نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۵۳۴-۵۲۴
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 28, No. 4, Winter 2014, P. 524-534
ISSN: 2008 - 4730

بررسی اثر ترکیبات آمینواسیدی، فولویک اسید و استروئیدی در انگور دیم خلیلی

محمد سعید تدین[1*]- غلامرضا معافپوریان[2]- ندا مفتون آزاد[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۰

چکیده

به منظور بررسی عوامل تغذیه‌ای وتنظیم کننده رشد بر کاهش اثرات منفی اقلیمی از جمله خشکسالی‌های پیاپی، این آزمایش در بین سال‌های۹۰-۱۳۸۹ بر روی انگور دیم رقم خلیلی در دو منطقه شهرستان‌های بوانات و شیراز (اکبرآباد) در استان فارس اجرا گردید.آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی به مدت دو سال با سه تکرار و در هر کرت ۵ اصله درخت انجام گرفت. تیمارها شامل شرایط نگهداری عرف باغدار(شاهد)، محلول‌پاشی فولویک اسید (۳ درصد)، محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین آزاد (۲/۵ میلی‌لیتر در لیتر)، محلول‌پاشی براسینواستروئید (۰/۴میلی‌گرم در لیتر)، مصرف خاکی براسینولید (۰/۲ میلی‌گرم در لیتر) و محلول‌پاشی توأم (محلول‌پاشی فولویک اسید (۳ درصد)+ محلول‌پاشی آمینو اسیدحاوی پرولین آزاد (۲/۵ میلی‌لیتر در لیتر)+ محلول‌پاشی براسینواستروئید (۰/۴میلی‌گرم در لیتر)) بود. نتایج بررسی صفات مرتبط با مقاومت گیاه در برابر تنش رطوبتی هم‌چون راندمان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق، کارآیی مصرف آب، محتوای آب برگ و میزان پرولین آزاد، میزان قند محلول برگ و میزان کلروفیل b،a و نسبت کلروفیل a/b در برگ‌های کاملاً توسعه یافته انگور رقم خلیلی نشان دهنده اثر معنی‌دارکاربرد ماده زیست محرک براسینواستروئید به ویژه به صورت محلول‌پاشی بر افزایش توان مقابله با تنش رطوبتی و نیز افزایش عملکرد بود. بیش‌ترین میزان عملکرد در این آزمایش متعلق به تیمار محلول پاشی توأم بود و پس از آن به ترتیب تیمارهای محلول‌پاشی براسینواستروئید، محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین آزاد، مصرف خاکی براسینواستروئید و محلول‌پاشی فولویک اسید که به ترتیب میزان عملکرد را به میزان ۶۴/۵، ۴۶/۲، ۴۴/۱، ۳۹/۸ و ۲۰/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند.

واژه‌های کلیدی: انگور خلیلی، آمینو اسید حاوی پرولین، براسینواستروئید، تنش خشکی، فولویک اسید

مقدمه

استان فارس با سهم ۲۱/۸۹ درصد سطح بارور تاکستان‌های کشور از نظر سطح در جایگاه نخست قرار دارد.علی‌رغم رتبه اول از نظر سطح زیرکشت، فارس با سهم ۹/۱ درصد در تولید انگور در کل استان‌های کشور در جایگاه پنجم قرار می گیرد. میانگین عملکرد در موستان‌های استان‌های تهران و آذربایجان شرقی به ترتیب برابر با ۱۲۲۹۴ و ۱۱۶۶۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد در حالی‌که میانگین عملکرد تاکستان‌های استان فارس درحدود ۴۷۸۶ کیلوگرم در هکتار (کم‌تر از نصف) است (۲). شرایط نیمه خشک با بارندگی‌های محدود و پراکنش نامنظم و نیز خشکسالی‌های پیایی اخیر در ایران و پتانسیل تبخیر بالا باعث کاهش تولید بالقوه محصول انگور شده است. در شرایط خشک به دلیل استرس اسمزی، عدم تعادل یونی و استرس اکسیداتیو[4]، رشد گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد و گیاه ممکن است شرایط استرس را تحمل نماید اما میزان عملکرد آن به شدت کاهش می‌یابد (۲۱). فو و همکاران (۶) مشاهده نمودند که فولویک اسید میزان کلروفیل، شدت فتوسنتز، نسبت ریشه به شاخه و میزان نسبی آب برگ[5] را افزایش می‌دهد و نفوذپذیری غشاء سلولی، میزان تبخیر و تعرق و کمبود اشباع آبی[6] در کلزا را کاهش داده و میزان عملکرد را به میزان ۶۸ درصد افزایش می‌دهدکه نشان‌دهنده افزایش مقاومت به خشکی گیاه با کاربرد فولویک اسید بود. مقاومت به خشکی در گندم با محلول‌پاشی فولویک اسید افزایش یافت به گونه‌ای که کشش

۱-استادیار گروه علوم باغبانی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس
(*- نویسنده مسئول: Email: ms_tadaion@yahoo.com)
۲-استادیار گروه خاکشناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس
۳- استادیار گروه صنایع غذایی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

