بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

بخش باغبانی

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی باغبانی گرایش

سبزی کاری

مطالعه اثر تنظیم کننده رشد براسینواستروئید (BR) در مراحل مختلف رشد و نمو بر پارامترهای رشد، برخی خصوصیات کیفی و عملکرد میوه طالبی (*Cucumis melo* L.) رقم سمسوری

مؤلف :

شیما حسن زاده فرد

استاد راهنما :

دکتر محمد جواد آروین

استاد مشاور :

دکتر قاسم محمدی نژاد

شهریورماه ۹۲

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

گروه باغبانی

دانشکده کشاورزی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: شیما حسن زاده فرد

استاد راهنما: دکتر محمد جواد آروین

استاد مشاور : دکتر قاسم محمدی نژاد

داور ۱: دکتر نجمه زینلی

داور۲: دکتر بتول کرامت

نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر مهدی سرچشمه پور

معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده: دکتر مجید رحیم پور

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزم

آنان که وجودشان برایم همه مهر بوده و راستی قامتم در شکستگی قامتشان تجلی یافت و سرخی گونه ام از سپیدی مویشان ممکن گشت.

همسر مهربانم

آن که همواره پشتوانه من در زندگی بوده، نشاط جوانی و خوشی زندگانی را برای سعادت و سربلندی من قربانی می کند.

تشکر و قدردانی :

حمد بی پایان و سپاس بی کران خداوند منان که از جلوه های جمال و تجلی کمالش چراغ عرفان افروخته گشت و از پرتو جلالش عالم هستی به نور دانش فروغ بی زوال یافت. خداوند جان آفرین را به وسعت بی کران عظمتش سپاس می گویم که توان داد تا برگ دیگری از دفتر زندگی را با بهروزی ورق زده و به لطف بی پایان یگانه اش در آستانه را دیگری باشم.

در توانایی انجام این تحقیق افتخار آن را داشتم تا از محضر علم و ادب بسیاری از مدرسین گرانقدر بهره ها گرفته و سودها جویم. جای آن دارد تا خالصانه ترین مراتب قدردانی خود را نسبت به لطف این بزرگ اندیشان به پاس رهنمودهای ارزنده شان تقدیم دارم.

بهترین سپاسها تقدیم استاد بزرگوارم **جناب آقای استاد محمد جواد آروین** که با ژرف نگری، علم و بینش خود راهنمای من بودند.

از محضر اساتید بزرگوار و حکیمی که در طول سالیان تحصیلی توفیق شاگردی ایشان را داشتم و الفبای زندگی و علم و دانش را به بنده آموختند تشکر می نمایم و امیدوارم که خداوند بر توفیقات ایشان بیفزاید.

بر خود واجب می دانم تا از خانواده محترمم – پدر و مادر فداکارم، همسر مهربانم، برادران عزیزم (شاهین و محمود)، خواهر مهربانم (شیوا) و دوستان عزیزم تشکر نمایم، آنان که با مهربانی، تشویق و همکاریهای بی دریغ خویش نگذاشتند حتی لحظه ای در راه علم و عمل توقف نمایم. از درگاه خداوند متعال، سلامت، موفقیت و عاقبت به خیری ایشان را مسئلت می نمایم.

از درگاه خداوند کریم برای روح پدر علم و دانش کرمان جناب آقای مهندس افضلی پور طلب غفران و علو درجات می نمایم و امیدوارم که روح آن مرحوم با صالحان و مقربان حضرت دوست همنشین گردد.

