Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و ششم، شماره اول، ۱۳۹۸
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2019.14493.2300
۱۶۹-۱۸۳

تأثیر محلول‌پاشی ۲۴- اپی‌براسینولید بر رشد و عملکرد توت‌فرنگی رقم کاماروزا تحت شرایط تنش شوری در کشت بدون خاک

***سید مرتضی زاهدی[۱]، زهرا سادات عسگریان[۲]، رحمت‌اله غلامی[۳] و فرهاد کرمی[۴]**

[۱]استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران، [۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران، [۳]استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران، [۴]استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۲۱

چکیده

سابقه و هدف: تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که به‌طور قابل‌توجهی باعث کاهش رشد و عملکرد بیش‌تر گونه‌های گیاهی می‌شود و از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده تولید محصول در بسیاری از نقاط جهان می‌باشد. براسینواستروئیدها جزء اولین هورمون‌های استروئیدی کشف‌شده در گیاهان هستند که دارای فعالیت محرک رشد می‌باشند. همچنین براسینواستروئیدها در کاهش اثر نامطلوب تنش‌های محیطی مؤثرند. ۲۴- اپی‌براسینولید به‌عنوان ماده کاهش‌دهنده اثر تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی شناخته شده است. بنابراین، پژوهش حاضر با توجه به تأثیر براسینواستروئیدها بر القای تحمل به شوری در غلظت‌های مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی تحت تنش شوری طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش تأثیر کاربرد ۲۴- اپی‌براسینولید به‌عنوان یک براسینواستروئید فعال با غلظت‌های (صفر، ۲ و ٤ میکرومول در لیتر)، بر عملکرد، تعداد میوه، تعداد گل و برگ، سطح برگ، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، محتوای نسبی آب برگ، اندازه میوه، نکروز شدن برگ، مواد جامد محلول، سفتی بافت میوه، پرولین، کلروفیل، نشت الکترولیت‌ها، فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز تحت تنش شوری با غلظت‌های مختلف (S_1=0, S_2=15, S_3=30, S_4=45 mM) مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و در هر تکرار ٤ گلدان توت‌فرنگی رقم کاماروزا در شرایط مزرعه‌ای دانشگاه مراغه انجام شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد شوری ٤٥ میلی‌مولار سبب افزایش برگ‌های نکروزه (۱۵/۸ درصد)، نشت یونی (۵۲ درصد) و پرولین (۱۳۷ میکروگرم بر گرم) در گیاهان تحت تنش شد. به‌عبارتی دیگر گیاهان برای مقاومت در برابر تنش، میزان پرولین خود را که بخشی از سیستم آنتی‌اکسیدانی است افزایش می‌دهند. استفاده از ۲٤- اپی‌براسینولید در غلظت ٤ میکرومول در لیتر بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد (۵۹/۲۵ گرم در بوته)، سطح برگ (۹۶/۲۵ سانتی‌مترمربع)، تعداد گل (۸/۹۶ عدد) و میوه (۵/۷۸ عدد) و برگ (۱۷/٤۱ عدد)، سطح کلروفیل کل (۱/۶۳ میکروگرم بر میلی‌گرم)، وزن تر (۷/۰۱ گرم) و خشک

* مسئول مکاتبه: s.m.zahedi@maragheh.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

(۱/۲۶ گرم) ریشه، محتوای نسبی آب برگ (۶۰/۵۰ درصد)، سفتی بافت میوه (۱/۵۲ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع)، مواد جامد محلول (۱۰/۵۸ درصد)، اندازه میوه (۳/۶۱ سانتی‌مترمکعب) و همچنین کاهش نشت یونی (۴۳ درصد) داشته است. افزاش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در گیاهانی که به‌طور توأم با ۲۴- اپی‌براسینولید و تنش شوری تیمار شده بودند، نسبت به گیاهانی که فقط در معرض تنش شوری بودند، نشان‌دهنده فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیداتیو و حفاظتی گیاه به‌وسیله ۲۴- اپی‌براسینولید و کاهش خسارت اکسیداتیو در این گیاهان می‌باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان می‌دهد کاربرد تنظیم‌کننده‌های زیستی گیاهی مانند براسینواستروئید به‌طور موفقیت‌آمیزی اثرات نامطلوب تنش شوری روی صفات رشدی و عملکرد میوه توت‌فرنگی رقم کاماروزا را کاهش می‌دهد. بنابراین به‌منظور توسعه کشت ارقام توت‌فرنگی در مناطق شور می‌توان از نتایج این پژوهش بهره‌مند گردید.

واژه‌های کلیدی: ۲۴- اپی‌براسینولید، پرولین، تنش شوری، توت‌فرنگی، سوپراکسید دیسموتاز

مقدمه

تنش شوری، یکی از معمول‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که منجر به کاهش عملکرد محصولات مختلف در سراسر جهان می‌گردد (۷). غلظت‌های بالای نمک، برای جوانه‌زنی بذر، رشد، گلدهی و تشکیل میوه سمی بوده و در نهایت موجب کاهش عملکرد اقتصادی و کیفیت محصول می‌گردد (۴۴). تنش شوری با کاهش رنگدانه‌های سبز منجر به محدود کردن فتوسنتز (۴۲)، سرکوب فعالیت آنزیم رابیسکو (۴۰) و کاهش هدایت روزنه‌ای شده و در نتیجه دی‌اکسیدکربن در دسترس را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۱۳). شوری همچنین توانایی گیاه در استفاده از آب را کاهش داده و منجر به تغییر در فرآیندهای متابولیکی می‌گردد. تنش شوری، با افزایش گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر، موجب افزایش سرعت واکنش‌های سمی مانند پراکسیداسیون لیپیدی، تخریب پروتئین و جهش DNA می‌گردد (۲۸). شیوه‌های زراعی و فیزیولوژیکی متعددی به‌منظور به حداقل رساندن اثرات سوء شوری بر عملکرد گیاهان به‌کار گرفته شده است؛ علاوه بر این تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی طبیعی و مصنوعی به‌منظور بهبود محصولات کشاورزی به‌کار گرفته شده‌اند (۱۹).

کاربرد برون‌زای تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی جایگزین مناسبی به‌منظور القای تحمل به شوری در محصولات کشاورزی می‌باشد. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند جیبرلین‌ها، اکسین، سالیسیلات‌ها، اسید اگزالیک، اسید آبسیزیک، پرولین، پلی‌آمین‌ها و براسینواستروئیدها به‌منظور کاهش اثرات سوء شوری مؤثر می‌باشند (۲۱) که براسینواستروئیدها نسبت به بقیه هورمون‌ها برجسته‌تر می‌باشند (۳۶). براسینواستروئیدها رشد و توسعه گیاه را به روش‌های مختلفی تحت‌تأثیر قرار داده و موجب بهبود تحمل تنش در گیاه می‌شوند (۶). براسینواستروئیدها قادر هستند که سامانه‌های دفاعی گیاه را بر خلاف استرس‌های محیطی مانند خشکی، شوری، دما افزایش دهند (۲). براسینواستروئیدها با اثر تنظیم‌کنندگی بر رشد گیاه، برای نخستین بار از گرده شلغم استخراج شدند (۲۳). نتایج پژوهش‌های کارلیداگ و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که کاربرد ۲۴- اپی‌براسینولید به‌طور موفقیت‌آمیزی اثرات نامطلوب تنش شوری روی محتوای تغذیه‌ای توت‌فرنگی را کاهش می‌دهد (۲۱). بجگیوز و هیات (۲۰۰۹) بیان داشتند در حالی‌که تنش شوری موجب تولید رادیکال‌های اکسیژن واکنش‌گر می‌شود،

