فصل چهارم

هورمون‌های گیاهی

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

۱ــ هورمون را تعریف کند.

۲ــ انواع هورمون‌ها را نام ببرد.

۳ــ اثر اکسین بر گیاهان را ذکر کند.

۴ــ روش انتقال هورمون‌ها را در گیاه توضیح دهد.

۵ــ ویژگی اکسین‌ها را شرح دهد.

۶ــ از هورمون‌ها در تکثیر قلمه استفاده کند.

۷ــ اثر آبسایزیک اسید را در گیاهان مختلف توضیح دهد.

۸ــ از جیبرلین در افزایش اندازه میوه انگورهای بی‌دانه استفاده نماید.

۹ــ اثر سایتوکینین را در گیاهان توضیح دهد.

۱۰ــ از 2,4-D برای از بین بردن علف‌های هرز مزرعه استفاده کند.

۱۱ــ اثر اتیلن در گیاهان را توضیح دهد.

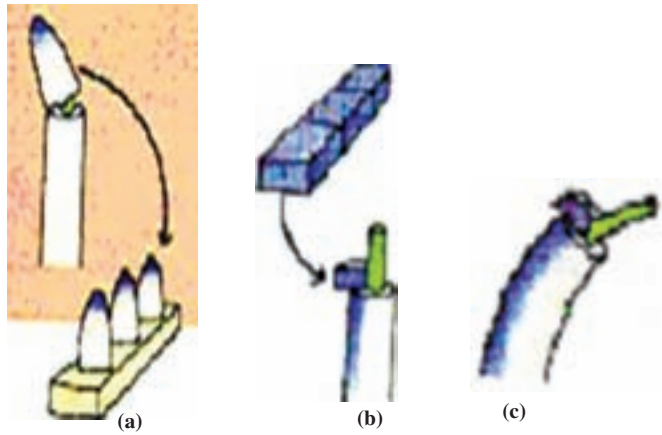
۱۲ــ عوامل مهم مؤثر بر اثربخشی هورمون‌ها را بیان کند.

حیات موجودات زنده

در داخل اندام‌های مختلف گیاهان فعالیت‌ها و واکنش‌های شیمیایی گوناگونی رخ می‌دهد که هریک 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 به‌نام اکسین[1] انجام دهید. وی برای اولین بار در سال ۱۸۸۰ میلادی اثر نور بر روی حرکت کولئوپتیل[2] (غلافی که اولین برگ گیاهان تیره گندم را در ابتدای رویش می‌پوشاند) را در گیاه شرح داد. او نشان داد که وقتی نور یک‌طرفه بر روی کولئوپتیل می‌تابد، آن به‌طرف نور برمی‌گردد. اما اگر نوک کولئوپتیل را با یک ورق آلومینیومی بپوشانید، این عمل رخ نمی‌دهد. آزمایشات داروین ثابت کرد که نوک کولئوپتیل نقطه‌ای است که محرک نور را پذیرفته و دستوراتی را به نقطه پایین کولئوپتیل می‌فرستد، که درنتیجه این عمل کولئوپتیل خم می‌شود. دستورات مذکور درواقع به‌صورت 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 ۱ــ۴ــ 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 : سرکولئوپتیل را قطع کرده، آن را به مدت ۱ تا ۴ ساعت برروی قطعه‌ای از آگار بگذارید (a) و سپس آن قطعه را بر روی قسمتی از کولئوپتیل انتقال دهید (b)، مشاهده خواهید کرد که رشد کولئوپتیل دوباره آغاز و به‌طرف عکس

۱ــ Auxin ۲ــ Coleoptile

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

شکل ۲ــ۴ــ فقدان نوعی هورمون به‌نام اکسین موجب رشد غیرطبیعی گیاه می‌شود (سمت راست)

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 ۲ــ۴).

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[1] یا هورمون‌های مصنوعی می‌نامند.

هورمون‌ها مواد غذایی نیستند، بلکه مواد شیمیایی آلی هستند که به مقدار کم در رشد و نمو گیاه و تمایزیابی 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.

