بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

تاثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید بر خصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک گلرنگ تحت شرایط کم آبیاری

صفیه عرب

اساتید راهنما

مهدی برادران فیروز آبادی　　حمیدرضا اصغری

اساتید مشاور

احمد غلامی　　مهدی رحیمی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۱

شماره : ۴۵۹/ر
تاریخ : ۱۳۹۱/۱۲/۲
ویرایش :

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم صفیه عرب رشته **کشاورزی** گرایش **زراعت** تحت عنوان: **" تاثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید بر خصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک گلرنگ تحت شرایط کم آبیاری "** که در تاریخ **۱۳۹۱/۱۱/۱۶** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : عالی امتیاز ۱۹٫۷۷) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹) ۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸)

۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ۱۶) ۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ اساتید راهنما	مهدی برادران حمیدرضا اصغری	استادیار استادیار	
۲ـ اساتید مشاور	احمد غلامی مهدی رحیمی	دانشیار مربی	
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	حمیدعباس دخت	دانشیار	
۴ـ استاد ممتحن	منوچهر قلی پور	دانشیار	
۵ ـ استاد ممتحن	حسن مکاریان	استادیار	

رئیس دانشکده :

تقدیم به پدر و مادرم

و تمام کسانی که یاری‌ام دادند بی آنکه متوجه شوم...

تشکر و قدردانی

شکر و سپاس فراوان پروردگار را که پرتو لطف و مهر بی‌کرانش روشنایی بخش کلبه حیاتم بوده و خوان نعمتش میهمان‌دار تمام نیازهایم. ستایش پرودگار را که جهان را بر اساس علم و عدل و حکمت آفرید و به این بنده ناچیز توفیق انجام این پژوهش را ارزانی داشت.

به مصداق «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق» بسی شایسته است از پدر و مادر عزیزم، بهترین‌های بی‌بدیل زندگیم که در تمام عرصه‌های زندگی یاورم بودند؛ از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروز آبادی که در مشکلات و گرفتاری‌ها با رویی گشاده مرا یاری نمودند؛ از جناب آقای دکتر حمیدرضا اصغری که پشتوانه‌ای محکم برای من بودند؛ از مشاوره و زحمات جناب آقای دکتر احمد غلامی و جناب آقای مهندس مهدی رحیمی و از زحمات جناب آقای دکتر منوچهر قلی‌پور و جناب آقای دکتر حسن مکاریان که داوری این پایان نامه را به عهده گرفتند و مطالب این تحقیق را کنترل نمودند، صمیمانه تشکر کنم. از تمام دوستان و عزیزان به خصوص خاله و دختر خاله عزیزم و دوست خوبم خانم صدیقه صفایی و آقایان جواد عربعامری، علی انصوری، حسن شهقلی، هادی مجاهدی، سعید رجبیان و هادی قاسمی که مرا در انجام این پایان نامه همراهی کردند کمال تشکر را دارم. امید است که این ناچیز قدری از زحماتشان را سپاس گوید.

صفیه عرب

بهمن ۹۱

تعهد نامه

اینجانب **صفیه عرب**، دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **تاثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید بر خصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک گلرنگ تحت شرایط کم آبیاری** تحت راهنمایی **دکتر مهدی برادران فیروز آبادی** و **دکتر حمیدرضا اصغری** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.

در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ ۹۱/۱۱/۱۶

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

و

تاثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید بر خصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک گلرنگ تحت شرایط کم آبیاری

چکیده

امروزه کاربرد مواد آنتی‌اکسیدان و تنظیم کننده رشد گیاه به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش‌های مختلف مطرح شده است. اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید از جمله این مواد هستند که موجب مقاومت گیاه به تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌شوند. جهت بررسی این موضوع در گیاه گلرنگ آزمایشی در سال ۱۳۹۰ به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. فاکتور اصلی تنش کم‌آبیاری شامل ۲ سطح ۸ و ۱۶ روز آبیاری به ترتیب به عنوان عدم تنش و تنش بود که بعد از استقرار کامل بوته‌ها اعمال گردید. فاکتورهای فرعی شامل ۳ سطح محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید در ۳ غلظت صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در ۳ سطح صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی مولار در مرحله گلدهی بودند. در ۶۳ و ۶۵ روز پس از کاشت به ترتیب محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک انجام شد و یک هفته بعد محلول‌پاشی تکرار گردید. در این آزمایش تنش کم‌آبیاری موجب کاهش وزن طبق بارور، وزن خشک کل، تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته، قطر طبق، وزن مغز دانه و تعداد دانه در طبق شد. با تأخیر در آبیاری محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشاء نیز کاهش یافت. تعداد طبق نابارور در بوته، تعداد دانه پوک در بوته و نسبت پوسته به مغز در شرایط تنش افزایش یافت. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش وزن طبق بارور، قطر طبق و تعداد طبق در بوته گردید. تعداد طبق نابارور، تعداد دانه پوک در بوته، محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشاء با کاربرد اسید آسکوربیک کاهش یافت. مشاهده شد که کاربرد ۲۰ میلی مولار این ماده موجب افزایش معنی‌دار ۰/۶۹ درصدی پروتئین دانه نسبت به شاهد گردید. وزن طبق بارور، وزن خشک کل، قطر طبق، وزن هزار دانه و شاخص پایداری غشاء از جمله صفاتی بودند که با کاربرد سدیم نیتروپروساید به طور معنی‌داری افزایش یافتند. درصد پروتئین دانه با کاربرد بالاترین سطح این ماده (۱۰۰ میکرو مولار) حدود ۱ درصد افزایش یافت. عملکرد دانه نیز در این سطح از سدیم نیتروپروساید ۱۳/۲ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. سدیم نیتروپروساید صفات تعداد طبق نابارور در بوته و نسبت پوسته به مغز را کاهش داد. نتایج نشان داد استفاده همزمان از ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بیشترین وزن خشک طبق بارور را به خود اختصاص داد که نسبت به شاهد ۳۵/۱ درصد افزایش نشان داد. زمانی که اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰ میلی مولار محلول‌پاشی شد استفاده از سدیم نیتروپروساید با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار موجب کاهش وزن دانه پوک شد. در نهایت در محدوده پژوهش انجام شده ترکیب تیماری ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک به همراه ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید را می‌توان به عنوان بهترین ترکیب تیماری معرفی کرد.

کلمات کلیدی: تنش کم‌آبیاری، گلرنگ، سدیم نیتروپروساید، اسید آسکوربیک

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید بر برخی صفات گلرنگ تحت تنش کم‌آبیاری. ۱۳۹۱. دوازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه آزاد کرج. ۱۴-۱۶ شهریور.

۲- بررسی اثرات تنش خشکی بر برخی صفات گلرنگ بهاره تحت تأثیر محلول پاشی سدیم نیتروپروساید و اسیدآسکوربیک. ۱۳۹۱. همایش ملی محیط زیست و تولیدات گیاهی. دانشگاه آزاد دامغان. ۱۵-۱۶ مهر.

۳- بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد و برخی صفات گلرنگ بهاره تحت تأثیر محلول پاشی سدیم نیتروپروساید و اسیدآسکوربیک. ۱۳۹۱. اولین همایش ملی تنش‌های گیاهی (غیر زیستی). دانشگاه اصفهان. ۱۰- ۱۱ آبان.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	**۱**
فصل دوم: بررسی منابع	**۵**
۲-۱- گلرنگ	۶
۲-۱-۱- تاریخچه	۶
۲-۱-۲- اهمیت	۷
۲-۱-۳- گیاه شناسی	۸
۲-۱-۴-ارقام	۹
۲-۱-۵- مراحل نمو	۹
۲-۱-۶- سازگاری	۱۱
۲-۱-۷- نیاز آبی	۱۱
۲-۱-۸- محصولات	۱۳
۲-۲- وضعیت آب و هوا در ایران	۱۴
۲-۳- نقش آب در گیاه	۱۵
۲-۴- تنش خشکی	۱۶
۲-۴-۱- تعریف تنش	۱۶
۲-۴-۲- تأثیر تنش خشکی بر پارامترهای رشدی و فیزیولوژیک گیاهان	۱۸
۲-۴-۲-۱- رشد و توسعه سلولی	۱۸
۲-۴-۲-۲- آسیب‌های اکسیداتیو	۱۹
۲-۴-۲-۳- گیاهچه	۲۰
۲-۴-۲-۴- برگ	۲۰
۲-۴-۲-۵- میزان آب نسبی و پتانسیل آب برگ	۲۱
۲-۴-۲-۶- محتوای پروتئین دانه	۲۲
۲-۵- اسید آسکوربیک	۲۳
۲-۵-۱- کلیات	۲۳
۲-۵-۲- بیوسنتز و متابولیسم	۲۴
۲-۵-۳- اهمیت اسید آسکوربیک در گیاهان	۲۵
۲-۵-۴- اثر اسید آسکوربیک بر فتوسنتز	۲۷
۲-۵-۵- اثر اسید آسکوربیک بر گیاهان در شرایط تنش	۲۸
۲-۵-۵-۱- تنش عناصر سنگین	۲۸
۲-۵- ۵-۲- تنش شوری	۲۹
۲-۵-۵-۳- تنش کم‌آبی	۳۱
۲-۶- سدیم نیتروپروساید	۳۲
۲-۶-۱- کلیات	۳۲
۲-۶-۲- بیوسنتز و متابولیسم	۳۴
۲-۶-۳- نقش سدیم نیتروپروساید در گیاهان	۳۵
۲-۶-۴- اثر سدیم نیتروپروساید بر گیاهان در شرایط تنش	۳۷

۲-۶-۴-۱- تنش عناصر سنگین ۳۷
۲-۶-۴-۲- تنش شوری ۳۹
۲- ۶-۴-۳- تنش سرمازدگی و تنش یخ زدگی ۴۰
۲-۶-۴-۴- تنش فرابنفش ۴۰
۲-۶-۴-۵- تنش کم آبی ۴۰
فصل سوم: مواد و روش‌ها **۴۳**
۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش ۴۴
۳-۲- مشخصات طرح آزمایشی ۴۴
۳-۳- عملیات اجرایی ۴۷
۳-۳-۱- آماده سازی زمین ۴۷
۳-۳-۲- کاشت ۴۷
۳-۳-۳- داشت ۴۷
۳-۳-۴- اعمال تیمارها ۴۷
۳-۳-۵- برداشت ۴۸
۳-۴- نمونه برداری جهت صفات مرفولوژیکی ۴۸
۳-۵- صفات زراعی و مرفولوژیک ۴۹
۳-۵-۱- وزن خشک ساقه، برگ و طبق ۴۹
۳-۵-۲- شاخص سطح برگ ۴۹
۳-۵-۳- قطر و ارتفاع ساقه ۴۹
۳-۵-۴- قطر طبق ۴۹
۳-۵-۵- ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین ۵۰
۳-۶- صفات فیزیولوژیک ۵۰
۳-۶-۱- مقدار نسبی آب برگ ۵۰
۳-۶-۲- پایداری غشای پلاسمایی ۵۰
۳-۶-۳- کلروفیل ۵۱
۳-۷- عملکرد ۵۲
۳-۸- صفات کیفی ۵۲
۳-۸-۱- درصد و عملکرد روغن ۵۲
۳-۸-۲- درصد پروتئین ۵۳
۳-۹- تجزیه و تحلیل داده‌ها ۵۴
فصل چهارم: نتایج و بحث **۵۵**
۴-۱- ماده خشک ۵۶
۴-۱-۱- وزن خشک برگ سبز ۵۶
۴-۱-۲- وزن خشک برگ اضمحلال یافته ۵۸
۴-۱-۳- وزن خشک کل برگ ۶۰
۴-۱-۴- شاخص سطح برگ ۶۵
۴-۱-۵- وزن خشک ساقه ۶۷
۴-۱-۶- وزن خشک طبق بارور ۷۰

۴-۱-۷- وزن خشک طبق نابارور ۷۲
۴-۱-۸- وزن خشک کل ۷۵
۴-۲- صفات زراعی و مرفولوژیک ۸۰
۴-۲-۱- تعداد طبق بارور ۸۰
۴-۲-۲- تعداد طبق نابارور ۸۱
۴-۲-۳- ارتفاع ساقه ۸۳
۴-۲-۴- ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین ۸۴
۴-۲-۵- قطر ساقه ۸۵
۴-۲-۶- تعداد شاخه فرعی در بوته ۸۶
۴-۲-۷- تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته ۸۶
۴-۲-۸- قطر طبق ۸۷
۴-۲-۹- تعداد دانه پوک در بوته ۸۹
۴-۲-۱۰- وزن دانه پوک ۹۱
۴-۲-۱۱- وزن مغز دانه ۹۳
۴-۲-۱۲- وزن پوسته ۹۴
۴-۲-۱۳- نسبت پوسته به مغز ۹۴
۴-۳- عملکرد و اجزای عملکرد ۹۵
۴-۳-۱- تعداد طبق در بوته ۹۵
۴-۳-۲- تعداد دانه در طبق ۹۷
۴-۳-۳- وزن هزار دانه ۹۸
۴-۳-۴- عملکرد دانه ۱۰۰
۴-۴- صفات فیزیولوژیک ۱۰۲
۴-۴-۱- محتوای نسبی آب برگ ۱۰۲
۴-۴-۲- شاخص پایداری غشاء ۱۰۴
۴-۴-۳- کلروفیل ۱۰۶
۴-۴-۳-۱- برگ بالا ۱۰۶
۴-۴-۳-۲- برگ وسط ۱۱۳
۴-۴-۳-۳- برگ پایین ۱۲۲
۴-۵- صفات کیفی ۱۲۴
۴-۵-۱- درصد روغن ۱۲۴
۴-۵-۲- عملکرد روغن ۱۲۶
۴-۵-۳- درصد پروتئین ۱۲۷
۴-۶- نتیجه گیری ۱۳۰
۴-۷- پیشنهادات ۱۳۲
منابع ۱۳۳
پیوست‌ها ۱۵۶

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۲-۱- ساختار مولکولی اسید آسکوربیک	۲۴
شکل ۲-۲- مسیر بیوسنتز اسید آسکوربیک در گیاهان	۲۵
شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده	۴۵
شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ سبز تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در ۷۷ روز پس از کاشت	۵۷
شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ سبز تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت های مختلف اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت	۵۷
شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک برگ سبز تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت	۵۸
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ اضمحلال یافته تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری در ۷۷ روز پس از کاشت	۵۹
شکل ۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک برگ اضمحلال یافته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت	۶۰
شکل ۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک کل برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در ۷۷ روز پس از کاشت	۶۲
شکل ۴-۷- مقایسه میانگین وزن خشک کل برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت	۶۲
شکل ۴-۸- مقایسه میانگین وزن خشک کل برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت	۶۳
شکل ۴-۹- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت-های مختلف سدیم نیتروپروساید در ۱۰۷ روز پس از کاشت	۶۳
شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت	۶۴
شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف	۶۴

سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری ۶۶

شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۶۶

شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در ۷۷ روز پس از کاشت ۶۸

شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت ۶۹

شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت ۶۹

شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت ۷۰

شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین وزن خشک طبق بارور تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۷۱

شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین وزن خشک طبق بارور تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۷۲

شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین وزن خشک طبق نابارور تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۷۴

شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین وزن خشک طبق نابارور تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۷۴

شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در ۷۷ روز پس از کاشت ۷۸

شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت ۷۸

شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش ۷۹

کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در ۱۰۷ روز پس از کاشت

شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت ۷۹

شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت ۸۰

شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین تعداد طبق نابارور تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری ۸۲

شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین تعداد طبق نابارور تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۸۲

شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین تعداد طبق نابارور تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۸۳

شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۸۵

شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری ۸۷

شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین قطر طبق در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری ۸۸

شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین قطر طبق تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۸۸

شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین قطر طبق تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۸۹

شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین تعداد دانه پوک در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری ۹۰

شکل ۴-۳۶- مقایسه میانگین تعداد دانه پوک در بوته تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۹۱

شکل ۴-۳۷- مقایسه میانگین وزن دانه پوک تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۹۲

شکل ۴-۳۸- مقایسه میانگین وزن دانه پوک تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۹۲

شکل ۴-۳۹- مقایسه میانگین وزن مغز دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۹۴

شکل ۴-۴۰- مقایسه میانگین نسبت پوسته به مغز تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۹۵

شکل ۴-۴۱- مقایسه میانگین تعداد طبق در بوته تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۹۶

شکل ۴-۴۲- مقایسه میانگین تعداد دانه در طبق تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری ۹۸

شکل ۴-۴۳- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۹۹

شکل ۴-۴۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۱۰۱

شکل ۴-۴۵- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری ۱۰۳

شکل ۴-۴۶- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۱۰۳

شکل ۴-۴۷- مقایسه میانگین شاخص پایداری غشاء تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۱۰۵

شکل ۴-۴۸- مقایسه میانگین شاخص پایداری غشاء تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۱۰۵

شکل ۴-۴۹- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a در برگ‌های بالا تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۱۱۰

شکل ۴-۵۰- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a در برگ‌های بالا تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۱۱۰

شکل۴ -۵۱- مقایسه میانگین نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های بالا تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و غلظت-های مختلف سدیم نیتروپروساید ۱۱۱

شکل ۴-۵۲- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a به b در برگ‌های بالا تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۱۱۱

شکل ۴-۵۳- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل در برگ‌های بالا تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۱۱۲

شکل ۴-۵۴- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل در برگ‌های بالا تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۱۱۲

شکل ۴-۵۵- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۱۱۴

شکل ۴-۵۶- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۱۱۴

شکل ۴-۵۷- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۱۱۵

شکل ۴-۵۸- مقایسه میانگین میزان کلروفیل b در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۱۱۶

شکل ۴-۵۹- مقایسه میانگین نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۱۱۷

شکل ۴-۶۰- مقایسه میانگین نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۱۱۸

شکل ۴-۶۱- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۱۱۹

شکل ۴-۶۲- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۱۲۰

شکل ۴-۶۳- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۱۲۰

شکل ۴-۶۴- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۱۲۱

شکل ۴-۶۵- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ۱۲۱

غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

شکل ۴-۶۶- مقایسه میانگین نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های پایین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۱۲۳

شکل ۴-۶۷- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل در برگ‌های پایین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۱۲۳

شکل ۴-۶۸- مقایسه میانگین درصد روغن تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۱۲۵

شکل ۴-۶۹- مقایسه میانگین درصد روغن تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم-آبیاری، غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۱۲۵

شکل ۴-۷۰- مقایسه میانگین عملکرد روغن تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۱۲۷

شکل ۴-۷۱- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک ۱۲۸

شکل ۴-۷۲- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید ۱۲۹

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش ۴۵

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش ۴۶

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات وزن خشک برگ، وزن برگ اضمحلال یافته و وزن خشک کل برگ تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت ۱۵۷

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ، وزن برگ اضمحلال یافته و وزن خشک کل برگ تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت ۱۵۷

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات وزن خشک ساقه، شاخص سطح برگ و وزن خشک کل تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت ۱۵۸

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه، شاخص سطح برگ و وزن خشک کل تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت ۱۵۸

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت ۱۵۹

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت ۱۵۹

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات وزن خشک طبق بارور و طبق نابارور تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت ۱۶۰

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین وزن خشک طبق بارور و طبق نابارور تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول-پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت ۱۶۰

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات وزن خشک طبق بارور و طبق نابارور تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول-پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت ۱۶۱

جدول پیوست ۱۰- مقایسه میانگین وزن خشک طبق بارور و طبق نابارور تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت ۱۶۱

جدول پیوست ۱۱- میانگین مربعات تعداد طبق بارور، تعداد طبق نابارور، ارتفاع ساقه و ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت ۱۶۲

جدول پیوست ۱۲- مقایسه میانگین تعداد طبق بارور در بوته، تعداد طبق نابارور در بوته، ارتفاع ساقه و ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت ۱۶۲

جدول پیوست ۱۳- میانگین مربعات قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته و قطر طبق تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت ۱۶۳

جدول پیوست ۱۴- مقایسه میانگین قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته وتحت تأثیر تنش کم آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت ۱۶۳

جدول پیوست ۱۵- میانگین مربعات تعداد دانه پوک در بوته، وزن دانه پوک، وزن مغز دانه، وزن پوسته و نسبت پوسته به مغز تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۱۲ روز پس از کاشت ۱۶۴

جدول پیوست ۱۶- مقایسه میانگین تعداد دانه پوک در بوته، وزن دانه پوک، وزن مغز دانه، وزن پوسته و نسبت پوسته به مغز تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۱۲ روز پس از کاشت ۱۶۴

جدول پیوست ۱۷- میانگین مربعات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۱۶۵

جدول پیوست ۱۸- مقایسه میانگین تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۱۶۵

جدول پیوست ۱۹- میانگین مربعات محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشا تحت تأثیر تنش کم-آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۱۶۶

جدول پیوست ۲۰- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشا تحت تأثیر تنش کم-آبیاری و محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۱۶۶

جدول پیوست ۲۱- میانگین مربعات کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های بالای گیاه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۸۲ روز پس از کاشت ۱۶۷

جدول پیوست ۲۲- مقایسه میانگین کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های بالای گیاه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۸۲ روز پس از کاشت ۱۶۷

جدول پیوست ۲۳- میانگین مربعات کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های وسط گیاه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۸۲ روز پس از کاشت ۱۶۸

جدول پیوست ۲۴- مقایسه میانگین کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های وسط گیاه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۸۲ روز پس از کاشت ۱۶۸

جدول پیوست ۲۵- میانگین مربعات کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های پایین گیاه تحت تأثیر تنش کم-آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۸۲ روز پس از کاشت ۱۶۹

جدول پیوست ۲۶- مقایسه میانگین کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های پایین گیاه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۸۲ روز پس از کاشت ۱۶۹

جدول پیوست ۲۷- میانگین مربعات درصد پروتئین، درصد روغن، عملکرد روغن و عملکرد دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۱۷۰

جدول پیوست ۲۸- مقایسه میانگین درصد پروتئین، درصد روغن، عملکرد روغن و عملکرد دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۱۷۰

جدول پیوست ۲۹- مقایسه میانگین وزن خشک برگ سبز، برگ اضمحلال یافته، وزن خشک کل برگ، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری سه‌جانبه حاصل از آبیاری، سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ و ۱۰۷ روز پس از کاشت ۱۷۱

جدول پیوست ۳۰- مقایسه میانگین وزن خشک طبق بارور و طبق نابارور تحت تأثیر ترکیبات تیماری تیماری سه‌جانبه حاصل از آبیاری، سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ و ۱۰۷ روز پس از کاشت ۱۷۲

جدول پیوست ۳۱- مقایسه میانگین شاخص پایداری غشاء، نسبت کلروفیل a/b در برگ‌های بالا و کلروفیل a در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری سه‌جانبه حاصل از آبیاری، سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک ۱۷۳

فصل اول

مقدمه

امام صادق(ع) فرمود: زراعت کنید و درخت بنشانید. به خدا سوگند، در میان کارهایی که مردم انجام می‌دهند هیچ کاری حلال‌تر و پاکیزه‌تر از کشاورزی نیست.

