

اهداف درسی

1. مفهوم عکس‌العمل نباتات را توضیح دهد.
2. انواع عکس‌العمل‌ها را در نباتات تشخیص دهد.
3. فرق میان حرکات نباتی و عکس‌العمل‌های حیوانی را بیان کند.
4. وظایف اکسین و ایتلین را توضیح دهد.
5. استعمال هورمون‌های نباتی را در زراعت و باغداری مثال بزند

مفهوم عکس‌العمل در نباتات

نباتات با وجود نداشتن سیستم عصبی و عضلات، می‌توانند نسبت به تحریک‌های محیطی (مانند نور، جاذبه، لمس، آب و مواد کیمیایی) پاسخ نشان دهند.

به این پاسخ‌ها، عکس‌العمل نباتی یا حرکت نباتی گفته می‌شود.

نام هورمون	وظیفه
اکسین (Auxin)	تحریک رشد ساقه، سبب خم شدن ساقه به طرف نور.
جیبیرلین (Gibberellin)	رشد طولی ساقه و بیداری دانه‌ها.
سایتوکینین (Cytokinin)	تقسیم حجرات و تاخیر در پیری برگ‌ها.
ابسیزیک اسید (Abscisic acid)	جلوگیری از رشد، کمک به بسته شدن روزنه‌ها در حالت خشکی.
ایتلین (Ethylene)	رسیدن میوه‌ها و جدا شدن برگ‌ها.

انواع عکس‌العمل‌های نباتی

عکس‌العمل نباتات به دو نوع عمده تقسیم می‌شود:

۱. تروپیسیم - (Tropism) حرکات دایمی و جهت‌دار

تروپیسیم حرکتی است که جهت آن به سمت منبع تحریک یا دور از آن می‌باشد.
اگر حرکت به سوی منبع تحریک باشد → تروپیسیم مثبت
اگر حرکت دور از منبع تحریک باشد → تروپیسیم منفی

انواع تروپیسیم:



۲. ناستی - (Nastic movements) حرکات غیردایمی و غیرجهتی

این حرکات به جهت تحریک وابسته نیستند و معمولاً به حالت موقتی یا قابل برگشت دیده می‌شوند.

نمونه‌ها:

- نیکتیناستی: (Nyctinasty) باز و بسته شدن برگ‌ها در روز و شب، مثل گیاه نخود گل.
- تایگموناستی: (Thigmonasty) بسته شدن برگ‌های گیاه "میمتوسا پودیکا" (گیاه حساس) در اثر لمس.
- ترموناستی: (Thermonasty) باز شدن گل در اثر تغییر حرارت.

هورمون‌های نباتی و نقش آن‌ها

هورمون‌های نباتی مواد کیمیایی هستند که در قسمت‌های خاص نبات تولید شده و در قسمت‌های دیگر اثر می‌گذارند.

انواع مهم هورمون‌های نباتی:

معلومات اضافی (خارج از کتاب)

- در نباتات، اکسین در سمت سایه‌ای ساقه بیشتر تجمع می‌یابد، باعث می‌شود آن قسمت بیشتر رشد کند و ساقه به سمت نور خم شود.
- بعضی نباتات مانند گل آفتاب‌گردان، در دوران رشد خود همیشه سر خود را به سمت خورشید می‌گردانند (فوتوتروپیسیم مثبت).

- نباتات می‌توانند در برابر فشار باد یا تغییرات محیطی حافظه کوتاه مدت فیزیولوژیکی از خود نشان دهند

🌿 مفهوم هورمون نباتی (Plant Hormone)

هورمون نباتی مواد کیمیای طبیعی اند که در قسمت‌های مشخص نبات تولید می‌شوند و بر رشد، تقسیم، یا واکنش‌های فیزیولوژیکی نبات در قسمت‌های دیگر تأثیر می‌گذارند. مقدار آن‌ها بسیار کم است، ولی اثرشان بسیار زیاد می‌باشد.

به این مواد، مواد تنظیم‌کننده رشد نباتات (Plant Growth Regulators) نیز گفته می‌شود.

🌸 هورمون اکسین (Auxin)

🔪 محل تولید:

در قسمت‌های فعال نبات مانند نوک ساقه‌ها، برگ‌های جوان و تخمک در حال رشد تولید می‌شود.

🌿 وظایف مهم:

1. تحریک رشد طولی حجرات ساقه.
2. جلوگیری از رشد جوانه‌های جانبی (پدیده غلبه راسی).
3. کمک به تشکیل ریشه در قلمه‌های نبات.
4. تنظیم حرکات تروپیسمی مانند فوتوتروپیسیم.
5. کمک به تشکیل میوه بدون تخم در بعضی نباتات (پارتینوکاری).

🌿 معلومات اضافی:

در زراعت از اکسین‌های مصنوعی مانند IAA (Indole Acetic Acid) و NAA (Naphthalene Acetic Acid) برای تحریک ریشه‌دهی و جلوگیری از ریزش میوه‌ها استفاده می‌شود.

🌱 هورمون ایتلین (Ethylene)

🔪 محل تولید: در بیشتر قسمت‌های نبات به‌ویژه در میوه‌های رسیده، برگ‌ها و گل‌های پیر.

