آدمی شامل دو بخش است: ۱- ژنوم هسته ای که شامل ۲۲ کروموزوم آتوزوم و کروموزوم های جنسی X و Y می باشد. ۲- ژنوم سیتوپلاسمی که DNA ی درون میتوکندری را شامل می شود.

۱۲۰- مهندسی ژنتیک در کشاورزی و دامداری:

روش های اصلاح بذر گیاهان

- ۱- قدیمی ترین روش: انتخاب بهترین بذر ها در هر سال و کشت آن ها
- ۲- استفاده از مبانی ژنتیک یعنی اصلاح نژاد گیاهان با انجام آمیزش های مختلف
- ۳- جدیدترین روش: به کارگیری مهندسی ژنتیک

۱۲۱- مثال هایی از ویژگی های مطلوب مورد نظر در اصلاح نژاد گیاهان:

۱- تولید سویه هایی از برنج که بتاکاروتن و یا آهن بیشتری داشته باشد. بتاکاروتن ماده ی اولیه ی ویتامین A در بدن است.

۲- تولید گیاهان مقاوم به علف کش ها

۳- تولید گیاهان مقاوم به شرایط خشکی و فشار های محیطی دیگر

۱۲۲- **کشف یک وکتور گیاهی:** بیماری‌های گیاهی اغلب توسط قارچ‌ها و تا اندازه‌ای توسط ویروس‌ها ایجاد می‌شوند و بیماری‌های باکتریایی در گیاهان کمتر دیده می‌شود. به بیان دیگر باکتری‌های معدودی وجود دارد که بتواند به گیاهان حمله بکنند و از طرف دیگر اغلب ویروس‌های بیماری‌زا در گیاهان RNA دار هستند. به این دلیل پیدا کردن یک وکتور مناسب برای گیاهان آسان نمی‌باشد. دانشمندان نوعی پلازمید باکتریایی را کشف کرده‌اند که قادر به القای تشکیل تومور در برخی گیاهان بوده و مسئول بیماری گال می‌باشد. این پلازمید باکتریایی را پلازمید Ti می‌نامند. برای تبدیل پلازمید Ti به وکتور مناسب، ابتدا ژن القای تومور را از آن جدا می‌کنند. سپس DNA ی خارجی را جایگزین آن کرده و وارد سلول‌های گیاهی می‌کنند.

۱۲۳- **تفنگ ژنی:** وجود دیواره‌ی سلولی در گیاهان از ورود آسان وکتور به درون سلول‌های آن جلوگیری می‌کند. به این دلیل برای انتقال ژن به گیاهان ژن خارجی را با تفنگ ژنی به درون سلول شلیک می‌کنند.

#### ۱۲۴- کاربرد تکنولوژی ژن در دامداری:

۱- تولید دام‌هایی که شیر بیشتری تولید می‌کنند. برخی از دامداران برای افزایش میزان شیر گاوها به غذای آن‌ها، هورمون رشد می‌افزایند. در گذشته، هورمون رشد را از مغز گاوهای کشته شده استخراج می‌کردند ولی امروزه، ژن هورمون رشد را از گاو به باکتری منتقل کرده و باکتری‌ها این هورمون با هزینه‌ی کمتر تولید می‌کنند.

۲- تولید پروتئین‌های مفید پزشکی در دام‌هایی که با مهندسی تغییر یافته‌اند. پروتئین‌های پیچیده‌ای که در پزشکی اهمیت دارند، به دلیل پیچیده بودن در باکتری‌ها تولید نمی‌شوند. برای تولید این پروتئین‌ها، ژن آن‌ها را به گاوها منتقل می‌کنند و پروتئین‌های تولید شده در شیر گاوها ظاهر می‌شود.

#### ۱۲۵- کلون کردن از سلول‌های تخصص یافته:

یان ویلموت در سال ۱۹۹۷ موفق شد، یک گوسفند را با استفاده از سلول‌های تخصص یافته کلون کند. قبل از وی، کلون کردن فقط با استفاده از سلول‌های جنینی یا نوزادی ممکن بود. وی برای اولین بار توانست، سلول‌های تخصص یافته را کلون کند.

#### ۱۲۶- روش کار یان ویلموت:

۱- سلول‌های غده‌ی پستانی از گوسفند ماده‌ای استخراج شده و در محلول متوقف کننده‌ی تقسیم سلولی قرار داده شدند.

۲- سلول‌های تخمک از رحم گوسفند ماده‌ی دیگری خارج شده و هسته‌ی آن‌ها را درآوردند.

۳- تخمک فاقد هسته را با سلول غده‌ی پستانی ادغام کردند. ادغام سلول‌ها به کمک تحریک الکتریکی انجام گرفت.

۴- سلول‌های ادغام شده، پس از تقسیمات متوالی در آزمایشگاه، جنین را به وجود آورد.

۵- جنین حاصل در رحم یک گوسفند ماده‌ی دیگر قرار داده شد و پس از ۵ ماه یک بره‌ی کامل متولد شد که نام آن را دالی نام نهادند.

نکته: دالی از نظر ژنتیکی شبیه گوسفندی بود که سلول هسته‌دار پستانی از آن گرفته شده بود.

۱۲۷- نکته: موفقیت کار یان ویلموت، نشان داد که کلون کردن از سلول‌های تخصص یافته نیز ممکن است.

### فصل ۳

۱۲۸-

**الگوی سوپ بنیادین:** براساس این الگو مواد شیمیایی پایه‌ای حیات در جو زمین تشکیل شده و از آن‌جا وارد دریاها شده‌اند و به این طریق در اقیانوس‌های اولیه‌ی زمین به یک باره مقدار زیادی مواد آلی پدید آمده است.

۱۲۹- **الگوی حباب:** براساس این الگو مواد شیمیایی پایه‌ای حیات درون حباب‌های هوایی که درون آب اقیانوس‌ها محصور بودند به وجود آمده است.



- ۱۳۰- **کواسروات:** کره‌ای مشابه غشای سلول است که دو لایه لیپید دارد و گاهی آمینواسید نیز دارد.
- ۱۳۱- **میکروسفر:** کیسه‌های غشایی ریزی هستند که دارای دو لایه پروتئین (زنجیره‌های آمینواسیدی) می‌باشد.
- ۱۳۲- **سنگواره:** بقایای حفظ شده، یا معدنی شده، یا اثرات به‌جای مانده از جاندارانی است که مدت‌ها پیش زندگی می‌کردند.
- ۱۳۳- **سیانوباکتری:** باکتری‌های فتوسنتز کننده‌ای هستند که اولین جانداران اتوتروف زمین بوده و عامل اصلی پیدایش اکسیژن و لایه‌ی اوزون می‌باشند.
- ۱۳۴- **نظریه‌ی درون هم‌زیستی:** براساس این نظریه میتوکندری و کلروپلاست حاصل تغییر باکتری‌هایی هستند که به صورت مهاجم یا غذای هضم نشده وارد سلول‌های بزرگ شده‌اند و به‌جای گوارش در درون این سلول‌ها به زندگی خود ادامه داده و با تغییراتی وظیفه‌ی تنفس و فتوسنتز را به عهده گرفته‌اند.
- ۱۳۵- **انقراض گروهی:** مرگ همگی افراد متعلق به اغلب گونه‌های جانداران
- ۱۳۶- **گل‌سنگ:** جانداران حاصل هم‌زیستی قارچ‌ها و گیاهان هستند که با هم و به صورت هم‌زیست وارد خشکی شدند. گل‌سنگ‌ها اولین بنیان‌گذاران هر اکوسیستمی هستند.
- ۱۳۷- **پیدایش و گسترش زندگی:**  
الگوهای مربوط به پیدایش مواد پایه‌ای حیات: ۱- الگوی سوپ بنیادین ۲- الگوی حباب
- ۱۳۸- **الگوی سوپ بنیادین:** براساس این الگو مواد پایه‌ای حیات در جو زمین تشکیل شدند. جو اولیه‌ی زمین فاقد اکسیژن بود ولی غنی از گازهایی مانند نیتروژن، هیدروژن و گازهای هیدروژن‌دار بود. برخورد نور خورشید و انرژی رعد و برق به این مولکول‌ها سبب پرانرژی شدن این مولکول‌ها و الکترون‌های آن‌ها می‌شد. چنین الکترون‌هایی در صورت وجود اکسیژن، با اکسیژن واکنش می‌دهند زیرا اکسیژن تمایل شدیدی برای جذب چنین الکترون‌هایی دارد. ولی به دلیل نبود اکسیژن، این الکترون‌ها در واکنش‌های دیگری مانند واکنش با مولکول‌های هیدروژن‌دار شرکت کرده و مواد پیچیده‌تری را به وجود آوردند.
- ۱۳۹- **آزمایش میلر تأیید کننده‌ی الگوی سوپ بنیادین بود:** میلر گازهای متان، نیتروژن، آمونیاک و هیدروژن را در دستگاهی قرار داد و به‌جای رعد و برق از جرقه‌ی الکتریکی به عنوان منبع انرژی استفاده کرد و پس از چند روز مشاهده نمود که در این دستگاه برخی مواد پایه‌ای تشکیل دهنده‌ی حیات مانند آمینواسیدها، اسیدهای چرب و کربوهیدرات‌ها تشکیل شدند. این آزمایش تأییدی بر الگوی سوپ بنیادین بود.
- ۱۴۰- **تأثیر یافته‌های جدید بر الگوی سوپ بنیادین:** برخی یافته‌های جدید سبب شد، دانشمندان ارزیابی دیگری در رابطه با درستی الگوی سوپ بنیادین انجام دهند. مانند:
- ۱- اندازه‌گیری سن زمین و کشف سنگواره‌های ۳/۵ میلیارد سال پیش نشان داد که عمر زمین بسیار بیشتر از آن مقداری است که در زمان میلر تصور می‌شد.
- ۲- به علت نبودن اکسیژن در جو اولیه‌ی زمین، لایه‌ی اوزون نیز موجود نبود. از این رو پرتوهای فرابنفش همگی آمونیاک و متان لازم برای انجام واکنش‌های میلر را از بین می‌برد و در عدم این مواد، مواد پایه‌ای حیات نمی‌توانند تشکیل شوند.

۱۴۱- **الگوی حباب:** با توجه به ایرادهای فوق دانشمندان الگوی دیگری موسوم به الگوی حباب را مطرح کردند. براساس این الگو، مواد پایه‌ای حیات در حباب‌های درون اقیانوس‌ها تشکیل شده‌اند. الگوی حباب نسبت به الگوی سوپ بنیادین دو مزیت زیر را داشت:

- ۱- قرار گرفتن مواد در درون حباب‌های اقیانوس، سبب محافظت این مواد در برابر پرتوی فرابنفش می‌شد.
- ۲- درون حباب‌های درون اقیانوس‌ها، تراکم بالایی از گازهای اولیه وجود دارد. از این رو واکنش‌های شیمیایی با سرعت بیشتری انجام می‌گیرند.

#### ۱۴۲- مراحل پیدایش حیات براساس الگوی حباب:

- ۱- آمونیاک و متان و گازهای دیگر که از دهانه‌ی آتشفشان‌های زیردریایی خارج می‌شدند، درون حباب‌هایی محبوس شدند.
- ۲- متان و آمونیاک لازم برای تشکیل آمینواسیدها به واسطه‌ی قرار گرفتن در درون حباب‌ها از آسیب پرتوی فرابنفش خورشیدی در امان بودند. این مواد با هم واکنش داده و مواد آلی ساده را تشکیل دادند.
- ۳- حباب‌ها با رسیدن به سطح آب ترکیده و مولکول‌های آلی ساده که در واکنش‌های قبلی به وجود آمده‌اند آزاد می‌شدند.
- ۴- مولکول‌های آلی آزاد شده با برخورد پرتوهای فرابنفش خورشیدی انرژی لازم برای انجام واکنش‌های بعدی را کسب کردند و با واکنش‌های بعدی مولکول‌های آلی پیچیده‌تری را به وجود آوردند.
- ۵- مولکول‌های آلی پیچیده‌ی تولید شده توسط باران به اقیانوس‌ها وارد شدند و به این ترتیب به یک باره اقیانوس‌ها پر از مواد پایه‌ای تشکیل دهنده‌ی حیات شدند.

#### ۱۴۳- چگونگی تشکیل سلول:

اولین قدم برای تشکیل سلول‌ها، تشکیل کیسه‌هایی از جنس غشاها بود. که از بین آن‌ها می‌توان به میکروسفرها و کواسرواها اشاره کرد. مولکول‌های لیپیدی از اجزای اصلی تشکیل دهنده‌ی غشاهای سلولی هستند. لیپیدهای سازنده‌ی غشاها مولکول‌های دوگانه دوستی هستند که یک سر آبدوست و یک بخش آبگریز دارند. چنین مولکول‌هایی در صورت قرار گرفتن در آب به شکلی تجمع می‌یابند که بخش‌های آبگریز آن‌ها در تماس با هم بوده و سرهای آبدوست آن‌ها در تماس با آب می‌باشند. حاصل این تجمع تشکیل کراه‌ی لیپیدی موسوم به کواسروا می‌باشد. کواسرواها کراه‌هایی با دو لایه لیپید هستند که می‌توانند با جذب کردن مولکول‌های لیپیدی دیگر رشد کرده و پس از بزرگ شدن با جوانه‌زنی به دو کواسروا تبدیل شوند. برخی کواسرواها ممکن است مولکول آمینواسیدی نیز داشته باشند. کواسرواها با این‌که تقسیم می‌شوند، زنده محسوب نمی‌شوند. زیرا این تقسیم شدن با مفهوم تولیدمثل تفاوت اساسی دارد.

۱۴۴- **میکروسفر:** ریزکیسه‌هایی از جنس پروتئین (زنجیره‌های کوچک آمینواسیدی) هستند. میکروسفرها نیز مانند کواسرواها دو لایه هستند. میکروسفرها زنده محسوب نمی‌شوند، زیرا فاقد وراثت هستند. لازم به تذکر است مفهوم تقسیم شدن با تولیدمثل و وراثت تفاوت‌های اساسی دارند.

۱۴۵- **دوام و گسترش میکروسفرها:** میکروسفرهای مختلف از نظر دوام متفاوت بودند. برخی میکروسفرها به دلیل توانایی استفاده از انرژی و مولکول‌های دیگر از دوام بیشتری برخوردار بودند و به این دلیل به تدریج از فراوانی بیشتری برخوردار شدند و اولین گام‌ها را به سمت تولید سلول‌ها برداشتند.

۱۴۶- نکته: میکروسفرها و کواسرواها هر دو غشاهایی دو لایه هستند.

۱۴۷- **تشکیل سلول از میکروسفر:** تشکیل میکروسفرها اولین قدم به سمت سازماندهی سلول بود. برای تبدیل میکروسفرها به اولین سلولها دخالت عوامل زیر ضروری بود.

۱- نقش احتمالی کاتالیزورها ۲- پیدایش وراثت ۳- تکامل متابولیسم

#### ۱۴۸- نقش احتمالی کاتالیزورها:

برخی مولکولهای RNA خاصیت آنزیمی دارند و ساختار سه بعدی RNA سطحی را (جایگاه فعال آنزیم) فراهم می کند که واکنش های شیمیایی می توانند در آنجا انجام گیرند. چنین فعالیت آنزیمی در برخی RNA های امروزی نیز دیده می شود که به عنوان مثال می توان به یکی از RNA های ریپوزومی اشاره کرد که در طی پروتئین سازی مسئول اتصال آمینواسیدها به هم و برقراری پیوند پپتیدی بین آنها می باشد. بسیاری عقیده دارند که اولین ماده ی وراثتی ماده ای بوده است که هم زمان با داشتن توانایی هایی وراثتی دارای فعالیت آنزیمی نیز بوده است. احتمالاً RNA اولین ماده ی خودهماندساز بوده است و ممکن است تشکیل اولین مولکول های پروتئینی را کاتالیز کرده باشد. نکته: مطلب مهم تر درباره ی RNA این است که این مولکول می تواند از نسلی به نسل دیگر تغییر یابد. (توانایی تغییرپذیری و جهش را دارد که نیاز اساسی برای تکامل جانداران است).

#### ۱۴۹- خاستگاه متابولیسم:

میکروسفرها، مولکول های RNA و نیز ساختارهای سلول مانند پس از پیدایش، برای حفظ انسجام ساختاری و تکثیر خود نیازمند کسب انرژی از مواد آلی ویژه ای مانند ماده ی X بودند. مصرف این ماده ی آلی به تدریج سبب شد این ماده در محیط کمیاب بشود. کمبود این منابع سبب شد جهش یا تغییرات در برخی RNA های آنزیمی یا مولکول های پروتئین مانند که سبب تولید ماده ی X از ماده ی Y می شوند، پایدار بمانند. پس از مدتی ماده ی Y نیز کمیاب شد و این سبب پایداری جهش هایی شد که سبب تولید ماده ی Y از ماده ی Z می شوند. به نظر می رسد مسیرهای متابولیسمی اولیه با چنین سازوکارهایی تکامل یافته و پیچیده تر شدند.

#### ۱۵۰- عوامل مؤثر در تکامل متابولیسم:

۱- کمبود منابع ۲- تغییر نیازها ۳- جهش در RNA های آنزیمی یا مولکول های پروتئین مانند

#### ۱۵۱- خاستگاه وراثت:

دانشمندان در این مورد که RNA اولین بار در درون میکروسفر پدید آمده است یا از بیرون وارد آن شده است، اتفاق نظر ندارند. ولی همگی قبول دارند که میکروسفرها به طریقی دارای RNA شده اند. مولکول های RNA با استفاده از فرآورده های متابولیسمی (نوکلئوتیدهای) موجود در میکروسفرها همانندسازی می کردند و در صورت تقسیم شدن میکروسفرها، وارد میکروسفرهای دختر می شدند. وراثت هنگامی شکل گرفت که RNA توانست، با کسب توانایی سازماندهی آنزیمها و پروتئین های ویژه، قادر به کنترل مسیرهای متابولیسمی میکروسفر و تعیین ویژگی های میکروسفر را تعیین کند.

۱۵۲- نکته: پیدایش RNA در درون میکروسفرها به خودی خود سبب پیدایش وراثت نمی شود. بلکه وراثت، هنگامی شکل گرفت که RNA توانست با سازماندهی تولید آنزیمها در درون میکروسفر، مسیرهای متابولیسمی و تعیین ویژگی های میکروسفر را کنترل کند.

#### ۱۵۳- اولین پروکاریوتها:

پروکاریوتها (باکتری ها)، نخستین جاندارانی هستند که روی زمین پدیدار شده اند. این باکتری ها، هتروتروف و بی هوازی بودند و انرژی مورد نیاز خود را از مواد آلی موجود در آب اقیانوس ها کسب می کردند.

**۱۵۴- پیدایش نخستین سلول‌های اتوتروف:**

اولین جانداران زمین، باکتری‌های هتروتروفی بودند که از مواد آلی اقیانوس‌ها تغذیه می‌کردند. با کاهش غلظت این مواد، اولین اتوتروف‌ها پدید آمده‌اند که قادر بودند، با استفاده از ترکیبات غیرآلی، ترکیبات آلی مورد نیاز خود را بسازند. احتمالاً، اولین فتوسنتز کننده‌ها، گروهی از پروکاریوت‌ها به نام سیانوباکتری‌ها بودند که اولین تولید کنندگان اکسیژن بودند.

**۱۵۵- پیدایش تنفس هوازی:** قبل از پیدایش سیانوباکتری‌ها، جو زمین فاقد اکسیژن بود، سیانوباکتری‌ها اولین فتوسنتز کنندگان روی زمین بودند که اکسیژن را به درون اقیانوس‌ها و جو زمین آزاد کردند. پس از گذشت صدها میلیون سال، اکسیژن در جو زمین متراکم شد. با افزایش تراکم اکسیژن در جو زمین، نخستین سلول‌های هوازی پیدا شدند.

**۱۵۶- اولین یوکاریوت:** اولین یوکاریوت‌ها، حدود ۱/۵ میلیارد سال پیش به وجود آمدند. یوکاریوت‌ها در مقایسه با پروکاریوت‌ها از ویژگی‌های زیر برخوردار بودند:

۱- داشتن دستگاه غشایی درونی

۲- محصور بودن DNA ی آن‌ها در هسته

۳- داشتن اندامک‌های اختصاصی به نام‌های میتوکندری و کلروپلاست که این دو اندامک دارای DNA ی اختصاصی هستند.

**۱۵۷- تکامل میتوکندری و کلروپلاست:** در ارتباط با منشأ میتوکندری و کلروپلاست، همه‌ی زیست‌شناسان نظریه‌ی درون‌همزیستی را پذیرفته‌اند. براساس این نظریه، میتوکندری‌ها، خویشاوندان باکتری‌های هوازی هستند و طبق نظریه‌ی درون‌همزیستی، باکتری‌های هوازی و سیانوباکتری‌ها به صورت انگل و یا شکار هضم نشده وارد سلول‌های بزرگ‌تر شده‌اند و به جای گوارش یافتن در درون آن سلول، به زندگی خود ادامه داده و تنفس سلولی و فتوسنتز را بر عهده گرفته‌اند.

**۱۵۸- شواهد حمایت‌کننده از نظریه‌ی درون‌همزیستی:**

**۱- اندازه:** اندازه‌ی میتوکندری‌ها مشابه اندازه‌ی اغلب باکتری‌ها است.

**۲- ساختار:** غشای درونی میتوکندری‌ها مانند غشای باکتری‌های هوازی تاخوردگی‌های متعددی دارد که پروتئین‌های مسئول تنفس سلولی در آن قرار دارند.

**۳- ماده‌ی ژنتیک:** DNA ی میتوکندری و کلروپلاست، مشابه DNA ی باکتری‌ها بوده و حلقوی است. این دو اندامک ژن‌هایی متفاوت با ژن‌های هسته دارند.

**۴- ریبوزوم:** اندازه و ساختار ریبوزوم‌ها با ریبوزوم‌های باکتری‌های مشابه بوده و با ریبوزوم‌های یوکاریوتی متفاوت می‌باشد.

**۵- زادآوری:** میتوکندری و کلروپلاست، مانند باکتری‌ها به روش تقسیم دوتایی تقسیم می‌شوند و مراحل میتوز را ندارند.

**۱۵۹- پیدایش جانداران پرسلولی:**

موجودات تک سلولی توانایی اندکی برای کنترل تغییرات محیط خود را دارند و عموماً تحت تأثیر محیط پیرامون خود هستند ولی در جانداران پرسلولی به دلیل وجود محیط درونی، سلول‌ها در شرایط نسبتاً پایداری قرار دارند. از نظر تکاملی قرار گرفتن سلول‌ها در محیط پایداری که آن‌ها را از چالش‌های محیطی حفظ کرده و منابع غذایی در اختیارشان می‌گذارد، زمینه‌ی لازم برای تخصصی شدن و تمایز سلول‌ها را فراهم می‌کند.

۱۶۰- نکته: نقطه‌ی عطف در پیدایش پرسلولی‌ها، تکامل سیستم‌های انتقال پیام بین سلول‌های مختلف یک توده‌ی سلولی (کلونی) است.

نکته: منشأ گروه‌های جانوری، انواعی از تازک‌داران هستند که کلونی تشکیل می‌دادند.

#### ۱۶۱- انقراض گروهی:

**انقراض:** یعنی مرگ تمام اعضای متعلق به یک گونه

**انقراض گروهی:** یعنی مرگ تمام اعضای متعلق به بسیاری از گونه‌ها

**علت انقراض:** تغییرات بزرگ بوم شناختی

#### ۱۶۲- پنج انقراض گروهی تاریخ زمین:

۱- انقراض اول: در حدود ۴۴۰ میلیون سال پیش- انقراض ۸۵ درصد گونه‌های جانداران

۲- انقراض دوم: در حدود ۳۶۰ میلیون سال پیش- انقراض ۸۳ درصد گونه‌ها

۳- انقراض سوم (مخرب‌ترین انقراض): در حدود ۲۴۵ میلیون سال پیش- انقراض ۹۶ درصد گونه‌های جانوری

۴- انقراض چهارم: در حدود ۲۱۰ میلیون سال پیش- انقراض ۸۰ درصد گونه‌ها

۵- انقراض پنجم: در حدود ۶۵ میلیون سال پیش- انقراض ۷۶ درصد گونه‌های ساکن خشکی

#### ۱۶۳- گسترش حیات به خشکی:

تضمین بقای حیات در خشکی به واسطه‌ی لایه‌ی اوزون:

در ابتدای تاریخ زمین، زندگی در دریاها آغاز شد و پرتوهای فرابنفش خورشیدی مانع گسترش حیات به خشکی‌ها می‌شد. با تشکیل لایه‌ی اوزون، امکان گسترش حیات به خشکی‌ها فراهم شد. عامل اصلی تشکیل لایه‌ی اوزون سیانوباکتری‌ها هستند که اولین تولیدکنندگان اکسیژن بودند. از این‌رو می‌توان گفت که گسترش حیات به خشکی‌ها مدیون سیانوباکتری‌ها است.

#### ۱۶۴- پیدایش گیاهان و قارچ‌ها در خشکی:

اولین جانداران پرسلولی که در خشکی‌ها ظاهر شدند گل‌سنگ‌ها (قارچ‌ها و گیاهان) بودند. گل‌سنگ‌ها قادر به زیستن در زیستگاه‌های سخت مانند سنگ برهنه هستند. در گل‌سنگ‌ها، بین قارچ‌ها و جلبک‌ها رابطه‌ی همیاری وجود دارد. قارچ‌ها مواد غذایی مورد نیاز جلبک را جذب کرده و در اختیار جلبک قرار می‌دهند و جلبک‌ها مواد غذایی لازم برای خود و قارچ را تولید می‌کنند.

#### ۱۶۵- پیدایش بندپایان در خشکی:

بندپایان، اولین جانورانی هستند که از دریا وارد خشکی شدند. حشرات گروهی از بندپایان بوده و فراوان‌ترین و متنوع‌ترین گروه جانوران تاریخ زمین هستند. حشرات اولین جانورانی بودند که بال داشتند و پرواز می‌کردند و به احتمال زیاد، موفقیت حشرات در ارتباط با توانایی پرواز آن‌ها بوده است. توانایی پرواز حشرات این امکان را به وجود آورده است که تا آن‌ها به نحو مؤثرتری به جست‌وجوی غذا، جفت و آشیانه بپردازند. همچنین توانایی پرواز حشرات سبب برقراری رابطه‌ی همیاری بین حشرات و گیاهان گل‌دار شده است.

نکته: حشرات اولیه مانند سنجاقک‌ها دارای دو جفت بال بودند.

#### ۱۶۶- پیدایش مهره‌داران و گسترش آن‌ها به خشکی:

اولین مهره‌داران ماهی‌های کوچک بدون آرواره بودند که حدود ۵۰۰ میلیون سال پیش در اقیانوس‌ها به وجود آمدند.

۱۶۷- ماهی‌های آرواره‌دار در حدود ۴۳۰ میلیون سال پیش به وجود آمدند. پیدایش آرواره در ماهی‌ها آن‌ها را به شکارچیان توانمندی تبدیل کرد.

۱۶۸- نکته: ماهی‌ها موفق‌ترین و فراوان‌ترین مهره‌داران زنده هستند.

#### ۱۶۹- پیدایش دوزیستان:

دوزیستان اولیه، اولین مهره‌داران خشکی‌زی بودند که حدود ۳۷۰ میلیون سال پیش از دریا بیرون آمدند. دوزیستان اولیه به علت تکوین تغییرات ساختاری متعدد قادر به زندگی در خشکی بودند. مانند:  
(الف) داشتن کیسه‌های هوایی مرطوب یعنی شش‌ها  
(ب) تکامل اندام‌های حرکتی از باله‌های ماهی‌ها برای راه رفتن در خشکی. (حرکت اندام‌های حرکتی در جهت عکس یکدیگر)

#### ۱۷۰- پیدایش خزندگان:

خزندگان در حدود ۳۵۰ میلیون سال پیش از تحول دوزیستان به وجود آمدند. این جانوران برای جلوگیری از اتلاف آب بدن، دارای پوستی محکم بودند که مانع تبخیر آب می‌شد. همچنین تخم این جانوران دارای پوسته‌ی محافظی بود که مانع خشک شدن آن‌ها می‌شد.

#### ۱۷۱- پیدایش پستانداران:

پستان‌داران و پرندگان از تغییر خزندگان به وجود آمدند و در حدود ۶۵ میلیون سال پیش در طی انقراض پنجم گسترش یافتند. در طی این انقراض، دایناسورها منقرض شده و پستان‌داران و پرندگان جایگزین آن‌ها شدند. بعد از انقراض پنجم، آب و هوا مرطوب شد. از این‌رو، ویژگی سازگار با خشکی در خزندگان مزیت خود را از دست داد. **اثر تغییرات زمین شناختی بر تحول گونه‌ها:** علاوه بر انقراض، تغییرات زمین شناختی نیز تکامل گونه‌ها را تحت تأثیر خود قرار داده است. به عنوان مثال می‌توان به جابه‌جایی قاره‌ها اشاره کرد. با توجه به حرکت قاره‌ها است که می‌توان توضیح داد که چرا پستان‌داران کیسه‌دار فقط در دو قاره‌ی آمریکای جنوبی و استرالیا وجود دارند.

### فصل ۴

۱۷۲-

**جمعیت:** جمعیت بیانگر گروهی از افراد یک گونه است که با همدیگر در یک زمان و در یک مکان زندگی می‌کنند.

۱۷۳- **انتخاب طبیعی:** فرآیندی است که توسط آن جمعیت‌ها در پاسخ به محیط خود تغییر می‌یابند.

۱۷۴- **سازش:** تغییراتی که در یک گونه به منظور تطابق بهتر آن گونه با محیط ویژه‌ی خود انجام می‌گیرد، سازش نامیده می‌شود.

۱۷۵- **انقراض:** یعنی از بین رفتن همه‌ی افراد یک گونه.

۱۷۶- **نظریه‌ی ترکیبی انتخاب طبیعی:** نظریه‌ی جدید انتخاب طبیعی است که دانشمندان پس از داروین با ادغام نظریه‌ی داروین و یافته‌های مندل ارائه دادند.

۱۷۷- **کراسینگ اوور:** تبادل قطعه بین کروموزوم‌های همتا که هنگام میوز انجام می‌گیرد، کراسینگ اوور نامیده می‌شود.

۱۷۸- **دیرینه‌شناسان:** پژوهشگرانی هستند که به بررسی سنگواره‌ها می‌پردازند.

۱۷۹- **نیای مشترک:** گونه‌ای است که دو یا چند گونه از تغییر آن اشتقاق پیدا کرده‌اند.

۱۸۰- **درخت تبار زایشی:** طرح‌هایی هستند که اشتقاق گونه‌های خویشاوند از نیای مشترک را نشان می‌دهند.

- ۱۸۱- **اندام وستیجیال:** اندامی است که به نسبت کوچک تر شده و فاقد وظیفه ی خاصی بوده و یا وظیفه ی بسیار جزئی به عهده دارد. مانند استخوان های لگن و ران مار و استخوان های لگن والها.
- ۱۸۲- **هومولوگ:** ساختارهایی هستند که علی رغم وظیفه ی متفاوت دارای ساختار یکسانی هستند.
- ۱۸۳- **الگوی تغییر تدریجی:** الگویی از تغییر گونه ها که در آن رویدادهای تدریجی در طول زمان منجر به تشکیل گونه های جدید می شود، الگوی تغییر تدریجی نامیده می شود.
- ۱۸۴- **الگوی تعادل نقطه ای (گونه زایی نهانی):** الگویی از تغییر گونه ها است که در آن، هر گونه پس از یک دوره ی طولانی عدم تغییر، ناگهان دچار تغییر شده است.
- ۱۸۵- **ملانین:** رنگیزه ی سیاه رنگی است که سبب تیره شدن رنگ سطح خارجی بدن می شود.
- ۱۸۶- **نکته:** مبنای گوناگونی حیات، فقط با دیدگاه تغییر گونه ها قابل توضیح است.  
**نکته:** مبنای گوناگونی حیات، با نظریه ی داروین قابل توضیح است.
- ۱۸۷- **نکته:** لامارک علت تغییر گونه ها را تغییر شرایط فیزیکی حیات می دانست و ساز و کارهای تغییر در نظریه ی لامارک عبارت اند از: اثر استفاده ی فیزیکی اندامها بر اندازه ی آنها و مورثی شدن صفات اکتسابی.
- ۱۸۸- **نکته:** لامارک و داروین به دلیل عدم آگاهی از چگونگی به ارث رسیدن صفات ارثی و نیز عدم آگاهی از فرآیند تولیدمثل به مورثی شدن صفات اکتسابی باور داشتند.  
**نکته:** داروین و لامارک هر دو، علت تغییر گونه ها را تغییر شرایط محیط می دانستند.  
**نکته:** این بخش از نظریه ی لامارک که علت تغییر گونه ها، تغییرات شرایط فیزیکی حیات است، مورد توجه داروین و پژوهشگران بعد از وی قرار گرفت.
- ۱۸۹- **نکته:** به نظر داروین، هر گونه ای، هماهنگ با محیط ویژه ی خود تحول می یابد.
- ۱۹۰- **نکته:** مطلب کلیدی در نظریه ی داروین این است که در هر جمعیت افرادی که تطابق بیشتری با محیط دارند بیشترین تعداد زاده ها را تولید می کنند. بنابراین فراوانی نسبی صفات این افراد در هر نسل افزایش می یابد.  
ژن ها مسئول بروز صفات هستند، انتخاب طبیعی با افزایش یا کاهش فراوانی برخی صفات، فراوانی نسبی ال های به وجود آورنده ی این صفات را تغییر می دهد.
- ۱۹۱- **نکته:** جهش ها و نوترکیبی که ناشی از تولیدمثل جنسی می باشد، سبب ایجاد انواع جدید می شوند و انتخاب طبیعی روی این انواع جدید عمل می کنند. بنابراین، منابع لازم برای عمل انتخاب طبیعی توسط جهش و نوترکیبی ایجاد می شوند.
- ۱۹۲- **نکته:** علت انقراض، تغییر ناگهانی اقلیم و انقلاب های طبیعی است.
- ۱۹۳- **نکته:** نظریه ی ترکیبی انتخاب طبیعی بر مبنای کارهای داروین و مندل ارائه شد.
- ۱۹۴- **نکته:** سنگواره ها، مستقیم ترین شواهد تغییر گونه ها را ارائه می دهند  
**نکته:** سنگواره ها ثبت واقعی آثار جاندارانی هستند که در گذشته، روی زمین زندگی می کرده اند.



۱۹۵- نکته: داروین با مطالعه روی سنگواره‌ها و مشاهده‌ی تغییرات مستمر و تدریجی در سنگواره‌های ثبت شده وجود حلقه‌های حدواسط در زنجیره‌ی تغییر گونه‌ها را پیش‌بینی کرد.

۱۹۶- نکته: برای تشکیل سنگواره‌ها دو شرط زیر ضروری هستند:  
۱- رسوب‌گذاری سریع ۲- وجود قسمت‌های سخت در بدن جانداران (مانند اسکلت)

۱۹۷- محیط‌های مناسب برای تشکیل سنگواره:  
زمین‌های کم ارتفاع مرطوب، جویبارها، رودخانه‌های دارای حرکت کند، دریاچه‌های کم عمق (مناطق کم عمق دریاها) و مناطق نزدیک آتش‌فشان‌هایی که از آن‌ها خاکستر بلند می‌شود.