معمولاً بازتاب‌های گیاهی را به عنوان معیاری برای مقایسه حالت تنش و عدم تنش در نظر می‌گیرند. هر عاملی که مراحل متابولیکی طبیعی یک گیاه را متوقف یا محدود کند، تنش محسوب می‌شود. رشد و عملکرد گیاه در بسیاری از مناطق دنیا توسط تنش‌های محیطی زنده و غیر زنده متعدد محدود می‌گردد. به همین علت، اختلاف قابل توجهی بین عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه محصولات زراعی دیده می‌شود. در دهه‌های آینده با افزایش جمعیت، این محدودیت‌ها به صورت جدی‌تری بر کشاورزی و منابع طبیعی دنیا اثر خواهد گذاشت (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).

تنش خشکی و خشکسالی ۴۰ تا ۶۰ درصد از زمین‌های کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار داده است. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که در بسیاری از مناطق جهان و به ویژه مناطق گرم و خشک موجب محدود شدن عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. زمانی که از دست دادن آب به صورت تعرق بر میزان آب جذب شده از خاک پیشی می‌گیرد (بیمارائو سنکار و همکاران، ۲۰۰۷) یا وقتی جذب آب به وسیله ریشه مشکل می‌شود تنش آب رخ می‌دهد، که این دو شرایط اغلب در محیط‌های خشک و نیمه خشک رخ می‌دهند (مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۷). خشکی خطری برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سرتاسر جهان است و موقعی اتفاق می‌افتد که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی موجب تنش در داخل گیاه شده و در نتیجه تولید را کاهش می‌دهد (اهدایی، ۱۳۷۲).

ایران به دلیل موقعیت مکانی (عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۸ درجه شمالی)، وضعیت اقلیمی و ساختار طبیعی خود و با دارا بودن متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در سال از جمله ۶۰ کشور جهان است که در کمربند خشکی قرار گرفته است بنابراین تولیدات کشاورزی آن متأثر از شرایط

نامطلوب کمربند خشکی و نیز متأثر از خشکسالی است که هر چند سال یکبار اتفاق می‌افتد (جزایری نوشابادی و رضایی، ۲۰۰۷).

علاوه بر کمبود آب و تنش خشکی در کشور، روند افزایش جمعیت طی سال‌های اخیر و به تبع آن افزایش مصرف سرانه روغن خوراکی که یکی از محصولات غذایی عمده کشور است، موجب افزایش واردات روغن با صرف هزینه‌های هنگفت شده است، به طوری که تنها حدود ۷ درصد روغن مصرفی در داخل کشور تولید شده و بیش از ۹۳ درصد آن از خارج وارد می‌شود (توکلی زینلی، ۲۰۰۲). برای جبران این کمبود شدید لازم است فعالیت بسیار زیادی برای افزایش تولید روغن در کشور به عمل آید که دست‌یابی به آن از ۲ راه امکان‌پذیر است. یکی افزایش سطح زیر کشت و دیگری افزایش عملکرد گیاهان روغنی در واحد سطح می‌باشد (یاری و همکاران، ۱۳۸۸). افزایش تقاضا برای روغن نباتی در بازارهای جهانی و به دنبال آن افزایش قیمت برای کشورهای تولید کننده و صادر کننده، فشار ناشی از هزینه خرید روغن و واردات در کشورهای مصرف کننده، روند افزایش مصرف سرانه روغن نباتی و افزایش واردات آن و صرف هزینه‌های بالا برای تأمین کسری روغن نباتی و کنجاله دانه-های روغنی، از جمله عواملی هستند که اهمیت توسعه کشت دانه‌های روغنی و گسترش برنامه‌های علمی و تحقیقاتی را در این زمینه بیش از پیش روشن می‌سازند (جچینک و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به اینکه کشور ما امروزه وارد کننده بزرگ روغن خوراکی به شمار می‌رود و هم چنین به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، در اکثر نقاط آن تنش‌های مهم غیر زنده موجب کاهش عملکرد و در مواردی نیز موجب عدم موفقیت درکشاورزی گردیده است (حلاجی، ۲۰۰۵). لذا ضرورت دارد علاوه بر افزایش سطح زیر کشت دانه‌های روغنی، جهت حصول حداکثر محصول و یافتن بهترین شرایط محیطی و مناسب‌ترین رقم برای هر منطقه، طرح‌های پژوهشی روی دانه‌های روغنی در کشورمان انجام یابد (عباسی سیاهجانی، ۲۰۰۸).

گلرنگ یکی از گیاهان زراعی است که به عنوان دانه روغنی از اهمیت زیادی برخوردار است. با اینکه کشور ایران نیز در محدوده اهلی شدن گلرنگ قرار دارد، ولی متأسفانه در ایران مورد توجه شایسته‌ای قرار نگرفته است. سازگاری وسیع گلرنگ به اقلیم‌های مختلف و تحمل زیاد آن به شرایط نامساعد ایجاب می‌نماید که مطالعات به‌نژادی و به‌زراعی گسترده روی آن انجام گیرد و در جهت گسترش کشت آن تلاش زیادی به عمل آید (خواجه پور، ۱۳۸۶).

افزایش مقاومت به تنش‌های غیر زیستی در برخی گیاهان، از طریق کاربرد خارجی ترکیبات آلی گوناگون صورت می‌گیرد. این ترکیبات می‌توانند سبب حفاظت از گیاه در برابر عوامل محیطی تنش‌زا شده و در نهایت موجب افزایش محصول شوند (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). در این تحقیق از اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید به عنوان دو نمونه از این ترکیبات استفاده شده است و تأثیر محلول‌پاشی این دو ماده بر خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد کمی و کیفی گلرنگ تحت تنش کم-آبیاری مورد بررسی قرار گرفته است.

اهداف این تحقیق شامل موارد زیر است:

۱- بررسی تأثیر اسید آسکوربیک بر خصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک گلرنگ در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش.

۲- بررسی تأثیر سدیم نیتروپروساید بر خصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک گلرنگ در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش.

۳- بررسی اثر متقابل اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های مختلف بر خصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک گلرنگ در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- گلرنگ

۲-۱-۱- تاریخچه

گلرنگ یا کافشه از گیاهان دنیای قدیم است که در منطقه وسیعی از ژاپن تا شرق آفریقا مورد کاشت بوده است. سابقه کشت گلرنگ در مصر به ۴ هزار سال و در چین به ۲ هزار سال قبل می‌رسد (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹). ظاهراً گلرنگ در منطقه وسیعی از شمال هند تا خاورمیانه، اهلی گردیده است. سه گونه *Carthamus oxyacantha*، *C. lanatus*، *C. plaestinus* به عنوان والد احتمالی گلرنگ زراعی پیشنهاد شده است (خواجه پور، ۱۳۸۶). مهم‌ترین کشورهای تولید کننده آن در حال حاضر، هند، آمریکا و مکزیک می‌باشد و میزان تولید آن در جهان به حدود یک میلیون تن در سال می‌رسد (خواجه پور، ۱۳۸۶). گلرنگ تقریباً در ۶۰ کشور جهان کشت می‌شود و سطح زیر کشت آن در دنیا در سال ۲۰۰۵ برابر با یک میلیون و سیزده هزار هکتار بوده است و در سال ۲۰۱۰ به یک میلیون و هفتصد هزار هکتار رسیده است (فائو، ۲۰۱۰). گلرنگ جزء دانه‌های روغنی است و موطن احتمالی آن منطقه‌ای محصور بین نواحی مدیترانه‌ای شرقی و خلیج فارس می‌باشد (اشری و همکاران، ۱۹۷۴).

گلرنگ در گویش‌های ایران به نام‌های کافشه و کاجیره نامیده شده است. کشت گلرنگ در ایران از سال ۱۳۳۶ آغاز شد. در سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۵۵ تولید آن ۷ هزار تن در سال بود و در سال ۱۳۵۸ به ۶ هزار تن کاهش یافت. از سال ۱۳۵۸ به بعد تولید گلرنگ در ایران سیر نزولی داشته است. گلرنگ از زمان‌های قدیم در استان‌های آذربایجان، خراسان و اصفهان به صورت زراعت فرعی و با هدف برداشت گل کشت می‌شده است. از سطح زیر کشت گلرنگ در ایران اطلاع دقیقی در دسترس نیست. ظاهراً سطح زیر کشت آن طی سال‌های گذشته کمتر از ۱۰۰۰ هکتار با میانگین عملکرد دانه حداکثر ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. در سال‌های اخیر کشاورزان اطراف شهر اصفهان به کشت

گلرنگ به عنوان یک محصول چند منظوره (تولید روغن، گل و دانه) توجه زیادی داشته‌اند (خواجه پور، ۱۳۸۶).

۲-۱- ۲-اهمیت

گلرنگ یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی می‌باشد و به تولید آن در جهان توجه خاص معطوف گردیده است. روغن گلرنگ به طور میانگین حاوی حدود ۵ تا ۱۰ درصد از انواع اسیدهای چرب اشباع شده، ۱۲ تا ۲۵ درصد اسید اولئیک، ۷۰ تا ۸۰ درصد اسید لینولئیک و مقدار ناچیزی اسید لینولنیک می‌باشد. روغن گلرنگ فاقد کلسترول است و هم‌چنین مقدار قابل توجهی ویتامین E دارد که موجب ثبات روغن در اثر اکسیداسیون طی دوران نگهداری می‌شود. بر این اساس روغن گلرنگ، کیفیت تغذیه‌ای و مصرفی بسیار عالی به عنوان روغن مایع جهت سالاد و طباخی خانگی، صنعت مارگارین و مایونز دارد. گلبرگ‌ها دارای دو ماده رنگی به نام کارتامین و کارتامیدین است. کارتامیدین به رنگ زرد بوده و در آب محلول است کارتامین به رنگ قرمز پرتقالی، در پی اچ قلیائی به خوبی حل می‌شود. از کارتامین در رنگ‌آمیزی پارچه، ابریشم و در صنایع نوشابه‌سازی استفاده می‌شود (خواجه پور، ۱۳۸۶).

گلرنگ گیاهی است که تحقیقات روی آن از اواخر دهه ۴۰ در کشور با جمع‌آوری توده‌های بومی آغاز گردید و پس از آن نیز با دریافت ارقام متعددی از سایر کشورهای جهان به ویژه ایالات متحده ادامه یافت (خواجه پور، ۱۳۸۶). این گیاه به عنوان یک گیاه روغنی شناخته می‌شود ولی دارای خواص دارویی نیز می‌باشد. داروی به دست آمده از گلرنگ برای بهبود جریان خون، کاهش درد و بهبود بیماری‌های عروقی به کار می‌رود. این گیاه به دلیل قابلیت‌هایی نظیر قدرت سازگاری بالا، مقاومت به سرما، مقاومت نسبی به گرما، مقاومت به شوری و قلیایی بودن خاک و موارد مصرف متعدد، در بسیاری از کشورها به طور گسترده کشت می‌شود (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹). دانه گلرنگ دارای اثر مسهل است و از قدیم به عنوان حلال، نیرو دهنده سلسله اعصاب و خلط آور در بیماری‌های سینه استفاده شده است (امید بیگی، ۱۳۷۶).

کومار (۲۰۰۰) با ارزیابی پتانسیل توسعه کشت گلرنگ و آفتابگردان در کشور هندوستان و تطبیق آن‌ها، به این نتیجه رسید که سود حاصل از تولید گلرنگ بالاتر از تولید آفتابگردان در مساحت مشخصی از مزرعه است. وی علت اصلی این امر را مقاومت بالاتر گلرنگ به کمبود آب ذکر کرده است و دلیل آن سیستم عمودی و گسترده ریشه گیاه است که به آن اجازه می‌دهد، رطوبت و مواد غذایی را از اعماق خاک جذب نماید. خصوصیات مطلوب و خاص گلرنگ نظیر خواص طبی، صنعتی، غذایی، کیفیت بالای روغن دانه به جهت وجود بیش از ۸۰ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع به خصوص اسید چرب لینولئیک و اولئیک، مقاومت بالا به شوری و خشکی، نیاز رطوبتی کم، سازگاری وسیع به دماهای پایین زمستان و بالای تابستان و فصل رشد و نمو کوتاه در کشت تابستانه از جمله مواردی است که گلرنگ را به عنوان یک گیاه روغنی با ارزش مطرح ساخته است (احمدی و امیدی، ۱۳۷۳).

۲-۱-۳- گیاه شناسی

گلرنگ گیاهی یکساله با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. از تیره مرکبه Compositae یا Astraceae می‌باشد. گلرنگ همانند بسیاری از گیاهان تیره مرکبه و طبیعتاً پاییزه، ابتدا یک مرحله روزت را می‌گذراند. در دوره روزت، برگ‌ها در نزدیکی سطح خاک و به حالت خوابیده دیده می‌شود. گلرنگ پس از به ساقه رفتن به صورت بوته‌ای استوار با ساقه اصلی محکم، خشن و چوبی رشد می‌کند. ساقه توپر است و ممکن است کرک‌دار و یا فاقد کرک باشد. رنگ ساقه براق و از سفید تا خاکستری روشن متغیر است. گلرنگ دارای ریشه مستقیم، قوی و توسعه یافته با ریشه‌های جانبی زیاد است که می‌تواند تا عمق نزدیک به ۳ متر در خاک‌های عمیق، نفوذ پذیر، مرطوب و گرم نفوذ کند و آب و مواد غذایی را تا این عمق از خاک جذب نماید. برگ‌های گلرنگ به رنگ سبز تیره براق، قلبی شکل، بدون دمبرگ و دندانه‌دار است و با آرایش مارپیچی روی ساقه قرار گرفته‌اند. طول برگ‌ها ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر و عرض آن‌ها ۲ تا ۵ سانتی‌متر می‌باشد. گل‌آذین گلرنگ به صورت یک طبق متراکم به شکل مخروطی در انتهای ساقه اصلی و هر ساقه فرعی به وجود می‌آید. بنابراین گیاه از نظر

تیپ رشدی در گروه رشد محدود قرار می‌گیرد. دانه به طول ۵ تا ۱۰ میلی‌متر و عرض ۳ تا ۶ میلی-متر دیده می‌شود (خواجه پور، ۱۳۸۶). گلرنگ گیاهی با ریشه اصلی عمیق و اکثراً دارای برگ‌های خاردار است که این دو ویژگی توانایی تحمل خشکی و گرما را در آن ایجاد نموده است. گلرنگ در مناطق گرم و خشک به عنوان یک دانه روغنی، دانه پرندگان، تهیه رنگ از گل‌ها و یا مصارف دارویی کشت می‌شود. این گیاه در ۳ دهه اخیر به عنوان یک دانه روغنی مورد بهره برداری قرار گرفته و دامنه روغن دانه از ۲۰ تا ۴۵ درصد است. خاورمیانه و به ویژه ایران یکی از مراکز تنوع این گیاه است (پورداد، ۱۳۸۵). گلرنگ گیاه مناسبی برای کشت در شرایط دیم و در تناوب با گندم و جو در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای می‌باشد.

۲-۱-۴- ارقام

بسیاری از کشاورزان از توده‌های محلی گلرنگ برای کاشت استفاده می‌کنند. از میان توده‌های محلی معروف گلرنگ می‌توان به توده‌های مشهد، اراک، زرقان و کوسه اصفهان اشاره نمود. هم‌چنین چندین رقم خارجی و لاین‌های جدا شده از توده محلی در مزارع بزرگ مورد کاشت می‌باشند. از ارقام خارجی می‌توان به فریو، ژیلا، نبراسکا ۱۰، نبراسکا ۸۲۵ و یوت و از لاین‌های جدا شده از توده‌های محلی ایران به زرقان ۲۷۹، ورامین ۲۹۵ و اراک ۲۸۱۱ اشاره کرد (خواجه پور، ۱۳۸۶).