🌿 وظایف مهم:

1. کمک به رسیدن میوه‌ها (مثل کیله، سیب و انبه).
2. تسریع در پیری برگ‌ها و گل‌ها.
3. سبب جدا شدن برگ‌ها و میوه‌ها از ساقه می‌شود (ابیشتن).
4. تنظیم برخی حرکات نباتی مانند بسته شدن گل‌ها.

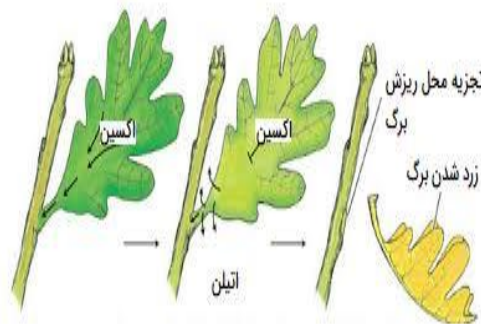
🌿 معلومات اضافی:

ایتلین گاز است و در حالت طبیعی از نباتات آزاد می‌شود. در زراعت از ایتلین مصنوعی یا مواد مشابه آن (مانند ایتفان) برای رسیدن هم‌زمان میوه‌ها استفاده می‌شود.

🌿 موارد استفاده اکسین و ایتلین در زراعت

🌿 ۱. اکسین (Auxin)

هورمون اکسین یکی از مهم‌ترین مواد تنظیم‌کننده رشد نباتات است که در قسمت‌های جوان ساقه و برگ تولید می‌شود. در زراعت، از اکسین طبیعی یا مصنوعی (مانند IAA و NAA) برای مقاصد مختلف استفاده می‌گردد.



موارد استفاده اکسین :

1. تحریک رشد ریشه در قلمه‌ها:

وقتی قلمه نبات در محلول اکسین قرار داده شود، ریشه‌های جدید به سرعت رشد می‌کنند. این روش در قلمه‌های تاک، نیشکر و گل سرخ زیاد استفاده می‌شود.

2. جلوگیری از ریزش میوه‌ها:

اکسین باعث می‌شود میوه‌ها در شاخه باقی بمانند و قبل از رسیدن، نیفتند. در زراعت سیب، انبه و گوجه‌فرنگی از این خاصیت استفاده می‌شود.

3. تشکیل میوه بدون تخم (پارتینوکاری):

اگر گل نبات با اکسین تیمار شود، بدون انجام عمل القاح نیز میوه تشکیل می‌شود. این روش در تولید کیله و نارنجی بدون تخم استفاده می‌گردد.

4. تنظیم رشد و شکل نبات:

اکسین باعث می‌شود ساقه‌ها به طرف نور خم شوند (فوتوتروپیسم مثبت) و نبات رشد متعادل داشته باشد.

5. استفاده در تداوی علف‌های هرزه:

بعضی ترکیبات مصنوعی اکسین مانند D 2,4- باعث از بین رفتن علف‌های هرزه پهن برگ می‌شود بدون آن‌که به نباتات اصلی آسیب برساند.

۲. ایتلین (Ethylene)

ایتلین یک هورمون نباتی به شکل گاز است که در قسمت‌های مختلف نبات، مخصوصاً در میوه‌ها، گل‌ها و برگ‌های پیر تولید می‌شود. در زراعت، از ایتلین یا مواد مشابه آن (مثل ایتفان) استفاده‌های فراوان صورت می‌گیرد.

موارد استفاده ایتلین:

1. رسیدن میوه‌ها:

مهم‌ترین استفاده ایتلین، تسریع در رسیدن میوه‌ها است. این هورمون باعث نرم شدن دیواره حجرات، تبدیل نشاسته به قند و تغییر رنگ میوه می‌شود.

در میوه‌هایی چون کیله، سیب، انبه، و رومی از ایتلین برای رسیدن هم‌زمان استفاده می‌گردد.

2. جدا شدن برگ‌ها و میوه‌ها:

ایتلین باعث شکستن حجرات در پایه دمبرگ و دم میوه می‌شود، در نتیجه برگ‌ها یا میوه‌ها به آسانی از ساقه جدا می‌گردند.

این خاصیت در برداشت آسان میوه‌ها مفید است.

3. تسریع در پیری نبات:

در نباتات زینتی، از ایتلین برای کنترل زمان باز و بسته شدن گل‌ها استفاده می‌شود.

4. هم‌زمان‌سازی رشد و رسیدن محصولات:

در زراعت تجارتي، ایتلین کمک می‌کند تا تمام میوه‌های یک باغ در وقت مشخص آماده جمع‌آوری شوند، که کار برداشت را آسان می‌سازد.

5. باز شدن گل‌ها:

بعضی نباتات در اثر ایتلین گل‌های خود را سریع‌تر باز می‌کنند، مثلاً گل‌های درخت پنبه یا انبه.

نکته

در زراعت صنعتی امروز، از ترکیبات مصنوعی هورمونی برای افزایش حاصل، تسریع رشد،

جلوگیری از ضایع شدن محصولات و حتی کنترل زمان رسیدگی میوه‌ها استفاده می‌شود.

اما استفاده بیش از حد از این مواد می‌تواند به تغییرات فیزیولوژیکی غیرطبیعی در نبات و کاهش کیفیت میوه‌ها منجر شود.

