

# براسینواستروئیدها؟ تنظیم کننده های رشد مهم ولی ناشناخته

علیرضا غفوری، احمد فرزانه  
بخش تحقیق و توسعه شرکت رویال

براسینواستروئیدها (BRs) گروهی از تنظیم کننده های رشد استروئیدی هیدروکسیله شده در گیاهان هستند که ساختار آنها مشابه تنظیم کننده های رشد استروئیدی جانوران می باشد. براسینواستروئیدها تنظیم کننده دامنه گسترده ای از فعالیتهای فیزیولوژیک گیاه هستند که شامل رشد گیاه، نمو و ایمنی آن می شود. اثر گذاری براسینواستروئیدها و سایر مسیر های اثر گذاری وابسته به آنها در سطح مولکولی به طور کامل بررسی شده است.

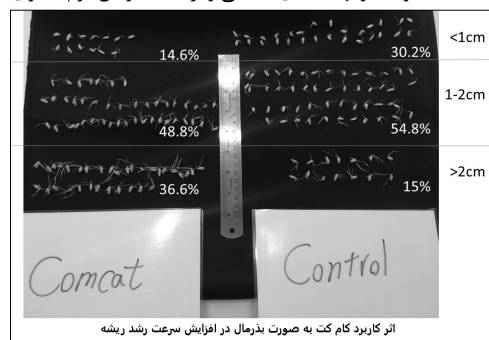


FK DARUI KESHAVARZ  
دارویی کشاورزی افکا

بازدارندگی رشد ریشه، القاء بیوسنتز اتیلن، فعال شدن پمپ پروتونی، تمایز آوند چوبی و تنظیم بیان ژنها را داشته اند. براسینواستروئیدها نقش عمده ای در نمو گیاهی دارند.

## کام کت

شرکت آگروفرم آلمان به عنوان یک شرکت نوآور و خلاق در زمینه محصولات و نهاده های طبیعی و ارگانیک اولین فرم تجاری



اثر کاربرد کام کت به صورت پرمال در افزایش سرعت رشد ریشه

از این دسته تنظیم کننده های رشد را بیش از ده سال پیش به بازار کشاورزی دنیا عرضه کرد. این محصول که در فرمولاسیون پودر عرضه می شود منجر به

- تحریک رشد ریشه و در نتیجه بهبود جذب مواد غذایی
- تحریک و افزایش گل دهی در انواع گیاهان
- تحریک گیاه به فتوسنتز و تنفس
- افزایش قدرت سیستم دفاعی گیاه در برابر تنش های محیطی مانند سرما، گرما و خشکی.
- تولید قند بیشتر در میوه ها از طریق افزایش کارایی غشاء های سلولی
- القاء مقاومت به بیماری های قارچی از طریق تحریک گیاه به تولید پروتئین های ضد پاتوژن می شود. کام کت در ایران نیز بر روی محصولات کشاورزی مهمی چون ذرت، برنج، سیب زمینی، گوجه فرنگی (گلخانه و فضای باز)، گندم و همچنین برخی گیاهان زینتی مانند آنتوریوم و گل رز آزمایش شده و نتایج خوبی را نشان داده است. کاهش اثر تنش های خشکی و سرما، افزایش سرعت ریشه دهی، افزایش رشد ریشی و عملکرد در کنار بهبود سلامتی و شادابی گیاه برخی از نتایج ملموس این آزمایش ها بودند.

## منابع:

1. Taiz L, Zeiger E. Plant Physiol. 5th ed. Sunderland: Sinauer Associates; 2010.
2. Clouse SD. Brassinosteroids. The Arabidopsis book. 2011; 9:e0151.
3. Gudesblat GE, Russinova E. Plants grow on brassinosteroids. Curr Opin Plant Biol. 2011; 14:530-7.
4. Wei Z, Li J. Brassinosteroids regulate root growth, development, and symbiosis. Mol Plant. 2016; 9:86-100.
5. Krishna P. Brassinosteroid-mediated stress responses. J Plant Growth Regulation. 2003; 22:289-97.
6. Ashraf M, Akram NA, Arteca RN, Foolad MR. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. Crit Rev Plant Sci. 2010; 29:162-90.
7. Bajguz A, Hayat S. Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses. Plant Physiol Biochem. 2009; 47:1-8.
8. Mitchell J, Mandava N, Worley J, Plimmer J, Smith M. Brassins-a new family of plant hormones from rape pollen. Nature. 1970; 225:1065-6.
9. Milborrow BV, Pryce RJ. The brassins. Nature. 1973; 243:46.
10. Grove MD, Spencer GF, Rohwedder WK, Mandava N, Worley JF, Warthen JD, Steffens GL, Flippen-Anderson JL, Cook JC. Brassinolide, a plant growthpromoting steroid isolated from Brassica napus pollen. Nature. 1979; 281:216-7.