www.SID.ir

Archive of SID

براسینواستروئیدها موجب القای تحمل شوری با افزایش فعالیت‌های آنزیمی آنتی‌اکسیدان‌ها مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز و غلظت‌هایی از آسکوربیک اسید، توکوفرول‌ها، کارتنوئیدها و گلوتاتیون‌ها در رشد گیاه تحت استرس محیطی به‌ویژه تنش شوری می‌گردد؛ آن‌ها همچنین بیان داشتند براسینواستروئیدها (به‌ویژه ٢٤- اپی‌براسینولید) موجب افزایش جوانه‌زنی بذر، رشد دانهال، فعالیت کلروفیل و فعالیت نیترات‌ردوکتاز در گیاهان تحت شوری می‌شود (١٠). شهبازی و همکاران (٢٠١٤) بیان داشتند کاربرد ٢٤- اپی‌براسینولید به‌صورت محلول‌پاشی روی برگ‌ها در زمان ابتدایی رشد باعث بهبود تحمل به تنش شوری در گیاه به‌لیمو می‌شود (٣٩). بسیاری از محصولات گیاهی همچون توت‌فرنگی، به شرایط شوری بالا حساس هستند و تحت چنین شرایطی قادر به زنده ماندن نیستند (٣٥).

این پژوهش بر آن است که با توجه به تأثیر براسینواستروئیدها بر القای تحمل به شوری در گیاهان، اثر کاربرد ٢٤- اپی‌براسینولید در غلظت‌های مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروزا تحت تنش شوری در شرایط مزرعه‌ای مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در فاصله زمانی فروردین‌ماه تا مردادماه سال ١٣٩٥ در شرایط مزرعه‌ای دانشگاه مراغه به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هر تکرار شامل چهار گلدان (با فاصله در حدود ١٠ سانتی‌متری از هم) توت‌فرنگی رقم کاماروزا انجام شد. بوته‌های دختری مورد نیاز پس از بررسی‌های لازم از استان کردستان تأمین شد. تعداد ١٤٤ گلدان (با ظرفیت چهار لیتر به ارتفاع ١٨ سانتی‌متر و قطر دهانه ٢٠ سانتی‌متر) با استفاده از ماسه شسته شده به‌عنوان محیط کشت آماده پرگردید و سپس در هر گلدان یک گیاه کشت شد. عامل اول شامل تنش شوری در ٤ سطح (S_1=0, S_2=15, S_3=30, S_4=45 mM) به‌ترتیب با هدایت الکتریکی معادل ١، ٢/٢، ٣/٤ و ٦/٩ دسی‌زیمنس بر متر) که این تنش به‌صورت اضافه کردن نمک کلرید سدیم به محلول غذایی هوگلند (جدول ١) اعمال گردید و عامل دوم محلول‌پاشی با ٢٤- اپی‌براسینولید در سه سطح (صفر، ٢ و ٤ میکرومول در لیتر) انجام شد. در هفته اول و دوم به‌منظور تثبیت ریشه گیاهان فقط با آب دارای هدایت الکتریکی برابر یک دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شد و پس از استقرار ریشه‌ها محلول غذایی هوگلند کامل به‌ازای هر گلدان یک لیتر در هفته به گیاهان داده شد. این میزان محلول غذایی به‌صورت ٤ بار در هفته توزیع شد. شروع تنش ٤ هفته پس از کاشت نشاها به‌صورت پلکانی آغاز گردید؛ به این ترتیب که در ابتدا تمامی گلدان‌ها به‌جز شاهد با کم‌ترین سطح شوری (١٥ میلی‌مولار) تیمار شد و سپس غلظت نمک طی ٣ مرحله افزایش یافت تا به بالاترین سطح (٤٥ میلی‌مولار) برسد و شش هفته پس از کشت و هم‌زمان با آغاز گلدهی محلول‌پاشی با ٢٤- اپی‌براسینولید به‌صورت سه بار در هفته انجام شد. اعمال تنش شوری تا زمان برداشت میوه‌ها اعمال گردید. به‌منظور جلوگیری از تجمع نمک و افزایش غلظت آن در محیط ریشه به‌صورت هفتگی گلدان‌ها با آب مقطر شسته شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- غلظت عناصر غذایی در محلول غذایی هوگلند مورد استفاده برای تغذیه گیاهان توت‌فرنگی.

Table 1. Nutrient concentrations in Hoagland solution used to feed strawberry plants.

عناصر پرمصرف Macro Elements	غلظت (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Concentration (mg/kg)	عناصر کم‌مصرف Micro Elements	غلظت (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Concentration (mg/kg)
نیتروژن (N)	224	بور (B)	0.27
پتاسیم (K)	235	منگنز (Mn)	0.11
فسفر (P)	62	روی (Zn)	0.13
کلسیم (Ca)	160	مس (Cu)	0.03
گوگرد (S)	32	مولیبدن (Mo)	0.05
منیزیم (Mg)	24	آهن (Fe)	3

اندازه‌گیری خصوصیات زایشی و اجزای عملکرد: تعداد گل و میوه برداشت شده از ابتدا تا انتهای دوره رشد ثبت گردید. وزن میوه با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید. مجموع وزن میوه‌های برداشت شده از هر بوته نیز به عنوان عملکرد بوته در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی: وزن تر و خشک ریشه‌ها توسط ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سنجش مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفراکتومتر (آتاگو، مدل پال، ژاپن) انجام شد (۸).

جهت اندازه‌گیری نشت الکترولیت روی برگ‌ها به روش مک‌کلوم و مک‌دونالد (۱۹۹۱) عمل شد (۲۷). محتوای رطوبت نسبی برگ‌ها طبق روش یاماساکی و دیلنبرگ (۱۹۹۹) اندازه‌گیری شد (٤٧). حجم میوه از روش جابجایی مایعات (تغییر وزن) محاسبه گردید.

درصد نکروز شدن برگ نیز از رابطه زیر به‌دست آمد:

درصد نکروز شدن برگ = (سطح برگ نکروز شده / سطح کل برگ) × ۱۰۰

سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج (مدل اف جی ۵۰۲۰، لوترون، تایوان) با قطر پروب کم‌تر از ٦ میلی‌متر بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع اندازه‌گیری شد.