۱ــ PGRS

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 پی‌پی‌ام[۱] 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 ــ هورمون‌های پودری: این نوع هورمون‌ها به علت مزایائی که دارند، در بازار بیشتر یافت می‌شوند. این مزایا عبارتند از : ۱ــ طول مدت تأثیر هورمون‌های پودری بیشتر می‌باشد. ۲ــ 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 بپاشید (شکل ۳ــ۴). 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.

۱ــ Part per million

شکل ۳ــ۴ــ استفاده از هورمون ریشه‌زای پودری برای کاشت قلمه

ب ــ هورمون‌های مایع: که به حالت محلول مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای استفاده از این نوع هورمون‌ها، یک ظرف شیشه‌ای استوانه‌ای شکل به ارتفاع ۱۰ــ۱۵ سانتی‌متر و قطر داخلی ۱۰ــ۲۵ سانتی‌متر لازم است. هورمون مایع را در داخل این شیشه ریخته و انتهای قلمه یا قسمت‌های دیگر موردنظر 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 به‌راحتی 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 اسید آبسایسیک. علاوه بر این، نوعی هورمون به‌نام ۲،۴-D نیز وجود دارد که از آن بیشتر به‌عنوان علف‌کش استفاده می‌کنند. در جدول ۱ــ۴ انواع هورمون‌ها و اثر آن‌ها به‌طور خلاصه شرح داده شده است.

جدول ۱ــ۴ــ انواع هورمون‌های گیاهی و موارد عمده مصرف آن‌ها

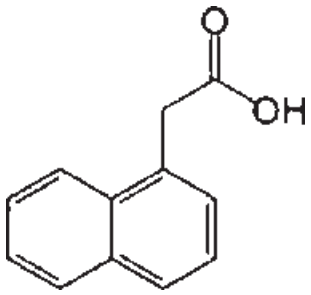
نام ترکیب	موارد مصرف و طرز تأثیر
جیبرلیک اسید (GA)	افزایش تقسیم و دراز شدن سلول، شکستن دوره خواب، تسریع جوانه‌زنی
گاز اتیلن (CH_2)	عامل رسیدن، تحریک ریزش برگ و میوه
ایندول استیک اسید (IAA)	تحریک خاصیت چیرگی انتهایی، ریشه‌دهی و ریزش برگ
ایندول بوتیریک اسید (IBA)	تحریک رشد ریشه
نفتالین استیک اسید (NAA)	تحریک رشد ریشه و کندی تنفس
آبسایزیک 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 (۲،۴-D و غیره)	تغییر وضعیت رشد، به‌صورت 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 به‌نام اختصاری IAA نامیده می‌شود، درسال مذکور از ادرار انسان تهیه شد. بعدها توانستند آن را از دانه ذرت استخراج و فرمول شیمیایی آن را تعیین نمایند. به‌تدریج اکسین مذکور از بافت‌های دیگر گیاهی نیز استخراج گردید.

نام اکسین از یک کلمه یونانی به معنی «رشد» اقتباس شده است. ترکیباتی که عموماً به‌عنوان اکسین شناخته می‌شوند، دارای قدرت تحریک سلول‌های ساقه برای طویل‌تر 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 هرکدام 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 ۴ــ۴ــ نفتالن استیک اسید (NAA)

اکسین‌های نوع IAA اغلب در بافت‌های مریستم و برگ‌های جوان گیاهان ساخته شده و به‌طرز مشخصی در ساقه گیاهان از بالا به پایین انتقال می‌یابند. البته اکسین در اندام‌های دیگری نظیر لپه‌ها، گرده‌ها، لوله گرده، جنین در حال رشد ساخته می‌شوند.

در زیر عمده‌ترین ویژگی‌های فیزیولوژیکی اکسین‌ها شرح داده می‌شود :

نقش اکسین‌ها

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

الف ــ کولئوپتیل: اکسین سبب نمو طولی کولئوپتیل می‌شود. حداکثر عمل اکسین در این مورد با غلظت ۰/۱ پی‌پی‌ام صورت می‌گیرد.

ب ــ 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.