۱۹۸- مناطق نامناسب برای تشکیل سنگواره‌ها:  
جنگل‌های مرتفع کوهستان‌ها، علفزارها و بیابان‌ها

۱۹۹- ساختار هومولوگ (همتا): ساختارهایی هستند که علی‌رغم تفاوت وظیفه در جانداران مختلف، ساختارهای یکسانی دارند. مانند اندام‌های حرکتی جلویی مهره‌داران  
نکته: استخوان‌های لگن وال‌های جدید هومولوگ استخوان‌های لگن خاصره‌ی مهره‌داران خشکی است. لگن وال‌ها در نزدیکی اندام‌های تولیدمثلی و دور مهره‌ها قرار دارند و وظیفه‌ی مشخصی ندارند.

۲۰۰- اجزای رویان مهره‌داران:  
۱- یک دم که در برخی قبل از تولد از بین می‌رود و در برخی حتی پس از بلوغ نیز حفظ می‌شود.  
۲- یک حفره‌ی گلوبی که حاوی آبشش ماهی‌ها و نوزاد دوزیستان می‌باشد.  
۳- چهار جوانه که منشأ اندام‌های حرکتی مهره‌داران هستند.

۲۰۱- نکته: حفره‌ی گلوبی در ماهی‌ها در تمام طول عمر باقی می‌ماند ولی در دوزیستان در طی بلوغ از بین می‌رود و در بقیه‌ی مهره‌داران قبل از تولد از بین می‌رود.

۲۰۲- نکته: علت گونه‌زایی تدریجی، تغییر تدریجی شرایط محیط است، ولی علت گونه‌زایی ناگهانی یا تعادل نقطه‌ای، تغییرات ناگهانی و شدید شرایط محیط است.

۲۰۳- نکته: مطلب کلیدی درباره‌ی تغییر گونه‌ها این است که جهت و مقدار تغییرات گونه‌ها را محیط تعیین می‌کند.

## فصل ۵

۲۰۴- ژنتیک جمعیت: علمی است که به بررسی ژن‌ها در جمعیت می‌پردازد.

۲۰۵- خزانه‌ی ژنی: به مجموع ژن‌های موجود در سلول‌های زایشی هر جمعیت، خزانه‌ی ژنی می‌گویند. به بیان دیگر خزانه‌ی ژنی شامل مجموع ال‌های مربوط به همه‌ی ژن‌های همه‌ی سلول‌های همه‌ی افراد جمعیت است.

۲۰۶- تعادل هاردی-واینبرگ: در جمعیت‌های بزرگ، که در آن‌ها آمیزش‌ها به صورت تصادفی انجام می‌گیرد، نسبت ال‌های غالب و مغلوب و نیز نسبت افراد خالص به ناخالص در نسل‌های پی‌درپی ثابت باقی می‌ماند. مگر آن‌که جمعیت تحت فشار نیروهای تغییر دهنده قرار بگیرد.

۲۰۷- تعادل جهش: یعنی برابر بودن میزان جهش مستقیم ( $\Delta \rightarrow a$ ) با میزان جهش معکوس ( $a \rightarrow \Delta$ ).

- ۲۰۸- **شارش ژن:** هنگامی که افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می کنند، تعدادی از ژن های جمعیت مبدأ را با خود به جمعیت مقصد وارد می کنند. به این پدیده شارش ژن می گویند.
- ۲۰۹- **آمیزش تصادفی:** منظور از آمیزش تصادفی این است که احتمال آمیزش هر فرد با هر یک از افراد جنس مقابل در جمعیت برابر باشد.
- ۲۱۰- **درون آمیزی:** حالتی است که در آن آمیزش میان خویشاوندان نزدیک محتمل تر از آمیزش با سایر افراد است.
- ۲۱۱- **آمیزش همسان پسندانه:** حالتی است که در آن احتمال آمیزش بین افرادی که ژنوتیپ یا فنوتیپ یکسان دارند، بیشتر از احتمال آمیزش با دیگران است.  
**آمیزش ناهمسان پسندانه:** حالتی است که در آن افراد همانند با هم آمیزش نمی کنند.
- ۲۱۲- **ژن خودناسازگاری:** ژنی است که مانع آمیزش بین افراد همانند می شود و هر فرد فقط با افراد متفاوت با خود آمیزش می کند.
- ۲۱۳- **رانش ژن:** تغییر فراوانی الی های خزانه ی ژنی جمعیت های کوچک در اثر رخ دادهای تصادفی را رانش ژن می نامند.
- ۲۱۴- **اثر بنیان گذار:** شکلی از رانش ژن است که در آن تعداد اندکی از افراد یک جمعیت به یک محیط جدید مهاجرت کرده و در آن جا جمعیت جدیدی را بنیان می گذارند.
- ۲۱۵- **شایستگی تکاملی:** کمی برای توصیف کمی اثر انتخاب طبیعی است که نشان دهنده ی سهم نسبی هر فرد در تشکیل خزانه ی ژنی نسل بعد است.
- ۲۱۶- **توزیع طبیعی (نرمال):** هنگامی که در نمودار توزیع فراوانی یک صفت، مقادیر متوسط بیشترین فراوانی و مقادیر آستانه ای کمترین فراوانی را دارند، نمودار توزیع به شکل یک زنگوله در می آید که به آن توزیع طبیعی یا توزیع نرمال می گویند.
- ۲۱۷- **صفات پیوسته یا کمی:** صفاتی که گستره ای از مقادیر را شامل می شوند، صفات کمی یا پیوسته نام دارند.
- ۲۱۸- **انتخاب جهت دار:** نوعی از انتخاب طبیعی که در آن به تدریج فراوانی افراد یکی از دو آستانه افزایش و فراوانی افراد متوسط و آستانه ی دیگر کاهش می یابند، انتخاب جهت دار نامیده می شود.
- ۲۱۹- **انتخاب مصنوعی:** تغییر در صفات گیاهان یا جانوران را که به انتخاب انسان صورت می گیرد، انتخاب مصنوعی نامیده می شود.
- ۲۲۰- **انتخاب پایدار کننده:** نوعی از انتخاب طبیعی که در آن به تدریج فراوانی افراد میانه ی طیف، افزایش و فراوانی افراد دو آستانه ی کاهش می یابند، انتخاب پایدار کننده نامیده می شود.
- ۲۲۱- **فسیل زنده:** موجوداتی که بازمانده ی جانداران میلیون ها سال پیش هستند و شباهت فراوانی به آنها دارند، فسیل زنده نامیده می شود.
- ۲۲۲- **انتخاب گسلنده:** نوعی از انتخاب طبیعی که در آن به تدریج فراوانی افراد دو آستانه افزایش یافته و فراوانی افراد حد واسط کاهش می یابند، انتخاب گسلنده نامیده می شود.

- ۲۲۳- **نوترکیبی:** منظور از نوترکیبی، به وجود آمدن ترکیبی از الل‌های ژن‌های مختلف است که قبلاً وجود نداشتند.
- ۲۲۴- **کراسینگ اوور:** پدیده‌ای است که طی آن با تبادل قطعه بین کروموزوم‌های همتا، ترکیب‌های جدیدی از الل‌های ژن‌های پیوسته به وجود می‌آید.
- ۲۲۵- **برتری افراد ناخالص:** حالتی است که در آن شایستگی تکاملی افراد ناخالص بیشتر از افراد خالص می‌باشد.
- ۲۲۶- **انتخاب وابسته به فراوانی:** نوعی از انتخاب طبیعی است که در آن شایستگی تکاملی یک فنوتیپ یا ژنوتیپ به فراوانی آن‌ها وابسته است.
- ۲۲۷- **انتخاب متوازن:** نوعی از انتخاب طبیعی است که سبب حفظ تنوع در جمعیت‌ها می‌شود.
- ۲۲۸- **سدهای پیش زیگوتی:** مواعی که اجازه نمی‌دهند، سلول‌های زیگوت از لقاح سلول‌های جنسی دو گونه‌ی متفاوت به وجود آیند به سدهای پیش زیگوتی موسوم هستند.
- سدهای پس زیگوتی:** مواعی که مانع از نمو سلول تخم و تشکیل زاده‌های دورگه و یا موجب نازایی دورگه می‌شوند به سدهای پس زیگوتی موسوم هستند.
- ۲۲۹- **جدایی بوم شناختی:** نوعی جدایی خزانه‌ی ژنی دو جمعیت است که در مورد گونه‌هایی مطرح است که در یک منطقه زندگی می‌کنند ولی به دلیل متفاوت بودن زیستگاه‌ها نمی‌توانند با هم آمیزش کنند.
- جدایی رفتاری:** نوعی جدایی خزانه‌ی ژنی است که علت آن متفاوت بودن نشانه‌های جفت‌یابی گونه‌ها است.
- جدایی زمانی:** این نوع جدایی ناشی از این است که دو گونه در زمان‌های متفاوتی تولیدمثل می‌کنند.
- جدایی مکانیکی:** جدایی ناشی از تفاوت‌های ساختاری را جدایی مکانیکی می‌نامند.
- جدایی گامتی:** منظور از جدایی گامتی این است که حتی اگر گامت‌های دو گونه‌ی متفاوت در کنار هم قرار بگیرند، قادر به لقاح با هم نمی‌باشند.
- ۲۳۰- **نازیستایی دورگه:** حالتی است که در آن بین دو گونه آمیزش انجام گرفته و سلول تخم تشکیل شده است ولی سلول تخم می‌میرد یا به تولد نوزاد زنده‌ای منجر نمی‌شود و یا اگر نوزاد زنده‌ای به وجود آید به سن بلوغ نمی‌رسد.
- ۲۳۱- **نازایی دورگه:** جدایی ناشی از نازا بودن دورگه‌های حاصل از آمیزش بین دو گونه را نازایی دورگه می‌نامند.
- ۲۳۲- **ناپایداری دودمان دورگه:** نوعی جدایی است که در آن، دورگه‌های نسل اول، زیستا و زایا هستند. ولی هنگامی که این دورگه‌ها با هم و یا با یکی از گونه‌های اولیه آمیزش می‌کنند، زاده‌های نازیستا و نازا به وجود می‌آورند.
- ۲۳۳- **گونه‌زایی دگر میهنی:** نوعی گونه‌زایی است که با جدایی مکانی گونه‌ها شروع می‌شود.
- گونه‌زایی هم میهنی:** نوعی گونه‌زایی است که بدون نیاز به جدایی جغرافیایی و بین جمعیت‌هایی که در یک زیستگاه به سر می‌برند، اتفاق می‌افتد.
- ۲۳۴- **تعادل در جمعیت‌ها**
- جمعیت:** مجموعه‌ی افرادی از یک گونه که هم‌زمان با هم و در یک مکان مشترک زندگی می‌کنند جمعیت نام دارد.
- انواع جمعیت‌ها:**
- ۱- **جمعیت باز:** جمعیتی است که مرزهای باز دارد و مهاجرت به داخل و خارج به راحتی انجام می‌گیرد.
  - ۲- **جمعیت نیمه‌باز:** جمعیتی است که به دلیل وجود مرزهای نیمه‌باز، میزان مهاجرت در آن اندک است.
  - ۳- **جمعیت بسته:** جمعیتی است که مرزهای کاملاً بسته دارد و مهاجرت در آن انجام نمی‌گیرد.

۲۳۵- ژنتیک جمعیت‌ها

**ژنتیک جمعیت‌ها:** علمی است که به بررسی ژن‌ها در جمعیت می‌پردازد.

گوناگونی در افراد یک جمعیت ناشی از گوناگونی در ژن‌های آن‌ها می‌باشد. تغییر جمعیت‌ها نیز، نتیجه‌ی تغییر ژن‌ها یا فراوانی انواع ژن‌ها در جمعیت است. بنابراین برای درک و تفسیر چگونگی تغییر جمعیت‌ها لازم است، تغییرات در نوع ژن‌ها و فراوانی ژن‌های مختلف در جمعیت را بررسی کنیم. برای توصیف ژن‌های یک جمعیت از مفهومی به نام خزانه‌ی ژنی استفاده می‌شود. خزانه‌ی ژنی عبارت است از همه‌ی الل‌های همه‌ی ژن‌های همه‌ی سلول‌های زایشی (سلول‌های تولید کننده‌ی گامت) همه‌ی افراد جمعیت. با توجه به این‌که چهره‌ی یک جمعیت، بازتاب انواع ژن‌های موجود در جمعیت و فراوانی ژن‌های مزبور است. می‌توان گفت که تغییرات تدریجی یا ناگهانی چهره‌ی یک جمعیت ناشی از تغییر در خزانه‌ی ژنی جمعیت است.

۲۳۶- **خزانه‌ی ژنی:** به مجموع الل‌های موجود در همه‌ی سلول‌های زایشی همه‌ی افراد جمعیت، خزانه‌ی ژنی می‌گویند. **تذکر:** در تعریف خزانه‌ی ژنی، فقط به سلول‌های زایشی، اشاره می‌شود. زیرا آنچه که از نسلی به نسل بعد انتقال می‌یابد، ژن‌های موجود در سلول‌های زایشی است و ژن‌های موجود در سلول‌های پیکری به نسل بعد انتقال نمی‌یابند.

۲۳۷- فراوانی اللی:

برای توصیف خزانه‌ی ژنی یک جمعیت به‌جای تعداد واقعی الل‌ها، فراوانی نسبی الل‌های هر جمعیت را مورد بررسی قرار می‌دهند. زیرا به دست آوردن تعداد واقعی الل‌ها کاری غیرممکن است.

۲۳۸- روش اول تعیین فراوانی اللی:

هرگاه تعداد یا فراوانی مطلق ژنوتیپ‌ها در دست باشد، برای به دست آوردن فراوانی نسبی الل‌ها، ابتدا تعداد هر الل را به دست آورده و بر تعداد کل الل‌ها تقسیم می‌کنیم. هر فرد برای هر ژن دارای دو الل است. بنابراین تعداد کل الل‌ها برابر است با دو برابر تعداد کل افراد جمعیت. افراد خالص از هر الل دو نسخه دارند ولی افراد ناخالص یک نسخه از هر الل را دارند. بنابراین تعداد هر الل برابر است با دو برابر تعداد افراد خالص آن الل به‌علاوه‌ی تعداد افراد ناخالص آن الل.

$$f(A) = \frac{(\text{تعداد } AA \times 2) + (\text{تعداد } Aa \times 1)}{\text{تعداد کل افراد} \times 2}$$

۲۳۹- مثال: در یک جمعیت از مگس‌های سرکه که شامل ۱۰۰۰ عضو می‌باشد، تعداد ژنوتیپ‌ها به صورت  $700 AA + 200 Aa + 100 aa$  می‌باشد. فراوانی الل‌های A و a را به‌دست آورید.

حل: ۷۰۰ فرد دارای ژنوتیپ AA، هستند یعنی ۷۰۰ فرد دارای دو الل A هستند. ۲۰۰ فرد دارای ژنوتیپ Aa هستند، یعنی ۲۰۰ فرد دارای یک الل A هستند. بنابراین تعداد الل A برابر است با

$$(2 \times 700 AA) + (1 \times 200 Aa) = 1600$$

$$(2 \times 100 aa) + (1 \times 200 Aa) = 400$$

و نیز تعداد الل a نیز برابر است با

$$f(A) = \frac{(2 \times 700) + (1 \times 200)}{2 \times 1000} = \frac{1600}{2000} = 0.8$$

بنابراین:

$$f(a) = \frac{(2 \times 100) + (1 \times 200)}{2 \times 1000} = \frac{400}{2000} = 0.2$$

۲۴۰- **روش دوم تعیین فراوانی اللی:** هرگاه فراوانی نسبی ژنوتیپها را داشته باشیم، می توان گفت که فراوانی هر الل برابر است با مجموع فراوانی ژنوتیپ خالص آن الل به علاوه ی نصف فراوانی ژنوتیپهای ناخالص آن الل.

$$f(A) = f(AA) + \frac{1}{2}f(Aa)$$

$$f(a) = f(aa) + \frac{1}{2}f(Aa)$$

۲۴۱- مثال: در یک جمعیت از مگس های سرکه،  $\frac{9}{16}$  افراد دارای ژنوتیپ خالص LL،  $\frac{6}{16}$  دارای ژنوتیپ ناخالص Ll و  $\frac{1}{16}$  دارای ژنوتیپ مغلوب ll می باشند. فراوانی الل های L و l را به دست آورید.

$$f(L) = f(LL) + \frac{1}{2}f(Ll) = \frac{9}{16} + \left(\frac{1}{2} \times \frac{6}{16}\right) = \frac{9}{16} + \frac{3}{16} = \frac{12}{16} = 0.75 \quad \text{حل:}$$

$$f(l) = f(ll) + \frac{1}{2}f(Ll) = \frac{1}{16} + \left(\frac{1}{2} \times \frac{6}{16}\right) = \frac{1}{16} + \frac{3}{16} = \frac{4}{16} = 0.25$$

### ۲۴۲- تعادل در جمعیتها(قانون هاردی- واینبرگ):

هاردی و واینبرگ با به کار بردن قوانین جبر و احتمال برای محاسبه ی فراوانی ژنوتیپها پی بردند که در جمعیت های بزرگ که در آنها آمیزشها به صورت تصادفی انجام می گیرد، نسبت الل های غالب به مغلوب و نیز نسبت فراوانی افراد خالص به ناخالص در نسل های پی در پی ثابت مانده و تغییر نمی کند مگر این که، جمعیت تحت فشار نیروهای تغییر دهنده قرار بگیرد. این قانون به قانون هاردی- واینبرگ موسوم است.

بر اساس اصل هاردی- واینبرگ، اگر جمعیت در حال تعادل باشد، فراوانی نسبی الل ها و ژنوتیپها از نسلی به نسل بعد ثابت باقی می ماند ولی اگر تغییری در فراوانی اللی یا ژنوتیپی ایجاد شود، جمعیت از حال تعادل خارج می شود.

۲۴۳- مثال: فراوانی ژنوتیپی در یک جمعیت مگس سرکه به صورت  $BB + 480 Bb + 160 bb$  ۳۶۰ است.

حل: فراوانی نسبی الل ها به صورت زیر محاسبه می شود:

$$f(B) = \frac{(2 \times 360) + (1 \times 480)}{2 \times 1000} = \frac{1200}{2000} = 0.6$$

$$f(b) = \frac{(2 \times 160) + (1 \times 480)}{2 \times 1000} = \frac{800}{2000} = 0.4$$

فراوانی الل B برابر  $0.6$  و فراوانی الل b برابر  $0.4$  می باشند. یعنی  $0.6$  گامت ها دارای الل B و  $0.4$  گامت ها دارای الل b هستند. بر این اساس طبق مربع پانت زیر، فراوانی ژنوتیپی در نسل بعد به صورت زیر خواهد بود.

$0.6 B$	$0.4 b$	
$0.6 B$	$0.4 b$	$\Rightarrow 0.36 BB + 0.48 Bb + 0.16 bb$
$0.4 b$	$0.6 B$	

فراوانی نسبی ژنوتیپها ( $0.36 BB + 0.48 Bb + 0.16 bb$ ) مشابه فراوانی های قبلی است. با این فراوانی های ژنوتیپی فراوانی های اللی زیر به دست می آید:

$$f(B) = 0.36 + \left(\frac{1}{2} \times 0.48\right) = 0.6$$

$$f(b) = 0.16 + \left(\frac{1}{2} \times 0.48\right) = 0.4$$

ملاحظه می شود که فراوانی های اللی نیز شبیه فراوانی های اللی نسل قبل می باشد.

۲۴۴- فرمول هاردی- واینبرگ:

$$f(A) = p, f(a) = q \Rightarrow$$

$$(p + q) = 1$$

$$f(AA) = p^2, f(Aa) = 2pq, f(aa) = q^2$$

$$p^2 + q^2 + 2pq = 1$$

۲۴۵- مثال: در یک جمعیت آدمی ۰/۱۶ افراد دارای نرمه ی گوش پیوسته (صفت مغلوب) هستند. در صورت برقراری تعادل هاردی- واینبرگ:

$$f(aa) = 0.16 \Rightarrow q^2 = 0.16 \Rightarrow q = 0.4 \Rightarrow p = 1 - q \Rightarrow p = 1 - 0.4 = 0.6$$

۲۴۶- عوامل مؤثر در برقرار ماندن تعادل هاردی- واینبرگ:

هاردی و واینبرگ بیان کردند که در صورتی تعادل در جمعیت برقرار است که جمعیت تحت فشار نیرو یا نیروهای تغییر دهنده ی جمعیت قرار نگیرد. بر این اساس برای برقراری تعادل در جمعیت، شرایط زیر لازم است:

۱- عدم وقوع جهش یا برقراری تعادل جهش. منظور از تعادل جهش، این است که میزان جهش مستقیم ( $A \rightarrow a$ ) با میزان جهش معکوس ( $a \rightarrow A$ ) برابر باشد.

۲- عدم مهاجرت به درون جمعیت (توقف شارش ژن)

۳- تصادفی بودن آمیزش ها: منظور از تصادفی بودن آمیزش ها این است که جفت گیری ها به فنوتیپ و ژنوتیپ افراد وابسته نباشد.

۴- جمعیت بزرگ باشد، تا شانس نتواند سبب نوسانات تصادفی در فراوانی الیها باشد.

۵- عدم وقوع انتخاب طبیعی: یعنی شانس بقا و تولیدمثل همه ی افراد برابر باشد.

۲۴۷- نکته: در جمعیت های طبیعی، هیچ گاه همه ی شرایط فوق برقرار نمی باشد. نیروهای تغییر دهنده ی جمعیت همواره فعال هستند و سبب تغییر در فراوانی الی و خزانه ی ژنی جمعیت ها می شوند. با انباشتگی این تغییرات به تدریج چهره ی جمعیت نیز تغییر می یابد.

۲۴۸- عوامل تغییر دهنده ی جمعیت ها:

(۱) جهش (۲) شارش ژن (۳) آمیزش های غیرتصادفی (۴) رانش ژن (۵) انتخاب طبیعی

۲۴۹- جهش:

جهش همواره روی می دهد و مهمترین نقش آن ایجاد تنوع است. به بیان دیگر جهش ماده ی خام تغییر گونه ها است. نکته: جهش را نمی توان عامل اصلی تغییر فراوانی الیها در نظر گرفت. زیرا آهنگ جهش در بسیاری از ژن ها بسیار اندک است و در صورتی که جهش به تنهایی عمل کند، برای ایجاد تغییر قابل توجه در فراوانی الیها، مدت زمان طولانی تری لازم است.

۲۵۰- شارش ژن:

شارش ژن، یعنی ورود ژن های جدید به جمعیت در اثر مهاجرت. شارش ژن سبب می شود:

۱- تنوع ژنتیکی در جمعیت پذیرنده افزایش یابد.

۲- تفاوت های ژنتیکی جمعیت مبدأ و پذیرنده ی مهاجر کاهش یابد. (به ویژه در صورت دو طرفه بودن مهاجرت)

۲۵۱- آمیزش های غیر تصادفی:

منظور از آمیزش های تصادفی این است که احتمال آمیزش هر فرد با هر یک از افراد جمعیت برابر بوده و شانس جفت گیری به ژنوتیپ یا فنوتیپ افراد وابسته نمی باشد. ولی عملاً در جمعیت های طبیعی چنین حالتی دیده نمی شود و آمیزش ها غیر تصادفی هستند.

۲۵۲- انواع آمیزش های غیر تصادفی:

- ۱- درون آمیزی      ۲- آمیزش همسان پسندانه      ۳- آمیزش ناهمسان پسندانه

۲۵۳- درون آمیزی: حالتی است که در آن احتمال آمیزش بین خویشاوندان نزدیک، بیشتر از احتمال آمیزش با سایر افراد است. به عنوان مثال، اگر گیاهی نتواند دانه های خود را به فواصل دورتر پراکنده کند. دانه های آن در کنار هم خواهند روید. یعنی زاده های آن گیاه نزدیک هم خواهند بود. در آن صورت شانس گرده افشانی بین این زاده ها بیشتر از شانس گرده افشانی با گیاهان دیگر می باشد.

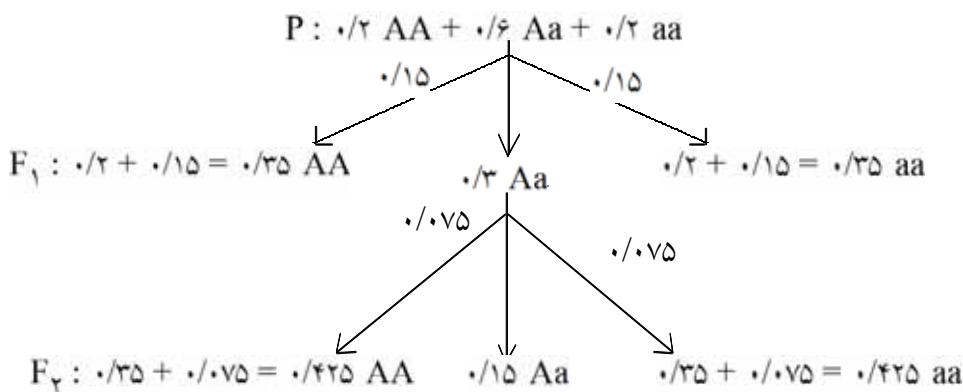
۲۵۴- نکته: درون آمیزی سبب کاهش تنوع ژنتیکی می شود.

نکته: درون آمیزی سبب کاهش فراوانی افراد ناخالص و افزایش فراوانی افراد خالص می شود ولی بر فراوانی اللی تأثیری ندارد.

۲۵۵- نکته: شدیدترین حالت درون آمیزی، خودلقاحی است. خودلقاحی سبب می شود فراوانی افراد ناخالص در هر نسل به نصف کاهش یابد.

۲۵۶- مثال: در یک جمعیت نخود فرنگی فراوانی ژنوتیپی  $\frac{1}{2} AA + \frac{1}{6} Aa + \frac{1}{2} aa$  برقرار است. دو نسل بعد چه فراوانی های ژنوتیپی برقرار خواهد بود؟

حل:



۲۵۷- آمیزش همسان پسندانه: حالتی است که در آن احتمال آمیزش بین افرادی که ژنوتیپ یا فنوتیپ یکسان دارند بیشتر است. یعنی افراد تمایل دارند با افراد شبیه خود آمیزش بکنند.

نکته: آمیزش همسان پسندانه سبب کاهش تنوع و کاهش ژنوتیپ های ناخالص می شود.

۲۵۸- نکته: آمیزش همسان پسندانه، جمعیت را به دو زیرگروه فنوتیپی تقسیم می کند که تبادل ژن بین آنها کمتر روی می دهد.



۲۵۹- **آمیزش ناهمسان پسندانه:** حالتی است که در آن افراد همانند با هم آمیزش نمی کنند. آمیزش ناهمسان پسندانه سبب افزایش فراوانی افراد ناخالص می شود.

نمونه ای از آمیزش ناهمسان پسندانه، خودناسازگاری در گیاه شبدر است که توسط یک ژن چند اللی کنترل می شود. خودناسازگاری شبدر در مرحله ی رویش دانه ی گرده انجام می گیرد. دانه ی گرده هاپلوئید است و کلاله دیپلوئید می باشد. اگر تنها ال دانه ی گرده با یکی از دو ال کلاله مشابه باشد، در آن صورت دانه ی گرده رویش نکرده و لوله ی گرده تولید نمی کند.

۲۶۰- مثال: خودناسازگاری در شبدر توسط یک ژن سه اللی با ال های (X، Y و Z) کنترل می شود. نتیجه ی آمیزش بین شبدر با پرچم XY با پایه ی دیگر با کلاله ی (XZ)، چیست؟

حل: پرچم دو نوع دانه ی گرده ی X و Y تولید می کند. دانه های گرده ی X به دلیل وجود ژن X در کلاله رویش نمی کنند. بنابراین فقط دانه ی گرده ی Y رویش می کند و آنترزوئیدها همگی از نوع Y خواهند بود. سلول های تخمزا از نوع X یا Z خواهند بود. در نتیجه:

$$\frac{1}{2}Y \times \left(\frac{1}{2}X + \frac{1}{2}Z\right) = \frac{1}{4}XY + \frac{1}{4}ZY$$

۲۶۱- نکته: در خودناسازگاری هیچ گاه ژنوتیپ های خالص (هموزیگوس) تولید نمی شود.

#### ۲۶۲- رانش ژن:

تغییر فراوانی های اللی در خزانه ی ژنی جمعیت ها تحت تأثیر رخدادهای تصادفی را رانش ژن می گویند که گاهی منجر به حذف برخی ال ها نیز می شود. رانش ژن در دو حالت زیر روی می دهد:

(۱) اثر تنگنا (۲) اثر بنیان گذار

۲۶۳- **اثر تنگنا:** حالتی است که در اثر حوادث طبیعی بیشتر افراد جمعیت می میرند و تنها تعداد معدودی جان سالم به در می برند. در این صورت ممکن است، فراوانی ال ها در گروه کوچک باقی مانده، نسبت به جمعیت اولیه بسیار متفاوت باشد و بستگی به این خواهد داشت که افراد باقی مانده چه ال هایی دارند.

۲۶۴- **اثر بنیان گذار:** حالتی است که در آن تعداد کمی (گروه کوچکی) از افراد یک جمعیت به یک محیط جدید وارد (مثلاً یک جزیره ی نامسکون) بشوند و در آنجا جمعیت جدیدی را بنیان بگذارند. با توجه به این که این گروه کوچک نماینده ی واقعی جمعیت قبلی نمی باشد، خزانه ی ژنی جمعیت جدید به خزانه ی ژنی این گروه کوچک شبیه خواهد بود.

۲۶۵- نکته: رانش ژن در جمعیت های کوچک بیشتر روی می دهد.

نکته: رانش ژن فرآیندی تصادفی است و در جمعیت های مختلف نتایج یکسانی به بار نمی آورد.

۲۶۶- نکته: رانش ژن همواره به کاهش تنوع درون جمعیت منجر می شود. مانند جمعیت چیتاهای آفریقای جنوبی که شباهت زیاد آن ها به هم ناشی از رانش ژن است.

جمعیت چیتاهای آفریقایی جنوبی به دلایلی (شاید شکار شدن توسط کشاورزان یا یک انقراض بزرگ در سال ها پیش) بسیار کوچک شده است. در این رویداد بخش بزرگی از ال های جمعیت از بین رفته و تنوع ژنی جمعیت باقی مانده بسیار کاهش یافته است و افراد بسیار شبیه هم هستند به طوری که حتی پیوند پوست بین دو چیتا امکان پذیر است.

۲۶۷- انتخاب طبیعی:

عدم وقوع انتخاب طبیعی یا برابر بودن شانس بقا و تولیدمثل همه ی افراد جمعیت، یکی دیگر از شرایط برقراری تعادل است. شانس بقا و تولیدمثل از جنبه های متعددی مطرح است مانند: جفت یابی، تعداد دفعات جفت گیری، تولید گامت های سالم، تعداد زیگوت هایی که در هر بار جفت گیری تشکیل می شوند، درصدی از سلول های تخم که دوره ی نمو جنینی را با موفقیت می گذرانند و به تولد نوزاد منجر می شوند، شانس زنده ماندن نوزادان و نیز شانس زنده ماندن والدین پس از به دنیا آوردن نوزادان. این عوامل در تعیین سهم هر فرد در تشکیل خزانه ی ژنی نسل بعد تأثیر دارند.

۲۶۸- نکته: غیرتصادفی بودن بقا و تولیدمثل یک قاعده ی عمومی است. منظور از غیرتصادفی بودن بقا و تولیدمثل این است که شانس بقا و تولیدمثل به ویژگی های افراد (ژنوتیپ یا فنوتیپ) وابسته است.

۲۶۹- شایستگی تکاملی: شایستگی تکاملی هر فرد بیانگر سهم نسبی هر فرد در تشکیل خزانه ی ژنی نسل بعد است. میزان شایستگی تکاملی بین ۱ و صفر تغییر می کند. مجموعه عوامل مؤثر در بقا و تولید در بالا ذکر شدند در مقدار شایستگی تکاملی تأثیر دارند.

۲۷۰- مثال: یک جمعیت از مگس های سرکه با فراوانی ژنوتیپی  $100 LL + 200 Ll + 100 ll$  وجود ال  $L$  طول بال بلند و  $l$  طول بال کوتاه را ایجاد می کنند. مگس های بال کوتاه در پرواز دچار مشکل می شوند و به این دلیل نیمی از زاده های بال کوتاه قبل از رسیدن به سن تولیدمثل می میرند. در نسل بعدی چه فراوانی های الی و ژنوتیپی برقرار خواهد شد؟

حل: فراوانی اولیه به صورت زیر است:

$$f(L) = \frac{(2 \times 100) + (1 \times 200)}{2 \times 400} = \frac{400}{800} = \frac{1}{2}$$

$$f(l) = \frac{(2 \times 100) + (1 \times 200)}{2 \times 400} = \frac{400}{800} = \frac{1}{2}$$

شایستگی تکاملی بال بلند ( $LL$  و  $Ll$ ) برابر ۱ است. ولی شایستگی تکاملی فنوتیپ بال کوتاه برابر  $0/5$  است. زیرا نصف زاده های بال کوتاه قبل از رسیدن به سن تولیدمثل می میرند.

$$100 LL + 200 Ll + 100 ll \quad \text{تعداد قبل از انتخاب}$$

$$\times \text{ شایستگی تکاملی} \quad \quad \quad 1 \quad \quad 1 \quad \quad 0/5$$

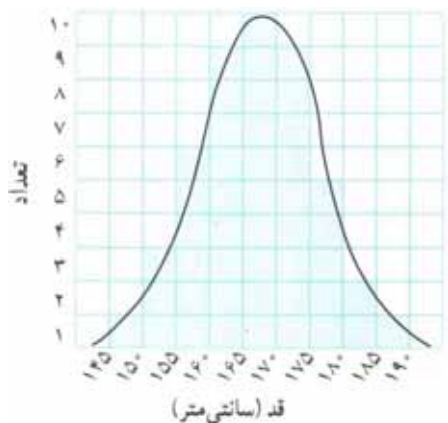
$$100 LL + 200 Ll + 50 ll \quad \text{تعداد پس از انتخاب}$$

$$\text{فراوانی جدید: } f(L) = \frac{(2 \times 100) + (1 \times 200)}{2 \times 350} = \frac{400}{700} = \frac{4}{7}$$

$$f(l) = \frac{(2 \times 50) + (1 \times 200)}{2 \times 350} = \frac{300}{700} = \frac{3}{7}$$

۲۷۱- نکته: انتخاب طبیعی بر فنوتیپ مؤثر است نه ژنوتیپ. بر این اساس شایستگی تکاملی فنوتیپ های غالب خالص و غالب ناخالص برابر است.

نکته: ال های نامطلوب مغلوب آهسته تر از ال های نامطلوب غالب حذف می شوند. زیرا ال های نامطلوب مغلوب در افراد غالب ناخالص حفظ می شوند.



**۲۷۲- چگونگی دگرگونی جمعیت‌ها توسط انتخاب طبیعی:**

صفات پیوسته یا کمی: صفاتی که گستره‌ای از مقادیر را شامل می‌شوند  
 صفات پیوسته یا کمی می‌نامند. مثال: قد آدمی- وزن آدمی- وزن نوزادان آدمی- رنگ پوست آدمی- وزن دانه‌های برنج- مقدار پروتئین در دانه‌های ذرت- غلظت قند خون- بهره‌ی هوش آدمی.

با نگاهی گذرا به صفات فوق درمی‌یابیم که این صفات دارای مقدار هستند(کمی‌اند) و گستره‌ای از مقادیر را شامل می‌شوند(پیوسته‌اند). صفاتی مانند رنگ بدن مگس‌های سرکه به یکی از سه رنگ سیاه، سفید و خاکستری می‌باشد. به این نوع صفات، کیفی می‌گویند ولی صفات

کمی دارای مقدار هستند به عنوان مثال هنگامی که می‌گوییم رنگ پوست مردم نیجریه سیاه است، این پرسش مطرح می‌شود که چه مقدار سیاه است. زیرا رنگ پوست انسان‌ها درجاتی از سیاهی و سفیدی یا رنگ‌های دیگر را نشان می‌دهد. یا قد آدمی درجاتی از کوتاه قدی و بلند قدی را شامل می‌شود. قد آدمی در نمودار بالا که به بزرگسالان یک جمعیت مربوط است، گستره‌ای از مقادیر بین ۱۴۰ تا ۱۹۵ سانتی‌متر را نشان می‌دهد. گستردگی مقادیر صفات کمی ناشی از این است که اولاً، این صفات تحت کنترل چندین جفت ژن هستند. دوماً، این صفات شدیداً تحت تأثیر محیط هستند.