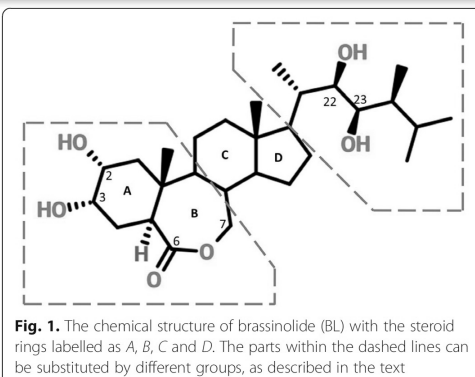
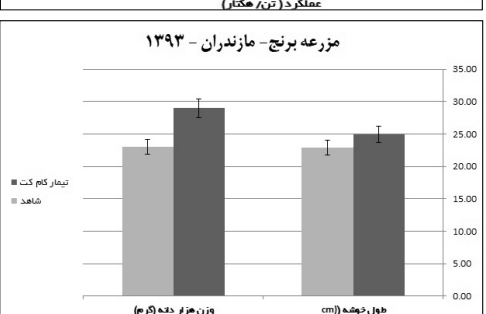
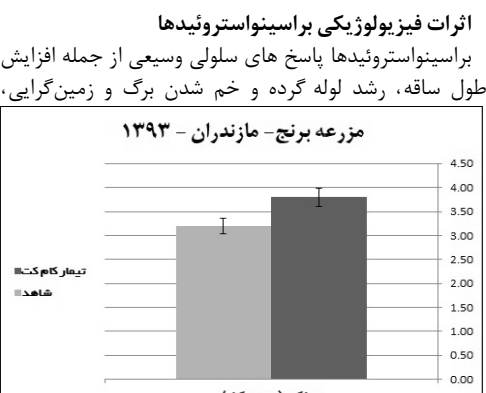


Fig. 1. The chemical structure of brassinolide (BL) with the steroid rings labelled as A, B, C and D. The parts within the dashed lines can be substituted by different groups, as described in the text

ولی عموم آنها در جهت کاهش رشد گیاهان بودند. بنابراین از خصوصیات ظاهری گیاهان به میزان متغیری کاسته شد. "براسینولید ها" و "همو براسینولید ها" در زمینه های کشاورزی ژاپن مورد آزمایش قرار گرفتند و نتایج نوید بخشی حاصل گردید. به این ترتیب که بطور معنی داری باعث افزایش سرعت رشد محصولات گردید و این اثرات در شرایطی که درجه حرارت پائین آورده شد، بسیار قابل ملاحظه می نمود. عملکرد سیب زمینی و سیب زمینی شیرین زمانی که آنها را در مرحله کاشت با "براسینولیدها" تیمار نمودند، افزایش یافت و این افزایش عملکرد همچنین در محصولات دانه ای و میوه جات در زمانی که گل های گندم، ذرت، برنج و گوجه فرنگی با "براسینولید ها" و نیز هنگامی که گل های برنج، گوجه فرنگی، خیار و بادنجان با "همو براسینولید ها" تیمار شدند، وجود داشت.

تنش های محیطی بوسیله تیمار با "براسینولید" کاهش یافتند. در حالی که در بیشتر این حالات محدوده غلظت مؤثر "براسینولید ها" در حدود پی پی ام بود. برای "همو براسینولید ها" بسیار بیشتر بوده است. با این حال، برخی از محققین بر این باورند که هنوز پارامترهایی چون فرمولاسیون، زمان و روش کاربرد قبل از اینکه تمامی ظرفیت های "براسینواستروئیدها" برای افزایش بیوماس و عملکرد محصولات و کاهش اثر بیماری ها و دیگر تنش های محیطی اعلام شود، باید مورد بررسی های بیشتری قرار گیرند.