۲-۱-۵- مراحل نمو

دوران رشد گلرنگ را از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک، می‌توان بر اساس پیدایش اندام یا فرآیندهای خاص به مراحل زیادی تقسیم نمود. ولی از نظر زراعی ممکن است مراحل نمو گلرنگ را شامل سبز شدن، به ساقه رفتن، رؤیت طبق، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک دانست. کاشت مؤثر زمانی محسوب می‌شود که بذرهای کاشته شده شروع به جذب آب از خاک می‌نمایند. این زمان هنگام وقوع اولین باران مؤثر در کاشت پاییزه دیم در خاک خشک و یا انجام اولین آبیاری در کشت آبی می‌باشد. سبز شدن را زمانی محسوب می‌دارند که لپه‌ها در ۵۰ درصد از نقطه‌های کاشت سر از خاک

بیرون آورده، از یکدیگر کاملاً جدا شده و به حالت افقی قرار گرفته باشند. پس از سبز شدن، میان گره‌های ساقه رشد می‌کند و رشد طولی ساقه انجام می‌شود. طی حدود ۲ تا ۴ هفته پس از شروع رشد طولی ساقه، افزایش قطر گل‌آذین و رشد براکته‌های کناری آن سبب می‌شود که گل‌آذین به صورت یک تکمه در انتهای ساقه اصلی مشاهده گردد. چنان‌چه در این مرحله براکته‌های کنار گل-آذین حذف شدند، نهنج گل‌آذین به قطر حدود ۵ میلی‌متر قابل تشخیص می‌باشد. پیدایش تکمه در راس ساقه اصلی در ۵۰ درصد از بوته‌ها را مرحله رؤیت طبق یا تکمه‌دهی گویند. طی دوران رشد طولی ساقه تا گل‌دهی، شاخه‌های جانبی در نیمه فوقانی گیاه به تدریج تشکیل و در انتهای هر ساقه فرعی نیز یک طبق به وجود می‌آید. پیدایش ساقه‌های فرعی ممکن است تا اواخر دوره رشد گیاه ادامه یابد. تداوم رشد طبق به مرحله گل‌دهی می‌انجامد. شروع گل‌دهی با خروج جام گل از خارج‌ترین حلقه گل‌های طبق اصلی آغاز می‌شود و به سمت داخل تداوم می‌یابد. شروع تا خاتمه گل‌دهی هر طبق غالباً ۳ تا ۵ روز می‌باشد. طبق‌های فرعی نیز پس از گل‌دهی طبق اصلی و به ترتیب پیدایش وارد مرحله گلدهی می‌شوند. شروع گلدهی را با خروج اولین گل‌ها در ۵۰ درصد از طبق‌های اصلی و گلدهی کامل را با خروج گل‌ها در بیش از ۹۵ درصد طبق‌های موجود تعیین می‌کنند. رشد دانه‌ها بین ۲۰ تا ۳۵ روز غالباً حدود ۴ هفته پس از گرده‌افشانی تکمیل می‌شود. تفاوت زمانی بین رسیدگی و اولین تا آخرین دانه در یک طبق ۳ تا ۷ روز و بین اولین تا آخرین طبق حدود ۲ تا ۳ هفته می‌باشد. زمان رسیدگی فیزیولوژیک مزرعه هنگامی است که ۷۵ درصد طبق‌ها به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسیده باشند. گلرنگ طی حدود ۲ هفته پس از رسیدگی فیزیولوژیک به مرحله رسیدگی کامل می‌رسد و آماده برداشت است. در این مرحله حداقل ۷۵ درصد طبق‌ها کاملاً قهوه‌ای و دانه‌ها به سهولت از طبق جدا می‌شوند (خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

۲- ۱- ۶- سازگاری

گلرنگ از عرض جغرافیایی ۴۰ درجه جنوبی تا بیش از ۵۰ درجه شمالی و از ارتفاع صفر تا نزدیک به ۳۰۰۰ متر از سطح دریا (بسته به عرض جغرافیایی) کاشت می‌شود. در دشت‌های ایران، تا ارتفاع حدود ۲۵۰۰ متر از سطح دریا قابل کاشت می‌باشد. گلرنگ گیاهی طبیعتاً روز بلند است ولی بسیاری از ارقام اصلاح شده آن نسبت به طول روز بی‌تفاوت می‌باشند. وجود مرحله نموی روزت در گلرنگ گویای آن است که این گیاه طبیعتاً پاییزه و سرما دوست می‌باشد و از تیپ پاییزه، انواع بهاره- پاییزه و بهاره تفکیک شده‌اند. حداقل دما برای رشد گلرنگ حدود ۵ درجه سانتی‌گراد است. بهترین رشد گلرنگ در دمای شبانه روزی حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد به دست می‌آید. گلرنگ به هوای مرطوب، به ویژه از دوران گلدهی به بعد، علاقه‌مند نیست. فراوانی رطوبت هوا در این دوران به خصوص هنگامی که با دمای بالا همراه باشد، سبب توسعه بیماری‌ها می‌گردد. گلرنگ با داشتن ریشه عمیق و توسعه یافته به خشکی مقاوم است. توان گلرنگ در جذب آب از خاک بیش از گندم و جو می‌باشد ولی راندمان مصرف آب در گلرنگ کمتر از گندم و جو است. وقوع تنش رطوبتی به خصوص پس از ورود گیاه به فاز زایشی به رشد و عملکرد گیاه آسیب زیادی می‌رساند. گلرنگ به خاک‌های عمیق، زهکش‌دار، دارای بافت متوسط و pH خنثی تا کمی قلیایی علاقه‌مند است و به محدودیت تهویه خاک و فراوانی رطوبت در لایه سطحی خاک بسیار حساس است (خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

۲-۱-۷- نیاز آبی

گلرنگ با ریشه عمیق و توسعه یافته خود به خشکی مقاوم بوده و به خوبی می‌تواند از رطوبت اعماق خاک استفاده نماید. ولی حصول عملکردهای بالا مستلزم کافی بودن رطوبت خاک در مراحل مختلف رشد است. از سوی دیگر، فراوانی رطوبت خاک به ویژه در اواخر رشد دانه و چنان‌چه با دماهای بالا همراه باشد، سبب سبز ماندن برگ‌ها و توسعه بیماری‌های برگی از جمله زنگ و سفیدک سطحی می‌شود. مقدار آب مورد نیاز گلرنگ در شرایط کشت آبی بین ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر تخمین

زده شده است. گلرنگ با خروج از مرحله نموی روزت به تدریج به تنش رطوبتی خاک حساس‌تر می-شود و از زمان پیدایش اولین آثار تشکیل گل‌آذین (حدود دو هفته قبل از مرحله رؤیت طبق) تا اواسط رشد دانه به تنش رطوبتی حساس است. تنش رطوبتی در این مراحل سبب کاهش تعداد ساقه‌های فرعی، تعداد طبق‌های بارور، تعداد دانه در طبق، وزن دانه و در نهایت عملکردهای دانه و روغن می‌گردد. مقاومت گلرنگ از اواسط رشد دانه به دلیل ریزش برگ‌ها و کاهش فعالیت‌های حیاتی زیاد می‌گردد. با توجه به نکات فوق، ممکن است برنامه آبیاری گلرنگ را در خاک‌هایی با بافت متوسط تا نیمه سنگین به شرح زیر پیشنهاد نمود. از زمان کاشت تا استقرار بوته‌ها (۲ تا ۴ برگی) باید هر ۵ تا ۱۵ روز یکبار (بر اساس بافت خاک، روش کاشت، اقلیم و تاریخ کاشت) آبیاری گردد. آبیاری‌های بعدی تا حدود ۲ هفته قبل از رؤیت طبق هنگامی به عمل آید که پتانسیل آب در خاک به حدود ۲- تا ۳- اتمسفر (بر اساس بافت و عمق خاک، اقلیم، تاریخ کاشت و نزدیک شدن به مرحله رؤیت طبق) رسیده و یا حدود ۶۵ تا ۷۰ درصد از رطوبت قابل استفاده در خاک مصرف شده باشد. پتانسیل و یا تخلیه رطوبت خاک را به لحاظ سهولت عمل و به عنوان نماینده‌ای از منطقه توسعه ریشه، در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری می‌سنجند. تبخیر حدود ۱۰۰ تا ۱۱۰ میلی‌متر آب از تشت تبخیر استاندارد، معیار قابل استفاده دیگری برای انجام آبیاری در این مرحله از رشد می‌باشد. با نزدیک شدن به مرحله رؤیت طبق تا نزدیک شدن مرحله گلدهی کامل یا پیدایش لکه‌های زردی روی طبق اصلی بوته‌ها لازم است آبیاری بر اساس رسیدن پتانسیل آب در خاک به حدود ۱- اتمسفر یا مصرف حدود ۶۰ درصد از رطوبت قابل استفاده در خاک انجام گیرد. تبخیر حدود ۸۰ میلی‌متر آب از تشت تبخیر استاندارد، معیار دیگری برای آبیاری در این مرحله از رشد است. فاصله زمانی گلدهی کامل تا رسیدگی فیزیولوژیک بر اساس رقم، اقلیم، تاریخ کاشت و سایر مدیریت‌های زراعی از حدود ۲ تا ۶ هفته می‌باشد. بسته به کلیه عوامل فوق و نیز خصوصیات خاک غالباً به یک تا دو آبیاری و به ندرت به سه آبیاری طی این دوران نیاز است. این آبیاری‌ها را می‌توان بر اساس رسیدن پتانسیل آب در خاک به حدود ۳- تا ۵- اتمسفر (به ترتیب برای آبیاری‌های اول و دوم طی این مرحله) انجام داد. مصرف ۷۰

یا ۸۰ درصد از رطوبت قابل استفاده در خاک و یا ۱۱۰ تا ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر استاندارد معیارهای دیگری برای انجام آبیاری طی این مراحل است. عمق مناسب خیس کردن خاک در آبیاری‌های اولیه حدود ۴۰ سانتی‌متر می‌باشد. این عمق را باید به تدریج افزایش داد و تا شروع گلدهی به حدود ۷۵ سانتی‌متر و تا حداکثر ۱۲۰ سانتی‌متر در خاک‌های نفوذپذیر و عمیق رسانید (خواجه پور، ۱۳۸۶).

۲-۱-۸- محصولات

گلرنگ یک گیاه چند منظوره به شمار می‌آید که از دیرباز به دلیل استفاده از رنگیزه‌های موجود در گل‌های آن مورد کشت قرار گرفته است، ولی امروزه به عنوان یک گیاه دانه روغنی کشت می‌شود (ویس، ۲۰۰۰). با توجه به اهمیت زیادی که اسیدهای چرب غیر اشباع در کیفیت تغذیه‌ای روغن دارند، روغن گلرنگ با بیش از ۸۰ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع بسیار باارزش می‌باشد (ناصری، ۱۳۷۵). دانه گلرنگ دارای ۲۵ تا ۴۵ درصد روغن و ۱۲ تا ۲۴ درصد پروتئین می‌باشد و بسته به ژنوتیپ، دارای دو نوع روغن با کیفیت متفاوت است. روغن بعضی از ژنوتیپ‌ها دارای اسید لینولئیک بسیار زیاد است و به مصرف آشپزی و تهیه مارگارین یا مصارف صنعتی می‌رسد. روغن برخی دیگر دارای اسید اولئیک بسیار زیاد و مشابه روغن زیتون است و از نظر کیفیت خوراکی بسیار مطلوب می‌باشد (ویس، ۲۰۰۰).

گلرنگ مصرف داروئی و طبی نیز دارد. از گل‌های آن در رنگ غذا، لوازم آرایشی و رنگرزی استفاده می‌شود. هم‌چنین استفاده مستقیم از دانه جهت تغذیه پرندگان، تعلیف مستقیم توسط دام و یا به عنوان علوفه خشک و سیلویی، تولید کنجاله به عنوان مکمل غذایی مناسب برای دام و استفاده از ارقام بدون خار به عنوان گل‌های زینتی از دیگر مصارف آن به شمار می‌روند (بهدانی و جامی الاحمدی، ۱۳۸۸). کنجاله گلرنگ فیبر بالایی دارد و پروتئین آن از نظر اسید آمینه لیزین فقیر است.

کنجاله در جیره غذایی نشخوارکنندگان استفاده می‌شود. در صورت رفع مواد تلخ و فنلی کنجاله پوست گرفته گلرنگ، می‌توان از آن برای تغذیه انسان استفاده نمود (خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

۲-۲- وضعیت آب و هوا در ایران

آب و هوا یکی از مهم‌ترین عواملی است که در طول تاریخ مورد توجه بشر بوده است و کمتر کشاورزی است که در طول روز با یک یا چند عامل هواشناسی برخورد نداشته باشد. علت این موضوع نقش مهم آب و هوا بر زندگی بشر و به ویژه تولیدات کشاورزی است.

کشور ایران در نیمکره شمالی در عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و ۴۴ درجه و ۶۳ دقیقه شرقی، در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار گرفته است. ایران از جمله کشورهایی است که اقلیم بسیار متنوعی دارد و در کمربند مناطق خشک و بیابانی جهان وقع شده است. بررسی‌ها نشان داده است که کویرهای ایران جزء خشک‌ترین مناطق جهان است و استوای حرارتی زمین در مرداد ماه از این مناطق عبور می‌کند. بر اساس دومین گزارش وضعیت محیط زیست ایران، یکی از شگفتی‌های ایران این است که هفت گروه آب و هوایی در این کشور شناسایی شده است و این وضعیتی نادر در میان کشورهای جهان است. ایران در منطقه‌ی معتدله‌ی خشک شمالی و در عرض متوسط روی کره زمین در ناحیه‌ی جنب استوایی و استوایی قرار دارد. ایران فلاتی مرتفع، نزدیک به دشت‌های وسیع آسیا است که ارتفاع متوسط آن حدود ۱۲۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. همین موقعیت جغرافیایی با دوری از دریاهای بزرگ، به ویژه جریانات هوایی موجب شده است تا آب و هوای ایران خشک و بری باشد، ولی به سبب وسعت بسیار وجود عوارض گوناگون طبیعی مانند ارتفاعات بلند در شمال و مغرب و پستی‌های وسیع، چون دشت‌های مرکزی در داخل فلات و افزون بر آن، مجاورت دریای مازندران و خلیج فارس و اقیانوس هند که هر یک از این افق‌ها، اقلیمی جداگانه می-سازند، موجب شده که ایران از اقلیم مختلف و آب و هوای متنوع برخوردار باشد (شکاری، ۱۳۸۰).

۲-۳- نقش آب در گیاه

زندگی در روی زمین به آب وابسته است. آب فراوان‌ترین ماده روی زمین است ولی در عین حال کمبود آن مهم‌ترین عامل محدودیت تولید محصولات کشاورزی در جهان می‌باشد. چنین تضاد عمیقی به علت چگونگی توزیع جغرافیایی و کیفیت مصرف آب آبیاری است. در هر حال ادامه حیات در روی زمین مستلزم وجود آب می‌باشد (خواجه‌پور، ۱۳۸۷). هیچ موجود زنده‌ای را در عالم حیات نمی‌توان یافت که بدون وجود آب بتواند به زندگی خود ادامه دهد. زیرا قسمت اعظم اندام‌های گیاهی و بدن جانوران را آب تشکیل می‌دهد. برای مثال بین ۴۰ تا ۶۰ درصد وزن تر درختان و حدود ۹۰ درصد وزن تر گیاهان علفی را آب تشکیل می‌دهد. آب در اندام‌های گیاهی و بدن جانوران، محیطی را فراهم می‌سازد که در آن محیط تماس بسیاری از ترکیبات و عناصر بیشتر شده و فعل و انفعالات بیوشیمیایی در این چنین محیطی امکان‌پذیرتر می‌شود. هم‌چنین نقش دیگر آن به ویژه در گیاهان تسریع انتقال مواد غذایی از مکان جذب ریشه به سایر اندام‌ها می‌باشد. وجود آب در واکوئل سلول‌های گیاهی موجب به وجود آمدن فشار تورگر (فشار آماس) می‌گردد و سبب تورژسانس سلول‌ها می‌شود. فشار تورگر خود موجب قرار گرفتن طبیعی اندام‌ها مثل برگ یا گل‌ها روی ساقه می‌گردد و یا در باز و بسته شدن روزنه‌ها مؤثر است. هم‌چنین کاهش فشار تورگر موجب ایجاد حالت پلاسمولیز در سلول‌های گیاهی می‌شود که در این حالت برخی تغییرات هورمونی و فیزیولوژیکی در گیاه پدیدار می‌شود (اردکانی، ۱۳۸۸).

آب در گیاهان اعمال زیادی انجام می‌دهد و گیاهان حساسیت‌های متفاوتی به تنش آب نشان می‌دهند. به طور خلاصه نقش آب در گیاه عبارت است از:

۱- به عنوان یک ماده ساختمانی با هزینه متابولیکی خیلی کم عمل می‌کند. سلول‌های گیاهان، واکوئل‌های خیلی بزرگی دارند که عمدتاً حاوی آب هستند که توزیع مقدار کمی ماده خشک را در یک سطح یا حجم بزرگ میسر می‌سازند. این امر کارایی را افزایش می‌دهد، بدین

صورت که ریشه‌ها در خاک گسترش بیشتری می‌یابند و شاخ و برگ از جو و انرژی خورشیدی بهتر استفاده می‌نمایند.

۲- آب به عنوان محیطی برای متابولیسم عمل می‌کند، زیرا بسیاری از گازها، نمک‌ها و ترکیبات آلی در آب محلول هستند. مواد معدنی به صورت محلول از خاک جذب می‌شوند و از طریق آوندهای چوبی به برگ‌ها انتقال می‌یابند، تبادلات گازی از طریق لایه نازکی از آب در داخل و خارج سلول‌های مزوفیلی صورت می‌گیرد و متابولیت‌ها در گیاهان به صورت محلول در آوندهای آبکش حرکت می‌کنند و نیروی پیوستگی مولکول‌ها این اجازه را به آب می‌دهد که بدون گسستن داخل لوله‌های آوندهای چوبی و برگ‌های بلندترین درختان منتقل شوند.

۳- فقط حدود ۱ درصد تشعشع خورشیدی رسیده به کانوپی گیاه در فتوسنتز به کار می‌رود و بخش بزرگی (حدود نیمی) از تشعشع جهت تعرق مصرف می‌شود که سبب سرد شدن برگ‌ها و جلوگیری از گرمای زیاد می‌شود (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).

۲-۴- تنش خشکی

۲-۴-۱- تعریف تنش

خشکی از دیدگاه علوم مختلف تعاریف خاصی دارد. از دیدگاه هواشناسی به معنی کمبود بارش در یک منطقه برای یک دوره زمانی خاص است. از دیدگاه هیدرولوژیکی دوره‌ای است که در آن منبع آب سطحی و زیر سطحی ناکافی است. از دیدگاه اجتماعی- اقتصادی کاهش منابع مختلف آب و به دنبال آن کاهش یک محصول مهم اقتصادی است و از دیدگاه زراعی دوره‌ای همراه با کاهش رطوبت خاک و عملکرد محصول است (اشوک میشرا و ویجای سینگ، ۲۰۱۰).

از دیدگاه لویت (۱۹۸۰) خشکی یک اصطلاح هواشناسی بوده و به معنای دوره‌ای است که در آن مقدار بارندگی از مقدار تبخیر و تعرق بالقوه کمتر باشد. خشکی پدیده‌ای بحرانی و اجتناب‌ناپذیر است که همه ساله در بخش‌هایی از دنیا در زمان‌های مختلف با دامنه و شدت متفاوت به تولید موفقیت‌آمیز محصول آسیب می‌رساند. خشکی اغلب بر اثر مجموعه‌ای از فرآیندهای فیزیکی محیطی که گیاه را با تنش آبی مواجه می‌سازند به وجود می‌آید و تولید محصول را کاهش می‌دهد (احمدی و جاویدفر، ۱۳۷۹). ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در زمره مناطق خشک طبقه‌بندی می‌شود (آذری نصرآبادی، ۲۰۰۰).

تعریف تنش کم‌آبی و این که گیاه در چه شرایطی تحت تنش کم‌آبی است، دشوار است. در یک تعریف وسیع و گسترده این گونه بیان شده است که تنش کم‌آبی به شرایطی اطلاق می‌شود که آب در دسترس گیاه کمتر از نیاز گیاه برای ماکزیمم رشد باشد (هابیک و همکاران، ۱۹۸۶). هم‌چنین اشاره شده است که تنش خشکی گیاه را در سطح سلولی، بافت و اندام تحت تأثیر قرار می‌دهد (بیک و همکاران، ۲۰۰۷). اثر ثانویه کمبود آب و تنش شوری افزایش گونه‌های اکسیژن فعال (ROS[1]) است که شامل اکسیژن منفرد، رادیکال‌های سوپراکسید آنیون، رادیکال‌های هیدروکسیل و هیدروژن پراکسید می‌باشد (اسمیرنف، ۱۹۹۸). ROS مولکول‌های سمی هستند که موجب خسارت به پروتئین‌ها، DNA و لیپیدها می‌شوند. در شرایط نرمال رشدی به مقدار کم دراندامک‌هایی مانند کلروپلاست، میتوکندری و پراکسی‌زوم تولید می‌شوند. ولی در زمان تنش مقدار تولید آن‌ها به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. درکلروپلاست محدود شدن تثبیت CO_2 وکاهش انتقال الکترون عامل اصلی تولید ROS می‌باشد (سوزوکی و میتلر، ۲۰۰۶). اصلی‌ترین علت اثرات تخریبی و مضر ROS، توانایی آن‌ها برای شروع واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداتیو اسیدهای چرب غیر اشباع است که منجر به پراکسیداسیون لیپید و تخریب غشاء می‌شود (زانگ و کیرخام، ۱۹۹۶).

1- Reactive Oxygen Species

از آنجا که ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان است و میزان نزولات آسمانی کم و پراکنش آن‌ها نامنظم می‌باشد، مزارع تولید بذر گیاهان زراعی، ناخواسته تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. وقوع تنش‌های محیطی مانند دمای بالا (جانسون و واکس، ۱۹۷۸) و خشکی(اسمیسیکلاس و همکاران، ۱۹۸۹) طی دوره پر شدن دانه می‌تواند سبب کاهش وزن و بنیه بذر شود. بنابراین استفاده از راهبردهایی برای کاهش اثر منفی تنش خشکی از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار می‌باشد.

۲-۴-۲- تأثیر تنش خشکی بر پارامترهای رشدی و فیزیولوژیک گیاهان

تنش‌های محیطی موجب تغییراتی در گیاه می‌شوند این تغییرات شامل تغییر در بیان ژن و متابولیسم سلولی می‌شود و تا پیری برگ و ایجاد پژمردگی دائم پیش می‌رود و در نهایت منجر به تغییراتی در رشد و عملکرد گیاه می‌شود. تنش کمبود آب اثرات فیزیولوژیکی مختلفی بر گیاه می‌گذارد که نوع و میزان خسارت آن به شدت و مقاومت گیاه بستگی دارد (خزاعی، ۱۳۸۱).

