فصل چهار – پاسخ گیاهان به محرک ها

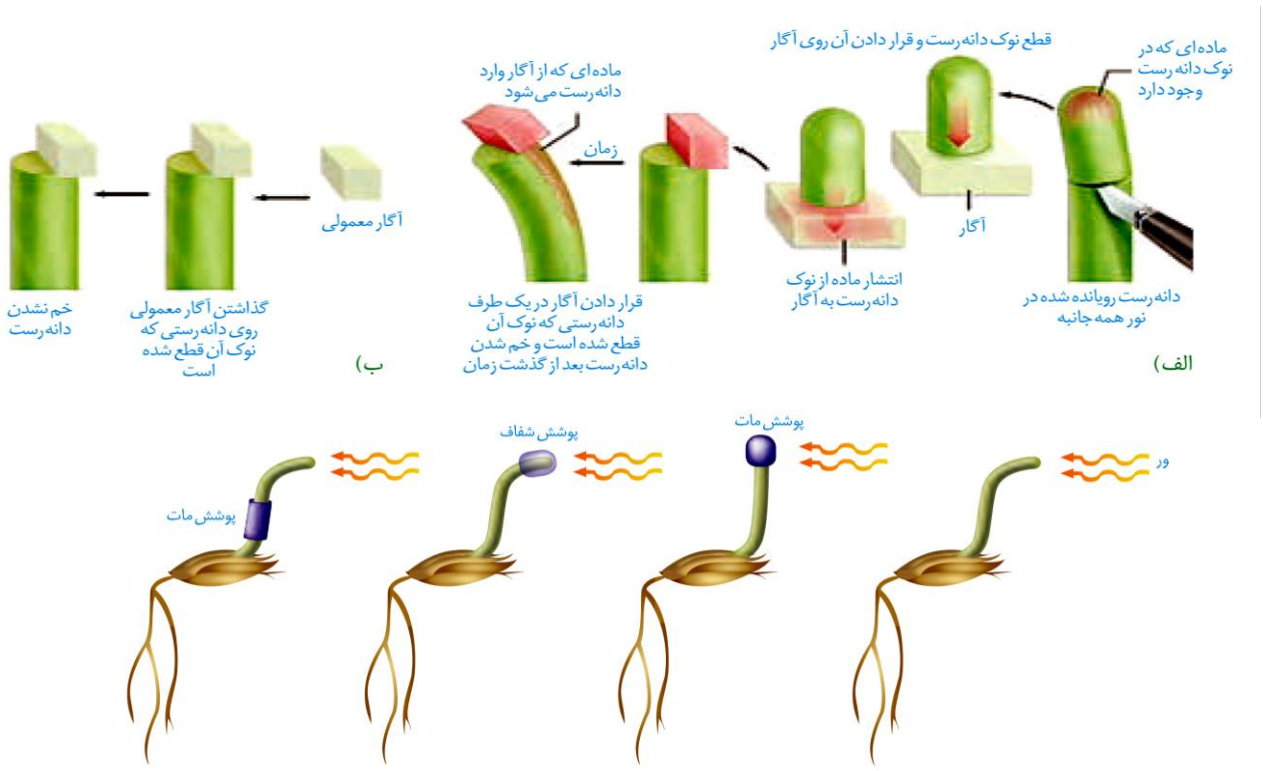
گفتار ۱ – تنظیم کننده های رشد در گیاهان

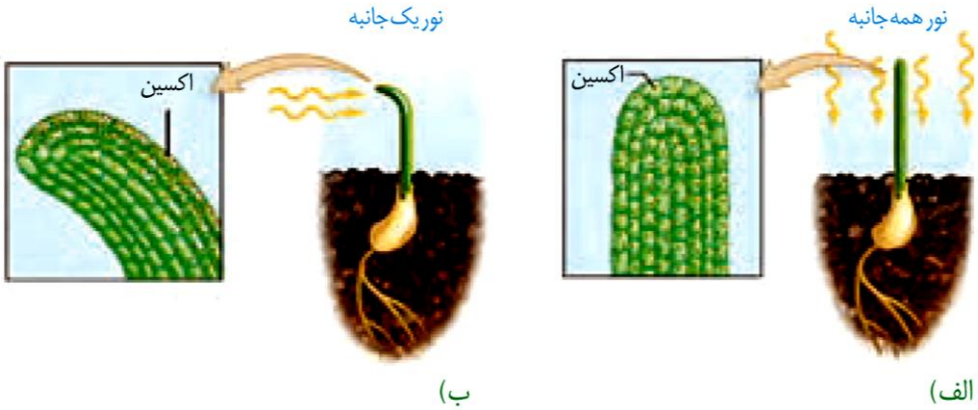
در این فصل می خواهیم پاسخ اندام ها و یاخته های مختلف گیاه به محرک های بیرونی و به تغییر شرایط آب و هوایی محیط را بررسی کنیم.

اولین آزمایش :

خم شدن گیاهان به سمت نور پدیده ای رایج در طبیعت است. چارلز داروین که به مطالعه ی پدیده حرکت در گیاهان علاقه مند بود، برای بررسی این موضوع، همراه با پسرش آزمایش هایی را با استفاده از دانه رست نوعی گیاه از گندمیان، طراحی و اجرا کرد. آنها دریافتند دانه رست در صورتی به سمت نور یک جانبه (نوری که از یک طرف به گیاه می تابد)، خم می شود که نوک آن در برابر نور باشد.

بعدها محققان دیگری با انجام آزمایش هایی، نشان دادند که عامل خم شدن دانه رست به سمت نور، ماده ای است که در نوک آن وجود دارد. به شکل زیر توجه کنید! در این آزمایش، نوک دانه رستی را که در نور همه جانبه رشد کرده است، بریده و برای مدتی روی قطعه ای از آگار قرار دارند. بعد از مدتی این قطعه آگار را روی لبه ی دانه رستی قرار می دهند که نوک آن بریده شده؛ همین طور که می بینید دانه رست خم شده است، در حالی که قرار دادن آگار معمولی روی دانه ی رست بدون نوک، سبب خم شدن آن نمی شود . خم شدن دانه رست به معنای اختلاف اندازه ی یاخته های دو طرف ان است. مشاهده های میکروسکوپی نیز نشان داد که