

### هورمون‌های گیاهی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که بتواند:

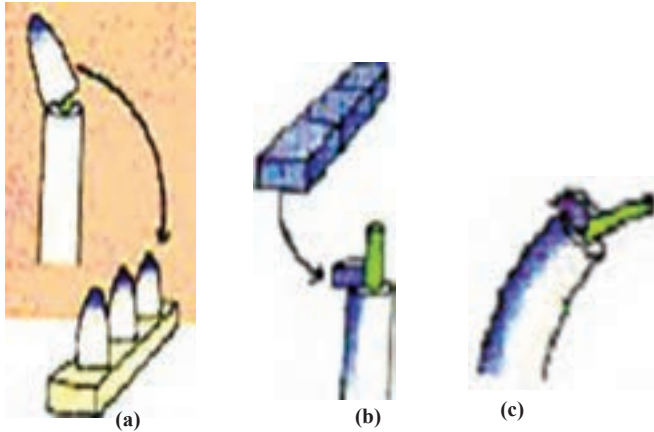
- ۱- هورمون را تعریف کند.
- ۲- انواع هورمون‌ها را نام ببرد.
- ۳- اثر اکسین بر گیاهان را ذکر کند.
- ۴- روش انتقال هورمون‌ها را در گیاه توضیح دهد.
- ۵- ویژگی اکسین‌ها را شرح دهد.
- ۶- از هورمون‌ها در تکثیر قلمه استفاده کند.
- ۷- اثر آبسازیک اسید را در گیاهان مختلف توضیح دهد.
- ۸- از جیبرلین در افزایش اندازه میوه انگورهای بی‌دانه استفاده نماید.
- ۹- اثر سابتوکینین را در گیاهان توضیح دهد.
- ۱۰- از D-۲۰۴ برای از بین بردن علف‌های هرز مزرعه استفاده کند.
- ۱۱- اثر اتیلن در گیاهان را توضیح دهد.
- ۱۲- عوامل مهم مؤثر بر اثربخشی هورمون‌ها را بیان کند.

### حیات موجودات زنده

در داخل اندام‌های مختلف گیاهان فعالیت‌ها و واکنش‌های شیمیایی گوناگونی رخ می‌دهد که هر یک برای ادامه حیات آن ضروریست. از جمله این فعالیت‌ها تولید و اثرگذاری هورمون‌های گیاهی است.

## هورمون چیست؟

«چارلز داروین» در میان نخستین دانشمندانی قرار دارد که درباره هورمون‌های گیاهی تحقیقاتی را انجام داده است. شما هم می‌توانید آزمایش او را برای نشان دادن اثر هورمونی به نام اکسین<sup>۱</sup> انجام دهید. وی برای اولین بار در سال ۱۸۸۰ میلادی اثر نور بر روی حرکت کولتوپتیل<sup>۲</sup> (غلافی که اولین برگ گیاهان تیره گندم را در ابتدای رویش می‌پوشاند) را در گیاه شرح داد. او نشان داد که وقتی نور یک طرفه بر روی کولتوپتیل می‌تابد، آن به طرف نور برمی‌گردد. اما اگر نوک کولتوپتیل را با یک ورق آلومینیومی بپوشانید، این عمل رخ نمی‌دهد. آزمایشات داروین ثابت کرد که نوک کولتوپتیل نقطه‌ای است که محرک نور را پذیرفته و دستوراتی را به نقطه پایین کولتوپتیل می‌فرستد، که در نتیجه این عمل کولتوپتیل خم می‌شود. دستورات مذکور در واقع به صورت مواد آلی صادر می‌شوند که به این مواد هورمون می‌گویند. هورمون‌ها در نقطه‌ای از گیاه ساخته شده و برای تأثیر به نقطه دیگری انتقال می‌یابند.



شکل ۱-۴- اثر اکسین

### آزمایش کنید

به شکل (۱) نگاه کنید و سعی کنید آن را در آزمایشگاه بر روی یک گیاه از خانواده گندم انجام دهید: سرکولتوپتیل را قطع کرده، آن را به مدت ۱ تا ۴ ساعت بر روی قطعه‌ای از آگار بگذارید (a) و سپس آن قطعه را بر روی قسمتی از کولتوپتیل انتقال دهید (b)، مشاهده خواهید کرد که رشد کولتوپتیل دوباره آغاز و به طرف عکس

۱- Auxin

۲- Coleoptile

جهتی که مقدار اکسین در آن قسمت بیشتر است، خم می‌شود (c).



هورمون‌های گیاهی با غلظت‌های بسیار پایین در فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه دخالت دارند. آن‌ها در رشد و نمو گیاهان تأثیر به‌سزایی دارند. در صورت فقدان آن‌ها، گیاه به‌صورت توده‌ای سلول که تمایز نیافته است، درمی‌آید (شکل ۲-۴).

شکل ۲-۴ — فقدان نوعی هورمون  
به‌نام اکسین موجب رشد غیر طبیعی  
گیاه می‌شود (سمت راست)

### منشأ هورمون‌ها

هورمون‌ها به‌طور طبیعی در داخل گیاه ساخته می‌شوند، اگرچه مواد شیمیایی مشابهی هم توسط باکتری‌ها و قارچ‌ها تولید می‌شوند که می‌توانند در گیاهان مؤثر باشند. ضمناً ترکیبات زیادی به‌وسیله انسان در آزمایشگاه‌ها ساخته می‌شوند که اثری شبیه به هورمون‌ها دارند و به آن‌ها تنظیم‌کننده‌های رشد<sup>۱</sup> یا هورمون‌های مصنوعی می‌نامند.

هورمون‌ها مواد غذایی نیستند، بلکه مواد شیمیایی آلی هستند که به مقدار کم در رشد و نمو گیاه و تمایزبایی سلول‌ها و بافت‌ها تأثیر می‌گذارند.

### روش‌های انتقال هورمون‌ها در گیاه

هورمون‌ها برای انتقال در داخل گیاه از راه‌های مختلفی استفاده می‌کنند. برای انتقال در داخل هر بخش از گیاه، از جریان سیتوپلاسمی جهت انتقال میان سلولی و از انتشار ایون‌ها و مولکول‌ها جهت انتقال بین سلولی بهره می‌جویند. برای انتقال هورمون‌ها از یک بخش به بخش دیگر گیاه از بافت‌های آوندی استفاده می‌شود. این روش، آوندهای آبکشی که قندها را از برگ‌ها به ریشه‌ها و گل‌ها منتقل می‌کنند، و آوندهای چوبی که آب و مواد معدنی محلول را از ریشه‌ها به شاخ و برگ‌ها منتقل می‌کنند، شامل می‌شود.

## تأثیر هورمون‌ها

هورمون‌ها بر سلول‌های خاص و در مرحله معینی از رشد آن‌ها تأثیر می‌گذارند. در بعضی از مراحل اثر آن‌ها بیشتر است. تولید آن‌ها اغلب در نقاط رشد فعال گیاه، در داخل مریستم و قبل از تمایز وظایف سلول‌ها انجام می‌گیرد. این مواد گاهی بلافاصله پس از تولید به ناحیه دیگری از گیاه برای اثرگذاری انتقال یافته و یا در برخی مواقع برای استفاده در زمانی دیگر در سلول‌ها ذخیره می‌شوند. هم‌چنین گیاهان می‌توانند غلظت هورمون‌ها را کم کرده و یا از نظر شیمیایی تخریب و بی‌اثر سازند.