وقتی گیاهان در شرایط کمبود آب قرار می‌گیرند تغییرات ساختاری و فیزیولوژیکی متفاوتی را از خود نشان می‌دهند. بعضی دوره زندگی خود را قبل از کاهش رطوبت خاک تکمیل می‌کنند و بدین سان از خشکی فرار می‌کنند و برخی دیگر از راه ایجاد سیستم ریشه‌ای انبوه و عمیق، کاهش رشد شاخه‌ها، کاهش سطح برگ‌ها، کاهش تعداد روزنه‌ها و افزایش تراکم کرک‌ها در اپیدرم برگ با تنش خشکی مقابله می‌کنند (داون و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۴-۲-۱- رشد و توسعه سلولی

کاهش تورژسانس به عنوان اولین اثر تنش خشکی سرعت رشد سلول و اندازه نهایی آن را متأثر می‌سازد. یکی از مکانیزم‌های کارآمدی که گیاه به هنگام مواجه شدن با تنش خشکی، برای حفظ تورژسانس و آماس سلولی به خدمت می‌گیرد تنظیم اسمزی است. طی این پدیده فیزیولوژیکی پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش، در اثر انباشت یک سری مواد اسمزی در سلول‌ها کاهش

می‌یابد و بنابراین فشار تورژسانس سلول‌ها در حد مطلوب حفظ می‌شود. این مواد اسمزی شامل برخی از عناصر (پتاسیم، سدیم و کلسیم)، برخی از متابولیت‌ها نظیر قندها، اسیدهای آمینه (پرولین) و اسیدهای آلی می‌باشند (ترک نژاد و حیدری شریف آباد، ۱۳۷۹).

نشت یونی از جمله دیگر صفاتی است که تحت تأثیر تنش خشکی افزایش می‌یابد و افزایش آن به معنای افزایش میزان تراوش یونی در غشاء می‌باشد که این امر به نوبه خود می‌تواند نشان دهنده کاهش پایداری غشاء و در واقع خرابی آن باشد (باجی و همکاران، ۲۰۰۱).

یکی از کارهایی که گیاهان در برخورد با تنش خشکی انجام می‌دهند سنتز و تجمع ترکیبات محافظت کننده‌های اسمزی[1] شامل پولیول‌ها، قندها، اسیدهای آمینه، بتائین و غیره می‌باشد (بهنرت و جنسن، ۱۹۹۶). معمولاً اکثر گیاهان در مقابله به تنش‌ها از جمله تنش شوری (دلانی و ورما، ۱۹۹۳) خشکی (زانگ و همکاران، ۱۹۹۵ و چندرا و همکاران، ۲۰۰۴)، دمای بالا (رویز و همکاران، ۲۰۰۲)، فلزات سنگین (چن و همکاران، ۲۰۰۱) و کمبود مواد غذایی (سانچز و همکاران، ۲۰۰۲) پرولین را افزایش می‌دهند.

۲-۴-۲-۲- آسیب‌های اکسیداتیو

یکی از اثرات تنش کم‌آبی، مشابه دیگر تنش‌های محیطی، ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو می‌باشد که توسط رادیکال‌های آزاد اکسیژن مانند رادیکال‌های سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های هیدروکسیل صورت می‌گیرد (اسمیرنف، ۱۹۹۸ و زو، ۲۰۰۰). تولید گونه‌های اکسیژن فعال سبب پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء (چن و همکاران، ۲۰۰۰)، تخریب پروتئین‌ها (جیانگ و زانگ، ۲۰۰۱) و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (باساگا، ۱۹۸۹). پراکسیداسیون چربی‌های غشاء می‌تواند در اثر گونه‌های اکسیژن فعال به وجود آید و در نتیجه موجب کاهش نفوذپذیری انتخابی غشاء سلولی شود (دل ریو و همکاران، ۱۹۹۱). در سلول‌های گیاهی کلروپلاست‌ها، میتوکندری‌ها و پراکسی‌زوم‌ها مکان‌های مهم

[1]- Osmo protectant

تولید گونه‌های اکسیژن فعال هستند (آسادا، ۱۹۹۹). تولید گونه‌های اکسیژن فعال در کلروپلاست‌ها به وسیله انتقال مستقیم انرژی از کلروفیل به مولکول اکسیژن یا به وسیله کاهش تک ظرفیتی اکسیژن در فتوسیستم I طی چرخه مهلر صورت می‌گیرد (چن و همکاران، ۲۰۰۱). تغذیه مناسب تحت شرایط تنش می‌تواند تا حدی به گیاه در تحمل تنش‌های مختلف کمک کند. برای جذب عناصر، ریشه‌ها اندام اولیه گیاه هستند که این نقش را به عهده دارند. وجود عاملی که دسترسی عناصر غذایی را در خاک محدود می‌کند، استفاده مورد انتظار از کودها را کاهش می‌دهد. تحت این شرایط، عناصر غذایی برای گیاهان می‌تواند به وسیله استعمال برگی فراهم شود (آلتیندیسلی و همکاران، ۱۹۹۸).

۲-۴-۲-۳- گیاهچه

حساس‌ترین مراحل به تنش‌های محیطی در بسیاری از گیاهان زراعی، مراحل جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه است. بذرهایی که در شرایط تنش، جوانه زنی مناسب‌تری داشته باشند، در مراحل بعدی رشد، گیاهچه‌هایی با بنیه بهتر و سیستم ریشه‌ای قوی‌تری تولید می‌کنند (ال شرکاوی و همکاران، ۱۹۸۹). سرعت جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در شرایط تنش نقش مهمی در رشد گیاهچه ایفا می‌کنند. تاسلی و کاسناو (۲۰۰۳) گزارش کردند خشک شدن سریع سطح خاک بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه پنبه مؤثر بوده است. در تحقیقی که توسط زبرجدی و همکاران (۱۳۸۸) به منظور ارزیابی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های گلرنگ در مرحله جوانه‌زنی انجام شد مشخص گردید که تنش خشکی موجب کاهش قابل توجه درصد جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه و رشد گیاهچه‌های گلرنگ گردید. در مطالعه پهلوانی و همکاران (۱۳۹۱) و سید شریفی و سید شریفی (۲۰۰۸) نیز با افزایش سطح تنش خشکی وزن خشک کل گیاهچه در گلرنگ، کاهش معنی‌دار نشان داد.

۲-۴-۲-۴- برگ

برگ‌ها اندام اصلی دریافت کننده نور و فتوسنتز در گیاهان زراعی می‌باشند. توسعه سطح برگ‌ها در ابتدای فصل رشد موجب می‌شود که نور خورشید با کارایی بیشتری مورد استفاده قرار گیرد. سرعت

ایجاد گسترش سطوح برگی در تولید محصول بسیار مهم است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). کمبود آب، رشد گیاه، سطح برگ و در نهایت فتوسنتز را کاهش می‌دهد (فرناندز و همکاران، ۱۹۹۶). تنش خشکی معمولاً با کاهش سطح برگ همراه است، شروع تشکیل برگ در مریستم‌ها و توسعه بعدی سطح برگ در پتانسیل پایین آب برگ، کاهش و حتی ممکن است متوقف شود. شواهد موجود حاکی از کاهش تقسیم سلولی نیز می‌باشد (کریدمن، ۱۹۸۶). کمبود آب علاوه بر تأثیر بر توسعه برگ می‌تواند از طریق ریزش برگ‌ها در طول مراحل رشد بر سطح برگ مؤثر باشد. معمولاً شاخص سطح برگ ۳ تا ۵ برای تولید حداکثر ماده خشک در اغلب محصولات زراعی مناسب می‌باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). کم شدن سطح برگ در شرایط آب و هوای خشک مکانیسمی است تا گیاه از هدر رفتن آب از طریق تعرق جلوگیری نماید. با شدت گرفتن تنش خشکی گسترش برگ‌ها محدود می‌شود که این یکی از اولین نشانه‌ها می‌باشد (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). تنش خشکی وزن خشک قسمت‌های هوایی را بیشتر از وزن خشک ریشه کاهش می‌دهد و موجب پایین آمدن عملکرد دانه کلزا می‌شود (نصری و همکاران، ۱۳۸۵). در آزمایشی که هانی و ایوانس (۱۹۸۵) انجام دادند اعلام کردند تنش خشکی به علت زردی زودرس در برگ‌ها سبب کاهش شاخص سطح برگ در کانوپی گلرنگ گردید. نادری درباغشاهی و همکاران (۱۳۸۳) بیان داشتند اثر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ گلرنگ در زمان گلدهی از نظر آماری معنی‌دار بود. هاشمی دزفولی (۱۹۹۴) نیز نتایج مشابهی گزارش نمود.

۲-۴-۲-۵- میزان آب نسبی و پتانسیل آب برگ

کاربرد پتانسیل آب برگ به منظور نشان دادن کمبود آب در گیاهان پیشنهاد شده است (هسیائو، ۱۹۷۳). کومار و الستون (۱۹۹۳) مشاهده نمودند که در کلزای روییده در شرایط تنش، هدایت روزنه-ای ارتباط نزدیکی با محتوای نسبی آب و فشار آماس (تورگر) داشت. بنابراین کاهش محتوای نسبی آب در شرایط کمبود آب منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای و ورود دی اکسید کربن و در نهایت موجب

کاهش فتوسنتز می‌گردد. در بررسی اثر تنش خشکی در مرحله آغاز گلدهی بر ارقام نخود، رابطه محتوای آب نسبی با سطح برگ، منفی به دست آمد. به‌علاوه مشخص گردید که مقادیر بالای محتوای نسبی آب تحت شرایط تنش خشکی با مقادیر زیاد مواد فتوسنتزی انتقال یافته مرتبط است (آنیا و هرزوگ، ۲۰۰۴). پاسبان اسلام (۱۳۸۹) در بررسی اثر تنش خشکی بر ۵ رقم گلرنگ پاییزه گزارش کرد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ گردید. تنش کمبود آب طی مراحل فنولوژیک در گلرنگ اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ داشت (فرخی نیا و همکاران، ۱۳۹۰).

۲-۴-۲-۶- محتوای پروتئین دانه

شرایط تنش خشکی موجب کاهش اندک سنتز پروتئین در برگ‌ها می‌گردد و پس از رفع تنش، سنتز آن تحریک می‌شود. کمبود آب اعمال شده در مرحله گلدهی یا مراحل ابتدایی رشد رویشی، به طور معنی‌داری، درصد پروتئین دانه کلزا را افزایش داد (پالومو و همکاران، ۱۹۹۹). قبادی و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی‌های خود تأثیر دوره‌های کوتاه مدت و بلند مدت تنش خشکی طی مراحل مختلف رشد کلزا به این نتیجه رسیدند که تنش شدید آبی بر محتوای پروتئین دانه تأثیر معنی‌داری داشت. وی اظهار داشت که دوره‌های طولانی مدت و کوتاه مدت تنش خشکی غلظت پروتئین دانه را افزایش داد. آلیاری و همکاران (۱۳۷۹) گزارش کردند تنش خشکی به ویژه در هنگام رسیدگی در گیاه گلرنگ، درصد روغن را کاهش داد ولی درصد پروتئین را افزایش داد که این حالت به دلیل تسریع در رسیدگی گیاه می‌باشد. در این حالت فرصت کافی برای سنتز روغن از پروتئین‌های ذخیره شده در دانه وجود ندارد و بنابراین درصد پروتئین افزایش خواهد یافت. در آزمایش باغخانی و فرحبخش (۱۳۸۷) گزارش شد که با افزایش شدت تنش در ۳ رقم گلرنگ، درصد پروتئین دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت. تنش شدید با میانگین ۲۰ درصد، بیشترین میزان پروتئین و تیمار شاهد با

میانگین ۱۸ درصد کمترین مقدار پروتئین را دارا بودند. موحدی دهنوی و همکاران (۱۳۸۵) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

۲-۵- اسید آسکوربیک[1]

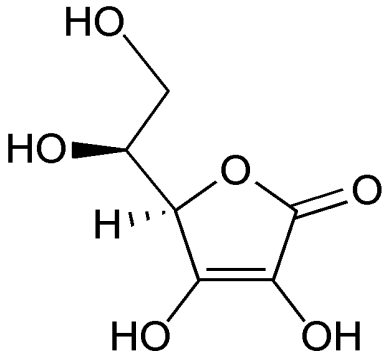
۲-۵-۱- کلیات

گیاهان برای کاهش دادن اثر مخرب گونه‌های اکسیژن فعال مکانیسم‌های متفاوتی دارند. از جمله این مکانیسم‌ها می‌توان به سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی اشاره کرد. این سیستم شامل سیستم آنزیمی و غیرآنزیمی است. مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدان، شامل گلوتاتیون، توکوفرول، فلاوونوئیدها و آسکوربات می‌باشند که در پاک‌سازی گونه‌های اکسیژن فعال به طور مستقیم نقش دارند. هم‌چنین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، پلی فنول اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول نقش دارند (آگاروال و پاندی، ۲۰۰۴).

در این میان اسید آسکوربیک از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی است (شیگئوکا و همکاران، ۲۰۰۲ و اسمیرنف، ۱۹۹۶). اسید آسکوربیک یک مولکول کوچک و قابل حل در آب است که در گیاهان و حیوانات دیده می‌شود و در بین پروکاریوت‌ها فقط در جلبک‌های سبز آبی به مقدار کم، وجود دارد (آریگونی و دی تولیو، ۲۰۰۲). این ماده به عنوان سوبسترای اولیه در سم‌زدایی گونه‌های اکسیژن فعال از قبیل پراکسید هیدروژن و غیره مطرح است (کنکلین و بارس، ۲۰۰۴). اسمیرنف و ویلر (۲۰۰۰) گزارش کردند که این ماده به عنوان یک آنتی‌اکسیدان و یک کوفاکتور آنزیمی و به عنوان یک پیش ماده برای سنتز اگزالات و تارتارات می‌باشد و در فرآیندهایی از جمله فتوسنتز، رشد دیواره سلولی و توسعه سلول‌ها، مقاومت به تنش‌های محیطی و سنتز اتیلن، جیبرلین، آنتوسیانین و

[1] -Ascorbic acid

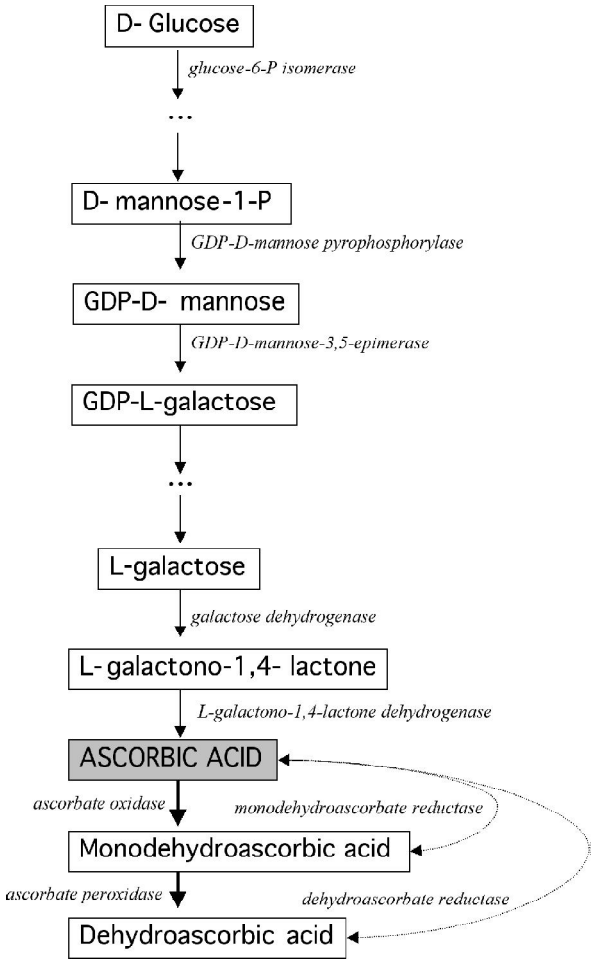
هیدروکسی پرولین نقش دارد. به علاوه به طور مستقیم در خنثی کردن رادیکال‌های سوپر اکسید یا اکسیژن منفرد و به عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه در تولید آلفاتوکوفرول و دیگر آنتی‌اکسیدان‌های چربی دوست نقش ایفا می‌کند (ناکتار و فایر، ۱۹۹۸). هم‌چنین به عنوان یک کوفاکتور برای آنزیم‌های زیادی نقش دارد (آریگونی و دی تولیو، ۲۰۰۰).



شکل ۲-۱- ساختار مولکولی اسید آسکوربیک

۲-۵-۲- بیوسنتز و متابولیسم

برای سنتز اسید آسکوربیک ابتدا گلوکز ۶ فسفات تحت تأثیر آنزیم فسفو گلوکز ایزومراز به فروکتوز ۶ فسفات تبدیل می‌شود. آنزیم فسفو مانوز ایزومراز، موجب می‌شود فروکتوز ۶ فسفات به دی مانوز ۶ فسفات تبدیل شود و سپس تحت تأثیر فسفو مانوز موتاز به دی مانوز فسفات تبدیل می‌شود. آنزیم گوآنوزین دی فسفات مانوز پیروفسفریلاز به گوآنوزین دی فسفات دی مانوز تبدیل می‌شود. این ماده از دو راه می‌تواند به اسید آسکوربیک تبدیل شود. مسیر اول به این ترتیب است که این ماده به گوآنوزین دی فسفات ال گالوز و سپس به ال گالوز ۱ فسفات و در نهایت به ال گالونو ۱ و ۴ لاکتون تبدیل می‌شود. در مسیر دوم گوآنوزین دی فسفات ال گالاکتوز به ال گالاکتوز و سپس به ال گالاکتونو ۱ و ۴ لاکتون تبدیل شده و این ماده به اسید آسکوربیک تبدیل می‌شود. انتقال آن در گیاه از طریق زایلم است زیرا آسکوربات و اشکال اکسید شده‌ی آن در pH بالای فلوئم ناپایدار هستند (اندرسون و همکاران، ۲۰۰۴).



شکل ۲-۲- مسیر بیوسنتز اسید آسکوربیک در گیاهان (اندرسون و همکاران، ۲۰۰۴)

۲-۵-۳- اهمیت اسید آسکوربیک در گیاهان

اسید آسکوربیک با فرمول $C_6H_8O_6$ یک مولکول فراگیر در یوکاریوت‌ها است که در انواع سلول‌های گیاهی به جز در دانه‌های خشک یافت می‌شود. آسکوربات در سیتوزول و بیشتر اندامک‌های سلولی مانند دیواره سلولی، کلروپلاست‌ها، واکوئل‌ها، میتوکندری‌ها و پراکسی‌زوم‌ها دیده می‌شود. اسید آسکوربیک، یک ویتامین محلول در آب می‌باشد که اعمال و نقش‌های متفاوتی را در گیاه به عهده دارد و ممکن است در تمام اندامک‌های سلول گیاهی یافت شود. اسید آسکوربیک در تقسیم سلولی و سنتز دیواره سلول دخالت می‌کند و یک آنتی‌اکسیدان بسیار قوی است که حتی در مقادیر

کم می‌تواند از تخریب مولکول‌های ضروری توسط رادیکال‌های آزاد و انواع اکسیژن فعال که به صورت یک فرآورده جانبی مکانیسم تنفسی و فتوسنتزی سلول تولید می‌شوند، جلوگیری کند.

آسکوربات در گیاه نقش‌های چندگانه‌ای ایفا می‌کند. آسکوربات در گیاه در تقسیم سلولی نقش دارد. هر جا که فعالیت میتوزی وجود دارد، مقدار اسید آسکوربیک زیاد است و حضور آن برای عبور از مرحله‌ی G_1 به S در چرخه سلولی ضروری است. آسکوربات به عنوان احیا کننده، به سرعت با اشکال واکنش‌پذیر اکسیژن مانند پراکسید هیدروژن واکنش می‌دهد و از تخریب‌های اکسیداتیو جلوگیری می‌کند. هم‌چنین آسکوربات دیواره سلولی، اولین خط دفاعی در برابر ازون محسوب می‌شود. آسکوربات کوفاکتور طیف وسیعی از هیدروکسیلازها مانند پرولیل هیدروکسیلاز است. این آنزیم در سنتز هیدروکسی پرولین درگیر است. هم‌چنین آسکوربات کوفاکتور آنزیم ویولازانتین داپوکسیداز است که به تشکیل زآزانتین منجر می‌شود و از اینجا به چرخه حفاظت نوری زانتوفیل متصل می‌گردد. اسید آسکوربیک در گسترش دیواره سلولی نقش دارد. این ماده از یک طرف مانع اتصال عرضی پروتئین‌های ساختاری دیواره می‌شود که این امر افزایش قابلیت گسترش دیواره را در پی دارد و از طرف دیگر از پلیمریزه شدن مونومرهای چوب (مانند الکل کونیفریل) جلوگیری می‌کند و شدت چوبی شدن دیواره را کنترل می‌کند (آریگونی و دی تولیو، ۲۰۰۰).

