Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و پنجم، شماره چهارم، ۱۳۹۷
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2018.14237.2275

تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) تحت‌تأثیر کاربرد اشعه فرابنفش و اسید آبسیزیک در شرایط تنش کم‌آبی

بهنوش رسایی[۱]، *سعید جلالی‌هنرمند[۲]، مختار قبادی[۲] و گوئیشنگ ژو[۳]

[۱]دانش‌آموخته دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، [۲]دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، [۳]دانشیار آزمایشگاه کلیدی ژنتیک و فیزیولوژی محصولات زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یانگژو، جیانگسو، چین

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۰۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۶

چکیده

سابقه و هدف: کاربرد طیف معینی از اشعه فرابنفش (کم‌تر از ۵۰ کیلوژول بر مترمربع در روز)، یکی از روش‌های تحریک ساختار دفاعی گیاه است که می‌تواند منجر به افزایش سوخت‌وساز سلولی، بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های مختلف محیطی می‌گردد. بر همین اساس آزمایشی به‌منظور بررسی تأثیر تابش اشعه فرابنفش (UV-AB، UV-C و نور طبیعی) و محلول‌پاشی هورمون اسید آبسیزیک بر تغییرات صفات زراعی و عملکرد میوه گیاه گوجه‌فرنگی تحت شرایط تنش کم‌آبی در مراحل رویشی و زایشی به مرحله اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش دو ساله به‌صورت تجزیه مرکب در آرایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ صورت گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) طیف‌های خفیف اشعه فرابنفش (عدم تابش اشعه (شاهد)، UV-AB و UV-C)، (۲) محلول‌پاشی اسید آبسیزیک (عدم کاربرد و کاربرد هورمون اسید آبسیزیک) و (۳) عامل آبیاری (آبیاری کامل در کل دوره رشد (کنترل)، تنش کم‌آبی در مرحله رویشی و تنش کم‌آبی در مرحله زایشی) بودند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده اشعه خفیف فرابنفش، هورمون اسید آبسیزیک و عامل آبیاری بر عملکرد میوه گوجه‌فرنگی و وزن تازه میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما برای تعداد میوه و وزن خشک میوه اثر ساده هورمون اسید آبسیزیک معنی‌دار نبود. نتایج نشانگر این مطلب بود که در سال اول تابش پرتوهای فرابنفش UV-AB و UV-C به‌ترتیب سبب کاهش ۱۵/۸ و ۱۶/۳ درصدی تعداد میوه در بوته شد ولی در سال دوم تغییرات محسوسی مشاهده شد به‌طوری‌که تابش اشعه UV-AB سبب افزایش ۶/۲ درصدی و اشعه UV-C موجب کاهش ۱۴/۱ درصدی تعداد میوه در بوته شدند. در بررسی نتایج مشخص شد که در شرایط آبیاری کامل وزن خشک میوه به‌طورکلی از شرایط تنش کم‌آبی در مراحل رویشی و زایشی بیش‌تر بوده با این‌حال استفاده از اشعه‌های خفیف UV-AB و UV-C، هم در شرایط آبیاری کامل و هم در شرایط تنش کم‌آبی وزن خشک میوه نسبتاً کم‌تری نسبت به عدم استفاده از اشعه UV، به‌دست آورده است. نتایج اثر متقابل عامل آبیاری ×

* مسئول مکاتبه: sjhonarmand@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

محلول‌پاشی اسید آبسیزیک نشان داد که در تمامی تیمارهای آبیاری اعم از آبیاری کامل و تنش کم‌آبی در مرحله رویشی و زایشی محلول‌پاشی اسید آبسیزیک به‌ترتیب سبب افزایش ۱۸/۱، ۱۱/۵ و ۷/۸ درصدی عملکرد میوه در بوته شد. نتایج به‌دست آمده برای صفت وزن خشک میوه برای شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه نیز صادق بود. بدین‌صورت که در تمامی سطوح کم‌آبی و شاهد، شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه در بوته‌هایی که تحت‌تأثیر تابش خفیف UV-AB، قرار گرفته بودند نسبت به عدم تابش اشعه فرابنفش و اشعه خفیف UV-C کم‌تری بود. نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری کامل محلول‌پاشی آبسیزیک اسید سبب کاهش شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه می‌گردد در حالی‌که محلول‌پاشی آن در شرایط تنش کم‌آبی در مراحل رویشی و زایشی به‌ترتیب افزایش ۵/۱ و ٦/۵ درصدی صفت فوق را به دنبال دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد ترکیب تیماری کاربرد اسید آبسیزیک × آبیاری کامل × UV-AB بر عملکرد میوه در بوته، تعداد میوه در بوته و وزن خشک میوه بهترین بوده است. در مجموع می‌توان چنین بیان کرد که استفاده از اشعه خفیف UV-AB به‌همراه کاربرد هورمون اسید آبسیزیک می‌تواند در عملکرد میوه و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی اثر مثبت داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: اشعه فرابنفش، اسید آبسیزیک، تنش رطوبتی، گوجه فرنگی، وزن خشک میوه

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)، از محصولات کشاورزی است که به‌خاطر مواد معدنی، ویتامین‌ها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی امروزه در رژیم غذایی روزانه مردم در بسیاری از کشورها مورد توجه است. این محصول با حدود ۱۵۱ هزار هکتار سطح زیر کشت و اختصاص ۳٦/۲ درصد از کل تولید، در بین سبزیجات، رتبه دوم را در کشور دارا می‌باشد (۱). در این بین ایران رتبه هفتم تولید گوجه‌فرنگی و رتبه دهم صادرات رب گوجه‌فرنگی را در جهان به خود اختصاص داده است (۵). عملکرد گوجه‌فرنگی تحت‌تأثیر سه عامل تعداد بوته در واحد سطح، تعداد میوه در بوته و میانگین وزن میوه می‌باشد. در این میان میانگین وزن میوه و تعداد آن بیش‌ترین اثر معنی‌دار را بر عملکرد دارد. بنابراین هر عاملی که بر اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی اثر منفی داشته باشد می‌تواند باعث کاهش تولید محصول شود. مرشد و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که گیاه گوجه‌فرنگی در مراحل مختلف رشد به‌شدت به کمبود آب حساس است و کم‌آبی صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی گیاه (از جمله اندازه برگ، وزن میوه، تعداد میوه، سرعت فتوسنتز و کیفیت میوه) را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۲۰).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که تولید و بقای گیاهان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بحران کم‌آبی که با گرم‌تر شدن زمین وضعیت حادتری به خود گرفته است، به سرعت در حال گسترش به قسمت‌های مختلف جهان است (۱۹). با توجه به تغییرات آب و هوایی که احتمال وقوع تنش‌های محیطی مثل خشکی را افزایش می‌دهد، بنابراین در نظر گرفتن راهکار مدیریت آبیاری مؤثر، ضروری می‌باشد. کم آبیاری و آبیاری تناوبی از جمله روش‌های مدیریتی جهت حفظ آب آبیاری می‌باشند که برای اغلب محصولات زراعی و در اکثر شرایط محیطی به‌خصوص در مواردی که محدودیت منابع آب وجود دارد قابل اجرا است (۱۸). کم‌آبیاری راهکاری برای ذخیره آب است که در آن گیاه زراعی در طول یک دوره خاص یا در سراسر فصل رشد با سطح مشخصی از تنش کم‌آبی

www.SID.ir

Archive of SID

مواجه می‌شود (۲٤). با این‌حال، موسوی و محمدی (۲۰۰۵) گزارش نمودند چنان‌چه تنش خشکی (معادل ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) در سراسر فصل رشد گوجه‌فرنگی به‌طور یکنواخت اعمال شود عملکرد محصول به‌شدت کاهش می‌یابد (۱۷). بنابراین کاهش عمدی میزان آب آبیاری به شرطی که همراه با افت چشمگیر عملکرد و کیفیت محصول نباشد، دارای اهمیت است. از سوی دیگر برای بهبود تحمل گیاهان به تنش در مراحل مختلف چرخه زندگی باید از روش‌هایی استفاده کرد که این روش‌ها ضمن سادگی سازگار با محیط زیست نیز باشند.