پرولین: برای سنجش پرولین، معرف نین هیدرین با حل کردن ۱/۲۵ گرم از آن در ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال و ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک 6 M تهیه شد. یک میلی‌لیتر از روشناور را در لوله آزمایش ریخته و روی آن یک میلی‌لیتر آب مقطر، یک میلی‌لیتر معرف نین هیدرین[1] و یک میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال اضافه گردید. محلول حاصل پس از هم زدن، یک ساعت در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس بلافاصله در یخ سرد شده و به دمای اتاق رسید. به محلول فوق ۲ میلی‌لیتر تولوئن افزوده و به‌مدت ۳۰ ثانیه به هم زده شد. در این حالت ۲ فاز تشکیل شد و پرولین وارد فاز فوقانی رنگی (فاز تولوئن) شد. هم‌زمان محلول‌های استاندارد پرولین (صفر تا ۵ میکرومولار) تهیه شد. فاز فوقانی نمونه‌های گیاهی و محلول‌های استاندارد جدا شده و جذب آن‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (مدل کری ۱۰۰، واریان، امریکا)

1- Ninhidrine

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری شد. در نهایت مقدار پرولین نمونه‌ها بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تازه محاسبه گردید (۱۱).

کلروفیل: برگ‌های گیاه پس از وزن شدن در هاون چینی قرار گرفت و با استفاده از ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد هموژنیزه گردید. سپس به‌مدت ۵ دقیقه با ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. مایع رویی برداشته شد و به قسمت باقی‌مانده ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه گردید و پس از له کردن با شرایط مذکور سانتریفیوژ گردید. بخش رویی برداشته شده و به بخش رویی قبلی اضافه گردید. این عمل تا بی‌رنگ شدن کامل بخش رویی ادامه یافت. در نهایت حجم بخش رویی با استون ۸۰ درصد به ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ٦٦٤ و ٦٤٥ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل کری ۱۰۰، واریان، امریکا) اندازه‌گیری شد و با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a، b و کل بر اساس میکروگرم در میلی‌گرم محاسبه شدند (۱۱).

$$\text{کلروفیل a} = (۱۲/۲۵\times A_{٦٦٤})-(۲/۵۵\times A_{٦٤٥})$$

$$\text{کلروفیل b} = (۲۰/۳۱\times A_{٦٤٥})-(٤/۹۱\times A_{٦٦٤})$$

$$\text{کلروفیل کل} = (۱۷/۷٦\times A_{٦٤٥})+(۷/۳٤\times A_{٦٦٤})$$

کاتالاز: برای اندازه‌گیری آنزیم کاتالاز از روش چنس و ماهلی (۱۹۵۵) استفاده شد. به این منظور مخلوط واکنش شامل ۰/۷۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار با pH=۷، ۲۰ میکرولیتر پروتئین محلول و ۱۵۰۰ میکرولیتر آب دو بار تقطیر به کووت کوارتز اضافه شد و به هنگام اندازه‌گیری آنزیم ۷۵۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۷۰ میلی‌مولار به مخلوط واکنش اضافه گردید. تغییرات جذب در ۲٤۰ نانومتر به‌مدت ٦۰ ثانیه در ۲۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل کری ۱۰۰، واریان، امریکا) قرائت شد. تغییرات آنزیمی بر حسب تغییرات در جذب در دقیقه به‌ازای هر میلی‌گرم پروتئین بیان شد. کووت شاهد نیز شامل ۰/۷۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم و ۲۰ میکرولیتر پروتئین محلول بود (۱۵).

سوپراکسید دیسموتاز: سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در نمونه‌ها بر اساس روش جیانوپولیس و رایس (۱۹۷۷) با کمی تغییر انجام شد. به این منظور از بافر سدیم فسفات ۲۵ میلی‌مولار با pH=٦/۸ کربنات سدیم ۵۰ میلی‌مولار با pH=۱۰/۲ ال- متیونین[1] ۱۲ میلی‌مولار، نیتروبلوتترازولیوم[2] ۷۵ میکرومولار، ریبوفلاوین یک میکرومولار و عصاره آنزیمی استفاده شد. نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در معرض نور شدید قرار داده شدند و سپس میزان جذب آن‌ها در طول موج ٥٦۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل کری ۱۰۰، واریان، امریکا) قرائت شد. از لوله آزمایش بدون عصاره آنزیمی به‌عنوان شاهد و یا به‌عنوان مرجع مقایسه با لوله آزمایش مقابل (دارای عصاره آنزیمی با شدت نور مشابه) استفاده شد. از مخلوط واکنش بدون تیمار نوری برای صفر کردن دستگاه استفاده گردید. یک واحد فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به‌عنوان مقدار آنزیمی در نظر گرفته شد که منجر به مهار ۵۰ درصدی در اجیای نوری نیتروبلوتترازولیوم می‌گردد (١٦).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

1- L-methionin
2- Nitro Blue Tetrazolium (NBT)

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

نتایج نشان داد عملکرد، سطح برگ، تعداد گل و برگ و میوه، وزن تر و خشک ریشه با افزایش شدت تنش شوری کاهش یافت (جدول ۲). در شرایط تنش شوری، به‌علت کاهش سطح برگ، محتوای هیدرات کربن برگ کاهش یافته و به دنبال آن فتوسنتز نیز محدود می‌گردد که می‌تواند عاملی برای کاهش عملکرد در گیاه گردد (۳۸). کایا و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند در گیاه توت‌فرنگی و در شرایط شوری، تعداد و وزن میوه و در نهایت عملکرد کاهش یافت (۲۲). براسینواستروئیدها با تنظیم تعداد میوه در هر گیاه و تحریک تقسیم و بزرگ شدن سلولی بر عملکرد کل اثر می‌گذارند (٤). در پژوهش حاضر، حداکثر میزان شاخص‌های ذکر شده با محلول‌پاشی ۲٤- اپی‌براسینولید در غلظت ٤ میکرومول در لیتر مشاهده شد (جدول ۲). امروزه محلول پاشی با استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در جهت افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی به‌عنوان گزینه‌ای مناسب توسط پژوهشگران مورد بررسی قرار می‌گیرند (۳).

در آزمایشی که توسط پاپیاتناونگ و همکاران (۱۹۹٦) انجام شد، کاربرد براسینولید بر روی بوته‌های توت‌فرنگی رقم مایوشی[1] در غلظت یک میکرومولار تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد داشت (۳٤). کاربرد برون‌زای براسینواستروئیدها تحت تنش شوری موجب افزایش رشد و عملکرد در بسیاری از گونه‌های گیاهی مفید می‌گردد. در غلات، این هورمون موجب افزایش تعداد خوشه‌ها و در بعضی موارد طول و وزن آن‌ها می‌شود. همچنین در برخی محصولات زراعی، تعداد دانه غلاف‌ها و عملکرد کل بذر پس از استفاده از کاربرد براسینواستروئیدها افزایش می‌یابد (۲).

افزایش شاخص سطح برگ در اثر تیمار براسینولید ممکن است به فعالیت بافت‌های مریستمی گیاه و افزایش تعداد و اندازه سلول‌ها نسبت داده شود که در نهایت سطح فتوسنتزکننده را افزایش می‌دهد (۳٤). آنجوم و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده کردند تنش خشکی موجب کاهش سطح برگ بوته‌های ذرت شد ولی کاربرد براسینولید باعث بهبود سطح برگ در هر دو شرایط تنش و عدم تنش گردید (۳). نتایج سایر مطالعات نیز بیانگر افزایش سطح برگ خیار، گوجه‌فرنگی، ماش و لوبیا چشم‌بلبلی در اثر تیمار با براسینولید است (۵).