اسید آسکوربیک ترکیبی است که بر میتوز و رشد سلول‌ها در گیاهان تأثیر دارد (ناکتار و فایر، ۱۹۹۸ و اسمیرنف و ویلر، ۲۰۰۰) و به عنوان سیگنال فیتوهورمونی است که در طی انتقال از فاز رویشی به زایشی دخالت دارد (بارس و همکاران، ۲۰۰۶). هم‌چنین نقش مهمی در سیستم انتقال الکترون دارد (لیو و همکاران، ۱۹۹۷). این ماده به عنوان یک کوفاکتور مهم برای تعداد زیادی از آنزیم‌های کلیدی در گیاهان مطرح است (آریگونی و دی تولیو، ۲۰۰۰). اثرات سودمند اسید آسکوربیک روی رشد و تولید گیاه پنبه (غوراب و وحدان، ۲۰۰۰)، چغندرقند (سالم و همکاران، ۲۰۰۰)، خیار (ال گریدلی، ۲۰۰۲)، فلفل شیرین (شاوکی، ۲۰۰۳)، گندم (عبدالحمید و همکاران،

۲۰۰۴) و آفتابگردان (ال گاباس، ۲۰۰۶) گزارش شده است. آسکوربات نقش چندگانه در رشد گیاهان دارد. در تقسیم سلولی، گسترش دیواره سلولی و دیگر فرآیندهای مربوط به نمو دخالت دارد (پیگنوکچی و فایر، ۲۰۰۳). این ترکیب به عنوان یک کوآنزیم برای واکنش کربوهیدرات‌ها، اسیدهای چرب و پروتئین‌ها عمل می‌کند و منجر به افزایش مقدار اسید نوکلئیک به ویژه RNA می‌شود.

گزارش شده است که این ماده در فعالیت سیکل تغذیه‌ای گیاهان عالی مؤثر است (امین و همکاران، ۲۰۰۸). بر اساس تحقیقات انجام شده کاربرد اسید آسکوربیک سبب افزایش قابل توجه رشد رویشی و ترکیبات شیمیایی در سیب زمینی (ال کوئسنی و همکاران، ۲۰۰۹) بادمجان (ال توهامی و همکاران، ۲۰۰۸) و سرو شیراز (فراهات و همکاران، ۲۰۰۷) شده است. نشان داده شده است که اسید آسکوربیک موجب بالا بردن مقاومت گیاهان در برابر سرمازدگی و تنش شوری می‌شود و از طریق ارتباط با سلول و چربی‌های غشایی در گیاهان، نقش به سزایی در افزایش مقاومت گیاهان در برابر از دست دادن آب و تنش کم‌آبی دارد (دولت آبادیان و همکاران، ۱۳۸۸). پیشنهاد شده است که اسید آسکوربیک روی غشای پلاسمایی و پمپ‌های پروتونی و ATP- ase (کاراسکو لونا و همکاران، ۱۹۹۵) تأثیرگذار است و بر طبق فرضیه اسیدی سبب تحریک عوامل سست کننده دیواره سلولی و بزرگ شدن سلول می‌گردد (رایل و کللند، ۱۹۹۲).

۲-۵-۴-اثر اسید آسکوربیک بر فتوسنتز

معمولاً مقدار اسید آسکوربیک در برگ‌ها بیشتر از قسمت‌های دیگر گیاه است و ۵ تا ۱۰ بار بیشتر از گلوتاتیون است (اسمیرنف، ۲۰۰۵). در سلول‌های گیاهی کلروپلاست‌ها، میتوکندری‌ها و پراکسی‌زوم‌ها مکان‌های مهم تولید گونه‌های اکسیژن فعال هستند (دل ریو و همکاران، ۱۹۹۱). اسید آسکوربیک دارای نقش محوری در فتوسنتز است و در غلظت‌های بالا در کلروپلاست یافت می‌شود این ماده به سه طریق در واکنش‌های بیوشیمیایی در گیاهان ایفای نقش می‌کند. اول اینکه به عنوان یک آنتی‌اکسیدان به طور مستقیم در از بین بردن پراکسید هیدروژن تولید شده به وسیلهٔ احیای نوری

اکسیژن در فتوسیستم I عمل می‌کند. دوم، مونو دهیدروآسکوربات تولید شده به وسیله آسکوربات پراکسیداز به طور مستقیم پذیرنده الکترون در فتوسیستم I است. سوم اینکه اسید آسکوربیک کوفاکتوری برای چرخه ویولازانتین می‌باشد که این چرخه گیاهان را در برابر آسیب‌های فتواکسیداتیو حفاظت می‌کند.

غلظت اسید آسکوربیک در کلروپلاست به ۲۰ میلی مولار می‌رسد. در فتوسنتز به عنوان یک کوفاکتور (شامل سنتز اتیلن، جیبرلین و آنتوسیانین) و در کنترل رشد سلول نقش دارد (اسمیرنف و ویلر، ۲۰۰۰). این ترکیب علاوه بر نقش در جمع‌آوری گونه‌های اکسیژن فعال، در تنظیم ظرفیت فتوسنتزی از طریق کنترل حرکات روزنه‌ای نیز مطرح است (چن و گالیه، ۲۰۰۴). به هر حال نقش مهمی در مسیر آسکوربات گلوتاتیون و جمع‌آوری گونه‌های اکسیژن فعال در کلروپلاست (فایر و هاربنسون، ۱۹۹۴) و سیتوسول (آسادا، ۱۹۹۹) دارد.

۲-۵-۵- اثر اسید آسکوربیک بر گیاهان در شرایط تنش

مهار فتوسنتزی، مهار تولید ATP، پراکسیداسیون لیپیدها و آسیب مولکول‌های DNA از عوارض تشکیل ROS محسوب می‌شوند که این وقایع می‌توانند به مرگ سلول‌ها نیز منتهی شوند. در سطح کل گیاه نیز توقف رشد طولی ریشه و ساقه و کاهش ماده سازی از علائم معمول تنش اکسیداتیو می‌باشد (رولی و همکاران، ۲۰۰۴). اخیراً گزارش شده است که اسید آسکوربیک نقش مهمی در حفاظت از گیاهان در برابر تنش‌های محیطی از قبیل فلزات سنگین، شوری، آفت کش‌ها و تابش ماوراء بنفش دارد (شالاتا و نیومن، ۲۰۰۱ و ویوکو و همکاران، ۲۰۰۸).

۲-۵-۵-۱- تنش عناصر سنگین

بر اساس گزارش‌های موجود، نوعی سیستم آنتی‌اکسیدان که سبب تولید مجدد اسید آسکوربیک می‌شود در حفاظت گیاهان در مقابل تنش‌های اکسیداتیو ناشی از فلزات سنگین نقش دارد (فچت کریستوفر و همکاران، ۲۰۰۳). سعیدی‌سار و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند استفاده از

اسید آسکوربیک و ژیبرلین به طور جداگانه و به ویژه هم‌زمان، به طور قطع تا حد زیادی موجب حفاظت گیاه سویا در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از نیکل می‌شود. اسید آسکوربیک سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز می‌شود و از تولید مالون دی آلدهید جلوگیری می‌کند. در گیاه نخود در حضور آسکوربات، فعالیت چرخه گلوتاتیون آسکوربات و در نتیجه جمع‌آوری کننده-های H_2O_2 افزایش می‌یابد و به دنبال آن با افزایش فعالیت کاتالاز با تنش اکسیداتیو ناشی از فلزات سنگین مقابله می‌کند (دیکسیت و همکاران، ۲۰۰۱). در آزمایشی که توسط چاپار زاده و قدرتی (۱۳۹۰) به منظور بررسی کاهش اثرات تنش مس به وسیله اسید آسکوربیک در پیاز انجام پذیرفت، گزارش شد که کاربرد اسید آسکوربیک به طور معنی‌داری محتوای هیدروژن پراکسید و محصولات پراکسیداسیون لیپیدها را هم در گیاهان شاهد و هم گیاهان تحت تنش مس کاهش داد. شالاتا و نیومن (۲۰۰۱) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

۲-۵- ۵-۲- تنش شوری

دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم-های کاتالاز و پراکسیداز در برگ کلزا و افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در ریشه شده است. این در حالی است که کاربرد اسید آسکوربیک موجب کاهش فعالیت سه آنزیم فوق در برگ‌ها گردید. هم‌چنین تنش شوری مالون دی آلدهید و پرولین در برگ‌ها را افزایش داد و در مقابل اسید آسکوربیک، غلظت این مواد را کاهش داد. اضافه کردن اسید آسکوربیک به صورت تغذیه برگی روی گوجه فرنگی ظرفیت جوانه‌زنی و حفظ گیاهچه را در شرایط تنش شوری افزایش داد و موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی غشاء شد (شالاتا و نیومن، ۲۰۰۱). میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز که آنزیمی مؤثر در تجزیه پراکسید هیدروژن می‌باشد، تحت تنش در برگ‌ها افزایش پیدا کرد. در شرایط شوری میزان فعالیت این آنزیم در گیاهانی که با اسید آسکوربیک تیمار شده بودند به طور معنی‌داری کمتر از گیاهان تغذیه نشده بود. در شرایط بدون تنش شوری تغذیه

برگی با اسید آسکوربیک تأثیری بر میزان فعالیت پراکسیداز برگ نداشت. استفاده از اسید آسکوربیک، سبب افزایش محتوای پروتئین اندام هوایی و ریشه شد. در گیاهانی که در معرض تنش شوری قرار نگرفته بودند اسید آسکوربیک تأثیری در محتوای پروتئین‌های محلول آن‌ها نشان نداد. زیرا اثر اسید آسکوربیک به صورت غیر مستقیم بوده و از تخریب پروتئین‌ها توسط رادیکال‌های اکسیژن جلوگیری کرد. گونه‌های اکسیژن فعال عامل اصلی پراکسیداسیون لیپیدی هستند (اوپادهایا پاندا، ۲۰۰۴). در آزمایشی که دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۸) انجام دادند، نتایج نشان داد که مصرف اسید آسکوربیک سبب کاهش در اکسیداسیون چربی‌های غشای سلولی و کاهش محتوای مالون دی آلدهید در برگ‌ها و ریشه‌های کلزا گردیده است. اسید آسکوربیک با پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن سبب کاهش خسارت به اسیدهای چرب و پروتئین‌ها می‌شود و در نتیجه اثر مخرب تنش را کاهش می‌دهد و لذا سنتز و تجمع پرولین به عنوان یک عکس‌العمل گیاه به تنش کاهش می‌یابد (آسادا، ۱۹۹۹).

شالاتا و نیومن (۲۰۰۱) گزارش کردند که کاربرد اسید آسکوربیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار، قبل از تنش شوری به بازیافت و بقای بهتر گیاهچه‌های گوجه فرنگی منجر می‌گردد. یونیس و همکاران (۲۰۱۰) اثرات کاربرد خارجی اسید آسکوربیک بر گیاهچه‌های باقلا تحت شرایط شوری را بررسی نمودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که مقادیر درونی اسید آسکوربیک، گلوتاتیون و سایر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در اثر خیساندن بذور باقلا در اسید آسکوربیک افزایش می‌یابد. سلاح ورزی و همکاران (۱۳۹۰) با تحقیق روی گیاه مرزنجوش نشان دادند که مقادیر کلروفیل a، b، کاروتنوئیدها و نهایتاً کلروفیل کل در این گیاه با کاربرد اسید آسکوربیک افزایش می‌یابد. این نشان می‌دهد که اسید آسکوربیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی توانسته است از فعالیت رادیکال‌های آزاد اکسیژن ناشی از تنش و به دنبال آن تخریب غشای کلروپلاستی جلوگیری نموده و محتوای کلروفیل گیاه را حفظ نماید. بلتاگی (۲۰۰۸) نیز با بررسی اثر کاربرد خارجی اسید آسکوربیک بر تحمل به شوری نخود

نتیجه گرفت که همزمان با افزایش غلظت نمک تا ۴۰ میلی مولار، محتوای کلروفیل برگ کاهش یافت ولی با کاربرد اسید آسکوربیک این کاهش به سرعت جبران گردید.

۲-۵-۵-۳- تنش کم‌آبی

در تحقیقی که توسط قربانلی و همکاران (۱۳۸۹) انجام شد مشخص شد که با افزایش میزان تنش خشکی، سطح برگ در کلزا کاهش پیدا کرد ولی کاربرد اسید آسکوربیک موجب شد که کاهش سطح برگ در شرایط تنش کمتر شود. در این آزمایش اندازه‌گیری‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از میزان وزن تر اندام‌های هوایی و ریشه کاسته می‌شود ولی کاربرد اسید آسکوربیک به عنوان یک عامل محرک موجب شد که وزن تر ریشه و اندام هوایی افزایش داشته باشد، این پدیده حاکی از آن است که خشکی سبب کاهش میزان آب در دسترس می‌شود، در نتیجه وزن تر کاهش می‌یابد ولی به کارگیری اسید آسکوربیک با افزایش توان تحمل گیاه سبب جذب بهتر آب از محیط شده است.

شالاتا و نیومن (۲۰۰۱) گزارش کردند که کاربرد اسید آسکوربیک خارجی سبب می‌شود تا مکانیزم‌های آنتی‌اکسیدانی فعال شده و گیاه تحت تنش، مقاومت لازم را در مقابل تنش احراز کند. در تحقیقی که دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۸) روی ذرت انجام دادند نتیجه گرفتند که تنش کم‌آبی موجب کاهش غلظت کلروفیل a و محتوای کلروفیل کل شد ولی بر غلظت کلروفیل b تأثیری نداشت. اسید آسکوربیک به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی از تخریب کلروفیل جلوگیری کرد و به طور غیر مستقیم سبب افزایش آن شد. اسید آسکوربیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان اثرات مضر حاصل از تنش کمبود آب را کاهش داد و سبب بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شد به طوری که گیاه، اسید آسکوربیک را به عنوان یک آنتی‌اکسیدان نسبت به افزایش فعالیت آنزیم‌ها ترجیح داد.

سوها و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب برگ و درصد روغن تحت تنش کم‌آبی در گیاه

ریحان می‌شود. استفاده از اسید آسکوربیک موجب کاهش معنی‌دار تجمع پرولین در سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری می‌شود. دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۸) در آزمایشی که روی ذرت انجام دادند گزارش کردند که اسید آسکوربیک موجب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ساقه، برگ، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و وزن صد دانه می‌شود. کاربرد اسید آسکوربیک موجب افزایش قطر بلال شد و تعداد دانه‌های پوک را به طور معنی‌داری کاهش داد. در این آزمایش بالاترین درصد روغن از گیاهان تیمار شده با ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک به دست آمد.

۲-۶- سدیم نیتروپروساید[1]

۲-۶-۱- کلیات

سدیم نیتروپروساید (SNP) یک ترکیب رها کننده نیتریک اکسید[2] است که در حالت محلول به شدت به نور حساس می‌باشد، تجزیه آن توسط اکسیژن و دمای زیاد تسریع می‌شود (وایکزورک و همکاران، ۲۰۰۶). رهاسازی نیتریک اکسید، نیازمند تابش نور یا احیای آن توسط عوامل کاهنده، مثل اسید آسکوربیک، تیول‌ها و هموپروتئین‌ها، مانند NADH و NADPH است. نیتریک اکسید یک رادیکال آزاد گازی شکل است که نیمه عمر آن در سیستم‌های بیولوژیکی ۳ تا ۵ ثانیه می‌باشد (تاتجا و همکاران، ۲۰۰۴) و مولکولی دو اتمی است که قابلیت انتشار بالایی دارد ($۴/۸ * ۱۰^{-۵}$ سانتی‌متر مربع در ثانیه در آب) و در گیاهان توسط مسیرهای آنزیمی و غیر آنزیمی تولید می‌شود (وایکزورک و همکاران، ۲۰۰۶).

نیتریک اکسید یک مولکول مهم است که در بافت‌های زیادی، فرآیندهای فیزیولوژیکی را تنظیم می‌کند و در همه گیاهان وجود دارد. وجود نیتریک اکسید در گیاهان در ۱۹۷۰ کشف شد، این

1- Sodium NitroProsside
2- Nitric Oxide

ترکیب گاز مانند به عنوان یک سیگنال بزرگ در فعالیت‌های فیزیولوژیکی پدیدار می‌شود. تحقیقاتی روی نیتریک اکسید در گیاهان در سال‌های اخیر انجام شده است و نشان دهنده این است که این مولکول یک سیگنال کلیدی در گیاهان است. نیتریک اکسید یک تنظیم کننده رشد گیاهی است. در ابتدا این گاز به عنوان آلوده کننده محیطی مورد توجه قرار گرفت. هر چند بررسی‌های اخیر نشان داده است که نیتریک اکسید می‌تواند به عنوان یک مولکول در پدیده ترارسانی در گیاهان عمل کند و در فرآیندهای مختلف فیزیولوژیک، پاتوفیزیولوژیک و نموی مثل جوانه‌زنی دانه، بسته شدن روزنه، پاسخ به عوامل بیماری‌زا و نمو ریشه دخالت می‌کند (داون و همکاران، ۲۰۰۷). از طرف دیگر، نیتریک اکسید می‌تواند به عنوان واسطه در عمل تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و متابولیسم ROS شرکت کند و در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است که در انتقال پیام و پاسخ به تنش‌های زیستی و غیر زیستی نیز دخالت دارد (دل ریو و همکاران، ۲۰۰۴). مقدار زیاد نیتریک اکسید می‌تواند با O_2^- ترکیب شده، رادیکال پراکسی نیتریت ($ONOO^-$) را تولید کند و گزارش شده است که این رادیکال موجب تخریب لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (بلیگنی و لاماتینا، ۱۹۹۹). چون O_2^- و H_2O_2 بسیار سمی‌تر از NO و $ONOO^-$ هستند، بنابراین NO می‌تواند به عنوان یک تنش پیش تیمار سلول را از تخریب رادیکال‌های اکسیژن حفظ کند. بنابراین اعتقاد بر این است که NO دارای نقش دوگانه است. ممکن است سمی یا حفاظتی باشد و این بستگی به غلظت آن، نوع گیاه، بافت گیاهی، سن گیاه و نوع تنش وارده به گیاه دارد (بلیگنی و لاماتینا، ۱۹۹۹ و دل‌ریو و همکاران، ۲۰۰۴). در بسیاری از مطالعات گزارش شده است که نیتریک اکسید خارجی در گیاهان موجب کاهش خسارات ناشی از برخی تنش‌ها مثل فلزات سنگین، علف کش‌ها، سرما، اشعه ماوراء بنفش و تنش شوری شده است (آراسیمویز و وایکزورک، ۲۰۰۷).

نیتریک اکسید یک مولکول فعال زیستی است که فعالیت‌های متنوعی را در سیستم‌های زنده اعمال می‌کند و نقش‌های تنظیمی، سیگنالی، حفاظتی و سمی را در سلول اعمال می‌کند (بلیگنی و لاماتینا، ۲۰۰۰ و زانگ و همکاران، ۲۰۰۶). در مورد وضعیت شیمیایی نیتریک اکسید معمولاً به اثر

متقابل سه گونه ردوکس شامل رادیکال نیتریک اکسید، کاتیون نیتروزونیوم و آنیون نیتروکسیل اشاره می‌شود. در کل رادیکال نیتریک اکسید به شدت مستعد اکسیداسیون و احیاء است (وندهن و همکاران، ۲۰۰۱). بسیاری از اعمال تأثیرگذار نیتریک اکسید مربوط به میل ترکیبی شدید آن به آهن مانند اثر روی پروتئین‌های تنظیمی آهن است (وتسر و همکاران، ۲۰۰۳).

اثرات گوناگون این ترکیب مربوط به توانایی واکنش شیمیایی با دی اکسیژن، آهن و پروتئین‌های حاوی تیول است (وندهن و همکاران، ۲۰۰۱). در شرایط تنش، تولید فزاینده نیتریک اکسید در اندام‌های گوناگون گیاه دیده شده است. اثر حفاظتی یا سمی نیتریک اکسید در متابولیسم گیاه مربوط به غلظت مولکول، سنتز، انتقال و کارایی برداشت آن است. این ترکیب در تحریک جوانه‌زنی دانه، تقسیم سلول، افزایش میزان کلروفیل و بسیاری از اعمال دیگر سلول دخالت دارد و از طریق واکنش با گونه‌های اکسیژن فعال، آسیب ناشی از آن‌ها را کاهش می‌دهد (بلیگنی و لاماتینا، ۲۰۰۰).