من الله توفیق

چکیده

طالبی یکی از گیاهان خانواده کدوئیان است که در سطح وسیعی در نقاط مختلف کشور کشت می شود. گزارش شده است که برخی از تنظیم کننده های رشد به خصوص براسینواستروئیدها (BRs) می توانند جوانه زنی بذر، رشد و نمو گیاه و عملکرد میوه را افزایش دهند. در این پژوهش تاثیر غلظت های ۰/۱ و ۰/۳ میکرومولار ۲۴-اپی براسینولید (EBR) در سه مرحله (خیساندن بذر، محلول پاشی بوته ها در مرحله ۷-۶ برگی، محلول پاشی بعد از تشکیل میوه و ترکیب آنها) بر برخی ویژگی های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد در طالبی رقم سمسوری مطالعه گردید. غلظت ۰/۳ میکرومولار EBR در سه مرحله پارامترهایی مانند محتوی آب نسبی برگ، نشت یونی، شاخص کلروفیل SPAD، وزن تر بوته، عملکرد کل، را نسبت به شاهد به ترتیب به میزان ۲۲ ٪، ۲۴٪، ۲۱٪، ۸۱٪ و۱۹٪ افزایش داد. غلظت ۰/۱ میکرومولار EBR طی ۳ مرحله نیز در بیشتر پارامترها همانند این تیمار منجر به افزایش پارامترهای رشد گردید و ویژگی های کیفی میوه نیز از جمله سفتی گوشت، سفتی پوست، ضخامت گوشت و صفت وزن تر ریشه تحت تاثیر قرار نگرفت.

واژه های کلیدی : ۲۴-اپی براسینولید، خیساندن بذر، محلول پاشی، طالبی، عملکرد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول : مقدمه ۱

۱-۱. براسینواستروئیدها ۳

۱-۱-۱. تاریخچه براسینواستروئیدها ۳

۱-۱-۲. ساختمان براسینواستروئید ۴

۱-۱-۳. مسیرهای بیوسنتز براسینواستروئیدها ۹

فصل دوم : مروری بر پژوهش های پیشین ۱۲

۲-۱- هورمون ها و تنظیم کننده های رشد ۱۳

۲-۲- اثرات فیزیولوژیکی براسینواستروئیدها بر گیاهان ۱۷

۲-۲-۱- اثرات براسینواستروئید بر رشد گیاهان ۱۸

۲-۲-۲- اثرات براسینواستروئید بر فتوسنتز ۱۹

۲-۲-۳- اثرات براسینواستروئید روی غشا سلولی ۲۰

۲-۲-۴- اثرات براسینواستروئید روی سنتز اسیدهای نوکلئیک و پروتئین ها ۲۰

۲-۲-۵- اثرات براسینواستروئید روی جوانه زنی بذر ۲۱

۲-۲-۶- اثرات براسینواستروئید بر روی عملکرد ۲۲

۲-۲-۷- اثرات براسینواستروئید بر روی تنش ها ۲۶

۲-۳- هدف ۲۹

فصل سوم : مواد و روش ها ۳۰

۳-۱- مواد و روش ها ۳۱

۳-۲- مشخصات محل و زمان اجرای آزمایش ۳۱
۳-۳- طرح آزمایشی مورد استفاده ۳۱
۳-۴- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش ۳۱
۳-۵- ویژگی رقم مورد آزمایش ۳۳
۳-۶- نحوه اعمال تیمار ۳۳
۳-۶-۱- نحوه اعمال تیمار براسینواستروئید ۳۳
۳-۷- اندازه گیری پارامترهای رشد ۳۳
۳-۷-۱- اندازه گیری وزن تر گیاه ۳۴
۳-۷-۲- اندازه گیری وزن خشک گیاه ۳۴
۳-۷-۳- اندازه گیری شاخص کلروفیل ۳۴
۳-۷-۴- محاسبه سطح برگ ۳۴
۳-۷-۵- اندازه گیری ارتفاع دانهال در اوایل رشد ۳۴
۳-۷-۶- محاسبه درصد جوانه زنی گیاهچه ها ۳۵
۳-۸- محاسبه محتوای آب نسبی برگ(RWC) ۳۵
۳-۹- محاسبه نشت یونی (Li) ۳۵
۳-۱۰- اندازه گیری وزن تر ریشه ۳۵
۳-۱۱- ضخامت گوشت ۳۶
۳-۱۲- سفتی گوشت و سفتی پوست ۳۶
۳-۱۳- تجزیه وتحلیل های آماری ۳۶
فصل چهارم : نتایج ۳۷

نتایج آزمایش در مزرعه.....۳۸

۴-۱- تاثیر خیساندن بذر بر پارامترهای رویشی (۲ هفته روز بعد از خیساندن بذر) در مزرعه در گیاه طالبی.....۳۸