## غلظت مورد نیاز هورمون‌ها

غلظت مورد نیاز هورمون‌ها بسیار پایین است و از ۱ تا ۱۰ بی‌پی‌ام<sup>۱</sup> یعنی ۱ تا ۱۰ قسمت در یک میلیون قسمت متفاوت می‌باشد. میزان غلظت مورد نیاز آن‌ها برحسب نوع هورمون و هدف از مصرف، فرق می‌کند.

## اشکال مختلف هورمون‌ها

هورمون‌ها در بازار به دو شکل مختلف پودر و مایع به فروش می‌رسند. در موقع مصرف آن‌ها باید به نکات زیر توجه داشت:

**الف – هورمون‌های پودری:** این نوع هورمون‌ها به علت مزایائی که دارند، در بازار بیشتر یافت می‌شوند. این مزایا عبارتند از: ۱- طول مدت تأثیر هورمون‌های پودری بیشتر می‌باشد. ۲- طرز تهیه آن‌ها آسان است.

برای تهیه آن‌ها باید طبق توصیه‌های مندرج در دستورالعمل‌های مربوطه، مقدار معینی از هورمون خالص را با مواد بی‌اثری مانند آرد سویا یا گرد ذغال چوب مخلوط کنید. سپس قسمت مورد نظر گیاه را در آن فرو برده و یا بر روی آن پاشید (شکل ۳-۴). کارخانه‌های سازنده، سه نوع هورمون را که دارای یک ترکیب شیمیایی ولی ماده مؤثر متفاوتی هستند، ساخته و به بازار عرضه می‌کنند. به‌عنوان مثال در ترکیب شماره یک آن، مقدار هورمون خالص در واحد حجم، بیشتر و در ترکیب‌های شماره ۲ و ۳ به نسبت کمتر می‌باشد.

<sup>۱</sup> – Part per million



شکل ۳-۴- استفاده از هورمون ریشه‌زای پودری برای کاشت قلمه

**ب- هورمون‌های مایع:** که به حالت محلول مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای استفاده از این نوع هورمون‌ها، یک ظرف شیشه‌ای استوانه‌ای شکل به ارتفاع ۱۰-۱۵ سانتی‌متر و قطر داخلی ۱۰-۲۵ سانتی‌متر لازم است. هورمون مایع را در داخل این شیشه ریخته و انتهای قلمه یا قسمت‌های دیگر مورد نظر گیاه را در آن وارد می‌کنند.

## انواع هورمون‌ها

با آنکه تاکنون ۸ نوع هورمون شناسایی شده است اما پنج نوع عمده از هورمون‌های گیاهی رواج و عمومیت دارد. طبقه‌بندی آن‌ها براساس نحوه تأثیر بر فیزیولوژی گیاه و ساختمان شیمیایی آن‌ها استوار است. البته بعضی از مواد تنظیم‌کننده رشد نیز موجودند که به راحتی در این ۵ طبقه که به‌طور طبیعی یافت می‌شوند، قرار نمی‌گیرند؛ مثل مواد شیمیایی که بازدارنده رشد بوده یا فرآیندهای فیزیولوژیکی درون گیاه را متوقف می‌کنند. هر گروه دارای آثار مثبت و نیز بازدارنده‌ای بوده، و اغلب توأماً و با نسبت‌های اثرگذاری متفاوتی در تنظیم رشد وارد عمل می‌شوند. پنج گروه مزبور عبارتند از: اکسین، جیبرلین، سایتوکینین‌ها، اتیلن و اسیدآبسیسیک. علاوه بر این، نوعی هورمون به نام D-۲۰۴ نیز وجود دارد که از آن بیشتر به‌عنوان علف‌کش استفاده می‌کنند. در جدول ۱-۴ انواع هورمون‌ها و اثر آن‌ها به‌طور خلاصه شرح داده شده است.

جدول ۱-۴- انواع هورمون‌های گیاهی و موارد عمده مصرف آن‌ها

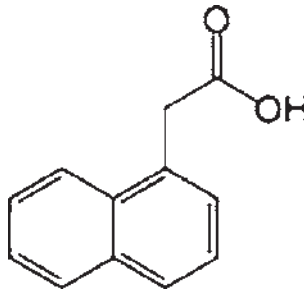
نام ترکیب	موارد مصرف و طرز تأثیر
جیبیرلیک اسید (GA)	افزایش تقسیم و دراز شدن سلول، شکستن دوره خواب، تسریع جوانه‌زنی
گاز اتیلن (CH <sub>2</sub> )	عامل رسیدن، تحریک ریزش برگ و میوه
ایندول استیک اسید (IAA)	تحریک خاصیت چیرگی انتهایی، ریشه‌دهی و ریزش برگ
ایندول بوتیریک اسید (IBA)	تحریک رشد ریشه
نفتالین استیک اسید (NAA)	تحریک رشد ریشه و کندی تنفس
آبسیازیک اسید (ABA)	کمک در فرا رسیدن دوره خواب در جوانه‌ها، دوام دوره خواب بذر، بسته شدن منافذ استومات در پاسخ به خشکی مانع دراز شدن ساقه در بعضی از محصولات
سایتوکینین	افزایش تقسیم سلولی، تحریک ریشه‌دهی
علف‌کش‌ها (D-۲,۴ و غیره)	تغییر وضعیت رشد، به صورت مواد انتخابی یا غیرانتخابی برای از بین بردن علف‌ها

## اکسین‌ها

اکسین‌ها اولین هورمون‌هایی بودند که کشف شدند. در واقع اکسین‌ها از سال ۱۹۳۴ به بعد از مواد مختلف استخراج و از نظر فعالیت فیزیولوژیکی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. ایندول استیک اسید که به نام اختصاری IAA نامیده می‌شود، در سال مذکور از ادرار انسان تهیه شد. بعدها توانستند آن را از دانه ذرت استخراج و فرمول شیمیایی آن را تعیین نمایند. به تدریج اکسین مذکور از بافت‌های دیگر گیاهی نیز استخراج گردید.

نام اکسین از یک کلمه یونانی به معنی «رشد» اقتباس شده است. ترکیباتی که عموماً به عنوان اکسین شناخته می‌شوند، دارای قدرت تحریک سلول‌های ساقه برای طول‌تر شدن می‌باشند. اکسین‌ها معمولاً در سایر فرآیندها نیز دخالت دارند؛ ولی خاصیت افزایش طول سلول‌های ساقه در تمام اکسین‌ها عمومیت دارد.

اکسین‌های طبیعی و مصنوعی: علاوه بر IAA و ترکیبات آن، که از اکسین‌های طبیعی می‌باشند و در داخل گیاه ساخته می‌شوند، تعداد زیادی مواد شیمیایی نیز امروزه به‌طور مصنوعی ساخته شده‌اند؛ که بسته به ساختمان شیمیایی آن‌ها هر کدام یک یا چند فعالیت فیزیولوژیکی اکسین‌ها را از خود بروز می‌دهند. از جمله اکسین‌های مصنوعی نفتالین استیک اسید، ایندول بوتیریک اسید، نفتوکسی استیک اسید، و دی‌کلروفنوکسی استیک اسید قابل ذکر می‌باشند.