**۲۷۳- توزیع نرمال:** نمودار مربوط به فراوانی صفات پیوسته به صورت یک منحنی زنگوله‌ای شکل می‌باشد که در آن بیشترین فراوانی به مقادیر متوسط مربوط است. به این نوع توزیع فراوانی، توزیع نرمال می‌گویند.

**۲۷۴- الگوهای اثر انتخاب طبیعی روی صفات پیوسته:**

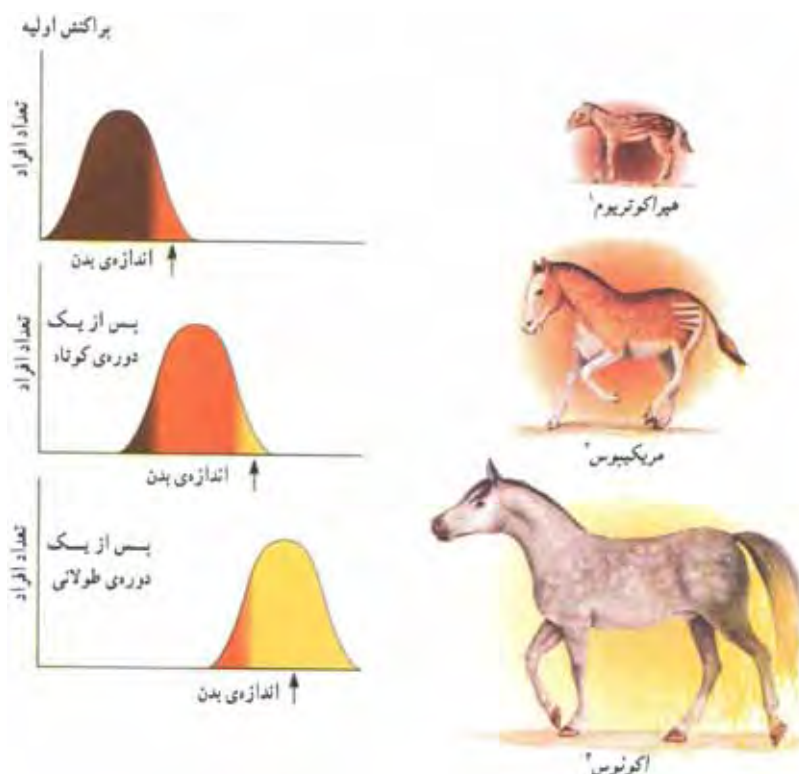
انتخاب طبیعی روی صفات کمی با سه الگوی کلی زیر عمل می‌کند:

- ۱- انتخاب جهت‌دار
- ۲- انتخاب گسلنده
- ۳- انتخاب پایدار کننده

### ۲۷۵- انتخاب جهت دار:

شرایط انتخاب جهت دار: انتخاب جهت دار هنگامی روی می دهد که ۱- محیط تغییر نکند ۲- جاندار وارد محیط جدیدی بشود.

نتیجه ی انتخاب جهت دار: در انتخاب جهت دار افراد یکی از دو سوی نمودار انتخاب می شوند. از این رو فراوانی مقادیر یکی از دو سوی نمودار افزایش یافته و فراوانی مقادیر حدوسط و سوی دیگر نمودار کاهش می یابد و نمودار توزیع مطابق با شکل زیر تغییر می کند. در این شکل تغییر اندازه ی بدن اسبها در طی انتقال از جنگل به علفزار نشان داده شده است.

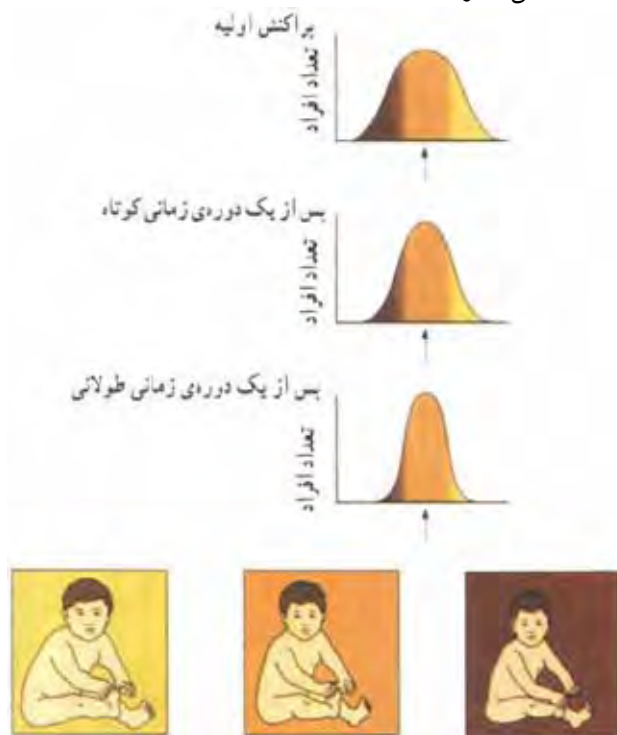


۲۷۶- **انتخاب مصنوعی:** تغییر در صفات گیاهان و جانوران که به انتخاب انسان صورت می گیرد، انتخاب مصنوعی نامیده می شود. مانند: انتخاب گاوهایی که شیر بیشتری می دهند. گیاهانی که محصول بیشتری تولید می کنند. مرغهایی که تعداد بیشتری تخم می گذارند و نیز افزایش میزان روغن در دانه های ذرت. نکته: انتخاب مصنوعی، نوعی انتخاب جهت دار است.

**۲۷۷- انتخاب پایدار کننده:**

شرایط انتخاب پایدار کننده: انتخاب پایدار کننده زمانی روی می دهد که جاندار برای مدت زیادی در یک محیط نسبتاً پایدار زندگی کرده و سازگاری های لازم برای زیستن در آن محیط را کسب کرده است. زیرا، در این صورت بروز هر نوع تغییر می تواند سبب به هم خوردن توازن و هماهنگی بین اندامها و دستگاه های بدن- که پس از مدتی طولانی با هم هماهنگ شده اند، بشود.

نتیجه ی انتخاب پایدار کننده: افراد میانه ی طیف را انتخاب کرده و در جهت حذف دو فنوتیپ آستانه ای عمل می کند. نتیجه ی عمل انتخاب پایدار کننده در شکل زیر نشان داده شده است.



**۲۷۸- مثال برای انتخاب گسلنده:**

وزن نوزاد آدمی- فسیل های زنده مانند خرچنگ نعل اسبی

**فسیل زنده:** موجوداتی که بازمانده ی جانداران میلیون ها سال پیش بوده و شباهت فراوانی به آن ها دارند، فسیل زنده نامیده می شوند. مانند خرچنگ نعل اسبی.

۲۷۹- نکته: در انتخاب پایدار کننده، افرادی که فنوتیپ حد واسط دارند، شانس بقای بیشتری دارند.

**۲۸۰- انتخاب گسلنده:**

شرایط انتخاب گسلنده: هنگامی روی می دهد که شرایط محیط ناهمگن باشد.

نتیجه ی انتخاب گسلنده: این نوع انتخاب، افراد دو سوی نمودار را انتخاب کرده و فنوتیپ های حد واسط را حذف می کند.

۲۸۱- مثال ۱: حلزون ها در زیستگاه های مختلفی زندگی می کنند. حلزون هایی که در جنگل زندگی می کنند، برای استتار خود نوارهای تیره دارند ولی حلزون های ساکن علفزار نوارهای روشن دارند. حلزون هایی که فنوتیپ میانه دارند، یعنی نوارهای نیمه روشن دارند، نه در جنگل و نه در علفزار نمی توانند، به خوبی استتار داشته باشند. از این رو در هر دو محیط حذف می شوند.

۲۸۲- مثال ۲: اندازه‌ی منقار سهره‌های کامرون نیز مثالی از انتخاب گسلنده است. گروهی از سهره‌ها منقار بزرگ دارند که برای خوردن دانه‌های سخت مناسب است. گروهی نیز منقار کوچک دارند که برای خوردن دانه‌های نرم مناسب است. سهره‌هایی که منقار متوسط دارند، نمی‌توانند از هیچ‌کدام از دانه‌ها به خوبی تغذیه کنند و در رقابت با هر دو گروه حذف می‌شوند.

۲۸۳- نکته: انتخاب گسلنده عملاً جمعیت را به دو گروه تقسیم می‌کند. این دو گروه در ابتدا توانایی آمیزش با هم را دارند. ولی برخی زاده‌های آن‌ها به دلیل داشتن فنوتیپ حدواسط، در رقابت با هر دو گروه حذف می‌شوند. به بیان دیگر شایستگی تکاملی آمیزش بین دو گروه کمتر از آمیزش در داخل گروه‌ها است. در این حالت اگر یک تغییر ژنتیکی در برخی افراد سبب شود، این افراد، صرفاً با هم گروه‌های خود آمیزش کنند، همه‌ی زاده‌های آن‌ها فنوتیپ آستانه را خواهند داشت. در این صورت همه‌ی زاده‌های آن‌ها زنده خواهند ماند. به این دلیل آمیزش با افراد همسان متداول شده و به تدریج خزانه‌ی ژنی آن‌ها جدا شده و زمینه برای اشتقاق گونه‌ها فراهم می‌شود.

#### ۲۸۴- استمرار گوناگونی در جمعیت‌ها:

وجود تنوع برای بقای گونه‌ها مفید است، زیرا تنوع سبب افزایش توان سازگاری افراد با محیط‌های جدید و تغییرات شرایط محیطی می‌شود. افراد جمعیت معمولاً متنوع هستند. انتخاب طبیعی سبب حذف ال‌های ناسازگار می‌شود و تلاش می‌کند فراوانی ال‌های سازگار را به صد در صد برساند. به بیان دیگر انتخاب طبیعی سبب کاهش تنوع می‌شود. پس چگونه تنوع در جمعیت‌ها استمرار می‌یابد؟ پاسخ این پرسش، وجود نیروهای پدیدآورنده‌ی تنوع هستند. این عوامل عبارت‌اند از:

- ۱- جهش که سبب پیدایش ال‌های جدید می‌شود.
- ۲- شارش ژن که سبب ورود ژن‌های جدید به داخل جمعیت می‌شود.
- ۳- نوترکیبی که سبب ایجاد ترکیبات جدیدی از ال‌های موجود می‌شود.
- ۴- کراسینگ اوور که پیوستگی ژن‌های پیوسته را به هم زده و سبب نوترکیبی در ژن‌های پیوسته می‌شود.
- ۵- برتری افراد ناخالص که سبب می‌شود فراوانی افراد ناخالص افزایش یابد.
- ۶- مواردی از انتخاب طبیعی مانند انتخاب گسلنده
- ۷- انتخاب وابسته به فراوانی که مانع حذف کامل یک ال از خزانه‌ی ژنی می‌شود.

#### ۲۸۵- نوترکیبی:

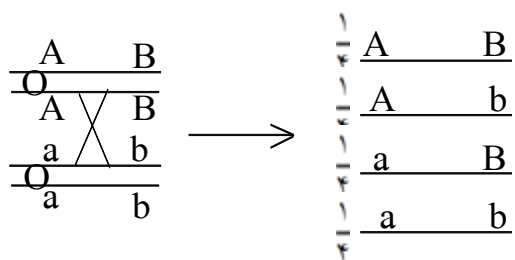
منظور از نوترکیبی، به وجود آمدن ترکیبی از ال‌های ژن‌های مختلف است که قبلاً وجود نداشتند. به عنوان مثال اگر دو فرد با ژنوتیپ‌های  $AABB$  و  $aabb$  با هم آمیزش کنند، گامت‌های آن‌ها  $AB$  و  $ab$  خواهند بود. آمیزش این گامت‌ها در نسل اول ژنوتیپ  $AaBb$  را تولید می‌کند که نسبت به ژنوتیپ والدین، ترکیب جدیدی بوده و ژنوتیپ نوترکیب محسوب می‌شود. گامت‌های نسل دوم به چهار صورت  $AB$ ،  $Ab$ ،  $aB$  و  $ab$  خواهند بود که دو نوع آن‌ها ( $aB$  و  $Ab$ ) نوترکیب هستند. آمیزش این گامت‌ها در نسل دوم ۹ نوع ژنوتیپ زیر را تولید می‌کند که ۶ تای آن‌ها، نه در والدین و نه در نسل اول وجود نداشتند و نوترکیب هستند.

$AABB - AABb - AAbb - AaBB - AaBb - Aabb - aaBB - aaBb - aabb$

۲۸۶- **کراسینگ اوور:** منظور از کراسینگ اوور یعنی تبادل قطعه بین کروموزوم‌های هم‌تا است. این پدیده سبب می‌شود، بین ژن‌های پیوسته نیز نوترکیبی روی دهد.

۲۸۷- مثال: فردی با ژنوتیپ  $AaBb$  که در آن ال‌های  $A$  با  $B$  پیوسته هستند. الف) در صورت عدم کراسینگ‌اور (ب) در صورت انجام کراسینگ‌اور چه نوع گامت‌هایی تولید می‌کند و با انجام خودلقاحی چه نوع ژنوتیپ‌هایی تولید می‌کند؟

حل: ژنوتیپ این فرد به صورت  $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$  است که در صورت عدم کراسینگ‌اور فقط دو نوع گامت  $AB$  و  $ab$  تولید می‌کند که اگر خودلقاحی انجام گیرد، ژنوتیپ‌های  $AABB$ ،  $AaBb$ ،  $Aabb$  و  $aabb$  تولید می‌شوند ولی اگر کراسینگ‌اور انجام بگیرد، ۴ نوع گامت  $AB$ ،  $Ab$ ،  $aB$  و  $ab$  تولید می‌شوند.



با ۴ نوع گامت  $AB - Ab - aB - ab$  در صورت خودلقاحی ۹ نوع ژنوتیپ تولید می‌شوند.

$$(AB + Ab + aB + ab) \times (AB + Ab + aB + ab)$$

$$\Rightarrow AABB - AABb - AAbb - AaBB - AaBb - Aabb - aaBB - aaBb - aabb$$

### ۲۸۸- برتری افراد ناخالص:

حالتی است که در آن شایستگی ژنوتیپ‌های ناخالص بیشتر از هر دو ژنوتیپ خالص می‌باشد. در این صورت هیچ‌یک از دو ال از جمعیت حذف نمی‌شوند. مثال جالب برای برتری ناخالص، انتخاب در مورد ال کم خونی داسی شکل ( $Hb^S$ ) در مناطق مالاریاخیز است. افراد خالص دارای ژنوتیپ  $Hb^S Hb^S$  به بیماری کم خونی داسی شکل مبتلا بوده و در اثر کم خونی، معمولاً قبل از رسیدن به سن تولیدمثل می‌میرند. یعنی شایستگی تکاملی آن صفر است. افراد ناخالص  $Hb^A Hb^S$  عموماً مشکل حادی ندارند. پس در شرایط عادی شایستگی این فرد برابر ۱ است. به دلیل این‌که شایستگی افراد  $Hb^S Hb^S$  صفر است، انتظار می‌رود فراوانی ال کم خونی داسی شکل در جمعیت بسیار اندک باشد. در اغلب جوامع نیز چنین است و فراوانی ال  $Hb^S$  کمتر از ۰/۰۰۰۱ می‌باشد ولی بررسی‌ها نشان داده است که در مناطق مالاریاخیز، فراوانی این ال به‌طور غیرطبیعی بالا است. علت این حالت غیرطبیعی این است که افراد ناقل ال کم خونی داسی شکل نسبت به مالاریا مقاوم هستند. به بیان دیگر شایستگی افراد ناقل کم خونی داسی شکل (ناخالص) در مناطق مالاریاخیز بیشتر از شایستگی افراد خالص است.

	شایستگی		
	$Hb^A Hb^A$	$Hb^A Hb^S$	$Hb^S Hb^S$
مناطق مالاریاخیز	۰/۸	۱	۰
سایر مناطق	۱	۱	۰

۲۸۹- نکته: عامل مولد مالاریا نوعی تک سلولی است که درون گلبول‌های قرمز افراد سالم زندگی می‌کند. ولی نمی‌تواند درون گلبول قرمز افراد ناقل ال کم خونی داسی شکل زنده بماند.



### ۲۹۰- انتخاب وابسته به فراوانی:

نوعی انتخاب طبیعی است که در آن، شایستگی هر فنوتیپ به فراوانی آن وابسته است. به عنوان مثال می توان به پروانه های مقلد اشاره کرد:

یکی از استراتژی هایی که جانوران برای فرار از دست شکارچی ها به کار می برند، تقلید طرح ها و رنگ جانوران سمی است. برخی پروانه ها نیز برای جلوگیری از شکار شدن، طرح و رنگی شبیه پروانه های سمی پیدا کرده اند. این کار سبب می شود، شایستگی پروانه های مقلد نسبت به انواع غیرمقلد همان گونه افزایش یابد. در صورت ساده نگری ممکن است، گمان شود که به دلیل بالا بودن شایستگی افراد مقلد، به تدریج این صفت گسترش یافته و انواع غیرمقلد حذف می شوند ولی واقعیت به گونه ای دیگر است. زیرا در صورت افزایش فراوانی پروانه های مقلد، احتمال گول خوردن پرندگان شکارچی کاهش می یابد. به بیان دیگر با افزایش فراوانی افراد مقلد، شایستگی این فنوتیپ کاهش می یابد. بر این اساس فراوانی پروانه های مقلد از حدی بالاتر نمی رود.

۲۹۱- **انتخاب متوازن کننده:** نوعی از انتخاب طبیعی که سبب حفظ تنوع در جمعیت می شود، انتخاب متوازن کننده نامیده می شود. مانند: ۱- انتخاب وابسته به فراوانی ۲- برتری ناخالص

### ۲۹۲- گونه زایی:

#### تعاریف گونه:

۱- تعریف لینه: گونه، گروهی از جانداران است که شباهت زیادی به هم دارند.  
۲- تعریف ارنست مایر: گونه در زیست شناسی به مجموعه ای جاندارانی گفته می شود که می توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده های زیست و زایا به وجود آورند، ولی نمی توانند با گونه های دیگر آمیزش موفقیت آمیز داشته باشند.

۲۹۳- نکته: مبنای اولیه ی تعریف گونه، شباهت ظاهری (فنوتیپی) بود. جدیدترین معیار در تعریف گونه دخالت دادن میزان شباهت در توالی نوکلئوتیدی ژنوم یا توالی آمینواسیدی پروتئین ها است.  
نکته: مطرح شدن خزانه ی ژنی سبب شد، نگاه زیست شناسان به مفهوم گونه عوض شود.

### ۲۹۴- عوامل یا سازوکارهای جداکننده ی خزانه های ژنی:

#### عوامل جداکننده ی خزانه های ژنی به دو گروه کلی تقسیم می شوند:

الف) سدهای پیش زیگوتی: عواملی هستند که به نوعی مانع تشکیل سلول تخم می شوند و عبارت اند از:  
۱- جدایی بوم شناختی (زیستگاهی) ۲- جدایی رفتاری ۳- جدایی زمانی ۴- جدایی مکانیکی ۵- جدایی گامتی  
ب) سدهای پس زیگوتی: عواملی هستند که مانع از آن می شوند که سلول تخم به فرد بالغی تبدیل شود. این عوامل عبارت اند از: ۱- نازیستایی دورگه ۲- نازایی دورگه ۳- ناپایداری دودمان دورگه

### ۲۹۵- جدایی زیستگاهی (بوم شناختی):

این نوع جدایی در مورد گونه هایی مطرح است که در یک منطقه، ولی در زیستگاه های متفاوت زندگی می کنند. در این حالت عامل جدایی، متفاوت بودن شرایط زیستی زیستگاه دو گونه است، نه مانع جغرافیایی. مانند دو گونه ی مار در آمریکای شمالی که هر دو در یک منطقه زندگی می کنند ولی یکی از آنها عموماً آبزی است و دیگری در خشکی زندگی می کند.

۲۹۶- نکته: جدایی زیستگاهی در مورد انگل هایی که میزبان اختصاصی دارند، مطرح است. دو گونه ی انگل که میزبان اختصاصی دارند، هیچ گاه قادر به آمیزش با هم نیستند. زیرا هیچ یک از آنها نمی توانند در بدن میزبان انگل دیگر رشد کند.

**۲۹۷- جدایی رفتاری:**

افراد هر گونه از جانوران برای جلب جفت نشانه‌هایی از خود بروز می‌دهند که ویژه‌ی همان گونه است. این عامل را جدایی رفتاری می‌نامند.

مثال: حشره‌های شب‌تاب نر در هر گونه الگوی ویژه‌ای برای تاباندن نور برای جلب توجه ماده‌ی هم‌گونه‌ی خود دارند که با الگوی تابش نور گونه‌های دیگر متفاوت است. همچنین، گونه‌های چکاوک به کمک آواز با جفت هم‌گونه‌ی خود ارتباط برقرار می‌کنند.

نکته: جدایی رفتاری، بیشتر در مورد گونه‌های جانوری که ظاهر بسیار شبیه هم دارند، مطرح است.

**۲۹۸- جدایی زمانی:**

در این نوع جدایی، زمان یا فصل تولیدمثل گونه‌های مختلف متفاوت است. به دلیل متفاوت بودن فصل آمادگی برای تولیدمثل، افراد دو گونه قادر به آمیزش با هم نمی‌باشند.

**۲۹۹- جدایی مکانیکی:**

در این نوع جدایی تفاوت‌های ساختاری افراد گونه‌های مختلف، مانع آمیزش بین آن‌ها می‌شود. به عنوان مثال می‌توان به گرده افشانی اختصاصی برخی گیاهان اشاره کرد که ساختار یک گل با حشره‌ی خاصی متناسب است و این حشره نمی‌تواند، وارد گل‌های گونه‌ی دیگر بشود.

**۳۰۰- جدایی گامتی:**

در این نوع جدایی، آمیزش انجام می‌گیرد، گامت‌های دو گونه‌ی متفاوت در کنار هم قرار می‌گیرند ولی گامت‌ها قادر به لقاح با هم نمی‌باشند. علت اصلی جدایی گامتی، متفاوت بودن ترکیبات شیمیایی در سطح گامت‌های مختلف است. جدایی گامتی، در مورد گونه‌هایی که لقاح خارجی دارند، اهمیت بیشتری دارد. زیرا در لقاح خارجی، گامت‌های نر و ماده در آب ریخته می‌شوند و گامت‌های دو گونه‌ی متفاوت به آسانی در کنار هم قرار می‌گیرند. عدم رویش دانه‌های گرده بر روی کلاله‌ی گونه‌ی دیگر نیز نوعی جدایی گامتی محسوب می‌شود.

**۳۰۱- نازایستیایی دورگه:**

در این نوع جدایی، جفت‌گیری و لقاح انجام می‌شود و سلول تخم تشکیل می‌شود. ولی سلول تخم قادر به پیمودن مراحل نمو جنینی نبوده و در یکی از مراحل نمو جنینی، سلول تخم یا جنین می‌میرند و یا جنین متولد شده و به سن بلوغ نمی‌رسد.

مثال: نازایستیایی سلول تخم حاصل از لقاح بین گوسفند و بز که هرگز به تولد نوزادی زنده منجر نمی‌شود.

**۳۰۲- نازایی دورگه:**

دورگه‌ی حاصل از آمیزش دو گونه، زیستا است ولی نازا است. مانند قاطر که دورگه‌ی حاصل از آمیزش اسب و الاغ است.

نکته: نازایی دورگه عاملی است که اجازه نمی‌دهد، تبادل ژن بین دو گونه‌ی نزدیک به یک روند پایدار تبدیل بشود.

**۳۰۳- ناپایداری دودمان دورگه:**

در این نوع جدایی، دورگه‌های نسل اول، زیستا و زایا هستند ولی هنگامی که این دورگه‌ها با هم و یا با یکی از گونه‌های اولیه آمیزش می‌کنند، زاده‌های نازایستا و نازا به وجود می‌آورند.

مثال: گونه‌های مختلف پنبه می‌توانند با هم آمیزش کنند. زاده‌های آن‌ها در نسل اول عادی هستند ولی در نسل دوم مشکل بروز می‌کند و دانه‌ها قبل از جوانه زدن می‌میرند و یا گیاهان ضعیف به وجود می‌آورند.

### ۳۰۴- چگونگی پیدایش گونه‌های جدید:

گونه‌زایی به دو طریق زیر صورت می‌گیرد:

- ۱- گونه‌زایی دگرمیهنی
- ۲- گونه‌زایی هم‌میهنی

### ۳۰۵- گونه‌زایی دگرمیهنی:

نوعی از گونه‌زایی که با جدایی مکانی جمعیت‌ها شروع می‌شود، گونه‌زایی دگرمیهنی نامیده می‌شود. به وجود آمدن موانع جغرافیایی یا تولیدمثلی سبب قطع ارتباط بین دو جمعیت از یک گونه می‌شود. در این صورت شارش ژن بین این دو جمعیت، متوقف یا کند می‌شود. در همین زمان سایر نیروهای تغییردهنده‌ی جمعیت فعال هستند. جهش تصادفی است بنابراین در دو جمعیت جهش‌یافته‌های متفاوتی ظاهر می‌شوند و همچنین در صورت متفاوت بودن محیط این دو جمعیت، انتخاب طبیعی نیز تأثیر متفاوتی در این دو جمعیت خواهد داشت. به این ترتیب، این نیروها در دو جمعیت، تغییرات متفاوتی را سبب می‌شوند به دلیل متوقف شدن شارش ژن بین دو جمعیت، تغییرات هر جمعیت به جمعیت دیگر منتقل نمی‌شود و به این ترتیب، تفاوت‌ها بین دو جمعیت به تدریج افزایش می‌یابد. ممکن است، این تفاوت‌ها، ویژگی‌های تولیدمثلی را نیز شامل بشود. یعنی با تکامل یافتن یکی از سدهای پیش‌زیگوتی یا پس‌زیگوتی، دو جمعیت به دو گونه‌ی مجزا تبدیل می‌شوند به طوری که حتی پس از برداشتن موانع جغرافیایی، امکان تبادل ژن وجود ندارد.

### ۳۰۶- عوامل جغرافیایی متوقف کننده‌ی شارش ژن بین جمعیت‌های یک گونه:

- ۱- پیدایش یک ناحیه‌ی کوهستانی که جمعیت‌های ساکن ارتفاع‌های کم را به دو زیرجمعیت تقسیم می‌کند که هر کدام در یک طرف کوه زندگی می‌کنند.
- ۲- پیشرفت یخچال‌های طبیعی که ممکن است سبب چند پاره شدن جمعیت‌ها بشود.
- ۳- پیدایش یک خشکی کوچک، که محیط آب‌زیان دو سوی خود را از هم جدا می‌کند.
- ۴- مهاجرت گروهی از افراد جمعیت به یک منطقه‌ی دیگر به طوری که ارتباط آن با جمعیت مادر به کلی قطع شود.

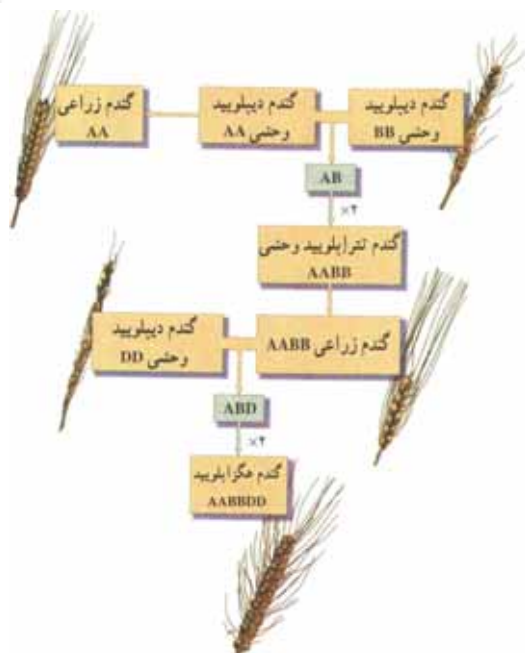
### ۳۰۷- گونه‌زایی هم‌میهنی:

این نوع گونه‌زایی نیاز به جدایی جغرافیایی ندارد و در جمعیت‌های ساکن در یک زیستگاه روی می‌دهد. آشکارترین نمونه‌ی گونه‌زایی هم‌میهنی، پیدایش گیاهان پلی‌پلوئید است. پیشنهاد شده است که انتخاب گسلنده نیز می‌تواند سبب گونه‌زایی هم‌میهنی بشود.

### ۳۰۸- گونه‌زایی هم‌میهنی به روش پلی‌پلوئید شدن:

پلی‌پلوئیدی در گیاهان توسط هوگودووری کشف شد. وی با مشاهده‌ی یک گیاه گل مغربی متفاوت با مجموعه‌ی گیاهان گل مغربی خود به مطالعه‌ی میکروسکوپی آن پرداخت و متوجه شد که این گیاه تغییر یافته تتراپلوئید است یعنی به جای  $2n = 14$  کروموزوم دارای  $4n = 28$  کروموزوم می‌باشد. پیدایش این گیاه تتراپلوئید ناشی از خطا در میوز است. این گیاه تتراپلوئید در صورت آمیزش با انواع دیپلوئید، زاده‌های تریپلوئید تولید می‌کند که به دلیل تریپلوئید بودن نازا می‌باشد. به این دلیل خزانه‌ی ژنی انواع دیپلوئید و تتراپلوئید جدا از هم باقی می‌ماند.

۳۰۹- نحوه ی پیدایش گندم هگزاپلوئید:



طرح زیر نحوه ی پیدایش گندم هگزاپلوئید امروزی را نشان می دهد. در این طرح منظور از، A، B، و یا D یک دست کروموزوم می باشد که شامل ۷ کروموزوم است. A یک دست کروموزوم یک گونه است که با B یا D یعنی یک دست کروموزوم گونه های دیگر گندم تفاوت دارد.

۳۱۰- گندم هگزاپلوئید به روش زیر به وجود آمده است:

- ۱- از آمیزش دو گونه ی گندم دیپلوئید (گندم زراعی AA و گندم وحشی BB) گونه ی دورگه ی AB به وجود آمده است. این گندم دورگه عقیم می باشد. زیرا کروموزوم های گروه A با کروموزوم های گروه B همتا نیستند و به این دلیل نمی توانند با هم جفت شده و تتراد تشکیل دهند.
- ۲- این گیاه دورگه قادر به تولیدمثل جنسی نمی باشد ولی به روش غیرجنسی تکثیر می یابد. اگر کروموزوم های این گیاه تصادفاً دو برابر شود، یک گیاه تتراپلوئید (AABB) حاصل می شود که در آن کروموزوم ها همگی به صورت جفت هستند. در این صورت این گیاه تتراپلوئید می تواند تولیدمثل جنسی انجام دهد.
- ۳- آمیزش بین گونه ی تتراپلوئید AABB با یک گونه ی دیگر وحشی (DD) سبب تولید گونه ی تریپلوئید (ABD) می شود. این گونه نیز به دلیل تریپلوئید بودن و جفت نبودن کروموزوم ها قادر به تولیدمثل جنسی نمی باشد ولی می تواند به روش غیرجنسی تکثیر یابد.
- ۴- دو برابر شدن تصادفی کروموزوم های گونه ی تریپلوئید (ABD) سبب تولید گونه ی هگزاپلوئید (AABBDD) می شود.

فصل ۶

۳۱۱-

**جامعه ی زیستی:** مجموعه ای از جمعیت های مختلف را که در یک محیط زندگی می کنند و با یکدیگر در ارتباط هستند، جامعه ی زیستی نامیده می شود.

- ۳۱۲- **جمعیت:** جمعیت عبارت است از مجموع افراد هم گونه ای که در زمانی خاص، در یک محل معین زندگی کنند.
- اندازه ی جمعیت:** اندازه ی جمعیت، یعنی تعداد افراد تشکیل دهنده ی جمعیت.
- تراکم:** یعنی تعداد افراد یک گونه که در یک زمان مشخص در واحد سطح یا واحد حجم زندگی می کنند.
- پراکنش:** چگونگی پراکندگی افراد جمعیت در محیط زیست را پراکنش می نامند.

۳۱۳- **الگوی نمایی رشد:** الگویی از رشد جمعیت ها که در آن منابع به میزان کافی در اختیار همه ی افراد قرار دارد و افراد با حداکثر توان خود تولیدمثل می کنند، الگوی نمایی رشد نامیده می شود.

۳۱۴- **گنجایش محیط:** حداکثر تعداد افرادی که در یک محیط می توانند زندگی بکنند، گنجایش محیط نامیده می شود.

۳۱۵- **عوامل وابسته به تراکم:** منابعی که سبب محدود شدن آهنگ رشد جمعیت می‌شوند، عوامل وابسته به تراکم نامیده می‌شود.

### ۳۱۶- الگوی رشد لجستیک:

با افزایش تراکم جمعیت رقابت بین افراد شدیدتر شده و آهنگ رشد جمعیت از حالت نمایی خارج شده و کند می‌شود. به این الگوی رشد که در آن با افزایش تراکم جمعیت به تدریج آهنگ رشد کاهش می‌یابد، الگوی رشد لجستیک می‌گویند.

۳۱۷- **جمعیت‌های فرصت طلب:** جمعیت‌هایی هستند که در محیط‌های متغیر و غیرقابل پیش‌بینی زندگی می‌کنند و مرگ و میر در آن‌ها تصادفی بوده و به تراکم وابسته نمی‌باشد.

۳۱۸- **جمعیت‌های تعادلی:** جمعیت‌هایی هستند که در محیط‌های نسبتاً پایدار و قابل پیش‌بینی زندگی می‌کنند و حوادث ناگهانی به ندرت در آن‌ها روی می‌دهد.

۳۱۹- **هرم جمعیت:** هرم جمعیت نموداری است که در آن‌ها گروه‌های سنی در محور Yها و تعداد افراد روی محور Xها نمایش داده می‌شود.

۳۲۰- **تکامل همراه:** هماهنگی تکاملی بین گونه‌هایی که در یک اکوسیستم زندگی می‌کنند و با هم ارتباط نزدیک دارند، تکامل همراه می‌نامند.

۳۲۱- **رابطه‌ی صیادی:** صیادی نوعی رابطه است که در آن، یکی دیگری را می‌خورد.

**رابطه‌ی انگلی:** رابطه‌ی انگلی نوع ویژه‌ای از رابطه‌ی صیادی است که در آن انگل روی بدن میزبان که معمولاً بزرگ‌تر از خود وی است زندگی می‌کند.

۳۲۲- **ترکیب‌های ثانوی:** مواد شیمیایی هستند که توسط گیاهان ترشح می‌شوند و اولین خط دفاعی گیاهان محسوب می‌شوند.

۳۲۳- **هم‌زیست:** اگر دو یا چند جاندار از گونه‌های متفاوت در درازمدت با یکدیگر رابطه‌ی نزدیک داشته باشند می‌گویند این دو جاندار با هم هم‌زیست هستند.

**هم‌یاری:** نوعی رابطه‌ی هم‌زیستی است که در آن هر دو طرف سود می‌برند. مانند رابطه‌ی بین مورچه‌ها و شته‌ها.

**هم‌سفرگی:** نوعی هم‌زیستی است که در آن، یکی سود می‌برد و دیگری نه سود می‌برد و نه زیان. مانند رابطه‌ی بین دلقک ماهی و شقایق دریایی.