در برنج (۳۰) و بادنجان (٤۵) تحت تنش شوری، کاربرد ۲٤- اپی‌براسینولید سبب افزایش وزن تر و خشک ریشه‌چه شد. در این رابطه گزارش‌ها نشان می‌دهد وزن تر و خشک اندام‌های مختلف گوجه‌فرنگی (ساقه، برگ و ریشه) با استفاده از ۲٤- اپی‌براسینولید نسبت به گیاهان شاهد افزایش می‌یابد (۱۲). براسینواستروئیدها با افزایش تقسیم سلولی، افزایش تولید ریشه‌های جانبی و بهبود رشد گیاه باعث افزایش مقاومت به تنش‌ها می‌شوند. به‌نظر می‌رسد این چنین پاسخ‌هایی مربوط به توانایی آزادسازی پتانسیل درونی (ژنتیکی) گیاهی برای ریشه‌زایی باشد (٤۳).

1- Miyoshi

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- اثر محلول‌پاشی ۲٤- اپی‌براسینولید بر صفات مورد بررسی توت‌فرنگی رقم کاماروزا تحت تنش شوری.

Table 2. Effect of foliar application on the "Camarosa" strawberry some evaluated attributes under salinity stress.

تیمار Treatment	عملکرد در بوته Fruit yield (gr)	سطح برگ leaf area (cm^2)	تعداد گل در بوته Number of flower/plant	تعداد برگ در بوته Number of leaf/plant	تعداد میوه در بوته Number of fruit/plant	کلروفیل a Chlorophyll a (µg/mg)	کلروفیل b Chlorophyll b (µg/mg)	کلروفیل کل Total chlorophyll (µg/mg)	وزن تر ریشه Root fresh weight (gr)	وزن خشک ریشه Root dry weight (gr)	محتوای نسبی آب برگ Relative water content (%)	مواد جامد محلول TSS (%)
شوری (میلی‌مولار) Salinity (mM)												
0	85.55 a	105.11 a	9.88 a	19.22 a	7.42 a	1.38 a	0.43 a	1.81 a	7.63 a	1.45 a	65.66 a	9.81 b
15	67.44 b	94.55 b	8.75 b	15.77 b	5.26 b	1.21 b	0.23 b	1.44 b	6.80 b	0.97 c	60.11 b	10.00 ab
30	48.66 c	87.33 c	8.66 b	14.11 c	5.03 b	1.16 b	0.20 b	1.36 b	6.46 c	1.21 b	57.33 c	10.08 ab
45	19.22 d	78.22 d	7.09 c	12.77 c	3.23 c	1.09 b	0.19 b	1.28 b	5.87 d	1.08 c	49.55 d	10.58 a
۲٤- اپی‌براسینولید (میکرومول در لیتر) 24- epibrassinostroide (µmol/l)												
0	51.66 b	86.75 b	8.22 c	13.33 c	4.65 c	1.12 b	0.23 ab	1.35 b	6.33 c	1.02 b	56.08 c	9.83 b
2	54.75 b	90.91 b	8.61 b	15.66 b	5.27 b	1.20 ab	0.22 b	1.42 b	6.73 b	1.19 ab	57.91 b	9.95 b
4	59.25 a	96.25 a	8.96 a	17.41 a	5.78 a	1.31 a	0.39 a	1.63 a	7.01 a	1.26 a	60.50 a	10.58 a

میانگین‌هایی که در یک ستون دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

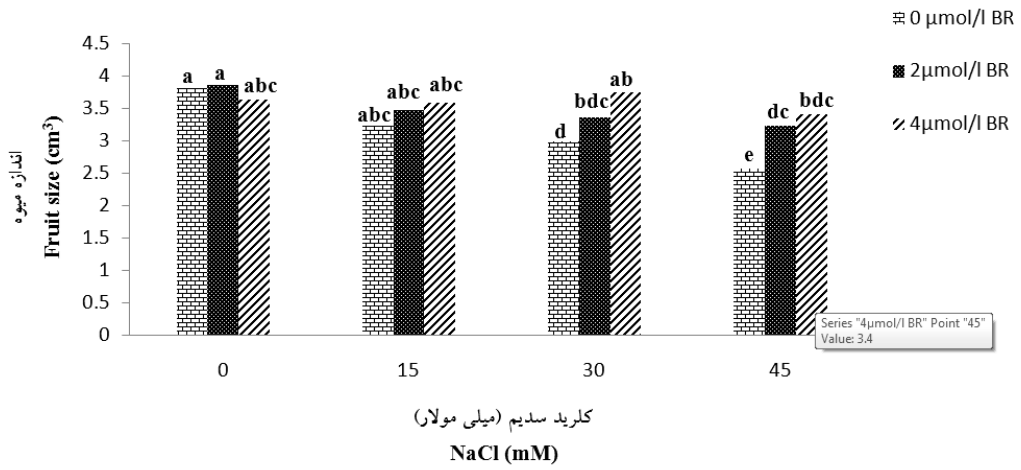
In each column means with the same letters are not significant at 5% level of Duncan test.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج نشان داد شوری محتوای نسبی آب برگ را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۲). در زمان تنش، میزان تعرق بیش از جذب آب توسط گیاه بوده و در نتیجه با به هم خوردن تعادل آبی گیاه، محتوای نسبی آب برگ‌ها کاهش می‌یابد (۲۵). در پژوهش حاضر اثر ۲٤- اپی‌براسینولید توانست تا حد زیادی اثرات منفی شوری بر کاهش محتوای نسبی آب برگ را تقلیل دهد که بیش‌ترین اثر مثبت مربوط به تیمار ٤ میکرومول در لیتر مشاهده شد (جدول ۲). هم‌راستا با نتایج طرح حاضر آنجوم و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که تنش خشکی موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ‌های ذرت شد ولی کاربرد براسینولید باعث بهبود محتوای نسبی آب در هر دو شرایط تنش و عدم تنش گردید (۳).

یکی از عوامل مؤثر در بازارپسندی محصولات باغبانی اندازه محصول می‌باشد. یافته‌های این پژوهش نشان داد بیش‌ترین اندازه میوه مربوط به عدم وجود شوری و کاربرد ۲٤- اپی‌براسینولید به‌ویژه در غلظت ۲ میکرومول در لیتر و کم‌ترین آن به بالاترین سطح شوری (٤٥ میلی‌مولار) و عدم استفاده از هورمون مورد نظر اختصاص یافته است (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد یکی از اثرات مهم براسینواستروئیدها، رابطه نزدیک آن با ایندول استیک اسید و همکاری و اثر متقابل بین این دو هورمون می‌باشد (٤).



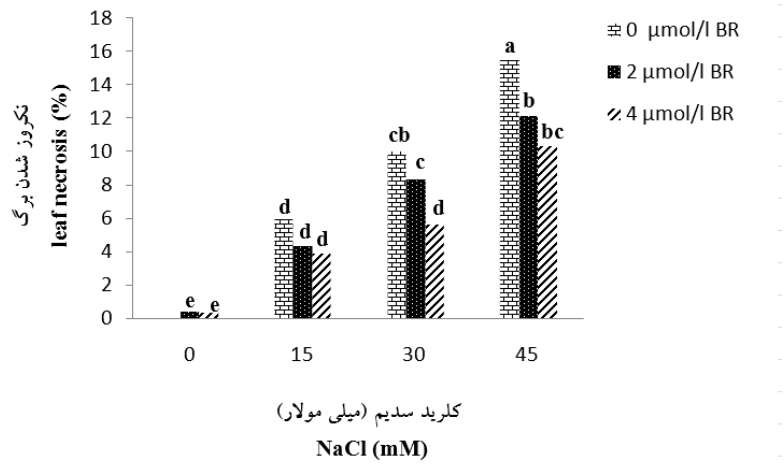
شکل ۱- اثر متقابل شوری و ۲٤- اپی‌براسینولید بر اندازه میوه توت‌فرنگی.