شکل ۴-۴- نفتالین استیک اسید (NAA)

اکسین‌های نوع IAA اغلب در بافت‌های مریستم و برگ‌های جوان گیاهان ساخته شده و به طرز مشخصی در ساقه گیاهان از بالا به پایین انتقال می‌یابند. البته اکسین در اندام‌های دیگری نظیر لپه‌ها، گرده‌ها، لوله‌گرده، جنین در حال رشد ساخته می‌شوند. در زیر عمده‌ترین ویژگی‌های فیزیولوژیکی اکسین‌ها شرح داده می‌شود:

### نقش اکسین‌ها

۱- نمو سلول: اکسین در نمو اندام‌های مختلف گیاه اثر دارد. در زیر به شرح طرز تأثیر آن می‌پردازیم:

**الف - کولتویتیل:** اکسین سبب نمو طولی کولتویتیل می‌شود. حداکثر عمل اکسین در این مورد با غلظت ۱/۱ پی‌پی‌ام صورت می‌گیرد.

**ب - ساقه:** اکسین سبب نمو طولی شدید سلول‌ها در مریستم انتهایی و در منطقه نمو طولی ساقه می‌شود. حداکثر عمل اکسین در این مورد با غلظتی معادل ۱۰ تا ۱۰۰ پی‌پی‌ام؛ یا یک قسمت در ده هزار تا صد هزار قسمت است.

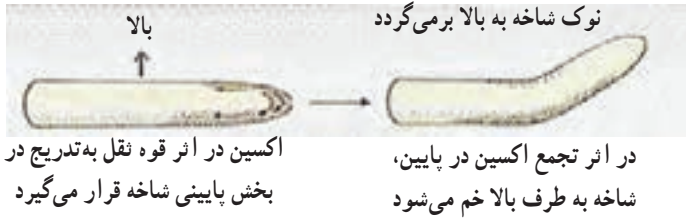
**ج - ریشه:** اکسین در غلظت‌های ۱/۱ تا ۱۰۰ پی‌پی‌ام یا یک قسمت در ده میلیون تا صد

میلیون قسمت، سبب توقف رشد ریشه می شود.

**د- برگ:** در غلظت های متوسط حدود ۱ تا ۱/۰ پی بی ام، اکسین سبب رشد سلولی برگ های جوان و جوانه ها می شود و مصرف زیاد آن از نمو سلول ها می کاهد.

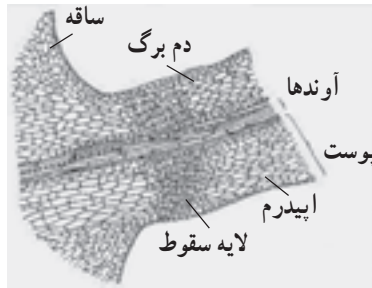
**۲- گرایش به سمت قوه ثقل (زمین گرایی مثبت):** ماده اکسین تحت تأثیر قوه ثقل قرار می گیرد. برای روشن شدن این موضوع آزمایش زیر را انجام دهید:

کولتوپتیل را به صورت افقی قرار دهید. پس از مدتی انتهای آن به طرف بالا خم می شود (شکل ۴-۵). علتش این است که اکسین در اثر قوه ثقل، در بخش زیری آن جمع شده و در نتیجه سلول های آن قسمت بیشتر رشد می کنند.



شکل ۴-۵- خاصیت ثقل گرایی اکسین

**۳- ممانعت از ریزش برگ و میوه های مسن:** ریزش برگ، اغلب به علت ایجاد لایه ای به نام لایه جداکننده یا لایه سقوط برگ<sup>۱</sup> رخ می دهد (شکل ۴-۶). این لایه در پایه دم برگ قرار گرفته است. عوامل مختلفی باعث ایجاد لایه جداکننده یا لایه سقوط می شوند. از جمله آن ها عوامل خارجی نظیر تناوب طول روز و شب است. با مصرف اکسین می توان از نمو و توسعه لایه جداکننده جلوگیری کرد. بعضی از دانشمندان معتقدند که کاهش طبیعی مقدار اکسین سبب سقوط برگ می شود.

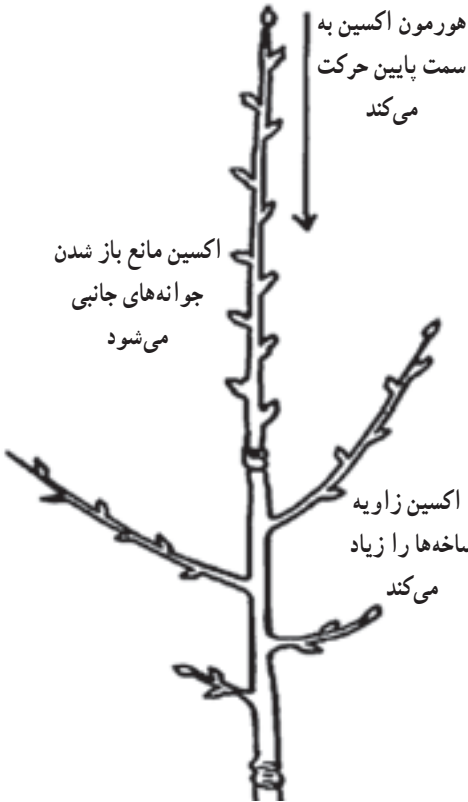


شکل ۴-۶- ریزش برگ و لایه جداکننده یا لایه سقوط

<sup>۱</sup> - Abscission layer



جوانه انتهایی نوک شاخه



شکل ۷-۴- خاصیت چیرگی انتهایی اکسین

#### ۴- چیرگی انتهایی و ممانعت از رشد

جوانه های جانبی<sup>۱</sup>: یکی از اصول مهم سازماندهی گیاهان بر مبنای پخش اکسین، چیرگی انتهایی است. بدین معنا که اکسین تولید شده توسط جوانه انتهایی به طرف پایین انتشار یافته و مانع رشد جوانه های جانبی می گردد (شکل ۷-۴). حذف نوک شاخه و در نتیجه عدم تولید هورمون اکسین، به جوانه های در حال خواب جانبی اجازه رشد می دهد و جوانه های موجود در بین دمبرگ و ساقه، شاخه های جدیدی را تولید می کنند. از این خاصیت در هرس درختان استفاده می کنند.

همان طور که گفته شد، نفتالین استیک اسید (NAA) یکی از اکسین های مصنوعی است که ساختمانی شبیه اکسین IAA دارد و در جلوگیری از تولید ناخواسته پاجوش ها از پای درختان زینتی و نیز چیرگی انتهایی شاخه ها نقش عمده ای دارد. چنانچه مواد مذکور را به محل بریده نوک شاخه بزیم، جوانه های جانبی مجدداً غیرفعال خواهد شد.