4-Oxidative stress
5-Relative leaf water content
6-Water saturation deficit

روزنه‌ها را تحت شرایط خشکی کاهش و در شرایط نرمال نسبت به شاهد افزایش داد هم‌چنین موجب کاهش باز بودن روزنه‌های گیاهوکاهش تبخیر و تعرق آب و افزایش مقاومت به خشکی گیاه شد، در این آزمایش هم‌چنین میزان کلروفیل، جذب فسفر، باروری سنبلچه‌ها و تعداد دانه در خوشه و عملکرد افزایش یافت (۲۴). از بین مواد هیومیک، فولویک اسید و فولویت بیش‌ترین تأثیر بر واکنش‌های شیمیایی خاک دارند. کاربرد سدیم هیومیت باعث افزایش جذب نیتروژن و سایر مواد غذایی به میزان ۳۰ درصد و افزایش عملکرد دانه به میزان ۴۰ درصد در جو شد(۵). هم‌چنین افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و کاه در گندم(۱۸) و میزان کلروفیل و مواد غذایی درگیاه آمارانتوس(۱۷) را موجب گردید. این ماده تعداد و سرعت تشکیل گرهک‌های سیمبیوتیک ریشه[1] دانهال‌های گیاه *Sesbaniasesban*، سویا، بادام زمینی و شبدر را افزایش داد (۴). آکادمی علوم کشاورزی چین[2] در پروژه تحقیقاتی کاربرد تکنولوژی در افزایش عملکرد مناطق خشک[3] کاربرد فولویک اسید در کاهش اثرات خشکی را پیشنهاد کرد. این ماده باعث کاهش اثرات خشکی بر گیاه و افزایش مقاومت به بیماری‌ها و سرمازدگی[4] شده و در ترکیب با عناصر کم مصرف قابلیت قابلیت انتقال و جذب این عناصر را افزایش می‌دهد. کاربرد فولویک اسید از سال ۱۹۷۸ در اراضی کشاورزی کشور چین توسعه یافته است به گونه‌ای که در کشور چین کاربرد فولویک اسید در بالغ بر دو میلیون هکتار از اراضی می‌باشد (۲۵). تعدادی از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی که اثر بازدارنده بر عوارض استرس خشکی دارند مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۱۰ و ۲۲) که یکی از آن‌ها گروه هورمون‌های براسینواستروئیدها[5] بوده که مورد توجه بسیاری از محققین در ۳۰-۲۰ سال اخیر بوده است. براسینواستروئیدها علاوه بر تحریک رشد، در کاهش تنش‌های غیر زنده[6] مانند خشکی، شوری، دماهای بالا و پایین و فلزات سنگین نقش دارند (۳، ۸ و ۹). در یک آزمایش مزرعه‌ای و گلدانی نقش کاربرد براسینواستروئیدها بر روی نهال‌های یکساله روبینیا (اقاقیا) مورد مطالعه قرار گرفت، نتایج نشان داد که کاربرد ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر براسینولید موجب کاهش معنی‌دار میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای[7] ومالون دی آلدوهید[8] در شرایط استرس خشکی گردید. میزان آب برگ[9]، پتانسیل آب قبل از غروب خورشید، میزان قند محلول، میزان پرولین آزاد، میزان فعالیت سوپراکسیددسموتیز و کاتالاز در دانهال‌های تحت استرس، با کاربرد ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر براسینولید نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد (۱۳). کاربرد 10^{-6} مول استرادیول[10] بر روی گیاه داکوید[11] موجب تحریک سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی به ویژه کاروتنوئید در گیاه شد. تحقیقات در مرکز CSIRO[12] با همکاری دانشگاه تازمانیا نشان داد که تنظیم کننده‌های رشد استروئیدی نقش مهمی در فرآیند رسیدن میوه غیر فرازگرای[13] انگور دارد (۱۹). گود و زاپلاچنزکی (۷) در بررسی تغییرات محتوای اسیدهای آمینه آزاد و اسیدهای ارگانیک خاص در طی زمان خشکسالی در گیاه کلزا مشاهده نمودند که پس از ۴ روز استرس خشکی تولید ترکیبات خاص توسط پلی پپتیدها از ضرر و زیان آب در برگ‌ها جلوگیری کرده و اثر منفی استرس خشکی را کاهش می‌دهد. جنیفر و همکاران (۱۲) در بررسی اثر نیتروژن آلی و معدنی بر روی گیاه نشان دادند که گیاه قادر به استفاده از نیتروژن آلی به فرم آمینو اسید و پروتئین‌های قابل حل است. ونکمپ و کوت (۲۳) در آزمایشی غلظت اسید آمینه‌های آزاد و آمیدها را در ذرت مورد بررسی قرار دادند و مشاهده نمودند که کاربرد مقدار ناچیز نیتروژن آمینواسیدی باعث افزایش آمینواسیدهای آسپاراتیت، گلوتامیت و آلانین در گیاه شد. هم‌چنین کاربرد آمینواسید پرولین بر اندام‌های زایشی باعث افزایش باروری و افزایش متابولیسم و نیز تسریع بلوغ اندام رویشی گردید. به دلیل پایین بودن فعالیت بیولوژیکی کلسیم و از طرف دیگر بالا بودن فعالیت بیولوژیک آمینواسید در ورود به سلول گیاهی، شرایط لازم جهت انتقال و فعالیت کلسیم در گیاه فراهم می‌گردد (۲۰). باتوجه به مطالب مطرح شده طی انجام این آزمایش تأثیر محلول‌پاشی فولویک اسید و ترکیبات آمینواسیدی و استروئیدیبر رشد و سایر شاخص‌های فیزیولوژیکی تنش انگور تحت شرایط دیم، در زمان مؤثر جهت جلوگیری از خسارت خشکی و افزایش مقاومت و عملکردانگورمورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش درکرت‌های ثابت و دو سال پیاپی (۹۰-۱۳۸۹) بر روی درختان یکنواخت انگور دیم رقم خلیلی در دو منطقه آزمایشی شهرستان‌های بوانات با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۰ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۸ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۲۲۳۱ متر و

1-Symbiotic root nodules
2-The Agro meteorology Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences
3-Technologies for increasing yields of dry land
4-Frost resistance
5-Brassinosteriods (BRs)
6-Abiotic stresses
7-Stomatal conductance
8-Malon-di-aldehyde (MDA)
9-Leaf water content
10-β-estradiol
11- Dockweed
12- CSIRO Plant Industry in Adelaide
13-Non-climacteric

منطقه آزمایش شیراز (اکبرآباد) با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۳ دقیقه، عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۷ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۹۶ متر در استان فارس اجرا گردید. میزان بارندگی در دو سال پیاپی آزمایش به ترتیب در منطقه آزمایشی بوانات به میزان ۱۸۶/۵ و ۱۶۴/۶ میلی‌متر و در منطقه آزمایشی شیراز (اکبرآباد) به ترتیب ۲۳۶/۵ و ۲۷۵ میلی‌متر بود. آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در هر کرت ۵ اصله درخت انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل۱- شرایط نگهداری عرف باغدار(شاهد .Ctl) ۲- محلول‌پاشی فولویک اسید به میزان ۳ درصد ۳- محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین آزاد (FOSNUTREN 8.4% Proline) به میزان ۲/۵ میلی‌لیتردر لیتر به ازاء هر درخت ۴- محلول-پاشی براسینواستروئید به میزان۰/۴ میلی‌گرم در لیتر ۵- مصرف خاکی براسینولید به میزان ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر به میزان ۵ لیتر ۶- محلول پاشی تیمارهای۲، ۳ و ۴ به صورت توأم بود. آزمایش جمعاً برروی ۹۰ اصله درخت یکنواخت انجام شد. در باغ‌های مورد آزمایش تنها از کود دامی به میزان ۲۰کیلوگرم به ازاء هر درخت استفاده شد. محلول‌پاشی تیمارهای آزمایش در سه مرحله یعنی قبل از گلدهی، بعد از گلدهی و در زمان بلوغ کامل برگ‌ها انجام شد. میزان ۵ لیتر آب به ازاء هر درخت برای یکسان سازی اثر تیمار خاکی براسینواستروئید برای تمام تیمارها در نظر گرفته شد. نمونه مرکب خاک محل آزمایش در دو عمق ۳۰-۰ و۶۰-۳۰ سانتی‌متر تهیه و جهت تعیین خواص فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک شامل اندازه گیری نیتروژن به روش کجلدال، فسفر قابل جذب با روش اولسن، پتاسیم قابل جذب با روش استات آمونیوم یک نرمال، کربن آلی با روش دی کرمات پتاسیم، بافت خاک با روش هیدرومتری، درصد مواد خنثی شونده به روش تیتراسیون، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه الکتروکانداکتومتر، pH خاک در گل اشباع به وسیله الکترود شیشه‌ای تعیین شد (۱) (جدول۱). صفات فتوشیمیایی اندازه‌گیری شده شامل کارآیی فتوسیستم (II) (Fv/Fm)،کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم (II)در روشنایی (ΔF/Fm)، تابش مؤثر فتوسنتزی[1](PAR)، میزان انتقال الکترون[2]، کارآیی فتوسنتزی[3]، آلی‌سازی دی اکسید کربن[4]، هدایت روزنه‌ای[5]، میزان تعرق[6]، کارآیی مصرف آب[7] (WUE)، محتوای آب برگ[8]، میزان پرولین و وزن میوه در هر بوته بود.