۳۲۴- **رقابت:** هنگامی که دو گونه در یک زیستگاه از منابع مشترکی استفاده می‌کنند، می‌گویند آن دو گونه با هم رقابت دارند.

۳۲۵- **کنام:** نقش هر جاندار در اکوسیستم را کنام می‌گویند.

**کنام بنیادی:** منظور از کنام بنیادی یک گونه، طیفی از موقعیت‌ها است که افراد آن گونه توان زیستن در آن را دارند.

**کنام واقعی:** بخشی از کنام بنیادی که هر گونه اشغال می‌کند کنام واقعی نامیده می‌شود.

۳۲۶- **حذف رقابتی:** حالتی است که در آن یک گونه در اثر رقابت، سبب حذف گونه‌ای دیگر از زیستگاه می‌شود.

**۳۲۷- ویژگی های جمعیت ها**

**جمعیت:** عبارت است از مجموع افراد هم گونه ای که در زمانی خاص، در یک محل معین زندگی می کنند.  
**جامعه ی زیستی:** مجموعه ای از جمعیت های مختلف را که در یک محیط زندگی می کنند و با یکدیگر در ارتباط هستند، جامعه ی زیستی نامیده می شود.

**سه ویژگی اصلی جمعیت:**

- ۱- اندازه                      ۲- تراکم                      ۳- پراکنش

**۳۲۸- اندازه ی جمعیت:**

اندازه ی جمعیت، یعنی تعداد افراد تشکیل دهنده ی جمعیت. اثر اندازه ی جمعیت بر توان بقای جمعیت: اندازه ی جمعیت بر توان بقای جمعیت ها مؤثر است. به عنوان مثال، خطر انقراض در جمعیت های کوچک بیشتر است. در جمعیت های کوچک احتمال آمیزش بین خویشاوندان بیشتر است. آمیزش خویشاوندان سبب کاهش تنوع ژنتیکی و افزایش همانندی ژنی افراد جمعیت می شود و افزایش همانندی سبب کاهش توان بقای جمعیت می شود.

**۳۲۹- چهار عامل تعیین کننده ی اندازه ی جمعیت:**

- ۱- تولد                      ۲- مرگ                      ۳- مهاجرت به داخل                      ۴- مهاجرت به خارج

**۳۳۰- آهنگ رشد جمعیت:**

$$B = \frac{\text{تعداد تولد در سال}}{\text{تعداد کل جمعیت}} \text{ آهنگ رشد}$$

$$D = \frac{\text{تعداد مرگ و میر در سال}}{\text{تعداد کل جمعیت}} \text{ آهنگ رشد}$$

$$r = B - D \text{ آهنگ افزایش ذاتی طبیعی}$$

۳۳۱- مثال: در یک جمعیت از فیل ها که شامل ۱۰۰ فیل است در هر سال ۱۲ فیل متولد می شوند و ۴ فیل می میرند. آهنگ افزایش ذاتی طبیعی این جمعیت را به دست آورید.

$$\left. \begin{array}{l} B = \frac{12}{100} = 0/12 \\ D = \frac{4}{100} = 0/04 \end{array} \right\} \Rightarrow r = 0/12 - 0/04 = 0/08$$

۳۳۲- **تراکم:** منظور از تراکم، یعنی تعداد افراد یک گونه که در یک زمان مشخص در واحد سطح یا واحد حجم زندگی می کنند.

**اثر تراکم بر توان تولیدمثل جمعیت:** هرچه تراکم جمعیت کم باشد، فاصله ی بین افراد جمعیت زیاد خواهد بود. در این صورت، امکان تماس افراد با هم کم شده و توان تولیدمثلی جمعیت کاهش می یابد.

۳۳۳- **پراکنش:** چگونگی پراکندگی افراد جمعیت در محیط زیست را پراکنش می نامند. الگوهای پراکنش جمعیت ها بازتاب انواع روابط بین جمعیت و محیط زیست است.

**انواع پراکنش:**

- ۱- پراکنش دسته ای مانند بوفالوها    ۲- پراکنش یکنواخت مانند پرندگان    ۳- پراکنش تصادفی مانند درختان کاج

**۳۳۴- الگوهای رشد جمعیت:**

**اهمیت الگوهای رشد:** زیست شناسان برای پژوهش یا پیش‌بینی درباره‌ی رشد جمعیت‌ها از الگوهای رشد استفاده می‌کنند.

نکته: ساده‌ترین الگوی رشد هنگامی حاصل می‌شود که تفاوت میان آهنگ رشد و آهنگ مرگ را محاسبه کنیم.

**۳۳۵- انواع الگوهای رشد:** الگوهای رشد از ساده به پیچیده در دو گروه عمده جای دارند:

۱- الگوی نمایی رشد  
۲- الگوی لجستیک

**۳۳۶- الگوی نمایی رشد:** برخی از جمعیت‌ها پس از تشکیل با سرعت زیاد رشد می‌کنند. زیرا در ابتدا به دلیل وفور منابع محیطی، رقابت بر سر منابع محیطی وجود ندارد. در این صورت افراد با حداکثر توان خود تولیدمثل کرده و سبب رشد تصاعدی اندازه‌ی جمعیت می‌شوند. به چنین الگوی رشدی، الگوی نمایی می‌گویند.

**۳۳۷- ایراد الگوی رشد نمایی:** الگوی رشد در مورد جمعیت‌هایی صدق می‌کند که در آن‌ها منابع محیطی به میزان کافی در دسترس افراد است. در این صورت رقابت وجود ندارد و افراد با حداکثر توان خود تولیدمثل می‌کنند ولی عملاً در طبیعت منابع محدود هستند و سبب محدود شدن رشد جمعیت می‌شوند.

**۳۳۸- عوامل وابسته به تراکم:** منابعی که سبب محدود شدن آهنگ رشد جمعیت می‌شوند، عوامل وابسته به تراکم نامیده می‌شوند.

**۳۳۹- نکته:** هنگامی که افراد یک گونه به یک محیط جدید وارد می‌شوند، در ابتدا الگوی نمایی رشد برقرار می‌شود ولی به تدریج با محدود شدن منابع رشد جمعیت از حالت نمایی خارج می‌شود.

**۳۴۰- دو ایراد اساسی الگوی نمایی رشد:** ۱- عدم توجه به محدود بودن منابع محیطی ۲- در نظر نگرفتن رقابت

**۳۴۱- الگوی رشد لجستیک:**

الگوی رشد نمایی از توصیف جمعیت‌هایی که در آن‌ها رقابت وجود دارد، ناتوان است. در این الگو میزان منابع همواره کافی است و رقابت بر سر منابع وجود ندارد. ولی عملاً در طبیعت، با افزایش تراکم جمعیت رقابت بین افراد شدیدتر شده و آهنگ رشد جمعیت از حالت نمایی خارج شده و کند می‌شود. به این الگوی رشد که در آن با افزایش تراکم جمعیت به تدریج آهنگ رشد کاهش می‌یابد، الگوی رشد لجستیک می‌گویند. در الگوی رشد لجستیک به دلیل محدود بودن منابع موجود در محیط، برای جمعیت، یک حد گنجایش مطرح می‌شود که اندازه‌ی جمعیت از آن حد فراتر نمی‌رود.

در الگوی رشد لجستیک با افزایش تراکم جمعیت، رقابت بین افراد بیشتر می‌شود و با شدت یافتن رقابت و نزدیک شدن اندازه‌ی جمعیت به گنجایش محیط، آهنگ رشد کند می‌شود.

**۳۴۲- کاستی‌های الگوی رشد لجستیک:**

- ۱- عدم توجه به تنوع افراد گونه
- ۲- کاهش تراکم گاهی به ضرر افراد است
- ۳- رشد بسیاری از جانداران پیوسته نبوده و فصلی است
- ۴- عدم توجه به برهم‌کنش بین گونه‌ها
- ۵- عدم توانایی بازسازی منابع



۳۴۳- **عدم توجه به تنوع افراد گونه:** در جمعیت‌های طبیعی تنوع وجود دارد. تنوع افراد یک گونه می‌تواند سبب تغییر ثابت‌های معادله‌ی رشد جمعیت بشود. مانند:

۱- برخی جهش یافته‌ها ممکن است سریع‌تر تولیدمثل کنند. در آن صورت  $r$  (آهنگ افزایش ذاتی جمعیت) بیشتر خواهد شد.

۲- پیدایش برخی جهش یافته‌ها که در استفاده از منابع محیط بازده بالاتری دارند، سبب افزایش میزان  $K$  می‌شوند زیرا بالا رفتن بازده سبب می‌شود میزان منابع مورد نیاز افراد کاهش یابد. با کاهش میزان منابع مورد نیاز برای هر فرد، افراد بیشتری می‌توانند در آن‌جا زندگی کنند، یعنی گنجایش محیط افزایش می‌یابد.

۳۴۴- **عدم توانایی بازسازی منابع:** در برخی مواقع طبیعت نمی‌تواند منابع زیستی را با همان سرعتی که جانداران مصرف می‌کنند، بازسازی و جانشین کند. در این صورت پس از مدتی کوتاه میزان منابع به شدت کاهش می‌یابد و در اثر کاهش شدید میزان منابع، مقدار  $K$  کاهش می‌یابد. به عنوان مثال می‌توان به جمعیت گوزن‌های شمالی اشاره کرد. جمعیتی از گوزن‌های شمالی را به جزیره‌ای در آلاسکا منتقل نمودند. در ابتدا مقدار غذا (گل‌سنگ‌ها) فراوان بود. به این دلیل گوزن‌ها به شدت تولیدمثل کرده و در مدت کوتاهی جمعیت آن‌ها به شدت بزرگ شد. با افزایش تعداد افراد جمعیت، میزان مصرف غذا به شدت افزایش یافت در حالی که طبیعت قادر به جایگزین کردن منابع نبود. از این‌رو پس از مدت کوتاه اندازه‌ی جمعیت گوزن‌ها به شدت کاهش یافت.

۳۴۵- کاهش تراکم گاهی به ضرر افراد است. براساس الگوی رشد لجستیک، کاهش تراکم به نفع افراد است. زیرا در تراکم کم، رقابت شدید نبوده و منابع محیط فراوان هستند ولی در برخی جمعیت‌ها، کاهش تراکم به ضرر افراد است. مانند:

۱- جانورانی که به صورت گروهی شکار می‌کنند. در این جانوران، کاهش تعداد افراد گروه سبب کاهش شانس موفقیت می‌شود. ۲- جانورانی که به صورت گروهی از فرزندان مراقبت می‌کنند. ۳- در جاندارانی که تولیدمثل جنسی دارند، کاهش تراکم سبب کم شدن احتمال جفت‌یابی و در نتیجه سبب کاهش آهنگ تولیدمثل می‌شود.

۳۴۶- **رشد بسیاری از جانداران پیوسته نبوده و فصلی است:** در الگوی رشد لجستیک، رشد جمعیت پیوسته در نظر گرفته می‌شود ولی عملاً رشد جمعیت بسیاری از جانداران پیوسته نبوده و فصلی است. به طوری که اندازه‌ی جمعیت در فصل تولیدمثل به شدت افزایش می‌یابد و پس از مدت کوتاهی به دلیل افزایش مرگ و میر، اندازه‌ی جمعیت به حد طبیعی بازمی‌گردد.

۳۴۷- **عدم توجه به برهم‌کنش بین گونه‌ها:** الگوی رشد لجستیک به برهم‌کنش بین گونه‌ها توجه ندارد. در صورتی که در موارد بسیاری، عامل محدودکننده‌ی جمعیت یک گونه تأثیر گونه‌های دیگر است. به عنوان مثال، اگر تعداد بز کوهی افزایش یابد، افزایش مصرف غذاها توسط این جانور سبب کاهش منابع غذایی گوزن و گونه‌های دیگر می‌شود. همچنین افزایش تعداد جانوران شکارچی سبب کاهش اندازه‌ی جمعیت گونه‌ی شکار می‌شود.

#### ۳۴۸- انواع جمعیت‌ها:

جمعیت‌های جانداران از نظر اثر محیط بر آن‌ها و راهبرد تکاملی به دو گروه طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- جمعیت‌های فرصت‌طلب  
۲- جمعیت‌های تعادلی

۳۴۹- **جمعیت‌های فرصت‌طلب:** جمعیت‌هایی هستند که در محیط‌های متغیر و غیرقابل پیش‌بینی زندگی می‌کنند و مرگ و میر در آن‌ها تصادفی بوده و به تراکم وابسته نمی‌باشد. مانند جمعیت گونه‌های حشرات و گیاهان علفی. در جمعیت‌های فرصت‌طلب، مرگ و میر افراد ناگهانی و شدید بوده و تحت تأثیر رخدادهای غیرمنتظره می‌باشد. چنین جمعیت‌هایی، هنگام مساعد بودن شرایط محیطی به سرعت رشد و نمو یافته و افزایش می‌یابند و با بروز بحران و نامساعد شدن شرایط به طور قابل توجهی کاهش می‌یابند.

۳۵۰- **جمعیت‌های تعادلی:** جمعیت‌هایی هستند که در محیط‌های نسبتاً پایدار و قابل پیش‌بینی زندگی می‌کنند و حوادث ناگهانی به ندرت در آن‌ها روی می‌دهد. در جمعیت‌های تعادلی، مرگ و میر معمولاً هدف‌دار بوده و به تراکم وابسته است. مانند جمعیت‌های بسیاری از گونه‌های مهره‌داران و گیاهان درختی. اندازه‌ی جمعیت‌های تعادلی معمولاً نزدیک به گنجایش محیط (K) است و رشد جمعیت پس از رسیدن به گنجایش محیط متوقف می‌شود.

۳۵۱- **معیار پایداری یا ناپایداری شرایط محیط:** پایداری یا ناپایداری شرایط محیطی با توجه به گونه‌ی مورد بررسی سنجیده می‌شود. به عنوان مثال سرمای زمستان برای حشرات مرگ‌آور است در حالی که بسیاری از مهره‌داران به راحتی قادر به تحمل آن می‌باشند.

۳۵۲- **نوع اثر انتخاب طبیعی روی جمعیت‌های فرصت طلب و تعادلی:** مهمترین جنبه‌ی مقایسه‌ی جمعیت‌های تعادلی و فرصت طلب، نوع اثری است که انتخاب طبیعی روی آن‌ها می‌گذارد. در جمعیت‌های فرصت طلب، که در محیط‌های شدیداً متغیر و غیرقابل پیش‌بینی زندگی می‌کنند مرگ و میر گسترده‌ی افراد ارتباط چندانی با ژنوتیپ یا فنوتیپ آن‌ها یا تراکم جمعیت ندارد. به این دلیل افراد سعی می‌کنند در فرصت کوتاه مناسب برای زندگی هرچه بیشتر و سریع‌تر تولیدمثل کنند تا حداقل تعدادی از زاده‌ها از بحران جان سالم به در ببرند.

۳۵۳- منظور از مستقل بودن مرگ و میر از فنوتیپ یا ژنوتیپ افراد این است که تغییر ناگهانی و شدید شرایط محیطی بدون انتخاب سبب مرگ اغلب افراد جمعیت می‌شود و زنده ماندن افراد به شانس آن‌ها وابسته است نه به ویژگی‌های ژنوتیپی یا فنوتیپی افراد. به عنوان مثال سرمای زمستان برای همه‌ی پروانه‌ها کشنده است.

۳۵۴- **منظور از غیرقابل پیش‌بینی بودن محیط:** هنگامی که از قابل پیش‌بینی بودن محیط صحبت می‌شود، منظور این است که چرخه‌ی زندگی افراد جمعیت در طول تاریخ تکامل به گونه‌ای سازش یافته است که افراد گونه، قبل از رسیدن شرایط نامساعد، تغییرات لازم برای سازگاری با آن شرایط را تأمین می‌کنند. به عنوان مثال می‌توان به درختان مناطق معتدله اشاره کرد که در اواخر فصل رویشی در اطراف جوانه‌های خود پوشش حفاظتی که آن‌ها را از سرما حفظ می‌کند به وجود می‌آورند و با رسیدن فصل سرما این گیاهان می‌توانند جوانه‌های لازم برای رویش سال بعد را از آسیب سرما مصون نگه دارند ولی در ارتباط با جمعیت‌های فرصت طلب، چنین سازگاری‌هایی که بتواند، افراد را از شرایط نامساعد حفظ کند وجود ندارد. علت اصلی عدم تکامل چنین سازوکارهایی این است که عوامل به خطر اندازنده‌ی زندگی این گونه از یک نظم مشخصی برخوردار نمی‌باشند.

۳۵۵- نکته: اندازه‌ی جمعیت‌های تعادلی تقریباً نزدیک به گنجایش محیط است ولی اندازه‌ی جمعیت‌های فرصت طلب همواره پایین‌تر از گنجایش محیط است.

۳۵۶- نکته: در جمعیت‌های تعادلی به دلیل اشباع‌شدگی محیط رقابت بالایی برقرار است. از این‌رو راهبرد تکاملی افراد این است که فرزندان با قابلیت بالا تولید کنند ولی در جمعیت‌های فرصت طلب به دلیل اشباع نبودن محیط، رقابت چندانی وجود ندارد در چنین شرایطی حتی زاده‌هایی که توان رقابتی بالا ندارند، نیز می‌توانند زنده بمانند. از این‌رو بهترین راهبرد تکاملی در این جمعیت‌ها تولید بیشترین زاده‌ها در کوتاه‌ترین زمان می‌باشد. تا با رسیدن شرایط نامساعد، حداقل تعدادی از زاده‌های آن‌ها زنده باقی بمانند.

۳۵۷- مقایسه ی ویژگی های جمعیت های تعادلی و فرصت طلب:

عوامل	جمعیت های تعادلی	جمعیت های فرصت طلب
آب و هوای محیط	تا حدودی ثابت یا قابل پیش بینی	متغیر و غیرقابل پیش بینی
مرگ و میر	معمولاً هدفدار، وابسته به تراکم	معمولاً تصادفی، مستقل از تراکم
اندازه ی جمعیت	تقریباً ثابت، تعادلی ۱ نزدیک به گنجایش محیط ۱ محیط اشباع شده	متغیر با زمان، غیر تعادلی ۱ معمولاً خیلی پایین تر از گنجایش محیط ۱ محیط اشباع نشده
رقابت	عموماً شدید	اغلب وجود ندارد
ویژگی های مطلوب در انتخاب طبیعی	۱- رشد و نمو آهسته ۲- قابلیت های رقابتی بالا ۳- افراد دیر به سن تولیدمثل می رسند. ۴- جثه ی بزرگ ۵- معمولاً هر فرد چند بار تولیدمثل می کند. ۶- تعداد کمی زاده ی بزرگ به وجود می آورند.	۱- رشد و نمو سریع ۲- تولید مثل سریع ۳- افراد زود به سن تولیدمثل می رسند. ۴- جثه ی کوچک ۵- معمولاً هر فرد یک بار فرصت تولیدمثل دارد. ۶- تعداد زیادی زاده ی کوچک به وجود می آورند.
طول عمر	نسبتاً طولانی، عموماً بیش تر از یک سال	نسبتاً کوتاه، اغلب کم تر از یک سال
نتیجه	سازگاری بیش تر با محیط	زادآوری سریع

۳۵۸- هرم جمعیت:

**هرم جمعیت:** هرم جمعیت نموداری است که در آن گروه های سنی در محور  $Y$  ها و تعداد افراد روی محور  $X$  ها نمایش داده می شود. در این نمودار، گروه های سنی کوچک تر در پایین و گروه های سنی بزرگ تر در بالا نشان داده می شود.

**اهمیت هرم جمعیت:** هرم جمعیت با نشان دادن درصد گروه های سنی مختلف، به پیش بینی نیازهای آینده و برنامه ریزی برای این نیازها کمک می کند.

۳۵۹- روابط میان جانداران در یک جامعه ی زیستی:

**تکامل همراه (هماهنگی تکامل بین گونه ها):**

گونه های مختلف موجود در یک جامعه ی زیستی در زندگی و تکامل همدیگر تأثیر دارند. به طوری که تحول و تکامل گونه ها در ارتباط با هم صورت می گیرد. روابط میان گونه های مختلف نتیجه ی فرآیند تغییر و تحول آن ها در زمان های بسیار طولانی است. در این فرآیند ساختار بدن و رفتار افراد هر گونه با دیگر گونه ها هماهنگ شده است. مثلاً گرده افشانی بعضی از گیاهان گل دار، هماهنگ با رفتار و ساختار حشرات و سایر جانوران گرده افشان، تکامل حاصل کرده است. در مقابل در جانوران گرده افشان نیز صفاتی به وجود آمده است که کسب غذا از گیاهان مزبور را برای آن ها ممکن می سازد.

۳۶۰- **تکامل همراه:** هماهنگی تکامل بین گونه هایی که در یک اکوسیستم زندگی می کنند و با هم ارتباط نزدیک دارند،

تکامل همراه می نامند. مانند:

- ۱) رابطه ی صیادی (رابطه ی شکار و شکارچی)
- ۲) رابطه ی انگلی (رابطه ی بین انگل و میزبان)
- ۳) دفاع گیاهان در برابر گیاه خواران

۳۶۱- **صیادی:** نوعی رابطه‌ی بین دو گونه است که طی آن یکی دیگری را می‌خورد.  
**انگلی:** نوع ویژه‌ای از رابطه‌ی صیادی است که در آن، معمولاً انگل روی میزبان که بزرگ‌تر از خود وی است زندگی و از آن تغذیه می‌کند.

#### تفاوت‌های صیاد و انگل:

- ۱- انگل برخلاف صیاد روی بدن میزبان زندگی می‌کند.
- ۲- انگل کوچک‌تر از میزبان است ولی صیاد اغلب بزرگ‌تر از صید است.
- ۳- انگل معمولاً برخلاف صیاد میزبان خود را نمی‌کشد.

#### ۳۶۲- انواع انگل‌ها:

- ۱- انگل داخلی مانند کرم‌های انگل روده
  - ۲- انگل خارجی: مانند شپش، کنه و شته
- نکته: انگل‌های داخلی در مقایسه با انگل‌های خارجی، تخصصی‌تر عمل می‌کنند.

#### ۳۶۳- روش‌های دفاعی گیاهان در برابر گیاه‌خواران:

- ۱- تولید تیغ یا خار
- ۲- تولید مواد شیمیایی مانند ترکیب‌های ثانوی برای دور کردن دشمنان

۳۶۴- **ترکیب‌های ثانوی:** مواد دفاعی در گیاهان هستند که نخستین خط دفاعی گیاهان را تشکیل می‌دهند. مانند روغن خردل که در گیاهان تیره‌ی شب بو (کلم و تربچه) تولید می‌شوند.  
نکته: برخی از گیاه‌خواران قادر به شکستن خطوط دفاعی گیاهان می‌باشند. به عنوان مثال نوزاد پروانه‌ی کلم با تولید آنزیمی روغن خردل گیاهان تیره‌ی شب بو را تجزیه می‌کند.

#### ۳۶۵- هم‌زیستی: (حاصل روابط درازمدت بین گونه‌ها)

**هم‌زیست:** اگر دو یا چند جاندار از گونه‌های متفاوت در درازمدت با یکدیگر رابطه‌ی نزدیک داشته باشند می‌گویند این جانداران با هم، هم‌زیست هستند. در اصل هم‌زیستی حاصل روابط درازمدت بین گونه‌ها است.

#### انواع هم‌زیستی:

- ۱- **هم‌یاری:** نوعی رابطه‌ی هم‌زیستی است که در آن هر دو طرف سود می‌برند. مانند رابطه‌ی بین مورچه‌ها و شته‌ها که در آن مورچه‌ها مسئول محافظت از شته‌ها هستند و در مقابل از شیرهای خارج شده از مخرج شته‌ها تغذیه می‌کنند.
- ۲- **هم‌سفرگی:** نوعی هم‌زیستی است که در آن، یکی سود می‌برد و دیگری نه سود می‌برد و نه زیان. مانند رابطه‌ی بین دلقک ماهی و شقایق دریایی.

#### ۳۶۶- رقابت و شکل‌دهی به جوامع زیستی:

**رقابت:** هنگامی که دو گونه در یک زیستگاه از منابع مشترکی استفاده می‌کنند، می‌گویند آن دو گونه با هم رقابت دارند.

نکته: شرط برقراری رقابت این است که منابع مورد رقابت فراوان نباشد. زیرا رقابت نیازمند محدود بودن منابع است.

**منابع مورد رقابت:** ۱- غذا ۲- مکان آشیانه ۳- فضا برای زیستن ۴- نور ۵- مواد معدنی ۶- آب

۳۶۷- **کنام:** کنام دارای تعریف‌های گوناگونی است که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از:

- ۱- نقش هر جاندار در اکوسیستم را کنام می‌گویند.
  - ۲- کنام الگویی از زندگی است.
  - ۳- کنام عبارت است از طیفی از موقعیت‌ها که جاندار توان زیستن در آن‌ها را دارد. عوامل مؤثر در تعریف کنام:
    - ۱- فضایی که مورد استفاده قرار می‌گیرد.
    - ۲- غذایی که می‌خورد.
    - ۳- نیازهای دمایی و نیازهای رطوبتی
    - ۴- نیازهای جفت‌گیری مانند زمان جفت‌گیری
- نکته: کنام هر جاندار را از نظر تأثیر آن بر سیر انرژی در اکوسیستم توصیف می‌کنند.

۳۶۸- **رقابت و کنام:** رقابت بین گونه‌ها ناشی از هم‌پوشانی کنام آن‌ها است. از طرف دیگر رقابت بین گونه‌ها سبب محدود شدن کنام می‌شود. بر این اساس دو نوع کنام مطرح می‌شود:

- ۱- **کنام بنیادی:** منظور از کنام بنیادی یک گونه، طیفی از موقعیت‌ها است که افراد آن گونه توان زیستن در آن را دارند.
- ۲- **کنام واقعی:** بخشی از کنام بنیادی که هر گونه اشغال می‌کند کنام واقعی نامیده می‌شود.

۳۶۹- **آزمایش مک آرتور (تقسیم منابع بین گونه‌ها):**

مک آرتور رفتار غذایی پنج گونه‌ی سسک‌ها را که رقیب یکدیگر بوده و از حشرات ساکن درخت سرو تغذیه می‌کنند مورد مطالعه قرار داد. وی مشاهده کرد که گونه‌های مختلف سسک‌ها از بخش‌های متفاوتی از درخت سرو تغذیه می‌کنند. در حقیقت کنام بنیادی مشترک این پنج گونه به پنج کنام واقعی تقسیم شده است و هر کدام فقط بخش کوچکی از درخت سرو را اشغال می‌کنند. مک آرتور نتیجه گرفت که مزیت کسب غذا از بخش کوچکی از کنام بنیادی سبب کاهش رقابت بین آن‌ها می‌شود و به این دلیل انتخاب طبیعی در بین پنج گونه‌ی سسک رفتارهای متفاوتی را به وجود آورده است.

توجه: مطلب دیگری که از مطالعه‌ی مک آرتور می‌توان دریافت، این است که رقابت سبب تقسیم منابع می‌شود.

۳۷۰- **مطالعه‌ی ژوزف کانل (محدودیت دسترسی گونه‌ها به منابع در اثر رقابت):**

ژوزف کانل رفتار دو گونه‌ی کشتی چسب را مورد بررسی قرار داد. کشتی چسب نوعی سخت پوست دریایی است که نوزاد آن ابتدا در آب زندگی می‌کند و سپس به تخته سنگ‌ها چسبیده و بقیه‌ی مراحل عمر خود را چسبیده به تخته سنگ‌ها سپری می‌کند. ژوزف کانل مشاهده کرد که گونه‌ی ۱ در مناطق بالایی تخته سنگ‌ها و گونه‌ی ۲ در مناطق پایینی تخته سنگ‌ها زندگی می‌کنند. (مناطق بالایی به هنگام جزر خارج از آب قرار می‌گیرند ولی مناطق پایینی تخته سنگ‌ها به ندرت در معرض هوا قرار دارند.) ژوزف کانل قسمت پایینی تخته سنگ‌ها را از وجود گونه‌ی ۲ پاک کرد و مشاهده نمود که در صورت عدم گونه‌ی ۲، گونه‌ی ۱ مناطق عمیق را نیز اشغال کرد. گونه‌ی ۲ در حضور یا عدم حضور گونه‌ی ۱ فقط بخش پایینی زیستگاه را اشغال می‌کند. این نشان می‌دهد که عدم حضور گونه‌ی ۱ در مناطق پایینی، ناشی از عدم توان زیست در آن‌جا نمی‌باشد بلکه وجود گونه‌ی ۲ سبب می‌شود گونه‌ی ۱ نتواند وارد آن بخش‌ها بشود. به بیان دیگر کنام بنیادی گونه‌ی ۱ تمام قسمت‌های تخته سنگ است و کنام واقعی آن بخش بالایی تخته سنگ‌ها می‌باشد. مک آرتور با این مطالعه دریافت که رقابت سبب محدود شدن دسترسی گونه‌ها به منابع می‌شود.

### ۳۷۱- آزمایش اول گوس(حذف رقابتی)

گوس در آزمایش خود دو گونه‌ی پارامسی را مورد بررسی قرار داد که هر دو از یک نوع باکتری تغذیه می‌کردند. گوس، این دو گونه‌ی باکتری را در یک ظرف کشت داد و مشاهده کرد که همواره یکی از گونه‌ها که به مواد دفعی باکتری‌ها مقاومت کمتری دارد حذف می‌شود و نتیجه گرفت که گونه‌ای که با کارایی بهتری از منابع استفاده می‌کند می‌تواند گونه‌ی دیگر را حذف کند. وی این اثر را حذف رقابتی نامید.

### ۳۷۲- آزمایش دوم گوس(با هم ساختن رقبا):

گوس در آزمایش دیگری گونه‌ی ۱ را همراه با گونه‌ی ۳ در یک محیط کشت داد و مشاهده نمود که هیچ یک از آنها از محیط حذف نشدند. غذای این دو گونه نیز یکسان بوده ولی به چه دلیل حذف رقابتی انجام نگرفت. علت این بود که این دو گونه از مناطق متفاوتی از ظرف غذا کسب می‌کردند. گونه‌ی ۳ از مناطق پایین ظرف که بیشتر باکتری‌های بی‌هوایی در آن قرار داشتند و گونه‌ی ۱ از بخش‌های بالایی که بیشتر باکتری‌های دارای تنفس هوازی در آن قرار داشتند تغذیه می‌کنند. در این مثال کنام بنیادی دو گونه‌ی پارامسی یکسان است ولی به دلیل توان سازشی متفاوت این دو گونه، کنام واقعی آنها متفاوت می‌باشد. این آزمایش نشان داد که رقابت کنندگان می‌توانند با هم سازش داشته باشند. از طرف دیگر از دو آزمایش گوس نتیجه گرفته می‌شود که نتیجه‌ی رقابت به میزان مشابهت کنام‌های بنیادی بستگی دارد.

### ۳۷۳- نتایج آزمایشات گوس:

- ۱- رقابت بدون تقسیم منابع سبب انقراض می‌شود.
- ۲- رقابت کنندگان می‌توانند با هم بسازند.
- ۳- نتیجه‌ی رقابت به میزان تشابه و هم‌پوشانی کنام‌های بنیادی وابسته است.

### ۳۷۴- آزمایش رابرت پاین(کاهش رقابت در اثر صیادی):

رابرت پاین با مطالعه روی تعداد گونه‌های صدف نتیجه گرفت که صیادی سبب کاهش رقابت می‌شود. ستاره‌ی دریایی شکارچی جانوران دریازی مانند صدف‌های باریک و پهن می‌باشد. رابرت پاین، با حذف ستاره‌ی دریایی از یک منطقه‌ی طبیعی مشاهده نمود که تعداد گونه‌های صدف از ۱۵ گونه به ۸ گونه کاهش یافت. علت این کاهش تعداد گونه‌های صدف این است که صدف‌های باریک در اثر حذف رقابتی سبب از بین رفتن برخی گونه‌های صدف می‌شوند ولی در حضور ستاره‌ی دریایی، تعداد صدف‌های باریک به دلیل شکار شدن توسط ستاره‌ی دریایی کاهش می‌یابد. از این رو قادر به حذف رقابتی سایر گونه‌ها نمی‌باشند.

### ۳۷۵- آزمایش دیوید تیلمن(رابطه‌ی بین تنوع زیستی و تولیدکنندگی)

دیوید تیلمن با مطالعه روی ۱۴۷ منطقه از علف‌زارهای مینه‌سوتا و اندازه‌گیری مقدار ماده‌ی زنده‌ی تولید شده مشاهده نمود که در مناطقی که تعداد گونه‌های آن بیشتر است، میزان تولیدکنندگی و فتوسنتز بالا بوده و این مناطق در برابر خشکی‌ها و کم‌آبی‌های محیط مقاوم‌تر هستند. به بیان دیگر تنوع زیستی سبب افزایش پایداری زیستگاه‌ها و اجتماعات زیستی می‌شود.

## فصل ۷

۳۷۶-

**رفتار:** عملی است که در پاسخ به یک محرک انجام می‌شود.

**رفتار شناسی:** شاخه‌ای از علوم زیستی است که به مطالعه‌ی رفتار جانوران می‌پردازد.

**رفتار غریزی:** رفتارهای غریزی یا وراثتی، رفتارهایی هستند که متأثر از ژن‌ها بوده و دارای برنامه‌ریزی ژنی هستند.

۳۷۷- **الگوی عمل ثابت:** مجموعه‌ای از حرکت‌های مشخص و ثابت هستند که در همه‌ی افراد گونه و همواره به یک شکل انجام گرفته و پس از شروع تا پایان پیش می‌رود.



- ۳۷۸- **محرك نشانه:** محرك رفتار الگوی عمل ثابت را محرك نشانه می گویند. محرك نشانه، اغلب یک علامت حسی ساده است.
- ۳۷۹- **یادگیری:** تغییر رفتار که حاصل تجربه باشد، یادگیری نامیده می شود.
- ۳۸۰- **عادی شدن:** ساده ترین نوع یادگیری می باشد و در آن جانور یاد می گیرد نسبت به محرك های بی سود و زیان پاسخی از خود بروز ندهد.
- ۳۸۱- **شرطی شدن کلاسیک:** نوعی رفتار یادگیری است که طی آن، یک محرك بی اثر به شرط این که چند بار با یک محرك مؤثر همراه باشد، پس از مدتی جانور به این محرك بی اثر نیز حساس شده و به محرك بی اثر نیز همان پاسخ را بروز می دهد.
- ۳۸۲- **محرك شرطی:** محرك بی اثر در شرطی شدن کلاسیک را محرك شرطی می نامند. مانند صدای زنگ در آزمایش پاولوف.
- محرك غیرشرطی:** محرك طبیعی در رفتار الگوی عمل ثابت را محرك غیرشرطی می گویند. مانند غذا در آزمایش پاولوف.
- ۳۸۳- **آزمون و خطا (شرطی شدن فعال):** رفتاری است که در آن، جانور یاد می گیرد که انجام یک عمل یا رفتار خاص، به پاداش یا تنبیه منجر خواهد شد و بر این اساس یاد می گیرد، در موقعیتی خاص رفتار مشخصی انجام دهد.
- ۳۸۴- **حل مسئله:** نوع پیچیده ای از یادگیری است که در آن جانور با برقراری ارتباط بین تجارب گذشته ی خود و با استفاده از آن، در موقعیتی جدید که قبلاً با آن مواجه نشده است، رفتار مناسبی بروز دهد.
- ۳۸۵- **نقش پذیری:** شکل خاصی از یادگیری می باشد که ارتباط تنگاتنگی با رفتار غریزی دارد و معمولاً در دوره ی خاصی از زندگی جانور بروز می کند.
- ۳۸۶- **رفتار مشارکتی:** رفتارهایی به ظاهر فداکارانه هستند که در آن جانور با کمک به پرورش و نگهداری فرزندان افراد خویشاوند، سبب انتقال ژن های مشابه ژن های خود به نسل بعدی شده و به این طریق و به طور غیرمستقیم ژن های مشترک با خویشاوندان را به نسل بعد منتقل می کند.
- ۳۸۷- **غذایابی بهینه:** منظور از غذایابی بهینه، به دست آوردن بیشترین انرژی به ازای کمترین زمان است.
- ۳۸۸- **فرمون:** مواد شیمیایی هستند که توسط برخی جانوران برای برقراری ارتباط با افراد هم گونه ی خود ترشح می شوند.
- ۳۸۹- **خصوصیات چشم گیر:** خصوصیات فیزیکی هستند که در افراد نر وجود دارند و سبب افزایش شانس جفت یابی و تولیدمثل می شوند.
- ۳۹۰- **انتخاب جنسی:** فرآیندی است که طی آن، یک صفت یا یک رفتار به خاطر افزایش شانس تولیدمثل یا جفت یابی، انتخاب می شود.