### کاربرد اکسین ها در گیاهان

اکسین های طبیعی و مصنوعی در کشاورزی مصارف زیادی دارند. در زیر به شرح بعضی از این موارد می پردازیم:

۱- تشکیل لایه زاینده: لایه زاینده، لایه ای است که در مقطع عرضی درختان بین پوست و چوب قرار گرفته و از داخل و بیرون سلول های جدیدی را ایجاد نموده، به این ترتیب به قطر درخت می افزاید (شکل ۸-۴). ضمناً به دلیل این خاصیت اکسین، برای اخذ نتیجه بهتر از عمل پیوند، می توان آن را به سطح محل پیوند پاشید.

۱- Apical dominance



شکل ۸-۴- مقطع طولی ساقه

۲- **جلوگیری از ریزش میوه:** مشاهده شده است که اغلب میوه‌ها؛ مخصوصاً سیب و گلابی دو یا سه هفته و گاهی چند روز قبل از این که کاملاً برسند و دارای رنگ و طعم مطلوبی باشند، از درخت جدا شده و به زمین می‌ریزند. این ریزش علاوه بر علل خارجی؛ از قبیل آبیاری بی‌موقع، کم و زیادی آب، ضعف یا قدرت بیش از حد درخت و غیره به عوامل داخلی درخت نیز بستگی دارد. ریزش قبل از وقت میوه باعث ضرر باغدار می‌شود و باید به هر نحو ممکن از آن جلوگیری شود. برای این منظور می‌توان از ماده‌ای به نام نفتالین استیک اسید استفاده کرد.

برای جلوگیری از ریزش سیب معمولاً به‌طور متوسط غلظت یک قسمت در یکصد هزار قسمت (۱۰ بی‌بی‌ام) از اکسین کافی خواهد بود.

۳- **تولید میوه‌های بی‌دانه یا کم‌دانه:** به‌طور کلی اکسین در پیدایش گل اثری ندارد ولی وقتی به مقدار مناسب مصرف شود، در نمو پریکارپ<sup>۱</sup> (درونبر) میوه‌های گوشتی مؤثر واقع می‌شود. به عبارت دیگر چنانچه عمل لقاح که حاصل آن تشکیل دانه است، صورت نگیرد تولید اکسین و تشکیل میوه هم صورت نخواهد گرفت.

به‌طور طبیعی، تخمدان گل پس از عمل لقاح به مقدار زیادی اکسین ترشح می‌نماید و موجب تکثیر بافت‌های پریکارپ میوه می‌گردد.

حال اگر به‌جای عمل طبیعی لقاح، ایندول استیک اسید مصرف کنیم، باز هم میوه رشد خواهد نمود و به این ترتیب میوه‌هایی به‌وجود خواهند آمد که بی‌دانه هستند.

به‌عنوان نمونه می‌توان به تولید توت‌فرنگی با استفاده از اکسین اشاره کرد. می‌دانید که میوه‌های حقیقی توت‌فرنگی همان دانه‌های ریزی هستند که بر روی قسمت خوراکی و گوشتی میوه تشکیل

می‌شوند و آن‌ها را فندقه می‌نامند. قسمتی گوشتی و خوراکی میوه توت‌فرنگی از انواع میوه‌های کاذب است که در اثر رشد دمگل به وجود می‌آید. حال اگر وقتی که میوه توت‌فرنگی تازه تشکیل شده است، فندقه‌ها را از روی آن جدا کنید، ملاحظه می‌کنید که رشد میوه کاذب توت‌فرنگی متوقف می‌شود و به همان صورت کوچک باقی می‌ماند؛ ولی اگر به آن اکسین اضافه کنید، مجدداً رشد میوه کاذب آغاز خواهد شد. این عمل تولید میوه بدون عمل لقاح را پارتنوکاری<sup>۱</sup> می‌نامند (شکل ۹-۴).



شکل ۹-۴- اثر اکسین در تولید میوه توت‌فرنگی بی‌دانه

از گیاهانی که بدون تلقیح، با مصرف این هورمون و ترکیبات نزدیک به آن، دارای میوه می‌شوند، گوجه‌فرنگی، هندوانه، انواع کدوها، بادمجان، انگور، خیار، طالبی، گلابی و خرما را می‌توان نام برد. زمان مصرف آن بسته به این که منظور تهیه میوه کم دانه یا بی‌دانه باشد، فرق می‌کند. در حالت اول، پس از باز شدن اولین گل و در صورت دوم، قبل از باز شدن گل، باید عمل پاشیدن اکسین را انجام دهید. و باید ۲ یا ۳ بار به فاصله ۵ تا ۶ روز، این کار را تکرار نمایید (شکل ۱۰-۴).



شکل ۱۰-۴- اثر اکسین در تولید هندوانه بی‌دانه

۴- ریشه‌زایی: استعمال مقدار زیادی اکسین (با غلظت ۱/۰ تا ۱۰ بی‌بی‌ام) در قلمه‌ها باعث تسریع در رشد و افزایش ریشه‌ها می‌شود. البته باید یادآور شویم که اکسین موجب تولید ریشه در قلمه نمی‌شود؛ بلکه قدرت ریشه‌زایی را افزایش می‌دهد. از مهم‌ترین اکسین‌های ریشه‌زا می‌توان به ایندول بوتیریک اسید (IBA) و نفتالین استیک اسید (NAA) اشاره نمود. این مواد هم به صورت پودر

۱- Parthenocarp

و هم به حالت محلول قابل مصرف می‌باشند. آغشته کردن قلمه‌ها با اکسین را به چند طریق می‌توانید انجام دهید. یا انتهای شاخه‌های مورد نظر را پس از آن‌که در محلول اکسین آغشته کردید، کمی خشک کرده، آن‌گاه آن‌ها را بکارید. یا آن‌که شاخه‌های مورد نظر را که قبلاً کمی مرطوب کرده‌اید، با بودر اکسین مخلوط با بودر تالک یا کائولن آغشته سازید. مدت آغشته کردن قلمه‌ها در محلول اکسین نیز برحسب این‌که قاعده قلمه‌ها را در محلول فرو برده و یا تمام قلمه را در محلول آغشته سازید، متفاوت است.

### فعالیت عملی

زیر نظر مربی خود، تعدادی قلمه تهیه شده از یک رقم رز را به دو گروه تقسیم نموده، انتهای قلمه‌های گروه اول را به روتون آغشته کرده در محل مناسبی بکارید. گروه دوم قلمه‌ها را بدون آغشته کردن به ماده مذکور در شرایط مشابه گروه اول کشت کرده پس از گذشت ۳ یا ۴ هفته وضعیت ریشه‌دهی آن دو گروه از قلمه‌ها را با هم مقایسه کنید.

**۵- خواب جوانه:** غلظت‌های مختلف ترکیبات اکسین در نمو جوانه‌ها و یا برعکس در وقفه رشد آن‌ها دخالت دارد؛ به طوری که از این ویژگی اکسین استفاده کرده و غده‌های سیب‌زمینی را به مدت طولانی‌تری نگهداری می‌کنند. برای این منظور؛ یعنی به منظور جلوگیری از سبز شدن غده‌ها، می‌توان از NAA استفاده نمود. البته باید دانست که اصولاً اثر اکسین‌ها بر جلوگیری از رشد جوانه‌ها و به عبارت دیگر در طولانی کردن دوره خواب گیاهان، همیشه ثابت و یکنواخت نبوده و اغلب نتایج حاصله قابل پیش‌بینی نمی‌باشد؛ لذا در این مورد استفاده از مواد دیگر را بر اکسین ترجیح می‌دهند. برای مثال می‌توان برای طولانی‌تر کردن دوره خواب غده‌های سیب‌زمینی و پیاز از ماده مالئیک هیدرازید<sup>۱</sup> استفاده کرد.