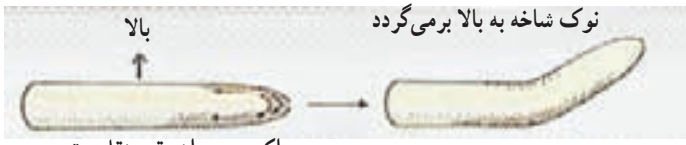
ج ــ ریشه: اکسین در غلظت‌های ۰/۱ تا ۰/۰۱ پی‌پی‌ام یا یک قسمت در ده میلیون تا صد

میلیون قسمت، سبب توقف رشد ریشه می‌شود.

د ــ برگ: در غلظت‌های متوسط حدود ۱ تا ۱/۰ پی‌پی‌ام، اکسین سبب رشد سلولی برگ‌های جوان و جوانه‌ها می‌شود و مصرف زیاد آن از نمو سلول‌ها می‌کاهد.

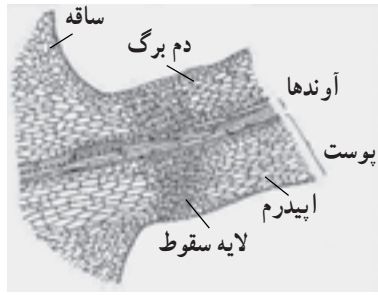
۲ــ گرایش به سمت قوه ثقل (زمین‌گرایی مثبت): ماده اکسین تحت تأثیر قوه ثقل قرار می‌گیرد. برای روشن شدن این موضوع آزمایش زیر را انجام دهید :

کولئوپتیل را به‌صورت افقی قرار دهید. پس از مدتی انتهای آن به‌طرف بالا خم می‌شود (شکل ۵ــ۴). علتش این است که اکسین در اثر قوه ثقل، در بخش زیری آن جمع شده و درنتیجه سلول‌های آن قسمت بیشتر رشد می‌کنند.



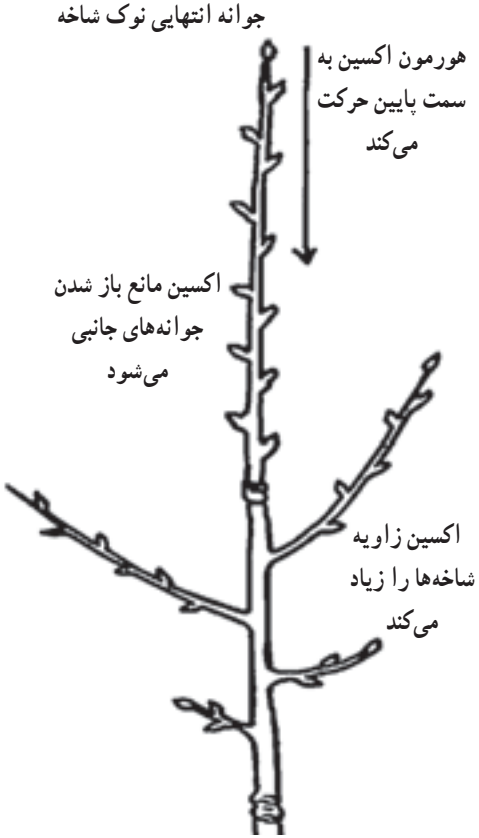
شکل ۵ــ۴ــ خاصیت ثقل‌گرایی اکسین

۳ــ ممانعت از ریزش برگ و میوه‌های مسن: ریزش برگ، اغلب به علت ایجاد لایه‌ای به‌نام لایه جداکننده یا لایه سقوط برگ[1] رخ می‌دهد (شکل ۶ــ۴) این لایه در پایه دمبرگ قرار گرفته است. عوامل مختلفی باعث ایجاد لایه جداکننده یا لایه سقوط می‌شوند. از جمله آن‌ها عوامل خارجی نظیر تناوب طول روز و شب است. با مصرف اکسین می‌توان از نمو و توسعه لایه جداکننده جلوگیری کرد. بعضی از دانشمندان معتقدند که کاهش طبیعی مقدار اکسین سبب سقوط برگ می‌شود.