### ۳۹۱- رفتار شناسی:

**رفتار:** عملی است که در پاسخ به یک محرک انجام می‌شود.

**رفتار شناسی:** شاخه‌ای از علوم زیستی است که به مطالعه‌ی رفتار جانوران می‌پردازد.

**پرسش‌های مربوط به رفتار:** رفتار شناسان در رابطه با رفتارهای جانوران پرسش‌هایی گوناگونی مطرح می‌کنند. این پرسش‌ها در دو گروه جای می‌گیرند:

۱- پرسش‌های چگونگی رفتار، مانند: یک رفتار چگونه بروز می‌کند؟ چه مکانیسمی آن را کنترل می‌کند؟ چه نوع محرکی سبب بروز رفتار می‌شود؟

۲- پرسش‌های چرایی رفتار: این پرسش‌ها با دلایل وجود رفتار ارتباط دارند؟ مانند یک رفتار چرا بروز می‌کند؟ علت وجود یک رفتار چیست؟ چرا یک رفتار تا به امروز حفظ شده است؟

### ۳۹۲- عوامل تعیین کننده‌ی رفتار:

(۱) وراثت (۲) یادگیری

### ۳۹۳- انواع رفتار:

(الف) رفتارهای غریزی (وراثتی): مانند رفتار لانه سازی مرغ عشق- رفتار جوجه‌ی کوکو- رفتار الگوی عمل ثابت  
(ب) رفتارهای یادگیری: تغییر رفتار که حاصل تجربه باشد، یادگیری نامیده می‌شود.

### ۳۹۴- انواع رفتارهای یادگیری:

۱- عادی شدن  
۲- شرطی شدن کلاسیک  
۳- آزمون و خطا (شرطی شدن فعال)  
۴- حل مسئله  
۵- نقش‌پذیری

### ۳۹۵- رفتارهای وراثتی (غریزی):

رفتارهای غریزی یا وراثتی، رفتارهایی هستند که متأثر از ژن‌ها بوده و دارای برنامه‌ریزی ژنی هستند. مانند رفتار جوجه‌ی کوکو و رفتار لانه‌سازی مرغ عشق.

**رفتار جوجه‌ی کوکو:** کوکو پرنده‌ای است که در لانه‌ی سایر پرندگان تخم می‌گذارد. جوجه‌ی کوکو زودتر از جوجه‌های میزبان از تخم خارج می‌شود و بلافاصله پس از خروج از تخم، تخم‌های میزبان را از لانه بیرون می‌اندازد. جوجه‌ی کوکو این رفتار را آموزش ندیده است، بلکه دستورالعمل انجام این رفتار به صورت اطلاعات ژنی به آن به ارث رسیده است.

**رفتار لانه سازی مرغ عشق:** ویلیام دیلگر رفتار لانه سازی دو گونه‌ی مرغ عشق (گونه‌ی فیشر و گونه‌ی صورت هلویی) را مورد مطالعه قرار داد. گونه‌ی صورت هلویی برای لانه سازی، باریکه‌های منظم و دراز چوب را بریده و در لابه‌لای پرهای نزدیک دم قرار داده و به سمت آشیانه می‌برد ولی گونه‌ی فیشر مواد سخت‌تر را بریده و با نوک خود به محل آشیانه می‌برد. فیشر دورگه از این دو گونه به دست آورد و مشاهده کرد که گونه‌ی دورگه رفتاری حدواسط دو گونه را نشان می‌دهد به طوری که گونه‌ی حدواسط مواد بریده شده را با نوک خود برداشته و چندین بار به طرف دم برده و برمی‌گرداند.

۳۹۶- نکته: رفتارهای ژنی در همه‌ی افراد یک گونه به یک شکل انجام می‌گیرند.

### ۳۹۷- نتیجه‌ی ویلیام دیلگر:

۱- رفتار لانه سازی مرغ عشق اساس ژنی دارد.

۲- در ارتباط با رفتارهای ژنی، دورگه‌ها رفتاری حدواسط گونه‌های نیایی را نشان می‌دهند.

### ۳۹۸- رفتار الگوی عمل ثابت:

رفتارهای الگوی عمل ثابت، مجموعه‌ای از حرکتهای مشخص و ثابت هستند در همه‌ی افراد گونه به یک شکل انجام می‌گیرند. مثال:

- ۱- رفتار گاز ماده‌ی مادر در به درون کشاندن تخم‌های خارج از لانه که طی آن تخم‌های خارج از لانه را با حرکات زیگزاگی گردن به داخل لانه می‌کشاند. اگر در وسط رفتار تخم را برداریم، گاز این حرکت را تا پایان ادامه می‌دهد.
- ۲- رفتار نوعی ماهی نر در حمله به ماهی‌های نر شکم قرمزی که وارد قلمرو آن شده‌اند.

۳۹۹- **محرك نشانه:** محرکی که سبب راه‌اندازی رفتار الگوی عمل ثابت می‌شود، محرک نشانه می‌گویند. محرک نشانه اغلب یک علامت حسی ساده است. در رفتار گاز ماده، محرک نشانه، شکل هندسی و انحنای جسم است و محرک نشانه در در رفتار ماهی نر، قرمز بودن سطح زیرین جسم است. به طوری که ماهی نر، حتی به مدل‌هایی که سطح زیرین آن‌ها قرمز بود، حمله می‌کرد.

۴۰۰- **عادی شدن:** عادی شدن، ساده‌ترین نوع یادگیری و تغییر شکل رفتار است. در عادی شدن، جانور یاد می‌گیرد که به محرک‌های بی‌سود و زیان پاسخ ندهد. مثال برای عادی شدن:

- ۱- ترسیدن کلاغ از مترسک‌هایی که مدت زیادی در یک جای ثابت قرار دارند.
- ۲- واکنش نشان ندادن شقایق دریایی و عروس دریایی نسبت به لرزش‌های دایمی آب

### ۴۰۱- شرطی شدن کلاسیک:

شرطی شدن کلاسیک، رفتاری است که در آن، جانور به یک محرک بی‌اثر به شرطی که این محرک به تکرار با یک محرک مؤثر همراه باشد، پاسخ می‌دهد.

مثال: ایوان پاولوف (فیزیولوژیست روسی) در یک آزمایش، به تکرار هم‌زمان با دادن پودر گوشت به سگ، زنگی را نیز به صدا درمی‌آورد. پس از چند بار تکرار این عمل، سگ به صدای زنگ شرطی شده بود و هرگاه زنگ را به صدا درمی‌آورد، بزاق سگ ترشح می‌شد. در این آزمایش، پودر گوشت، یک محرک غیرشرطی بوده و به طور غریزی موجب ترشح بزاق سگ می‌شد. به این محرک، محرک غیرشرطی می‌گویند. ولی صدای زنگ، یک محرک شرطی است. زیرا صدای زنگ، زمانی می‌تواند سبب ترشح بزاق سگ بشود که قبلاً چندین بار هم‌زمان با غذا دادن به سگ به صدا درآید.

### ۴۰۲- آزمون و خطا:

رفتاری است که در آن به دلیل وجود پاداش یا تنبیه، جانور یاد می‌گیرد که در موقعیتی خاص رفتار مشخصی را انجام دهد و یا آن را انجام ندهد.

مثال: اسکینر موشی را درون جعبه‌ای قرار داد. موش در درون جعبه به جست‌وجو و کاوش می‌پرداخت. هر از گاهی پای موش به اهرم درون جعبه برخورد می‌کرد. در نتیجه‌ی این برخورد تصادفی، مقداری غذا به درون جعبه می‌افتاد. موش پس از چندین بار برخورد تصادفی با اهرم متوجه این شد که فشار دادن اهرم سبب دریافت مقداری غذا می‌شود.

نکته: در آموزش جانوران سیرک نیز از شرطی شدن فعال یا شرطی شدن کلاسیک استفاده می‌شود.

**۴۰۳- حل مسئله:**

رفتاری است که در آن، جانور در موقعیتی جدید که قبلاً با آن روبه‌رو نشده است و بدون استفاده از آزمون و خطا رفتار مناسبی بروز می‌دهد. در این رفتار جانور با ارتباط برقرار کردن بین تجربه‌های قبلی، برای حل مسئله‌ی جدیدی استدلال می‌کند.

رفتار حل مسئله نوع پیچیده‌ای از رفتار است و فقط در نخستین‌ها (لمورها، میمون‌ها و انسان‌ها) دیده می‌شود. به عنوان مثال می‌توان به رفتار میمون در دسترسی به موزه‌های آویزان از سقف اشاره کرد. در این رفتار میمون بدون تجربه‌ی قبلی، جعبه‌ها را روی هم چیده و با بالا رفتن از آن‌ها به موزه‌ها دسترسی پیدا می‌کند.

**۴۰۴- عوامل مؤثر در رفتار:**

هر رفتاری دارای یک بخش ژنی و یک بخش یادگیری است. به بیان دیگر، رفتار جانوران محصول برهم‌کنش اطلاعات ژنی و یادگیری است. برای مثال به شکل‌گیری رفتار آوازخوانی جوجه‌های گنجشک اشاره می‌کنیم. این آزمایش نشان دهنده‌ی نقش تجربه و اطلاعات ژنی بروز یک رفتار است. در این آزمایش محققان با استفاده از دستگاهی آواز پرندگان را ثبت و بررسی کردند و نتایج زیر به دست آمد:

۱- هر گونه از گنجشک‌ها آواز خاص خود را دارد (اثر ژن) و گنجشک‌های نر یک گونه که در نواحی مختلف زندگی می‌کنند، هر کدام لهجه‌ی محلی خاص آن محل را دارند (اثر یادگیری).

۲- آواز جوجه‌هایی که در اتاقک عایق صدا رشد یافته‌اند به طور عادی شکل نمی‌گیرد و شباهت اندکی به افراد بالغ طبیعی دارد (اثر یادگیری).

۳- اگر جوجه‌ها در بدو تولد کر شوند، صدای آن‌ها به مراتب ساده‌تر و غیرمعمول‌تر است (اثر یادگیری).

۴- در صورتی که برای جوجه‌های یک گونه در اتاقک‌های عایق صدا لهجه‌های محلی متفاوت همان گونه پخش می‌شود، هر جوجه لهجه‌ای را می‌خواند که برای آن پخش شده است ولی نمی‌تواند آواز گونه‌های نزدیک را یاد بگیرند (اثر مشترک ژن و یادگیری).

نتیجه‌ی نهایی: هر گونه‌ی گنجشک‌ها فقط توانایی و قابلیت یادگیری آواز گونه‌ی خود را دارد. به بیان دیگر آواز هر گونه ریشه در اطلاعات وراثتی آن دارد. از طرف دیگر یادگیری نیز در شکل‌گیری آواز دخالت دارد.

**۴۰۵- نقش‌پذیری:**

نقش‌پذیری، شکل خاصی از یادگیری است که در دوره‌ی مشخصی از زندگی جانور رخ می‌دهد. نقش‌پذیری ارتباط تنگاتنگی با غریزه دارد. نقش‌پذیری در حفظ بقای جانور ارزش زیادی دارد.

**دوره‌ی حساس:** نقش‌پذیری فقط در دوره‌ی مشخصی از زندگی جاندار روی می‌دهد که به این دوره، دوره‌ی حساس می‌گویند.

مثال: جوجه اردک‌ها یا جوجه غازها پس از خروج از تخم به دنبال اولین شیء متحرک را می‌افتند. این شیء متحرک معمولاً مادر آن‌ها است. کنراد لورنز، تعدادی تخم غاز را در شرایط مصنوعی قرار داد. جوجه‌ها پس از خارج شدن از تخم، مادر خود را ندیده بودند و به جای مادر به دنبال لورنز راه افتادند.

#### ۴۰۶- تاثیر انتخاب طبیعی در شکل گیری رفتار:

انتخاب طبیعی صفاتی را برمی‌گزیند که احتمال بقا و تولیدمثل فرد را افزایش می‌دهند. رفتارها نیز مانند صفات گوناگون هستند. بنابراین رفتارها، تحت تاثیر انتخاب طبیعی قرار دارند. سؤالی که پیش می‌آید، این است که انتخاب طبیعی، رفتارهای جانور را با چه هدفی انتخاب می‌کند، به نفع گونه یا فرد. برای پاسخ به این سؤال از رفتار شیرهای نر استفاده می‌کنیم. هنگامی که شیرهای نر جوان یک گله را تصاحب می‌کنند، پس از بیرون راندن نرهای قبلی، همه بچه شیرها را می‌کشند. هدف شیرهای نر جوان از کشتن بچه شیرها این است که ماده‌ها سریع‌تر به آمادگی تولیدمثلی برسند. زیرا تا زمانی که بچه‌ها از مادر شیر می‌خورند، مادر آمادگی تولیدمثلی ندارد. این رفتار به ضرر گونه است زیرا افرادی از جمعیت که هزینه‌ی زیادی صرف پرورش آن‌ها شده است از جمعیت حذف می‌شوند. ولی فایده‌ی آن برای شیر نر جوان است که با این کار شانس خود را برای انتقال ژنهای خود به نسل بعد را افزایش می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب طبیعی رفتارها به نفع فرد انتخاب می‌کند، نه گونه.

۴۰۷- **رفتارهای مشارکتی:** برخی رفتارها به ظاهر به نفع گونه عمل می‌کند نه به نفع فرد. به عنوان مثال می‌توان به رفتار زنبورهای عسل ماده یا رفتار عنکبوت بیوهی سیاه نر اشاره کرد. زنبورهای ماده خود تولیدمثل نمی‌کنند و انرژی خود را صرف نگهداری و پرورش زاده‌های ملکه می‌کنند. عنکبوت بیوهی سیاه نر نیز پس از جفت‌گیری، به دهان جفت ماده‌ی خود وارد می‌شود تا توسط او خورده شود. این رفتارهای فداکارانه به ظاهر فرضیه‌ی انتخاب فرد را زیر سؤال می‌برد ولی توجه دقیق در این رفتار نشان می‌دهد که این رفتارها نیز به نفع فرد انتخاب می‌شوند. زیرا زنبور عسل ماده با این رفتار سبب می‌شود، ژنهای افراد خویشاوند که شبیه ژنهای خود وی هستند به نسل بعد انتقال یابد. عنکبوت بیوهی نر نیز با خورده شدن توسط جفت ماده، سبب پرورش زاده‌هایی می‌شود که نیمی از ژنهای آن‌ها به خود وی مربوط هستند. این رفتارهای فداکارانه سبب می‌شوند، فرد به جای این که ژنهای خود را مستقیماً به نسل بعد انتقال دهد، با کمک به خویشاوندان سبب انتقال ژنهای مشترک به نسل بعد می‌شود. به این ترتیب مشاهده می‌کنیم که این رفتارها که در ظاهر فداکارانه به نظر می‌رسند، در اصل به نفع فرد انتخاب می‌شوند.

#### ۴۰۸- رفتارهای جانوری:

نکته: رفتار سریع‌ترین راه برقراری ارتباط بین جانور و محیط پیرامونش است. جهت انتخاب رفتارهای جانوری: رفتارهای جانوری به شکل‌های گوناگونی بروز می‌کنند، اما همه‌ی آن‌ها در جهت کاهش هزینه‌های مصرفی و افزایش سود خالص انتخاب شده‌اند. جانوری که بهینه‌تر و اقتصادی‌تر عمل کند، نسبت به جانورانی که بازده کمتری داشته و انرژی خود را به هدر می‌دهند، در حفظ بقای خود موفقیت بیشتری دارد. به بیان دیگر همه‌ی رفتارها با هدف موفقیت در بقا و تولیدمثل انتخاب می‌شوند.

#### ۴۰۹- رفتار غذایی: جانوران از نظر نوع غذایی که می‌خورند به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند:

- ۱- گروهی فقط یک چیز می‌خورند، مانند برخی گونه‌های مورچه‌ها که فقط تخم عنکبوت می‌خورند یا برخی حشره‌ها که برگ گیاهان را می‌خورند. این گروه هنگامی موفق‌ترند که یک نوع غذا فراوان‌تر باشد.
- ۲- گروهی دیگر همه چیز خوارند و به یک نوع غذا بسنده نمی‌کنند. این گروه هنگامی موفق‌ترند که هیچ یک از منابع غذایی فراوان نباشد.

۴۱۰- **غذایابی بهینه:** جانوران تمایل دارند، در کمترین زمان، بیشترین انرژی را به دست آورند. این رویکرد را غذایابی بهینه می‌نامند. طعمه‌های بزرگ شکار، انرژی بیشتری دارند ولی شکار کردن آن‌ها سخت‌تر است و معمولاً کمتر یافت می‌شوند. بر این اساس غذایابی بهینه به موازنه‌ی بین دو عامل بستگی دارد:

- ۱- محتوای انرژی غذا
- ۲- سهولت الوصول بودن آن

#### ۴۱۱- ارتباط جانوران با یکدیگر:

##### راه‌های ارتباطی جانوران:

جانوران مختلف برای ارتباط با افراد هم‌گونه‌ی خود از علایم متفاوتی مانند بو، رنگ، صدا حرکت و حالت چهره استفاده می‌کنند. این علایم متفاوت هستند ولی همگی دارای دو ویژگی مشترک هستند:

- ۱- باید به گیرنده‌ی خود برسند
- ۲- پاسخ لازم را ایجاد کنند

#### ۴۱۲- مثال‌هایی از ارتباط بین جانوران:

- ۱- قورباغه‌های نر در فصل جفت‌گیری با صدای بلند با جفت خود ارتباط برقرار می‌کند.
- ۲- ارتباط به کمک مواد شیمیایی به نام فرومون در پروانه‌های شب پرواز
- ۳- ارتباط با علایم صوتی در نخستی‌ها

۴۱۳- **فرومون:** نوعی ماده‌ی شیمیایی است که توسط بعضی جانوران ترشح شده و بر رفتار سایر افراد گونه تأثیر می‌گذارد. نکته: نقش فرومون‌ها در نخستی‌ها بسیار کم رنگ شده است و نخستی‌ها بیشتر به کمک علایم صوتی با هم ارتباط برقرار می‌کنند.

۴۱۴- نکته: شامپانزه‌ها و گوریل‌ها می‌توانند تعدادی نماد صوتی را برای تبادل مفاهیم ساده و کوتاه یاد گرفته و از آنها استفاده کنند ولی نمی‌توانند این نمادها را در ایجاد یک جمله‌ی جدید و با معنای متفاوت به کار ببرند.

#### ۴۱۵- رفتار انتخاب جفت (جفت‌یابی):

**علایم جفت‌یابی:** علایمی هستند که برخی جانوران در فصل تولیدمثل برای ارتباط با جفت از خود بروز می‌دهند. علایم جفت‌یابی هر گونه، خاص همان گونه است. به این دلیل، افراد یک گونه با افراد گونه‌ی دیگر جفت‌گیری نمی‌کنند. به عنوان مثال جنس نر گونه‌های کرم شب‌تاب الگوهای خاص تابش نور دارند و جنس ماده براساس این الگوها جفت هم‌گونه‌ی خود را شناسایی می‌کند.

۴۱۶- **راهبردهای تولیدمثلی:** مهم‌ترین عامل در تعیین راهبردهای تولیدمثلی هزینه‌ای است که والدین برای تولیدمثل و نگه‌داری فرزندان می‌پردازند. به این دلیل است که:

- ۱- در پرندگان که هزینه‌ی پرورش و نگه‌داری فرزندان بسیار بالا بوده و معمولاً یک والد نمی‌تواند به تنهایی این هزینه را تأمین کند، سیستم تک همسری رایج شده است تا هر دو والد به پرورش فرزندان بپردازند.
- ۲- در انتخاب جفت بیشترین دقت را جنس ماده به خرج می‌دهد. زیرا بیشترین هزینه‌ی تولیدمثل را جنس ماده می‌پردازد.

۴۱۷- **علت سیستم تک همسری در پرندگان:** در پرندگان، هزینه‌ی تولیدمثل بسیار بالا است. در فصل تولیدمثل باید لانه ساخته شود و مادر باید روی تخم‌ها بخوابد و جوجه‌ها را پس از خروج از تخم، مرتب غذا بدهد. این همه هزینه از توان یک فرد خارج است و پرورش فرزندان نیازمند مشارکت هر دو والد است. از این‌رو در پرندگان سیستم تک همسری رایج شده است.

۴۱۸- **علت سیستم چند همسری در پستان‌داران:** در پستان‌داران، بیشتر هزینه‌های پرورش جنین و تغذیه‌ی نوزادان به عهده‌ی مادر است و والد نر نقش کمتری دارد. از این‌رو سیستم چند همسری رایج شده است و در اغلب پستان‌داران، جنس نر دارای چندین همسر است.

۴۱۹- **انتخاب جفت:** در انتخاب جفت والد ماده بیشترین دقت را به خرج می دهد تا با بهترین نرها جفت گیری کند. زیرا بیشترین هزینه ی تولیدمثل و نگهداری فرزندان به عهده ی جنس ماده است و جنس ماده با دقت در جفت گیری و انتخاب بهترین نر، موجب افزایش احتمال موفقیت تولیدمثل و جلوگیری از اتلاف هزینه می شود. در مقابل، جنس نر باید توانمندی های ژنتیکی خود را به جنس ماده نشان بدهد. به این منظور در جنس نر خصوصیات چشم گیر (مانند دم بلند در مرغ جولا، شاخ گوزن و یال شیر) به وجود آمده است. ماده ها جفت خود را براساس خصوصیات چشم گیر انتخاب می کنند. این صفات برای نرها هزینه ی بالایی دارد و شانس بقای جانور را کاهش می دهد ولی به دلیل بالا بردن شانس تولیدمثل، انتخاب می شوند. این فرایند تکاملی که در آن یک صفت به خاطر افزایش شانس تولیدمثل انتخاب می شود، انتخاب جنسی نامیده می شود.

#### ۴۲۰- اهمیت صفات چشم گیر:

- ۱- اهمیت در جلب ماده ها و افزایش شانس تولیدمثل فرد.
- ۲- کاهش نزاع و رقابت در بین نرها. زیرا نرهایی که صفات فیزیکی برتری ندارند، کمتر خود را درگیر نزاع های جدی می کنند.

### فصل ۸

۴۲۱-

**متابولیسم:** مجموعه ی واکنش های شیمیایی درون سلول ها را متابولیسم می نامند. در بیشتر واکنش های متابولیسمی، با مصرف انرژی، مولکول های جدید ساخته می شود.

۴۲۲- **فتوستنز:** فرایندی است که آن با استفاده از انرژی نور خورشید، مولکول های آلی ساخته می شود.

۴۲۳- **اتوتروف:** جاندارانی هستند که انرژی مورد نیاز خود را از نور خورشید و یا مواد معدنی به دست می آورند.

۴۲۴- **هتروتروف:** جاندارانی هستند که انرژی مورد نیاز خود را طی فرایندی به نام تنفس سلولی از مواد غذایی به دست می آورند.

۴۲۵- **تنفس سلولی:** فرایندی است که طی آن، مواد آلی در درون سلول ها سوخته و انرژی آزاد می کنند.

۴۲۶- **ATP:** نوعی ماده ی ناقل انرژی است که شامل یک قند پنج کربنی به نام ریبوز، یک باز آلی به نام آدنین و سه گروه فسفات است.

۴۲۷- **رنگیزه:** موادی هستند که نور را جذب می کنند.

**کلروفیل:** اولین رنگیزه ی مؤثر در فتوستنز است که بخش اعظم نورهای آبی و قرمز را جذب می کند.  
**کاروتنوئید:** گروهی از رنگیزه ها هستند که موجب پیدایش رنگ های زرد و نارنجی در برگ های پاییزی، میوه ها و گل ها می شوند.

۴۲۸- **تیلاکوئید:** تیلاکوئیدها ساختارهای کیسه ای شکل و پهنی هستند که از جنس غشای سلولی بوده و در درون کلروپلاست ها قرار دارند. تیلاکوئیدها محل تمرکز رنگیزه های فتوستنزی و انجام واکنش های نوری فتوستنز هستند.

۴۲۹- **فتوسیستم:** رنگیزه های فتوستنزی در ساختارهایی سازمان یافته به نام فتوسیستم ها قرار دارند که شامل تعدادی کلروفیل a و b، تعدادی کاروتنوئید و تعدادی مولکول های پروتئینی می باشند.

۴۳۰- **زنجیره ی انتقال الکترون:** گروهی از مولکول ها در غشای تیلاکوئیدها هستند که به صورت زنجیری به دنبال هم قرار گرفته اند و الکترون ها را دست به دست به هم رسانده و به این طریق سبب انتقال الکترون می شوند.

۴۳۱- **پمپ غشایی:** یکی از مولکول‌های زنجیره‌ی انتقال الکترون است که نوعی پروتئین بوده و هنگام عبور دادن الکترون‌ها یون‌های هیدروژن را از استروما گرفته و به درون تیلاکوئید می‌ریزد.

۴۳۲- **تثبیت دی اکسیدکربن:** استفاده از دی‌اکسیدکربن برای ساخت ترکیبات آلی، تثبیت دی‌اکسیدکربن نامیده می‌شود.

۴۳۳- **چرخه‌ی کالوین:** این روش رایج‌ترین روش تثبیت دی‌اکسیدکربن می‌باشد. در این روش اولین ترکیب حاصل از تثبیت دی‌اکسیدکربن، یک اسید سه کربنی است.

۴۳۴- **گیاهان C<sub>۳</sub>:** گیاهانی هستند که برای تثبیت دی‌اکسیدکربن از چرخه‌ی کالوین استفاده می‌کنند و اولین ترکیب حاصل از تثبیت دی‌اکسیدکربن در این گیاهان، یک ترکیب سه کربنی است.

**گیاهان C<sub>۴</sub>:** گیاهانی هستند که تثبیت دی‌اکسیدکربن را در دو مرحله انجام می‌دهند. در این گیاهان اولین ترکیب حاصل از تثبیت دی‌اکسیدکربن، یک اسید چهار کربنی است.

۴۳۵- **گیاهان CAM:** گیاهانی هستند که بیشتر در مناطق بیابانی و کم آب زندگی می‌کنند. روزنه‌های این گیاهان در روز بسته است و در شب روزنه‌ها را باز می‌کنند. از این‌رو، دی‌اکسیدکربن را در شب جذب کرده و به صورت اسیدهای آلی درآورده و در واکوئل‌های خود ذخیره می‌کنند. سپس، در روز دی‌اکسیدکربن را آزاد کرده و وارد کلروپلاست می‌کنند.

۴۳۶- **تنفس نوری:** فرایندی وابسته به نور است که طی آن اکسیژن جذب و دی‌اکسیدکربن آزاد می‌شود.

۴۳۷- **روبیسکو:** آنزیمی است که واکنش‌های چرخه‌ی کالوین را آغاز می‌کند. این آنزیم، سبب اتصال دی‌اکسیدکربن به ترکیب پنج کربنی می‌شود.

۴۳۸- **غلاف آوندی:** گروهی از سلول‌های میانبرگ در گیاهان C<sub>۴</sub> هستند که در اطراف رگبرگ‌ها قرار دارند و بسیار فشرده به هم هستند.

۴۳۹- **تنفس سلولی:** مجموعه‌ای از واکنش‌های آنزیمی است که انرژی موجود در ترکیب‌های آلی، مخصوصاً قندها را به ATP تبدیل می‌کند.

۴۴۰- **فرایندهای هوازی:** فرایندهای متابولیسمی که نیازمند اکسیژن هستند، فرایندهای هوازی نام دارند.  
**فرایندهای بی‌هوازی:** فرایندهای متابولیسمی بی‌نیاز از اکسیژن را فرایندهای بی‌هوازی می‌نامند.

۴۴۱- **گلیکولیز:** اولین مرحله از تنفس سلولی است که درون ماده‌ی زمینه‌ی سیتوپلاسم روی می‌دهد و طی آن گلوکز به دو مولکول پیرووات تبدیل می‌شود.

۴۴۲- **پیرووات:** شکل یونی یک اسید آلی به نام پیروویک اسید است که محصول نهایی گلیکولیز می‌باشد.

۴۴۳- **بنیان استیل:** ترکیبی دو کربنی است که با خروج یک مولکول دی‌اکسیدکربن از پیرووات به وجود می‌آید.

۴۴۴- **چرخه‌ی کربس:** مجموعه‌ای از واکنش‌های آنزیمی است که به صورت چرخه‌ای انجام می‌گیرد و طی این واکنش‌ها استیل کوآنزیم A به ترکیبی چهار کربنی به نام اوگزالواستات متصل شده و ترکیب شش کربنی به نام اسید سیتریک را پدید می‌آورد. این ماده نیز پس از، از دست دادن دو مولکول دی‌اکسیدکربن و تولید مقدراری NADH، FADH<sub>۲</sub> و ATP در پایان همان ترکیب چهار کربنی اولیه را به وجود می‌آورد.



۴۴۵- **اوگزالواستات:** ترکیب چهار کربنی آغازگر واکنش‌های چرخه‌ی کربس است که در پایان مجدداً تولید می‌شود.  
**اسید سیتریک:** مولکولی شش کربنی است که در ابتدای چرخه‌ی کربس تولید می‌شود.

۴۴۶- **تخمیر:** بازسازی  $NAD^+$  به کمک یک پذیرنده‌ی آلی هیدروژن را تخمیر می‌نامند.

۴۴۷- **شارش انرژی در جانداران:**

**انرژی و جانداران:**

**جریان انرژی در بین جانداران:**

همه‌ی موجودات زنده انرژی مورد نیاز خود را به طور مستقیم یا غیرمستقیم از نور خورشید به دست می‌آورند. موجودات فتوسنتزکننده انرژی خورشید را جذب کرده و پس از تبدیل آن به انرژی شیمیایی، از آن برای ساختن ترکیبات آلی استفاده می‌کنند. انرژی شیمیایی در ترکیبات شیمیایی ساخته شده ذخیره می‌شود. جانداران مصرف‌کننده با خوردن این ترکیبات، انرژی ذخیره شده در آن را استفاده می‌کنند.

**متابولیسم:** مجموعه‌ی واکنش‌های شیمیایی درون سلول‌ها را متابولیسم می‌نامند. در بیشتر واکنش‌های متابولیسمی، با مصرف انرژی، مولکول‌های جدید ساخته می‌شود.

**فتوسنتز:** فرایندی است که طی آن با استفاده از انرژی نور خورشید، مولکول‌های آلی ساخته می‌شود.

۴۴۸- **انواع جانداران از نظر نحوه‌ی کسب انرژی:**

۱- **اتوتروف:** جاندارانی هستند که انرژی مورد نیاز خود را از نور خورشید و یا مواد معدنی به دست می‌آورند. اتوتروف‌ها خود بر دو نوع هستند: ۱- فتوسنتزکننده: گروهی که فتوسنتز کرده و انرژی خورشیدی را مورد استفاده قرار می‌دهند (گیاهان، جلبک‌ها و برخی باکتری‌ها). ۲- شیمیوسنتزکننده: گروهی از باکتری‌ها هستند که با اکسید کردن مواد معدنی انرژی به دست می‌آورند (برخی باکتری‌ها مانند باکتری‌هایی که در اعماق اقیانوس‌ها و دهانه‌ی آتش‌فشان‌ها زندگی می‌کنند).

۲- **هتروتروف:** جاندارانی هستند که انرژی مورد نیاز خود را طی فرایندی به نام تنفس سلولی از مواد غذایی به دست می‌آورند. مانند همه‌ی جانوران، همه‌ی قارچ‌ها و بیشتر باکتری‌ها.

**تنفس سلولی:** فرایندی است که طی آن، مواد آلی در درون سلول‌ها سوخته و انرژی آزاد می‌کنند.

۴۴۹- **تفاوت‌های سوختن مواد در سلول‌ها و خارج سلول‌ها:**

۱- هنگام سوختن مواد آلی در خارج سلول‌ها، همه‌ی انرژی آزاد شده به صورت گرما و نور آزاد می‌شود ولی هنگام سوختن مواد در درون سلول‌ها، بخشی از انرژی به صورت گرما هدر رفته و بخش بزرگی در داخل سلول ذخیره می‌شود.

۲- سوختن مواد در بیرون سلول‌ها بسیار سریع است ولی در داخل سلول، سوختن مواد به تدریج و طی زنجیره‌ای از واکنش‌های آنزیمی انجام می‌گیرد.

۴۵۰- **ذخیره و آزادسازی انرژی:**

انرژی حاصل از سوختن مواد بلافاصله در واکنش‌های شیمیایی بدن به مصرف نمی‌رسد، بلکه این انرژی ابتدا در مولکول‌های ذخیره‌کننده‌ی انرژی مانند ATP، NADH و NADPH و غیره ذخیره می‌شود. به این مولکول‌ها، مولکول‌های ذخیره‌کننده‌ی انرژی گفته می‌شود.

۴۵۱- ATP (آدنوزین تری فسفات): ATP شکل ارزشمند و رایج انرژی است. ATP یک نوکلئوتیدی است که دارای یک باز آلی به نام آدنین، یک مولکول قند پنج کربنی به نام ریبوز و سه گروه فسفات می باشد. گروه های فسفاتی ناپایدار هستند. زیرا فسفات دارای بار منفی است و بار منفی گروه های فسفات سبب دفع همدیگر و ناپایداری پیوند بین آنها می شود. هنگام شکستن این پیوندها، انرژی ذخیره شده، آزاد می شود. البته برای شکستن پیوند فسفات خارجی اندکی انرژی مصرف می شود ولی مقدار انرژی آزاد شده بسیار زیاد است. از این رو تجزیه ی ATP انرژی آزاد می کند.

نکته: در برخی واکنش های متابولیسمی انرژی بسیار زیادی لازم است از این رو هنگام شکستن ATP دو گروه فسفات آن جدا می شود. این واکنش برگشت ناپذیر است. زیرا پیوند بین دو گروه فسفات به سرعت شکسته شده و دو گروه فسفات از هم جدا می شوند.

#### ۴۵۲- نحوه ی آزادسازی انرژی مواد غذایی:

مواد غذایی در بدن جاندار تجزیه شده و مونومرهای حاصل (مانند گلوکز) در درون سلول ها طی فرایند تنفس سلولی به آب و دی اکسید کربن تبدیل می شود و انرژی آزاد شده به صورت ATP ذخیره می شود.  
نکته: شکستن پلی مرها (مانند نشاسته) به مونومرها (مانند گلوکز) انرژی را فقط به صورت گرما آزاد می کند و ATP تولید نمی کند.