گیاهان به‌منظور مقابله با اثرات مخرب تنش‌های محیطی، سامانه دفاعی را تشدید می‌کنند. کاربرد مقادیر ضعیف یک عامل تنش‌زا به روش مدیریتی یکی از روش‌های تحریک سامانه دفاعی گیاه است که سبب افزایش سوخت‌وساز سلولی و بهبود فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه می‌گردد که پیامد آن افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های مختلف محیطی است (۲۳ و ۲۷). در این بین اگرچه اشعه فرابنفش به‌عنوان یک عامل مخرب شناخته شده است، اما برخی از مطالعات نشان داده که انرژی معادل با ۹-۰/۵ کیلوژول بر مترمربع، به‌عنوان بخش مفید اشعه فرابنفش (UV) است که حساسیت گیاه را به تنش‌های محیطی می‌کاهد (۱۰). در واقع کاربرد دزهای پایین UV تغییراتی را در متابولیت‌های ثانویه مثل ترکیبات فنولیک و فلاونوئیدها ایجاد می‌کند. این ترکیبات (فنل‌ها) از طریق مسیر فنیل پروپانوئید و از طریق تحریک آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز[1] تشکیل می‌شوند که نقش این ترکیبات، حفاظت از گیاه در مقابل تنش‌های محیطی شناخته شده است (۱۰)

نیز از مهم‌ترین عوامل داخلی تنظیم‌کننده رشد گیاهان زراعی در پاسخ به عوامل محیطی هستند. اسید آبسیزیک یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است که در ارتباط با پاسخ گیاه به تنش تولید می‌شود و به‌عنوان یک هورمون تنشی شناخته می‌شود که به‌علت دارا بودن نقش کلیدی در القای سنتز طیفی از پروتئین‌های تنش که تضمین‌کننده توسعه واکنش‌های ضد تنش هستند، در ایجاد سازگاری اولیه گیاه به تنش سهیم است (۲۵ و ۲٦) و رشد و نمو گیاه را در محیط‌های نامطلوب کنترل می‌کند. به‌طورکلی استفاده از اسید آبسیزیک می‌تواند به‌عنوان یک هورمون کلیدی، سازگاری گیاه را به تنش‌های محیطی مثل خشکی افزایش داده و توانایی گیاه را برای رویارویی با شرایط نامساعد محیط افزایش می‌دهد (۳) و همچنین در نمو میوه و افزایش کیفیت محصول مؤثر باشد (۳۳). باتوجه به موارد بیان شده، هدف از اجرای این آزمایش مطالعه تأثیر اشعه فرابنفش (UV-AB و UV-C) و محلول‌پاشی اسید آبسیزیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی تحت شرایط تنش کم‌آبی بود.

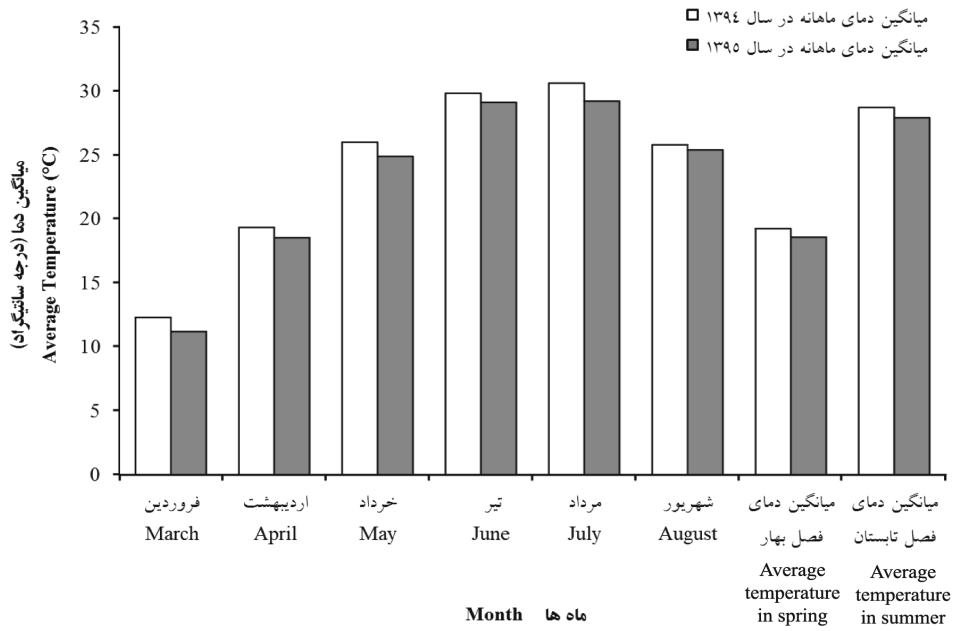
مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش: این آزمایش در طی دو سال و در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه با مختصات ۳٤ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و ٤۷ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا اجرا شد. میانگین دما ماهیانه در دو سال اجرای آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ قابل مشاهده است.

1- Phenylalanin Amonialyas (PAL)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- میانگین دمای ماهانه (درجه سانتی‌گراد) محل اجرای آزمایش در سال‌های ۹٤-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹٤.

Figure 1. The average monthly temperature (°C) of the experimental site in 2014-15 and 2015-16. Source: (www.weather.ir) منبع:

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری مزرعه مورد آزمایش.

Table 1. Results of physical and chemical analysis of soil at depths of 0 to 30 cm.

سال Year	مقدار کل نیتروژن Total nitrogen (%)	فسفر قابل‌جذب Available P_2O_5 ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل‌جذب Available K_2O ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH	ذرات خاک (درصد) Soil particles (%)			بافت خاک Soil texture
					شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	
سال اول 1st year	0.014	7.0	380	7.9	16	44	40	رسی لومی Clay-Loam
سال دوم 2nd year	0.014	7.1	379	7.8	15	45	40	رسی لومی Clay-Loam

تیمارهای آزمایش: این آزمایش روی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) رقم H2274 (مناسب برای تازه‌خوری) در شرایط مزرعه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال‌های زراعی ۹٤-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹٤ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل: (۱) طیف‌های خفیف اشعه فرابنفش (عدم تابش اشعه (شاهد)، UV-AB و UV-C)، (۲) محلول‌پاشی اسید آبسیزیک (عدم کاربرد و کاربرد هورمون اسید آبسیزیک) و (۳) عامل آبیاری (آبیاری کامل در کل دوره رشد (کنترل)، تنش کم‌آبی در مرحله رویشی و تنش کم‌آبی در مرحله زایشی) بودند. توضیحات تیمارهای اعمال شده به شرح زیر است:

اعمال طیف‌های خفیف اشعه فرابنفش: برای تأمین تابش خفیف اشعه فرابنفش در مرحله گیاهچه‌ای با طیف‌های UV-AB و UV-C با شدت کم توسط

www.SID.ir

Archive of SID

لامپ‌های NARVA مدل LT 18W/009 صورت گرفت. به این منظور گیاهچه‌ها در زیر یک محفظه کاملاً پوشیده در مرحله ۵-٤ برگی (قبل از انتقال به مزرعه) طی سه روز متوالی به‌مدت ۹ دقیقه تحت اشعه UV-AB و ۳ دقیقه در معرض UV-C قرار گرفتند. به‌طوری‌که در این شرایط گیاهچه‌ها ۲ کیلوژول بر مترمربع در روز انرژی دریافت کردند. بر اساس آزمایش‌های قبلی انرژی معادل با ۹-۰/۵ کیلوژول بر مترمربع، به‌عنوان دزهای مفید اشعه UV شناخته می‌شود که حساسیت گیاه را به تنش‌ها کاهش می‌دهد (۱۰).