رشد طولی یاخته ها در سمت سایه بیشتر از یاخته هایی است که در سمت رو به نور قرار دارند. نور یک جانبه باعث جابه جایی این ماده از سمت مقابل نور به سمت سایه (دور از نور) می شود. در نتیجه به علت تجمع این ماده در سمت سایه، رشد طولی یاخته ها در این سمت بیشتر از سمت رو به نور است و در نتیجه دانه رست خم می شود. رشد جهت دار اندام های گیاه در پاسخ به نور یک جانبه را نور گرایی نامیدند. سرانجام ترکیب شیمیایی این ماده شناسایی و اکسین، به معنای "رشد کردن" نامیده شد. پژوهش های بیشتر نشان داد که انواعی از ترکیبات مشابه اکسین در گیاهان متفاوت ساخته می شوند که اثرات مشابه دارند؛ بنابراین، نام اکسین ها را به این گروه از ترکیبات دادند.





شکل ۴ـ تابش نور سبب تجمع اکسین در سمت سایه می‌شود.

تاریخچه پیدایش اولین هورمون گیاهی (اکسین)

الف) آزمایش داروین

با توجه به این که از سال های بسیار دور خمش ساقه و برگ گیاهان به سمت نور، توجه محققین را به خود جلب کرده بود، چارلز داروین (پدر علم تغییر گونه جانداران) به همراه پسرش فرانسیس از اولین کسانی بودند که به پدیده حرکت در گیاهان و مطالعه روی علت خمش ساقه گیاه به سمت نور پرداختند. آن ها مشاهده هایی را برای این موضوع گیاهی، طراحی و اجرا کردند که بیش تر مطالعات آن ها، روی بررسی رشد دانه رست یا دانه اولیه خارج شده از پوسته در غلات (گندم، جو، ذرت و ....) صورت گرفت که در ادامه آن ها را بررسی می کنیم.