۱. تفاوت «رشد» و «نمو»

• **رشد (Growth):** افزایش کمی و غیرقابل برگشت اندازه یا جرم نبات است — مثل افزایش طول ساقه، وزن خشک یا تعداد حجرات. رشد معمولاً با تقسیم و بزرگ شدن حجرات همراه است.

• **نمو (Development):** تغییرات کیفی و پیشرونده در ساختار و کارکرد نبات؛ شامل تمایز حجرات، تشکیل بافت‌ها، انتقال از مرحله جنینی به رویشی و از رویشی به تولید مثلی (گلدهی)، بلوغ و پیری می‌شود.

خلاصه: رشد = زیاد شدن اندازه/جرم (کمی)، نمو = تغییر شکل و کارکرد (کیفی)



عناصر و فرایندهای بنیادی رشد در نبات

سه فرایند اصلی که رشد را می‌سازند:

1. تقسیم حجره — (Cell division) در بافت‌های مریستمی صورت می‌گیرد.
2. بزرگ‌شدن یا اتساع حجره — (Cell enlargement/expansion) پس از تقسیم، حجرات با جذب آب و تغییر دیواره سلولی بزرگ می‌شوند.
3. تمایز حجره — (Cell differentiation) حجرات تازه تقسیم شده به انواع بافت‌ها (آوندی، پارانشیم، کوتیکل، اپیدرم و غیره) تبدیل می‌گردند.

بافت‌های مریستمی (مرکز رشد):

- **مریستم رأسی (Apical meristem):** در نوک ریشه و نوک ساقه، مسئول رشد طولی اولیه.
- **مریستم بینابینی (Intercalary meristem):** در پایه گره‌ها (مثلاً در گیاهان چمن‌نما) برای رشد طولی بینابینی.
- **مریستم جانبی (Lateral meristem):** نظیر کامبیوم و فلوئم-وابسته برای رشد پهناپی (ضخامت ساقه)، یعنی رشد ثانویه.

نمو در نباتات — مراحل و فازها

1. **مرحله جنینی (Embryogenesis):** تشکیل جنین از زیگوت داخل بذر — تمایز اولیه ساقه، ریشه و نخستین برگ‌ها.
2. **خواب و جوانه‌زنی بذر (Dormancy & Germination):** شرایط محیطی مناسب (آب، هوا، نور/حرارت) سبب فعال‌شدن جنین و آغاز رشد می‌شود.
 - **گیبرلین (Gibberellin):** در جوانه‌زنی معمولاً باعث فعال‌سازی آنزیم‌هایی مثل α -آمیلاز در لایه آلیاوری (aleurone) می‌شود تا نشاسته آندوسپرم به قند تبدیل شده انرژی فراهم کند.
3. **فاز رویشی (Vegetative phase):** رشد ساقه و ریشه، تولید برگ‌ها و بافت‌های رویشی.
4. **فاز تولید مثلی (Reproductive phase):** تشکیل گل، لقاح، تشکیل میوه و دانه.
5. **پیری و مرگ (Senescence & Death):** کاهش فعالیت فیزیولوژیک، زردی برگ‌ها، ریزش و پایان چرخه زندگی.

تنظیم رشد و نمو — عوامل و مکانیسم‌ها

رشد و نمو نباتات تحت تأثیر عوامل داخلی (ژن‌ها و هورمون‌ها) و عوامل خارجی/محیطی قرار دارد. مهم‌ترین آن‌ها:

الف) هورمون‌های نباتی — (Plant hormones) نقش‌ها و تعامل‌ها
• **اکسین (Auxin)**

- محل تولید: نوک ساقه، برگ‌های جوان و نقاط رشد.
- اثرات: تحریک اتساع حجره (acid-growth hypothesis)، تنظیم فوتوتروپیسم و ژئوتروپیسم، حفظ غلبه رأسی (apical dominance)، تحریک تشکیل ریشه در قلمه‌ها، کمک به تشکیل میوه بدون تخم. (parthenocarpy)
- مکانیسم: توزیع پلاری (قطبی) اکسین از طریق انتقال فعال (پروتئین‌های PIN باعث تجمع اکسین در یک سمت می‌شود؛ اکسین با فعال‌سازی پمپ‌های پروتون و پروتئین‌های اسپنکسین دیواره حجره را نرم کرده اتساع را آسان می‌سازد.

• **جیبرلین (Gibberellin / GA)**

- اثرات: افزایش رشد طولی ساقه، بیداری بذرهای خفته، تحریک تولید آنزیم‌های تجزیه‌کننده ذخایر بذر (مثلاً α -آمیلاز).
- کاربرد: افزایش اندازه میوه، القای جوانه‌زنی در برخی گونه‌ها.

• **سایتوکینین (Cytokinin)**

- محل تولید: ریشه‌ها (و برخی بافت‌ها).
- اثرات: تحریک تقسیم حجره، تأخیر در پیری برگ‌ها (anti-senescence)، تنظیم نسبت اکسین/سایتوکینین در تعیین تشکیل ریشه یا ساقه در کشت بافت.

• **ابسیزیک اسید (Abscisic acid / ABA)**

- اثرات: ایجاد خواب یا dormancy در بذر، بسته شدن روزنه‌ها در شرایط خشکی، مهار رشد.
- نقش حفاظتی در پاسخ به خشکی و استرس.