محلول‌پاشی هورمون اسید آبسیزیک: تیمار اسید آبسیزیک به‌صورت عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر طی چند مرحله شامل: دو مرتبه در مرحله رویشی و چهار مرتبه در مرحله زایشی پس از اعمال تنش کم‌آبی (زمانی که بیش از ۷۰ درصد بوته‌ها دارای میوه سبز بودند) انجام شد.

اعمال تنش کم‌آبی: در مرحله رویشی از ۲۰ روز پس از انتقال نشاء تا شروع گلدهی و با افزایش دور آبیاری به ١٤ روز یکبار اعمال شد. در مرحله زایشی نیز اعمال تنش خشکی از زمانی که بیش از ۷۰ درصد بوته‌ها در مزرعه دارای میوه سبز بودند تا برداشت نهایی و با افزایش دور آبیاری به ۱۰ روز یکبار صورت گرفت. قابل ذکر است که دور آبیاری در شرایط بدون تنش (آبیاری کامل) در مرحله رویشی هفت روز یکبار و در مرحله زایشی پنج روز یکبار در نظر گرفته شد. ضمناً در طول فصل رشد از زمان انتقال نشاء به مزرعه تا زمان برداشت نهایی بارندگی حادث نشد.

مراحل اجرای آزمایش: این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه به اجرا در آمد. قطعه زمین مورد نظر در پاییز هر دو سال شخم و در فصل بهار (چند روز قبل از کاشت) با دیسک خاک مزرعه تهیه شد. سپس با استفاده از نهرکن جوی‌های کشت نشاء تهیه گردید. طول هر جوی سه متر و عرض آن ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین دو جوی نیز یک متر بود. ابتدا، انتها، بین تکرارها و دو طرف قطعه زمین نهرهایی جهت آبیاری مناسب مزرعه تهیه گردید. در اواسط اسفندماه یک قطعه زمین به ابعاد چهار مترمربع برای تهیه نشاء در نظر گرفته شد. مقدار چهار گرم بذر گوجه‌فرنگی برای تولید ۱۰۰۰ نشاء استفاده شد. بعد از جوانه‌زدن بذور، قطعه زمین مورد نظر توسط پوشش پلاستیک با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر از سطح خاک جهت جلوگیری از خسارت سرما و پرندگان کاملاً پوشیده شد. مدت زمان نگهداری نشاءها در خزانه از کاشت تا انتقال در دو سال آزمایش بین ۷-٦ هفته به طول انجامید. در مرحله ۵-٤ برگی عمل انتقال نشاء از خزانه به مزرعه بعد از اعمال تیمارهای اشعه UV انجام گرفت (زمان انتقال نشاء در هر دو سال اجرای آزمایش ۱۹ اردیبهشت‌ماه و طول فصل رشد ۱۲۵ روز بود). بدین‌منظور جهت از بین نرفتن نشاءها ریشه آن‌ها همراه خاک مرطوب از خزانه برداشت شد و در سبدهایی نگهداری شدند. در سه روز اعمال اشعه فرابنفش، در هر روز بعد از اعمال تیمار، روی نشاءها پارچه نمناکی جهت جلوگیری از خشک شدن آن‌ها پوشانده شد و خاک همراه ریشه نیز با آب مرطوب گردید. از نشاءهای با ارتفاع ۲۰-۱۵ سانتی‌متر، دارای برگ‌های سالم و سبز و ریشه‌های مناسب برای کاشت در محل داغ‌آب استفاده شد. فاصله بین نشاءها ۱۵ سانتی‌متر بود (به‌طوری‌که ۲۰ نشاء در هر ردیف پشته کشت شدند). مدیریت علف‌های هرز در درون و بین جوی‌ها و بین بوته‌ها در چند مرحله به‌صورت دستی و با عمل وجین کردن انجام شد. همچنین کنترل علف‌های اطراف مزرعه به‌صورت مکانیکی و از طریق شخم‌زدن صورت گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

صفات مورد اندازه‌گیری

اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد: برای اندازه‌گیری عملکرد گوجه‌فرنگی، تعداد ۸ بوته در هر کرت علامت‌گذاری شد و در هر چین عملکرد محصول بوته‌های علامت‌گذاری برداشت و وزن می‌گردید. عملکرد نهایی از مجموع عملکرد محصول در هر چین محاسبه شد. برای اندازه‌گیری تعداد میوه در بوته مجموع میوه‌های برداشت شده از بوته‌های علامت‌گذاری‌شده در طول دوره برداشت لحاظ گردید. جهت تعیین وزن تازه میوه در هر تیمار به‌طوری تصادفی تعداد ۱۰ عدد میوه انتخاب و با ترازوی دیجیتالی وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد، سپس وزن خشک میوه‌ها با قراردادن تعداد ۱۰ میوه برش داده شده در آون (در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت) و وزن کردن نمونه‌های خشک شده، محاسبه گردید.

برآورد شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه: این شاخص از نسبت وزن خشک میوه به وزن تازه میوه محاسبه شد.

تجزیه آماری: پس از جمع‌آوری داده‌های به‌دست آمده تست نرمال بودن داده‌ها و تجزیه واریانس از نرم‌افزار SPSS (ver. 16.0) و برای مقایسات میانگین از نرم‌افزار SAS (ver. 9.1) استفاده شد و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel بهره گرفته شد. برای مقایسات میانگین از آزمون LSD در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد میوه در بوته: نتایج تجزیه مرکب اثرات اشعه فرابنفش و هورمون اسید آبسیزیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی تحت شرایط تنش کم‌آبی در مراحل رویشی و زایشی در جدول ۲ نشان داده شده است. براساس آن، اثرات ساده اشعه خفیف فرابنفش و عامل آبیاری بر تعداد میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما اثر ساده هورمون اسید آبسیزیک بر این صفت معنی‌دار نبود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل سال × فرابنفش و همچنین سال × اسید آبسیزیک بر روی تعداد میوه در ۸ بوته به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲).

نتایج نشانگر این مطلب بود که در سال اول تابش پرتوهای فرابنفش سبب کاهش تعداد میوه در ۸ بوته شد ولی در سال دوم تغییرات محسوسی مشاهده شد به‌طوری‌که تابش اشعه UV-AB سبب افزایش ٦/٢ درصدی و اشعه UV-C موجب کاهش ١٤/١ درصدی تعداد میوه در ۸ بوته شدند (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که کاربرد اشعه فرابنفش به‌خصوص UV-C سبب کاهش رشد ریشه و ساقه در اثر افزایش میزان اتیلن و در نهایت کاهش تعداد میوه تشکیل شده در گیاه گوجه‌فرنگی شده است. توحیدی‌مقدم و همکاران (٢٠١٦) در بررسی اثر اشعه UV بر خصوصیات کمی و کیفی کلزا گزارش کردند که اشعه‌های پر انرژی طیف فرابنفش منجر به عقیم شدن گل‌ها و افزایش ریزش آن‌ها شده که به نوبه خود سبب کاهش تعداد خورجین در بوته گشته است (۲۸).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در سال اول کاربرد اسید آبسیزیک سبب کاهش تعداد میوه در ۸ بوته شده است ولی در سال دوم نتیجه برعکس به‌دست آمد و کاربرد اسید آبسیزیک سبب افزایش صفت فوق شد (جدول ۵). قربانلی و همکاران (٢٠١٤) در مطالعات خود بر روی توت‌فرنگی گزارش کردند که کاربرد هم‌زمان تیمارهای اکسین و اسید آبسیزیک سبب افزایش معنی‌دار وزن و تعداد میوه شد (٦).