۱) آزمایش اول

آن ها مشاهده کردند که وقتی نور به نوک ساقه دانه رست گیاه گندمی یا همان به ساقه رویانی آن برخورد می کند، هم باعث رشد ساقه به سمت بالا می شود و هم باعث خمش آن به سمت نور یک جانبه می شود.

۲) آزمایش دوم

با توجه به شکل مقابل داروین متوجه شد که اگر نوک ساقه رویانی را با غلافی از پوشش مات که نور از آن عبور نمی کند بپوشاند و نور را به نوک و مناطق پایین تر از نوک ساقه بزنند، در ساقه مورد نظر نه رشد صورت می گیرد و نه خمش!!

۳) آزمایش سوم

آن ها وقتی نوک ساقه رویانی را با غلاف شفافی که نور را عبور می دهد پوشاندند و نور یک جانبه را به ساقه تاباندند، فهمیدند که چون این غلاف شفاف است و نور به نوک ساقه برخورد می کند، ساقه رشد کرده و به سمت نور خمش می یابد.

آزمایش چهارم

آن ها وقتی مناطق زیر نوک ساقه را با پوشش مات پوشاندند و نوک ساقه را در معرض نور قرار دادند، پس از تابش نور یک جانبه به ساقه، دیدند که ساقه رشد کرده و به سمت نور خمش می یابد.

نکته: داروین در آزمایش خود روی دانه رست چمن به این نتیجه گیری رسید که نور همه جانبه (نه یک جانبه!!) سبب رشد دانه رست به طور مستقیم و بدون خمش می شود.

نتیجه گیری داروین :

با آزمایشات انجام شده آن ها به این نتیجه رسیدند که فقط وقتی نور یک جانبه به صورت مستقیم یا عبور از پوشش شفاف به نوک ساقه برخورد کند، می تواند سبب رشد و خمش ساقه گیاه به سمت نور شود. از طرفی نوک ساقه در خمش آن نقش مهمی دارد و برخورد نور به مناطق پایین تر از نوک در خمش ساقه تاثیر گذار نیست.

داروین از اکسین و یا هر ماده ای که در نوک ساقه ساخته شود و سبب نور گرایی آن شود اطلاعی نداشت.

نورگرایی :

به رشد جهت دار اندام های گیاهی که عامل ایجاد این خمش یا حرکت نور باشد نورگرایی می گویند که در ساقه چون به سمت نور خمیده می شود این نور گرایی را مثبت و در ریشه نورگرایی منفی می گویند.

کشف اکسین سر آغازی برای شناسایی ترکیبات دیگری بود که رشد و فعالیت های گیاهان را تنظیم می کنند. این ترکیبات را تنظیم کننده های رشد یا هورمون های گیاهی نامیدند. انواعی از تنظیم کننده های رشد در گیاهان تولید می شوند. اکسین ها، سیتوکنین ها جیبرلین ها، اتیلن و آبسیزیک اسید پنج تنظیم کننده رشد هستند که در ادامه با آنها آشنا می شوید.