۴-۱-۱- درصد جوانه زنی گیاهچه ها در مزرعه.....۳۸

۴-۱-۲- ارتفاع دانهال در اوایل رشد.....۳۸

۴-۱-۳- سطح برگ ۳۹

۴-۱-۴- وزن تر گیاه در اوایل رشد.....۳۹

۴-۱-۵- وزن خشک گیاه در اوایل رشد.....۴۰

۴-۱-۶- شاخص کلروفیل (SPAD).....۴۱

۴-۱-۷- محتوی نسبی آب برگ.....۴۱

۴-۱-۸- درصد نشت یونی.....۴۲

۴-۲- تاثیرخیساندن بذر و یک بار محلول پاشی در مرحله ۷-۶ برگی بر پارامترهای رویشی (۳۲ روز بعد از کاشت بذر) در مزرعه در گیاه طالبی.....۴۴

۴-۲-۱- محتوی نسبی آب برگ ۴۴

۴-۲-۲- درصد نشت یونی.....۴۴

۴-۲-۳- شاخص کلروفیل.....۴۵

۴-۳- تاثیرخیساندن بذر ودوبار محلول پاشی(در مرحله ۷-۶ برگی و بعد از تشکیل میوه) بر پارامترهای رویشی ، صفات کیفی و عملکرد(۸۰ روز بعد از کاشت بذر) در مزرعه در گیاه طالبی.....۴۷

۴-۳-۱- محتوی نسبی آب برگ ۴۷

۴-۳-۲- درصد نشت یونی.....۴۸

۴-۳-۳- شاخص کلروفیل (SPAD)..... ۴۸
۴-۳-۴- وزن تر بوته..... ۴۹
۴-۳-۵- وزن تر ریشه..... ۵۰
۴-۳-۶- عملکرد میوه..... ۵۰
۴-۳-۷- سفتی پوست..... ۵۱
۴-۳-۸- سفتی گوشت..... ۵۲
۴-۳-۹- ضخامت گوشت..... ۵۲
فصل پنجم : بحث و نتیجه گیری..... ۵۴
۵-۱- درصد جوانه زنی گیاهچه ها در مزرعه..... ۵۵
۵-۲- ارتفاع گیاه در مراحل اولیه رشد..... ۵۵
۵-۳- سطح برگ..... ۵۶
۵-۴- وزن تر و خشک اندام هوایی در مراحل اولیه رشد..... ۵۶
۵-۵- شاخص کلروفیل..... ۵۶
۵-۶- محتوی نسبی آب برگ..... ۵۷
۵-۷- درصد نشت یونی..... ۵۸
۵-۸- وزن تر بوته..... ۵۸
۵-۹- عملکرد میوه..... ۵۹
۵-۱۰- سفتی پوست، سفتی گوشت و ضخامت گوشت..... ۵۹
نتیجه گیری کلی..... ۵۹
پیشنهادها..... ۶۰

فهرست منابع ۶۱

پیوست ۶۷

فهرست جداول و نمودارها

جدول ۳-۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش ۳۲

جدول ۴-۱. مجموع مربعات حاصل از تجزیه واریانس تاثیر ۲۴-اپی براسینولید بر صفت جوانه زنی و رشد دانهال طالبی ۴۳

جدول ۴-۲. مجموع مربعات حاصل از تجزیه واریانس تاثیر ۲۴-اپی براسینولید بر پارامترهای رشد رویشی ۳۲ روز بعد از کاشت در طالبی ۴۶

جدول ۴-۳. مجموع مربعات حاصل از تجزیه واریانس تاثیر ۲۴-اپی براسینولید بر پارامترهای رشد رویشی و برخی صفات کیفی و عملکرد ۸۰ روز بعد از کاشت در مزرعه طالبی..... ۵۳

شکل ۲-۱. ساختار شیمیایی تعدادی از براسینواستروئیدها ۸۰

شکل ۲-۲. مراحل اولیه بیوسنتز براسینواستروئید ها (مسیر موالونات و مسیر ایزوپرونوئید) ...۹

شکل۲-۳. بیوسنتز براسینواستروئید از طریق مسیر اولیه اکسیداسیون C۶ (چپ) و مسیر ثانویه اکسیداسیون ۶- اکسو (راست) ۱۱