**۶- شکوفا شدن گل:** در اکثر مواقع، مصرف اکسین روی برگ گونه‌های مختلف گیاهی ظهور جوانه‌های گل را به تأخیر می‌اندازد و حتی اگر مصرف اکسین به‌طور مداوم انجام گیرد، از شکوفا شدن گل تا مدتی جلوگیری خواهد کرد.

از این خاصیت اکسین در بعضی مناطق که یخبندان‌های دیررس بهاره اثرات وخیمی را

<sup>۱</sup> - Maleic Hydrazide (M.H.)

بر روی گیاهان می‌گذارد، استفاده می‌کنند. بدین ترتیب که در اول بهار با مصرف قبلی اکسین، شکوفا شدن غنچه گل‌ها به مدت یک تا دو هفته به تأخیر می‌افتد و از این طریق درختان میوه را از صدمه سرما مصون نگه می‌دارند.

۷- رسیدن میوه: مصرف بعضی از اکسین‌ها، چند هفته بعد از عمل لقاح گیاهان، در زودرس کردن بعضی میوه‌ها بسیار مؤثر است. اغلب برای جلوگیری از اتلاف زیاد محصول، میوه‌های سبز و نارس را با ماده فعال D-2,4 به غلظت یک در هزار در آب آغشته کرده و بدین وسیله آن‌ها را زودرس می‌کنند.

اضافه می‌کنیم که مصرف NAA به میزان  $10^{\circ}$  -  $20^{\circ}$  میلی‌گرم در لیتر ۱۵ تا ۲۵ روز بعد از اتمام گل در سیب و گلابی موجب تنک شدن گل‌ها و میوه‌ها می‌شود. هم‌چنین از این ماده می‌توان برای جلوگیری از ریزش میوه قبل از برداشت سیب، گلابی، زردآلو و آلوی ایتالیایی با غلظت  $10^{\circ}$  -  $20^{\circ}$  میلی‌گرم در لیتر استفاده کرد.

## آبسایزیک اسید<sup>۱</sup>

آبسایزیک اسید، یا ABA عموماً مانع اثر سایر هورمون‌ها؛ نظیر اکسین IAA، سایتوکینین و جبریلین می‌شود. با توجه به نام آن قبلاً چنین تصور می‌کردند که این ماده اصولاً ریزش اندام‌های گیاه را به جلو می‌اندازد. اما اکنون گیاه‌شناسان پی برده‌اند که اتیلن هورمون اصلی ریزش است. ABA در فرا رسیدن دوره خواب در جوانه‌ها کمک کرده در بذره‌های گیاه، باعث دوام دوره خواب می‌شود. ABA موجب بسته شدن منافذ استومات در پاسخ به خشکی می‌شود. برگ‌هایی که دچار تنش کم‌آبی هستند، مقدار زیادی از آن تولید می‌کنند. این ماده باعث انتقال عنصر پتاسیم به بیرون از سلول‌های محافظ می‌گردد که در اثر آن منافذ استومات بسته شده، آب در برگ‌ها نگهداری می‌شود. تولید مصنوعی ABA از نظر تجارتي در کشاورزی دارای اهمیت زیاد است. هر چند عموماً معتقدند ABA اثر بازدارنده دارد، ولی باید دانست که این ماده در رشد گیاه نیز وظایفی را عهده‌دار می‌باشد.

## تاریخچه آبسایزیک اسید

در سال ۱۹۶۳ برای اولین بار این ماده توسط فردی به نام فردریک ادبکات<sup>۲</sup> و همکارانش

۱- Abscisic acid

۲- Frederick Addicott

شناخته شد. آن‌ها که در حال بررسی اثر مواد مؤثر بر ریزش میوه پنبه بودند، دو ترکیب از گیاهان جدا کردند که آن‌ها را آبسازین شماره ۱ و ۲ نامیدند. آبسازین ۲ امروزه آبسازیک اسید خوانده می‌شود (ABA).

### ساخت و متابولیسم آبسازیک اسید

آبسازیک اسید به طور طبیعی در گیاهان یافت می‌شود. ماده ۱۵ کربنی است که قسمتی از آن در کلروپلاست‌ها و سایر پلاستیدها تولید می‌شود. به این علت چنین به نظر می‌رسد که آن ابتدا در برگ‌ها ساخته می‌شود. یکی از محل‌های عمده سنتز این ماده نیز کلاهدک ریشه می‌باشد. چون تولید ABA با تنش‌هایی نظیر کمبود آب و یخبندان زیاد می‌شود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هورمون مذکور در برابر شرایط نامناسب محیطی؛ خصوصاً کم‌آبی، به عنوان محافظ گیاه عمل می‌کند. در این مواقع غلظت آن در گیاه بالا رفته، سبب بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تبخیر آب از گیاه می‌شود. پس از برطرف شدن کمبود آب، میزان غلظت هورمون در گیاه دوباره پایین می‌آید. به طور کلی درباره نقش آبسازیک اسید در گیاهان و بعضی از وظایف فیزیولوژی آن، می‌توان موارد زیر را ذکر نمود:

- ۱- همان‌طور که در بالا گفته شد، موجب بسته شدن منافذ روزنه می‌شود.
  - ۲- مانع رشد شاخه‌ها می‌گردد؛ اما اثر چندانی در ریشه‌ها نداشته و حتی ممکن است موجب رشد ریشه شود.
  - ۳- باعث رکود بذر و جوانه‌ها می‌شود.
  - ۴- مقداری بر ایجاد و ادامه دوره خواب اثر دارد.
  - ۵- موجب کاهش رشد گیاه و کاهش تشکیل گل می‌شود.
  - ۶- جدا شدن برگ‌ها و میوه‌ها از گیاه را موجب می‌گردد.
- آبسازیک اسید از طریق آوندهای آبکش و چوب و بافت‌های پارانشیم انتقال می‌یابد و همانند جیبرلین غیر قطبی می‌باشد.

مواد بازدارنده رشد دارای مشتقات مصنوعی نیز هستند که از جمله می‌توان SADH را نام برد. از SADH با غلظت ۵۰۰-۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای تسریع رسیدن میوه، رنگ گرفتن پوست میوه و سست شدن دم میوه در گیلان، هلو و آلو استفاده می‌شود.

## جیبرلین‌ها<sup>۱</sup>

در دهه ۱۹۲۰ دانشمندان ژاپنی دریافتند که ماده‌ای که توسط قارچی از گونه جیبرلا<sup>۲</sup> تولید می‌شود، باعث ایجاد بیماری به نام باکانا<sup>۳</sup> می‌گردد که در اثر آن گیاهان آلوده به قارچ به طور غیر طبیعی بلندتر می‌شوند (شکل ۱۱-۴). بعداً معلوم شد که ماده مذکور که نامش جیبرلین است، توسط خود گیاهان به مقدار کمی تولید می‌شود. این ماده در سال ۱۹۳۹ میلادی از گیاهان جدا شد.