۲-۶-۲- بیوسنتز و متابولیسم

نیتریک اکسید یک پیام‌آور نادر است که در تحریک و اجرای برنامه‌های مربوط به مرگ سلول در گیاهان دلالت دارد (وایتکک و همکاران، ۲۰۰۷). چندین سیستم آنزیمی و غیر آنزیمی برای تولید نیتریک اکسید وجود دارد. این ماده در گیاهان به روش‌های آنزیمی و غیر آنزیمی سنتز می‌شود و نقش‌های گوناگونی در مقابله با تنش‌های زنده و غیر زنده ایفا می‌کند. نیتریک اکسید یک گاز قابل انتشار است که توسط نیتریک اکسید سینتاز (NOD) در سلول‌های پستانداران سنتز می‌شود (چانگ و همکاران، ۲۰۰۱). اثر نیتریک اکسید در گیاهان به غلظت آن بستگی دارد مثلاً کاربرد ۱۰ میکرو مولار از آن، رشد برگ را محدود می‌کند در حال که ۱ میکرو مولار موجب توسعه رشد برگ در کاهو (لشم، ۱۹۹۶) و نخود (لشم و همکاران، ۱۹۹۸) شده است. در گیاهان، نیتریک اکسید از NO_2 توسط نیترات رداکتاز تولید می‌شود (کیسر و همکاران، ۲۰۰۲). تحقیقات نشان داده است که نیتریک اکسید

نقش‌های مهمی در فرآیندهای کلیدی فیزیولوژیکی شامل رشد گیاه، جوانه‌زنی، مرگ سلول و اعمال میتوکندری ایفا می‌کند (ویلسون و همکاران، ۲۰۰۸).

۲-۶-۳- نقش سدیم نیتروپروساید در گیاهان

واکنش نیتریک اکسید با ROS موجب جلوگیری از آسیب غشاء می‌شود. واکنش این ماده با آلکوکسی لیپیدها و رادیکال‌های پراکسیل سریع است و می‌تواند گسترش رادیکال و اکسیداسیون لیپید ناشی از آن را مستقیماً متوقف کند (بلیگنی و لاماتینا، ۱۹۹۹). آن به عنوان جارو کننده گونه‌های اکسیژن فعال عمل می‌کند. گزارش شده است که نقش آن در جلوگیری از پراکسیداسیون لیپید مربوط به توانایی آن برای واکنش با رادیکال‌های آلکوکسی لیپید ($LO^{\cdot}$) و پراکسیل لیپید ($LOO^{\cdot}$) است که به توقف زنجیره پراکسیداسیون به روش مستقیم منجر می‌شود. هم‌چنین، طبق بررسی‌ها مشخص شده است که نیتریک اکسید با احیای Fe^{3+} به Fe^{2+} در جایگاه فعال لیپوکسی‌ژناز و غیر فعال کردن آن، می‌تواند پراکسیداسیون لیپید را کاهش دهد (وانگ و یانگ، ۲۰۰۵ و نصیبی و همکاران، ۱۳۸۸).

مطالعات انجام شده نشان داده است که نیتریک اکسید می‌تواند فرآیندهای مرتبط با رشد و نمو گیاه را تنظیم کند. نیتریک اکسید در بافت‌هایی از قبیل بافت‌های جنینی و لپه‌ها وجود دارد و مقدار آن در بافت‌های پیر کاهش می‌یابد (لشم و همکاران، ۱۹۹۸). اندازه کوچک و انتشار بالای این ماده از غشاها به این معنی است که نیتریک اکسید می‌تواند به آسانی انتقال یابد (بلیگنی و لاماتینا، ۲۰۰۰).

کاربرد نیتریک اکسید در گیاهان موجب توسعه پیشرفت نقش واسطه‌ای آن در جلوگیری از فعالیت‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و آکونیتاز می‌شود (کلارک و همکاران، ۲۰۰۰). هم‌چنین در طویل شدن دیواره سلولی (فرر و راس بارکلو، ۱۹۹۹)، تنظیم کانال‌های یونی در سلول‌های محافظ

(گراسیا ماتا و همکاران، ۲۰۰۳)، اعمال میتوکندریایی و کلروپلاستی (تاکاهاشی و یاماساکی، ۲۰۰۲)، مرگ سلول (دی پینتو و همکاران، ۲۰۰۲) و پیری (هانگ و کائو، ۲۰۰۳) نقش دارد.

نیتریک اکسید به عنوان یک سیگنال مهم در فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه نقش دارد. در مراحل مربوط به رشد و نمو، شروع جوانه‌زنی، گلدهی، رسیدگی میوه‌ها و پیری اندام‌ها نقش دارد (آراسیمویز و وایکزورک، ۲۰۰۷). نیتریک اکسید مولکولی است که در اعمال بیولوژیکی گیاهان دخالت دارد (کرافورد و جائو، ۲۰۰۵). این اعمال شامل جوانه زنی بذر (بلیگنی و لاماتینا، ۲۰۰۰)، رشد و نمو گیاهان (دارنر و کلسیگ، ۱۹۹۹)، بلوغ و پیری (لشم و همکاران، ۱۹۹۸ و کرافورد و جائو، ۲۰۰۵) و حرکات روزنه‌ای (برایت و همکاران، ۲۰۰۶) می‌باشد. کاربرد خارجی نیتریک اکسید، موجب تحریک فرآیند بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (گراسیا ماتا و لاماتینا، ۲۰۰۱). شاید دلیل آن ایجاد تغییر در Ca^{2+} درون سلولی است که در سلول‌های محافظ روزنه وجود دارند. هم‌چنین گزارش شده است که ABA، نیتریک اکسید را تحریک می‌کند که به عنوان یک واسطه در فرآیند بسته شدن روزنه‌ها دخالت کند (نیل و همکاران، ۲۰۰۲).

این ترکیب آب کشیدگی برگ‌ها، نشت یون‌ها و میزان تعرق را کاهش می‌دهد و بسته شدن روزنه‌ها را تحریک می‌کند و بدین ترتیب موجب افزایش تحمل به تنش‌ها می‌شود (گراسیا ماتا و لاماتینا، ۲۰۰۱). کاربرد خارجی نیتریک اکسید می‌تواند از گیاه در برابر صدمات ناشی از تنش اکسیداتیو که به دنبال تنش خشکی اتفاق می‌افتد، محافظت کند (گراسیا ماتا و لاماتینا، ۲۰۰۱).

فاروق و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کاربرد خارجی نیتریک اکسید موجب جارو کردن ROS، توسعه توانایی غشای سلولی، بهبود فتوسنتز و وضعیت آب برگ می‌شود. کاربرد خارجی نیتریک اکسید به صورت محلول‌پاشی مؤثرتر است. آن‌ها اعلام کردند که نیتریک اکسید می‌تواند در مراحل بحرانی در برنج تحت تنش خشکی در مزرعه استفاده شود.

۲-۶-۴-اثر سدیم نیتروپروساید بر گیاهان در شرایط تنش

نیتریک اکسید به عنوان یک مولکول کلیدی در تنش‌های زنده و غیر زنده منجر به پاسخ‌های فیزیولوژیکی در گیاهان می‌شود. اخیراً اثرات نیتریک اکسید در حفاظت از برگ‌های ذرت در مقابل کمبود آهن در تنش اکسیداتیو توسط سونا و همکاران (۲۰۰۷) مورد بررسی قرار گرفته است. آن‌ها پیشنهاد کردند که نیتریک اکسید می‌تواند گیاهان ذرت را در برابر کمبود آهن از طریق واکنش با ROS به طور مستقیم یا تغییر فعالیت‌های آنزیم‌های جمع‌آوری کننده ROS محافظت کند.

اثرات نیتریک اکسید روی رشد و نمو گیاهان به غلظت آن بستگی دارد. غلظت‌های بالا (۴۰ تا ۸۰ میکرو مولار) رشد گوجه فرنگی را محدود می‌کند، در حالی‌که غلظت‌های پایین (صفر تا ۲۰ میکرو مولار) رشد را افزایش می‌دهد (هافتون و همکاران، ۱۹۹۶). این مسأله در گیاهان نخود نیز دیده شد (لشم و هرامتی، ۱۹۹۶). مطالعات دیگر نشان می‌دهد که کاربرد خارجی نیتریک اکسید موجب بهبود تنش اکسیداتیو ناشی از فلزات سنگین، شوری، دمای بالا، آب کشیدگی و غیره می‌شود (زانگ و همکاران، ۲۰۰۶؛ هسو و کائو، ۲۰۰۴ و لاسپینا و همکاران، ۲۰۰۵). نیتریک اکسید هم‌چنین در پاسخ به تنش‌های زنده و غیر زنده از قبیل خشکی، شوری، گرما، مقاومت به بیماری‌ها (گراسیا ماتا و لاماتینا، ۲۰۰۲؛ زائو و همکاران، ۲۰۰۴ و زانگ و همکاران، ۲۰۰۶)، تنش خشکی و تابش ماوراء بنفش (گراسیا ماتا و لاماتینا، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ و شی و همکاران، ۲۰۰۵) نقش دارد. نیتریک اکسید در تنش‌هایی از جمله تنش شوری (بیسوال و همکاران، ۲۰۰۱) و تنش آبی (میسرا و همکاران، ۲۰۰۲) موجب توسعه رشد و نمو می‌شود.

۲-۶-۴-۱- تنش عناصر سنگین

هسو و کائو (۲۰۰۴)، تأثیر مثبت سدیم نیتروپروساید را در شرایط تنش فلزات سنگین گزارش کردند. کوماری و همکاران (۲۰۱۰) با تحقیق روی گیاه نخود گزارش کردند که استفاده از سدیم نیتروپروساید به عنوان دهنده نیتریک اکسید موجب توسعه رشد گیاه در شرایط تنش کادمیوم شد و

هم‌چنین موجب کاهش میزان کادمیوم موجود در قسمت‌های مختلف گیاه شد. تنش کادمیوم موجب کاهش عملکرد دانه شد این در حالی است که کاربرد سدیم نیتروپروساید موجب افزایش عملکرد به میزان ۵۰ درصد نسبت به زمان عدم مصرف آن در تنش کادمیوم گردید. نقش حفاظتی سدیم نیتروپروساید در کاهش میزان H_2O_2 در برنج (هسو و کائو، ۲۰۰۴)، گندم تحت تنش کادمیوم (سینگ و همکاران، ۲۰۰۸)، تنش شوری در ریشه‌های خیار (شی و همکاران، ۲۰۰۷) و برگ‌های جو (لی و همکاران، ۲۰۰۸) گزارش شده است.

هسو و کائو (۲۰۰۴) گزارش کردند که غلظت‌های بالای کادمیوم نیز موجب کاهش محتوای کلروفیل در برگ‌های برنج شده است و وقتی که برگ‌ها با ترکیب رها کننده نیتریک اکسید، پیش تیمار شدند این اثر بر طرف شد. در این مورد به نظر می‌رسد که اثر نیتریک اکسید به واکنش آن با گونه‌های اکسیژن فعال بر می‌گردد، زیرا رادیکال‌های آزاد اکسیژن اصلی‌ترین عاملی هستند که در شرایط تنش موجب خسارت و شکستن رنگیزه‌های فتوسنتزی و پروتئین‌های ساختاری دستگاه فتوسنتزی می‌شوند. هم‌چنین پروتئین‌هایی که در متابولیسم کلروفیل شرکت می‌کنند نیز می‌توانند هدف گونه‌های اکسیژن فعال قرار گرفته، تخریب شوند (بلیگنی و لاماتینا، ۱۹۹۹).

لاسپینا و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که رشد گیاه آفتابگردان در مقابل تنش کادمیوم کاهش یافت و علایمی از قبیل کلروزه شدن برگ‌ها و لکه‌های نکروزه در برگ‌ها، کاهش در کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ بروز کرد ولی در گیاهانی که با ۰/۵ میلی مولار سدیم نیتروپروساید پیش تیمار شده بودند، این علایم کاهش یافت.

در تحقیقی که رئیسی و همکاران (۱۳۸۸) روی گیاه شاهی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تیمار ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید در گیاهان تحت تنش مس، موجب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی شد. ولی بر محتوای مس اندام هوایی در غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار مس، تأثیری نداشت در حالی که استفاده از غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرو مولار از این ماده در غلظت ۲۰۰

میکرو مولار مس، موجب کاهش تجمع این عنصر در اندام هوایی شد. بر اساس نتایج، تنش فلز سنگین مس موجب کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، b و کلروفیل کل در مقایسه با گیاهان شاهد شد. تیمار ۲۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید در مقایسه با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار آن موجب افزایش محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید در گیاهان تحت تنش فلز سنگین مس به اندازه گیاهان شاهد و یا بیش از آن شد.

گزارش شده است که با افزایش غلظت مس، درصد جوانه‌زنی دانه‌های گندم به تدریج کاهش می‌یابد ولی پیش تیمار سدیم نیتروپروساید درصد جوانه‌زنی بذرهای گندم را بهبود داد و تأثیر مهارکنندگی تنش مس بر جوانه‌زنی بذر را به تدریج کاهش داد (هو و همکاران، ۲۰۰۷). گرازیانو و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که سدیم نیتروپروساید کاملاً از کلروز بین رگبرگی برگ‌های ذرت در شرایط تنش مس جلوگیری کرد و محتوای کلروفیل را در مقایسه با گیاهان کنترل افزایش داد.

۲-۶-۴-۲- تنش شوری

شئوکاند و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد خارجی سدیم نیتروپروساید موجب کاهش خسارت به غشاء در گیاه نخود تحت تنش شوری شد، تأثیری بر میزان نسبی آب برگ نداشت و موجب افزایش ۳ درصدی در میزان کلروفیل گیاه شد. هم‌چنین سدیم نیتروپروساید موجب افزایش فعالیت کاتالاز و پراکسیداز به ترتیب به میزان ۷ و ۲۰ درصد شد. زائو و همکاران (۲۰۰۴) و زانگ و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند سدیم نیتروپروساید نقش محافظتی در تنش شوری در گیاهان ایفا می‌کند.

یکی از اثرات مضر تنش شوری روی گیاهان، تجمع یون‌های Na^+، Cl^- در برگ‌ها است که موجب به هم ریختگی توازن مواد غذایی می‌شود که این به کاهش جذب مواد ضروری از جمله K^+ منجر می‌شود (جان و همکاران، ۲۰۰۵). لوپز و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که استفاده از غلظت ۰/۲۵ میلی مولار از سدیم نیتروپروساید موجب کاهش غلظت Na^+ در زمان کاربرد ۱۰۰ میلی مولار

NaCl شد در حالی که کاربرد ۰/۵ و ۱ میلی مولار سدیم نیتروپروساید در ۱۰۰ میلی مولار NaCl تفاوتی با عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید نداشت. نسبت K^+/Na^+ به عنوان یک فاکتور در تحمل به شوری مطرح است (جان و همکاران، ۲۰۰۵). زمانی که از ۰/۲۵ میلی مولار سدیم نیتروپروساید استفاده شد این نسبت افزایش پیدا کرد.

۲- ۶-۴-۳- تنش سرمازدگی و تنش یخ زدگی

کاربرد خارجی سدیم نیتروپروساید موجب تجمع پرولین در چاودار شده است و در نتیجه موجب افزایش مقاومت گیاه به تنش سرما گردید (ما و همکاران، ۲۰۰۵). نیل و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که نیتریک اکسید موجب افزایش تحمل گیاه به تنش سرما در گوجه فرنگی، گندم و ذرت می‌شود.

۲-۶-۴-۴- تنش فرابنفش

مطالعات زیادی نشان داده است که تابش ماوراء بنفش منجر به تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شود. شی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که سدیم نیتروپروساید می‌تواند به طور مؤثر از گیاه در برابر تابش ماوراء بنفش محافظت کند. تیان و لی (۲۰۰۷) گزارش کردند که کاربرد ۰/۲ میلی مولار سدیم نیتروپروساید روی جوانه گندم تحت تنش خشکی و ماوراء بنفش، موجب بهبود رشد گیاه شد. میزان پرولین در گیاه کاهش یافت و موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شد و بنابراین میزان H_2O_2 و پراکسیداسیون لیپید را کاهش داد.

۲-۶-۴-۵- تنش کم آبی

در تحقیقی که فاروق و همکاران (۲۰۰۹) انجام دادند مشخص شد که تنش خشکی به طور معنی‌دار موجب کاهش رشد گیاهچه در برنج شد. در حالی که تیمار با سدیم نیتروپروساید موجب توسعه رشد گیاه در شرایط تنش خشکی شد. به هر حال کاربرد خارجی نیتریک اکسید به طور

معنی‌داری، جذب آب در گیاه را در تنش آبی افزایش می‌دهد. ماکزیمم ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک در گیاهانی دیده شد که با سدیم نیتروپروساید با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار تیمار شده بودند. نیل و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد خارجی سدیم نیتروپروساید، بسته شدن روزنه را تحریک و سلول‌ها را در برابر تنش اکسیداتیو محافظت می‌کند. به هر حال کاربرد خارجی سدیم نیتروپروساید، اثرات تنش خشکی را از طریق کاهش نفوذپذیری غشاء و نشت الکترولیت‌ها و هم‌چنین میزان H_2O_2 موجود در برگ کاهش می‌دهد.

اثر محافظتی سدیم نیتروپروساید بر خسارت غشاء تحت تنش خشکی توسط گراسیا ماتا و لاماتینا (۲۰۰۱) و وانگ و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شده است. در گیاه گندم، سدیم نیتروپروساید با غلظت ۰/۱ میلی مولار با جلوگیری از تخریب کلروفیل و پروتئین‌های محلول به خصوص روبیسکو، پیری را در برگ‌های جدا شده به تأخیر انداخت. درحالی‌که غلظت ۰/۵ میلی مولار سدیم نیتروپروساید، فرآیند پیری را تشویق کرد (تو و همکاران، ۲۰۰۳). هم‌چنین در برخی بررسی‌ها گزارش شده است که در حضور نیتریک اکسید، دسترسی گیاه به آهن بیشتر است و این نیز می‌تواند یکی از نقش‌های نیتریک اکسید در حفظ محتوای کلروفیل گیاه باشد (نیل و همکاران، ۲۰۰۳). لی و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که غلظت ۰/۲ میلی مولار سدیم نیتروپروساید در گیاهچه گندم سبب افزایش رشد، افزایش مقدار کلروفیل و کاهش پرولین گردید در حالی که غلظت ۲ میلی مولار از این ماده میزان رشد و محتوای کلروفیل را کاهش، ولی مقدار پرولین را افزایش داده است. گراسیا ماتا و لاماتینا (۲۰۰۱)، در مطالعه روی برگ‌های گیاه گندم مشاهده کردند که غلظت ۱۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش محتوای آب برگ گردید آن‌ها معتقدند که نیتریک اکسید رها شده از سدیم نیتروپروساید با بستن روزنه موجب این اثر می‌شود. در مطالعه مشابهی زینگ و همکاران (۲۰۰۴) اثر نیتریک اکسید و گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن در محتوای آب برگ و مقدار اسید آبسیزیک در گیاهچه‌های گندم را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که نیتریک اکسید سبب نگه‌داری آب برگ می‌شود و یکی از مکانیسم‌های احتمالی آن تحریک سنتز اسید آبسیزیک

است. کولبرت و همکاران (۲۰۰۵) مشاهده کردند که تنش اسمزی ناشی از تیمار پلی اتیلن گلیکول موجب سنتز نیتریک اکسید در ریشه گیاه نخود فرنگی شده است. آن‌ها گزارش کردند که محل سنتز نیتریک اکسید در منطقه مریستمی و طویل شدن ریشه قرار دارد و نشان دهنده نقش احتمالی نیتریک اکسید در احساس تنش خشکی است. نقش حفاظتی نیتریک اکسید بستگی به غلظت آن، گونه گیاهی و شرایط تنش دارد.

نیتریک اکسید موجب افزایش تحمل به خشکی در برگ‌های جدا شده و جوانه‌های گندم شد (گراسیا ماتا و لاماتینا، ۲۰۰۱). در تحقیقی که توسط نصیبی (۱۳۹۰) انجام شد مشخص شد که گیاهان گوجه فرنگی تیمار شده با پلی اتیلن گلیکول، کاهش معنی‌داری در محتوای کلروفیل کل نشان داد. نتایج نشان داد که پیش تیمار گیاهان با ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی به کلروفیل شد ولی وقتی گیاهان با ۵۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید پیش تیمار شدند، مقدار کلروفیل کل در گیاهان شاهد و تحت تنش کمتر از گیاهانی بود که فقط تنش خشکی دریافت کرده بودند. وقتی گیاهان با غلظت پایین سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) پیش تیمار شدند و سپس در معرض خشکی، قرار گرفتند، آثار مضر خشکی بر غشاء کاهش یافت. این اثر می‌تواند به توانایی نیتریک اکسید در جمع‌آوری گونه‌های اکسیژن فعال، مربوط باشد. در این مطالعه به نظر می‌رسد که ماده رها کننده نیتریک اکسید در غلظت‌های پایین (۱۰۰ میکرو مولار) مانع عملکرد گونه‌های اکسیژن فعال می‌شود و خسارات ناشی از این رادیکال‌های اکسیژن کاهش می‌یابد. البته باید این نکته را نیز مد نظر داشت که غلظت‌های بالای سدیم نیتروپروساید نقش همکاری با گونه‌های اکسیژن فعال را دارند و شدت تنش را افزایش می‌دهند که این غلظت در گیاهان مختلف، متفاوت است.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود آزادشهر) اجرا شد. شهر بسطام در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ۵۵ دقیقه طول شمالی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است و میانگین بارندگی سالانه در این منطقه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر است و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شاهرود، در سال زراعی ۹۰- ۸۹ مجموع بارندگی در این منطقه ۱۵۳/۹ میلی‌متر و میانگین حداقل و حداکثر دمای روزانه به ترتیب ۸/۹ و ۲۰/۲ درجه سانتی‌گراد بوده است. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه نیز در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری گردید که در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

۳-۲- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۲ سطح آبیاری هر ۸ روز یکبار (عدم تنش) و هر ۱۶ روز یکبار (تنش کم‌آبیاری) به عنوان فاکتور اصلی و ۳ سطح اسید آسکوربیک (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی مولار) و ۳ سطح سدیم نیتروپروساید (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار) به عنوان فاکتورهای فرعی بودند (جدول ۳-۲). تعداد تیمارها در مجموع ۱۸ و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۵۴ کرت بود. نقشه کشت در شکل ۳-۱ ترسیم گردیده است.