Fig. 1. Interaction effects of salinity and 24- epibrassinostroide on the size of strawberry fruit.

نتایج حاصل از بررسی برهم‌کنش ۲٤- اپی‌براسینولید و تنش شوری بر برگ‌های نکروزه نشان داد که با اعمال تنش شوری و افزایش غلظت آن تعداد برگ‌های نکروزه افزایش یافت. بیش‌ترین میزان نکروز شدن در تیمار با شوری ٤٥ میلی‌مولار و عدم کاربرد هورمون براسینواستروئید نشان داده شد (شکل ۲). سوختگی و نکروز برگ‌ها در اثر مرگ سلول ناشی از سمیت نمک اتفاق می‌افتد. شوری با تغییر وضعیت آبی گیاه باعث توقف رشد، جلوگیری از تقسیم و طویل شدن سلولی و مرگ سلولی می‌شود (۲۹).

www.SID.ir

Archive of SID

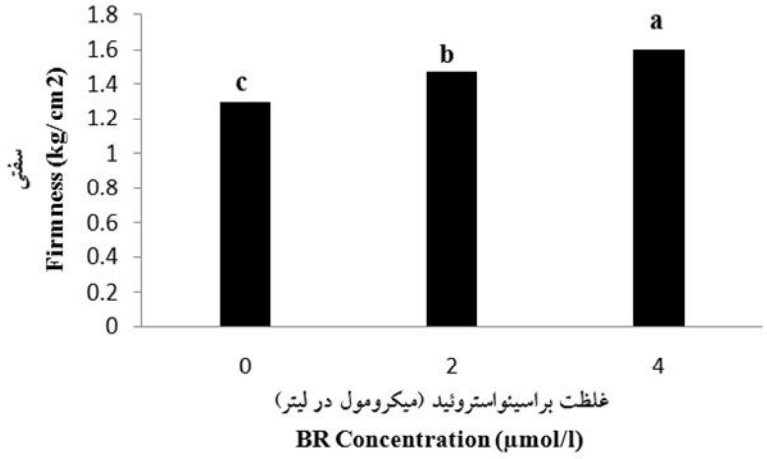


شکل ۲- اثر متقابل شوری و ٢٤- اپی‌براسینولید بر نکروز شدن برگ توت‌فرنگی.

Fig. 2. Interaction effects of salinity and 24- epibrassinostroide on the Strawberry leaf necrosis.

مواد جامد محلول: نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد با افزایش کاربرد سطوح ٢٤- اپی‌براسینولید محتوای مواد جامد محلول یک روند افزایشی را نشان داد (جدول ۲). افزایش مواد جامد محلول در این مطالعه با نتایج حاصل از بررسی اصغری و زاهدی‌پور (۲۰۱۳) روی توت‌فرنگی مطابقت داشت (٤). در گیلاس کاربرد براسینواستروئید، میزان قندهای احیاکننده و کل مواد جامد محلول را افزایش داد (۳۷). تغییر مواد جامد محلول در اواخر فصل رشد در محصولات باغی با هیدرولیز پلی‌ساکاریدها و تغلیظ‌شدن عصاره میوه و همچنین کاهش آب میوه مرتبط می‌باشد (٢٤).

سفتی بافت میوه: در پژوهش انجام شده، بالاترین میزان سفتی بافت مربوط به میوه‌های تیمار شده با غلظت ٤ میکرومول در لیتر ٢٤- اپی‌براسینولید و کم‌ترین مربوط به میوه‌های شاهد بوده است (شکل ۳). نتایج پژوهش‌های رقابادی و پاکیش (۲۰۱٤) نشان داد با کاربرد تیمار براسینواستروئید روی گیلاس مشهد، سفتی در طول دوره انبارداری در دمای یک درجه سانتی‌گراد افزایش یافت (۳۷).



شکل ۳- اثر غلظت ٢٤- اپی‌براسینولید بر سفتی بافت میوه توت‌فرنگی.

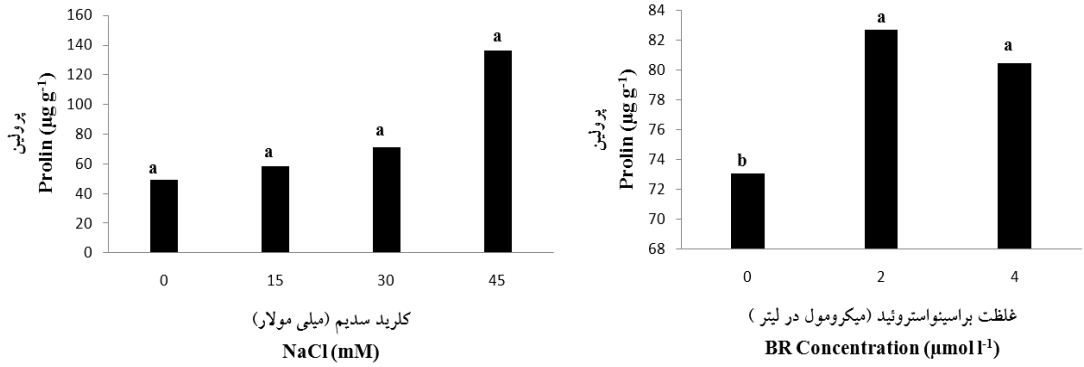
Fig. 3. Effect of and 24- epibrassinostroide on firmness in strawberry fruit texture.

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد ۲۴- اپی‌براسینولید قبل و پس از برداشت، سفتی را در طول انبارداری کم‌تر از میوه‌های شاهد کاهش داد، زیرا براسینواستروئیدها فعالیت آنزیم‌هایی که در کاهش سفتی نقش دارند مانند پلی‌گالاکتروناز، پکتین متیل استراز را کاهش می‌دهد؛ بنابراین سفتی بافت میوه توسط کاربرد ۲۴- اپی‌براسینولید در طول انبارداری حفظ شده است (۱۴ و ۴۸).

اثر تنش شوری بر برخی ویژگی‌های زیست- شیمیایی میزان پرولین: نتایج حاضر نشان داد قرار گرفتن گیاه توت‌فرنگی در شرایط شور، موجب افزایش میزان پرولین شد (شکل ٤). به‌نظر می‌رسد تنش شوری باعث می‌شود گلوتامین که پیش‌ماده مشترک ساخت کلروفیل و پرولین است، کم‌تر در مسیر ساخت کلروفیل شرکت داشته باشد و بیش‌تر در تولید پرولین مصرف شود (۲۶). از سویی دیگر انباشت پرولین در پاسخ به تحمل شوری در گیاهان تحت تنش، به‌عنوان جاذب رادیکال‌های آزاد عمل می‌کند (۱). بالاترین میزان پرولین در پژوهش حاضر در پاسخ به براسینواستروئید مربوط به غلظت ۲ میکرومول در لیتر بود که تفاوت معنی‌داری در مقایسه با شاهد داشت (شکل ٤). نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با نتایج به‌دست آمده توسط عباس و همکاران (۲۰۱۳) که نشان دادند محتوای پرولین در دو رقم فلفل تحت تیمارهای شوری و ۲۴- اپی‌براسینولید در مقایسه با شاهد افزایش یافت مشابه بود (۱).