محرک های رشد

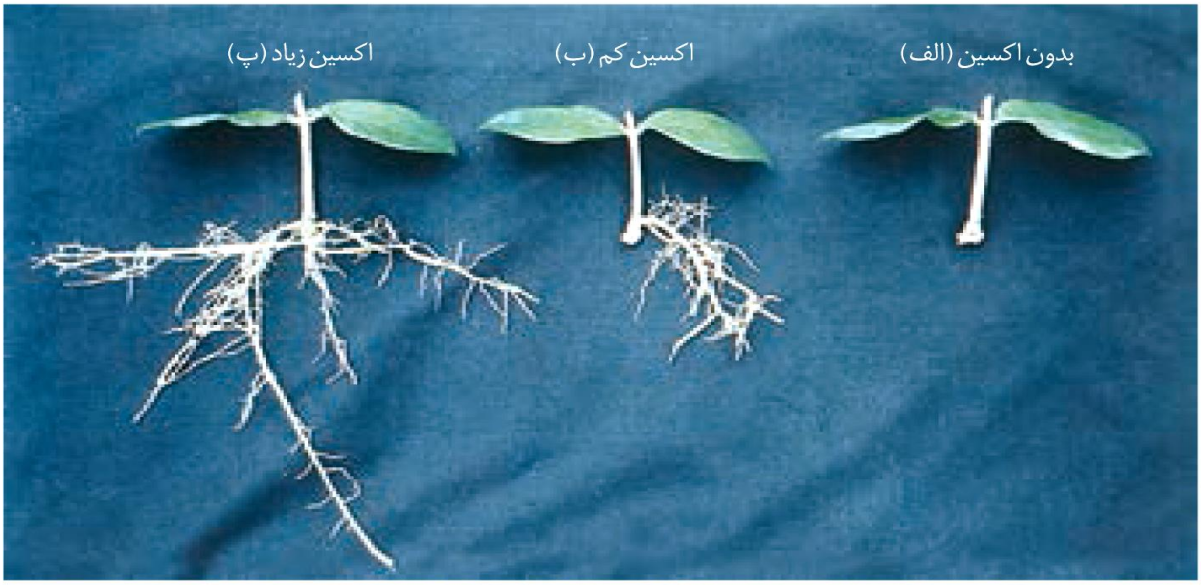
اکسین ها، سیتوکنین ها و جیبرلین ها در فرآیند های رشد مانند تحریک تقسیم یاخته، رشد طولی یاخته ها، ایجاد و حفظ اندام ها نقش دارند. گرچه این تنظیم کننده ها را به عنوان محرک رشد می شناسیم؛ اما بر اساس مقدار و محل اثر ممکن است نقش بازدارندگی نیز داشته باشند. در ادامه به عملکرد هر یک از این تنظیم کننده ها می پردازیم.

اکسین ها :

اکسین با افزایش رشد طولی یاخته ها، سبب افزایش طول ساقه می شود. اکسین ریشه زایی را تحریک می کند؛ بنابراین؛ برای تکثیر رویشی گیاهان با استفاده از قلمه به کار می رود. اکسین ها را برای تشکیل میوه های بدون دانه و درشت کردن میوه ها نیز به کار می برند.

بعد از کشف ساختار شیمیایی اکسین ها، این ترکیبات به طور مصنوعی ساخته و پژوهش هایی برای شناسایی اثر آنها بر گیاهان انجام شدند. محققان دریافتند که بعضی از این ترکیبات، گیاهان دو لپه ای را از بین می برند؛ بنابراین، آنها را برای ساختن سموم کشاورزی به منظور از بین بردن گیاهان خودرو در مزارعی مانند مزرعه گندم، به کار می برند. عامل نارنجی که مخلوطی از اکسین ها بود، چنین اثری داشت. ایالات متحده آمریکا در جنگ با ویتنام به مدت ده سال عامل نارنجی را به کار برد. در نتیجه بخشی از جنگل های ویتنام که مخفی گاه مبارزان بود و نیز زمین های کشاورزی آنها از بین رفت که نتیجه ی آن، اتمام جنگ به نفع آمریکایی ها بود. تولید عامل نارنجی با اتمام این جنگ، ممنوع شد؛ اما چند دهه طول کشید تا جنگل ها احیا شوند. سرطان و تولد نوزادان با نقص های مادر زادی از اثرهای این ماده بود.

نکته : بعضی بر این باورند که نباید واژه هورمون را برای تنظیم کننده های رشد به کار بریم؛ زیرا معمولا هورمون در یک محل تولید و بر محلی دیگر تاثیر می گذارد، در حالی که ممکن است محل تولید و تاثیر تنظیم کننده های رشد در گیاهان یکی باشد. همچنین تنظیم کننده های گیاهی در غلظت های متفاوت می توانند یک فرآیند را در اندامی مهار یا تحریک کنند. با این حال واژه هورمون گیاهی (phytohormone) همچنان به کار می رود.