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

درصد اشباع(SP)	۳۳/۲	درصد
هدایت الکتریکی($Ec\times 10^3$)	۷/۳۴	دسی‌زیمنس بر متر
اسیدیته گل اشباع(pH of pasta)	۸/۰۵	-
درصد مواد خنثی شونده(T.N.V.)	۲۵/۵	درصد
کربن آلی(O.C)	۰/۵۹	درصد
ازت کل(Total N)	۰/۱۰۵	درصد
فسفر قابل جذب (P (ava	۴۴/۵	پی‌پی‌ام
پتاسیم قابل جذب (K (ava	۲۲۱/۰	پی‌پی‌ام
رس (Clay)	۳۴	درصد
لای (Silt)	۵۰/۰	درصد
شن (Sand)	۱۶/۰	درصد
درصد رطوبت	۲/۳	درصد
نسبت جذب سدیم (SAR)	۱/۸	-
مجموع کاتیون‌ها	۷۴/۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Na^+	۱۰/۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Mg^{2+}	۱۲/۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Ca^{2+}	۵۲/۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
مجموع آنیون‌ها	۷۳/۲	میلی‌اکی‌والان در لیتر
SO_4^{2-}	۳۸/۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Cl^-	۳۰/۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
HCO_3^-	۵/۲	میلی‌اکی‌والان در لیتر
CO_3^-	۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر

	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
تکرار ۱	b_1	b_1	b_1	b_2	b_2	b_2	b_3	b_3	b_3	b_2	b_2	b_3	b_1	b_2	b_1	b_3	b_1	b_3
	c_1	c_2	c_3	c_1	c_2	c_3	c_1	c_2	c_3	c_1	c_3	c_3	c_1	c_2	c_3	c_1	c_2	c_2
	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1
تکرار ۲	b_1	b_3	b_2	b_1	b_3	b_2	b_1	b_2	b_3	b_2	b_1	b_3	b_3	b_1	b_2	b_3	b_1	b_2
	c_3	c_3	c_1	c_1	c_2	c_3	c_2	c_2	c_1	c_3	c_2	c_3	c_1	c_1	c_1	c_2	c_3	c_2
	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
تکرار ۳	b_2	b_3	b_1	b_2	b_3	b_1	b_2	b_3	b_1	b_1	b_2	b_3	b_1	b_2	b_3	b_1	b_3	b_2
	c_2	c_3	c_1	c_1	c_1	c_2	c_3	c_2	c_3	c_2	c_1	c_1	c_3	c_3	c_3	c_1	c_2	c_2

تنش: a_1 (۱۶روز)، a_2 (۸ روز)

غلظت سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار): b_1 (صفر)، b_2 (۵۰)، b_3 (۱۰۰)

غلظت اسید آسکوربیک (میلی مولار): c_1 (صفر)، c_2 (۱۰)، c_3 (۲۰)

شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

عدم محلول‌پاشی در شرایط تنش	$a_1b_1c_1$
محلول‌پاشی با غلظت ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش	$a_1b_1c_2$
محلول‌پاشی با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش	$a_1b_1c_3$
محلول‌پاشی با ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش	$a_1b_2c_1$
محلول‌پاشی با غلظت ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش	$a_1b_2c_2$
محلول‌پاشی با غلظت ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش	$a_1b_2c_3$
محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش	$a_1b_3c_1$
محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش	$a_1b_3c_2$
محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش	$a_1b_3c_3$
عدم محلول‌پاشی در شرایط عدم تنش	$a_2b_1c_1$
محلول‌پاشی با غلظت ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش	$a_2b_1c_2$
محلول‌پاشی با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش	$a_2b_1c_3$
محلول‌پاشی با غلظت ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید در شرایط عدم تنش	$a_2b_2c_1$
محلول‌پاشی با غلظت ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش	$a_2b_2c_2$
محلول‌پاشی با غلظت ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش	$a_2b_2c_3$
محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید در شرایط عدم تنش	$a_2b_3c_1$
محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش	$a_2b_3c_2$
محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش	$a_2b_3c_2$

۳-۳- عملیات اجرایی

۳-۳-۱- آماده‌سازی زمین

زمین در سال قبل به صورت آیش بود. ده روز قبل از کاشت در تاریخ ۱۹ اردیبهشت ۱۳۹۰ اقدام به آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دیسک گردید. سپس ابعاد کرت‌ها تعیین شد. هر کرت شامل ۴ خط به طول ۵ متر با فاصله بین خطوط ۵۵ سانتی‌متر بود. دو خط کناری به عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد. به منظور جلوگیری از تداخل تیمار آبیاری بین بلوک‌های تنش در هر تکرار ۲ خط نکاشت قرار داده شد.

۳-۳-۲- کاشت

عملیات کاشت در تاریخ ۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۰ با دست و در عمق ۲ سانتی‌متری انجام شد. بذر گلرنگ مورد استفاده، رقم گلدشت بود که بذر با قارچ‌کش تیمار شده بود.

۳-۳-۳- داشت

آبیاری به صورت جوی و پشته انجام شد. از هنگام کاشت تا استقرار کامل بوته‌ها آبیاری به طور مرتب هر ۸ روز یکبار انجام شد. سه بار وجین کامل علف‌های هرز توسط دست انجام شد. به منظور مقابله با سفیدک سطحی از قارچ کش دینوکاپ استفاده گردید.

۳-۳-۴- اعمال تیمار ها

پس از استقرار کامل بوته‌ها اقدام به اعمال تیمارهای تنش کم‌آبیاری گردید. برای اعمال تیمارهای تنش و عدم تنش به ترتیب دور آبیاری ۱۶ و ۸ روز در نظر گرفته شد. اولین و دومین محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید به ترتیب در ۶۳ و ۷۰ روز پس از کاشت انجام شد و در مورد اسید آسکوربیک در ۶۵ و ۷۲ روز پس از کاشت صورت پذیرفت. محلول‌پاشی‌ها در ساعت ۴ بعد از ظهر و در هوای صاف و ملایم اعمال شد. طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند. به منظور بهبود جذب

برگی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید، از تریتون X100 با غلظت ۰/۰۱ درصد به عنوان روکنشگر استفاده شد.

۳-۳-۵- برداشت

در تاریخ ۲۲ شهریور (۱۱۲ روز پس از کاشت) تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت توسط دست برداشت شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شد و صفات مورد نظر، بررسی و اندازه‌گیری گردید.

۳-۴- نمونه برداری جهت صفات مرفولوژیکی

پس از اعمال کلیه تیمارها، نمونه برداری‌ها به روش تخریبی در طول فصل رشد انجام شد. در کل ۲ نمونه برداری در زمان‌های ۷۷ و ۱۰۷ روز پس از کاشت صورت گرفت، از هر کرت پس از حذف یک ردیف از گیاهانی که در رقابت شرکت نداشتند (به عنوان حاشیه)، ۵ بوته به عنوان معیار آن کرت برداشت گردید. نمونه برداری نهایی، ۱۱۲ روز پس از کاشت انجام شد که در این نمونه برداری پس از حذف حاشیه، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به عنوان نمونه آن کرت برداشت گردید. نمونه‌ها پس از برداشت در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شدند و جهت تعیین برخی صفات به آزمایشگاه انتقال داده شد.

۳-۵- صفات زراعی و مرفولوژیک

۳-۵-۱- وزن خشک ساقه، برگ و طبق

نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به چند بخش ساقه، برگ، طبق بارور و طبق نابارور تفکیک شدند و به طور مجزا در پاکت قرار داده شده و توسط دستگاه آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند. سپس با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ وزن شدند. مقادیر به دست آمده بر حسب گرم در متر مربع محاسبه گردیدند. وزن خشک کل نیز محاسبه گردید. این صفت از مجموع وزن خشک برگ، ساقه، طبق بارور و نابارور هر نمونه بر حسب گرم در متر مربع به دست آمد.

۳-۵-۲- شاخص سطح برگ

صفت شاخص سطح برگ به منظور بررسی نسبت سطح سبز برای تولید مواد فتوسنتزی در مزرعه اندازه‌گیری می‌شود. سطح برگ نمونه‌ها پس از جداسازی توسط کاغذ شطرنجی تعیین شد. سپس بر حسب متر مربع سطح برگ در متر مربع سطح زمین محاسبه شد.

۳-۵-۳- قطر و ارتفاع ساقه

قطر ساقه اصلی از فاصله ۵ سانتی‌متری از سطح زمین، با استفاده از کولیس دیجیتالی روی ۵ بوته اندازه‌گیری شد. سپس میانگین آن محاسبه گردید. ارتفاع ساقه اصلی در هر ۵ بوته با استفاده از خط‌کش معمولی اندازه‌گیری شد و سپس میانگین آن‌ها محاسبه گردید و مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۵-۴- قطر طبق

این صفت از این جهت مهم است که هر چه قطر طبق بیشتر باشد تعداد دانه بیشتر و بزرگ‌تری را می‌تواند در خود جای دهد. در این آزمایش از هر بوته به طور تصادفی قطر ۵ طبق با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد و در نهایت از میانگین آن‌ها برای انجام محاسبات استفاده گردید.

۳-۵-۵- ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین

ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین در ۵ بوته با استفاده از خط‌کش معمولی اندازه‌گیری شد و در نهایت از میانگین آن‌ها برای انجام محاسبات استفاده گردید.

۳-۶- صفات فیزیولوژیک

۳-۶-۱- مقدار نسبی آب برگ[1]

مقدار نسبی آب برگ در ۸۴ روز پس از کاشت قبل از انجام آبیاری اندازه‌گیری شد. برای این منظور در هر کرت چند بوته به طور تصادفی انتخاب شدند و از قسمت یک سوم بالای گیاه، برگ‌های همسن قطع گردیدند. برگ‌های مربوط به هر کرت به طور مجزا در یک پوشش پلاستیکی داخل یخدان به آزمایشگاه انتقال یافتند. در آزمایشگاه با ترازوی با دقت ۰/۰۱ وزن گردیدند (وزن تر) و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (کرامر، ۱۹۸۳). پس از این مدت برگ‌ها از آب مقطر خارج شدند و بعد از این که آب روی آن‌ها با کاغذ صافی خشک شد مجدداً وزن شدند (وزن اشباع). پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و سپس وزن شدند (وزن خشک). محاسبه مقدار آب نسبی با استفاده از رابطه زیر صورت گرفت.

فرمول (۳-۱) ۱۰۰* ((وزن خشک – وزن اشباع) / (وزن خشک – وزن تر)) = مقدار نسبی آب برگ

۳-۶-۲- پایداری غشای پلاسمایی

در ۸۴ روز پس از کاشت به طور تصادفی چند گیاه از هر کرت انتخاب شد و از قسمت یک سوم بالایی کانوپی برگ‌های همسن برداشت گردیدند و به طور مجزا درون پاکت‌های پلاستیکی قرار

[1] - RWC: Relative Water Content

داده شدند و به وسیله یخدان به آزمایشگاه منتقل شدند. از نمونه‌ها دیسک برگی تهیه شد و مقدار ۰/۱ گرم از آن درون فالکون تیوپ قرار گرفت و ۱۰ میلی لیتر آب مقطر روی آن‌ها ریخته شد. فالکون تیوپ‌ها به مدت ۱۵ دقیقه درون اتوکلاو در دمای ۱۰۰ درجه قرار داده شدند. به طور مشابه یکسری دیگر نمونه در فالکون تیوپ قرار گرفتند و به مدت نیم ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها از آون و اتوکلاو خارج شدند و در محیط آزمایشگاه قرار داده شدند تا دمای آن به ۲۵ درجه سانتی‌گراد برسد. بعد با استفاده از دستگاه EC متر، EC مربوط به هر فالکون تیوپ اندازه‌گیری شد و در نهایت با استفاده از فرمول ۳-۲ شاخص پایداری غشاء محاسبه گردید.

فرمول (۳-۲) شاخص پایداری غشای پلاسمایی = $(1 - c_1/c_2) * 100$

در این فرمول c_1 و c_2 به ترتیب مقدار Ec در دمای ۴۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می باشد.

۳-۶-۳- کلروفیل

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ، در ۸۳ روز پس از کاشت به طور تصادفی از چند گیاه در هر کرت، از برگ‌های همسن نمونه برداری انجام شد. به این صورت که برگ‌های همسن در قسمت یک سوم بالا، وسط و پایین در هر کرت نمونه برداری شدند.

اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئید با استفاده از روش بدون لهیدگی صورت گرفت. به این طریق که نمونه‌های برگی (۰/۵ گرم) در ۵ میلی‌لیتر از دی متیل سولفوکسید، در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، کلروفیل اندازه‌گیری گردید. میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۵، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر ثبت گردید. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید محاسبه گردید (پروچازکا و همکاران، ۱۹۹۸).

فرمول (۳-۳) $Chl\ a = (12.19\ A665) - (3.45\ A645)$

فرمول (۳-۴) $Chl\ b = (21.99\ A645 - 5.32\ A665)$

فرمول (۳-۵) $Chl\ t = Chl\ a + Chl\ b$

فرمول (۳-۶) $Carotenoeid = (1000\ A470 - 2.14\ Chl\ a - 70.16\ Chl\ b) / 220$

۳-۷- عملکرد

مهم‌ترین عامل در تولید گیاهان زراعی میزان عملکرد دانه محسوب می‌شود. عملکرد توسط تعداد ۱۰ بوته برداشت شده از هر کرت تعیین گردید. به این صورت که طبق‌های هر بوته جدا شد و سپس دانه‌های موجود در هر طبق جداسازی شد و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد و در نهایت عملکرد بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید.

۳-۸- صفات کیفی

۳-۸-۱- درصد و عملکرد روغن

روغن موجود در بذر گلرنگ با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین گردید. برای این منظور نمونه‌ها از قبل به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۸ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس پودر شدند. مقدار ۳ گرم از هر نمونه در کاغذ صافی پیچیده و داخل اکسترکتور دستگاه قرار داده شد. بالن‌ها به مدت ۲ تا ۳ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد داخل آون خشک شدند. سپس به دسیکاتور منتقل و پس از هم دما شدن با محیط توزین شدند و روی صفحه گرم کننده[1] دستگاه قرار گرفتند. داخل بالن‌ها با مقدار مشخصی پترولیوم اتر به عنوان حلال آلی پر شد. اکسترکتور روی دهانه

[1] -Hot plate

بالن قرار گرفت و سپس مبرد روی اکسترکتور قرار داده شد. دستگاه با کلید اصلی روشن و دما برای همه نمونه‌ها روی ۶۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. فرآیند استخراج ۸ ساعت به طول انجامید. پس از این مدت، دستگاه خاموش و حلال جمع شده در داخل اکسترکتور از طریق شیر مخصوص تخلیه خارج گردید. بالن‌ها به زیر هود منتقل شدند تا باقی مانده اتر از بین برود. آن‌ها را به داخل آون منتقل کرده و به مدت ۱ ساعت با دمای ۷۰ و سپس به مدت ۱/۵ ساعت با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند. بالن‌ها به دیسکاتور منتقل و بعد از سرد شدن توزین گردیدند. برای محاسبه درصد روغن موجود در نمونه‌ها از فرمول ۳- ۷ استفاده گردید.

فرمول(۳- ۷) ۱۰۰ * (وزن ثانویه بالن- وزن اولیه بالن) = درصد روغن موجود در نمونه

برای محاسبه عملکرد روغن دانه از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه استفاده گردید.

۳-۸-۲- درصد پروتئین

درصد پروتئین با استفاده از دستگاه کجلدال مدل گرهارت[1] ساخت آلمان اندازه‌گیری گردید. به این صورت که ۰/۵ گرم نمونه آسیاب شده به همراه ۸ گرم کاتالیزور و ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد در تیوپ دستگاه ریخته شد و تیوپ در دستگاه هضم کجلدال قرار گرفت. ابتدا درجه دستگاه هضم روی ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. بعد از آن به تدریج دما به ۳۸۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد و از زمانی که دمای ۳۸۰ درجه سانتی‌گراد ثابت شد حدود یک ساعت و نیم عمل هضم ادامه یافت. با مشاهده رنگ محلول سبز شفاف مرحله هضم به اتمام رسیده پس از سرد شدن محلول‌ها، محلول سفید رنگی به دست آمد. در مرحله بعد تیوپ‌های حاصل از مرحله هضم پروتئین، در دستگاه تقطیر قرار گرفتند. در ارلن جمع آوری کننده گازها، ۶۰ میلی لیتر اسید بوریک ۲ درصد به همراه معرف متیل رد، بروموکروزول سبز (۳ تا ۵ قطره) و سود سوز آور ۴۰ درصد وجود داشت.

[1] - Gerhardt

در نهایت طی مرحله تیتراسیون، ارلن حاوی گازهای جمع‌آوری شده با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تیتر شد. سپس با استفاده از فرمول ۳-۸ درصد نیتروژن موجود در نمونه محاسبه گردید. درصد پروتئین با استفاده از ضریب ۶/۲۵ و مطابق فرمول ۳-۹ محاسبه گردید.