#### ۴۵۳- فتوسنتز:

##### فرایند فتوسنتز دارای سه مرحله است:

- ۱- مرحله ی ۱: انرژی نوری به دام می افتد. منظور از به دام افتادن انرژی نوری این است که انرژی نوری جذب مولکول های کلروفیل شده و سبب پراثری شدن الکترون های آن می شود.
- ۲- مرحله ی ۲: انرژی نوری به کمک زنجیره های انتقال الکترون به انرژی شیمیایی تبدیل شده و در مولکول های ATP و NADPH ذخیره می شود.
- ۳- مرحله ی ۳: انرژی شیمیایی ذخیره شده در مولکول های ATP و NADPH به مصرف تشکیل ترکیب های آلی از  $CO_2$  می رسد.

۴۵۴- نکته: مراحل ۱ و ۲ فتوسنتز را واکنش های نوری یا وابسته به نور می نامند. این واکنش ها بدون نور انجام نمی گیرند. ولی واکنش های مرحله ی سوم را واکنش های تاریکی یا بی نیاز از نور می نامند، زیرا این واکنش ها مستقیماً به نور نیاز ندارند.

۴۵۵- تذکر: در خلاصه ی واکنش فتوسنتزی آورده شده است که ۱۲ مولکول آب مصرف و ۶ مولکول آب تولید شده اند. براینده کلی فتوسنتز مصرف ۶ مولکول آب است. بیان مسئله به این شکل به این حقیقت برمی گردد که در مرحله ی اول ۱۲ مولکول آب تجزیه می شود ولی در مرحله ی سوم ۶ مولکول آب تولید می شود.

#### ۴۵۶- سرنوشت قندهای ساخته شده در فتوسنتز:

- ۱- بخشی از این مواد به مصرف ساختن سلولز می رسد که ماده ی اصلی دیواره ی سلولی گیاهان است.
- ۲- بخشی به صورت نشاسته در اندام های ذخیره ای گیاه ذخیره می شود.
- ۳- بخشی به مصرف تولید پروتئین ها، چربی ها و اسیدهای نوکلئیک می رسد.

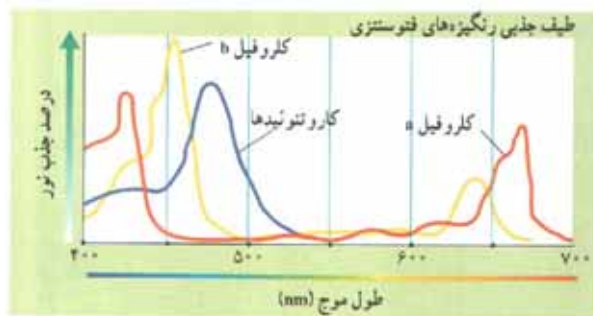
#### ۴۵۷- مرحله ی ۱ فتوسنتز: (جذب انرژی نوری):

در مرحله ی اول واکنش های فتوسنتزی انرژی نوری توسط رنگیزه های نوری جذب می شود.  
رنگیزه: مولکول های جذب کننده ی نور را رنگیزه می نامند. کلروفیل، اولین رنگیزه ی مؤثر در فتوسنتز است.

#### ۴۵۸- انواع رنگیزه‌ها:

- ۱- **کلروفیل:** کلروفیل بخش اعظم نورهای آبی و قرمز را جذب کرده و نورهای سبز و زرد را منعکس می‌کند. به این دلیل به رنگ سبز دیده می‌شود. در گیاهان و جلبک‌های سبز دو نوع کلروفیل **a** و **b** وجود دارند.
- ۲- **کاروتنوئیدها:** گروه دیگری از رنگیزه‌ها هستند که بیشتر نورهای آبی و سبز را جذب می‌کنند و مسئول رنگ‌های زرد و نارنجی در برگ‌های پاییزی، میوه‌ها و گل‌ها هستند.

۴۵۹- **اهمیت کاروتنوئیدها:** کاروتنوئیدها طول موج‌هایی از نور را جذب می‌کنند که مولکول‌های کلروفیل به خوبی قادر به جذب آن‌ها نیستند. به این دلیل وجود کاروتنوئیدها سبب می‌شود گستره‌ی وسیعی از طیف نور مرئی جذب شوند.



۴۶۰- **محل رنگیزه‌های فتوسنتزی:** غشای تیلاکوئیدهای کلروپلاست و غشای پلاسمایی باکتری‌های فتوسنتزکننده.

۴۶۱- **تیلاکوئید:** تیلاکوئیدها ساختارهای کیسه‌ای شکل و پهنی هستند که از جنس غشای سلولی بوده و در درون کلروپلاست‌ها قرار دارند. تیلاکوئیدها محل تمرکز رنگیزه‌های فتوسنتزی و انجام واکنش‌های نوری فتوسنتز هستند.

#### ۴۶۲- فتوسیستم‌ها:

رنگیزه‌های فتوسنتزی در ساختارهایی سازمان یافته به نام فتوسیستم‌ها قرار دارند که شامل تعدادی کلروفیل **a** و **b**، تعدادی کاروتنوئید و تعدادی مولکول‌های پروتئینی می‌باشند.

**انواع فتوسیستم‌ها:** در هر فتوسیستم یک جفت کلروفیل ویژه به نام‌های **P۶۸۰** و **P۷۰۰** وجود دارند که بیشترین جذب آن‌ها با سایر مولکول‌های کلروفیل متفاوت هستند. کلروفیل‌های دیگر و کاروتنوئیدها انرژی نوری جذب شده را به این جفت کلروفیل ویژه انتقال داده و سبب بالا رفتن انرژی الکترون‌های این کلروفیل‌ها می‌شوند. براساس بیشترین جذب این کلروفیل‌ها دو نوع فتوسیستم وجود دارد:

۱- فتوسیستم ۱ که بیشترین جذب کلروفیل خاص آن در طول موج ۷۰۰ نانومتر می‌باشد.

۲- فتوسیستم ۲ که بیشترین جذب کلروفیل خاص آن در طول موج ۶۸۰ نانومتر می‌باشد.

۴۶۳- **جذب انرژی نوری:** برخورد نور به فتوسیستم‌ها سبب بالا رفتن انرژی الکترون‌ها کلروفیل‌های **P۷۰۰** یا **P۶۸۰** می‌شود. به چنین الکترون‌هایی، الکترون برانگیخته گفته می‌شود. الکترون‌های برانگیخته می‌توانند کلروفیل‌های **P۷۰۰** و **P۶۸۰** را ترک بکنند و به مولکول‌های پذیرنده الکترون انتقال یابند. در این صورت فتوسیستم‌ها با کمبود الکترون مواجه می‌شوند. کمبود الکترون فتوسیستم ۲ با تجزیه‌ی آب جبران می‌شود زیرا الکترون حاصل از تجزیه‌ی آب جذب فتوسیستم ۲ می‌شود. کمبود الکترون فتوسیستم ۱ نیز به کمک زنجیره‌ی انتقال الکترون از الکترون خارج شده‌ی فتوسیستم ۲ جبران می‌شود.

۴۶۴- **زنجیره‌ی انتقال الکترون:** گروهی از مولکول‌ها در غشای تیلاکوئید هستند که به صورت زنجیره‌ی به دنبال هم قرار گرفته‌اند و الکترون‌ها را دست به دست به هم رسانده و به این طریق سبب انتقال الکترون می‌شوند.

#### ۴۶۵- انواع زنجیره‌های انتقال الکترون: در غشای تیلاکوئید دو نوع زنجیره وجود دارد:

- ۱- زنجیره‌ی بین فتوسیستم ۱ و ۲ که در تولید ATP دخالت دارد.
- ۲- زنجیره‌ای که الکترون را از فتوسیستم ۱ به  $NADP^+$  انتقال می‌دهد و مسئول ساختن NADPH می‌باشد.

#### ۴۶۶- واکنش‌های نوری (مرحله‌ی ۱ و ۲):

- ۱- برخورد نور به کلروفیل P ۶۸۰ فتوسیستم ۲ سبب می‌شود الکترون‌های آن پراورژی شده و فتوسیستم را ترک کنند. در همین زمان، آب در درون تیلاکوئید تجزیه شده و الکترون‌های آن به فتوسیستم ۲ منتقل شده و کمبود الکترون آن را جبران می‌کنند.
- ۲- الکترون خارج شده از فتوسیستم ۲ به زنجیره‌ی انتقال الکترون وارد شده و با عبور از مولکولی به مولکول دیگر از زنجیره‌ی انتقال الکترون عبور کرده و به فتوسیستم ۱ می‌رسد. یکی از مولکول‌های زنجیره‌ی انتقال الکترون، پروتئینی موسوم به پمپ غشایی است که با عبور دادن الکترون، یون‌های هیدروژن را از استروما گرفته و برخلاف جهت شیب غلظت به درون تیلاکوئید می‌ریزد. با ریزش یون‌های هیدروژن به درون تیلاکوئید، شیب غلظت یون هیدروژن بین تیلاکوئید و استروما برقرار می‌شود که بعداً سبب تولید ATP می‌شود.
- ۳- همزمان با این واکنش‌ها برخورد نور به فتوسیستم ۱ نیز سبب می‌شود، الکترون‌های کلروفیل P ۷۰۰ فتوسیستم را ترک کرده و وارد یک زنجیره‌ی دیگر بشوند. در این صورت کمبود الکترون فتوسیستم ۱ را الکترون خارج شده از فتوسیستم ۲ جبران می‌کند.
- ۴- الکترون خارج شده از فتوسیستم ۱، توسط زنجیره‌ی انتقال الکترون به مولکول  $NADP^+$  داده شده و آن را به NADPH تبدیل می‌کند.

#### ۴۶۷- چگونگی تولید ATP:

- انجام واکنش‌های نوری فتوسنتز در سه مرحله سبب برقراری شیب غلظت یون‌های هیدروژن بین تیلاکوئید و استروما می‌شود.
- ۱- عبور الکترون از زنجیره‌ی انتقال الکترون بین فتوسیستم ۲ و ۱ سبب می‌شود یون‌های هیدروژن به درون تیلاکوئید پمپ بشوند. با این کار غلظت یون‌های هیدروژن در استروما کاهش یافته و در درون تیلاکوئید افزایش می‌یابد.
  - ۲- تجزیه‌ی آب در درون تیلاکوئید سبب می‌شود، مقداری یون هیدروژن به درون تیلاکوئید اضافه شود.
  - ۳- تبدیل  $NADP^+$  به NADPH سبب مصرف یون‌های هیدروژن استروما و کاهش غلظت یون هیدروژن در استروما می‌شود.
- سه واکنش فوق سبب می‌شوند غلظت یون‌های هیدروژن در استروما کاهش یافته و در تیلاکوئید افزایش یابد. به بیان دیگر بین تیلاکوئید و استروما شیب غلظت یون‌های  $H^+$  برقرار می‌شود. انرژی پتانسیل ذخیره شده در این شیب موجب تولید ATP می‌شود. تولید ATP به این شکل است که یک پروتئین کانالی آنزیمی در غشای تیلاکوئید وجود دارد که با عبور دادن یون‌های  $H^+$  از تیلاکوئید به استروما سبب افزودن P به ADP و تبدیل آن به ATP می‌شود.

#### ۴۶۸- خلاصه‌ی واکنش‌های نوری:

- برخورد نور به فتوسیستم‌ها سبب پراورژی شدن الکترون‌های آن می‌شود. الکترون‌های برانگیخته، فتوسیستم را ترک کرده و از مولکول‌های زنجیره‌های انتقال الکترون در غشای تیلاکوئیدها عبور می‌کند. انرژی این الکترون‌های برانگیخته به مصرف پمپ کردن یون‌های هیدروژن از استروما به تیلاکوئید می‌رسد. از طرف دیگر آب نیز در درون تیلاکوئید تجزیه شده و یون‌های  $H^+$  آزاد می‌کند که منجر به برقراری شیب غلظت یون‌های هیدروژن می‌شود و این شیب انرژی لازم برای تولید ATP را فراهم می‌کند. حرکت الکترون‌ها در زنجیره‌های انتقال الکترون علاوه بر تأمین انرژی لازم برای تولید ATP، سبب تشکیل NADPH نیز می‌شود.

۴۶۹- محصولات واکنش های نوری:

مرحله ی اول: تولید اکسیژن با تجزیه ی آب  
مرحله ی دوم: تولید ATP و NADPH

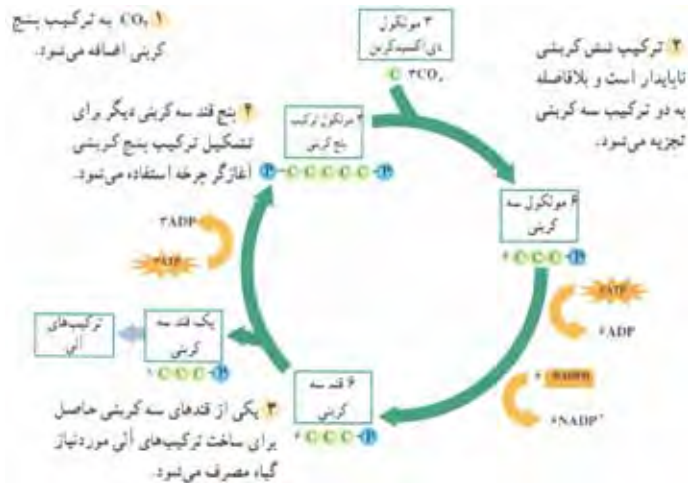
۴۷۰- واکنش های مرحله ی سوم: (ذخیره ی انرژی در ترکیبات آلی)

محصول واکنش های مرحله ی اول و دوم فتوسنتز، تولید مولکول های ATP و NADPH است. این مولکول ها ذخیره کننده ی موقت انرژی هستند و انرژی ذخیره شده در آنها در مرحله ی سوم به مصرف تولید ترکیب های آلی از دی اکسید کربن رسیده و در ترکیبات آلی ساخته شده ذخیره می شود.

۴۷۱- تثبیت دی اکسید کربن: استفاده از دی اکسید کربن برای ساخت ترکیبات آلی، تثبیت دی اکسید کربن نامیده می شود. این واکنش ها به واکنش های تاریکی یا مستقل از نور موسوم هستند.  
نکته: واکنش های تثبیت دی اکسید کربن در استرومای کلروپلاست و یا سیتوپلاسم باکتری های فتوسنتز کننده انجام می گیرد.

۴۷۲- روش های تثبیت دی اکسید کربن:

- ۱- چرخه ی کالوین یا روش  $C_3$ : این روش رایج ترین روش تثبیت دی اکسید کربن می باشد. در این روش اولین ترکیب حاصل از تثبیت دی اکسید کربن، یک اسید سه کربنی است.
- ۲- روش  $C_4$ : این روش بیشتر در گیاهان گرمسیری مانند ذرت و نیشکر انجام می گیرد و کارایی بیشتری دارد. در این گیاهان اولین ترکیب حاصل از تثبیت دی اکسید کربن، یک اسید چهار کربنی است.
- ۳- روش CAM: این روش بیشتر در گیاهان مناطق بیابانی کم آب مانند کاکتوس و گل ناز دیده می شود. در این گیاهان اولین ترکیب حاصل از تثبیت دی اکسید کربن، یک اسید چهار کربنی است.

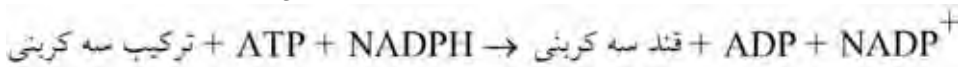


رایج ترین روش تثبیت CO<sub>2</sub> است و در پایان، قند سه کربنی تولید می کند، واکنش های چرخه ی کالوین دارای گام های زیر است:

۱- گام اول: یک مولکول دی اکسید کربن به کمک آنزیم روبیسکو به یک ترکیب پنج کربنی متصل شده و یک ترکیب ۶ کربنی ناپایدار تولید می کند.

۲- گام دوم: ترکیب ۶ کربنی ناپایدار به سرعت به دو مولکول سه کربنی (C<sub>3</sub>) شکسته می شود. (اولین محصول پایدار چرخه ی کالوین)

سپس این ترکیبات سه کربنی با استفاده از انرژی ATP و NADPH به قند سه کربنی تبدیل می شود.



۳- گام سوم: تعدادی از قندهای سه کربنی حاصل به مصرف تولید ترکیب های آلی، مانند نشاسته و ساکارز می رسند.

۴- گام چهارم: تعداد زیادی از قندهای سه کربنی برای تولید ترکیب پنج کربنی اولیه به مصرف می رسند. در نتیجه ی آن چرخه یک بار دیگر تکرار می شود.

۴۷۴- خلاصه ی واکنش های چرخه ی کالوین: واکنش های چرخه ی کالوین به صورت چرخه ای انجام می گیرد. در این واکنش ها برای ساختن یک قند سه کربنی باید سه بار چرخه ی کالوین تکرار شود تا سه مولکول دی اکسید کربن وارد چرخه ی کالوین بشوند. در این صورت، شش مولکول قند سه کربنی ساخته می شود که یک مولکول آن از چرخه خارج شده و پنج مولکول آن با هم واکنش داده و سه ترکیب پنج کربنی اولیه را می سازند.

۴۷۵- عوامل مؤثر در فتوسنتز:

۱- نور: سرعت فتوسنتز با افزایش شدت نور، تا حدی که همه ی رنگیزه ها مورد استفاده قرار بگیرند، زیاد می شود. در این صورت فتوسنتز به حد اشباع خود می رسد.

۲- دما: فتوسنتز نیز مانند دیگر واکنش های متابولسمی، با واکنش های آنزیمی درگیر است. بنابراین افزایش دما در دامنه ی مناسب برای فعالیت آنزیم ها سبب افزایش سرعت فتوسنتز می شود و دماهای خارج از این دامنه، به علت تخریب آنزیم ها سبب توقف فتوسنتز می شوند.

۳- تراکم دی اکسید کربن: افزایش تراکم دی اکسید کربن تا حدی معین سبب افزایش سرعت فتوسنتز می شود.

۴۷۶- نکته: محسوس ترین عامل مؤثر در فتوسنتز، شدت نور است.

نکته: سطح بهینه ی فتوسنتز هر گیاه خاص، به شدت نور، تراکم دی اکسید کربن و دما بستگی دارد.



#### ۴۷۷- تنفس نوری

**تنفس نوری:** فرایندی وابسته به نور است که طی آن اکسیژن جذب شده و دی‌اکسیدکربن آزاد می‌شود.  
**تأثیر تنفس نوری بر فتوسنتز:** تنفس نوری، همراه با فتوسنتز انجام می‌گیرد و مانع ورود دی‌اکسیدکربن به چرخه‌ی کالوین می‌شود. از این‌رو تنفس نوری مانع انجام فتوسنتز می‌شود. به همین دلیل است که تنفس نوری را فرایندی مخالف با تولیدکنندگی فتوسنتز در نظر گرفته می‌شود.

#### ۴۷۸- نحوه‌ی اثر تنفس نوری روی فتوسنتز:

دی‌اکسیدکربن برای ورود به چرخه‌ی کالوین به کمک آنزیم رویسکو به ترکیب پنج کربنی متصل می‌شود. این آنزیم، اکسیژن را نیز می‌تواند به ترکیب پنج کربنی متصل کند، به این دلیل برای اتصال به ترکیب پنج کربنی، بین اکسیژن و دی‌اکسیدکربن رقابت وجود دارد و در صورت بالا بودن نسبت دی‌اکسیدکربن به اکسیژن، بُرد با دی‌اکسیدکربن بوده و چرخه‌ی کالوین راه می‌افتد. ولی در صورت پایین بودن این نسبت، بُرد با اکسیژن بوده و تنفس نوری انجام می‌گیرد.

#### ۴۷۹- سازگاری‌های گیاهان برای کاهش تنفس نوری:

برخی از گیاهان برای غلبه بر تنفس نوری، سازگاری‌هایی کسب کرده‌اند که از کاهش نسبت دی‌اکسیدکربن به اکسیژن جلوگیری می‌کند. به عنوان مثال می‌توان به گیاهان  $C_4$  (ذرت و نیشکر) و CAM (کاکتوس) اشاره کرد.

#### ۴۸۰- گیاهان $C_4$ :

این گیاهان ساکن اکوسیستم‌های گرم هستند و به گرما مقاوم می‌باشند. این گیاهان قبل از چرخه‌ی کالوین واکنش‌های دیگری انجام می‌دهند که حاصل تثبیت دی‌اکسیدکربن در این واکنش‌ها یک ترکیب چهار کربنی (اسید چهار کربنی) است و به این دلیل به این نام موسوم هستند. به بیان دیگر این گیاهان از تثبیت دو مرحله‌ای استفاده می‌کنند که محل انجام این دو مرحله‌ی تثبیت متفاوت است و به این منظور گیاهان  $C_4$  دو نوع میانبرگ دارند:

- ۱- میانبرگ موسوم به غلاف آوندی که در اطراف رگبرک‌ها قرار دارند و سلول‌های فشرده به هم هستند. این سلول‌ها دارای آنزیم رویسکو بوده و محل انجام واکنش‌های چرخه‌ی کالوین هستند.
- ۲- میانبرگ معمولی که در تماس با فضاهای هوادار هستند و در اطراف سلول‌های غلاف آوندی قرار دارند. این سلول‌ها فاقد آنزیم رویسکو و سایر آنزیم‌های چرخه‌ی کالوین بوده و اولین مرحله‌ی تثبیت را انجام می‌دهند.

#### ۴۸۱- نحوه‌ی تثبیت دو مرحله‌ای $CO_2$ در گیاهان $C_4$ :

- ۱- سلول‌های میانبرگ سیستم آنزیمی ویژه‌ای دارند که دی‌اکسیدکربن را به طور کارآمدی به درون سلول‌های غلاف آوندی منتقل می‌کند. سیستم آنزیمی ویژه در این سلول‌ها ابتدا دی‌اکسیدکربن را با یک اسید سه کربنی ترکیب کرده و به صورت اسید چهار کربنی درمی‌آورد و اسید چهار کربنی به سلول‌های غلاف آوندی منتقل می‌شود.
- ۲- دومین سیستم آنزیمی در سلول‌های غلاف آوندی قرار دارد که دی‌اکسیدکربن را از ترکیب چهار کربنی آزاد کرده و وارد چرخه‌ی کالوین می‌کند.

#### ۴۸۲- مزیت تثبیت دو مرحله‌ای $CO_2$ :

سیستم آنزیمی موجود در سلول‌های میانبرگ به طور مؤثری دی‌اکسیدکربن را به سلول‌های غلاف آوندی منتقل می‌کند. از این‌رو تراکم دی‌اکسیدکربن در این سلول‌ها در مقایسه با جو بیشتر است. در این صورت به دلیل بالا بودن تراکم دی‌اکسیدکربن، حتی در دماهای بالا و شدت نور زیاد، وضع به نفع چرخه‌ی کالوین بوده و تنفس نوری انجام نمی‌گیرد. به طوری که گیاهان  $C_4$  حتی در صورت بسته بودن روزنه‌ها قادر به غلبه بر تنفس نوری هستند و این سبب می‌شود این گیاهان بتوانند در آب و هوای گرم سریع‌تر از گیاهان دیگر رشد کرده و نیز مانع دفع زیاد آب بشوند.



**۴۸۳- گیاهان CAM:**

این گیاهان ساکن بیابانها هستند و فتوسنتز آنها را متابولیسم اسیدکراسولاسه می نامند. این نوع فتوسنتز برای گیاهان اکوسیستم های خشک و بسیار خشک سازشی مهم است. گیاهان CAM تثبیت دی اکسیدکربن را در دو مرحله ی متفاوت از نظر زمان انجام می دهند. این نوع متابولیسم سبب می شود این گیاهان در طول روز که خطر خشک شدن گیاه وجود دارد، روزنه های خود را بسته نگه داشته و در شب اقدام به جذب  $CO_2$  بکنند.

**۴۸۴- نحوه ی انجام متابولیسم CAM:**

۱- این گیاهان در شب روزنه ها را باز کرده و دی اکسیدکربن را جذب کرده و به صورت اسیدهای آلی تثبیت کرده و در واکنش ها ذخیره می کنند.  
۲- در روز دی اکسیدکربن را از اسید آلی آزاد کرده و وارد کلروپلاست می کنند تا در واکنش های چرخه ی کالوین شرکت کند.  
نکته: کارایی فتوسنتز CAM چندان بالا نیست.

**۴۸۵- تنفس سلولی**

**تنفس سلولی:** مجموعه ای از واکنش های آنزیمی است که انرژی موجود در ترکیب های آلی، مخصوصاً قندها را به ATP تبدیل می کند.  
**فرایندهای هوازی و بی هوازی:** فرایندهای متابولیسمی که نیازمند اکسیژن هستند، فرایندهای هوازی و فرایندهای متابولیسمی بی نیاز از اکسیژن را فرایندهای بی هوازی می نامند.

**۴۸۶- روش های تولید ATP:****تولید ATP در سلولها به دو روش انجام می گیرد:**

۱- تولید در سطح پیش ماده: در این روش فسفات از یک مولکول فسفات دار به ADP منتقل شده و ATP ساخته می شود. دو مولکول ATP در واکنش های گلیکولیز به این روش تولید می شود.  
۲- ساخته شده به کمک زنجیره ی انتقال الکترون: در این روش به کمک انرژی حاصل از انتقال الکترون ها در زنجیره های انتقال الکترون، یک گروه فسفات معدنی به ADP منتقل شده و ATP ساخته می شود. بیشترین تعداد ATP در تنفس سلولی به این روش تولید می شود.

**۴۸۷- خلاصه ی واکنش های تنفس:****مراحل تنفس سلولی:**

**مرحله ی ۱:** مرحله ی اول بی هوازی بوده و گلیکولیز نام دارد. در این مرحله گلوکز به پیرووات تبدیل شده و مقداری ATP و NADH تولید می شوند.  
**مرحله ی ۲:** در مرحله ی دوم در صورت وجود اکسیژن، تنفس هوازی و در صورت نبود اکسیژن، تخمیر انجام می گیرد. در این مرحله از پیرووات و گیرنده های الکترونی مانند NADH و  $FADH_2$  برای ساختن مقدار زیادی ATP استفاده می شود.

۴۸۸- نکته: محل انجام گلیکولیز ماده ی زمینه ی سیتوپلاسم است. ولی مرحله ی هوازی، تنفس هوازی در میتوکندری یوکاریوت ها و غشای سلولی باکتری ها انجام می گیرد.

۴۸۹- نکته: پیرووات در نبود اکسیژن به لاکتات یا اتانول و دی اکسیدکربن تبدیل می شود.

۴۹۰- **منابع سوخت سلولها:** گلوکز سوخت اولیه ی سلولها است ولی اگر میزان کربوهیدراتها کم باشد، مولکول های دیگری مانند چربی ها و گاهی پروتئین ها برای ساخت ATP مصرف می شوند.

۴۹۱- گیرنده‌های الکترونی یا ناقل‌های الکترون: گیرنده‌های الکترونی در تنفس هوازی  $NAD^+$  و FAD هستند که پس از گرفتن الکترون ناقل‌های  $NADH$  و  $FADH_2$  را به وجود می‌آورند.

۴۹۲- گلیکولیز:

واکنش‌های گلیکولیز را می‌توان در چهار گام زیر خلاصه کرد:

- ۱- گام ۱: با مصرف دو مولکول ATP دو گروه فسفات به یک مولکول گلوکز منتقل می‌شود.
- ۲- گام ۲: ترکیب حاصل به دو مولکول سه کربنی شکسته می‌شود که هر کدام دارای یک گروه فسفات هستند.
- ۳- گام ۳: مولکول سه کربنی به یک مولکول سه کربنی دیگر تبدیل می‌شود که در کنار آن دو مولکول  $NADH$  تولید می‌شوند. پس از آن به هر کدام از مولکول‌های سه کربنی یک گروه فسفات منتقل شده و ترکیب‌های سه کربنی دو فسفاته به وجود می‌آیند.
- ۴- گام ۴: هر کدام از ترکیبات سه کربنی دو فسفاته که در گام ۳ تولید شدند، به پیرووات تبدیل شده و فسفات‌های آن‌ها به ADP منتقل شده و در کل چهار مولکول ATP ساخته می‌شوند.

۴۹۳- بازده گلیکولیز: در ابتدای گلیکولیز دو مولکول ATP مصرف شده و در پایان این مسیر چهار مولکول ATP تولید می‌شوند. بنابراین بازده خالص گلیکولیز، دو مولکول ATP می‌باشد. البته دو مولکول  $NADH$  نیز تولید می‌شود که بعداً از آن‌ها برای تولید ATP بیشتر استفاده می‌شود.

۴۹۴- مرحله‌ی دوم تنفس هوازی:

در این مرحله که در صورت وجود اکسیژن انجام می‌گیرد، پیرووات وارد میتوکندری شده و در آن جا با از دست دادن یک مولکول  $CO_2$  و تولید یک مولکول  $NADH$  به بنیان استیل تبدیل شده و گروه استیل با اتصال به کوآنزیم A به استیل کوآنزیم A تبدیل می‌شود. سپس استیل کوآنزیم A وارد چرخه‌ی کربس می‌شود.

۴۹۵- چرخه‌ی کربس:

چرخه‌ی کربس با اتصال استیل کوآنزیم A به یک مولکول چهار کربنی به نام اوگزالواستات شروع می‌شود. با اتصال این دو مولکول به هم کوآنزیم A جدا شده و ترکیب شش کربنی به نام اسیدسیتریک تولید می‌شود. اسیدسیتریک در ادامه‌ی چرخه‌ی کربس، با از دست دادن دو مولکول  $CO_2$ ، مجدداً ترکیب چهار کربنی اولیه (اوگزالواستات) را به وجود می‌آورد. طی این واکنش تعدادی  $NADH$ ،  $FADH_2$  و ATP تولید می‌شوند.

۴۹۶- گام‌های چرخه‌ی کربس:

گام ۱: استیل کوآنزیم A به یک مولکول چهار کربنی متصل شده و به یک مولکول شش کربنی به نام اسیدسیتریک تبدیل می‌شود. هم‌زمان، کوآنزیم A آزاد می‌شود.

گام ۲: اسیدسیتریک یک مولکول  $CO_2$  از دست داده و به یک مولکول ۵ کربنی تبدیل می‌شود. طی این واکنش

الکترون‌های حاصل نیز به  $NAD^+$  منتقل شده و مولکول  $NADH$  را می‌سازند.

گام ۳: مولکول پنج کربنی نیز یک مولکول  $CO_2$  از دست داده و به ترکیب چهار کربنی تبدیل می‌شود. در این واکنش یک مولکول  $NADH$  و ATP ساخته می‌شود.

گام ۴: ترکیب چهار کربنی به مولکول چهار کربنی دیگر تبدیل شده و الکترون‌های حاصل به FAD منتقل شده و یک مولکول  $FADH_2$  ساخته می‌شود.

گام ۵: مولکول چهار کربنی حاصل در گام ۴ به اوگزالواستات تبدیل شده و یک مولکول  $NADH$  تولید می‌شود.

۴۹۷- بیلان چرخه‌ی کربس:

۱- تولید سه مولکول  $NADH$  ۲- تولید یک مولکول  $FADH_2$  ۳- تولید یک مولکول ATP

#### ۴۹۸- تولید ATP در زنجیره ی انتقال الکترون:

زنجیره ی انتقال الکترون تنفسی در غشای داخلی میتوکندری قرار دارد الکترون های مولکول های NADH و FADH<sub>2</sub> از زنجیره ی انتقال الکترون می گذرند و انرژی این الکترون ها سبب تولید ATP می شود. انرژی این الکترون ها به مصرف تلمبه کردن یون های هیدروژن از درون میتوکندری به بخش خارجی آن (فضای بین دو غشا) می شود. این کار سبب می شود، بین دو سوی غشای داخلی میتوکندری شیب غلظت یون های هیدروژن برقرار شود. بر این اساس، یون های هیدروژن که تمایل دارند از فضای بین دو غشا به درون میتوکندری وارد شوند، از طریق یک پروتئین کانالی به بخش درونی میتوکندری وارد می شوند، این پروتئین هنگام عبور دادن یون های هیدروژن، گروه فسفات را به ADP افزوده و ATP می سازد.

در انتهای زنجیر انتقال الکترون، یون های هیدروژن و الکترون ها به مولکول های اکسیژن پیوسته و مولکول های آب تولید می شود. بنابراین اکسیژن، پذیرنده ی نهایی الکترون در زنجیره ی انتقال الکترون می باشد.

۴۹۹- نکته: در زنجیره ی انتقال الکترون به ازای هر مولکول NADH، سه مولکول ATP و به ازای هر مولکول FADH<sub>2</sub> دو مولکول ATP ساخته می شوند.

#### ۵۰۰- تخمیر:

**تخمیر:** بازسازی NAD<sup>+</sup> به کمک یک پذیرنده ی آلی الکترون، تخمیر نامیده می شود.  
**هدف از تخمیر:** اکسیژن آخرین پذیرنده ی الکترون در زنجیره ی انتقال الکترون است. از این رو در صورت کم بودن اکسیژن، انتقال الکترون در زنجیره ی انتقال الکترون انجام نگرفته و NADH به NAD<sup>+</sup> تبدیل نمی شود. در این صورت در سلول کمبود NAD<sup>+</sup> روی می دهد و سلول برای بازسازی NAD<sup>+</sup>، تخمیر انجام داده و الکترون های NADH را به پیرووات می دهد.

#### ۵۰۱- انواع تخمیر:

**۱- تخمیر اسیدلاکتیک:** در این روش، پیرووات با گرفتن الکترون و هیدروژن از NADH به اسیدلاکتیک تبدیل می شود. در سلول های ماهیچه ای آدمی نیز در صورتی که مقدار اکسیژن کافی نباشد، تخمیر اسیدلاکتیک انجام گرفته و اسیدلاکتیک در سلول های ماهیچه ای انباشته می شود. لاکتات توسط خون از سلول های ماهیچه ای به کبد انتقال می یابد. تجمع اسیدلاکتیک در ماهیچه ها، سبب درد ماهیچه ای می شود.

**۲- تخمیر الکلی:** در این روش تخمیر، ابتدا پیرووات، یک مولکول دی اکسیدکربن از دست داده و به یک ترکیب دو کربنی تبدیل می شود. ترکیب دو کربنی نیز به کمک الکترون های NADH به الکل اتیلیک تبدیل می شود. مخمرها تخمیر الکلی انجام می دهند و به این دلیل در نانوائی کاربرد دارد. علت ورآمدن خمیر تولید دی اکسیدکربن در طی تخمیر است.

نکته: غلظت الکل از ۱۲ درصد تجاوز نمی کند، زیرا مخمرها در غلظت بالاتر از آن می میرند.

#### ۵۰۲- مقایسه ی فرایندهای هوازی و بی هوازی:

مقدار ATP که از یک مولکول قند تولید می شود به وجود یا نبود اکسیژن بستگی دارد. مرحله ی اول تنفس (گلیکولیز) بی هوازی است و بازده خالص آن دو مولکول ATP است. ولی هوازی یا بی هوازی بودن مرحله ی دوم به وجود یا نبود اکسیژن وابسته است. در صورت وجود اکسیژن تنفس هوازی روی می دهد و در صورت نبود اکسیژن تخمیر انجام می گیرد. در صورت انجام تخمیر، فقط دو مولکول ATP ولی در صورت انجام تنفس هوازی ۳۸ مولکول ATP تولید می شوند.

۵۰۳- نکته: از ۳۸ مولکول ATP تولید شده، تعداد ۲ مولکول در گلیکولیز، تعداد ۲ مولکول به طور مستقیم در چرخه ی کربس و ۳۴ مولکول در زنجیره ی انتقال الکترون تولید می شود.