اکسین ها :

محل تولید : نوک ساقه ای که در معرض نور قرار بگیرد و دانه های در حال نمو (دانه رست) می توانند اکسین تولید کنند.

محل اثر و نقش :

الف) در نور همه جانبه (غیر یک جانبه) و یا افزایش رشد طولی ساقه شده ولی خمشی ایجاد نمی کند.

ب) در نور یک جانبه در سمت سایه یا نور ندیده زیر نوک ساقه جمع می شود و سبب رشد طولی بیشتر یاخته های آن منطقه شده و علاوه بر رشد ساقه در خمش آن به مست نور دخالت دارد.

ج) اکسین زیاد سبب تحریک ریشه زایی در قلمه ها می شود به همین دلیل با استفاده از قلمه برای تکثیر رویشی استفاده می شود. بدون اکسین در قلمه ها ریشه تولید نمی شود و با اکسین کم، ریشه ای با انشعابات کم ایجاد می شود.

د) مانع رشد جوانه های جانبی و تولید شاخه و گل و برگ می شود که به آن چیرگی راسی می گویند. (یعنی سبب رشد جوانه انتهایی و مانع رشد جوانه جانبی می شود.)

ه) سبب ایجاد میوه های بدون دانه و درشت کردن میوه ها می شود. (از آنجایی که دانه در حال نمو نیز اکسین می سازد، پس این اکسین سبب رشد میوه می شود.) در برخی میوه های فاقد دانه فراوان (گویچه فرنگی گلخانه ای) افشانه یا اسپری اکسین سبب رشد میوه آن ها و مطلوب شدن گیاه می شود.

استفاده از اکسین ها بر علیه انسان ها!! (سوء استفاده از علم)

وقتی ساختار شیمیایی اکسین ها پیدا شد، محققین توانستند این ماده را به صورت مصنوعی نیز در آزمایشگاه ایجاد کنند. در نتیجه این تحقیقات برخی ترکیبات پیدا شد که سبب از بین بردن گیاهان دو لپه ای می باشد. (چون همانطور که گفتیم اکسین ها مانع رشد جوانه جانبی و ایجاد برگ می شوند.) محققین ابتدا از این ترکیبات برای ساختن سموم کشاورزی به منظور از بین بردن گیاهان خودروی مزارع مثل مزارع گندم استفاده کردند. سپس محققین ماده ای به نام عامل نارنجی تولید کردند که مخلوطی از اکسین های متفاوت بود که می توانست سبب از بین بردن گیاهان خودرو مزارع می شود ولی این ماده سبب ایجاد بیماری هایی مثل سرطان، دیابت یا نقص مادرزادی در نوزادان متولد شده نیز می شود.

در جنگ آمریکا و ویتنام وقتی مبارزان ویتنامی در مقابل آمریکا سال ها مقاومت کردند و در بین جنگل ها مخفی شدند. آمریکا به مدت ده سال ماده نارنجی را روی این جنگل ها در بخشی از ویتنام ریخت که طی آن در اثر ریزش برگ و کاهش فتوسنتز بخشی از جنگل ها و زمین های کشاورزی از بین رفت و آمریکا برنده جنگ شد!! و طبق معمول !! بعد از جنگ استفاده از عامل نارنجی ممنوع شد ولی سال ها و دهه ها برای احیای جنگل ها و نسل بعد مردم ویتنام زمان نیاز می باشد.

سیتوکنین ها – هورمون جوانی

سیتوکنین ها با تحریک تقسیم یاخته ای و در نتیجه ایجاد یاخته های جدید، پیر شدن اندام های هوایی گیاه را به تاخیر می اندازند. به همین علت با افشانه کردن سیتوکنین روی برگ و گل ها آناه را تازه نگه می دارند. سیتوکنین ها هورمون ساقه زایی نیز نامیده می شوند. به کارگیری این هورمون در کشت بافت، سبب ایجاد ساقه از یاخته های تمایز نیافته می شود.