در این آزمایش با اندازه‌گیری کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم دو φ_{PSII} ($\Delta F/\acute{F}_m$) و نسبت باز بودن فتوشیمیایی این سیستم[9] و نیز با دانستن ارتباط بین این دو پارامتر و ارزشFv/Fm، ماکزیمم کارآیی فتوسیستم دو PSII به دست آمد (معادله‌های ۱ تا ۳).

$$\Phi PSII=(F'm-Ft)/F'm \quad (۱)$$

$$qP=(F'm-Ft)/(F'm-F'o) \quad (۲)$$

$$Fv/Fm=(Fm-Fo)/Fm=\Phi PSII/qP \quad (۳)$$

میزان تابش مؤثر فتوسنتزی و میزان انتقال الکترون و کارآیی فتوسنتزی و آلی سازی دی اکسید کربن پس از کالیبراسیون، توسط دستگاه فتوسنتزمتر[10] اندازه‌گیری و محاسبه گردید (۱۴)، اندازه‌گیری میزان تبخیر و هدایت روزنه در برگ‌های کاملاً توسعه یافته (۶ نمونه در سطح هر تیمار) با استفاده از دستگاه اندازه گیری تعداد روزنه[11] انجام گرفت (۱۵). اندازه‌گیری میزان پرولین آزاد و میزان قند محلول برگ پس از عصاره‌گیری توسط له کردن ۰/۵ گرم نمونه‌های برگی و اضافه نمودن ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد و حذف ناخالصی‌ها توسط دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۵ دقیقه و در دور ۱۵۰۰ انجام گردید (۱۱).

میزان کلروفیل a و b و نسبت کلروفیل a/b در برگ‌های کاملاً توسعه یافته توسط عصاره‌گیری با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد و قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر[12] در دو طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر به ترتیب اندازه‌گیری شد. محاسبه عملکرد کل هر درخت پس از برداشت محصول با توزین میوه‌های برداشتی انجام شد. تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده از آزمایش توسط نرم افزار MSTATC انجام و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن(DMRT) انجام شد و معادلات رگرسیونی و ضرایب همبستگی ما بین صفات محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها دو سال پیاپی دردو منطقه مورد آزمایش (جدول ۲) نشان دهنده اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر صفات فتوشیمیایی نمونه‌های برگ بود.

1-Photosyntetic active radiation
2- Electron transfer rate
3-Photosyntesis Efficiency
4- CO_2 Assimilation
5-Stomatal conductance
6-Transpiration
7-Water use efficiency
8- Relative water content

9- Photochemical quenching
10- EARS Plant Photosynthesis Monitoring Ltd, Kanaalweg 1, Delft, Netherlands,miniPPM
11-Steady State Poromoter (LI-COR 1600, LI-COR, NE, USA)
12-Spectronic 601, Milton Roy

جدول ۱- نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی نمونه مرکب خاک مورد استفاده در آزمایش

منطقه	عمق خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	pH	مواد خنثی شونده (درصد)	کربن آلی (درصد)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم)	منیزیم (میلی اکی والان بر لیتر)	کلسیم (میلی اکی والان بر لیتر)	بافت خاک
بوانات	۰-۳۰	۳/۸۶	۸/۳	۳۹	۰/۸۹	۱/۲	۵۳۶	۱۸	۲۵/۶	لومی
	۳۰-۶۰	۳/۵۶	۸/۱	۴۲	۰/۸۱	۱/۱	۵۱۲	۱۷	۲۸	لومی
شیراز	۰-۳۰	۲/۳۲	۷/۵	۳۳	۰/۷۴	۰/۸	۴۱۵	۱۲	۱۸	لومی شنی
	۳۰-۶۰	۲/۳۰	۷/۶	۳۲	۰/۶۰	۰/۹	۴۱۳	۱۱	۱۹	لومی شنی

همان‌گونه که در جدول سه مشاهده می‌گردد بالاترین میانگین ارزش Fv/Fm و ماکزیمم کارآیی فتوسیستم دو (PSII) مربوط به تیمار محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینولید بود که موجب افزایش این شاخص نسبت به شاهد به میزان ۳۶/۵ درصد شد. سایر تیمارها به ترتیب شامل محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین، محلول‌پاشی براسینواستروئید، محلول‌پاشی فولویک اسید و مصرف خاکی براسینواستروئید در گروه آماری بعد قرار داشته و به ترتیب موجب افزایش ارزشFv/Fm نسبت به شاهد به میزان ۲۷، ۲۳/۸، ۲۲/۲ و ۲۰/۶ درصد شدند. بیش‌ترین میزان اندازه-گیری شده کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم (II) در روشنایی $(\Delta F/\acute{F}_m)\varphi_{PSII}$، مربوط به دو تیمار محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید و تیمار محلول‌پاشی براسینواستروئید بود که به ترتیب موجب افزایش این شاخص نسبت به شاهد به میزان ۵۸/۶ و ۵۱/۷ درصد شدند. نتایج نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار میانگین داده‌های صفت میزان تابش مؤثر فتوسنتزی در برگ انگور رقم خلیلی بود. بالاترین میزان انتقال الکترون، مربوط به دو تیمار محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید و تیمار محلول‌پاشی براسینواستروئید بود که به ترتیب موجب افزایش این شاخص نسبت به شاهد به میزان ۶۱/۱ و۵۵/۳ درصد شدند. تیمار محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید و تیمار محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین به ترتیب موجب افزایش میزان کارآیی فتوسنتزی نسبت به شاهد به میزان ۱۷۰ و ۱۳۵ درصد شدند. تیمارهای محلول‌پاشی فولویک اسید و محلول‌پاشی براسینواستروئید به ترتیب موجب افزایش کارآیی فتوسنتزی نسبت به شاهد به میزان ۱۱۰ و ۹۵ درصد شدند. همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود بالاترین میزان آلی سازی دی‌اکسیدکربن در برگ مربوط به تیمار محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید بود که موجب افزایش این شاخص نسبت به شاهد به میزان ۳۰۵/۹ درصد شد. دو تیمار محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین و محلول‌پاشی براسینواستروئید از این نظر در گروه دوم آماری قرار داشتند و به ترتیب موجب افزایش آلی سازی دی‌اکسیدکربن در برگ انگور رقم خلیلی نسبت به شاهد به میزان ۲۱۱ و ۱۷۸/۴ درصد شدند. تیمار محلول پاشی فولویک اسید در گروه آماری بعد قرار داشته و موجب افزایش این شاخص به میزان ۱۳۵/۲ درصد نسبت به شاهد شد. میانگین داده‌های صفت هدایت روزنه‌ای برگ نشان داد که بالاترین میزان مربوط به تیمار محلول پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید و تیمار محلول‌پاشی براسینواستروئید بود و به ترتیب موجب افزایش این شاخص نسبت به شاهد به میزان ۱۸۰ و ۱۴۰ درصد شدند تیمار محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین با تیمار محلول‌پاشی براسینواستروئید در یک گروه آماری قرار داشتند و موجب افزایش هدایت روزنه‌ای برگ به میزان ۱۲۰ درصد نسبت به شاهد شد. تیمار محلول‌پاشی فولویک اسید نیز در گروه آماری بعد قرار داشت و موجب افزایش هدایت روزنه‌ای برگ به میزان ۶۰ درصد نسبت به شاهد شد.