• **ایتلین (Ethylene)**

- شکل: گازی.
- اثرات: تسریع رسیدن میوه، پیری و ریزش بافت‌ها (abscission)، پاسخ به آسیب و استرس.
- اکسین می‌تواند سنتز ایتلین را افزایش دهد؛ بنابراین بین هورمون‌ها تعامل وجود دارد.

تعامل هورمونی (Hormonal cross-talk):

رشد و نمو نتیجه تعادل و نسبت میان هورمون‌هاست؛ مثلاً نسبت اکسین به سایتوکینین در تعیین تمایل به تشکیل ریشه یا پیکت (shoot) در کشت بافت مهم است (نسبت زیاد اکسین → ریشه؛ نسبت زیاد سایتوکینین → جوانه/ساقه).

ب) عوامل محیطی

- **نور (Light):** شدت، کیفیت (رنگ) و مدت نور (photoperiod) تأثیر عمیق دارد. نور روی فوتومورفوژنز، فوتوتروپیسم و زمان گلدهی اثر می‌کند.
 - **فوتومورفوژنز:** رشد و نمو به شیوه نورمحور؛ در تاریکی، گیاهان به صورت کشیده و با برگ‌های کوچک رشد می‌کنند. (skotomorphogenesis)

1. عکس العمل نباتات را تعریف کنید و تفاوت آن را با عکس العمل حیوانات بیان نمایید.
2. چرا برگ‌های بعضی نباتات در شب بسته می‌شوند؟
3. هورمون نباتی را تعریف کنید و دو مثال بنویسید.
4. وظایف عمده هورمون اکسین را ذکر نمایید
5. نقش جیبرلین را در جوانه‌زنی بذر شرح دهید.

✍ جای خالی

1. حرکت نباتات در پاسخ به نور را _____ می‌گویند.
2. هورمونی که باعث رسیدن میوه‌ها می‌شود _____ است.
3. هورمونی که باعث رسیدن میوه‌ها می‌شود _____ است.
4. از هورمون _____ برای جلوگیری از ریزش میوه‌ها استفاده می‌شود.

تروپیزم (Tropism) در نباتات

◇ تعریف تروپیزم

تروپیزم عبارت است از حرکت رشدی نبات در جهت یک عامل خارجی یا مخالف آن عامل. این حرکت دائمی و رشدمحور است و بیشتر در شاخه، ریشه و ساقه‌های جوان مشاهده می‌شود.



◇ ویژگی‌های اصلی تروپیزم

- ناشی از رشد غیر مساوی حجرات است.
- تحت تأثیر هورمون‌ها مخصوصاً اکسین‌ها قرار دارد.
- فقط در قسمت‌های در حال رشد نبات دیده می‌شود.
- حرکت برگشت‌ناپذیر است (برخلاف ناستی حرکات که موقتی‌اند).

◇ انواع مهم تروپیزم در نباتات

1. فوتوتروپیزم – (Phototropism) واکنش به نور
 - رشد ساقه به طرف نور ← مثبت
 - رشد ریشه به طرف مخالف نور ← منفی
 - ✓ مثال: شاخه نبات در اتاق تاریک به طرف پنجره نور می‌چرخد.

2. جیوتروپیزم یا گریوتروپیزم – (Geotropism) واکنش به جاذبه زمین

○ فوتوپریودیسم: پاسخ به طول روز/شب → تعیین زمان گلدهی (گیاهان روزکوتاه، روزبلند، روزخنثی). مولکولی: پروتئینی به اسم (FT فلویدرن) از برگ ساخته و به مریستیم رأسی منتقل می‌شود تا گلدهی را القا کند (مفاهیم مدرن).

○ ورنالیزاسیون: (Vernalization) نیاز به دوره سرما برای آماده شدن گیاه جهت گلدهی؛ اغلب با تغییرات اپی ژنتیک همراه است.

- دما: (Temperature) رشد و فعالیت آنزیم‌ها و نرخ متابولیسم را تنظیم می‌کند. دماهای خیلی بالا یا پایین رشد را متوقف می‌کنند یا خسارت ایجاد می‌کنند.
- آب و نمک: (Water & Salinity) کم‌آبی موجب بسته‌شدن روزنه، کاهش رشد و فعال‌شدن ABA می‌شود.
- مواد غذایی: (Nutrients) نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر ریزمغذی برای رشد و تولید ضروری‌اند.
- جاذبه و تماس: (Gravity & Touch) ژئوتروپیزم (تأثیر جاذبه) و تایگموتروپیزم/تایگموناستی (پاسخ به لمس) نمونه‌هایی از تأثیر محرک‌های مکانیکی‌اند.

ج) کنترل ژنتیکی و مولکولی

ژن‌ها و شبکه‌های تنظیمی مسیرهای رشد را هدایت می‌کنند؛ عوامل رونویسی (transcription factors)، مسیرهای سیگنالینگ هورمونی، و تنظیمات اپی ژنتیک نقش اساسی دارند. برای مثال، ژن‌های مسئول ساخت PIN انتقال‌دهنده اکسین توزیع اکسین را تعیین می‌کنند و بدین‌سان الگوهای رشد را شکل می‌دهند.