شکل ۲-۴. اثر براسینواستروئید بر تنش های محیطی..... ۲۸

نمودار ۴-۱-۱. درصد جوانه زنی بذر ها در مزرعه..... ۳۸

نمودار ۴-۱-۲. ارتفاع دانهال در اوایل رشد..... ۳۹

نمودار ۴-۱-۳. سطح برگ..... ۳۹

نمودار ۴-۱-۴. وزن ترگیاه در اوایل رشد..... ۴۰

نمودار ۴-۱-۵. وزن خشک گیاه در اوایل رشد..... ۴۰

نمودار ۴-۱-۶. شاخص کلروفیل (SPAD)..... ۴۱
نمودار ۴-۱-۷. محتوی نسبی آب برگ..... ۴۱
نمودار ۴-۱-۸. درصد نشت یونی ۴۲
نمودار ۴-۲-۱. محتوی نسبی آب برگ..... ۴۴
نمودار ۴-۲-۲. درصد نشت یونی..... ۴۵
نمودار ۴-۲-۳. شاخص کلروفیل (SPAD)..... ۴۵
نمودار ۴-۳-۱. محتوی نسبی آب برگ..... ۴۷
نمودار ۴-۳-۲. درصد نشت یونی..... ۴۸
نمودار ۴-۳-۳. شاخص کلروفیل (SPAD)..... ۴۹
نمودار ۴-۳-۴. وزن تر بوته..... ۴۹
نمودار ۴-۳-۵. وزن تر ریشه ۵۰
نمودار ۴-۳-۶. عملکرد میوه..... ۵۱
نمودار ۴-۳-۷. سفتی پوست ۵۱
نمودار ۴-۳-۸. سفتی گوشت..... ۵۲
نمودار ۴-۳-۹. ضخامت گوشت..... ۵۲

فصل اول:

مقدمه

خانواده کدوئیان : این گیاهان از نظر اقتصادی دارای اهمیت فراوانی هستند که با تولید سالانه بیش از ۶۰ میلیون تن حدود ۴٪ تولید جهانی سبزی ها را به خود اختصاص داده اند. در این میان به ترتیب هندوانه مقام سوم، خیار مقام پنجم، طالبی مقام هفتم و کدو مقام هشتم را در بین سایر سبزی ها دارا می باشند. کدوئیان که به آنها جالیز نیز گفته می شود دارای ۹۰ جنس و ۷۵۰ گونه اند، همگی طالب آب و هوای گرم و نسبت به سرما حساس اند و کاشت آنها در هوای گرم انجام می شود. احتیاجات زراعی آنها تقریبا یکسان است و مورد حمله آفات و بیماری های مشابهی نیز قرار می گیرند. کدوئیان دارای ریشه سطحی هستند که حجم زیادی را در خاک به خود اختصاص می دهند که این حجم در بعضی کدوها نیز به بیش از ۱۰۰ متر مکعب می رسد. اغلب گیاهان این خانواده یکساله و دارای ساقه رونده هستند. از مشخصات بارز دیگر این گیاهان متوقف شدن رشد ساقه اصلی در هر گره است که بعد از تشکیل ساقه فرعی به رشد خود ادامه می دهد. سیستم آوندی در این گیاهان به این صورت است که دو آوند آبکش در طرفین و یک آوند چوبی در وسط قرار دارند. برگها اغلب پنجه ای شکل و دارای ۳ تا ۵ بریدگی می باشند. پیچک ها اغلب از تغییر شکل برگها به وجود می آیند و معمولا در محور برگها ظاهر می شوند و در بعضی مواقع نیز می تواند از روی ساقه اصلی یا فرعی نیز به وجود آیند (پیوست، ۱۳۸۸). طالبی (*Cucumis melo* L. Group. *Cantaloupensis* cv.*samsouri*) یکی از گیاهان تیره کدوئیان[1] است. سطح زیر کشت آن در دنیا ۱۲۳۸۶۷۳ هکتار و در ایران ۷۴۹۰۰ هکتار است که بیشترین سطح زیر کشت به استان خراسان با سطح ۴۵۵۵۳ هکتار اختصاص دارد. متوسط عملکرد آن در ایران ۱۹/۹ تن در هکتار می باشد (Anonymous, 2005). منشا آن از مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر افریقاست و بر اساس منشا خود طالب آب و هوای گرم و به ویژه نور است. گیاهی دگرگشن و تک پایه در ضمن اینکه بوته دارای گلهای کامل هم می باشد. حشرات در گرده افشانی آن نقش اساسی را دارند.گیاهان این خانواده خزنده اند و بیشتر آنها یکساله می باشند. گیاهان این تیره اغلب دارای پیچک و برگ آنها دارای بریدگی های زیادی می باشند که به صورت پنجه ای درآمده است. طالبی دارای ارقام زیادی است که از نظر شکل و طعم متفاوتند و رنگ گوشت آن در ارقام مختلف به رنگهای قرمز، نارنجی، زرد، سفید یا سبز است (پیوست، ۱۳۸۴ و دانشور، ۱۳۸۵).