- ۵۰۴- فصل ۹
- ویروس:** قطعه‌ای از نوکلئیک اسید است که درون پوششی از پروتئین قرار دارد.
- ۵۰۵- **TMV:** ویروس موزاییک تنباکو
- ۵۰۶- **کپسید:** پوشش پروتئینی ویروس را کپسید می‌نامند.
- ۵۰۷- **پوشش:** غشایی از جنس پروتئین، لیپید و گلیکوپروتئین است که در برخی باکتری‌ها وجود دارد و کپسید را احاطه می‌کند.
- ۵۰۸- **باکتریوفاز:** ویروسی است که باکتری‌ها را آلوده می‌کند.
- ۵۰۹- **چرخه ی لیتیک:** مراحل آلوده‌سازی سلول، همانندسازی ویروس همراه با تخریب سلول میزبان را چرخه ی لیتیک می‌نامند.
- ۵۱۰- **چرخه ی لیزوژنی:** گاهی ویروس پس از ورود به سلول میزبان بلافاصله همانندسازی خود را شروع نمی‌کند و ژنوم ویروس به جای همانندسازی، خود را درون ژنوم میزبان جای می‌دهد که در این حالت به آن پروویروس می‌گویند.
- ۵۱۱- **پروویروس:** ژنوم ویروسی که در چرخه ی لیزوژنی در ژنوم میزبان به صورت غیرفعال قرار دارد، به پروویروس موسوم است.
- ۵۱۲- **پریون:** ذرات بیماری‌زایی هستند که از جنس پروتئین بوده و اسیدنوکلئیک ندارند.
- ۵۱۳- **ویروئید:** تک رشته‌ای از جنس RNA است که کپسید ندارد.
- ۵۱۴- **تاژک باکتری:** یک تار پروتئینی ساده‌ای است که با حرکات خود باکتری را به جلو می‌راند.
- ۵۱۵- **پیلی:** برآمدگی‌های کوتاه در سطح برخی باکتری‌ها هستند که در مقایسه با تاژک کوتاه‌تر بوده و ضخیم‌تر هستند.
- ۵۱۶- **هم‌یوغی:** فرایندی است که طی آن یک باکتری دارای پیلی به باکتری بدون پیلی متصل شده و ماده‌ی ژنتیک از باکتری دارای پیلی به باکتری بدون پیلی منتقل می‌شود.
- ۵۱۷- **کوکوس:** باکتری‌های کروی شکل  
**باسیلوس:** باکتری‌های میله‌ای شکل  
**استرپتو:** اگر اجتماع باکتری‌های کروی به صورت رشته‌ای باشد، آن را با پیشوند استرپتو مشخص می‌کنند.  
**استافیلو:** اگر اجتماع باکتری‌های کروی شکل به صورت خوشه‌ای باشد، با پیشوند استافیلو مشخص می‌کنند.
- ۵۱۸- **رنگ‌آمیزی گرم:** نوعی روش رنگ‌آمیزی است که براساس آن باکتری‌ها به دلیل پاسخ متفاوت به روش رنگ‌آمیزی به دو گروه گرم مثبت و گرم منفی تقسیم می‌شوند.
- ۵۱۹- **اندوسپور:** ساختاری با دیواره‌ی ضخیم است که کروموزوم باکتری را احاطه کرده است و در شرایط نامساعد محیطی تشکیل می‌شود.
- ۵۲۰- **پپتید و گلیکان:** نوعی کربوهیدرات است که پل‌های عرضی و کوتاه از جنس پروتئین در آن یافت می‌شود.

۵۲۱- **متانوژن:** گروهی از باکتری‌ها هستند که با تولید گاز متان از مواد آلی انرژی به دست می‌آورند. در مرداب‌ها زندگی می‌کنند.

**ترموفیل:** گروهی از باکتری‌ها هستند که از مواد گوگرددار انرژی به دست می‌آورند و در آب‌های بسیار گرم مانند آب‌های نزدیک دهانه‌ی آتشفشان‌ها به سر می‌برند.

**هالوفیل:** گروهی از باکتری‌ها هستند که در آب‌های بسیار شور به سر می‌برند و می‌توانند شوری بین ۱۵ تا ۲۰ درصد نمک را تحمل کنند.

۵۲۲- **شوره‌گذاری:** فرایندی است که طی آن آمونیاک به وسیله‌ی اکسیداسیون به نیترات تبدیل می‌شود.

۵۲۳- **بوتولیسم:** بیماری ناشی از سم باکتری کلستریدیوم بوتولینوم است.

۵۲۴- **ویروس‌ها:**

ویروس: قطعه‌ای از نوکلئیک‌اسید است که درون پوششی از پروتئین قرار دارد.

**ویژگی‌های ویروس‌ها:**

۱- بیشتر آن‌ها فقط با میکروسکوپ الکترونی دیده می‌شوند.

۲- همگی انگل درون سلولی هستند و برای تولیدمثل باید وارد سلول‌ها شوند.

۳- هیچ نوع متابولیسم در آن‌ها روی نمی‌دهد.

۵۲۵- **علت غیرزنده بودن ویروس‌ها:** ویروس‌ها فاقد همه‌ی ویژگی‌های حیات هستند، از این‌رو غیرزنده محسوب می‌شوند.

۵۲۶- **کشف ویروس‌ها:** در اواخر قرن نوزدهم دانشمندان به دنبال کشف عامل بیماری موزاییک تنباکو بودند. این دانشمندان مشاهده کردند که عامل این بیماری حتی از صافی‌ها نیز عبور می‌کند و عصاره‌ی گیاه آلوده، در صورت عبور از صافی‌ها نیز توانایی بیماری‌زایی دارد. از این‌رو دانشمندان، نتیجه گرفتند که عامل این بیماری هرچه باشد، بسیار کوچک‌تر از باکتری‌ها می‌باشد و به همین علت آن را ویروس نامیدند.

۵۲۷- **کشف استنلی:** وندل استنلی ویروس موزاییک تنباکو (TMV) خالص کرده و به شکل بلوری درآورده و مشاهده کرده و TMV حتی در حالت بلوری نیز قادر به بیماری‌زایی است. با توجه به این‌که تبلور از خصوصیات مواد شیمیایی است، استنلی نتیجه گرفت که TMV یک ماده‌ی شیمیایی است، نه موجود زنده.

۵۲۸- **اجزای ویروس‌ها:**

۱- **کپسید:** پوششی پروتئینی است که در همه‌ی ویروس‌ها وجود دارد و توسط ژنوم ویروس رمز می‌شود.

۲- **اسیدنوکلئیک:** هر ویروسی فقط یکی از دو نوع اسیدنوکلئیک (RNA یا DNA) را دارد.

۳- **غشایی:** به نام پوشش که فقط در برخی ویروس‌ها وجود دارد و شامل پروتئین، گلیکوپروتئین و لیپید می‌باشد. غشا از بقایای سلول میزبان قبلی می‌باشد.

۴- برخی ویروس‌ها دارای آنزیم‌های ویژه‌ای هستند.

نکته: پوشش غشایی ویروس را در ورود به سلول میزبان یاری می‌رساند.

۵۲۹- **نکته:** کپسید آدنوویروس ۲۰ وجه مثلثی دارد. این نوع کپسید، کارآمدترین شکل برای گنجاندن ژنوم ویروس است.

۵۳۰- **باکتریوفاج:** ویروسی است که باکتری‌ها را آلوده می‌کند.

راه‌های ورود ویروس به سلول میزبان:

(۱) **باکتریوفاج:** ایجاد سوراخ در دیواره‌ی سلولی باکتری‌ها و تزریق ژنوم ویروسی به داخل سلول میزبان

(۲) **ویروس‌های گیاهی:** با ایجاد شکاف در دیواره‌ی سلولی گیاهان

(۳) **ویروس‌های جانوری:** به روش اندوسیتوز

۵۳۱- نکته: ورود ویروس به درون سلول میزبان به خودی خود بیماری‌زا نمی‌باشد و زیان ویروس هنگامی آشکار می‌شود که ویروس همانندسازی خود را آغاز کند.

۵۳۲- **چرخه‌های ویروسی:**

**ویروس‌ها پس از ورود به سلول میزبان یکی از دو چرخه‌ی زیر را انتخاب می‌کنند:**

(۱) **چرخه‌ی لیتیک:** در این روش، ویروس بلافاصله پس از ورود به سلول میزبان، همانندسازی خود را شروع کرده

و تکثیر می‌یابد و پس از چندصد مرتبه همانندسازی، سلول میزبان پاره شده و ویروس‌ها آزاد می‌شوند.

(۲) **چرخه‌ی لیزوژنی:** ویروس‌ها پس از ورود به سلول میزبان بلافاصله همانندسازی خود را شروع نمی‌کنند و ژنوم

ویروس به جای همانندسازی، خود را درون ژنوم میزبان جای می‌دهد که در این حالت به آن پروویروس می‌گویند.

پروویروس هم‌زمان با همانندسازی ژنوم میزبان، همانندسازی می‌کند. از این‌رو سلول‌های حاصل از تکثیر سلول میزبان

نیز دارای پروویروس می‌باشند. تغییر در شرایط محیطی سبب می‌شود پروویروس چرخه‌ی لیتیک را آغاز کند.

۵۳۳- **اختصاصی بودن میزبان ویروس‌ها:**

ویروس‌ها میزبان ویژه‌ای دارند. یعنی ویروسی که سبب ایجاد بیماری در یک جاندار می‌شود، قادر به بیمار کردن

جاندار دیگر نمی‌باشد. یک فرضیه در توجیه این ویژگی به منشأ ویروس‌ها برمی‌گردد. براساس این فرضیه،

ویروس‌ها، هنگامی به وجود می‌آیند که قطعاتی از نوکلئیک‌اسید سلول‌ها به خارج از سلول راه پیدا می‌کنند.

۵۳۴- **راه‌های انتقال ویروس ایدز (HIV):** ویروس ایدز در مایعات بدن وجود دارند. از این‌رو به روش‌های زیر انتقال

می‌یابند:

۱- روابط جنسی

۲- تزریق با سوزن آلوده به ویروس

۳- انتقال خون از افراد آلوده به افراد سالم

۴- انتقال از مادر به جنین یا نوزاد شیرخوار در طی دوران بارداری یا شیردهی.

۵۳۵- **پریون‌ها:**

۱- ذراتی پروتئینی هستند و اسیدنوکلئیک ندارند.

۲- بیماری‌زایی پریون بر پایه‌ی تغییر شکل پروتئین‌ها استوار است که در آن پریون‌های بیماری‌زا، پریون‌های

طبیعی (پروتئین‌های طبیعی) بدن را با تغییر شکل در آن‌ها به پریون‌های بیماری‌زا تبدیل می‌کنند. (عامل جنون گاوی)

ویروئید: تک رشته‌ای از RNA است و فاقد کپسید (پروتئین) می‌باشد.

نکته: پریون اسیدنوکلئیک ندارد و ویروئید فاقد پروتئین است.

نکته: ویروئیدها از عوامل مهم بیماری‌زایی در گیاهان هستند.

### ۵۳۶- باکتری‌ها:

#### ویژگی‌های باکتری‌ها:

- ۱- همگی تک سلولی هستند. زیرا در انواع رشته‌ای نیز سلول‌ها فاقد ارتباط سیتوپلاسمی هستند.
- ۲- تولیدمثل آن‌ها به روش تقسیم دوتایی است.
- ۳- ساده‌ترین ساختار سلولی را دارند و مواد وراثتی آن‌ها در درون هسته‌ی سازمان‌یافته قرار ندارد.
- ۴- کوچک‌ترین و ساده‌ترین موجودات زنده هستند.
- ۵- دارای تاژک و پیلی هستند. تاژک آن‌ها فقط یک تار پروتئینی ساده بوده و با تاژک پیچیده‌ی یوکاریوت‌ها متفاوت است. پیلی‌ها کوتاه‌تر و ضخیم‌تر از تاژک هستند.
- ۶- برخی از آن‌ها دارای یک کپسول از جنس پلی‌ساکارید هستند.
- ۷- در مقایسه با یوکاریوت‌ها توانایی‌های متابولیسمی متعددی دارند.

۵۳۷- نکته: تاژک یوکاریوت‌ها پیچیده بوده و از چندین ریزلوله (میکروتوبول) ساخته شده است ولی تاژک باکتری‌ها فقط یک تار پروتئینی است و ساختار ساده‌ای دارد.

#### پیلی:

برآمدگی کوتاه در سطح برخی باکتری‌ها هستند که در مقایسه با تاژک کوتاه‌تر بوده و ضخیم‌تر هستند.

#### وظایف پیلی:

- ۱- کمک به باکتری‌ها برای اتصال به سطوح مختلف
  - ۲- دخالت در فرآیند هم‌یوگی
- هم‌یوگی:** فرآیندی است که طی آن یک باکتری دارای پیلی به باکتری بدون پیلی متصل شده و ماده‌ی ژنتیک از باکتری دارای پیلی به باکتری بدون پیلی منتقل می‌شود.

### ۵۳۸- شکل باکتری:

#### باکتری‌ها از نظر شکل به سه گروه تقسیم می‌شوند:

- ۱- **کوکوس:** باکتری‌های کروی شکل
  - ۲- **باسیلوس:** باکتری‌های میله‌ای شکل
  - ۳- **اسپیریلیوم:** باکتری‌های مارپیچی شکل
- استرپتو و استافیلو:** اگر اجتماع باکتری‌های کروی به صورت رشته‌ای باشد، آن را با پیشوند استرپتو و اگر به صورت خوشه‌ای باشد، با پیشوند استافیلو مشخص می‌کنند.

### ۵۳۹- تقسیم‌بندی باکتری‌ها:

باکتری‌ها را بر اساس نوع دیواره‌ی آن‌ها به دو گروه گرم مثبت و گرم منفی تقسیم می‌کنند. این تقسیم‌بندی بر پایه‌ی پاسخ آن‌ها به روش رنگ‌آمیزی گرم است. اهمیت تقسیم‌بندی گرم مثبت و منفی: این تقسیم‌بندی از نظر پزشکی اهمیت دارد. زیرا باکتری‌های گرم مثبت و منفی توسط آنتی‌بیوتیک‌های متفاوتی نابود می‌شوند.

### ۵۴۰- اندوسپور: هنگامی که باکتری‌ها در شرایط سخت مانند کمبود مواد غذایی، خشکی و دمای زیاد قرار بگیرند، دیواره‌ی

ضخیمی به دور کروموزوم خود می‌سازند. این ساختار را اندوسپور می‌نامند.

نکته: هاگ باکتری‌ها در درون سلول تشکیل می‌شوند. از این رو به آن هاگ درونی یا اندوسپور می‌گویند.

نکته: اندوسپور شامل دیواره‌ی ضخیمی است که کروموزوم باکتری و اندکی از سیتوپلاسم باکتری را در بر می‌گیرد.

نکته: تشکیل اندوسپور فقط در برخی باکتری‌ها دیده می‌شود.



**۵۴۱- رده بندی باکتری ها:**

زیست شناسان فرمانروای باکتری ها را به دو گروه تقسیم می کنند:

- ۱- **یو باکتری ها:** مانند باکتری هایی که در رو یا درون بدن ما زندگی می کنند.
- ۲- **آرکی باکتری ها:** باکتری هایی که اغلب در محیط های افراطی به سر می برند.

**۵۴۲- معیارهای رده بندی باکتری ها: زیست شناسان باکتری ها را بر پایه ی موارد زیر رده بندی می کنند:**

- ۱- شکل باکتری
- ۲- مواد موجود در دیواره ی سلولی
- ۳- نوع متابولیسم

**۵۴۳- یوباکتری ها:**

**روش های کسب انرژی در یوباکتری ها:**

- ۱- برخی از آن ها از ترکیب های غیرآلی مانند سولفید هیدروژن و آمونیاک انرژی به دست می آورند.
- ۲- برخی از آن ها فتوسنتزکننده هستند و در آب های دریاها و اقیانوس ها زندگی می کنند و نخستین تولیدکننده های اکسیژن هستند.
- ۳- گروهی از آن ها مصرف کننده و تجزیه کنندگان اصلی اکوسیستم به حساب می آیند. این باکتری ها در چرخه ی موادی مانند کربن، نیتروژن و فسفر نقش مهمی دارند.

**۵۴۴- ویژگی های یوباکتری ها و آرکی باکتری ها:**

آرکی باکتری ها:

یوباکتری ها:

باکتری های ساکن روی یا درون بدن ما و باکتری های مولد ماست و باکتری های نام آشنای این کتاب	بسیار گرم، بسیار شور و مردابی بدون اکسیژن
دیواره ی سلول دارای پتیدوگلیکان	دیواره ی سلول فاقد پتیدوگلیکان
فاقد ایترون	دارای ایترون
توالی آمینواسیدی پروتئین های ریبوزومی و RNA پلی مرز متفاوت با انواع یوکاریوتی	توالی آمینواسیدی پروتئین های ریبوزومی و RNA پلی مرز متفاوت با انواع یوکاریوتی
لیپیدها متفاوت با انواع موجود	لیپیدها متفاوت با انواع موجود در یوباکتری ها و یوکاریوت ها

**۵۴۵- پتیدوگلیکان:** نوعی کربوهیدرات است که پل های عرضی و کوتاه از جنس پروتئین در آن یافت می شود.

۵۴۶- نکته:

**یوباکتری های مصرف کننده:**

- ۱- تجزیه کنندگان اصلی اکوسیستم هستند.
- ۲- نقش مهمی در چرخه ی موادی مانند کربن و فسفر دارند.

### ۵۴۷- آرکی باکتری‌ها:

- گروهی از باکتری‌ها هستند که اغلب آن‌ها در محیط‌های افراطی زندگی می‌کنند. مانند:
- ۱- **متانوژن:** با تولید گاز متان از مواد آلی انرژی به دست می‌آورند. در مرداب‌ها زندگی می‌کنند.
  - ۲- **ترموفیل:** بسیاری از آن‌ها از مواد گوگرددار انرژی به دست می‌آورند (شیمیوسنتزکننده) در آب‌های بسیار گرم مانند آب‌های نزدیک آتش‌فشان‌ها به سر می‌برند.
  - ۳- **هالوفیل:** در آب‌های بسیار شور به سر می‌برند و می‌توانند شوری بین ۱۵ تا ۲۰ درصد نمک را تحمل کنند.

### ۵۴۸- انواع باکتری‌ها بر حسب شیوهی کسب انرژی:

- |   |   |                   |
|---|---|-------------------|
| <p>الف) شیمیوسنتز کننده</p> <p>۲- باکتری‌های هتروتروف</p> <p>ب) فتوسنتز کننده</p> | } | <p>۱- اتوتروف</p> |
|---|---|-------------------|

### ۵۴۹- باکتری‌های اتوتروف:

**الف) شیمیوسنتزکننده:** این باکتری‌ها انرژی خود را با برداشتن الکترون از مولکول‌های غیرآلی مانند آمونیاک و هیدروژن سولفید به دست می‌آورند. مانند نیتروباکتر و نیتروزوموناس که مسئول شوره‌گذاری بوده و طی این کار آمونیاک را اکسید کرده و به نیترات تبدیل می‌کنند. شوره‌گذاری فرایندی که طی آن آمونیاک به نیترات تبدیل می‌شود. نیترات رایج‌ترین شکل نیتروژن است که گیاهان از آن استفاده می‌کنند.

### ب) فتوسنتزکننده:

- ۱- **گوگردی سبز:** به جای آب از ترکیبات گوگردی به عنوان منبع الکترون استفاده می‌کنند.
- ۲- **گوگردی ارغوانی:** به جای آب از ترکیبات گوگردی به عنوان منبع الکترون استفاده می‌کنند. از این رو به جای اکسیژن، گوگرد آزاد می‌کنند.
- ۳- **غیرگوگردی ارغوانی:** برای فتوسنتز به جای آب از مواد آلی مانند اسیدها یا کربوهیدرات به عنوان منبع الکترون استفاده می‌کنند.
- ۴- **سیانوباکتری‌ها:** مانند گیاهان و جلبک‌ها از آب به عنوان منبع الکترون استفاده می‌کنند. سیانوباکتری‌ها غالباً به یکدیگر چسبیده و رشته‌هایی پدید می‌آورند. هر رشته، زنجیره‌ای از سلول‌ها است که در کپسول ژله‌مانند پیوسته‌ای جای گرفته‌اند. نکته: بسیاری از سیانوباکتری‌ها مانند آنابا می‌توانند نیتروژن را تثبیت کنند.

### ۵۵۰- باکتری‌های هتروتروف:

بیشتر باکتری‌ها هتروتروف هستند. یعنی از غذایی که توسط جانداران دیگر ساخته شده است، استفاده می‌کنند. نکته: باکتری‌های هتروتروف همراه با قارچ‌ها اصلی‌ترین تجزیه‌کنندگان طبیعت هستند. نکته: بیشتر بوی خاک ناشی از این گروه از باکتری‌ها است.

### ۵۵۱- مثال برای هتروتروف‌ها:

- ۱- **استرپتومایسز:** نوعی باکتری رشته‌ای و ساکن خاک است که بیش از نیمی از آنتی‌بیوتیک‌ها را می‌سازند.
- ۲- **استافیلوکوکوس:** شایع‌ترین عامل مسمومیت غذایی است که با ترشح سم به درون مواد غذایی باعث تهوع، استفراغ و اسهال می‌شود.
- ۳- **ریزوبیوم:** مهم‌ترین جانداران تثبیت نیتروژن هستند که در ریشه‌ی گیاهان خانواده‌ی نخود(سویا، لوبیا، بادام زمینی، یونجه و شبدر) به صورت هم‌زیست زندگی می‌کنند.

**۵۵۲- بیماری های باکتری ها:**

باکتری ها به دو روش سبب بیماری می شوند:

(الف) با تغذیه از سلول های میزبان به عنوان منبع غذایی:

مانند مایکوباکتریوم توبرکلوسیز که عامل بیماری سل است و در شش زندگی می کند و پروپیونی باکتریوم آکنس که عامل بیماری جوش صورت است. این باکتری در غده های چربی موجود در پوست زندگی می کند و مواد چربی تولید شده در این غدد را متابولیزه می کند. در طی بلوغ، غده های چربی، مقدار بیشتری چربی تولید می کنند. از این رو تعداد این باکتری ها افزایش یافته و منافذ عبور چربی را می بندند. با بسته شدن این مجاری، چربی در پوست تجمع یافته و جوش پدید می آید.

(ب) با ترشح سم به درون بدن یا مواد غذایی:

گروهی از باکتری ها با ترشح سم سبب بیماری می شوند. برخی از این باکتری ها مانند استافیلوکوکوس و کلاستریدوم بوتولینوم سم را به درون غذا می ریزند و برخی سم را به داخل بدن ترشح می کنند که به اندوتوکسین معروف است.

**۵۵۳- مثال برای ترشح سم به داخل بدن:**

۱- کورینه باکتریوم دیفتریا که یک باکتری گرم مثبت بوده و در گلو رشد می کند. توکسین (سم) این باکتری بر قلب، اعصاب، کبد و کلیه ها اثر می کند.

۲- برخی باکتری های گرم منفی که نوعی توکسین به نام اندوتوکسین را ترشح می کنند و این سم سبب تب، درد عضلانی و لرز می شود.

**۵۵۴- مثال برای ترشح سم به مواد غذایی:**

۱- استافیلوکوکوس اورئوس شایع ترین عامل مسمومیت غذایی است و از علائم آن می توان به حالت تهوع، استفراغ و اسهال اشاره کرد.

۲- کلاستریدوم بوتولینوم که در غذاهای بسته بندی شده به صورت اندوسپور حفظ می شود و پس از سرد شدن غذا رشد کرده و سمی بسیار مهلک به درون غذا ترشح می کند. این توکسین بر دستگاه عصبی انسان اثر کرده و سبب بیماری بوتولیسم می شود.

**۵۵۵- علائم بوتولیسم:**

۱- دید دوتایی (دوبینی)      ۲- فلج شدگی      ۳- مرگ در اثر ناتوانی در تنفس

**۵۵۶- آنتی بیوتیک ها:**

**پنی سیلین:** اولین آنتی بیوتیک شناخته شده است که توسط قارچ ها ساخته شده و مانع رشد برخی باکتری ها می شود.

علت بی اثر بودن آنتی بیوتیک ها بر ویروس ها:

آنتی بیوتیک ها با فرآیندهای سلولی تداخل کرده و سبب مرگ باکتری ها می شوند. با توجه به این که ویروس ها فاقد فرآیندهای سلولی هستند، می توان گفت که آنتی بیوتیک ها بر ویروس ها بی اثر هستند.

**۵۵۷- اهمیت باکتری ها:**

۱- تهیه ی برخی غذاها مانند ماست، پنیر و سرکه

۲- تولید استون و بوتانول به کمک گونه های کلاستریدوم

۳- تولید داروها و مواد پیچیده ی مورد نیاز در پژوهش های علمی به کمک باکتری هایی که با مهندسی ژنتیک تغییر یافته اند.

۴- استفاده از باکتری ها در استخراج معادن و پاک سازی محیط. باکتری های شیمیوسنتزکننده برای تخلیص سنگ معدن برخی عناصر به کار می روند. این باکتری ها گوگرد موجود در سنگ معدن را به صورت محلول درمی آورند که در این صورت به راحتی با آب شست و شو شده و از سنگ معدن جدا می شود.

## فصل ۱۰

**کلب:** بزرگترین آغازیان و از جلبک‌های قهوه‌ای است.

۵۵۹- **لکه‌ی چشمی:** ساختاری است که در برخی از آغازیان وجود دارد و دارای رنگی‌های حساس به نور بوده و جان‌دار به کمک آن، شدت و جهت نور را تشخیص می‌دهد.

۵۶۰- **پروتوزوئر:** آغازیان هتروتروف را آغازیان جانورمانند یا (پروتوزوئر) می‌نامند.  
**جلبک:** آغازیان فتوسنتزکننده را جلبک می‌نامند.

۵۶۱- **ژئوسپور:** سلول‌های تازک‌دار در برخی جلبک‌ها هستند که از تقسیم میتوز (در کلامیدوموناس) و یا میوز (در کاهوی دریایی) به وجود می‌آیند.

**زیگوسپور:** سلول تخم در کلامیدوموناس را که دارای یک پوشش ضخیم می‌باشد، زیگوسپور می‌نامند.  
**اسپورانژ:** سلول‌های تولیدمثلی در کاهوی دریایی هستند که با انجام میوز ژئوسپورها را تولید می‌کنند.

۵۶۲- **آگار:** ماده‌ای است که از جلبک‌های قرمز به دست می‌آید.

۵۶۳- **پلاسمودیوم:** توده‌ای سیتوپلاسمی است که تعداد زیادی هسته دارد.

**اسپوروزوئیت:** شکلی از پلاسمودیوم مولد مالاریا که از طریق نیش پشه وارد خون آدمی می‌شود، اسپوروزوئیت نامیده می‌شود.

**مروزوئیت:** سلول‌های پلاسموسیت مولد مالاریا که از تقسیم اسپوروزوئیت‌ها در جگر تولید می‌شوند، مروزوئیت نامیده می‌شوند.

۵۶۴- **کینین:** ماده‌ای است که از پوست نوعی درخت گرفته می‌شود و برای درمان مالاریا به کار می‌رود.

۵۶۵- **پلانکتون:** گروهی از آغازیان که به صورت سرگردان در آب به سر می‌برند، به پلانکتون موسوم هستند.

۵۶۶- **پای کاذب:** برآمدگی‌های سیتوپلاسمی هستند که دارای قابلیت انعطاف هستند و جانور به کمک آن حرکت و تغذیه می‌کند.

## ۵۶۷- آغازیان:

**نخستین یوکاریوت:** آغازیان نخستین یوکاریوت‌ها هستند و در اثر درون هم‌زیستی به وجود آمده‌اند و اعضای سه فرمان‌روی دیگر از تغییر و تحول آغازیان به وجود آمده‌اند.

## ۵۶۸- ویژگی‌های آغازیان:

- ۱- بیشتر آن‌ها تک سلولی و میکروسکوپی هستند.
- ۲- متنوع‌ترین فرمانرو را تشکیل می‌دهند.
- ۳- نخستین یوکاریوت‌ها هستند و سایر یوکاریوت‌ها از تکامل آغازیان به وجود آمده‌اند.
- ۴- برخلاف گیاهان و جانوران ساختارهای تولیدمثلی آن‌ها پرسلولی نمی‌باشد.
- ۵- برخلاف گیاهان و جانوران جنین یا رویان تشکیل نمی‌دهند.
- ۶- برخلاف گیاهان و جانوران فاقد بافت‌های تمایز یافته هستند.
- ۷- برخی از آن‌ها دارای لکه‌ی چشمی هستند که دارای رنگی‌های حساس به نور بوده و شدت و کیفیت نور را تشخیص می‌دهد.

۵۶۹- دو ویژگی اصلی یوکاریوت‌ها که اولین بار در آغازیان ظاهر شده‌اند:

- ۱- تولیدمثل جنسی
- ۲- پرسلولی بودن

۵۷۰- روش‌های تولیدمثل در آغازیان:

بسیاری از آغازیان فقط به روش غیرجنسی تولیدمثل می‌کنند ولی برخی از آن‌ها تولیدمثل جنسی نیز انجام می‌دهند. لازم به یادآوری است که تولیدمثل جنسی در محیط‌های نامساعد انجام می‌گیرد.

**تفاوت‌های بین آغازیان با گیاهان و جانوران:**

- ۱- آغازیان جنین یا رویان تشکیل نمی‌دهند.
- ۲- آغازیان ساختارهای تولیدمثلی پرسلولی پدید نمی‌آورند.
- ۳- فاقد بافت‌های تمایز یافته هستند.

۵۷۱- رده‌بندی قدیمی آغازیان: آغازیان را در گذشته به دو گروه زیر تقسیم می‌کردند:

- ۱- پروتوزوئر: آغازیان هتروتروف را آغازیان جانورمانند یا پروتوزوئر می‌نامند.
- ۲- جلبک: آغازیان فتوسنتزکننده را جلبک می‌نامند.

۵۷۲- رده‌بندی‌های جدید:

در رده‌بندی‌های جدید، آغازیان را به چهارده شاخه‌ی زیر رده‌بندی می‌کنند:

نوع تغذیه	ویژگی	شاخه
هتروتروف	با پاهای کاذب حرکت می‌کنند	۱ آمیب‌ها
		۲ روزن‌داران
فتوسنتزکننده	پوسته‌ای دوگانه از جنس سیلیس دارند	۳ دیاتوم‌ها
فتوسنتزکننده 	کلروفیل دارند و بعضی پرسلولی هستند	۴ جلبک‌های سبز
		۵ جلبک‌های قرمز
		۶ جلبک‌های قهوه‌ای
بعضی فتوسنتزکننده و بعضی هتروتروف	با کمک تاژک حرکت می‌کنند 	۷ نازک‌داران چرخان
		۸ نازک‌داران جانورمانند
		۹ اوگلناها
هتروتروف	با کمک مزک حرکت می‌کنند	۱۰ مزک‌داران
هتروتروف	کپک مانندند	۱۱ کپک‌های مخاطی سلولی
		۱۲ کپک‌های مخاطی پلاسمودیومی
		۱۳ کپک‌های آبزی
هتروتروف 	هاگ‌های مقاوم تولید می‌کنند	۱۴ هاگ‌داران

۵۷۳- روش‌های تولیدمثلی آغازیان:

آغازیان به دو روش جنسی و غیرجنسی تولیدمثل می‌کنند.

۵۷۴- تولیدمثل غیرجنسی در کلامیدوموناس: در تولیدمثل غیرجنسی سلول‌های هاپلوئید به روش میتوز تقسیم شده و

مجموعه‌ای شامل یک تا هشت سلول پدید می‌آورند که درون سلول مادر قرار دارد و هر کدام را که دارای دو تاژک هستند، یک زئوسپور می‌نامند. زئوسپورها نخست در درون سلول مادر باقی می‌مانند و پس از رسیدن (تولید دو تاژک) دیواره‌ی سلول مادر را پاره کرده و آزاد می‌شوند.

**۵۷۵- تولیدمثل جنسی در آغازیان تک سلولی (کلامیدوموناس):**

در شرایط نامساعد زئوسپورها به تولیدمثل جنسی روی می آورند و به این منظور ابتدا هر زئوسپور با میتوز تعدادی سلول هاپلوئید به نام گامت را به وجود می آورد. گامت ها به روش هم جوشی با هم لقاح انجام داده و سلول تخم با دیواره ی ضخیم به نام زیگوسپور را به وجود می آورند. زیگوسپور شرایط نامساعد را سپری کرده و پس از مساعد شدن شرایط میوز انجام داده و سلول های هاپلوئید به وجود می آورد. سلول های هاپلوئید دیواره ی زیگوسپور را پاره کرده و رها می شوند و به تولیدمثل جنسی می پردازند.

۵۷۶- نکته: کلامیدوموناس و اسپیروژیر شرایط سخت را به صورت دیپلوئید (زیگوسپور) سپری می کنند.

**۵۷۷- تولیدمثل جنسی در آغازیان پرسلولی:****کاهوی دریایی:**

- ۱- کاهوی دریایی دارای چرخه ی زندگی تناوب نسل ها است پیکر دیپلوئیدی آن اسپوروفیت نام دارد و سلول های تولیدمثلی به نام اسپورانژ را پدید می آورد.
- ۲- درون اسپورانژ با انجام میوز تعدادی هاگ چند تاژکی موسوم به زئوسپور تولید می شود. زئوسپورها از اسپورانژ رها شده و هر کدام پس از رویش ساختار پرسلولی به نام گامتوفیت را به وجود می آورند.
- ۳- گامتوفیت بالغ با میتوز تعدادی گامت دو تاژکی را به وجود می آورد. گامت ها با هم لقاح انجام داده و سلول تخم را به وجود می آورند.
- ۴- سلول تخم با میتوز رویش انجام داده و پیکر اسپوروفیت را به وجود می آورد.

**۵۷۸- اسپیروژیر:**

- ۱- اسپیروژیر به صورت رشته ای در آب زندگی می کند و با انجام تقسیم میتوز رشته ی آن درازتر می شود. رشته ی اسپیروژیر با قطعه قطعه شدن تولیدمثل غیرجنسی انجام می دهد.
- ۲- تولیدمثل جنسی آن به روش هم جوشی انجام می گیرد. در شرایط نامساعد دو رشته (دو جلبک) در کنار هم قرار می گیرند. دو سلول از دو رشته زائیده هایی به طرف هم تولید می کنند.
- ۳- این زائیده ها به طرف هم رشد کرده و پس از رسیدن این زائیده ها به هم دیواره ی سلولی آنها در محل تماس دو زائیده از بین می رود و محتویات سلولی یکی وارد دیگری می شود. با ادغام محتویات دو سلول، سلول تخم (زیگوت) تشکیل می شود.
- ۴- زیگوت شرایط نامساعد را سپری کرده و با مساعد شدن شرایط رویش می کند و از آن رشته های هاپلوئید خارج می شوند.

۵۷۹- نکته: در آغازیان پرسلولی برخی انواع چرخه ی هاپلوئیدی (مانند اسپیروژیر) و برخی چرخه ی تناوب نسل ها (مانند کاهوی دریایی و کلپ) دارند.

**۵۸۰- ویژگی های کلامیدوموناس:**

- ۱- از انواع جلبک های سبز است.
- ۲- کلنی هایی از انواع مختلف را تولید می کند.
- ۳- سلول های آن هاپلوئید بوده و چرخه ی هاپلوئیدی دارد.
- ۴- در محیط های مساعد به روش غیرجنسی و در محیط های نامساعد به روش جنسی تولیدمثل می کنند.
- ۵- در تولیدمثل غیرجنسی آن کلنی ها یا مجموعه هایی شامل دو تا هشت سلول تولید می شود.
- ۶- هر سلول آن دارای دو تاژک می باشد.
- ۷- سلول تخم آن دارای پوشش ضخیم بوده و به این دلیل زیگوسپور نامیده می شود.
- ۸- سلول های تولید شده در مرحله ی تولیدمثل غیرجنسی آن زئوسپور نامیده می شوند.