مثال‌های کاربردی و تکنیک‌های مدیریتی در زراعت و باغداری

- کاشت قلمه و استفاده از اکسین مصنوعی (NAA, IBA) برای ریشه‌دهی سریع قلمه‌ها.
- برداشتن جوانه رأس (decapitation) برای کاهش غلبه رأسی و تحریک جوانه‌های جانبی (باغبانی).
- استفاده از جیبرلین برای افزایش اندازه میوه در انگور یا برای تولید میوه‌های درشت‌تر.
- استفاده از ایتلین یا متیل‌ایتل‌پراکسی (مواد القاکننده رسیدگی) برای همگن‌سازی رسیدن میوه‌ها قبل برداشت.
- استفاده از مهارکننده‌های ایتلین مثلاً 1-MCP- برای کند کردن پیری میوه‌ها پس از برداشت و افزایش مدت نگهداری.
- کشت بافت: (Tissue culture) تنظیم نسبت اکسین/سایتوکینین برای تشویق به تشکیل کالوس، ریشه یا جوانه، تولید گیاهچه‌های همگن و تکثیر سریع.

سوالات تشریحی

- حمایت میخانیکی (بالا رفتن از اجسام)
- بقا در شرایط محیطی مختلف

عکس العمل نباتات در مقابل خشک سالی (Stress Physiology)

خشک سالی یکی از بزرگترین عوامل تهدیدکننده زندهمانی نباتات است. نباتات موجودات ثابت هستند و توانایی فرار از شرایط نامناسب را ندارند؛ بنابراین، راهکارهای فیزیولوژیکی و ساختمانی خاصی را برای مقابله با کمبود آب ایجاد کرده‌اند.



● خشک سالی چیست؟

خشک سالی وضعیتی است که در آن مقدار آب موجود در خاک و هوا کمتر از نیاز نبات باشد. در این حالت، نبات با استرس آبی مواجه می‌شود که اگر کنترل نشود، باعث توقف رشد و حتی مرگ نبات می‌گردد.

● اثرات خشک سالی بر نباتات

1. کاهش فشار تورجر در حجرات
2. بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تبخیر
3. کاهش سرعت ترکیب ضیایی
4. از دست رفتن شگوفه‌ها یا میوه‌ها
5. زرد شدن و خشک شدن برگ‌ها
6. کند شدن رشد ساقه و ریشه

● میکانیسم‌های دفاعی نباتات در مقابل خشک سالی

◇ ۱. واکنش‌های ساختمانی (Structural Adaptations)

◇ ۲. واکنش‌های فیزیولوژیکی (Physiological Responses)

☑ بسته شدن روزنه‌ها:

هورمون آبسزیک اسید (ABA) تولید می‌شود و روزنه‌ها را می‌بندد تا مانع تبخیر گردد.

- ریشه به سمت جاذبه (پایین) ← جیوتروپیسم مثبت
- ساقه خلاف جهت جاذبه (بالا) ← جیوتروپیسم منفی
- ✓ آکسین به طرف پایین می‌رود و باعث رشد بیشتر حجرات در آن قسمت می‌شود.

3. هایدرتروپیسم – (Hydrotropism) واکنش به آب

- ریشه‌ها همیشه به طرف رطوبت و آب حرکت می‌کنند.
- ✓ این حرکت برای بقا حیاتی است.

4. تائیگموتروپیسم – (Thigmotropism) واکنش به تماس

- در نباتات بالارونده مانند تاک انگور، پیچک‌ها دور جسم تماس‌دار می‌پیچند.
- ✓ این حرکت باعث حمایت و استقرار نبات می‌شود.

◇ مکانیسم تروپیسم (چگونه تروپیسم رخ می‌دهد؟)

1. عامل محیطی (نور، جاذبه، رطوبت) بر یک طرف ساقه یا ریشه اثر می‌گذارد.
2. هورمون آکسین در طرف مخالف جمع می‌شود.

مثال	توضیح	روش
نباتات صحرایی مانند کاکتوس	کاهش سطح تماس با هوا و کاهش تبخیر	برگ‌های ضخیم و کوچیک
نباتات مناطق گرم	پوشش مومی روی برگ که مانع تبخیر می‌شود	کوتیکول ضخیم
اکثریت نباتات مقاوم به خشکی	کاهش تبخیر آب	کاهش تعداد روزنه‌ها
درختان صحرایی مانند اقاچیا (Acacia)	دسترس‌ی به آب‌های زیرزمینی	ریشه‌های عمیق
صنوبر و کاج	کاهش سطح برگ	برگ‌های سوزنی شکل

3. این هورمون باعث کشش حجرات و رشد طولی نامساوی می‌گردد.
4. در نتیجه، نبات به سمت عامل محرک خم می‌شود یا از آن دور می‌گردد.

◇ اهمیت تروپیسم در زندگی نباتات

- کمک در به دست آوردن نور برای ترکیب ضیایی
- یافتن آب و مواد معدنی

☑ جمع آوری مواد محلول در حجره (آسمورگولاسیون):
 نبات املاح و قندها را در حجرات ذخیره می کند تا آب از دست نرود.

☑ افزایش تولید ریشه نسبت به ساقه:
 نبات انرژی خود را بر رشد ریشه متمرکز می کند تا آب بیشتری جذب کند.