1 . Cucurbitaceae

۱-۱- براسینواستروئیدها

براسینواستروئیدها دارای اثرات فیزیولوژیکی مختلف در رشد و نمو گیاهان می باشند، آنها موجب تحریک رشد و تقسیم سلولی شده، بر خصوصیات الکتریکی، نفوذ پذیری ساختمان، پایداری و فعالیت آنزیم های غشا اثر می گذارند، همچنین در سطح مولکولی براسینواستروئید ها موجب تغییر بیان ژن و متابولیسم و بیوسنتز اسید های نوکلئیک و پروتئین ها می گردند (Clous and Sasse., 1998, Khripach *et al.*, 1998).

۱-۱-۱- تاریخچه براسینواستروئیدها

کشف براسینواستروئید در موتانت های گیاه آرابیدوپسیس بود که زیاد کوتاه شده بودند و زمانی که در معرض براسینواستروئید خارجی قرار گرفتند به حالت طبیعی برگشتند. در حیوانات نقش استروئیدها بعنوان هورمون در سال ۱۹۳۰ مشخص شد، گیاهان نیز دارای توانایی بیوسنتز انواع استروئید ها هستند و در سال ۱۹۷۹ مشخص شد استروئیدها در گیاهان نیز دارای عملکرد هورمونی هستند (Khripach *et al*., 1998).

در دهه ۱۹۶۰ دانشمندان آمریکایی در دانه گرده گیاهان به جستجو ماده تحریک کننده رشد جدید پرداختند. حدود ۶۰ گونه گیاهی مورد تفکیک قرار گرفتند و حدود نیمی از آنها دارای موادی بودند که سبب افزایش رشد میانگره دوم لوبیا شدند، پژوهشگران پیشنهاد کردند که این ترکیب از راسته هورمون های لیپیدی است و آن را براسین نامیدند. در سال ۱۹۷۰ میشل[1] و همکارانش یک عصاره لیپیدی خام از دانه های گرده گیاه براسیکا ناپوس[2] که توسط زنبور های عسل جمع آوری شده بود استخراج کردند. این عصاره اثر تحریک کنندگی روی رشد داشت، که آنرا براسینولید نامیدند، براسینولید ترکیب فعال براسین ها می باشد. امروزه ساختمان و عملکرد بیش از ۴۰ نوع استروئید در گیاهان شناسایی شده و این گروه از ترکیبات بعنوان براسینواستروئید ها مشخص می شوند و گروه جدیدی از هورمون های گیاهی در نظر گرفته شده اند. در سال ۱۹۸۲ دومین براسینواستروئید توسط یاکوتا[3] و همکارانش ازگال ایجاد شده توسط حشره، درگیاه

1 .Michel
2. *Brassica napus*
3 .Yakota

شاه بلوط ژاپنی[1] استخراج شدکه آن را کاستاسترون[2] نامیدند (Clous and Sasse., 1998; Khripach *et al*., 1998).

استفاده تجارتی آن در سال ۱۹۹۰ شروع شد. ترکیب ۲۴- اپی براسینولید و ۲۸- هومو براسینولید به دلیل پایداری طولانی تر در شرایط مزرعه موثر تر از سایر ایزومر ها می باشند. این ترکیبات نه تنها کمیت بلکه کیفیت محصول را نیز بالا می برد. در کشور های روسیه و بلاروس این ماده به نام تجاری اپین[3] درسال ۱۹۹۲ ثبت گردیده و برای گیاهان گوجه فرنگی، سیب زمینی، خیار، فلفل و جو توصیه شده است. همچنین این ماده با اسم تجاری "تیان فنگ سو[4] " توسط دانشمندان چینی و ژاپنی ارائه شده است و برای محصولات برنج، ذرت، گندم، پنبه، تنباکو، سبزی ها و میوه ها توصیه می شود (Khripach *et al*., 2000) .