شکل ۶ــ۴ــ ریزش برگ و لایه جداکننده یا لایه سقوط

۱ــ Abscisson layer



شکل ۷ــ۴ــ خاصیت چیرگی انتهایی اکسین

۴ــ چیرگی انتهایی و ممانعت از رشد جوانه‌های جانبی[1]: یکی از اصول مهم سازماندهی گیاهان بر مبنای پخش اکسین، چیرگی انتهایی است. بدین‌معنا که اکسین تولید شده توسط جوانه انتهایی به‌طرف پایین انتشار یافته و مانع رشد جوانه‌های جانبی می‌گردد (شکل ۷ــ۴). حذف نوک شاخه و درنتیجه عدم تولید هورمون اکسین، به جوانه‌های درحال خواب جانبی اجازه رشد می‌دهد و جوانه‌های موجود در بین دمبرگ و ساقه، شاخه‌های جدیدی را تولید می‌کنند. از این خاصیت در هرس درختان استفاده می‌کنند.

همان‌طور که گفته شد، نفتالین استیک اسید (NAA) یکی از اکسین‌های مصنوعی است که ساختمانی شبیه اکسین IAA دارد و در جلوگیری از تولید ناخواسته پاجوش‌ها از پای درختان زینتی و نیز چیرگی انتهایی شاخه‌ها نقش عمده‌ای دارد. چنان‌چه مواد مذکور را به محل بریده نوک شاخه بزنیم، جوانه‌های جانبی مجدداً غیرفعال خواهد شد.

کاربرد اکسین‌ها در گیاهان

اکسین‌های طبیعی و مصنوعی در کشاورزی مصارف زیادی دارند. در زیر به شرح بعضی از این موارد می‌پردازیم :

۱ــ تشکیل لایه زاینده: لایه زاینده، لایه‌ای است که در مقطع عرضی درختان بین پوست و چوب قرار گرفته و از داخل و بیرون سلول‌های جدیدی را ایجاد نموده، به این ترتیب به قطر درخت می‌افزاید (شکل ۸ــ۴). ضمناً به‌دلیل این خاصیت اکسین، برای اخذ نتیجه بهتر از عمل پیوند، می‌توان آن را به سطح محل پیوند پاشید.

۱ــ Apical dominance

شکل ۸ــ۴ــ مقطع طولی ساقه

۲ــ 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 به‌نام نفتالین استیک اسید استفاده کرد.

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

۳ــ تولید میوه‌های بی‌دانه یا کم‌دانه: به‌طور کلی اکسین در پیدایش گل اثری ندارد ولی وقتی به مقدار مناسب مصرف شود، در نمو پریکارپ[۱] (درونبر) میوه‌های گوشتی مؤثر واقع می‌شود. به‌عبارت 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.

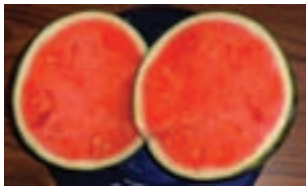
به‌عنوان نمونه می‌توان به تولید توت‌فرنگی با استفاده از اکسین اشاره کرد. می‌دانید که میوه‌های حقیقی توت‌فرنگی همان دانه‌های ریزی هستند که بر روی قسمت خوراکی و گوشتی میوه تشکیل

۱ــ Parthenocarpy

می‌شوند و آن‌ها را فندقه می‌نامند. قسمتی گوشتی و خوراکی میوه توت‌فرنگی از انواع میوه‌های کاذب است که در اثر رشد دمگل به‌وجود 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 پارتنوکاربی[1] می‌نامند (شکل ۹ــ۴).

شکل ۹ــ۴ــ 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 ۱۰ــ۴).



شکل ۱۰ــ۴ــ اثر اکسین در تولید هندوانه بی‌دانه

۴ــ ریشه‌زایی: استعمال مقدار زیادی اکسین (با غلظت ۰/۱ تا ۱۰ پی‌پی‌ام) 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 ایندل بوتیریک اسید (IBA) و نفتالین استیک اسید (NAA) اشاره نمود. این مواد هم به‌صورت پودر

۱ــ Parthenocarpy

و هم به حالت محلول قابل مصرف می‌باشند. آغشته کردن قلمه‌ها با اکسین را به چند طریق می‌توانید انجام دهید. یا انتهای شاخه‌های موردنظر را پس از آن‌که در محلول اکسین آغشته کردید، کمی خشک کرده، آن‌گاه آن‌ها را بکارید. یا آن‌که شاخه‌های موردنظر را که قبلاً کمی مرطوب کرده‌اید، با پودر اکسین مخلوط با پودر 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.