اگرچه تیمار مصرف خاکی براسینواستروئید موجب افزایش هدایت روزنه‌ای به میزان ۴۰ درصد نسبت به شاهد شد، اما از نظر آماری فاقد اختلاف معنی‌دار با شاهد بود. بالاترین میزان تعرق برگ انگور رقم خلیلی مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین میزان تعرق برگ مربوط به محلول‌پاشی براسینواستروئید و پس از آن تیمار محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینولید، تیمار محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین و تیمار مصرف خاکی براسینواستروئید بودکه به ترتیب موجب کاهش میزان تعرق برگ نسبت به شاهد به میزان ۳۰/۳۷،۵/۷، ۳۰/۱ و۲۸/۸ درصد شدند. مقایسه میانگین داده‌های صفت کارآیی مصرف آب که از حاصل تقسیم میزان آلی سازی دی‌اکسیدکربن به میزان تعرق برگ انگور رقم خلیلی به دست آمد نشان داد که بالاترین کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار محلول‌پاشیتوأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید بود و موجب افزایش این شاخص نسبت به شاهد به میزان ۴۸۴/۲درصد شد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب و میانگین مربعات صفات فتوشیمیایی مورد اندازه گیری در آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی فتوسیستم (II) (Fv/Fm)	کارایی فتوسنتز فتوسیستم (II) در روشنایی (ΔF/Fm)	تلاش مؤثر فتوسنتزی (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	میزان انتقال الکترون (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	کارایی فتوسنتزی	آلی سازی دی اکسید کربن (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	هدایت روزنه ای (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	میزان تعرق (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	کارایی مصرف آب (میکرومول $(CO_2/H_2O$	محتوای آب برگ (درصد)	وزن میوه در هر بوته (کیلوگرم)
سال	۱	۰/۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۶ ns	۱۷۱۷۴/۲۲ **	۸۴/۱۷۵ ns	۰/۰۰۰۰۰۳ ns	۱/۰۲۷ ns	۰/۰۰۰۰۱ ns	۰/۱۹ ns	۱/۴۳۷ ns	۱۹/۰۱۴ ns	۱/۶۲۹ ns
مکان	۱	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۱ ns	۱۰۲۷۲/۲۲ *	۳۳۲/۴۶۱ ns	۰/۰۰۰۰۰۱ ns	۲/۱۳۶ ns	۰/۰۰۰۰۵ ns	. ns	۰/۱۱۸ ns	۴/۰۱۴ ns	۱/۷۱۴ ns
سال×مکان	۱	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۰۲۶ ns	۱۷۲۰/۸۸۹ ns	۴۶/۶۴۲ ns	۰/۰۰۰۰۰۶ ns	۰/۰۹۴ ns	۰/۰۰۰۰۱۲ ns	۰/۶۱ ns	۰/۳۱۳ ns	۶۲/۳۴۷ ns	۰/۱۰۵ ns
خطایسال‌ومکان	۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۱۰۱۳/۱۶۷	۲۴۰/۶۳۹	۰/۰۰۰۰۴	۲/۰۹	۰/۰۰۰۰۴	۰/۸۸	۱/۳۵۲	۱۲/۱۸۱	۰/۱۸۲
تیمار	۵	۰/۰۶۶ **	۰/۰۴۸ **	۳۴۷/۷۶۷ ns	۷۴۱۰/۸۶۵ **	۰/۰۰۲ **	۸۲/۲۳۸ **	۰/۰۱۳ **	۱/۱۶۲ **	۳۸/۷۸۹ **	۱۱۲۰/۵۸۱ **	۵۱/۶۸۷ **
سال × تیمار	۵	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۴ ns	۱۳۵۰/۵۲۲ ns	۷۶۲/۶۲۱ ns	۰/۰۰۰۰۶ ns	۱/۰۸۱ ns	۰/۰۰۰۱۲ ns	۰/۶۳ ns	۰/۶۳۳ ns	۲۹/۳۸۱ ns	۰/۷۷۳ ns
مکان×تیمار	۵	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۳ ns	۸۷۳/۳۸۹ ns	۵۵۱/۱۶۵ ns	۰/۰۰۰۰۱ ns	۱/۷۴۶ *	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۸۲ ns	۰/۲۰۱ ns	۱۸/۹۱۴ ns	۰/۵۱ ns
سال× مکان× تیمار	۵	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۴ ns	۱۰۶۴/۰۵۶ ns	۸۵۰/۵۹۹ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۴۷۹ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۱۱ ns	۰/۴۱۵ ns	۲۵/۸۴۷ ns	۰/۲۶۸ ns
خطایکل	۴۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۱۶۰۳/۷۱۷	۳۶۵/۵۵۶	۰/۰۰۲۱	۰/۶۲	۰/۰۰۱	۰/۴۹	۰/۴۳۴	۲۰/۵۶۴	۰/۴۴۴
کل	۷۱											
ضریب‌تغییر (درصد)	-	۷/۸۰٪	۱۳/۱۹٪	۴/۳٪	۱۳/۴۴٪	۱۹/۷۷٪	۱۳/۵۳٪	۱۶/۶۶٪	۱۳/۵۲٪	۱۸/۶۳٪	۷/۲۹٪	۱۳/۴۶٪

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳- مقایسه میانگین داده های مربوط به صفات فتوشیمیایی مورد اندازه گیری انگور رقم خلیلی

تیمار	کارایی فتوسیستم(II) (Fv/Fm)	کارایفتوشیمیایی فتوسیستم(II) در روشنایی (ΔF/Fm)	تابش مؤثر فتوسنتزی (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	میزان انتقال الکترون (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	کارایی فتوسنتزی	آلی سازی دی اکسید کربن (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	هدایت روزنه ای (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	میزان تعرق (میکرومول بر متر مربع بر ثانیه)	کارایی مصرف آب (CO_2/H_2O میکرومول)	محتوای آب برگ (درصد)	وزن میوه در هر بوته (کیلوگرم)
شاهد	۰/۶۳c	۰/۴۹c	۹۲۲/۸۳a	۱۱۱/۲۲c	۰/۰۲c	۲/۳۶e	۰/۰۵d	۲/۳۶a	۱/۰۱e	۴۷/۰۸d	۲/۶۵c
محلول پاشی فولویک اسید	۰/۷۷b	۰/۴۶b	۹۳۷/۰۱a	۱۳۹/۸۷b	۰/۰۴۲b	۵/۵۵c	۰/۰۸c	۱/۸۵b	۳/۰۸c	۵۴/۲۵c	۲/۸۴c
محلول پاشی آمینو اسید حاوی پرولین آزاد	۰/۸۰b	۰/۴۰ab	۹۳۲/۵۰a	۱۵۷/۸۸ab	۰/۰۴۷ab	۷/۳۴b	۰/۱۱b	۱/۶۵bc	۴/۵۷b	۶۶/۰۸b	۴/۴۱b
محلول پاشی براسینواستروئید	۰/۷۸b	۰/۴۴a	۹۳۳/۵۸a	۱۷۲/۷۴a	۰/۰۳۹b	۶/۵۷b	۰/۱۲ab	۱/۴۷c	۴/۵۲b	۶۷/۳۳b	۵/۲۸ab
مصرف خاکی براسینواستروئید	۰/۷۶b	۰/۴۱ab	۹۳۲/۶۷a	۱۶۱/۴۱ab	۰/۰۲۳c	۳/۵۰d	۰/۰۷cd	۱/۶۸bc	۲/۱۳d	۶۵/۳۳b	۶/۷۵ab
محلولپاشی توأم	۰/۸۶a	۰/۴۶a	۹۲۵/۴۲a	۱۷۹/۲۵a	۰/۰۵۴a	۹/۵۸a	۰/۱۴a	۱/۶۴bc	۵/۹۰a	۷۳/۳۳a	۷/۸۰a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال جدول ۲ تفاوت معنی‌داری ندارند.