۳. واکنش های بایوکیمیای

- تولید پروتین های ضد استرس (Heat Shock Proteins)
- فعال شدن ژن های مقاوم به خشکی
- افزایش انتی اکسیدانت ها برای جلوگیری از تخریب حجرات

🌿 رفتار نباتات در حالت دوامدار خشک سالی

توضیح	روش مقابله	نوع نبات
گندم در فصل خشک رشد نمی کند	رشد خود را آهسته می کنند و وارد خواب می شوند	نبات های اجتناب کننده
کاکتوس، صنوبر	وسایل فیزیولوژیکی قوی برای حفظ آب دارند	نبات های تحمل کننده
نباتات موسمی صحرایی	دوره زندگی کوتاه دارند و قبل از خشک سالی به تولید مثل می رسند	نبات های فراری از خشکی

🌿 اهمیت این میکانیزم ها

این روش ها به نبات کمک می کنند تا:

- بقای خود را حفظ کند
- تولید مثل را ادامه دهد

تکثیر زوجی در نباتات تخمدار (گیاهان دارای تخمدان)

تکثیر زوجی یا تولید مثل جنسی در نباتات تخمدار، شامل مراحل مشخصی است که طی آن گامت نر (دانه گرده) و گامت ماده (تخمک) باهم یک جا شده، القاح صورت می گیرد و در نهایت بذر (تخمه) ساخته می شود.

🌿 اهمیت تکثیر زوجی

- ایجاد صفات جدید در نباتات (تنوع ژنتیکی)
- توانایی سازگاری با محیط
- تولید بذر برای نسل بعدی

🌸 اجزای اصلی نباتات تخمدار که در تکثیر زوجی نقش دارند

۱. قسمت نر - پرچم (Stamen)

- بساک (Anther): محل تولید دانه گرده
- نخچه (Filament): پایه بساک

۲. قسمت ماده - مادگی (Pistil)

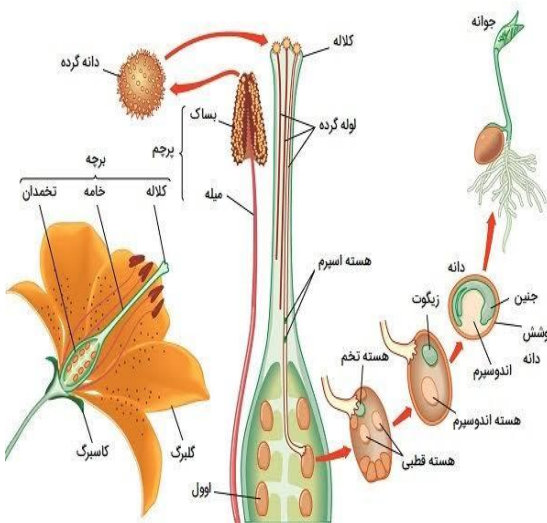
- کلاله (Stigma): محل نشستن گرده
- خامه (Style): لوله ای که گرده از آن عبور می کند
- تخمدان (Ovary): محل تشکیل تخمک (گامت ماده)

🌸 مراحل تکثیر زوجی در نباتات تخمدار

🌿 مرحله ۱: تشکیل دانه گرده (Microsporogenesis)

- در داخل بساک، حجرات مایکروسپور مادر تقسیم میوز می کنند.
- چهار مایکروسپور یا هاپلوئید ساخته می شود.
- هر مایکروسپور به یک دانه گرده (گامت نر) تبدیل می شود.

🌿 مرحله ۲: تشکیل تخمک (Megasporesogenesis)



- در داخل تخمدان، یک حجره بزرگ مادر به کمک میوز چهار میگاسپور تولید می کند.
- یکی فعال باقی می ماند و سه تای دیگر از بین می روند.
- این حجره فعال به کمک میتوز کیسه جنینی را تشکیل می دهد که شامل اووسفر (گامت ماده) است.

◇ مرحله ۳: گرده افشانی (Pollination)

- انتقال دانه گرده از بساک به کلاله
- به وسیله باد، حشرات، آب یا حیوانات انجام می شود.

◇ مرحله ۴: جوانه زدن دانه گرده

- دانه گرده در کلاله آب جذب می کند و لوله گرده رشد می کند.
- این لوله به طرف تخمدان حرکت کرده، دو سپرم را انتقال می دهد.

◇ مرحله ۵: القاح دوگانه – (Double Fertilization) ویژگی مخصوص گیاهان تخمدار

- سپرم اول → با اووسفر یک جا شده و زایگوت (جنین) را می سازد.
- سپرم دوم → با دو هسته قطبی یک جا می شود و اندوسپرم (بخش غذایی تخمه) را تشکیل می دهد.

🔗 نتیجه: در یک نبات تخمدار دو القاح صورت می گیرد:

1. القاح جنین
2. القاح اندوسپرم

🔗 مرحله نهایی: تشکیل تخمه و میوه

تبدیل بعد از القاح	جزء نبات
تبدیل به تخمه (بذر) می شود	تخمک
تبدیل به میوه می گردد	تخمدان
تبدیل به جنین می شود	زایگوت
غذای ذخیره ای برای رشد جنین می شود	اندوسپرم

طرز تشکیل دانه گرده و گامت مذکر در نباتات تخمدار

تشکیل گامت مذکر در نباتات تخمدار یک مراحل منظم، دقیق و علمی است که در داخل بساک پرچم (قسمت نر گل) صورت می گیرد.