شاخه و برگ های بیشتر: بر هم کنش دو تنظیم کننده :

اگر بخواهید گیاهی پر شاخ و برگ تر داشته باشید، چه کار می کنید؟ احتمالا سر شاخه ها را که محل جوانه های راسی (انتهایی)اند، قطع می کنید. همان طور که در شکل می بینید با قطع جوانه راسی، جوانه های جانبی رشد، و شاخه و برگ جدید ایجاد کرده اند. به اثر بازدارندگی جوانه راسی بر رشد جوانه ها جانبی،چیرگی راسی می گویند. با قطع جوانه راسی مقدار سیتوکنین در جوانه های جانبی افزایش و مقدار اکسین آنها کاهش می یابد، در نتیجه جوانه های جانبی رشد می کنند. اگر بعد از قطع جوانه راسی، در محل برش، اکسین قرار دهیم؛ جوانه های جانبی رشد نمی کنند . این آزمایش نشان می دهد که اکسین از جوانه راسی به جوانه های جانبی می رود و مانع از رشد آنها می شود.

سیتوکینین ها (هورمون جوانی)

الف)این هورمون محرک رشد ، سبب تقسیم یاخته ای و رشد گیاه می شود و شرایط تشکیل دوک تقسیم را سریع می کند.با این کار تقسیم یاخته ها بیش تر شده و پیر شدن اندام های هوایی گیاه مثل گل ، برگ ، ساقه و ... را به تاخیر می اندازد.

ب) از این هورمون به صورت افشانه در گل فروشی ها استفاده می شود چون با اسپری کردن آن سبب تاخیر در از بین رفتن برگ و گل های تازه می شوند و ضد پیری می باشد.

ج) اگر در فن کشت بافت و در محیط سترون، در سرلاد ساقه زا، نسبت سیتوکنین به اکسین بالا باشد، ساقه زایی را در این قسمت مریستمی تمایز نیافته تسریع می کند.

د) اگر مقدار سیتوکنین در جوانه جانبی زیاد شود، می تواند نسبت بالای سیتوکنین به اکسین در جوانه جانبی سبب ایجاد شاخ و برگ زیاد در گیاه شود.

ه) نسبت بالای اکسین به سیتوکنین در دانه رست با توده های تمایز نیافته (کال)، سبب افزایش و تسریع در ریشه زایی قلمه ها و سبب تکثیر رویشی یاخته های تمایز نیافته مریستمی می شود.

و) نسبت بالای سیتوکنین به اکسین در دانه رستی حاوی یاخته های تمایز نیافته (کال)، سبب تسریع در ساقه زایی آن می شود.

برهم کنش اکسین و سیتوکنین (تاثیر بر رشد انواع جوانه ها)

یکی از کارهای اکسین در گیاه، چیرگی راسی می باشد. چون منبع اصلی تولید اکسین جوانه انتهایی یا همان جوانه راسی گیاه می باشد، این هورمون نمی گذارد تا گیاه در جوانه جانبی مقدار زیادی سیتوکنین تولید کند وسبب مقدار زیاد نسبت اکسین به سیتوکنین در جوانه های انتهایی و جانبی می شود. در این حالت جوانه انتهایی یا راسی رشد کرده و گیاه طویل تر می شود ولی جوانه جانبی در این حالت که سیتوکنین کم و اکسین زیاد دارد، رشد نمی کند و شاخه، برگ و گل گیاه زیاد نیست، باغبانان به همین دلیل برای این که گیاهان پر شاخه و برگی داشته باشند، با هرس کردن، نوک ساقه (جوانه راسی) را قطع می کنند و با این کار مقدار اکسین در گیاه و جوانه جانبی کاهش یافته ولی مقدار سیتوکنین آن زیاد می شود و سبب رشد و تقسیم یاخته های آن شده و شاخه برگ و گل ایجاد می شوند.

نکته ی مهم: جوانه جانبی محل تولید هورمون سیتوکنین می باشد.