دو تیمار محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین و محلول‌پاشی براسینواستروئید در گروه دوم آماری قرار داشتند و به ترتیب موجب افزایش کارآیی مصرف آب نسبت به شاهد به میزان ۳۵۲/۵ و ۳۴۷/۵ درصد شدند. تیمار محلول‌پاشی فولویک اسید نیز در گروه آماری بعد قرار داشت و موجب افزایش این شاخص به میزان ۲۰۵ درصد نسبت به شاهد شد و پس از آن تیمار مصرف خاکی براسینواستروئید میزان کارآیی مصرف آب را نسبت به شاهد به میزان ۱۱۰/۹ درصد افزایش داد. مقایسه میانگین داده‌های مربوط صفت محتوای آب برگ انگور رقم خلیلی نشان داد که بالاترین میزان مربوط به تیمار محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید بود که موجب افزایش این شاخص نسبت به شاهد به میزان ۵۵/۸ درصد شد. سه تیمار محلول‌پاشی براسینواستروئید، محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و مصرف خاکی براسینواستروئید در گروه دوم آماری قرار داشتند و به ترتیب موجب افزایش محتوای آب برگ نسبت به شاهد به میزان ۴۳، ۴۰/۴ و ۳۸/۸ درصد شدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان دهنده اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایش بر روی صفات میزان پرولین، نشاسته و میزان قند سوکروز در برگ انگور رقم خلیلی تحت شرایط آزمایش بود (جدول ۴). بالاترین میزان پرولین برگ مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین غلظت آن به ترتیب متعلق به تیمارهای محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید و محلول‌پاشی براسینواستروئید بود (جدول ۵). این دو تیمار به ترتیب موجب کاهش میزان پرولین نسبت به شاهد به میزان ۴۵/۲ و ۳۵/۷ درصد شدند و از نظر آماری در یک گروه قرار دارند. دو تیمار محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و مصرف خاکی براسینواستروئید در گروه دوم آماری قرار داشتند و به ترتیب موجب کاهش ۳۰ و ۲۹/۶ درصدی میزان پرولین نسبت به شاهد شدند. بالاترین میزان نشاسته مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین میزان نشاسته متعلق به تیمارمحلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید بود. این تیمار موجب کاهش میزان نشاسته برگ نسبت به شاهد به میزان ۷۲/۲۲ درصد شد.

دو تیمار محلول‌پاشی براسینواستروئید و محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین در گروه دوم آماری قرار داشت و به ترتیب موجب کاهش ۵۰/۳ و ۴۸/۴ درصدی میزان نشاسته نسبت به شاهد شدند. تیمار مصرف خاکی براسینواستروئید و محلول‌پاشی فولویک اسید به ترتیب موجب کاهش نشاسته برگ نسبت به شاهد به میزان ۳۸ و ۳۳/۷ درصد شدند. اثر مکان و اثر متقابل سال و تیمار بر روی صفت میزان نشاسته برگ در سطح ۵ درصد آماری معنی‌دار شد. میزان نشاسته برگ انگور رقم خلیلی در منطقه آزمایشی بوانات به میزان ۵/۵ درصد بیش‌تر از منطقه آزمایشی شیراز بود. در سال اول آزمایش میزان نشاسته برگ در تیمار محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید به طور معنی‌دار نسبت به سال دوم آزمایش کاهش (۴۱/۹ درصد) نشان داد. بالاترین میزان قند سوکروز متعلق به تیمار محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید و تیمار محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین آزاد بود، که به ترتیب موجب افزایش این شاخص نسبت به شاهد به میزان ۶۴/۶ و ۴۹/۴ درصد شدند (جدول ۵). تیمار محلول‌پاشی براسینواستروئید و تیمار محلول‌پاشی فولویک اسید نیز در گروه آماری بعد قرار داشت و موجب افزایش میزان قند سوکروز به میزان ۳۲/۹ و ۱۷/۶ درصد نسبت به شاهد شدند. میزان کلروفیل a تحت تأثیر تنش‌های محیطی متغییر بوده، چنان‌که در محدوده مشخصی از تنش خشکی میزان کلروفیل a برگ به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. در این آزمایش بالاترین میزان کلروفیل a برگ به ترتیب مربوط به تیمارهای محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین آزاد، محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید و تیمار محلول‌پاشی براسینواستروئید بود که به ترتیب موجب افزایش ۱۰۶ ، ۱۰۳/۶ و ۹۶/۵ درصدی میزان کلروفیل a نسبت به شاهد شدند. مصرف خاکی براسینواستروئید و محلول‌پاشی فولویک اسید به میزان ۳ درصد در گروه دوم آماری قرار داشتند و به ترتیب موجب افزایش۶۵/۱ و ۵۱/۳ درصدی میزان کلروفیل a نسبت به شاهد شدند. بالاترین میزان کلروفیل b مربوط به تیمار مصرف خاکی براسینواستروئید و پس از آن به ترتیب تیمارهای محلول‌پاشی براسینواستروئید و تیمار محلول‌پاشی فولویک اسید به میزان ۳ درصد، که هر سه در یک گروه آماری قرار داشتند، بود. این سه تیمار به ترتیب موجب افزایش میزان کلروفیل b نسبت به شاهد به میزان ۵۰، ۳۶/۱ و ۳۲/۸ درصد شدند. تیمار محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین آزاد موجب افزایش میزان کلروفیل b نسبت به شاهد به میزان ۲۷/۹ درصد شد. بالاترین نسبت کلروفیل a/b برگ به تیمار محلول-پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید اختصاص داشت که موجب افزایش ۸۶/۸ درصدی این شاخص نسبت به شاهد شد. بالاترین میزان کلروفیل کل به ترتیب مربوط به تیمارهای محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین آزاد، محلول‌پاشی براسینواستروئید و محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید بود که به ترتیب موجب افزایش ۸۲/۹ ، ۷۸/۶ و ۷۵/۴ درصدی میزان کلروفیل کل نسبت به شاهد شدند. نتایج حاصل از محاسبه ضرایب همبستگی نشان دهنده ارتباط مثبت و معنی‌دار عملکرد با صفات محتوای آب برگ، کارآیی فتوسیستم (II) در روشنایی، میزان انتقال الکترون، میزان کلروفیل a و کلروفیل کل و ارتباط منفی عملکرد با میزان نشاسته و پرولین برگ بود. ارتباط مثبت و معنی‌دار بین عملکرد با صفات کارآیی مصرف آب،

کارآیی فتوسیستم (II)، هدایت روزنه‌ای، نسبت کلروفیل a/b و آلی سازی CO_2 و ارتباط منفی با میزان تعرق وجود داشت (جدول ۶). منحنی‌های برازش و معادلات رگرسیونی مابین میزان عملکرد و به ترتیب مهم‌ترین شاخص‌های مقاومت به خشکی از جمله محتوای آب برگ، میزان نشاسته و پرولین برگ آورده شده است (شکل ۱، ۲ و ۳).