وزن تازه میوه: مطابق جدول ۲، اثرات ساده اشعه خفیف فرابنفش، هورمون اسید آبسیزیک و عامل

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری بر وزن تازه میوه گوجه‌فرنگی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل سال × آبیاری بر وزن تازه میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج اثر متقابل سال × آبیاری بیانگر این مطلب بود که در هر دو سال اعمال تیمارهای تنش کم‌آبی سبب کاهش وزن تازه ۱۰ عدد میوه شد ولی این روند کاهش در سال اول نسبت به سال دوم شدید بود به‌طوری‌که در سال اول در اثر اعمال تنش کم‌آبی در مرحله رویشی و زایشی به‌ترتیب کاهش ۱۰/٦ و ۲٦/۸ درصدی و در سال دوم کاهش ٤/۱ و ۱۲/۸ درصدی مشاهده شد (جدول ٤). مطابق با نتایج این پژوهش نگوجیو (۲۰۰۹) نتیجه گرفت که چنان‌چه آب آبیاری به میزان ۲۵ و ۵۰ درصد کاهش یابد، عملکرد گوجه‌فرنگی را به‌ترتیب به‌میزان ۲۹ و ٤۰ تن در هکتار کاهش می‌دهد. خشکی با تأثیر بر کاهش آب میوه‌ها باعث کوچکی و کاهش میانگین وزن میوه می‌شود (۲۱). کاهش تبادلات دی‌اکسیدکربن در اثر بسته شدن روزنه باعث کاهش فعالیت آنزیم ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز- اکسیژناز می‌شود این موضوع همراه با کاهش سطح برگ، عامل مهمی در کاهش فتوسنتز محسوب می‌شود که نقش مهمی در کاهش وزن میوه ایفا می‌کند.

وزن خشک میوه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده اشعه خفیف فرابنفش و عامل آبیاری بر وزن خشک میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما اثر ساده هورمون اسید آبسیزیک بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل دوگانه سال × فرابنفش، فرابنفش × آبیاری و آبیاری × اسید آبسیزیک و همچنین اثرات متقابل سه‌گانه فرابنفش × آبیاری × اسید آبسیزیک و سال × فرابنفش × آبیاری در سطح یک درصد و اثر متقابل سال × اسید آبسیزیک و اثر متقابل چهارگانه تیمارها در سطح پنج درصد بر وزن خشک میوه معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج اثر متقابل سال × فرابنفش نشانگر این مطلب بود که در سال اول و دوم تابش پرتوهای فرابنفش سبب کاهش وزن خشک ۱۰ عدد میوه شد (جدول ۳)، ولی با این تفاوت که در سال اول تابش اشعه UV-C (با ٤۳/٦ گرم) و در سال دوم تابش اشعه UV-AB (با ٤٦/۳ گرم) کم‌ترین وزن خشک ۱۰ عدد میوه را داشتند (جدول ۳). با توجه به این‌که اشعه‌های فرابنفش دارای انرژی زیاد هستند باعث افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن[1] می‌شوند که موجبات آسیب به غشاهای سلولی و به احتمال زیاد مختل شدن زنجیره انتقال الکترون و فرآیند فتوسنتز شده‌اند که سبب کاهش تقسیم سلولی در میوه و کاهش آسیمیلات لازم برای پرشدن میوه‌ها گشته‌اند که پیامد آن افت ماده خشک میوه است. در این ارتباط توحیدی‌مقدم و همکاران (۲۰۱٦) بیان کردند که کاهش میزان فتوسنتز به‌خاطر کاهش سطح برگ و میزان کلروفیل در گیاهانی که در معرض تابش اشعه‌های UV-B و UV-C بودند سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن‌ها به‌سمت دانه‌های شده که در نهایت سبب کاهش وزن دانه‌ها می‌شود (۲۸). پژوهش‌های لیو و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که اشعه UV سبب کاهش وزن میوه از طریق کاهش رشد و دوره پرشدن میوه می‌گردد (۱۳). مطالعات زیادی اثرات زیانبار UV را بر روی گیاهان مختلف از طریق کاهش خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی (۱۱)، اختلال در بیوسنتز و انتقال تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مثل اکسین و اسید جیبرلیک (۸)، کاهش سطح برگ، ظرفیت فتوسنتز و تبادلات گازی (۲) و در نهایت کاهش زیست‌توده و محصول تولیدی گزارش کرده‌اند (۱٤ و ۱۵).

1- Reactive oxygen species (ROS)

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در سال اول کاربرد اسید آبسیزیک سبب کاهش وزن خشک ۱۰ عدد میوه شده است ولی در سال دوم نتایج معکوسی به‌دست آمد و کاربرد اسید آبسیزیک سبب افزایش صفت فوق شد (جدول ۵). این نتایج نشانگر این مطلب است که به احتمال زیاد خود گیاه در سال اول به میزان کافی اسید آبسیزیک درونی تولید کرده که دیگر کاربرد بیرونی آن مؤثر نبود بلکه به‌خاطر کاربرد بیرونی و افزایش غلظت آن اثر پس‌خوری (یا منفی) بر روی گیاه داشته که پیامد آن افت ماده خشک محصول تولیدی است.

در بررسی میانگین‌های به‌دست آمده مشخص شد که در شرایط آبیاری کامل وزن خشک ۱۰ عدد میوه به‌طورکلی از شرایط تنش کم‌آبی در مراحل رویشی و زایشی بیش‌تر بوده با این‌حال استفاده از اشعه‌های خفیف UV-AB و UV-C، هم در شرایط آبیاری کامل و هم در شرایط تنش کم‌آبی وزن خشک میوه نسبتاً کم‌تری نسبت به عدم استفاده از اشعه UV، به‌دست آورده است (جدول ٦). یعنی استفاده از اشعه‌های خفیف UV-AB و UV-C، نسبت به عدم استفاده از اشعه و همچنین استفاده از اشعه خفیف UV-C، چه در شرایط آبیاری کامل و چه در شرایط تنش آبی ورن خشک میوه کم‌تری را موجب شده است. در این ارتباط محمدزاده (۲۰۱۳) در بررسی گیاه گشنیز بیان کردند که صفات ریخت‌شناسی (مثل طول اندام هوایی، ضخامت ساقه، سطح برگ) و خصوصیات فیزیولوژیکی (از جمله محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و پروتئین‌های محلول) تحت‌تأثیر اثر تنش خشکی و اشعه UV-B قرار گرفتند و کاهش یافتند ولی میزان این کاهش در تیمار توام تنش خشکی و UV نسبت به تیمار شاهد کم‌تر از بقیه بود (١٦). حاجی‌حسینلو و همکاران (٢٠١٦) نیز در بررسی گیاه کدو گزارش کردند که طول، وزن تر و خشک اندام هوایی، سطح برگ و تعداد برگ تحت‌تأثیر اشعه UV، تنش خشکی و اثر توأم هر دو تنش در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت (۷).

نتایج اثر متقابل عامل آبیاری × اسید آبسیزیک نشان داد که در شرایط آبیاری کامل محلول‌پاشی اسید آبسیزیک سبب کاهش وزن خشک ۱۰ عدد میوه شد ولی در شرایط تنش کم‌آبی در مراحل رویشی و زایشی محلول‌پاشی اسید آبسیزیک سبب افزایش ٦/٨ و ٦/٦ درصدی صفت فوق شد (جدول ۷). این بدان معنی است که کاربرد آبسیزیک اسید در شرایط تنش کم‌آبی اثر مطلوب‌تری را نسبت به شرایط آبیاری نرمال دارد.