۱-۱- ۲- ساختمان براسینواستروئید

اصطلاح براسینواستروئید از نام لاتین براسیکا ناپوس[5] منشا می گیرد. اکثر ترکیبات این گروه نام خود را به شیوه مشابهی دریافت کرده اند. بدین ترتیب که نام آنها از نام گیاهی که اولین بار از آن استخراج شده اند منشا می گیرد. در خیلی از موارد این نام ها بصورت ترکیبی از چند نام است و دارای پیشوند ها، پسوند ها، نشانه ها و اعداد متفاوت است، همچنین قواعدی برای نامگذاری این گروه وجود دارد (Khripach *et al*., 1998).

ساختمان همه براسینواستروئید ها دارای اسکلت کربنی مشابهی است. ساختمان براسینواستروئیدها بسیار متنوع است و امروزه ساختمان و عملکرد بیش از ۴۰ نوع براسینواستروئید درگیاهان مختلف شناسایی شده است. در ساختمان براسینواستروئیدهاحلقه های A, B بصورت ترانس متصل شده اند، حلقه های C,D و زنجیره جانبی نیز مشاهده می شوند، زنجیره جانبی روی کربن شماره ۱۷ بالای حلقه D قرار گرفته است. گروه های عملکردی متصل به حلقه های A, B و زنجبره جانبی نیز متفاوت می باشند. آرایش گروه های عملکردی قرار گرفته روی حلقه های A, B وC بصورت بتا (β) (وقتی گروه عملکردی بالای اسکلت کربنی قرار دارد) و به صورت آلفا (α) (وقتی زیر صفحه اسکلت کربنی قرار دارد) نشان داده می شود. در زنجیره جانبی، گروه های

1. Castanea crenata
2. Castasterone
3 .Epin
4 .Tianfengsu
5. *Brassica napus*

عملکردی بالای صفحه (سمت راست زنجیره) بصورت آلفا و گروه های پایین صفحه (سمت چپ زنجیره) بصورت بتا نشان داده می شوند.

هنگامی که یک استروئید تنها در وضعیت فضایی یک اتم کربن با استروئید اصلی اختلاف داشته باشد آنرا با پیشوند"اپی[1] " متمایز می سازند، مثلا ۳- اپی کاستاسترون[2] و ۲۴- اپی براسینولید[3] افزایش تعداد اتم های کربن با گروه متیل بوسیله پیشوند"هومو[4] "و کاهش تعداد اتم های کربن بوسیله پیشوند "نور[5] " مشخص می شوند. پسوند"اولید[6] " به این معنی است که مولکول دارای جز جز لاکتون است، مانند براسینولید. پسوند"اون[7] "مشخصه براسینواستروئیدهای ۶-کتو است مثل براسینون.

در مجموع نامگذاری این گروه از تنظیم کننده های رشد گیاهی بصورت مخلوطی از این قواعد نامگذاری و نام های گرفته شده از منابع استخراج شده آنهاست.

حلقه A : تغییرات در حلقه A به آرایش دو گروه هیدروکسیل کربن های شماره ۲ و۳ مربوط می شود و فقدان گروه هیدروکسیل به صورت۳- دی(3-deoxy) و ۲- دی (3-deoxy)نشان داده می شود.

گروه های هیدروکسیل مجاور در کربن های شماره ۲ و ۳ به صورت (2β , 3α) ، (2β , 3β) ، (2α , 3β) ، (2α , 3α) هستند و مقدار فعالیت اینها به صورت (2α , 3α) > (2α , 3β) > (2β , 3β) > (2β , 3α) است. فعالترین براسینواستروئیدها (BS) یعنی براسینولید و کاستاسترون دارای دو گروه هیدروکسیل(2α , 3α) هستند، بنابراین بین ساختمان و فعالیت براسینواستروئید رابطه وجود دارد و جهت آلفا در کربن شماره ۲ برای فعالیت بیولوژیکی گیاهان ضروری است.