بحث

کاربرد تنظیم کننده‌های رشد استروئیدی همان‌گونه که قبلاً نیز مطرح گردید نقش مهمی در فرآیند رسیدن میوه غیر فرازگرای انگور دارد (۱۹). بیش‌ترین میزان عملکرد انگور رقم خلیلی در این آزمایش متعلق به تیمار محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید و پس از آن به ترتیب تیمارهای محلول‌پاشی براسینواستروئید به میزان ۰/۴ میلی‌گرم در لیتر، محلول-پاشی آمینو اسید حاوی پرولین آزاد (FOSNUTREN 8.4% Proline) به میزان ۲/۵ میلی‌لیتربه ازاء هر درخت، مصرف خاکی براسینواستروئید به میزان ۰/۲میلی‌گرم در لیتر و محلول‌پاشی فولویک اسید به میزان ۳ درصد بود.

جدول ٤ - تجزیه واریانس مرکب و میانگین مربعات صفات مورد اندازه‌گیری در آزمایش

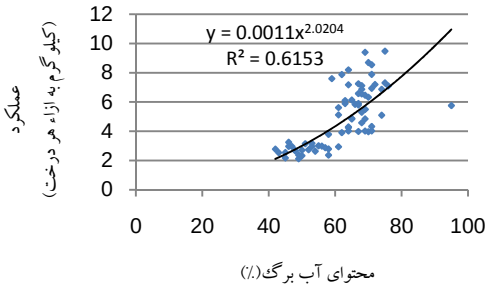
منابع تغییر	درجه آزادی	میزان پرولین (میکرومول بر گرم وزن خشک)	میزان نشاسته (میکرومول بر متر مربع)	میزان قند سوکروز (میکرومول بر متر مربع)	کلروفیل b (میکرومول بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میکرومول بر گرم وزن تر)	نسبت کلروفیل a/b	کلروفیل کل (میلی گرم بر متر مربع)
سال	۱	۱۱/۶۸۱ ns	۲/۷۲۲ ns	۰/۰۵۶ ns	۱۰/۸۸۹ ns	۱۵/۱۲۵ ns	۰/۰۰۳ ns	۵۱/۶۸۱ ns
مکان	۱	۳/۱۲۵ ns	۶۰/۵*	۲ ns	۱۱۸۴/۲۲۲ ns	۲۳/۳۴۷ ns	۰ ns	۱۵۴۰/۱۲۵ ns
سال×مکان	۱	۱۷/۰۱۴ ns	۵/۵۵۶ ns	۵/۵۵۶ ns	۱۲/۵ ns	۰/۱۲۵**	۰/۰۰۳ ns	۱۵/۱۲۵ ns
خطای سال و مکان	۸	۳/۵۴۲	۲/۹۱۷	۱۰/۱۲۵ ns	۱۷۲/۷۷۸	۷۲/۴۳۱	۰/۲۹۴	۱۴۷/۷۲۲
تیمار	۵	۱۱۰/۸۱۴**	۲۲۳۷/۸۸۹**	۱۶۲/۹۵۶**	۳۵۴۵۷/۹۷**	۱۲۷۸/۰۲۵**	۸/۲۰۸**	۴۱۳۹۲/۶۳**
سال× تیمار	۵	۳/۴۸۱ ns	۲۹/۶۵۶*	۵/۸۲۲ ns	۴۱۹/۵۵۶ ns	۴۸/۹۵۸ ns	۰/۴۳۹ ns	۲۹۸/۰۴۷ ns
مکان×تیمار	۵	۱/۴۵۸ ns	۲۴/۵ ns	۵/۴۳۳ ns	۳۳۶/۷۵۶ ns	۵۹/۶۴۷ ns	۰/۲۵ ns	۴۰۸/۵۵۸ ns
سال× مکان× تیمار	۵	۴/۰۱۴ ns	۲۵/۰۸۹ ns	۶/۳۸۹ ns	۴۰۷/۴۳۳ ns	۵۹/۹۵۸ ns	۰/۱۶۷ ns	۶۰۹/۱۵۸ ns
خطای کل	۴۰	۴/۱۰۸	۱۱/۵	۶/۷۷۵ ns	۳۸۷/۴۷۸	۷۴/۷۴۷	۰/۲۵۱ ns	۴۵۸/۲۵۶
کل	۷۱							
ضریب تغییر (درصد)	-	۱۴/۳۲٪	۹/۹۶٪	۱۴/۹۹٪	۸/۷۱٪	۱۲/۳۶٪	۱۵/۱۹٪	۷/۲۳٪

ns ،* و** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

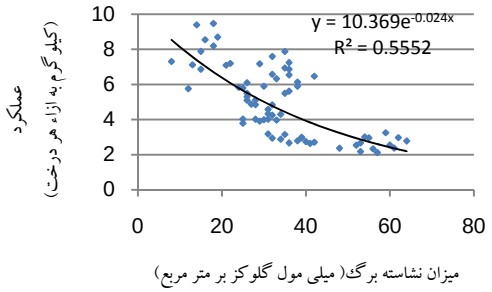
جدول ۵- مقایسه میانگین داده‌های مربوط به پارامترهای میزان مقاومت در برابر خشکی انگور رقم خلیلی

تیمار	میزان پرولین (میکرومول بر گرم وزن خشک)	میزان نشاسته (میکرومول بر متر مربع)	میزان قند سوکروز (میکرومول بر متر مربع)	کلروفیل b (میکرومول بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میکرومول بر گرم وزن تر)	نسبت کلروفیل a/b	کلروفیل کل (میلی گرم بر متر مربع)
شاهد	۱۹/۱۷a	۵۷/۱۷a	۱۳/۶۷d	۵۵/۵۸c	۱۳۲/۶۷c	۲/۴۳c	۱۸۸/۲۵d
محلول‌پاشی فولویک اسید	۱۶/۰۰b	۳۷/۹۲b	۱۶/۰۸cd	۷۳/۸۳ab	۲۰۰/۷۵b	۲/۷۵c	۲۷۴/۵۸c
محلول‌پاشی آمینو اسید حاوی پرولین آزاد	۱۳/۴۲c	۲۹/۵۰c	۲۰/۴۲ab	۷۱/۰۸b	۲۷۳/۲۵a	۳/۹۱b	۳۴۴/۳۳a
محلول‌پاشی براسینواستروئید	۱۲/۳۳cd	۲۸/۴۲c	۱۸/۱۷bc	۷۵/۶۷ab	۲۶۰/۶۷a	۳/۴۹b	۳۳۶/۳۳a
مصرف خاکی براسینواستروئید	۱۳/۵۰c	۳۵/۴۲b	۱۳/۳۳d	۸۳/۴۲a	۲۱۹/۰۸b	۲/۶۶c	۳۰۲/۵۰b
T2+T3+T5 محلول‌پاشی توأم	d۱۱۰/۵	۱۵/۹۲d	۲۲/۵۰a	۶۰/۱۷c	۲۷۰/۰۸a	۴/۵۴a	۳۳۰/۲۵a