شکل ۱۱-۴. بوته سمت راست این تصویر در اثر جیبرلین به بیماری باکانا آلوده شده است.

جیبرلین‌ها هورمون‌های طبیعی هستند که به مقادیر نسبتاً زیاد در دانه‌ها و میوه‌های نارس وجود دارند. انتقال و جابه‌جایی جیبرلین‌ها از محل تولید به سایر قسمت‌های گیاه نسبتاً سریع است؛ ولی برخلاف اکسین‌ها، حرکت آن‌ها قطبی نمی‌باشد. تصور می‌رود که محل تشکیل جیبرلین‌ها برگ‌های جوان باشند. ضمناً با این که جیبرلین از ریشه‌زایی جلوگیری می‌کند؛ ولی ریشه یکی از مراکز اصلی تولید این ترکیب می‌باشد.

جیبرلین‌ها، مشابه اکسین‌ها، اهمیت تجاری زیادی داشته و انواع متعددی دارند که معروف‌ترین آن GA3 و GA7 می‌باشد. تقریباً بر روی تمام انگورهای بی‌دانه برای افزایش اندازه میوه و فاصله بین میوه‌ها بر روی شاخه، جیبرلین‌ها را می‌پاشند. با استفاده از جیبرلین در بعضی از میوه‌ها، دوره خواب بذر آن‌ها شکسته و جوانه‌زنی آن‌ها یکنواخت می‌گردد.

اندازه‌گیری دقیق مقدار جیبرلین‌های موجود در قسمت‌های مختلف گیاهان نشان داده است که جوانه‌های انتهایی و برگ‌های جوان حاوی بیشترین مقدار جیبرلین‌ها می‌باشند. میزان جیبرلین تشکیل شده در گیاهان، رابطه مستقیمی با طول روز دارد. به عبارت دیگر، طول روز یکی از عوامل مهم و مؤثر بر تولید جیبرلین‌هاست. جیبرلین‌ها فاقد مشتقات مصنوعی هستند و کلیه آن‌ها منشأ گیاهی دارند.

۱- Gibberellin

۲- Gibberella

۳- Bakanae

## اثر جیبرلین بر گیاهان

جیبرلین، هورمون مهمی است که در رشد و نمو گیاهان اثرات زیادی دارد. از این لحاظ در کشاورزی و به ویژه گل کاری اهمیت خاصی دارد. بعضی از این موارد در زیر شرح داده می‌شوند:

۱- رشد طولی ساقه: یکی از اثرات فیزیولوژیکی بسیار مهم جیبرلین‌ها در گیاهان، رشد طولی ساقه است. اثر این ماده هورمونی در این مورد از عمل اکسین‌ها به مراتب بیشتر است. البته حساسیت انواع مختلف گیاهان در برابر آن متفاوت می‌باشد. مثلاً اثر آن بر روی کلم بسیار زیاد (شکل ۱۲-۴)؛ ولی در گلایول و پیاز تأثیر چندانی ندارد. در درختان و درختچه‌ها، در اثر این هورمون، فاصله بین میانگره‌ها زیادتر می‌شود. در بعضی از گیاهان؛ مانند شبدر و تریچه، مساحت برگ آن‌ها در اثر جیبرلین حدود دو برابر می‌شود.



شکل ۱۲-۴- بوته‌های کلم سمت راست این تصویر تحت تأثیر جیبرلین قرار گرفته‌اند.

۲- تولید ساقه گل‌دهنده در سال اول در گیاهان دو ساله: بعضی از گیاهان دو ساله؛ نظیر انگشتانه ارغوانی، هویج، چغندر و کلم که به‌طور طبیعی در سال دوم، بعد از گذراندن دوره سرما و روزهای بلند گل می‌دهند، هنگامی که به رویشان  $50^{\circ}$  تا  $300^{\circ}$  میلی‌گرم اسید جیبرلیک بپاشید، در اولین سال حیات خود ساقه گل‌دار تولید کرده و سپس در شرایط روز کوتاه به گل می‌نشینند. جیبرلین در گیاهانی که از نظر فتوسنتز پرودیسم بی تفاوت می‌باشند؛ مانند کوب، اطلسی و سلوی، تاریخ گلدهی را جلو می‌اندازد. هم‌چنین در گیاه دو ساله‌ای مثل هویج، جیبرلین قادر است، در روزهای بلند، با دوره سرمای موردنیاز آن جایگزین شود.



۳- رویش دانه: همان طور که قبلاً هم اشاره شد، جیبرلین‌ها اغلب باعث شکستن دوره خواب بذر شده و در اکثر گونه‌های گیاهی رویش را سریع و یا نسبت درصد دانه‌های رویده را بیشتر می‌کند.

۴- ممانعت از ریزش برگ‌ها: جیبرلین‌ها از ظهور رنگ‌های پاییزی در برگ درختان و هم‌چنین سقوط آن‌ها جلوگیری می‌کند.

۵- باروری: جیبرلین‌ها در پارتنو کاری دخالت داشته و در گوجه‌فرنگی، انگور، سیب و گل‌ابی اثر مثبتی دارد. در انگورهای بی‌دانه، چنان‌چه این ماده را به مجرد آغاز شکوفایی گل‌ها مصرف کنید، سبب افزایش اندازه و طول حبه‌های آن می‌شود (شکل ۱۳-۴). مناسب‌ترین غلظت این هورمون در مرغوب ساختن حبه‌های انگور بی‌دانه تامسون<sup>۱</sup> حدود ۵۰ پی‌پی‌ام است.



شکل ۱۳-۴- اثر هورمون جیبرلین بر درشتی خوشه انگور بی‌دانه تامسون.  
در خوشه سمت راست جیبرلین مصرف شده است.

۶- ممانعت از ریزش میوه: جیبرلین در گیاهانی مثل پنبه از ریزش غوزه‌ها در حد بسیار زیادی جلوگیری می‌کند.

هورمون جیبرلین، هم‌اکنون به صورت قرص‌هایی به نام برلکس<sup>۲</sup> در بازار به فروش می‌رسد که در واقع از املاح پتاسیم قابل حل در آب آن می‌باشند. این قرص‌ها ده گرمی هستند و میزان ماده مؤثر آن‌ها ۹۰٪ است. در موقع مصرف، باید این قرص‌ها را در آب حل کرده و بلافاصله مصرف نمود.

۱- Thompson seedless

۲- Berlex

## فعالیت عملی

زیر نظر مربی خود، ماده جیبرلین را در دو مرحله مختلف شکوفایی گل و تشکیل میوه، به صورت اسپری بر روی انگورهای بی‌دانه تامسون پاشیده و اثر این ماده بر روی خوشه‌ها را با انگورهایی که از این ماده استفاده نشده است، مقایسه کنید.