شکل ٤- اثر شوری و غلظت ۲۴- اپی‌براسینولید بر میزان پرولین توت‌فرنگی.

Fig. 4. Effect of salinity and 24- epibrassinostroide is the amount of proline in strawberry fruit.

میزان کلروفیل برگ: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش میزان شوری، مقدار هر سه شاخص مذکور کاهش یافت (جدول ۲). شوری باعث تخریب کلروپلاست‌ها، عدم پایداری ترکیب‌های رنگیزه- پروتئین و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد (۳۱). استپین و کلوبوس (۲۰۰۶) با مطالعه تنش شوری بر روی خیار توان فتوسنتزی پایین در گیاهان تحت تنش را به بسته شدن روزنه‌ها، جلوگیری از سنتز کلروفیل، تأثیر بر آنزیم‌های فتوسنتری، کاهش فعالیت کربوکسیلازی و فعالیت بالای کلروفیلازی نسبت دادند (٤١). در این پژوهش، میزان هر سه شاخص کلروفیل در محلول‌پاشی با براسینواستروئید ٤ میکرومول در لیتر از بیش‌ترین مقدار برخوردار بود (جدول ۲). به علاوه براسینواستروئیدها به‌طور قابل‌توجهی اثر تنش شوری بر روی برنج را کاهش داده و موجب بهبود سطوح رنگدانه و افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز می‌گردد (۳۱). یکی از دلایل اثر تیمار براسینواستروئید در افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و

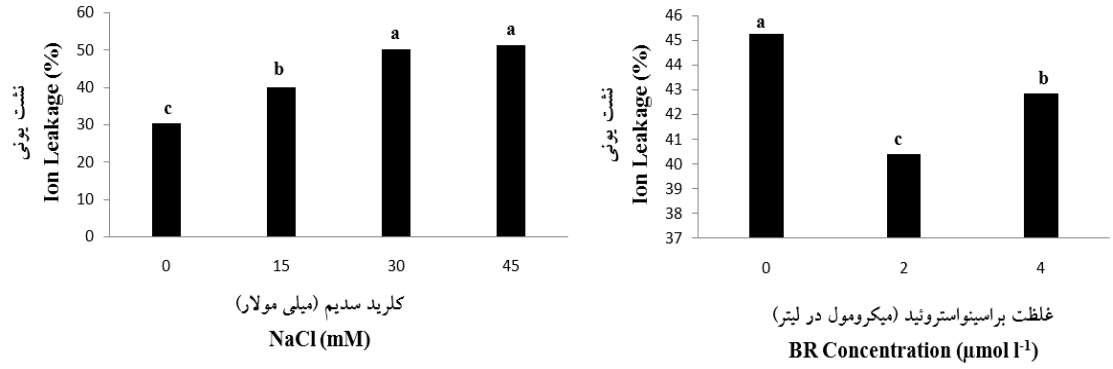
www.SID.ir

Archive of SID

کاروتنوئیدها به احتمال زیاد مربوط به فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است که تحت‌تأثیر این تیمارها فعال شده و این آنزیم‌ها از تخریب و یا تجزیه رنگدانه‌ها جلوگیری کرده‌اند (٤).

میزان نشت یونی: بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، با افزایش سطح شوری میزان نشت یونی افزایش پیدا کرد (شکل ٥). مقادیر بالای نشت یونی نشان‌دهنده عدم توانایی غشاء در حفظ ترکیبات درون سلولی، خروج بیش‌تر الکترولیت‌ها از غشاء و خسارت به غشاء سلولی می‌باشد. بنابراین می‌توان بیان نمود که با افزایش سطح شوری پایداری غشاء کاهش پیدا می‌کند. در پژوهش حاضر بیش‌ترین نشت مواد در غلظت ٤٥ میلی‌مولار تنش شوری و کم‌ترین آن در غلظت ٢ میکرومول در لیتر ٢٤- اپی‌براسینولید بود. از اثرات براسینواستروئیدها فعال کردن ژن‌های پروتئین‌های شوک حرارتی است که با تولید آنزیم‌های محافظتی، مولکول‌های زیستی و سلول‌ها را در مقابل شرایط نامساعد محافظت می‌کنند (١٠). در پژوهش حاضر بیش‌ترین میزان نشت یونی در گیاهان شاهد مشاهده شد و تیمارها موجب کاهش نشت یونی نسبت به نمونه شاهد شدند. در پژوهشی دیگر براسینواستروئید به‌طور قابل‌توجهی میزان نشت یون را در میوه انگور رقم ریش بابا کاهش داد (١٨).

همچنین گزارش مشابه به نتیجه این آزمایش در گیاه بادمجان تحت تنش شوری به‌دست آمده است که بر اساس آن، تنش شوری سبب افزایش نشت یونی شد و کاربرد ٢٤- اپی‌براسینولید به کاهش آن انجامید (١٦). به‌نظر می‌رسد براسینواستروئید به‌کار برده شده موجب حفظ و ثبات غشاء در برابر نشت مواد داخل سلولی به خارج شده است.



شکل ٥- مقایسه میانگین اثر شوری و غلظت ٢٤- اپی‌براسینولید بر درصد نشت یونی توت‌فرنگی.