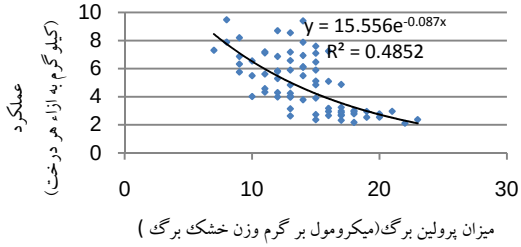
در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال جدول ۴ تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۱- برازش رگرسیونی مابین صفات میزان عملکرد و محتوای آب برگ (درصد)



شکل ۲- برازش رگرسیونی مابین صفات میزان عملکرد و میزان نشاسته برگ



شکل ۳- برازش رگرسیونی مابین صفات میزان عملکرد و میزان پرولین برگ

ونکمپ و کوت (۲۳) نشان دادند که کاربرد مقدار ناچیز نیتروژن از منبع کودی آمینواسیدی باعث افزایش آمینواسیدهای فعال در گیاه شد وکاربرد آمینواسید حاوی پرولین بر اندام‌های زایشی باعث افزایش باروری و افزایش متابولیسم و نیز تسریع بلوغ اندام گردید. محلول-پاشی فولویک اسید نیز تأثیر مثبت بر افزایش عملکرد در آزمایش داشت که نتایج آن با مطالعات اخیر بر درختان میوه که نشان داد افزایش عملکرد با کاربرد فولویک اسید به میزان ۱۵-۸ درصد در شرایط نرمال و ۳۰-۱۰ درصد در شرایط استرس می باشد، مطابقت داشت (۲۵). در آزمایش ما محلول‌پاشی توأم فولویک اسید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و براسینواستروئید بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش عملکرد داشت که این مسئله می‌تواند نشان‌دهنده اثر تجمعی کاربرد این مواد باشد. همان‌گونه که در مطالعات فو و همکاران (۶) مشاهده شد کاربرد فولویک اسید میزان کلروفیل، شدت فتوسنتز، نسبت ریشه به شاخه و میزان نسبی آب برگ را افزایش می‌دهد و نفوذپذیری غشاء سلولی، میزان تبخیر و تعرق و کمبود اشباع آبی را کاهش داده و میزان عملکرد را به میزان قابل توجهی افزایش داد که نشان دهنده افزایش مقاومت گیاهان به خشکی با کاربرد فولویک اسید بود. مقاومت به خشکی در گندم با محلول‌پاشی فولویک اسید افزایش یافت به گونه‌ای که کشش روزنه‌ها را تحت شرایط خشکی کاهش و در شرایط نرمال نسبت به شاهد افزایش داد همچنین موجب کاهش باز بودن روزنه‌های گیاه و کاهش تبخیر و تعرق آب و افزایش مقاومت به خشکی گیاه شد (۲۴). در آزمایش ما بررسی اثر تیمارهای آزمایش بر روی صفات مرتبط با مقاومت گیاه در برابر تنش رطوبتی همچون راندمان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق، کارآیی مصرف آب، محتوای آب برگ، میزان پرولین، میزان قند محلول برگ و میزان کلروفیل a و b و نسبت کلروفیل a/b در برگ‌های کاملاً توسعه یافته انگور رقم خلیلی نشان دهنده اثر معنی‌دار کاربرد ماده زیست محرک براسینواستروئید به ویژه به صورت محلول‌پاشی بر افزایش توان مقابله با تنش رطوبتی و نیز افزایش عملکرد بود. کاربرد توأم این ماده با آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و فولویک اسید موجب بهبود شرایط رشد فیزیولوژیکی گیاه شد.

مشاهدات لی و همکاران (۱۳) نشان داد که کاربرد براسینواستروئیدها اثر معنی‌دار بر افزایش دوام بافت‌های گیاهی در برابر استرس خشکی داشته و کاربرد ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر براسینولید موجب کاهش معنی‌دار میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای و افزایش‌میزان آب برگ، میزان قند محلول، میزان پرولین آزاد نسبت به شاهد شد. نتایج این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی براسینواستروئید، آمینو اسید حاوی پرولین آزاد و محلول‌پاشی فولویک اسید می‌تواند تأثیر استرس آبی را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش داده و مقاومت به خشکی را در انگور رقم خلیلی افزایش دهد. در این آزمایش همچنین بهترین شاخص‌های مقاومت به خشکی انگور رقم خلیلی با توجه به همبستگی و ارتباط رگرسیونی آن‌ها با عملکرد محصول، به ترتیب محتوای آب برگ، میزان نشاسته و پرولین برگ بود که اندازه‌گیری این شاخص‌ها برای مطالعات آتی در ارتباط با مقاوم به خشکی این محصول توصیه می‌گردد.

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات مورد اندازه گیری در آزمایش