🔗 ۱. محل تشکیل گامت مذکر کجاست؟

گامت مذکر در دانه گرده (Pollen Grain) قرار دارد که در داخل بساک (Anther) ساخته می شود. بساک دارای چهار کیسه گرده است که حجرات اولیه در آن تقسیم می شوند.

🔗 ۲. مراحل تشکیل دانه گرده (Microsporogenesis)

☑ مرحله اول: تشکیل حجره مادر میکروسپور

- هر کیسه گرده دارای یک حجره مادر دیپلوئید (2n) است.

☑ مرحله دوم: تقسیم میوز

- حجره مادر میوز انجام می دهد → نتیجه: چهار حجره هاپلوئید (n) که به آن میکروسپور می گویند.

☑ مرحله سوم: تشکیل دانه گرده

- هر میکروسپور با یک تقسیم میتوزی، دو حجره ایجاد می کند:
 1. حجره رویشی → (Vegetative cell) مسئول رشد لوله گرده
 2. حجره تناسلی → (Generative cell) مسئول تشکیل سپرم ها

🔗 در این مرحله دانه گرده دو هسته دارد و این حالت بالغ آن است.

۳. تشکیل گامت مذکر (سپرم‌ها یا Male Gametes)

- حجره تناسلی داخل دانه گرده یک بار دیگر میتوز انجام می‌دهد و دو سپرم هاپلوئید (n) تولید می‌کند.

نکته در پایان:

یک دانه گرده = سه هسته

- ۱ هسته رویشی
- ۲ هسته سپرم یا نرینه (گامت‌های مذکر)

۴. ساختار دانه گرده (Pollen Grain)

نقش	جزء
طبقه بیرونی، ضخیم و مقاوم در برابر خشکی	اگزین (Exine)
طبقه داخلی، نرم و کمک به رشد لوله گرده	انتین (Intine)
تشکیل لوله گرده	حجره رویشی
تولید سپرم‌ها	حجره تناسلی

۵. جوانه‌زدن دانه گرده

وقتی دانه گرده بر کلانه گل نشست:



- آب جذب می‌کند
- هسته رویشی باعث رشد لوله گرده می‌شود
- هسته تناسلی → به دو سپرم تقسیم می‌شود
- این سپرم‌ها به داخل تخمدان انتقال یافته و آماده القاح می‌شوند

طرز تشکیل تخمه (تخمک) و گامت مونث در نباتات تخمدار

تشکیل گامت مونث در داخل تخمدان گل انجام می‌گیرد. تخمدان دارای یک یا چند تخمک (Ovule) است که گامت مونث یا اووسفر (Egg Cell) داخل آن ساخته می‌شود.

۱. ساختار تخمک (Ovule)

تخمک در داخل تخمدان قرار داشته و دارای بخش‌های زیر است:

نقش	جزء تخمک
لایه‌های محافظ تخمک	اینترگومنت‌ها (پرده‌ها)
منفذ کوچک ورودی لوله گرده	میکروپایل (Micropyle)
بافت غذایی که حجره مادر در آن قرار دارد	نوکلئوس (Nucellus)
محل تشکیل اووسفر (گامت ماده)	کیسه جنینی (Embryo sac)

۲. مراحل تشکیل گامت مونث (Megasporogenesis & Megagametogenesis)

✓ مرحله اول: تشکیل حجره مادر مگاسپور

- در نوکلئوس تخمک، یک حجره مادر دیپلوئید (2n) وجود دارد.

✓ مرحله دوم: تقسیم میوز

- حجره مادر با میوز به چهار حجره مگاسپور هاپلوئید (n) تبدیل می‌شود.
- از این چهار حجره، سه تای آن از بین می‌رود و فقط یکی فعال باقی می‌ماند.

همین حجره فعال، گامت مونث را تشکیل می‌دهد.

☐ مرحله سوم: تشکیل کیسه جنینی (Megagametogenesis)

حجره فعال باقی‌مانده، سه بار میتوز انجام می‌دهد و ۸ هسته تولید می‌کند که به شکل منظم قرار می‌گیرند:

◇ نحوه قرارگیری این هسته‌ها:

موقعیت	نام هسته‌ها	وظیفه
قطب میکروپایل	۱ اووسفر + ۲ سرگرد	اووسفر گامت ماده است - سرگردها به جذب لوله گرده کمک می‌کنند
مرکز	۲ هسته قطبی	با سپرم دوم ترکیب شده اندوسپرم را می‌سازند
قطب کلزالی (پایینی)	۳ آنتی‌پود	نقش تغذیه‌ای اولیه

✂ از میان این هشت هسته، فقط اووسفر (Egg cell) گامت مونث اصلی است.

❁ ۳. مراحل آماده شدن برای القاح

1. دانه گرده بر کلالة می‌نشیند و لوله گرده رشد می‌کند.
2. لوله گرده از راه میکروپایل وارد کیسه جنینی می‌شود.
3. دو سپرم وارد کیسه جنینی می‌شوند:
 - سپرم اول → با اووسفر یک‌جا شده و زایگوت (جنین) می‌سازد.
 - سپرم دوم → با دو هسته قطبی متحد می‌شود و اندوسپرم را می‌سازد.