نتایج اثرات متقابل عامل آبیاری × اشعه فرابنفش × محلول‌پاشی اسید آبسیزیک بر وزن خشک ۱۰ عدد میوه نشان داد که اعمال تیمارهای بدون اشعه فرابنفش و اشعه UV-AB با عدم کاربرد اسید آبسیزیک تحت شرایط آبیاری کامل بیش‌ترین و تیمار اعمال اشعه UV-C و عدم محلول‌پاشی تحت شرایط تنش کم‌آبی در مرحله زایشی کم‌ترین میزان را داشتند (شکل ۲). نتایج اثرات مقابل چهارگانه نشان داد که بیش‌ترین میزان وزن خشک ۱۰ عدد میوه در تیمار اشعه UV-AB با عدم محلول‌پاشی اسید آبسیزیک تحت آبیاری کامل و کم‌ترین میزان آن در تیمار اشعه UV-C با عدم محلول‌پاشی اسید آبسیزیک تحت تنش کم‌آبی در مرحله زایشی طی سال اول آزمایش حادث شدند (شکل ۳). به‌طورکلی مطالعات قبلی نشان داده است که اسید آبسیزیک می‌تواند به‌عنوان یک نشانه مولکولی برای کاهش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی عمل کند (۳۲). در این ارتباط بیان شده اسید آبسیزیک می‌تواند باعث تحریک بیان ژن‌های مرتبط با تنش، یا تغییرات سوخت‌وسازی در گیاه شود و یا به‌منظور کاهش هدررفت آب، به‌طور مستقیم بر بسته شدن روزنه‌ها اثر بگذارد (۲۲). به‌طوری‌که در شرایط تنش خشکی اسید آبسیزیک سنتز شده در بافت گیاهی به‌عنوان یک نشانه تنشی به سلول‌های نگهبان روزنه فرستاده می‌شود و در آن‌جا

www.SID.ir

Archive of SID

سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود و روابط آبی گیاه را بهبود می‌بخشد (۹). از سویی دیگر این تنظیم‌کننده رشد گیاهی (آبسیزیک اسید) می‌تواند فعالیت آنزیم‌های خنثی‌کننده گونه‌های فعال اکسیژن مثل سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز را افزایش داده و تشکیل مالون دی آلدهید را کاهش دهد (۱۲). با توجه به موارد فوق کاربرد آبسیزیک اسید در شرایط تنش کم‌آبی به احتمال زیاد باعث کاهش هدررفت آب از روزنه‌ها شده و افزایش فعالیت آنزیم‌های دفاعی می‌گردد که پیامد آن افت کم وزن میوه و محصول تولیدی طی تنش کم‌آبی در این پژوهش است.

عملکرد میوه در بوته: مطابق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثرات ساده اشعه خفیف فرابنفش، هورمون اسید آبسیزیک و عامل آبیاری بر عملکرد میوه گوجه‌فرنگی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل آبیاری × اسید آبسیزیک نیز در سطح پنج درصد بر عملکرد میوه معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج اثر متقابل عامل آبیاری × محلول‌پاشی اسید آبسیزیک نشان داد که در تمامی تیمارهای آبیاری (اعم از آبیاری کامل، تنش کم‌آبی در مرحله رویشی و زایشی) محلول‌پاشی اسید آبسیزیک سبب افزایش عملکرد میوه در ۸ بوته شد (جدول ۷). به‌طوری‌که بیش‌ترین افزایش عملکرد میوه در اثر کاربرد اسید آبسیزیک در شرایط آبیاری کامل با ۱۸/۱ درصد و کم‌ترین افزایش در شرایط تنش کم‌آبی در مرحله زایشی با ۷/۸ درصد مشاهده شد (جدول ۷). مطابق با نتایج این پژوهش، نتایج چندین بررسی بر روی محصولات زراعی مختلف از جمله گندم (۳۱) و ذرت (۲۹) نشان داده که کاربرد خارجی اسید آبسیزیک در شرایط محدودیت آب می‌تواند عملکرد محصول را افزایش دهد. این موضوع می‌تواند به‌دلیل افزایش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به محصول قابل برداشت باشد (۳۰). از طرف دیگر اسید آبسیزیک بر تسهیم زیست‌توده قسمت هوایی و ریشه تأثیر می‌گذارد که سبب افزایش شاخص برداشت محصول و افزایش کارایی مصرف آب و افزایش عملکرد در شرایط تنش آبی می‌شود (۳٤). نتایج درویشی و همکاران (۲۰۱٤) نشان داد که کاربرد اسید آبسیزیک بیرونی صدمات ناشی از شوری و خشکی را بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی گیاه سالیکورنیا (*Salicornia persica*) کاهش می‌دهد (٤).

شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در بین تیمارهای اعمال شده فقط اثر ساده عامل آبیاری بر شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در حالی‌که اثرات متقابل سال × فرابنفش و آبیاری × اسید آبسیزیک در سطح پنج درصد و اثر متقابل فرابنفش × آبیاری در سطح یک درصد بر صفت فوق معنی‌دار بودند (جدول ۲).

نتایج اثر متقابل سال × اشعه فرابنفش بر شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه نشان داد که در سال اول عدم تابش و یا تابش پرتوهای فرابنفش تأثیری بر شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه نداشت ولی در سال دوم تابش پرتوهای فرابنفش سبب کاهش صفت فوق شد به‌طوری‌که در اثر تابش اشعه UV-C کم‌ترین کاهش (۱۰/۳ درصد) و در اثر اشعه UV-AB بیش‌ترین کاهش (۱۸/۸ درصد) شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه نسبت به شاهد (عدم تابش اشعه فرابنفش) مشاهده شد (جدول ۳). مغایر با نتایج این پژوهش، مهدویان و همکاران (۲۰۰٦) در بررسی‌های خود روی گیاه فلفل بیان کردند که اشعه UV-A نقش زیانباری را بر رشد گیاهان ندارد ولی بیش‌ترین آسیب اشعه فرابنفش مربوط به اشعه‌های UV-B و UV-C است (۱٤).

نتایج به‌دست آمده برای صفت وزن خشک میوه برای شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه نیز صادق بود. بدین‌صورت که در تمامی سطوح کم‌آبی و شاهد، شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه در بوته‌هایی که

www.SID.ir

Archive of SID

تحت‌تأثیر تابش خفیف UV-AB، قرار گرفته بودند نسبت به عدم تابش اشعه فرابنفش و اشعه خفیف UV-C کم‌تری بود (جدول ٦). نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری کامل محلول‌پاشی اسید آبسیزیک سبب کاهش شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه می‌گردد در حالی‌که محلول‌پاشی آن در شرایط تنش کم‌آبی در مراحل رویشی و زایشی به‌ترتیب افزایش ۵/۱ و ٦/۵ درصدی صفت فوق را به دنبال دارد (جدول ۷).

جدول ۲- تجزیه مرکب اثرات تابش خفیف طیف‌های فرابنفش، عامل آبیاری و محلول‌پاشی اسید آبسیزیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی.