۵ــ خواب جوانه: غلظت‌های مختلف ترکیبات اکسین در نمو جوانه‌ها و یا برعکس در وقفه رشد آن‌ها دخالت دارد ؛ به‌طوری که از این ویژگی اکسین استفاده کرده و غده‌های سیب‌زمینی را به‌مدت 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[۱] استفاده کرد.

۶ــ 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

۱ــ Maleic Hydrazide (M.H.)

بر روی گیاهان می‌گذارد، استفاده می‌کنند. بدین‌ترتیب 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.

۷ــ 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- ۲،۴ به غلظت یک در هزار در آب آغشته کرده و بدین‌وسیله آن‌ها را زود رس می‌کنند.

اضافه می‌کنیم که مصرف NAA به میزان ۱۰ــ۲۰ 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 ۱۰ــ۲۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده کرد.

آبسایزیک اسید[۱]

آبسایزیک اسید، یا ABA عموماً مانع اثر سایر هورمون‌ها ؛ نظیر اکسین IAA، سایتوکینین و جیبرلین 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 بذرهای 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 تجارتی 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 به‌نام فردریک ادیکات[۲] و همکارانش

۱ــ Abscisic acid ۲ــ 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 آبسایزین شماره ۱ و ۲ نامیدند. آبسایزین ۲ امروزه آبسایزیک اسید خوانده می‌شود (ABA).

ساخت و متابولیسم آبسایزیک اسید

آبسایزیک اسید به‌طور طبیعی در گیاهان یافت می‌شود. ماده ۱۵ کربنی است که قسمتی از آن در کلروپلاست‌ها و سایر پلاستیدها تولید می‌شود. به این علت چنین به‌نظر می‌رسد که آن ابتدا در برگ‌ها ساخته می‌شود. یکی از محل‌های عمده سنتز این ماده نیز کلاهک 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، به‌عنوان 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.

به‌طورکلی درباره نقش آبسایزیک اسید در گیاهان و بعضی از وظایف فیزیولوژی آن، می‌توان موارد زیر را ذکر نمود :

۱ــ همان‌طورکه در بالا گفته شد، موجب بسته شدن منافذ روزنه می‌شود.

۲ــ مانع رشد شاخه‌ها می‌گردد ؛ اما اثر چندانی در ریشه‌ها نداشته و حتی ممکن است موجب رشد ریشه شود.

۳ــ باعث رکود بذر و جوانه‌ها می‌شود.

۴ــ مقداری بر ایجاد و ادامه دوره خواب اثر دارد.

۵ــ موجب کاهش رشد گیاه و کاهش تشکیل گل می‌شود.

۶ــ جدا شدن برگ‌ها و میوه‌ها از گیاه را موجب می‌گردد.

آبسایزیک اسید از طریق آوندهای آبکش و چوب و بافت‌های پارانشیم انتقال می‌یابد و همانند جیبرلین غیرقطبی می‌باشد.

مواد بازدارنده رشد دارای مشتقات مصنوعی نیز هستند که از جمله می‌توان SADH را نام برد. از SADH با غلظت ۵۰۰ــ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای تسریع رسیدن میوه، رنگ گرفتن پوست میوه و سست شدن دم میوه در گیلاس، هلو و آلو استفاده می‌شود.

جیبرلین‌ها[1]

در دهه ۱۹۲۰ دانشمندان ژاپنی دریافتند که ماده‌ای که توسط قارچی از گونه جیبرلا[2] تولید می‌شود، باعث ایجاد بیماری به‌نام باکانا[3] می‌گردد که در اثر آن گیاهان آلوده به قارچ به‌طور غیرطبیعی بلندتر می‌شوند (شکل ۱۱ــ۴). بعداً معلوم شد که ماده مذکور که نامش جیبرلین است، توسط خود گیاهان به مقدار کمی تولید می‌شود. این ماده درسال ۱۹۳۹ میلادی از گیاهان جدا شد.