☑ این پدیده را القاح دوگانه می‌نامند و مخصوص نباتات تخمدار است.

🌱 ۴. نتیجه نهایی پس از القاح

تبدیل بعد از القاح	ساختار اولیه
زایگوت (جنین)	اووسفر + سپرم
اندوسپرم (غذای تخمه)	دو هسته قطبی + سپرم
تخمه (بذره)	تخمک
میوه	تخمدان

✂ مرور نهایی مباحث (فصل نباتات تخمدار - بیولوژی صنف ۱۲)

☑ ۱. تروپیزم (Tropism)

- تروپیزم حرکت رشد نبات در جهت یا مخالف یک عامل محیطی است.
- توسط هورمون آکسین کنترل می‌شود و در ساقه و ریشه دیده می‌شود.

واکنش	عامل	نوع تروپیزم
ساقه مثبت - ریشه منفی	نور	فوتوتروپیزم
ریشه مثبت - ساقه منفی	جاذبه زمین	جیوتروپیزم
ریشه مثبت	آب	هایدروتروپیزم
پیچیدن پیچک نباتات	تماس	تایگموتروپیزم

◇ اهمیت: دسترسی به نور، آب و حمایت نبات.

☑ ۲. عکس‌العمل نباتات در مقابل خشک‌سالی

- ◇ خشک‌سالی باعث بسته‌شدن روزنه‌ها، توقف رشد و کاهش ترکیب ضیایی می‌شود.
- ◇ نباتات برای مقابله:

انطباقات ساختمانی: برگ‌های ضخیم، ریشه‌های عمیق، کوتیکول ضخیم
 انطباقات فیزیولوژیکی: تولید هورمون ABA، ذخیره قندها، بسته‌شدن روزنه‌ها
 انطباقات بیوکیمیایی: تولید پروتئین‌های ضد استرس و انتی‌اکسیدانت‌ها

☑ ۳. تکثیر زوجی در نباتات تخمدار

- ◇ شامل مراحل تولید دانه گرده، تخمک، گرده‌افشانی، رشد لوله گرده و القاح دوگانه است.
- ◇ نتیجه آن تشکیل تخمه و میوه می‌باشد.

☑ ۴. طرز تشکیل دانه گرده و گامت مذکر

◇ تشکیل در بساک (قسمت نر گل):

1. حجره مادر → میوز → مایکروسپورها
2. هر مایکروسپور → میتوز → دانه گرده (۲ هسته)
3. هسته تناسلی → میتوز → دو سپرم (گامت مذکر)

◇ ساختار دانه گرده: آگزین، انتین، هسته رویشی، هسته تناسلی

☑ ۵. طرز تشکیل تخمه و گامت مونث

◇ تشکیل در داخل تخمدان:

1. حجره مادر → میوز → یک مگاسپور فعال
2. مگاسپور → سه بار میتوز → کیسه جنینی با ۸ هسته

3. دانه گرده در قسمت _____ گل ساخته می‌شود و دارای سه هسته است: یک هسته رویینی و دو هسته.

مرحله	توضیح
تولید گامت نر	در بساک - دانه گرده
تولید گامت ماده	در تخمدان - تخمک
گرده‌افشانی	انتقال گرده به کلاله
القاح	دو سپرم وارد تخمک می‌شود: اول با اووسفر ← جنین، دوم با هسته قطبی ← اندوسپرم

◊ بعد از القاح:

- اووسفر + سپرم → زایگوت (جنین)
- دو هسته قطبی + سپرم → اندوسپرم (غذای تخمه)
- تخمک → تخمه
- تخمدان → میوه

📌 نتیجه نهایی (برای یادسپاری آسان):

نباتات تخمدار توسط تروپیزم خود را به شرایط مناسب می‌رسانند، در برابر خشک‌سالی دفاع می‌کنند، و به وسیله تکثیر زوجی نسل خود را ادامه می‌دهند. گامت نر در بساک تولید می‌شود، گامت ماده در تخمدان تشکیل می‌گردد و با القاح دوگانه، تخمه و میوه ساخته می‌شود که اساس بقا و تولید نسل نبات می‌باشد.

سوالات تشریحی

1. تروپیزم چیست و انواع مهم آن را نام ببرید و توضیح دهید که هر نوع چگونه باعث رشد نبات در جهت مناسب می‌شود.
2. نباتات در مقابل خشک‌سالی چه عکس‌العمل‌هایی از خود نشان می‌دهند؟ روش‌های ساختمانی، فیزیولوژیکی و بیوکیمیای را با ذکر مثال توضیح دهید.
3. مراحل تکثیر زوجی در نباتات تخمدار را توضیح دهید و نقش گامت نر و گامت ماده در القاح دوگانه را بیان کنید.

سوالات جای خالی

1. حرکت رشد نبات در جهت یا مخالف یک عامل محیطی را _____ می‌نامند.
2. در القاح دوگانه، سپرم اول با _____ یک‌جا شده و زایگوت را می‌سازد، و سپرم دوم با _____ ترکیب شده و اندوسپرم را تشکیل می‌دهد.