نکته: اگر به ساقه گیاه که نوک آن قطع شده است و در حال فعالیت زیاد جوانه جانبی خود برای تولید شاخ و برگ است، در محل قطع شدن نوک، اکسین اضافه کنیم. دوباره جوانه جانبی رشد نمی کند و چیرگی راسی در اثر عمل اکسین ایجاد می شود. این آزمایش نشان دهنده تولید اکسین در جوانه راسی و حرکت آن به سمت جوانه جانبی می باشد تا مانع رشد آن ها شود.

جیبرلین ها : تلاش برای رفع مشکل

کشف جیبرلین ها حاصل تلاش دانشمندان ژاپنی در بررسی نوعی بیماری قارچی بود که دانه رست های برنج به آن مبتلا می شدند. آلودگی دانه رست ها به قارچ جیبرلا سبب می شد تا به سرعت رشد کنند این دانه رست ها باریک و دراز بودند و بافت استحکامی کافی نداشتند، در نتیجه خم می شدند و روی زمین می افتادند. مسلما چنین بیماری سبب کاهش محصول برنج و در نتیجه زیان های فراوان بود. دانشمندان با استخراج و شناسایی ترکیبات به دست آمده از قارچ جیبرلا، توانستند جیبرلین ها را شناسایی و معرفی کنند. پس از آن مشخص شد که جیبرلین ها در گیاهان نیز تولید می شوند و رشد و فعالیت های آنها را کنترل می کنند.

این تنظیم کننده های رشد در افزایش طول ساقه از طریق تحریک رشد طولی یاخته و تقسیم آن، رشد میوه و رویش دانه ها نقش دارند؛ این هورمون گیاهی را برای تولید میوه های بدون دانه و درشت کردن میوه ها به کار می برند.

جیبرلین ها (هورمون محرکی برای رفع مشکلات)

محل تولید : ۱- قارچ جیبرلا ۲- رویان دانه های درحال رشد (رویان دانه رست)

کارهای جیبرلین در گیاه

۱- با اثر بر جوانه انتهایی و سرلاد درون آن سبب هم تحریک رشد طولی یاخته (همانند اکسین) و هم تحریک تقسیم یاخته (همانند سیتوکنین) می شود و باعث رشد طولی ساقه می شود.

۲- جیبرلین ها سبب جوانه زنی دانه ها و ظهور دانه رست می شوند و بدین طریق ورود آب و اکسیژن را به دانه و رشد آن را تسریع می دهد و گل زایی را نیز جلو می اندازند. (در ادامه مکانیسم اثر جیبرلین در رویش دانه ها را بررسی می کنیم!)

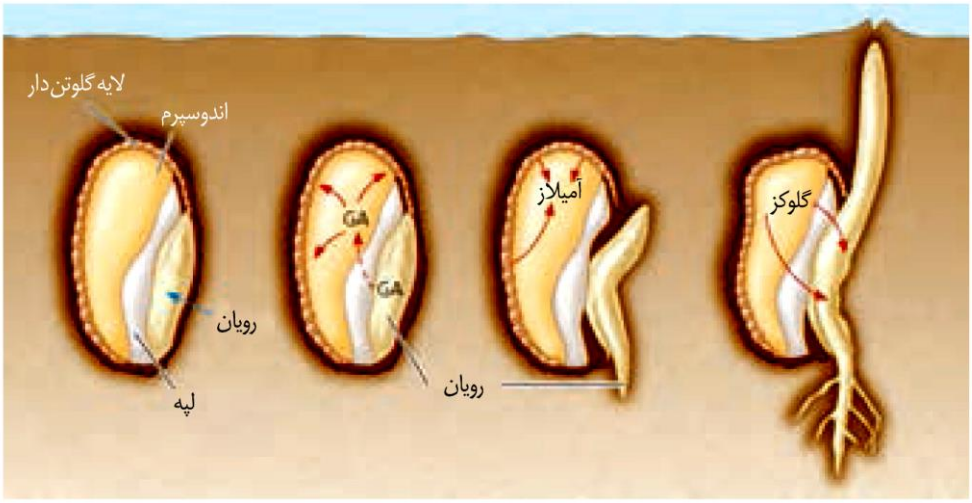
۳- جیبرلین ها، همانند اکسین ها می توانند سبب تحریک رشد تخمدان ها شوند و رشد میوه را زیاد کنند. با این کار و یا با افشانه کردن جیبرلین روی گیاه، سبب تولید میو های درشت و میوه های بی دانه نیز می شوند.