Table 2. Analysis of variance (mean square) of the effect of ultraviolet radiation (UV), irrigation and application of abscisic acid (ABA) on yield and yield components of tomato.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		تعداد میوه در ۸ بوته Number of fruit in 8 plants	وزن تازه ۱۰ عدد میوه Fresh weight in 10 fruits	وزن خشک ۱۰ عدد میوه Dry weight in 10 fruits	عملکرد میوه تر در ۸ بوته Fruit fresh yield in 8 plant	شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه Fruit dry weight to fruit fresh weight index
سال Year (Y)	1	70.8^{ns}	115872**	17.1^{ns}	26.7^{ns}	15.6*
تکرار (سال) Replication (Year)	6	48998**	8368.8^{ns}	187.2**	173.1**	6.3*
فرابنفش Ultraviolet radiation (UV)	2	53689**	96687**	1177.9**	921.2**	7.0^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	2	77864**	243528**	435.8**	1203.5**	17.0**
اسید آبسیزیک Abscisic acid (ABA)	1	3258.5^{ns}	69449**	0.2^{ns}	413.4**	0.2^{ns}
سال × فرابنفش Y × UV	2	32530.2**	2742.8^{ns}	474.4**	5.8^{ns}	8.4*
سال × آبیاری Y × I	2	5000.2^{ns}	28648*	111.3^{ns}	1.0^{ns}	4.2^{ns}
سال × اسید آبسیزیک Y × ABA	1	25948*	12514^{ns}	287.6*	0.4^{ns}	1.4^{ns}
فرابنفش × آبیاری UV × I	4	1881.8^{ns}	2439.4^{ns}	471.2**	6.9^{ns}	11.3**
فرابنفش × اسید آبسیزیک UV × ABA	2	3606.2^{ns}	1036.3^{ns}	86.4^{ns}	2.5^{ns}	3.2^{ns}
آبیاری × اسید آبسیزیک I × ABA	2	9804.2^{ns}	2660.8^{ns}	361.1**	41.2*	9.4*
فرابنفش × آبیاری × اسید آبسیزیک UV × I × ABA	4	1624.0^{ns}	619.4^{ns}	192.7**	8.5^{ns}	3.7^{ns}
سال × فرابنفش × آبیاری Y × UV × I	4	1228.5^{ns}	1811.6^{ns}	239.8**	0.5^{ns}	2.9^{ns}
سال × فرابنفش × اسید آبسیزیک Y × UV × ABA	2	2982.9^{ns}	183.3^{ns}	21.7^{ns}	0.2^{ns}	2.9^{ns}
سال × آبیاری × اسید آبسیزیک Y × I × ABA	2	6.6^{ns}	1560.5^{ns}	97.9^{ns}	0.3^{ns}	1.4^{ns}
سال × فرابنفش × آبیاری × اسید آبسیزیک Y × UV × I × ABA	4	389.5^{ns}	1894.7^{ns}	150.5*	0.1^{ns}	3.2^{ns}
خطا Error	102	5509.0	8029.2	54.0	10.4	2.37
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	18.5	13.8	14.5	11.6	19.3

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, *, ** non-significant and significant at 5 and 1% probability level, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال و تابش اشعه خفیف طیف‌های فرابنفش بر تعداد میوه در بوته، وزن خشک میوه و شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه گوجه‌فرنگی.

Table 3. Mean comparison of interactions between year and ultraviolet radiation on number of fruit per plant, fruit dry weight and fruit dry weight to fruit fresh weight index of tomato.

شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه Fruit dry weight to fruit fresh weight index	وزن خشک ۱۰ عدد میوه (گرم) Dry weight in 10 fruits (g)	تعداد میوه در ۸ بوته Number of fruit in 8 plants	تابش اشعه خفیف طیف‌های فرابنفش Ultraviolet radiation	سال Years
8.31^{a}	54.9^{ab}	449.7^{a}	بدون اشعه فرابنفش (شاهد) Non-UV	سال اول 1st year
8.40^{a}	52.6^{bc}	378.6^{bc}	UV-AB	
8.18^{a}	43.6^{e}	376.2^{bc}	UV-C	
8.46^{a}	57.4^{a}	413.7^{ab}	بدون اشعه فرابنفش (شاهد) Non-UV	سال دوم 2nd year
6.87^{b}	46.3^{de}	439.5^{a}	UV-AB	
7.59^{ab}	49.5^{cd}	355.5^{c}	UV-C	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند.

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level according to LSD test.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال و عامل آبیاری بر وزن تازه میوه گوجه‌فرنگی.

Table 4. Mean comparison of interactions between year and irrigation factor on fruit fresh weight of tomato.

وزن تازه ۱۰ عدد میوه (گرم) Fresh weight in 10 fruits (g)	عامل آبیاری Irrigation factor	سال Years
708.6^{a}	آبیاری کامل (کنترل) Non-water deficit (control)	سال اول 1st year
633.4^{b}	تنش کم‌آبی در مرحله رویشی Water deficit at vegetative stage	
518.8^{c}	تنش کم‌آبی در مرحله زایشی Water deficit at reproductive stage	
717.5^{a}	آبیاری کامل (کنترل) Non-water deficit (control)	سال دوم 2nd year
688.1^{a}	تنش کم‌آبی در مرحله رویشی Water deficit at vegetative stage	
625.5^{b}	تنش کم‌آبی در مرحله زایشی Water deficit at reproductive stage	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند.

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level according to LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال و اسید آبسیزیک بر تعداد میوه در بوته و وزن خشک میوه گوجه‌فرنگی.

Table 5. Mean comparison of interactions between year and application of abscisic acid on number of fruit per plant and fruit dry weight of tomato.

سال Years	اسید آبسیزیک ABA	تعداد میوه در ۸ بوته Number of fruit in 8 plants	وزن خشک ۱۰ عدد میوه (گرم) Dry weight in 10 fruits (g)
سال اول 1st year	عدم کاربرد اسید آبسیزیک Non-application	410.1^{ab}	51.7^{ab}
	کاربرد اسید آبسیزیک Application	392.8^{ab}	49.0^{b}
سال دوم 2nd year	عدم کاربرد اسید آبسیزیک Non-application	384.7^{b}	49.6^{ab}
	کاربرد اسید آبسیزیک Application	421.1^{a}	52.5^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند.

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level according to LSD test.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و تابش اشعه خفیف طیف‌های فرابنفش بر وزن خشک میوه و شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه میوه گوجه‌فرنگی.

Table 6. Mean comparison of interactions between irrigation factor and ultraviolet radiation on fruit dry weight and fruit dry weight to fruit fresh weight index of tomato.

فاکتور آبیاری Irrigation factor	تابش اشعه خفیف طیف‌های فرابنفش Ultraviolet radiation	وزن خشک ۱۰ عدد میوه (گرم) Dry weight in 10 fruits (g)	شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه Fruit dry weight to fruit fresh weight index
آبیاری کامل (کنترل) Non-water deficit (control)	بدون اشعه فرابنفش (شاهد) Non-UV	57.8^{a}	8.12^{abc}
	UV-AB	52.6^{bc}	8.03^{bc}
	UV-C	51.7^{bc}	9.02^{ab}
تنش کم‌آبی در مرحله رویشی Water deficit at vegetative stage	بدون اشعه فرابنفش (شاهد) Non-UV	56.0^{ab}	9.20^{a}
	UV-AB	43.5^{d}	7.25^{cd}
	UV-C	50.0^{c}	8.24^{abc}
تنش کم‌آبی در مرحله زایشی Water deficit at reproductive stage	بدون اشعه فرابنفش (شاهد) Non-UV	54.7^{abc}	7.84^{c}
	UV-AB	52.2^{bc}	7.63^{c}
	UV-C	37.8^{e}	6.40^{d}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند.

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level according to LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

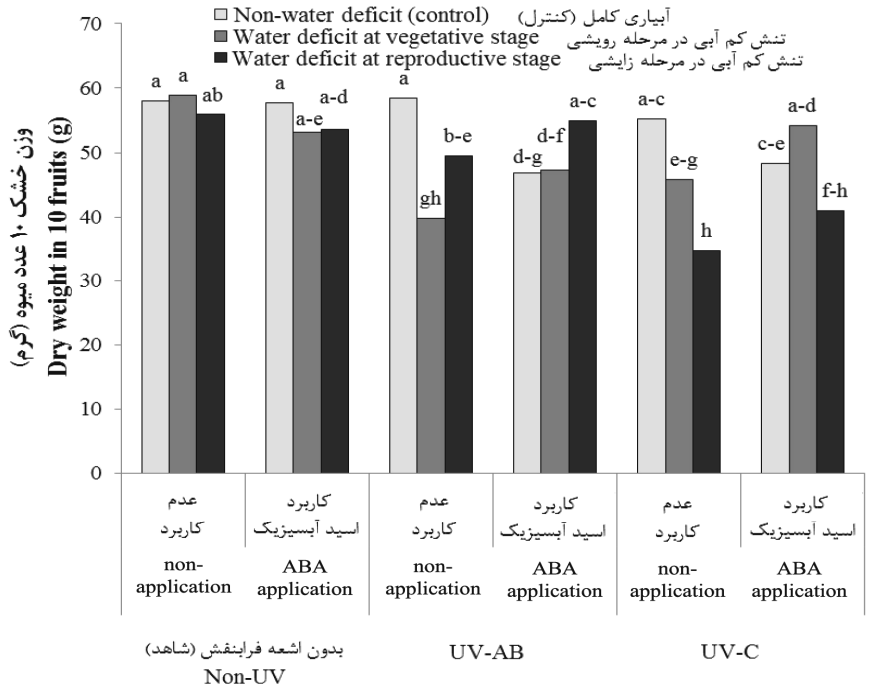
جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل اسید آبسیزیک و آبیاری بر عملکرد میوه در بوته، وزن خشک میوه و شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه میوه گوجه‌فرنگی.