### اتیلن<sup>۱</sup>

هورمون اتیلن مسئول رسیدن میوه‌هاست. برخلاف چهار نوع هورمون دیگر، اتیلن در دمای خانه به شکل گاز است. گاز اتیلن به راحتی از طریق هوا از یک گیاه به گیاه دیگر انتشار می‌یابد. این گفته که: «یک سیب گندیده یک سبد میوه را خراب می‌کند» تأیید اثر گاز اتیلن می‌باشد. یک سیب خراب، گاز اتیلن تولید می‌کند؛ که باعث رسیدن و بالاخره گندیدن سیب‌های کناری آن می‌شود. به این دلیل باید در انبارها میوه‌های حساس به اتیلن؛ مثل کلم بروکلی، گل کلم و کاهو را جدا از میوه‌هایی که اتیلن تولید می‌کنند؛ نظیر سیب، موز، هندوانه، هلو، گلابی و گوجه‌فرنگی نگهداری نمود.

اتیلن را معمولاً به صورت محلولی به نام «اتفن»<sup>۲</sup> و یا مترادف آن «اترل»<sup>۳</sup> به کار می‌برند. اتفن یک ماده مصنوعی شیمیایی است که تجزیه شده و گاز اتیلن آزاد می‌کند. از آن برای رساندن میوه‌های موز، خربزه رقم «هانی دیو»<sup>۴</sup> و گوجه‌فرنگی استفاده می‌کنند. مقدار مصرف آن در این مورد ۸/۰ تا ۱ ppm بسته به نوع میوه متغیر می‌باشد. مصرف غلیظ‌تر آن ممکن است اثرات سوئی در محصولات داشته باشد. البته در میوه‌هایی مثل توت‌فرنگی، آناناس و گیلاس نیز اتیلن در رسیدن میوه اثری ندارد.

اغلب، وقتی میوه پرتقال، لیمو و گریپ‌فروت می‌رسند، به رنگ سبز باقی می‌مانند. اگرچه این گونه میوه‌ها مزه خوبی دارند، مشتری‌ها معمولاً آن‌ها را نمی‌خرند. مصرف اتیلن بر روی میوه سبز مرکبات باعث تولید رنگ مرغوب آن‌ها مثلاً رنگ نارنجی یا زرد می‌شود.

اتیلن از جمله هورمون‌هایی است که باعث می‌شود تا دوره استراحت جوانه‌ها که معمولاً چند ماه به طول انجامد، کوتاه شود. از مواد دیگری که این خاصیت را دارد، می‌توان ماده‌ای به نام «آلار»<sup>۵</sup>

۱\_ Ethilene

۲\_ Ethephon

۳\_ Etherel

۴\_ Honey Dew

۵\_ Alar

را که از مشتقات مصنوعی، آبتسیک اسید است نیز نام برد. در برخی از انواع گیاهان، اتیلن موجب ریزش زودرس برگ‌ها، گل‌ها و یا میوه‌ها می‌شود. در درختانی مثل گیلاس و گردو که به‌وسیله دست یا در بعضی کشورها با دستگاه لرزاننده برداشت می‌شوند، می‌توان با استعمال اتیلن بر تعداد میوه‌هایی که با لرزاندن درخت بر زمین می‌ریزند، افزود. اتیلن در غلظت‌های بالا و در صورتی که انسان به مدت طولانی در معرض این گاز قرار گیرد، ممکن است برای تنفس مضر باشد.

### فعالیت عملی

زیر نظر مربی خود، در یک اتاقک، محلول اتفون را بر روی چند میوه موز که هنوز به رنگ سبز و نارنج هستند، بپاشید و پس از گذشت چند روز تفاوت آن‌ها را با میوه‌های موز مشابه آن‌ها که در انبار دیگری بدون استفاده از این ماده نگهداری می‌شوند، مقایسه نمایید.

### سایتوکینین‌ها<sup>۱</sup>

در سال ۱۹۱۳ ماده‌ای در آوندهای آبکشی کشف شد که قادر به تحریک تقسیم سلولی بود. در ۱۹۴۱ معلوم شد که اندوسپرم شیری حاصل از درخت نارگیل و نیز بسیاری از گونه‌های دیگر گیاهان این توانایی را دارند. به‌طور کلی از نتیجه آزمایشات متعدد در زمینه کشت بافت‌ها، چنین برمی‌آید که وقتی بعضی از ترکیبات مواد طبیعی مانند شیر نارگیل، آلبومن ذرت، عصاره مخمر آبجو را به محیط کشت اضافه می‌کنند، به مراتب بهتر از زمانی که اکسین به محیط اضافه شده، رشد می‌نمایند. در ۱۹۵۴ دانشمندان نشان دادند که بافت‌های هادی دارای ترکیباتی هستند که تقسیم سلولی را موجب می‌شوند. اولین سایتوکینین از اسپرم شاه‌ماهی در سال ۱۹۵۵ توسط فردی به نام میلر<sup>۲</sup> و همکاران او استخراج گردید. این ماده کینتین خوانده شد. اولین سایتوکینین طبیعی نیز در سال ۱۹۶۳ از ذرت استخراج گردید که اسم آن را «زآتین»<sup>۳</sup> نامیدند. بعداً انواع زیادی استخراج شدند. این ترکیبات در تمام گونه‌های گیاهان به اشکال متفاوتی حضور دارند. سایتوکینین از ترکیباتی است که موجب افزایش تقسیم سلولی می‌شود و از پیری اندام‌های

۱- Cytokinins

۲- Miller

۳- Zeatin

گیاه جلوگیری می‌کند. این ماده توسط ریشه، شاخه، میوه و بذر تولید می‌شود. یکی از مراکز عمده تولید این ترکیب رأس ریشه است. در انجام روش کشت بافت در آزمایشگاه، برای تکثیر گیاهان، حائز اهمیت زیادی است. نسبت زیاد اکسین‌ها بر سایتوکینین‌ها در محلول کشت، باعث تحریک عمل ریشه‌دهی می‌شود. پایین بودن این نسبت موجب پیشرفت عمل تشکیل شاخه می‌گردد. از سایتوکینین برای رشد جوانه‌های جانبی در گیاهان گل‌دهنده استفاده می‌کنند.

## کاربرد و اثر سایتوکینین در گیاهان

واکش گیاه به این ماده، برحسب نوع سایتوکینین و گونه گیاه متفاوت می‌باشد. از جمله موارد می‌توان نکات زیر را ذکر نمود:

۱- ریشه‌زایی: سایتوکینین در غلظت‌های پایین، به‌تنهایی ریشه‌زایی گیاهی را تحریک می‌کند و از این رو با خاصیت ریشه‌زایی اکسین رقابت می‌کند.

۲- پیدایش ساقه و جوانه: سایتوکینین‌ها در پیدایش ساقه و جوانه دخالت دارند. مثلاً در برگ بگونیا این ماده در عین حال که از ریشه‌زایی برگ جلوگیری می‌کند، امکان ایجاد جوانه را در دو سطح برگ فراهم می‌سازد.

۳- کاهش اثر چیرگی انتهایی اکسین: چنانچه سایتوکینین را روی انتهای ساقه گیاهی بپاشید، از قدرت تسلط جوانه انتهایی گیاه کاسته و سبب افزایش تعداد شاخه‌های فرعی می‌گاهد.