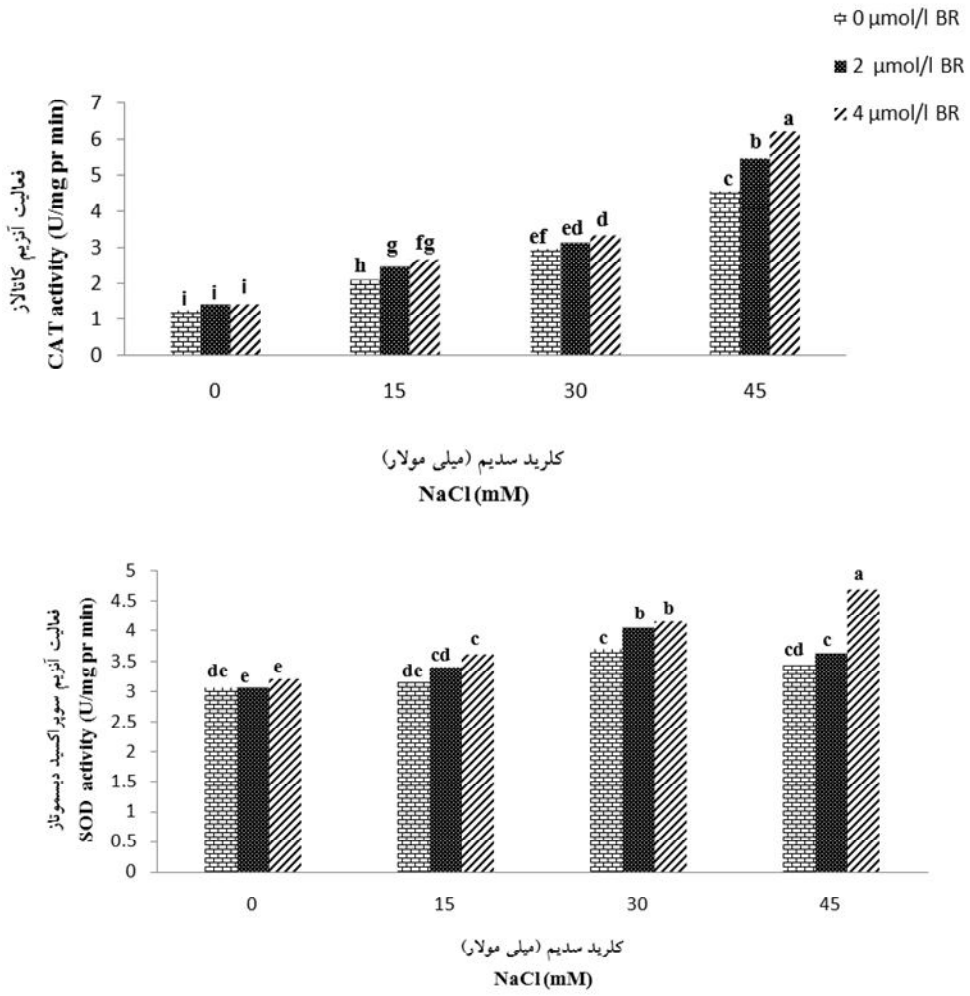
Fig. 5. Comparison of the effect of salinity and 24- epibrassinostroide is the amount of ion leakage in strawberry.

فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز: نتایج نشان داد با افزایش سطح شوری سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز روند افزایشی داشتند (شکل ٦). افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در واکنش به تنش شوری توسط دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (٩). این آنزیم طی واکنش آنزیمی با زدودن گونه‌های اکسیژن و جلوگیری از تخریب دیواره سلولی به بقاء گیاه کمک می‌نماید (٢٠). آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اولین خط دفاعی در مقابل گونه‌های اکسیژن فعال می‌باشد که موجب دیسموتاسیون سوپراکسید هیدروژن می‌شود. رادیکال‌های سوپر اکسید توسط آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به پراکسید هیدروژن تبدیل می‌شوند که پراکسید هیدروژن در معرض سایر آنزیم‌های دفاعی قرار می‌گیرد و سرانجام به آب تبدیل

www.SID.ir

Archive of SID

شده و سمیت آن رفع می‌گردد (۱۷). از طرفی براسینواستروئیدها در پاسخ گیاه به تنش اکسیداتیو درگیر بوده و تیمار براسینواستروئید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۱۰). افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در گیاهانی که به‌طور توأم با ۲٤- اپی‌براسینولید و تنش شوری تیمار شده بودند، نسبت به گیاهانی که فقط در معرض تنش شوری بودند، نشان‌دهنده فعال شدن سامانه آنتی‌اکسیداتیو و حفاظتی گیاه به‌وسیله براسینواستروئید و کاهش خسارت اکسیداتیو در این گیاهان می‌باشد (شکل ٦) (۱۲).



شکل ٦- اثر متقابل شوری و ٢٤- اپی‌براسینولید بر فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز توت‌فرنگی.

Fig. 6. Interaction effects of salinity and 24- epibrassinostroide in the Strawberry on activity superoxide dismutase and catalase.

در حقیقت براسینواستروئیدها از طریق تنظیم فعالیت ژن‌های دفاعی، در رشد و نمو طبیعی گیاه و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی ایفاء نقش می‌کنند (٤٨). علاوه بر این به‌طور تجربی ثابت شده که براسینواستروئید، بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدان و نیز فعالیت برخی آنزیم‌ها هم‌چون سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز را افزایش می‌دهد (٤٦).

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با نتایج به‌دست آمده توسط بهنام‌نیا و همکاران (۲۰۰۹) بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در گوجه‌فرنگی تحت تنش خشکی و ٢٤- اپی‌براسینولید (۱۲) و افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز بر اثر کاربرد ٢٤- اپی‌براسینولید تحت تنش شوری عباس و همکاران (۲۰۱۳) روی فلفل شیرین مطابقت داشت (۱).

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، یکی از راهکارهای مؤثر در بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی می‌باشد. در مطالعه حاضر تنش شوری و افزایش غلظت آن منجر به کاهش شاخص‌های رشدی و در نهایت کاهش عملکرد توت‌فرنگی می‌گردد. استفاده از ٢٤- اپی‌براسینولید منجر به بهبود عملکرد، سطح برگ، تعداد گل، میوه و برگ، سطوح کلروفیل، وزن تر و خشک ریشه، محتوای نسبی آب برگ، سفتی بافت میوه، اندازه میوه و همچنین کاهش نشت یونی گردید. همچنین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز) در گیاهان تحت تنش شوری که با ٢٤- اپی‌براسینولید تیمار شده بودند، افزایش یافت که نشان‌دهنده فعال‌شدن سامانه حفاظتی گیاه به‌وسیله ٢٤- اپی‌براسینولید می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد براسینواستروئید به‌طور قابل‌توجهی اثرهای منفی بر ساختارهای سلولی را کاهش و موجب بازیافت ساختارهای آسیب‌دیده و کاهش آسیب‌های میکروسکوپی می‌شود. در مجموع بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان در مناطق تحت تنش شوری با استفاده از غلظت‌های مناسب براسینواستروئیدها به‌صورت محلول‌پاشی منجر به تعدیل اثرات منفی شوری گردید.

منابع

1. Abbas, S., Latif, H.H. and Elsherbiny, E.A. 2013. Effect of 24-epibrassinolide on the physiological and genetic changes on two varieties of pepper under salt stress conditions. Pak. J. Bot. 45: 4. 1273-1284.
2. Ali, B., Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. 28-Homobrassinolide ameliorates the saline stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Environ. Exp. Bot. 59: 2. 217-223.
3. Anjum, S.A., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M.F., Man, C. and Lei, W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Afr. J. Agric. Res. 6: 9. 2026-2032.
4. Asghari, M.R. and Zahedipur Sheshgelani, P. 2016. Growth, yield and qualitative characteristics of strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Sabrosa) under effect of 24- Epibrassinolide. Agri. Knowl. and Sustain. Product. 25: 4. 149-160. (In Persian with English abstract)
5. Asha, A. and Lingakumar, K. 2015. Effect of 24-epibrassinolide on the morphological and biochemical constitutions *Vigna unguiculata* (L.) seedling. Indian J. Sci. Res. Technol. 3: 35-39.
6. Ashraf, M., Akram, N.A., Arteca, R.N. and Foolad, M.R. 2010. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. CRC. Crit. Rev. Plant Sci. 29: 3. 162-190.
7. Ashraf, M. and M. Foolad. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. Environ. Exp. Bot. 59: 206-216.
8. Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y. and González-Aguilar, G.A. 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. Food Technol. Biotechnol. 45: 2. 166-173.