**اثر براسینواستروئیدها بر مقاومت گیاهان در برابر تنش ها**  
براسینواستروئیدها مقاومت گیاه به تنش و پاتوژن های گیاهی را افزایش داده و می توانند جایگزینی برای برخی آفت کش ها باشند. در کشاورزی استفاده از این تنظیم کننده های رشدی برای کاشت گیاهان در شرایط نا مطلوب و پر تنش محیطی مثل شرایط خشکی و شوری و کمبود مواد غذایی و بیماری زایی توصیه شده است. از میان نتایج حاصله بسیاری از آن ها مربوط به اثر براسینواستروئیدها بر روی بیماری زایی قارچ ها می باشد. تیمار گیاه سیب زمینی توسط براسینواستروئیدها، سطح آلودگی فیتوفتورایی آن ها را کاهش می دهد.



این نشان داد که براسینواستروئیدها تنظیم کننده های رشدی قدیمی گیاه بودند. توزیع براسینواستروئیدها در بافتهای مختلف گیاهی در گونه های مختلف متفاوت می باشد. گرده گل، بذور نا بالغ، ریشه ها و گلها که بیشترین مقدار در آنها یافت شد، به مقدار 1-100 ng/g (از وزن تر) در حالی که ساقه ها و برگها مقدار کمتر از 0.1-1 ng/g از وزن تر دارند. مقدار و توزیع براسین ها مختلف در میان بافتهای همچنین متفاوت است. برخلاف تنظیم کننده های رشدی دیگر براسینواستروئیدهای درونی بین بافتهای حرکت نمی کنند اما همان طور که در آزمایش ها با استفاده از



نخود جهش یافته بدون براسینولید نشان داده شد، در مسیر Paracrine (مصرف در سلول های مجاور) یا autocrine (مصرف در سلول تولید کننده) عمل میکنند. یکی از دلایل این مساله می تواند این باشد که بیوسنتز ژنهای براسینولید به طور گسترده ای در بافتهای گیاهی اتفاق می افتد و براسینواستروئیدها می توانند در محل مصرف ساخته شوند. اثرات وسیع براسینواستروئیدها بستگی به تداخل آنها با دیگر تنظیم کننده های رشد مانند اکسین ها و جیبرلین ها دارد. در هر صورت براسینواستروئیدها مجبور به انتقال از محل تولید در شبکه آندوپلاسمی به غشاء پلاسمایی و بخش های آندوسومی اولیه که گمان برده می شود در آنجا به صورت فعال یا غیر فعال انتقال بین سلولی دارند هستند.

## گیاهان با براسینواستروئید اضافی چه می کنند؟

گیاهان به طور مداوم براسینواستروئیدها را برای نیاز به رشد و نمو تولید می کنند، اما مقدار اضافی آن میتواند به سرعت متابولیزه شود. متابولیسم براسینواستروئیدها می تواند به عنوان اصلاح اسکلت استروئیدی و اصلاح قسمت زنجیره ای آنها تقسیم بندی شود. تعدادی از واکنش ها مانند دهیدروژناسیون، هیدروکسیلاسیون، اپیمریزاسیون، استریفیکاسیون، گلیکوزیلاسیون، تکتهکت شدن قسمت زنجیره ای و سولفوناسیون در براسینواستروئیدهای غیر فعال یافت شدند. گرچه این مکانیسم به طور کامل شفاف نیست. این پیشنهاد مطرح شده است که براسینواستروئیدهای غیر فعال می توانند در جهت حفظ تعادل براسین ها به فرم فعال تبدیل شوند.