شکل ۱۱ــ۴ــ 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 این‌که 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.

۱ــ Gibberellin ۲ــ Gibberella ۳ــ Bakanae

اثر جیبرلین بر گیاهان

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

۱ــ 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 به‌مراتب بیشتر است. البته حساسیت انواع مختلف گیاهان در برابر آن متفاوت می‌باشد. مثلاً اثر آن بر روی کلم بسیار زیاد (شکل ۱۲ــ۴) ؛ 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 تربچه، مساحت برگ آن‌ها در اثر جیبرلین حدود دو برابر می‌شود.

شکل ۱۲ــ۴ــ بوته‌های کلم سمت راست این تصویر تحت‌تأثیر جیبرلین قرار گرفته‌اند.

۲ــ تولید ساقه گل‌دهنده در سال اول در گیاهان دو ساله: بعضی از گیاهان دو ساله ؛ نظیر گل 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 ۵۰ تا ۳۰۰ 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 فتوپریودیسم بی‌تفاوت می‌باشند ؛ مانند کوکب، 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.

۳ــ رویش دانه: همان‌طور 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 روییده را بیشتر می‌کند.

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

۵ــ باروری: جیبرلین‌ها در پارتنو کارپی 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 ۱۳ــ۴). مناسب‌ترین غلظت این هورمون در مرغوب ساختن حبه‌های انگور بی‌دانه تامسون[۱] حدود ۵۰ پی‌پی‌ام است.

شکل ۱۳ــ۴ــ اثر هورمون جیبرلین بر درشتی خوشه انگور بی‌دانه تامسون. در خوشه سمت راست جیبرلین مصرف شده است.

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

هورمون جیبرلین، هم‌اکنون به‌صورت قرص‌هایی به‌نام برلکس[۲] در بازار به فروش می‌رسد که درواقع 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 درآب حل کرده و بلافاصله مصرف نمود.

۱ــ Thampson seedless ۲ــ Berlex

فعالیت عملی

زیر نظر مربی خود، ماده جیبرلین را در دو مرحله مختلف شکوفایی گل و تشکیل میوه، به‌صورت 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[1]

هورمون اتیلن مسئول رسیدن میوه‌هاست. برخلاف چهار نوع هورمون دیگر، اتیلن در دمای خانه به شکل گاز است. گاز اتیلن به‌راحتی 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 به‌صورت محلولی به‌نام «اتفن»[2] و یا مترادف آن «اترل»[3] به‌کار 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»[4] و گوجه‌فرنگی استفاده می‌کنند. مقدار مصرف آن در این مورد ۰/۱ تا ۱ppm 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 این‌گونه 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 هورمونی‌هایی 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 به‌نام «آلار»[5]

۱ــ Ethilene ۲ــ Ethephon ۳ــ Etherel

۴ــ Honey Dew ۵ــ Alar

را که از مشتقات مصنوعی، آبسیسیک 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 نارس 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[1]

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، به‌مراتب 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 به‌نام میلر[2] 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»[3] 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

۱ــ Cytokinins ۲ــ Miller ۳ــ 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

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

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

۲ــ 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.

۳ــ 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 می‌کاهد.

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

۵ــ 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.

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

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

علف‌کش ۲،۴-D

فرآورده مصنوعی دیگر از تنظیم‌کننده‌های رشد گروه اکسین، ماده‌ای به‌نام ۲،۴-D می‌باشد که یک علف‌کش است. اسم کامل آن ۲،۴ دیکلروفنکسی استیک اسید[1] است. این علف‌کش در طول جنگ جهانی اول توسط یک گروه انگلیسی، به منظور افزایش محصول تولید شد. علف‌کش مذکور سمی انتخابی است و در دولپه‌ای‌هایی مثل گل قاصد عمل می‌کند و در تک‌لپه‌ای‌ها اثری ندارد ؛ لذا می‌توان آن را در مزارع گیاهانی مثل گندم، جو، برنج، ذرت و انواع دیگر غلات و چمن‌ها، برای دفع علف‌های هرز برگ پهن به‌کار برد. با توجه به اهمیت غلات در تغذیه انسان‌ها، ۲،۴-D در کشاورزی ارزش فراوانی دارد.