www.SID.ir

Archive of SID

9.Bailly, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Sci. Res. 14: 2. 93-107.
10.Bajguz, A. and S. Hayat. 2009. Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses. Plant Physiol. Biochem. 47: 1. 1-8.
11.Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39: 1. 205-207.
12.Behnamnia, M., Manochehri Kalantari, Kh., Rezanegad, F. and Tata, M. 2009. Study of effects of 42-epibrassinolide on reduction of water stress in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* L.). PhD Thesis Plant Physiology Kerman Univ. 173p. (In Persian)
13.Bethke, P.C. and Drew, M.C. 1992. Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annuum* during progressive exposure to NaCl salinity. Plant Physiol. 99: 1. 219-226.
14.Brosa, C. 1999. Biological effects of brassinosteroids. Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol. 34: 5. 339-358.
15.Chance, B. and Maehly, A. 1955. [136] Assay of catalases and peroxidases. Methods in Enzymol. 2: 764-775.
16.Giannopolitis, C.N. and Ries, S.K. 1977. Superoxide dismutases I. Occurrence in higher plants. Plant Physiol. 59: 2. 309-314.
17.Gill, S.S. and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiol. Biochem. 48: 12. 909-930.
18.Ghorbani, B. and Pakish, Z. 2016. Effects of brassinosteroids on reducing the adverse effects of cold on grape fruit of Rish Baba (*Vitis vinifera* L. Rish baba) during storage. Herb. Prod. 39: 65-78. (In Persian)
19.Hayat, S., Hasan, S.A., Yusuf, M., Hayat, Q. and Ahmad, A. 2010. Effect of 28-homobrassinolide on photosynthesis, fluorescence and antioxidant system in the presence or absence of salinity and temperature in Vigna radiata. Environ. Exp. Bot. 69: 2. 105-112.
20.Jiang, M. and Zhang, J. 2001. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. Plant Cell Physiol. 42: 11. 1265-1273.
21.Karlidag, H., Yildirim, E. and Turan, M. 2011. Role of 24-epibrassinolide in mitigating the adverse effects of salt stress on stomatal conductance, membrane permeability, and leaf water content, ionic composition in salt stressed strawberry (*Fragaria* × *ananassa*). Sci. Hortic. 130: 1. 133-140.
22.Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D. and Saltali, K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. Sci. Hortic. 93: 1. 65-74.
23.Khripach, V., Zhabinskii, V. and de Groot, A. 2000. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. Ann. Bot. 86: 3. 441-447.
24.Kobayashi, H., Wang, C. and Pomper, K.W. 2008. Phenolic content and antioxidant capacity of pawpaw fruit (*Asimina triloba* L.) at different ripening stages. Hortic. Sci. 43: 1. 268-270.
25.Lawlor, D.W. and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell Environ. 25: 2. 275-294.
26.Mahajan, S. and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. Arch. Biochem. Biophys. 444: 2. 139-158.
27.McCollum, T. and McDonald, R. 1991. Electrolyte leakage, respiration, and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. Hortic. Sci. 26: 9. 1191-1192.
28.McCord, J.M. 2000. The evolution of free radicals and oxidative stress. Am. J. Med. 108: 8. 652-659.
29.Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 25: 2. 239-250.
30.Ozdemir, F., Bor, M., Demiral, T. and Türkan, I. 2004. Effects of 24-epibrassinolide on seed germination,

www.SID.ir

Archive of SID

seedling growth, lipid peroxidation, proline content and antioxidative system of rice (*Oryza sativa* L.) under salinity stress. Plant Growth Regul. 42: 3. 203-211.

31. Parida, A.K. and Das, A. B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicol. Environ. Saf. 60: 3. 324-349.
32. Pipattanawong, N., Fujishige, N., Yamane, K. and Ogata, R. 1996. Effects of brassinosteroid on vegetative and reproductive growth in two day-neutral strawberries. J. JPN. Soc. Hortic. Sci. 65: 3. 651-654.
33. Porra, R.J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynth. Res. 73: 1. 149-156.
34. Prakash, M., Suganthi, S., Gokulakrishnan, J. and Sabesan, T. 2008. Effect of homobrassinolide on growth, physiology and biochemical aspects of sesame. Karnataka J. Agric. Sci. 20: 1. 110-112.
35. Qadir, M., Ghafoor, A. and Murtaza, G. 2000. Amelioration strategies for saline soils: a review. Land Degrad. Dev. 11: 6. 501-521.
36. Rao, S.S.R., Vardhini, B.V., Sujatha, E. and Anuradha, S. 2002. Brassinosteroids-a new class of phytohormones. Curr. Sci. 52: 10. 1239-1245.
37. Roghabadi, A. and Pakkish., Z. 2014. Role of brassinosteroid on yield, fruit quality and postharvest storage of 'Tak Danehe Mashhad'sweet cherry (*Prunus avium* L.). Agric. Commun. 2: 4. 49-56.
38. Saied, A.S., Keutgen, A.J. and Noga, G. 2005. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs.'Elsanta'and 'Korona'. Sci. Hortic. 103: 3. 289-303.
39. Shahbazi, M., Amini, F. and Asghari, Gh. 2014. Effect of salinity stress on lipid peroxidation, ion leakage and proline in a medicinal plant (*Lippia citriodora* L.) under the treatment of 24-epinephrine. M.Sc. Thesis on Science of Faculty, Arak University. 71p. (In Persian)
40. Soussi, M., Ocana, A. and Lluch, C. 1998. Effects of salt stress on growth, photosynthesis and nitrogen fixation in chick-pea (*Cicer arietinum* L.). J. Exp. Bot. 49: 325. 1329-1337.
41. Stepien, P. and Kłbus, G. 2006. Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. Biol. Plantarum. 50: 4. 610-616.
42. Sudhir, P. and Murthy, S. 2004. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. Photosynth. 42: 4. 481-486.
43. Swamy, K.N., Rao, S. and Ram, S. 2010. Effect of brassinosteroids on rooting and early vegetative growth of coleus [*Plectranthus forskohlii* (Willd.) Briq.] stem cuttings. Iran J. Nat. Prod. Res. 1: 1. 68-73.
44. Tester, M. and Davenport, R. 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Ann Bot. 91: 5. 503-527.
45. Wu, X.X., Ding, H.D., Zhu, Z.W., Yang, S.J. and Zha, D.S. 2012. Effects of 24-epibrassinolide on photosynthesis of eggplant (*Solanum melongena* L.) seedlings under salt stress. Afr. J. Biotechnol. 11: 35. 8665-8671.
46. Xia, X.J., Wang, Y.J., Zhou, Y.H., Tao, Y., Mao, W.H., Shi, K., Asami, T., Chen, Z. and Yu, J.Q. 2009. Reactive oxygen species are involved in brassinosteroid-induced stress tolerance in cucumber. Plant Physiol. 150: 2. 801-814.
47. Yamasaki, S. and Dillenburg, L.R. 1999. Measurements of leaf relative water content in Araucaria angustifolia. Rev. Bras. Fisiol. Veg. 11: 2. 69-75.
48. Zhu, Z., Zhang, Z., Qin, G. and Tian, S. 2010. Effects of brassinosteroids on postharvest disease and senescence of jujube fruit in storage. Postharvest Biol. Technol. 56: 1. 50-55.

www.SID.ir

www.SID.ir