## موارد کاربرد "براسینواستروئیدها" در کشاورزی:

میشل و همکارانش گزارشاتی را برای اولین بار در مورد اثرات "براسین" (عصاره خام براسینولید حاصل از گرده کلزا) داشته اند. آنها دریافته اند که "براسین" در سویا، لوبیا و گیاهان چوبی نظیر: نارون قرمز سبیری موجب افزایش رشد می گردند. بعد از جداسازی "براسینولید" و در پی آن سنتز "براسینواستروئیدها" و مواد مشابه آنها محققین USDA آزمایشات هدایت شده ای در گلخانه ها و کرت های کوچک مزرعه ای بر روی تعداد کمی از سبزیجات و محصولات ریشه ای انجام دادند که افزایش معنی داری در عملکرد انواع سبزیجات و محصولات ریشه ای (ترنج، لوبیا، فلفل و سیب زمینی) و زراعی (گندم، خردل و جو) حاصل گردید. در جریان آزمایش ها تعدادی واکنش های رشدی اتفاق افتاد

## استروئیدهای گیاهی چه هستند؟

براسینواستروئیدها ششمین گروه از تنظیم کننده های رشد گیاهی بعد از اکسین، جیبرلین، سیتوکینین، آبسزیک اسید و اتیلن تعریف شده اند. مانند تنظیم کننده های رشدی استروئیدی جانوری در جنبه های متنوع بیولوژی گیاه، شامل تولید شدن سلولهای گیاهی، تقسیم سلولی، رشد ریشه، شکل گیاه، تمایز روزنه ای و آوندها، جوانه زنی بذر، ایمنی گیاه و تولید مثل نقش حیاتی دارند. براسینواستروئیدها همچنین درگیر تنظیم متابولیسمی اکسیداسیون رادیکال ها، ساخت اتیلن و واکنش زمین گرای ریشه

هستند و در پاسخ گیاه به تنش ها مانند یخ زدگی، خشکی، شوری، بیماریها، گرما و کمبود عناصر غذایی نقش واسطه ای دارند. این گروه از خانواده تنظیم کننده های رشد دامنه وسیعی از فرآیندهای نمو گیاه و پاسخ آن به تنش های محیطی را تنظیم می کنند.

## براسینواستروئیدها چگونه پیدا شدند؟

میشل و همکارانش عصاره خاصی را از دانه گرده براسیکا Brassica پس از غربالگری از حدود 60 گونه گیاهی استخراج کرده بودند که خاصیت رشدی داشت. آنالیز بافت شناسی نشان داد که عکس العمل تیمارهایی که توسط این مواد انجام شده اند با تیمارهای جیبرلین متفاوت بود. بنابراین آنها حدس زدند که این ترکیبات یک گروه جدید از تنظیم کننده های رشد باشند و آنها را براسین نامیدند. این فرضیه توسط برخی از محققان دیگر پذیرفته نشد و ایراد آنها این بود که فعالیتهای فیزیولوژیکی این ترکیبات می تواند از اثرات جیبرلین موجود در عصاره گیاهان باشد.

پس از اعلام پتانسیل های بالقوه براسین ها در کشاورزی، تلاش های سازمان یافته پارتمان کشاورزی آمریکا منجر به استخراج میلی گرم براسین از 227 کیلوگرم گرده براسیکا جمع آوری شده توسط زنبور شد. ساختار بلوری براسین های خالص سازی شده سپس حل و براسینولید به عنوان ماده موثره شناخته شد. این یافته ها خبر از کشف اولین تنظیم کننده رشد استروئیدی گیاهان داد. در حال حاضر نزدیک به 70 نوع براسینولید طبیعی مشابه از بافتهای گونه های مختلف گیاهی ایزوله شده اند که وجود یک گروه جدید از تنظیم کننده های رشدی گیاهی (BRs) را ثابت می کند.

## ساختار براسینواستروئیدها چگونه است؟

براسینواستروئیدها با عنوان  $C_{28}$ ،  $C_{27}$  یا  $C_{26}$  بر اساس جانشینی الگوی آلکیل در زنجیره جانبی طبقه بندی میشوند. به طور کلی، یک سیستم حلقه ای A و B با دو گروه هیدروکسیل در حلقه A و یک سیستم 6-کتون یا 7-اکزاکتون در حلقه B برای براسینواستروئیدهای فعال لازم است. ضمناً فرم های ترکیب شده براسینواستروئیدها با قند ها و اسیدهای چرب نیز یافت شده که ترکیبات غیر فعالی در متابولیسم براسینولید شناخته شده اند.

## براسینواستروئیدها در کدام قسمت از گیاهان معمولاً یافت می شوند؟

براسینواستروئیدها در گونه های مختلف گیاهان شامل جلبک های مونوپلاست آبهای شیرین و جلبک های قهوه ای پیدا شدند.