۲،۴-D از طریق برگ‌ها جذب شده به ناحیه مریستم گیاه انتقال می‌یابد. اثر آن، رشد کنترل نشده و ناپایدار، پیچش ساقه، پژمرده شدن برگ و بالاخره مرگ گیاه را به‌دنبال می‌آورد. با فرمول‌های مختلف، تحت نام‌های تجاری گوناگونی به فروش می‌رسد.

اگر این ماده را با غلظت کم مورد استفاده قرار دهید، باعث افزایش تشکیل ریشه‌ها می‌شود. هم‌چنین حدود ۴۰ سال است که معلوم شده ۲،۴-D می‌تواند زمان رسیدن میوه موز را تا ۴ روز جلو اندازد.

عوامل مهم مؤثر بر اثربخشی هورمون‌ها

عوامل متعددی در میزان اثربخشی هورمون‌ها دخیل می‌باشند. عمده‌ترین آن‌ها به شرح زیرند :

۱ــ مقدار یا غلظت هورمون: در اغلب مواقع، تغییر در مقدار یا غلظت یک هورمون، تغییر در نوع یا میزان اثر بخشی آن را به‌دنبال دارد. مثلاً هورمون سایتوکینین در غلظت معینی باعث تحریک نمو ریشه شده و در غلظت بیشتر، از نمو ساقه جلوگیری می‌کند.

۲ــ نور و دما: این دو عامل محیطی در سرعت انتقال و تأثیرگذاری هورمون‌ها مؤثر می‌باشند. نور بعضی از هورمون‌ها را تجزیه کرده و آن‌ها را غیرفعال می‌کند.

۳ــ ترکیبات موجود در داخل سلول‌ها: وجود مواد غذایی ؛ از قبیل قندها، عناصری مثل آهن، مس، کبالت و نیز مواد آلی مانند فنل‌ها در محل تأثیر هورمون، در اثربخشی آن تغییراتی ایجاد می‌کند.

۴ــ سن و نوع بافت گیاه: هرچه بافت موردنظر گیاه مسن‌تر باشد، کمتر به اثرات هورمون

۱ــ 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.

۵ــ 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 به‌کار می‌روند، الزامات عملی به‌منظور ایمنی استفاده از آن‌ها، حتی از آفت‌کش‌ها هم جدی‌تر است.

خودآزمایی

۱ــ هورمون را تعریف کنید.

۲ــ تفاوت بین آنزیم‌ها و هورمون‌ها را شرح دهید.

۳ــ انواع هورمون‌ها را نام ببرید.

۴ــ نقش سایتوکینین را در گیاهان شرح دهید.

۵ــ عوامل مؤثر بر اثربخشی هورمون‌ها را شرح دهید.

۶ــ خاصیت چیرگی انتهایی نتیجه اثر چه هورمونی است؟

الف) اکسین　　ب) آبسایزیک اسید

ج) جیبرلین　　د) سایتوکینین

۷ــ کدام‌یک از مواد زیر بر درشتی خوشه انگورهای بی‌دانه اثر دارد؟

الف) ۲،۴-D　　ب) سایتوکینین

ج) جیبرلین　　د) آبسایزیک اسید

۸ــ برای جلوگیری از ریزش سیب، معمولاً به‌طور متوسط غلظت اکسین چند پی‌پی‌ام باید باشد؟

الف) ۰/۱ ب) ۱

ج) ۱۰ د) ۱۰۰

۹ــ مالئیک 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

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

الف) اکسین ب) جیبرلین

ج) سایتوکینین د) اتیلن

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

الف) IAA ب) NAA

ج) مالئیک هیدرازید د) اتفن

۱۲ــ کدام‌یک از مواد زیر علف‌کش می‌باشد :

الف) MH ب) IAA

ج) ۲،۴-D د) NAA