	وزن میوه در هر بوته	کارایی فتوسیستم(II)	کارایی فتوسیستم (II) در روشنایی	تاثیر مؤثر فتوسنتزی	انتقال الکترون	کارایی فتوسنتزی	آلی سازی CO_2	هدایت روزنه ای	میزان تعرق	کارایی مصرف آب	محتوای آب برگ	میزان پرولین	میزان نشاسته	قند سوکروز	کلروفیل a	کلروفیل b	نسبت کلروفیل a/b	کلروفیل کل
وزن میوه در هر بوته	۱																	
کارایی فتوسیستم(II)	۰/۵۳*	۱																
کارایی فتوسیستم (II) در روشنایی	۰/۶**	۰/۵۹**	۱															
تاثیر مؤثر فتوسنتزی	-۰/۰۴	۰/۰۲	-۰/۱۴	۱														
انتقال الکترون	۰/۵۹**	۰/۵۹**	۰/۸۷**	۰/۰۹	۱													
کارایی فتوسنتزی	۰/۲۸	۰/۶۱**	۰/۳۶	-۰/۰۳	۰/۲۴	۱												
آلی سازی CO_2	۰/۴۶*	۰/۷	۰/۵۸*	-۰/۰۱	۰/۵۷**	۰/۹**	۱											
هدایت روزنه ای	۰/۴۹*	۰/۵۴*	۰/۶**	۰/۰۸	۰/۶۲**	۰/۶۴**	۰/۷۸**	۱										
میزان تعرق	-۰/۵۳*	-۰/۵۶*	-۰/۴۳*	۰/۱۳	-۰/۵*	-۰/۴۱	-۰/۴۳*	-۰/۵۳*	۱									
کارایی مصرف آب	۰/۵۱*	۰/۷	۰/۵۷**	۰	۰/۵۳*	۰/۸۵**	۰/۹۳**	۰/۸**	-۰/۷**	۱								
محتوای آب برگ	۰/۷۸**	۰/۶۵**	۰/۷**	۰/۰۷	۰/۷۲**	۰/۴۶	۰/۶۵**	۰/۷۱**	_ ۰/۶۶**	۰/۷۱**	۱							
میزان پرولین	-۰/۶۹**	-۰/۶۶**	-۰/۵۶**	-۰/۰۱	-۰/۵۷*	-۰/۵*	-۰/۶۳**	-۰/۶۵**	۰/۵۹*	-۰/۷۳**	-۰/۷۵**	۱						
میزان نشاسته	-۰/۷۴**	-۰/۷۳**	-۰/۶۸*	-۰/۰۲	-۰/۶۸**	-۰/۷۲**	-۰/۸۲	-۰/۷۹**	۰/۷۲**	-۰/۸۴**	-۰/۸۳**	۰/۷۲**	۱					
قند سوکروز	۰/۳۲	۰/۴۴	۰/۴	۰/۰۵	۰/۴۱	۰/۶۳**	۰/۷۴**	۰/۷**	-۰/۳۷	۰/۷۳**	۰/۵۳*	-۰/۴۷	-۰/۶۴**	۱				
کلروفیل a	۰/۵۷**	۰/۶۵**	۰/۶**	۰/۰۳	۰/۶**	۰/۶۵**	۰/۷۵**	۰/۷۴**	_ ۰/۶۹**	۰/۷۸**	۰/۷۸**	-۰/۷۲**	-۰/۸۴**	۰/۶۱**	۱			
کلروفیل b	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۱۸	-۰/۰۱	-۰/۰۵	۰	-۰/۳	-۰/۰۱	۰/۱۷	-۰/۲۱	-۰/۱۵	-۰/۱۶	۰/۲۴	۱		
نسبت کلروفیل a/b	۰/۴۹*	۰/۵۷*	۰/۴۲*	۰/۰۳	۰/۴۷	۰/۶۱**	۰/۷۴**	۰/۶۹**	-۰/۴۳*	۰/۷۴**	۰/۶۴*	-۰/۵۸*	-۰/۷۱**	۰/۶۶**	۰/۷۷**	-۰/۴۱	۱	
کلروفیل کل	۰/۵۹**	۰/۶۳**	۰/۵۹**	۰/۰۵	۰/۶**	۰/۶**	۰/۶۸**	۰/۶۹**	-۰/۷**	۰/۷۳**	۰/۷۲**	-۰/۷۱**	-۰/۸۱**	۰/۵۳*	۰/۹۸**	۰/۴۴	۰/۶۳**	۱

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

منابع

۱- احیایی ع.، بهبهانی زاده م. و بهبهانی زاده ا. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳ ، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

۲- آمارنامه استان فارس. ۱۳۸۹. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان فارس، معاونت آمار و انفورماتیک.

3- Ali B., Hayat S., Ahmad A. 2007. 28-Homobrassinolide ameliorates the saline stress in chickpea (*Cicerarietinum*L.). Environmental and Experimental Botany, 59, 217-223.

4- Bano A., Malik K.A., and Ashraf M. 1988. Effect of humic acid on root nodulation and nitrogenase activity of *Sesbaniasesban* (L.) Merril.Pakistan Journal of Botany, 20(1): 69-73.

5- Fecenko J., Lozek O., Mazur N., and Mazur K.1997.Resorption of macronutrients and cadmium in dependence on application of sodium humate.RostlinnáVýroba, 43(1): 43-47.

6- Fu Q.L., Meng C.F., and Wu W.Y. 1994. Effects of fulvic acid on the physiology and yield of rape (*Brassica campestris*L.). Oil Crops of China, 16(2): 29-31.

7- Good A.G., and Zaplachinski S.T. 1994. The effects of drought Stress on free Amino acid accumulation and protein synthesis in *Bressicanapus*. Physiologiaeplantarum, 25: 9-14.

8- Hasan S.A., Hayat S., Ali B.B., Ahmad A. 2008. 28-Homobrassinolide protects chickpea (*Cicerarietinum*) from cadmium toxicity by stimulating antioxidants. Environmental Pollution, 151:60- 66.

9- Hayat S., Ali B., Hasan S.A., Ahmad A. 2007. Brassinosteroid enhanced the level of antioxidants under cadmium stress in *Brassica juncea*. Environmental and Experimental Botany, 60: 33-41.

10- Hussein M.M., Balbaa L.K., and Gaballah M.S. 2007.Salicylic Acid and Salinity effects on growth of Maize Plants. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3: 321-328.

11- Irigoyen J.J., Emerich D.W., and Sanchez-Dias M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulatedalfalfa (*Medicagosativa*) plants. Plant Physiology, 84: 55-60.

12- Jennifer R., Smith J.L., BoggsL.C., and Reganold J.P. 2005.Plant uptake of soluble organic molecules as N-Source. Crop and Soil Science, 45:187-190.

13- Li K.R., Wang H.H., HanG.,Wang Q.J., and Fan J. 2007. Effects of brassinolide on the survival, growth and drought resistance of *Robiniapseudoacacia* seedlings under water- tress. New forests, 27: 158-161.

14- Maxwell K., Johnson G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. Journal of Experimental Botany, 51: 659-668.

15- Munro D.S. 1989.Stomatal conductance and surface conductance modeling is a mixed wetland forest. Agric. For. Meterorol, (48): 235-249.

16- Rao S.S.R., Vardhini B.V.V., Sujatha E., and Anuradha S. 2002. Brassinosteroids-a new class of phytohormones. Current Sciences, 82: 1239-45.

17- Sathiyabama K., and Selvakumari G. 2001. Effect of humic acid on growth, yield and nutrition of *Amaranthus*. South Indian Horticulture, 49(Special): 155-156.

18- Shalabey O., and Bizik J. 1998. Effect of farmyard manure and sodium humate on the content of mercury in spring wheat.Acta Fyrotechnica ETZootechnica, 1(2): 46-49.

19- Symons G.M., Davies C., Shavrukov Y., Dry I.B., Reid J.B., and Thomas M.R. 2006. Grapes on steroids.Brassinosteroids are involved in grape berry ripening. Plant Physiology, 140: 150–158.

20- Tan K.H. 1986. Degradation of Soil Minerals by Organic Acids. In: P.M. Huang and M.Schnitzer, (eds.), Interactions of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes. Soil Science Society of America, Special Publication No. 17, Madison, Wisconsin.

21- Tester M., Davenport R.J. 2003. Na^+ transport and Na^+ tolerance in higher plants. Annals of Botany, 91: 503-27.

22- Tuna A.L., Kaya C., Dikilitas M., Higgs D. 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. Environmental and Experimental Botany 62: 1-9.

23- Venecamp J.H., and Koot J.T.M. 1988. Alterations of free amid an amino acid contests during the development of maize plants. Annals of Botany, 62: 589-596.

24- Xu X.D. 1986. The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and yield in wheat. Australian Journal of Agricultural Research, 37(4): 343-350.

25- Yuzhong L. 1996. Fulvica BioScience's Health ALERT. Agricultural Humic Substance Research.Agrometeorology Institute, CAAS, on drought mitigation project.