Table 7. Mean comparison of interactions between application of abscisic acid and irrigation factor on fruit yield per plant, fruit dry weight and fruit dry weight to fruit fresh weight index of tomato.

شاخص وزن خشک میوه به وزن تازه Fruit dry weight to fruit fresh weight index	عملکرد میوه تر در ۸ بوته (کیلوگرم) Fruit fresh yield in 8 plant (kg)	وزن خشک ۱۰ عدد میوه (گرم) Dry weight in 10 fruits (g)	عامل آبیاری Irrigation factor	اسید آبسیزیک ABA
8.94^{a}	29.8^{b}	57.2^{a}	آبیاری کامل (کنترل) Non-water deficit (control)	عدم کاربرد اسید آبسیزیک
7.84^{bcd}	35.2^{a}	50.9^{b}		کاربرد اسید آبسیزیک
8.02^{bc}	26.9^{c}	48.2^{bc}	تنش کم‌آبی در مرحله رویشی Water deficit at vegetative stage	عدم کاربرد اسید آبسیزیک
8.43^{ab}	30.0^{b}	51.5^{b}		کاربرد اسید آبسیزیک
7.06^{d}	21.7^{d}	46.7^{c}	تنش کم‌آبی در مرحله زایشی Water deficit at reproductive stage	عدم کاربرد اسید آبسیزیک
7.52^{cd}	23.4^{d}	49.8^{bc}		کاربرد اسید آبسیزیک

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند.

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level according to LSD test.

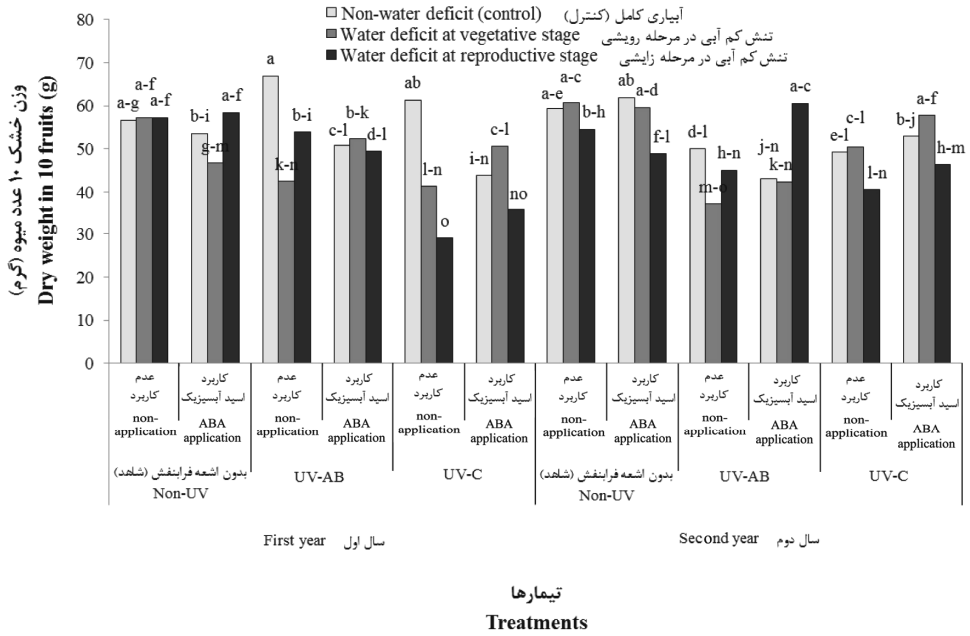


شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل عامل آبیاری × اشعه فرابنفش × محلول‌پاشی اسید آبسیزیک بر وزن خشک ۱۰ عدد میوه گوجه‌فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌دار بایکدیگر بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند.

Figure 2. Mean comparison of interactions between irrigation factor, ultraviolet radiation and application of abscisic acid on dry weight in 10 fruits of tomato. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level according to LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال × عامل آبیاری × اشعه فرابنفش × محلول‌پاشی اسید آبسیزیک بر وزن خشک ۱۰ عدد میوه گوجه فرنگی. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌دار بایکدیگر بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند.

Figure 3. Mean comparison of interactions between year, irrigation factor, ultraviolet radiation and application of abscisic acid on dry weight in 10 fruits of tomato. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level according to LSD test.