حلقه B : درجه اکسیداسیون حلقه B متنوع بوده و به اشکال زیر مشاهده شده است:

1. Epi
2 .3-epicastasterone
3 .24-epibrassinolide
4 .Homo
5. Nor
6 .Olide
7. One

کربن شماره ۶ دارای گروه هیدروکسیل ۷ - اکسالاکتون[1] ، ۶-کتون[2] ، ۶ - دی اکسو[3] می باشد.

براسینواستروئیدهای دارای ۷ - اکسالاکتون نسبت به ۶-کتون و ۶- اکسو دارای فعالیت بیولوژیکی بیشتری است. همچنین جز لاکتون در حلقه B با حرف کوچک(l) نشان داده می شود، بنابراین براسینولید بصورت BL نشان داده می شود.

زنجیره جانبی : با توجه به زنجیره جانبی کولستن و به علت استخلاف های متفاوت در کربن شماره ۲۳، کربن شماره ۲۴ و کربن شماره ۲۵ براسینواستروئید ها به ۱۱ نوع تقسیم می شوند. بیشتر تغییر ساختمان براسینواستروئیدها روی کربن شماره ۲۴ می باشد، وجود آلکیل[4] اشباع (متیل یا اتیل) در موقعیت کربن شماره ۲۴ و یا متیل در کربن شماره ۲۵ براسینواستروئیدی می سازد که از نظر بیولوژیکی فعالتر است.

علامت های اختصاری و نام های کوتاه این ترکیبات توسط شیمیدان ها و فیزیولوژیست های گیاهی مورد استفاده قرار می گیرد، به طور کلی براسینواستروئیدها به صورت BS نشان داده می شود.

براسینواستروئید های آزاد با توجه به تعداد اتم های کربن به سه دسته تقسیم می شوند، تغییر تعداد اتم های کربن به علت استخلاف های گروه آلکیل در زنجیره جانبی می باشد و هر گروه از استروئیدهایی مشتق شده اند که دارای زنجیره جانبی مشابه با آن هستند.

۱ – ترکیبات ۲۷ کربنه که به صورت NB [5] نشان داده می شوند، فاقد استخلاف در کربن شماره ۲۴ بوده و از کلسترول مشتق شده اند.

۲ – ترکیبات ۲۸ کربنه که به صورت B [6] نشان داده می شوند، دارای یک گروه متیل(بصورت α و β α) هستند و از کامپسترول مشتق شده اند.

۳ – ترکیبات ۲۹ کربنه که به صورت HB [7] نشان داده می شوند، دارای یک گروه آلفا- اتیل هستند و از سیتوسترول مشتق شده اند.

---

1 .7- oxalactone
2. 6- deoxo (non oxidize)
3. 6-ketone(6- oxo)
4. Alkyl
5. Nor Brassinolide Like side chain
6 .Brassinolide Like side chain
7 .Homo Brassinolide Like side chain