نکته: برای تولید میونه بی دانه باید جلوی گرده افشانی یا جلوی تشکیل لوله گرده را گرفت که این کار را هورمون های اکسین و جیبرلین می توانند انجام دهند.

۴- جیبرلین با اثر بر گیاهان بوته ای نیز می تواند رشد طولی ساقه و تولید برگ، شاخه و گل را در ان ها تسریع کند.

جیبرلین ها و رویش بذر غلات

رویان غلات در هنگام رویش دانه، مقدار فراوانی جیبرلین می سازند. این هورمون بر خارجی ترین لایه آندوسپرم اثر می گذارد و سبب تولید و رها شدن آنزیم های گوارشی در دانه می شود. این آنزیم ها دیواره ی یاخته ها و ذخایر آندوسپرم را تجزیه می کنند. نشاسته یکی از این ذخایر است که بر اثر آنزیم آمیلاز به گلوکز مورد نیاز برای رشد رویان تجزیه می شود.



مکانیسم اثر جیبرلین بر رویش بذر غلات

از فصل قبل به یاد دارید که دانه غلات از سه بخش پوسته ضخیم، آندوسپرم برنشاسته یا اندوخته پر حجم ذخیره ای و یک رویان تشکیل شده است. در دانه غلات، لپه مشخص ترین بخش رویان می باشد به صورت نازک وجود دارد که وظیفه انتقال غذا از آندوسپرم به رویان برای رشد و ایجاد گیاه اصلی را دارد. در شرایط مناسب دانه رشد می کند و دانه رست را ایجاد می کند.

همچنین از سال قبل به یاد دارید که کریچه بذر غلات (گندم، جو و ...) دارای پروتئین ذخیره ای گلوتن می باشد. مشاهده و تحقیق شده است که وقتی دانه غلات در حال رویش هستند، مقدار زیادی جیبرلین در رویان دانه آن ها ساخته می شود. این جیبرلین ها روی خارجی ترین لایه آندوسپرم که ذخایر گلوتن زیادی دارند اثر می کنند.

در اثر تحریک جیبرلین، در لایه گلوتن دار در آندوسپرم دانه، مقدار زیادی آنزیم گوارشی هیدرولار تولید می شود تا دیواره یاخته ها وذخایر آندوسپرم را تجزیه کنند. آمیلاز تولیدی به درون آندوسپرم پر نشاسته ترشح می شود. درون آندوسپرم، نشاسته ها در اثر آمیلاز شروع به هیدورلیز یا آبکافت شدن می کنند و به گلوکز تبدیل می شوند که قند مورد نیاز برای تنفس یاخته ای و رشد رویان می باشد.

گلوکز ها توسط لبه نازک از آندوسپرم به رویان رسیده و با تنفس درون یاخته ای مقدار زیادی ATP برای رشد رویان و رشد دانه رست و گیاه جدید ایجاد می شود.

دانه اولیه – نفوذ آب و اکسیژن- رشد اولیه دانه – تولید جیبرلین در رویان دانه در حال رشد – اثر جیبرلین بر لایه خارجی آندوسپرم با لایه گلوتن دار گندم- تولید آمیلاز در لایه گلوتن دار آندوسپرم دانه – ورود آمیلاز به آندوسپرم - تجزیه نشاسته ذخیره ای آندوسپرم و تبدیل به گلوکز – انتقال گلوکز از آندوسپرم به لپه نازک - انتقال گلوکز از لپه نازک به رویان - شروع تنفس یاخته ای و تجزیه گلوکز در رویان و ایجاد گیاه جدید با رویش دانه ها .