**۵۸۱- ویژگی های کاهوی دریایی:**

- ۱- جلبک سبز پرسلولی و دریازی است.
- ۲- چرخه ی زندگی آن از نوع تناوب نسل است.
- ۳- اسپوروفیت بالغ آن دارای هاگدانی به نام اسپورانژ است که درون آن با میوز تعدادی سلول هاپلوئید چند تاژکی به نام زئوسپور تولید می شود.

**۵۸۲- ویژگی های اسپروژیر:**

- ۱- جلبک سبز پرسلولی است که به صورت رشته ای باریک در آب زندگی می کند.
- ۲- تولیدمثل جنسی آن به روش هم جوشی انجام می گیرد. گامت های تمایز یافته و مشخص تولید نمی کند و به جای آن دو سلول از دو رشته ی مجاور به هم می پیوندند.
- ۳- دارای کلروپلاست نواری شکل است و کلروپلاست آن، دارای دانه هایی به نام پیرنوئید می باشد که درون کلروپلاست نواری آن قرار دارند.

**۵۸۳- آمیب ها:**

- ۱- به کمک پاهای کاذب حرکت می کنند. پاهای کاذب برآمدگی های سیتوپلاسمی دارای قابلیت انعطاف هستند. به دلیل نداشتن دیواره ی سلولی، پاهای کاذب از هر بخشی از آمیب بیرون می زنند. در این صورت بقیه ی محتویات سلول آمیب به پای کاذب وارد شده و جاندار به آن سمت کشیده می شود.
- ۲- دیواره ی سلولی ندارند.
- ۳- به کمک پاهای کاذب غذا را به سمت خود کشیده و به کمک آن ها غذا را می بلعند (مشابه فاگوسیت ها)
- ۴- در آب های شور و شیرین و برخی در خاک های مرطوب زندگی می کنند.
- ۵- تولیدمثل جنسی ندارند و میوز انجام نمی دهند و روش تولیدمثل آن ها، تقسیم میتوز است.
- ۶- بیشتر آن ها زندگی آزاد دارند و برخی انگل هستند.
- ۷- عامل اسهال خونی نوعی از آمیب ها است که از راه آب یا غذای آلوده انتقال می یابد.

**۵۸۴- روزن داران:**

- ۱- همگی دریازی هستند که در ماسه های دریا یا چسبیده به سطح صخره ها یا سطح بدن جانداران دیگر زندگی می کنند.
- ۲- پوسته ی محکم و سوراخ دار از جنس آهک دارند. برآمدگی های سیتوپلاسمی از این سوراخ ها بیرون می زند و جاندار از آن ها برای حرکت و تغذیه استفاده می کند.
- ۳- این جانداران شبیه حلزون های بسیار ریزی هستند. از انباشتن پوسته ی آهکی آن ها، نوعی سنگ آهک پدید می آید.
- ۴- در زیر پوسته ی برخی از آن ها جلبک هایی به صورت هم زیست به سر می برند و روزن داران از آن ها غذا به دست می آورند.

**۵۸۵- دیاتوم (دو قسمتی ها):**

- ۱- تک سلولی و فتوسنتز کننده هستند و دیواره ی سلولی آن ها دو قسمتی و از جنس سیلیس است.
  - ۲- به فراوانی در اقیانوس ها و دریاچه ها یافت می شوند و مهم ترین تولیدکنندگان زنجیره های غذایی هستند.
  - ۳- دو نوع تقارن دارند: تقارن شعاعی (مانند چرخ) و تقارن دو طرفی (مانند قوطی واکس).
  - ۴- معمولاً تولیدمثل غیرجنسی انجام می دهند.
- نحوه ی حرکت دیاتوم ها: دیاتوم ها برای به حرکت درآمدن مواد شیمیایی از منافذ پوست خود ترشح کرده و بر روی آن سر می خورند.
- نکته: پوسته ی سیلیسی دیاتوم ها روی هم انباشته شده و سنگ سیلیسی به وجود می آورد که از آن برای تولید سنگ سنباده استفاده می شود.



### ۵۸۶- روش تولیدمثل در دیاتومها:

دیاتومها دیپلوئید هستند و معمولاً تولیدمثل غیرجنسی انجام می دهند. به این منظور دو نیمه ی از هم جدا می شود و هر نیمه، یک نیمه ی متقابل ولی کوچک تر برای خود می سازد. این کار چندین نسل ادامه می یابد و هر بار اندازه ی برخی سلولها بسیار کوچک تر می شود. پس از چند نسل تولیدمثل غیرجنسی، دیاتومهایی که بسیار کوچک شده اند به تولیدمثل جنسی می پردازند و به این منظور سلولهای کوچک شده از پوسته ی خود بیرون آمده و گامت تشکیل می دهند. با لقاح گامتها، سلول تخم دیپلوئید حاصل می شود که ابتدا رشد کرده و بزرگ می شود و سپس به دور خود دیواره ای پدید می آورد.

### ۵۸۷- جلبکها:

برخی تک سلولی و برخی پرسلولی هستند. جلبکها براساس موارد زیر به سه گروه تقسیم می شوند:

۱- نوع رنگیزه      ۲- شکل سلول      ۳- شکل پیکر

### ۵۸۸- جلبکهای سبز:

۱- بسیاری از آنها تک سلولی بوده و در آبهای شیرین زندگی می کنند و بعضی پرسلولی بوده و در آب شور زندگی می کنند. (انواع تک سلولی در آب شیرین و انواع پرسلولی در آب شور). برخی از جلبکهای سبز در خاک مرطوب و برخی حتی درون سلولهای موجودات دیگر به صورت هم زیست زندگی می کنند.

۲- رنگیزه های فتوسنتزی آنها شبیه گیاهان سبز است.

۳- بیشتر آنها هم تولیدمثل جنسی و هم تولیدمثل غیرجنسی دارند.

### ۵۸۹- جلبکهای قرمز:

۱- همگی پرسلولی هستند و درون آبهای اقیانوسهای گرم زندگی می کنند.

۲- در دیواره ی سلولی برخی از آنها کربنات کلسیم وجود دارد. از برخی از آنها آگار تهیه می شود.

۳- چرخه ی زندگی آنها پیچیده و معمولاً از نوع تناوب نسل است.

### ۵۹۰- جلبکهای قهوه ای:

۱- همگی پرسلولی هستند. در دریاها زندگی می کنند.

۲- بزرگترین جلبکها و آغازیان در این گروه قرار دارند. (کلپها) چرخه ی زندگی آنها از نوع تناوب نسلها است.

نکته: کلپها بزرگترین آغازیان هستند و در نواحی ساحلی رشد می کنند.

### ۵۹۱- تاژکداران:

با تاژک حرکت می کنند، شامل سه شاخه ی زیر می باشند:

۱- تاژکداران چرخان      ۲- تاژکداران جانورمانند      ۳- اوگلناها

### ۵۹۲- تاژکداران چرخان:

۱- همگی تک سلولی و فتوسنتزکننده هستند.

۲- تعداد کمی از آنها در آب شیرین و بیشتر آنها در دریاها زندگی می کنند و از پلانکتونها هستند.

۳- بیشتر آنها یک پوشش حفاظتی از جنس سلولز دارند که اغلب با لایه ای از جنس سیلیس پوشیده شده است.

۴- بیشتر آنها دارای دو تاژک هستند که انتهای یکی از تاژکها در شیار طولی و دیگری در شیار عرضی قرار دارد. تاژک طولی به صورت یک سکان عمل می کند و تاژک عرضی موجب چرخش موجود در هنگام حرکت به جلو می شود.

۵- تعداد کمی از آنها سمهای بسیار قوی تولید می کنند.

۶- فاقد تولیدمثل جنسی بوده و تولیدمثل آنها به روش میتوز انجام می گیرد.

### ۵۹۳- تاژک داران جانورمانند:

- ۱- تک سلولی و هتروتروف هستند.
- ۲- یک تا هزاران تاژک دارند.
- ۳- بیشتر آن‌ها تولیدمثل غیرجنسی دارند ولی برخی تولیدمثل جنسی دارند و گامت تولید می‌کنند.
- ۴- برخی از آن‌ها درون لوله‌ی گوارش موربانه‌ها به صورت هم‌زیست به سر می‌برند و آنزیم‌های لازم برای گوارش سلولز (چوب) را فراهم می‌کنند.

### ۵۹۴- اوگلناها:

- ۱- ساکن آب شیرین هستند. همگی دو تاژک دارند که یکی از آن‌ها بلند و دیگری کوتاه است.
- ۲- در کنار تاژک بلند اندام حساس به نور به نام لکه‌ی چشمی قرار دارد.
- ۳- حدود  $\frac{1}{3}$  آن‌ها کلروپلاست دارند و فتوسنتز می‌کنند و حدود  $\frac{2}{3}$  آن‌ها هتروتروف هستند.
- ۴- خویشاوندی نزدیکی با تاژک‌داران جانورمانند دارند. از این‌رو بعضی زیست‌شناسان این دو شاخه را در یک شاخه قرار می‌دهند.
- ۵- فاقد تولیدمثل جنسی هستند و تولیدمثل آن‌ها به روش میتوز است.

۵۹۵- نکته: اوگلناها مثال خوبی برای نقص‌های رده‌بندی آغازیان به دو گروه جانوری و گیاهی هستند. زیرا افراد این گونه به‌طور هم‌زمان ویژگی‌های گیاهان و جانوران را نشان می‌دهند.

### ۵۹۶- مژک‌داران:

- ۱- پیچیده‌ترین و غیرمعمولی‌ترین آغازیان هستند. به قدری با آغازیان دیگر متفاوت هستند که برخی زیست‌شناسان پیشنهاد می‌کنند که آن‌ها در فرمان‌روی جداگانه قرار بدهند.
- ۲- همگی تک سلولی هستند. تعداد فراوانی مژک دارند.
- ۳- دیواره‌ی سخت ولی قابل انعطاف دارند، به این دلیل قادر به فشرده شدن و عبور از موانع هستند.
- ۴- دو نوع واکوئل دارند: ۱- یکی برای گوارش درون سلولی ۲- دیگری برای تنظیم آب (واکوئل ضربان‌دار)
- ۵- دارای دو هسته هستند که کروموزوم‌های هسته‌ی کوچک مسئول فرآیند میتوز است و در آن میتوز انجام می‌گیرد و هسته‌ی بزرگ دارای قطعه‌ی کوچک DNA ای است که از هسته‌ی کوچک آمده است.
- ۶- تولیدمثل آن‌ها معمولاً به روش غیرجنسی انجام می‌گیرد ولی پس از حدود ۷۰ نسل یا تولیدمثل جنسی انجام می‌دهد و یا می‌میرد.
- ۷- بیشتر مژک‌داران قادر هستند به روش هم‌بوغی به تولیدمثل جنسی و مبادله‌ی ژن پردازند.

### ۵۹۷- آغازیان کپک‌مانند:

- ۱- همگی هتروتروف هستند و تاحدی قابلیت تحرک دارند.
- ۲- ظاهر و چرخه‌ی زندگی آن‌ها شبیه قارچ‌ها است ولی میتوز در آن‌ها با قارچ‌ها متفاوت بوده و شبیه یوکاریوت‌های دیگر است. هم‌چنین دیواره‌ی آن‌ها برخلاف قارچ‌ها فاقد کیتین است.

### ۵۹۸- انواع آغازیان کپک‌مانند:

- ۱- کپک‌های مخاطی سلولی
- ۲- کپک‌های مخاطی پلاسمودیومی
- ۳- کپک‌های آبی

۵۹۹- کپک‌های مخاطی سلولی: به آمیب‌ها بیشتر شبیه هستند ولی از ویژگی‌های متمایزی برخوردار هستند. هر یک از این آمیب‌ماندها به تنهایی می‌توانند همانند یک آمیب رفتار کنند، در خاک حرکت می‌کنند و باکتری‌ها را می‌بلعند.

**۶۰۰- تولیدمثل در کپک‌های مخاطی سلولی:**

- ۱- هر سلول آمیب‌مانند به تنهایی در خاک حرکت و تغذیه می‌کند.
- ۲- ولی هنگام تنش‌های محیطی، تعدادی از آمیب‌مانندها به دور یکدیگر جمع می‌شوند و از حرکت بازمی‌ایستند و یک کلنی می‌سازند.
- ۳- هر کلنی یک پایه و یک ساقه با نوکی متورم پدید می‌آورد که در درون آن‌ها هاگ‌ها به وجود می‌آیند.
- ۴- هاگ‌ها پس از رها شدن به محیط در شرایط مساعد رویش کرده و به سلول آمیب‌مانند جدیدی نمو می‌یابند و زندگی جدیدی را آغاز می‌کنند.

**۶۰۱- کپک‌های مخاطی پلاسمودیومی:**

- ۱- گروهی از جانداران هستند که در مجموع یک پلاسمودیوم تولید می‌کنند. هر پلاسمودیوم، عبارت از یک توده‌ی سیتوپلاسمی است که تعداد زیادی هسته دارد.
- ۲- این کپک قادر به حرکت بوده و طی حرکت باکتری‌ها و مواد آلی مسیر حرکت خود را می‌بلعد.
- ۳- هر پلاسمودیوم حاوی چندین هسته است اما این هسته‌ها به کمک دیواره‌ی سلولی از هم جدا نشده‌اند و سیتوپلاسم مشترکی دارند.

**۶۰۲- روش تولیدمثل در کپک‌های مخاطی پلاسمودیومی:**

- ۱- کپک با هسته‌های دیپلوئید در شرایط محیطی مساعد طی حرکت، باکتری‌ها و مواد آلی محیط را بلعیده و رشد می‌کند.
- ۲- در شرایط محیطی نامساعد (تنش خشکی یا گرسنگی) توده‌ی پلاسمودیوم به توده‌های متعدد کوچک‌تر تقسیم می‌شود.
- ۳- هر توده، ساقه‌ای تولید می‌کند که در نوک آن کپسولی قرار دارد. درون کپسول با تقسیم میوز هاگ‌های هاپلوئید نمو می‌یابند.
- ۴- هاگ‌ها در شرایط مساعد روییده و به سلول‌های هاپلوئید تبدیل می‌شوند که برخی از این سلول‌ها، آمیبی شکل و برخی تاژک‌دار هستند.
- ۵- سلول‌های هاپلوئید آمیبی شکل و تاژک‌دار به یکدیگر ملحق شده و زیگوت‌های دیپلوئید را می‌سازند. زیگوت‌ها به روش میتوز تقسیم شده و پلاسمودیوم‌های جدید را می‌سازند.

**۶۰۳- هاگ‌داران:**

- ۱- همگی انگل هستند و در چرخه‌ی تولیدمثلی خود هاگ تولید می‌کنند.
- ۲- همگی تک سلولی هستند.
- ۳- چرخه‌ی زندگی پیچیده‌ای دارند (تولیدمثل جنسی و غیرجنسی انجام می‌دهند).
- ۴- گامت نر آن‌ها برخلاف سایر سلول‌ها دارای تاژک بوده و حرکت می‌کند.
- ۵- بسیاری از آن‌ها دو میزبان بوده و در هر مرحله‌ی چرخه‌ی زندگی در بدن یک میزبان به سر می‌برند. مانند عامل مولد مالاریا که پلاسمودیوم نام دارد.

**۶۰۴- آغازیان و سلامتی:**

بیماری‌های مربوط به آغازیان:

- ۱- اسهال خونی
- ۲- مالاریا
- ۳- توکسوپلاسموز

### ۶۰۵- آغازیان مفید:

- ۱- برخی آغازیان در لوله‌ی گوارش انسان و نیز لوله‌ی گوارشی علف‌خواران به گوارش سلولز کمک می‌کنند.
- ۲- پلانکتون‌های اقیانوس‌ها به تقویت زنجیره‌های غذایی کمک می‌کنند. به طوری که آغازیان بزرگ‌ترین گروه فتوسنتزکننده در روی زمین هستند.
- ۳- بسیاری از آغازیان جزو تجزیه‌کنندگان بوده و در بازگرداندن مواد شیمیایی مهم مانند نیتروژن، کربن و فسفر به محیط کمک می‌کنند.

### ۶۰۶- مالاریا:

- عامل مالاریا: مالاریا توسط چندین گونه از پلاسمودیوم‌ها تولید می‌شود.  
 علائم مالاریا: لرز شدید، تب، عرق و عطش شدید  
 علل مرگ در مالاریا: کم‌خونی، نارسایی کلیه و کبد و آسیب‌های مغزی  
 راه انتقال عامل مالاریا به بدن: هنگامی که پشه‌ی آلوده آدمی را نیش می‌زند، برای جلوگیری از انعقاد خون، بزاق خود را که حاوی ماده‌ی ضدانعقاد خون می‌باشد تزریق می‌کند. به این ترتیب، پلاسمودیوم مولد مالاریا وارد خون می‌شود.

### ۶۰۷- چرخه‌ی زندگی پلاسمودیوم:

- ۱- به هنگام نیش زدن پشه، پلاسمودیوم‌ها به صورت اسپوروزوئیت وارد خون انسان می‌شوند.
- ۲- اسپوروزوئیت‌ها وارد جگر شده و به سرعت تقسیم می‌شوند و میلیون‌ها سلول به نام مروزوئیت را پدید می‌آورند.
- ۳- مروزوئیت‌ها وارد گلبول‌های قرمز خون شده و در آن‌جا به سرعت تقسیم می‌شوند.
- ۴- در طی حدود ۴۸ ساعت گلبول‌های قرمز می‌ترکند و مروزوئیت‌ها و مواد سمی را آزاد می‌کنند که مواد سمی سبب تب و لرز می‌شوند (چرخه‌ی ورود مروزوئیت‌ها به گلبول‌های قرمز خون و پاره شدن این سلول‌ها بسته به گونه‌ی پلاسمودیوم هر ۴۸ تا ۷۲ ساعت تکرار می‌شود).
- ۵- برخی از مروزوئیت‌ها در خون به گامت‌ها نمو می‌یابند.
- ۶- گامت‌ها توسط پشه خورده می‌شوند و پس از لقاح به زیگوت تبدیل می‌شوند.
- ۷- زیگوت‌ها تعداد زیادی اسپوروزوئیت تولید می‌کنند و اسپوروزوئیت‌ها به غدد بزاقی پشه منتقل می‌شوند.
- ۸- اسپوروزوئیت‌ها مجدداً با نیش پشه وارد بدن انسان‌ها می‌شوند.

- ۶۰۸- **درمان و کنترل مالاریا:** کینین از پوست نوعی درخت گرفته می‌شود و در درمان مالاریا به کار می‌رود. کنترل مالاریا از طریق کاهش اندازه‌ی جمعیت پشه‌ی ناقل قابل اجرا است. که به این منظور از پاشیدن حشره‌کش‌ها و نیز وارد کردن جانورانی که لارو این پشه را می‌خورند، استفاده می‌شود.

## فصل ۱۱

۶۰۹-

**کیتین:** نوعی پلی‌ساکارید است که در دیواره‌ی سلولی قارچ‌ها و اسکلت حشرات وجود دارد.

- ۶۱۰- **میتوز هسته‌ای:** نوعی میتوز است که در آن، دوک در درون هسته تشکیل می‌شود و در طی میتوز (پروفاز) غشای هسته از بین نمی‌رود. در این نوع میتوز، کروموزوم‌ها به جای دو قطب سلول به دو قطب هسته کشیده شده و تقسیم سلولی با فرورفتگی غشای هسته نه غشای پلاسمایی پایان می‌یابد.

- ۶۱۱- **نخینه:** سلول‌های پیکر اغلب قارچ‌ها به هم متصل بوده و به صورت رشته‌های باریکی درمی‌آیند که به آن‌ها نخینه می‌گویند.

**میسلیوم:** توده‌ی درهم پیچیده از نخینه‌های قارچ‌ها را میسلیوم می‌نامند.

۶۱۲- **زیگومیست‌ها:** قارچ‌هایی هستند که ساختار تولیدمثل جنسی آن‌ها زیگوسپورانژ است.  
**آسکومیست‌ها:** قارچ‌هایی هستند که ساختار تولیدمثل جنسی آن‌ها آسک است.  
**بازیدیومیست‌ها:** قارچ‌هایی هستند که ساختار تولیدمثل جنسی آن‌ها بازیدیوم است.  
**دئوترومیست‌ها:** قارچ‌هایی هستند که تولیدمثل جنسی ندارند.

۶۱۳- **استولون(ساقه‌ی رونده):** نخینه‌هایی از کپک سیاه نان که در سطح نان رشد می‌کند، استولون نامیده می‌شود.  
**ریزوئید:** نخینه‌هایی از کپک سیاه نان که به درون نان نفوذ می‌کنند ریزوئید نامیده می‌شوند.  
**اسپورانژیوم:** ساختار تولیدکننده‌ی هاگ‌های غیرجنسی در کپک نان است.

۶۱۴- **آسکوکارپ:** نخینه‌های درهم بافته‌ی فنجانی شکل هستند که درون آن‌ها آسک تشکیل می‌شود.

۶۱۵- **مخمر:** آسکومیست‌های تک سلولی را مخمر می‌نامند.

۶۱۶- **بازیدیوم:** ساختار تولیدمثلی گرزمانندی است که هاگ‌های جنسی بازیدیومیست‌ها روی آن تشکیل می‌شوند.

۶۱۷- **قارچ ریشه:** نوعی رابطه‌ی هم‌یاری بین قارچ و گیاه است که بین قارچ و ریشه‌ی گیاهان آوندی برقرار می‌شود. در این رابطه، نخینه‌های قارچ به انتقال فسفر و مواد معدنی دیگر را از خاک به ریشه‌ی گیاه کمک می‌کند و گیاه نیز کربوهیدرات در اختیار قارچ قرار می‌دهد.

۶۱۸- **گل‌سنگ:** جان‌داری استثنایی و حاصل هم‌زیستی بین یک قارچ و یک فتوسنتزکننده است که جان‌دار فتوسنتزکننده جلبک سبز یا سیانوباکتری یا هر دو است و جزء قارچی اغلب آسکومیست است.

۶۱۹- **قارچ‌ها:**

**ویژگی‌های زیر قارچ‌ها را از گیاهان متمایز می‌سازد:**

- ۱- دیواره‌ی سلولی قارچ‌ها از جنس نوعی پلی‌ساکارید سخت به نام کیتین است. کیتین علاوه بر دیواره‌ی سلولی قارچ‌ها در اسکلت حشرات نیز وجود دارند.
- ۲- متحرک نیستند و هیچ سلول متحرکی ندارند.
- ۳- همگی هتروتروف هستند و انرژی خود را با تجزیه‌ی مولکول‌های آلی موجود در محیط خود به دست می‌آورند.
- ۴- قارچ‌ها بدن رشته‌ای دارند و برخلاف گیاهان فاقد ساختار بافتی هستند.
- ۵- میتوز هسته‌ای دارند. در این نوع میتوز دوک در درون هسته تشکیل می‌شود و در طی میتوز (پروفاز) غشای هسته از بین نمی‌رود. کروموزوم‌ها به‌جای دو قطب سلول به دو قطب هسته کشیده شده و تقسیم سلولی با فرورفتگی غشای هسته نه غشای پلاسمایی پایان می‌یابد.

۶۲۰- **قارچ پنی‌سیلیوم:**

پرزه‌های سبز و سفید در سطح پرتقال همان قارچ پنی‌سیلیوم هستند. پرزه‌های سبز و سفید در سطح میوه‌ی پرتقال ساختارهای تولیدمثلی قارچ هستند.

۶۲۱- **نخینه:** سلول‌های پیکر اغلب قارچ‌ها به هم متصل بوده و به صورت رشته‌های باریکی درمی‌آیند که به آن‌ها نخینه می‌گویند. در برخی قارچ‌ها، نخینه، دارای دیواره‌ی عرضی نمی‌باشد ولی در برخی دیگر، دیواره‌ی عرضی ناقص بوده و سلول‌ها را از هم جدا کرده است.

**میسلیوم:** توده‌ی درهم پیچیده از نخینه‌های قارچ‌ها را میسلیوم می‌نامند.

۶۲۲- نکته: همه ی قارچ ها پرسلولی هستند به جز مخمرها که همگی تک سلولی هستند.  
نکته: همه ی قارچ ها به صورت نخینه هستند به جز مخمرها که نخینه ندارند.

۶۲۳- **تغذیه ی قارچ ها:** قارچ ها گوارش برون سلولی دارند و به این منظور آنزیم های گوارشی را به بیرون از سلول روی مواد غذایی ریخته و پس از تجزیه ی آن ها مواد تجزیه شده را جذب می کنند.  
برخی قارچ ها انگل هستند. یعنی غذای خود را از میزبان زنده به دست می آورند. این گروه از قارچ ها نقش بسیار مهمی در چرخه ی مواد دارند.

#### ۶۲۴- تولیدمثل قارچ ها:

قارچ ها به کمک هاگ ها تکثیر می یابند. هاگ های قارچ ها توسط ساختارهای تولیدمثلی موجود در نوک نخینه ها به وجود می آیند. هاگ های قارچ ها همگی هاپلوئیدند و بر دو نوع هستند:  
۱- هاگ های جنسی که با تقسیم میوز تولید می شوند.  
۲- هاگ های غیرجنسی که بیشترین هاگ ها بوده و با تقسیم میتوز تولید می شوند.

۶۲۵- نکته: بیشتر هاگ های قارچ ها غیرجنسی هستند. یعنی با تقسیم میتوز تولید می شوند.  
نکته: ساختارهای تولیدمثلی قارچ ها در سطح منابع غذایی به وجود می آیند.

#### ۶۲۶- روش تولید هاگ های جنسی در قارچ ها:

- ۱- ابتدا دو نخینه به یکدیگر ملحق می شوند.
- ۲- نخینه های الحاق شده ساختارهای تولیدمثلی به وجود می آورند.
- ۳- هسته هایی با مواد ژنتیکی متفاوت درهم ادغام می شوند و سلول دیپلوئید را می سازند.
- ۴- سلول دیپلوئید به سرعت میوز انجام داده و هاگ های هاپلوئید جنسی را تولید می کند.

#### ۶۲۷- رده بندی قارچ ها:

- قارچ ها را براساس نوع ساختار تولیدمثلی که طی تولیدمثل جنسی تولید می کنند به چهار شاخه رده بندی می کنند:
- ۱- زیگومیسیت ها: ساختار تولیدمثل جنسی آن ها زیگوسپورانژ است.
  - ۲- آسکومیسیت ها: ساختار تولیدمثل جنسی آن ها آسک است.
  - ۳- بازیدیومیست ها: ساختار تولیدمثل جنسی آن ها بازیدیوم است.
  - ۴- دوترومیست ها: تولیدمثل جنسی ندارند.

بازیدیومیکوتا

آسکومیکوتا

زیگومیکوتا

نخینه دارای دیواره ی عرضی است.	نخینه دارای دیواره ی عرضی است.	نخینه فاقد دیواره ی عرضی است.
هاگ های جنسی در ساختاری به نام بازیدیوم تولید می شود.	هاگ های جنسی در ساختاری کیسه ای به نام آسک تولید می شود.	هاگ های جنسی در زیگوسپورانژیا تولید می شود.
تولید مثل غیرجنسی نادر است.	معمولاً تولیدمثل غیرجنسی انجام می دهند.	تولیدمثل غیرجنسی بسیار شایع تر از تولیدمثل جنسی است.
تولیدمثل غیرجنسی فقط در میان زنگ ها و سیاهک ها انجام می گیرد.	هاگ های غیرجنسی درون ساختار ویژه ای قرار ندارند و در نوک نخینه ها تشکیل می شوند.	هاگ های غیرجنسی درون ساختار ویژه ای به نام اسپورانژیا تولید می شوند.

۶۲۸-

### ۶۲۹- دئوترومیست‌ها:

- شامل قارچ‌هایی هستند که تولیدمثل جنسی انجام نمی‌دهند. زیست‌شناسان، براساس روش‌های مولکولی، بیشتر این قارچ‌ها را در شاخه‌ی آسکومیست‌ها قرار می‌دهند. مثال:
- ۱- گونه‌های پنی‌سیلیوم که پنی‌سیلین تولید می‌کنند.
  - ۲- اسپرژیلوس که در تخمیر سس سویا و تولید اسیدسیتریک به کار می‌رود.
  - ۳- قارچ مولد زخم در لای انگشتان پا.

### ۶۳۰- زیگومیست‌ها:

این قارچ‌ها در خاک زندگی می‌کنند و ساختار تولیدمثل جنسی آن‌ها دیواره‌ی ضخیمی دارد و به زیگوسپورانژ موسوم است. در زیگومیست‌ها تولیدمثل غیرجنسی شایع‌تر از تولیدمثل جنسی است و طی تولیدمثل غیرجنسی، هاگ‌های هاپلوئید در اسپورانژیوم تولید می‌شوند.

### ۶۳۱- ریزوپوس استولونیفر:

- کپ سیاه نان است. در خاک زندگی می‌کند. دو نوع نخینه دارد:
- الف) استولون(ساقه‌ی رونده): نخینه‌هایی که در سطح نان رشد می‌کنند.
  - ب) ریزوئید: نخینه‌هایی که به درون نان نفوذ می‌کنند.

### ۶۳۲- چرخه‌ی زندگی ریزوپوس استولونیفر:

#### الف) تولیدمثل غیرجنسی:

- ۱- در نوک نخینه‌های موجود در سطح نان هاگ‌دان‌های غیرجنسی به نام اسپورانژیوم به وجود می‌آیند.
- ۲- درون اسپورانژیوم‌ها با میتوز تعداد زیادی هاگ هاپلوئید به وجود می‌آیند.
- ۳- اسپورانژیوم پاره شده و هاگ‌ها به کمک باد پراکنده می‌شوند.
- ۴- با رویش هاگ‌ها نخینه‌های جدیدی به وجود می‌آیند و این کار بارها تکرار می‌شود.

#### ب) تولیدمثل جنسی:

- ۱- دو نخینه از دو قارچ به سوی یک‌دیگر رشد می‌کنند و دو اتاقتک می‌سازند که هر کدام محتوی چندین هسته‌ی هاپلوئید است.
- ۲- دو اتاقتک به هم پیوسته و هسته‌های درون آن‌ها با هم ادغام شده و تعدادی سلول دیپلوئید(زیگوت) را به وجود می‌آورند.
- ۳- زیگوت‌ها درون سلول مادر(اتاقتک) باقی می‌مانند و سلول مادر دیواره‌ای ضخیم می‌سازد. در این حالت به آن زیگوسپورانژ می‌گویند.(زیگوسپورانژ محتوی چندین زیگوت است.)
- ۴- زیگوسپورانژیوم شرایط نامساعد را سپری کرده و پس از مساعد شدن شرایط با تقسیم میوز رویش کرده و نخینه‌های هاپلوئید از آن خارج می‌شوند.(ابتدا میوز و سپس رویش سلول‌های هاپلوئید)

### ۶۳۳- آسکومیست‌ها:

- ۱- برخلاف زیگومیست‌ها فاقد ساختار ویژه برای تولید هاگ‌های غیرجنسی هستند و هاگ‌های غیرجنسی آن‌ها در نوک نخینه‌های تخصص یافته به وجود می‌آیند.
- ۲- هاگ‌های جنسی درون آسک‌های آسکوکارپ تشکیل می‌شوند. آسکوکارپ مجموعه‌ای از نخینه‌های به هم بافته شده‌ی فنجان‌ی شکل است.
- ۳- تولیدمثل در آن‌ها معمولاً به روش غیرجنسی انجام می‌گیرد.
- ۴- تولیدمثل غیرجنسی در انواع تک سلولی(مخمرها) به روش جوانه‌زنی است.



- ۶۳۴- **جوانه زدن:** روشی از تولیدمثل غیرجنسی است که در آن سلولی کوچک از سلول بزرگ تولید می شود.  
 مخمر: آسکومیست های تک سلولی را مخمر می نامند. مانند  
 ۱- ساکارومیسز سرویزیه: مخمر نان  
 ۲- کاندیدا آلبیکنز: قارچ مولد بیماری برفک دهان

#### ۶۳۵- تولیدمثل جنسی در آسکومیست ها:

- ۱- دو نخینه از دو قارچ در هم ادغام می شوند.
- ۲- هسته های هاپلوئید از یک قارچ به قارچ دیگر فرستاده می شوند.
- ۳- هسته های دو قارچ با هم جفت می شوند ولی در هم ادغام نمی شوند (سلول دو هسته ای).
- ۴- نخینه ها که حاوی سلول های دو هسته ای هستند رشد کرده و آسکوکارپ را می سازند.
- ۵- برخی هسته های جفت شده با هم ادغام شده و زیگوت دیپلوئید را می سازند.
- ۶- هر زیگوت با انجام میوز، چهار سلول به وجود می آورد و سلول های حاصل با میتوز به هشت سلول هاپلوئید تبدیل می شوند. هر هشت هاگ درون یک آسک (سلول مادر) قرار دارند.

#### ۶۳۶- بازیدیومیست ها:

ساختار تولیدمثل جنسی این قارچ ها بازیدیوم نام دارد. بازیدیوم، ساختار تولیدمثلی گرزمانندی است که هاگ ها روی آن ها تشکیل می شوند. در بازیدیومیست ها تولیدمثل غیرجنسی نادر است و فقط در زنگ ها و سیاهک ها به فراوانی روی می دهد.

انواع گوناگونی از قارچ ها به این شاخه مربوط هستند که می توان به مثال های زیر اشاره کرد:  
 قارچ های چتری- قارچ پفکی- قارچ ژله ای- قارچ صدفی- زنگ ها و سیاهک ها و آمانیتا موسکاریا  
 آمانیتا موسکاریا نوعی قارچ چتری است که سم بسیار قوی تولید می کند.

#### ۶۳۷- هم زیستی قارچ ها:

قارچ ها با گیاهان و جلبک ها رابطه ی هم یاری دارند. در این رابطه، قارچ مواد معدنی مورد نیاز را از خاک جذب کرده و در اختیار گیاه یا جلبک قرار می دهد و گیاه یا جلبک، با انجام فتوسنتز، مواد غذایی را در اختیار قارچ قرار می دهد.

۶۳۸- **قارچ ریشه:** نوعی رابطه ی هم یاری بین قارچ و گیاه است که بین قارچ و ریشه ی گیاهان آوندی برقرار می شود. در این رابطه، نخینه های قارچ به انتقال فسفر و مواد معدنی دیگر را از خاک به ریشه ی گیاه کمک می کند و گیاه نیز کربوهیدرات در اختیار قارچ قرار می دهد.  
 نکته: در قارچ ریشه، قارچ اغلب از بازیدیومیست ها است.

۶۳۹- **گل سنگ:** جان داری استثنایی و حاصل هم زیستی بین یک قارچ و یک فتوستزکننده است که جان دار فتوستزکننده جلبک سبز یا سیانوباکتری یا هر دو است و جزء قارچی اغلب آسکومیست است. جزء فتوستزکننده، کربوهیدرات را می سازد و جزء قارچی دو وظیفه بر عهده دارد: ۱- تأمین مواد معدنی ۲- محافظت از جزء فتوستزکننده  
 گل سنگ ها اولین جان داران هر اکوسیستم هستند که در یک محل جایگزین شده و اکوسیستم را بنیان می گذارند.  
 گل سنگ ها، سنگ ها را خرد کرده و محیط را برای جان داران دیگر مهیا می کنند.

گل سنگ ها، نقش کلیدی در ایجاد اکوسیستم ها دارند؛ چون قادرند نیتروژن را تثبیت کنند و آن را به صورتی درمی آورند که برای جان داران قابل استفاده باشد.  
 گل سنگ ها می توانند در برابر خشکی و انجماد مقاومت کنند. در چنین شرایطی به خواب می روند و با مساعد شدن شرایط دوباره رشد خود را از سر می گیرند.  
 گل سنگ ها نسبت به تغییرات شیمیایی محیط، حساس هستند به همین سبب به عنوان ابزارهای زنده ای برای سنجش کیفیت هوا به شمار می روند.