نتیجه‌گیری

در مجموع می‌توان چنین عنوان کرد که تنش خشکی خفیف می‌تواند عملکرد میوه گوجه‌فرنگی را کاهش دهد. در آزمایش حاضر نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان عملکرد میوه گوجه‌فرنگی با تابش اشعه خفیف فرابنفش به‌ویژه UV-AB، به‌دست آمد. اعمال این طیف از اشعه فرابنفش توانسته در استقرار مناسب گیاهچه‌ها در زمان پس از انتقال نشاء اثر مثبت داشته باشد و در استفاده بهتر گیاهان از منابع محیطی در طی رشد و نمو مؤثر باشد. همچنین استفاده از اشعه خفیف فرابنفش (UV-AB) و کاربرد خارجی هورمون اسید آبسیزیک می‌تواند بسیاری از صفات کمی میوه را بهبود دهد. بنابراین با استفاده از چنین تیمارهایی به‌ویژه در کشت‌های مزرعه‌ای گوجه‌فرنگی می‌توان محصولی با عملکرد بالا برداشت کرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مسئولین دانشگاه رازی به‌دلیل حمایت مالی و فراهم نمودن امکانات جهت اجرای این آزمایش سپاسگزاری می‌شود. همچنین از زحمات اعضای گروه زراعت و اصلاح نباتات به‌ویژه جناب آقایان دکتر علی رسایی، دکتر مجید عبدلی و دکتر رضا امیری که ما را در اجرای هرچه بهتر این پژوهش یاری نمودند سپاسگزاری می‌نمائیم.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Agricultural Statistics. 2013. Crop production in 2012 and 2013 crop years (Volume I). Publications of Ministry of Agriculture Jahad. Deputy of Planning and Economics. Center for Information and Communication Technology. 167p. (In Persian)
2. Balouchi, H.R., Sanavy, S.A.M., Emam, Y. and Dolatabadian, A. 2009. UV radiation, elevated CO_2 and water stress effect on growth and photosynthetic characteristics in durum wheat. Plant Soil. Environ. 55: 443-453.
3. Barickman, T.C. 2014. The effect of abscisic acid on tomato calcium partitioning and fruit quality. Ph.D. Dissertation, University of Tennessee, USA.
4. Darvishi, A., Maleki, M. and Aghaleh, M. 2014. Effect of abacic acid foliar application on Salicornia persica under drought and salinity stresses. The First Electronic Conference on New Findings in the Environment and Agricultural Ecosystems. 22 November, New Energy and Environment Institute of Tehran, Tehran, Iran. (In Persian)
5. Esmayil Zade, Z. and Seydi, M. 2013. An evaluation of the effecs of plastic and organic mulches and different shading levels on yield and quality of tomato in term of water (*Lycopersicon esculentum* Mill). Iran. J. Hort. Sci. 43: 463-471. (In Persian)
6. Ghorbanli, M., Rostami Abousaeidi, M. and Bakhshi Khaniki, A.R. 2014. Effect of naphthalene acetic acid (NAA) and abscisic acid (ABA) on the quality and quantity of strawberry fruits of the Selva (*Fragaria ananassa* cv. Selva) and Paros (*Fragaria ananassa* cv. Paros). Iran. J. Plant. Ecophysiol. Res. 9: 30-39. (In Persian)
7. Hajihosseinlo, N., Hosseini, S. and Jamei, R. 2016. The study of interactive effects of UV-B Radiation and drought stress on some physiological traits of two cultivar of gourd (*Cucurbita pepo* L.). Iran. J. Plant. Physiol. Biochem. 1: 16-26. (In Persian)
8. Hassan, I.A., Basahi, J.M. and Kadi, M.W. 2012. Physiological and biochemical impairment in bean plants due to supplementary ultraviolet radiation and water stress: Possible protective roles of secondary metabolites. Aust. J. Basic Appl. Sci. 6: 552-563.
9. Hussain, S., Ali, A., Ibrahim, M., Saleem, M.F., Alias Haji, M.A. and Bukhsh, A. 2012. Exogenous application of abscisic acid for drought tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.): A review. J. Anim. Plant Sci. 22: 806-826.
10. Katerova, Z. and Prinsen, E. 2008. Alterations in indole acetic acid, abscisic acid and aminocyclopropane carboxylic acid in pea plants after prolonged influence of low levels ultraviolet-B and ultraviolet-C radiation. Plant Physiol. 34: 377-388.
11. Kumar, G. and Pandey, A. 2017. Effect of UV-B radiation on chromosomal organisation and biochemical constituents of *Coriandrum sativum* L. Jordan J. Biol. Sci. 10: 85-93.
12. Li, Y., Zhaoh, H., Duan, B., Korpelainen, H. and Li, Ch. 2011. Effect of drought and ABA on growth, photosynthesis and antioxidant system of cotinus coggygria seedling under two different light conditions. Environ. Exp. Bot. 71: 107-113.
13. Liu, B., Liu, X.B., Li, Y.S. and Herbert, S.J. 2013. Effects of enhanced UV-B radiation on seed growth characteristics and yield components in soybean. Field Crop Res. 154: 158-163.
14. Mahdavian, K., Ghorbanli, M., Kalantari, Kh.M. and Mohamadi, Gh. 2006. The effect of different bands of ultraviolet radiation on morphological and physiological parameters in pepper (*Capsicum annuum* L.). Iran. J. Biol. 19: 43-53. (In Persian)
15. Milchunas, D.G., King, J.Y., Mosier, A.R., Moore, J.C., Morgan, J.A., Quirk, M.H. and Slusser, J.R. 2004. UV radiation effects on plant growth and forage quality in a shortgrass steppe ecosystem. J. Photochem. Photobiol. 79: 404-410.

www.SID.ir

Archive of SID

16. Mohammad Zadeh, S. 2013. Study of interactions between UV-B and drought on some physiological, biochemical and morphological processes of two cultivars of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Master's thesis, Department of Biology, Faculty of Science, Urmia University, West Azarbaijan, Iran. (In Persian)
17. Mousavi Fazl, S.H. and Mohammadi, A.R. 2005. Effects of water stress at different stages of growth on yield and fruit quality of two tomato varieties. J. Agric. Eng. Res. 22: 27-40. (In Persian)
18. Mousavi Rahimi, M., Delshad, M. and Liaghat, A. 2014. Evaluation of yield and fruit quality of hydroponically cultured greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L., cv. Synda) under partial root zone drying (PRD) conditions. J. Plant Prod. 37: 23-36. (In Persian)
19. Mousavi, S.N., Akbari, S.M.R., Soltani, Gh.R. and Zaremehrjerdi, M. 2009. New strategies to cope with water crisis. National Conference on Water Crisis Management. Islamic Azad University, Marvdasht Branch, Fars, Iran. (In Persian)
20. Murshed, R., Lopez-Lauri, F. and Sallanon, H. 2013. Effect of water stress on antioxidant systems and oxidative parameters in fruits of tomato (*Solanum lycopersicon* L., cv. Micro-tom). Physiol. Mol. Biol. Plant. 19: 363-378.
21. Ngoujio, M. 2009. Colored plastic mulch and tomato production. A288 Plant and Soil Science Building Michigan State University, East Lansing, MI 48824-1325 USA.
22. Nitsch, L., Kohlen, W., Oplaat, C., Charnikhova, T., Cristescu, S., Michieli, P., Wolters-Arts, M., Bouwmeester, H., Mariani, C., Vriezen, W.H. and Rieu, I. 2012. ABA- deficiency results in reduced plant and fruit size in tomato. J. Plant Physiol. 169: 878-883.
23. Pandey, M., Srivastara, A.K., Suprasanna, P.D. and Souza, S.F. 2012. Thiourea mediates all eviation of UV-B stress induced damage in the Indian mustard (*Brassica juncea* L.). J. Plant Interact. 7: 143-150.
24. Pereira, L.S., Oweis, T. and Zairi, A. 2002. Irrigation management under water scarcity. Agric. Water. Manage. 57: 175-206.
25. Rock, C.D. 2000. Pathways to abscisic acid-regulated gene expression. New Phytol. 148: 357-396.
26. Seo, M., Peeters, A.J.M., Koiwai, H., Oritani, T., Poll, A.M., Zeevaart, J.A.D., Koornneef, M., Kamiya, Y. and Koshiba, T. 2000. The Arabidopsis aldehyde oxidase 3 (AAO3) gene product catalyzes the final step in abscisic acid biosynthesis in leaves. Proc. Natl. Acad. Sci. 97: 12908-12913.
27. Todorova, D., Sergiev, I. and Alexieva, V. 2012. Application of natural and synthetic polyamines as growth regulators to improve the freezing tolerance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Acta. Agron. Hung. 60: 1-10.
28. Tohidi Moghadam, H.R., Sani, B., Sheybani, H.A. and Modarres Sanavy, S.M.A. 2016. Effect of elevated CO_2, drought stress and ultra violet on quantity and quality characteristics in two autumn cultivars of canola (*Brassica napus* L.). J. Environ Sci. 14: 57-72.
29. Travaglia, C., Alboa, B.G., Esposito, G. and Reinoso, H. 2012. ABA action on the production and redistribution of field-grown maize carbohydrates in semiarid regions. J. Plant Growth Regul. 67: 27-34.
30. Travaglia, C., Cohen, A., Reinoso, H., Castillo, C. and Bottini, R. 2007. Exogenous abscisic acid increases carbohydrate accumulation and redistribution to the grains in wheat grown under field conditions of soil water restriction. J. Plant Growth Regul. 26: 285-289.
31. Travaglia, C., Reinso, H., Cohen, A., Luna, C., Tommasino, E., Castillo, C. and Bottini, R. 2010. Exogenous ABA increases yield in field-grown wheat with moderate water restriction. J. Plant Growth Regul. 29: 366-374.

www.SID.ir

Archive of SID

32. Wilkinson, S. and Davies, W.J. 2010. Drought, ozone, ABA and ethylene: new insights from cell to plant to community. Plant. Cell. Environ. 33: 510-525.
33. Zhang, M., Yuan, B. and Leng, P. 2009. The role of ABA in triggering ethylene biosynthesis and ripening of tomato fruit. J. Exp Bot. 60: 1579-1588.
34. Zhang, X., Zhang, X., Liu, X., Shao, L., Sun, H. and Chen, S. 2016. Improving winter wheat performance by foliar spray of ABA and FA under water deficit conditions. J. Plant Growth Regul. 35: 83-96.

www.SID.ir

www.SID.ir