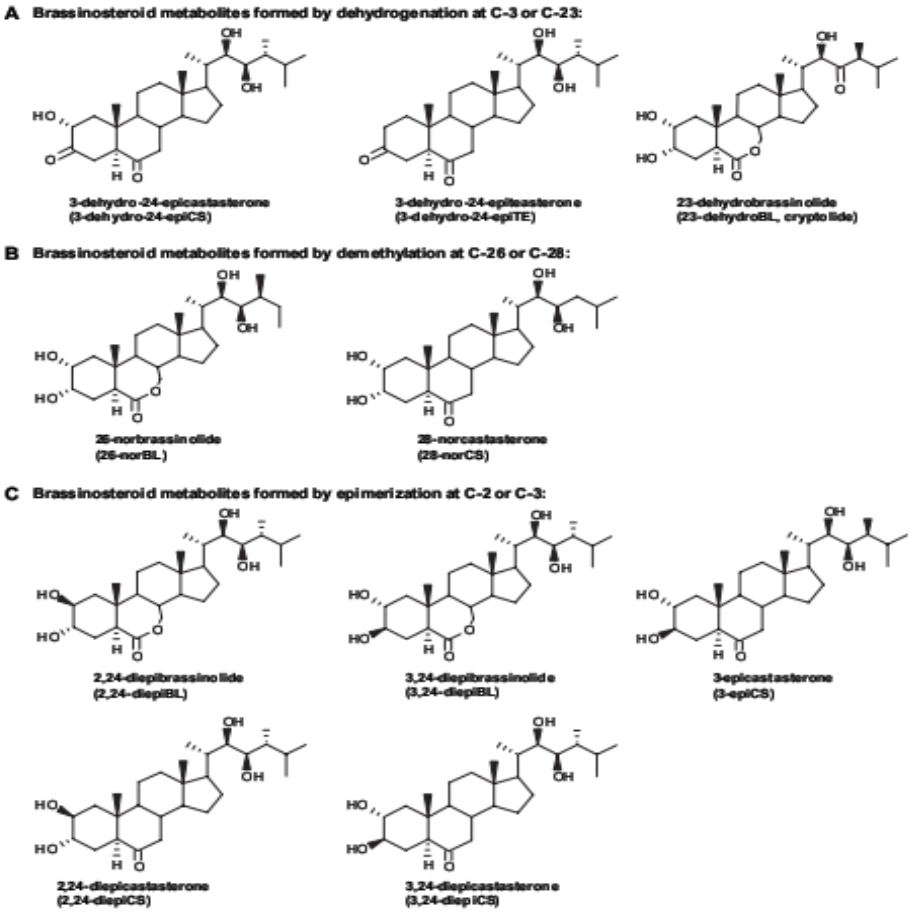
براسینولید و کاستاسترون از مهمترین براسینواستروئید های طبیعی هستند، چون دامنه گسترش وسیعی در گیاهان دارند و محدوده فعالیت بیولوژیکی آنها گسترده است، بنابراین براسینواستروئید ها دارای دامنه گسترش وسیعی در سلسله گیاهان پست و عالی هستند و در بخش های مختلف گیاهان شامل دانه گرده، برگ ها، بذر، شاخه ها، غده ها (گال ها)، ساقه و ریشه ها یافت می شوند و حداکثر مقدار آنها در اندام های زایشی (دانه گرده و بذر نابالغ) مشاهده شده است (Khripach *et al*., 1998)

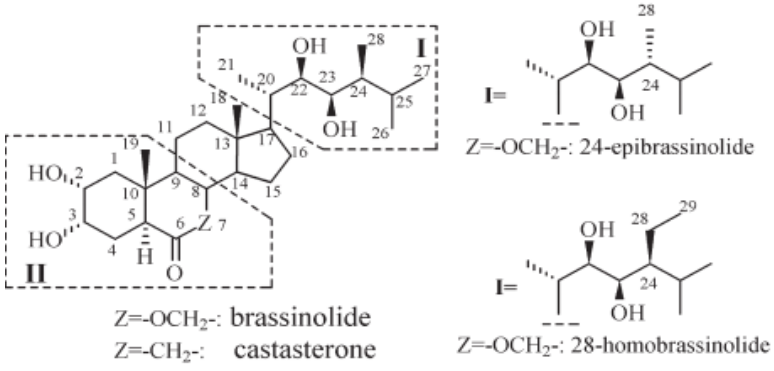
علاوه بر کانجوگاسیون که در غیر فعال سازی و ذخیره و انتقال نقش دارد آدام[1] دو مسیر متابولیسمی در گیاهان پیشنهاد کرده که احتمالا از فرآیند های غیر فعال سازی براسینو استروئید ها است.

۱ . اکسیداسیون انتهای زنجیره جانبی و سپس گلیکوزیداسیون آن (هیدروکسیلاسیون کربن شماره ۲۵، که حدود صد مرتبه فعالیتشان کاهش می یابد)

۲ . تخریب زنجیره جانبی بوسیله هیدروکسیلاسیون کربن شماره۲، سپس Oxidative cleavage باند های$C_{۲۰}$ - $C_{۲۲}$ این فرآیند همراه است با اپیمریزاسیون در کربن شماره۳ و گاهی همراه است با کانجوگه شدن با اسید های چرب و گلوکز(Khripach *et al*., 1998).

1. Adam





شکل۲-۱. ساختار شیمیایی تعدادی از براسینواستروئید ها