۴- قطع دوره خواب زمستانه: از اثرات دیگر این ماده در نمو گیاهان، می‌توان قطع دوره خواب زمستانه گیاهان آبی را ذکر نمود.

۵- افزایش طول عمر گل‌های شاخه بریده: برای پی بردن به این خاصیت سایتوکینین بهتر است آزمایش زیر را انجام دهید: ساقه گل‌های شب‌بو را در محلولی با غلظت ۲۵ تا ۵۰ پی‌پی‌ام این هورمون قرار دهید و عمر این شاخه‌ها را با شاخه‌های دیگری که در آب خالص قرار داده شده‌اند، مقایسه نمایید.

۶- شکل و تراکم گل: در گیاهان زینتی مثل حسن‌یوسف و انواع داودی، مصرف این هورمون باعث پرگل، متراکم و توپر شدن و در نتیجه بهتر شدن شکل و زیبایی گل‌ها می‌شود.

۷- کاهش طول دوره نونهالی: از دیگر خواص این ماده کوتاه کردن طول دوره نونهالی درختان می‌باشد. در اثر این عمل درختان سریع‌تر بارور می‌شوند.

## علف کش D-۲,۴

فرآورده مصنوعی دیگر از تنظیم کننده های رشد گروه اکسین، ماده ای به نام D-۲,۴ می باشد که یک علف کش است. اسم کامل آن ۲,۴ دیکلروفنکسی استیک اسید<sup>۱</sup> است. این علف کش در طول جنگ جهانی اول توسط یک گروه انگلیسی، به منظور افزایش محصول تولید شد. علف کش مذکور سمی انتخابی است و در دولپه ای هایی مثل گل قاصد عمل می کند و در تک لپه ای ها اثری ندارد؛ لذا می توان آن را در مزارع گیاهانی مثل گندم، جو، برنج، ذرت و انواع دیگر غلات و چمن ها، برای دفع علف های هرز برگ پهن به کار برد. با توجه به اهمیت غلات در تغذیه انسان ها، D-۲,۴ در کشاورزی ارزش فراوانی دارد.

D-۲,۴ از طریق برگ ها جذب شده به ناحیه مریستم گیاه انتقال می یابد. اثر آن، رشد کنترل شده و ناپایدار، پیدایش ساقه، پژمرده شدن برگ و بالاخره مرگ گیاه را به دنبال می آورد. با فرمول های مختلف، تحت نام های تجاری گوناگونی به فروش می رسد. اگر این ماده را با غلظت کم مورد استفاده قرار دهید، باعث افزایش تشکیل ریشه ها می شود. هم چنین حدود ۴۰ سال است که معلوم شده D-۲,۴ می تواند زمان رسیدن میوه موز را تا ۴ روز جلو اندازد.

## عوامل مهم مؤثر بر اثربخشی هورمون ها

عوامل متعددی در میزان اثربخشی هورمون ها دخیل می باشند. عمده ترین آن ها به شرح زیرند:

- ۱- مقدار یا غلظت هورمون: در اغلب مواقع، تغییر در مقدار یا غلظت یک هورمون، تغییر در نوع یا میزان اثربخشی آن را به دنبال دارد. مثلاً هورمون سایتوکینین در غلظت معینی باعث تحریک نمو ریشه شده و در غلظت بیشتر، از نمو ساقه جلوگیری می کند.
- ۲- نور و دما: این دو عامل محیطی در سرعت انتقال و تأثیرگذاری هورمون ها مؤثر می باشند. نور بعضی از هورمون ها را تجزیه کرده و آن ها را غیرفعال می کند.
- ۳- ترکیبات موجود در داخل سلول ها: وجود مواد غذایی؛ از قبیل قندها، عناصری مثل آهن، مس، کبالت و نیز مواد آلی مانند فنل ها در محل تأثیر هورمون، در اثربخشی آن تغییراتی ایجاد می کند.
- ۴- سن و نوع بافت گیاه: هرچه بافت مورد نظر گیاه مسن تر باشد، کمتر به اثرات هورمون

<sup>۱</sup> - 2,4 - Dichlorophenoxyacetic acid

واکنش نشان می‌دهد و برای تأثیرگذاری، به مقدار بیشتری هورمون نیاز می‌باشد. حتی بافت‌های خیلی مسن ممکن است اصلاً واکنشی به اثر هورمون نشان ندهند. هم‌چنین میزان حساسیت بافت‌ها و اندام‌های مختلف گیاهان نسبت به غلظت معینی از هورمون‌ها یکسان نمی‌باشد.

۵- نوع گیاه: برحسب نوع گیاه، واکنش به هورمون معین متفاوت می‌باشد. بنابراین غلظت مورد مصرف آن‌ها نیز برحسب نوع گیاه متفاوت می‌باشد.

### سمی بودن هورمون‌ها

از نظر ضوابط، ایمنی، تنظیم‌کننده‌های رشد در ردیف آفت‌کش‌ها منظور شده است؛ لذا همان الزامات دقیق در مورد آن‌ها نیز باید اجرا شود. از آن‌جا که این مواد در مقایسه با آفت‌کش‌ها، گاهی نزدیک‌تر به زمان برداشت محصول به کار می‌روند، الزامات عملی به منظور ایمنی استفاده از آن‌ها، حتی از آفت‌کش‌ها هم جدی‌تر است.

### خودآزمایی

- ۱- هورمون را تعریف کنید.
- ۲- تفاوت بین آنزیم‌ها و هورمون‌ها را شرح دهید.
- ۳- انواع هورمون‌ها را نام ببرید.
- ۴- نقش سایتوکینین را در گیاهان شرح دهید.
- ۵- عوامل مؤثر بر اثربخشی هورمون‌ها را شرح دهید.
- ۶- خاصیت چیرگی انتهایی نتیجه اثر چه هورمونی است؟  
 الف) اکسین  
 ب) آبسازیک اسید  
 ج) جیبرلین  
 د) سایتوکینین
- ۷- کدام یک از مواد زیر بر درشتی خوشه انگورهای بی‌دانه اثر دارد؟  
 الف) D-۲,۴  
 ب) سایتوکینین  
 ج) جیبرلین  
 د) آبسازیک اسید
- ۸- برای جلوگیری از ریزش سیب، معمولاً به‌طور متوسط غلظت اکسین چند بی‌بی‌ام باید باشد؟

الف) ۱/۰ (ب) ۱  
ج) ۱۰ (د) ۱۰۰

۹- مالتیک هیدرازید چه کاربردی دارد؟

الف) رسیدن میوه

ب) کاهش طول عمر نگهداری میوه‌ها در انبار

ج) ریزش پیش از موعد برگ‌ها

د) افزایش طول دوره خواب زمستانی جوانه‌ها

۱۰- رشد طولی ساقه در اثر کدام ماده بیشتر است؟

الف) اکسین (ب) جیبرلین

ج) سائتوکینین (د) اتیلن

۱۱- ... یک ماده مصنوعی شیمیایی است که تجزیه شده و گاز اتیلن آزاد

می‌کند.

الف) IAA (ب) NAA

ج) مالتیک هیدرازید (د) اتفن

۱۲- کدام یک از مواد زیر علف‌کش می‌باشد:

الف) MH (ب) IAA

ج) ۲,۴-D (د) NAA