فرمول (۳- ۸) وزن نمونه / {$(V_s - V_b)$} * نرمالیته اسید مصرفی * ۱/۴۰۰۸ }= درصد نیتروژن

V_s مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون نمونه (اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال)

V_b مقدار اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرفی برای تیتراسیون نمونه شاهد

فرمول (۳-۹) ۶/۲۵ * درصد نیتروژن = درصد پروتئین

۳-۹- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTATC و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

فصل چهارم

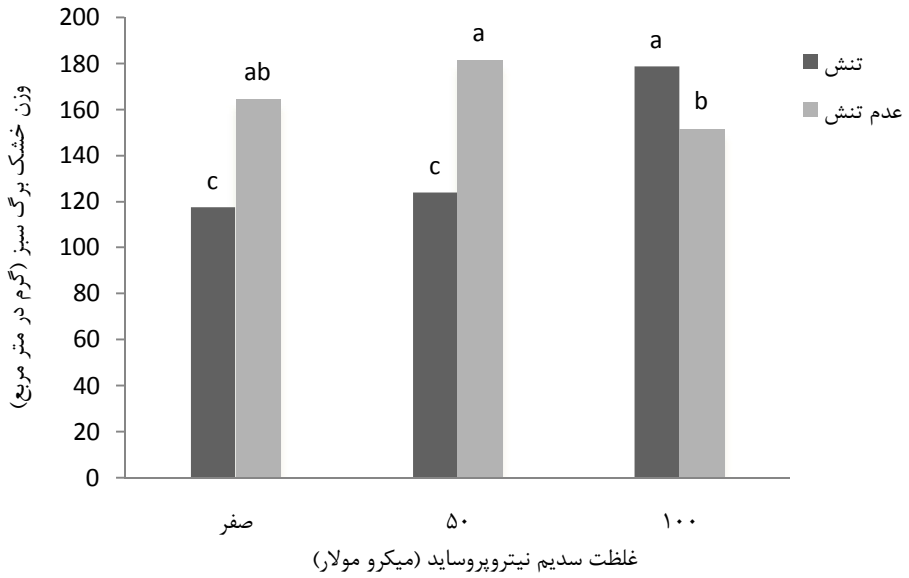
نتایج و بحث

۴-۱- ماده خشک

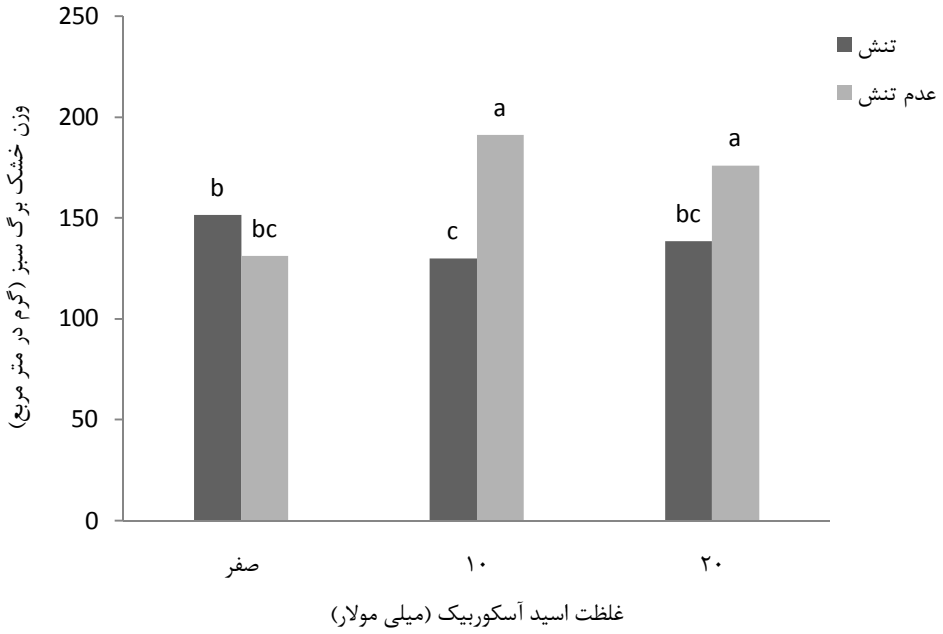
۴-۱-۱- وزن خشک برگ سبز

جدول پیوست ۱ نشان داد که اثر همه عوامل مورد بررسی بر وزن خشک برگ سبز معنی‌دار بود. همان‌طور که در شکل ۴-۱ مشاهده می‌شود دور آبیاری ۱۶روز و عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید در مقایسه با سایر ترکیبات تیماری کمترین وزن خشک برگ سبز (معادل ۱۱۷/۳۸ گرم در متر مربع) را به خود اختصاص داد. محلول‌پاشی با غلظت پایین سدیم نیتروپروساید (۵۰ میکرو مولار) در شرایط تنش تأثیر معنی‌داری بر صفت وزن خشک برگ سبز نداشت ولی دو برابر شدن غلظت این ماده در همین شرایط ماده خشک برگ سبز را به طور قابل توجهی بهبود بخشید و به ۱۷۸/۵۳ گرم در متر مربع رساند که بسیار نزدیک به بالاترین مقدار ثبت شده در ترکیب تیماری عدم تنش در ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید (معادل ۱۸۱/۴۵ گرم در متر مربع) بود (شکل ۴-۱). از بین ترکیبات تیماری تنش و اسید آسکوربیک، استفاده از دور آبیاری ۸ روز به همراه سطح دوم و سوم اسید آسکوربیک مقادیر بالایی از وزن خشک برگ سبز را به نمایش گذاشتند که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با سایر ترکیبات تیماری مورد نظر داشتند. در شرایط تنش محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک تأثیر قابل توجهی بر این صفت نداشت (شکل ۴-۲). نتایج نشان داد وزن خشک برگ سبز گیاهانی که در معرض کاربرد همزمان ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک، و هم‌چنین ترکیب تیماری ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید همزمان با کاربرد ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک قرار گرفتند به طور معنی‌داری بیشتر از سایر گیاهان بود (شکل ۴-۳). هم‌چنین در شکل ۴-۳ مشاهده می‌شود که در شرایط عدم استفاده از اسید آسکوربیک، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و افزایش غلظت آن تجمع ماده خشک در برگ را افزایش داد. بررسی جدول پیوست ۲۹ نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک برگ سبز مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش

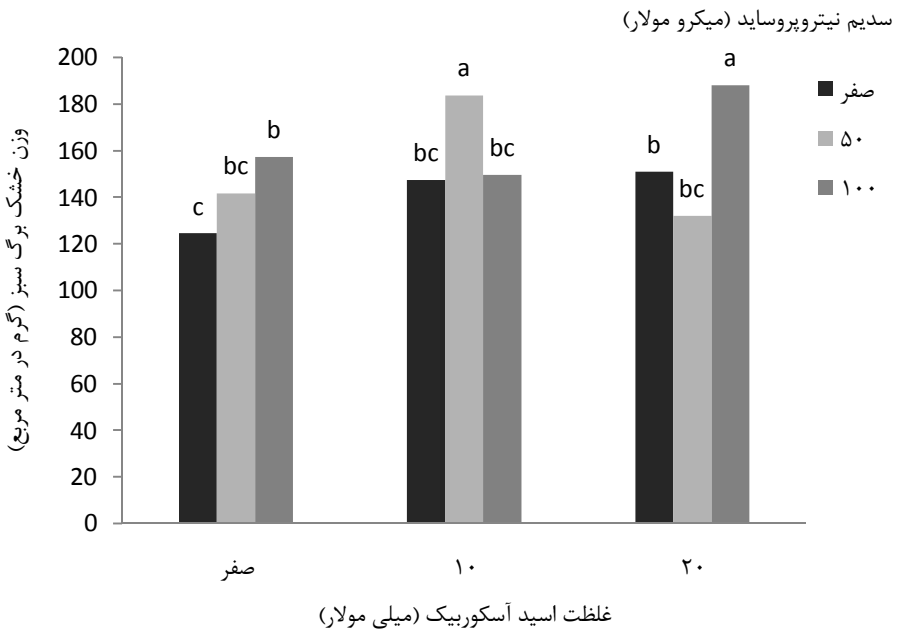
در ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید به همراه محلول‌پاشی ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بود (معادل ۲۴۲/۲۲ گرم در متر مربع) که نسبت به شاهد ۱۰۶/۵۶ گرم در متر مربع افزایش را نشان داد.



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ سبز تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم-آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در ۷۷ روز پس از کاشت



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ سبز تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم-آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت

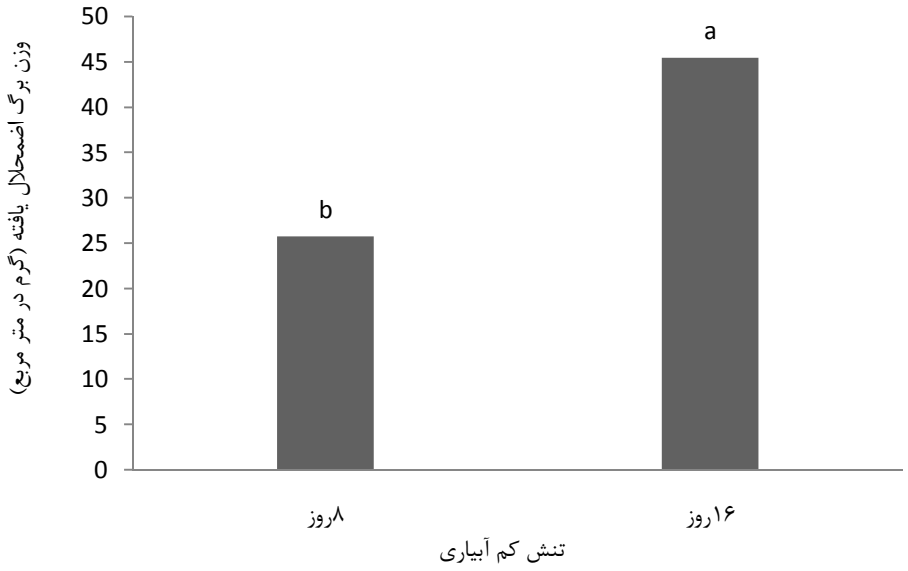


شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک برگ سبز تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت

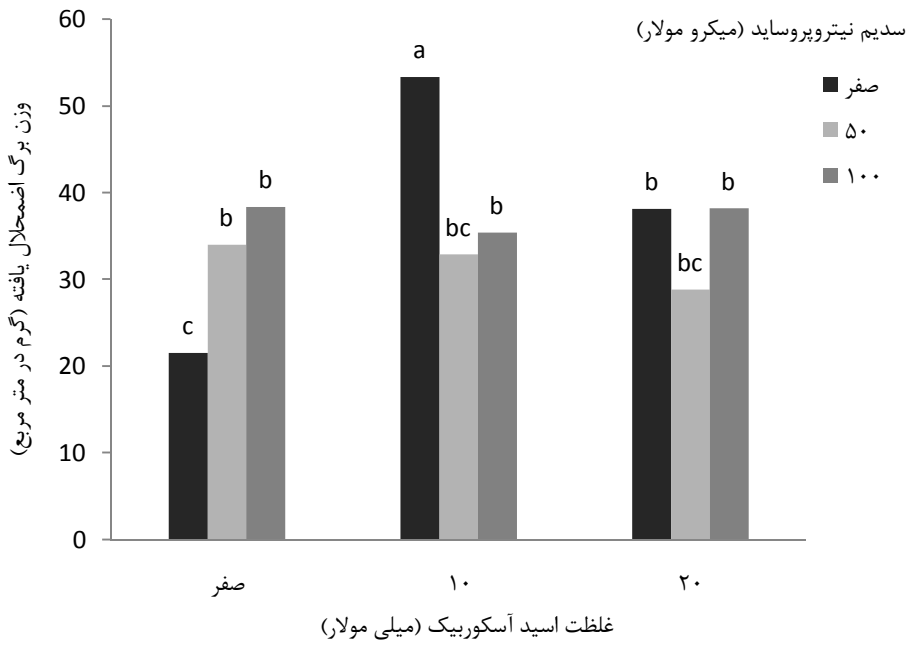
۴-۱-۲- وزن خشک برگ اضمحلال یافته

وزن خشک برگ اضمحلال یافته تحت تأثیر تنش، محلول‌پاشی اسید آسکوربیک، اثر متقابل سدیم نیتروپروساید در اسید آسکوربیک و اثر سه‌جانبه عامل‌ها قرار گرفت (جدول پیوست ۱). دو برابر شدن دور آبیاری موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ اضمحلال یافته گردید و از حدود ۲۵ گرم در متر مربع به ۴۵/۴۷ گرم در متر مربع رسید (شکل ۴-۴). بر اساس نتایج به دست آمده محلول-پاشی با اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید هم به تنهایی و هم توأم با هم منجر به افزایش اضمحلال برگ گردید. کمترین وزن خشک برگ‌های اضمحلال یافته با میانگینی معادل ۲۱ گرم در متر مربع از تیمار شاهد به دست آمد. در شرایط عدم استفاده از اسید آسکوربیک، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و افزایش غلظت آن موجب تشدید پیری برگ شد. ولی در مجموع بیشترین وزن خشک برگ اضمحلال یافته از ترکیب تیماری اسید آسکوربیک ۱۰ میلی مولار در عدم محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید حاصل گردید (شکل ۴-۵). ترکیب تیماری تنش همراه با عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید و کاربرد ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بیشترین وزن خشک برگ اضمحلال یافته را

به خود اختصاص داد (معادل ۶۷/۸۷ گرم در متر مربع) که نسبت به شاهد ۴۲/۵۱ درصد افزایش را نشان داد (جدول پیوست ۲۹). کمترین میزان این صفت نیز مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش در ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید همراه با عدم کاربرد اسید آسکوربیک بود که معادل ۱۷/۲۳ گرم در متر مربع شد (جدول پیوست ۲۹). تو و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که ۰/۱ میلی مولار سدیم نیتروپروساید، پیری را در برگ‌های گندم به تأخیر می‌اندازد در حالی که ۰/۵ میلی مولار آن موجب تسریع پیری می‌شود.



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ اضمحلال یافته تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری در ۷۷ روز پس از کاشت



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک برگ اضمحلال یافته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت

۴-۱-۳- وزن خشک کل برگ

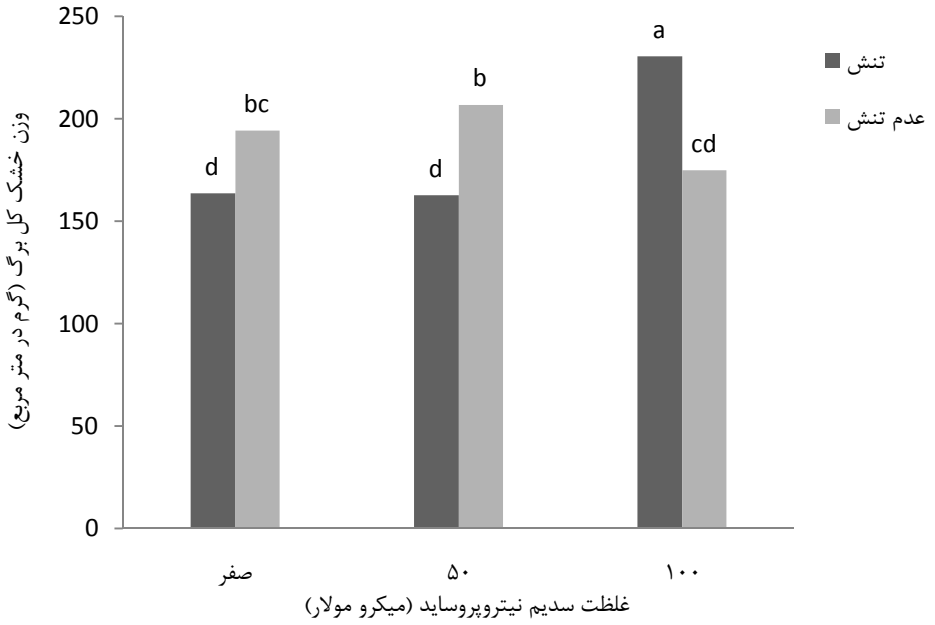
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که سدیم نیتروپروساید، اسید آسکوربیک و همه اثرات متقابل حاصل از عامل‌ها در سطح ۱ درصد بر وزن خشک کل برگ در ۷۷ روز پس از کاشت تأثیر گذاشتند (جدول پیوست ۱). شکل ۴-۶ بیانگر این است که در شرایط تنش وزن خشک کل برگ کاهش یافت. در این شرایط کاربرد بالاترین سطح سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) سبب افزایش معنی‌دار ۴۱ درصدی وزن خشک کل برگ نسبت به شاهد و سطح دوم این ماده گردید. محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک در شرایط تنش تأثیری بر این صفت نداشت در حالی که کاربرد ۱۰ و ۲۰ میلی مولار این ماده در شرایط عدم تنش به ترتیب موجب افزایش ۴۷/۹۶ و ۳۲/۸۵ درصدی این صفت گردید (شکل ۴-۷). تیمار شاهد کمترین وزن خشک کل برگ را به خود اختصاص داد. بیشترین وزن خشک کل برگ مربوط به ترکیب تیماری اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی مولار در سدیم نیتروپروساید با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار بود که موجب افزایش ۵۴/۸۷ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید (شکل ۴-۸).

ترکیب تیماری عدم تنش در ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک کل برگ نسبت به شاهد در ۷۷ روز پس از کاشت گردید. به گونه‌ای که این صفت را از ۱۵۳/۳۶ گرم در متر مربع به ۲۷۹/۶۰ گرم در متر مربع رساند (جدول پیوست ۲۹).

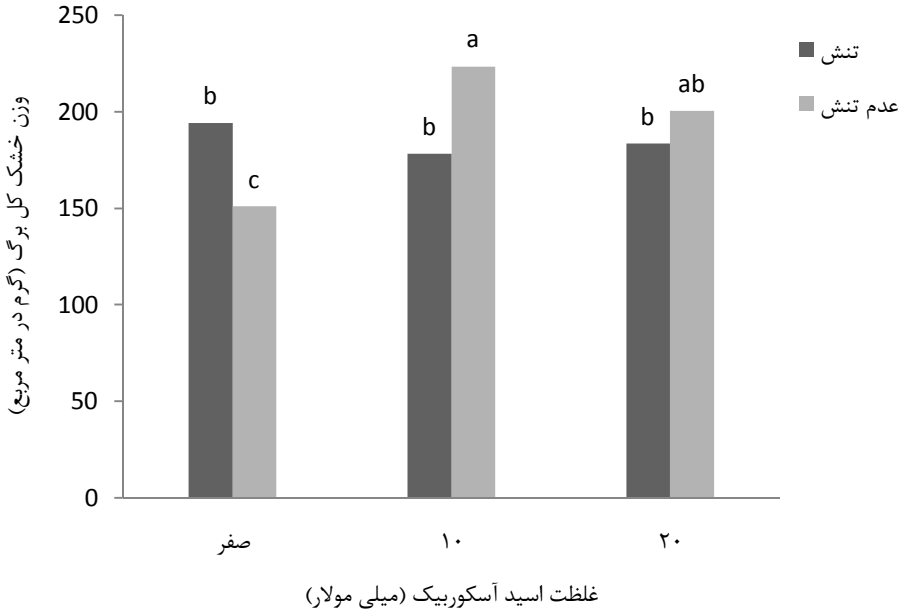
همان‌طور که در جدول پیوست ۵ مشاهده می‌شود تنش (P<۰/۰۱)، سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۵) و اسید آسکوربیک (P<۰/۰۱) بر وزن خشک برگ در ۱۰۷ روز پس از کاشت تأثیر گذاشتند. اثرات متقابل نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند. شکل ۴-۹ و جدول پیوست ۶ بیانگر این است که تنش موجب کاهش وزن خشک برگ گردیده است. طیبی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ در گلرنگ می‌شود. زمانی که سدیم نیتروپروساید با غلظت ۵۰ میکرو مولار در شرایط تنش استفاده شد وزن خشک برگ به میزان ۱۳/۴ درصد کاهش پیدا کرد. نتایج نشان داد در دور آبیاری ۸ روز استفاده از بالاترین سطح سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) موجب کاهش وزن خشک برگ شد و به ۱۶۰/۹۵ گرم در متر مربع رسید (شکل ۴-۹).

محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در شرایط تنش تأثیری بر این صفت نداشت ولی استفاده از هر دو سطح این ماده در شرایط عدم تنش موجب کاهش معنی‌دار و ۱۹ درصدی وزن خشک برگ شد (شکل ۴-۱۰). از بین ترکیبات تیماری کاربرد اسید آسکوربیک ۱۰ میلی مولار در سدیم نیتروپروساید صفر میکرو مولار بیشترین وزن خشک برگ (معادل ۱۷۵/۲۹ گرم در متر مربع) را به خود اختصاص داد این در حالی است که ترکیب تیماری ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید کمترین میزان وزن خشک برگ (معادل ۱۲۱/۴۷ گرم در متر مربع) را دارا بود (شکل ۴-۱۱). بررسی جدول پیوست ۲۹ نشان داد که در شرایط عدم تنش، استفاده از ۵۰ میکرو مولار

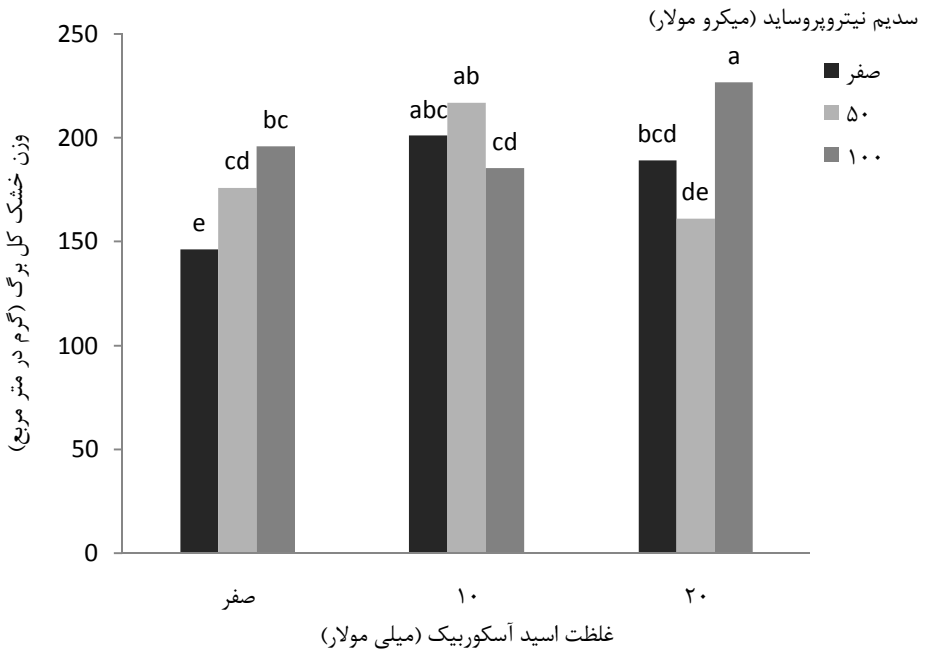
سدیم نیتروپروساید به همراه عدم کاربرد اسید آسکوربیک موجب افزایش وزن خشک برگ به میزان ۶۲/۹۱ گرم در متر مربع نسبت به شاهد گردید.



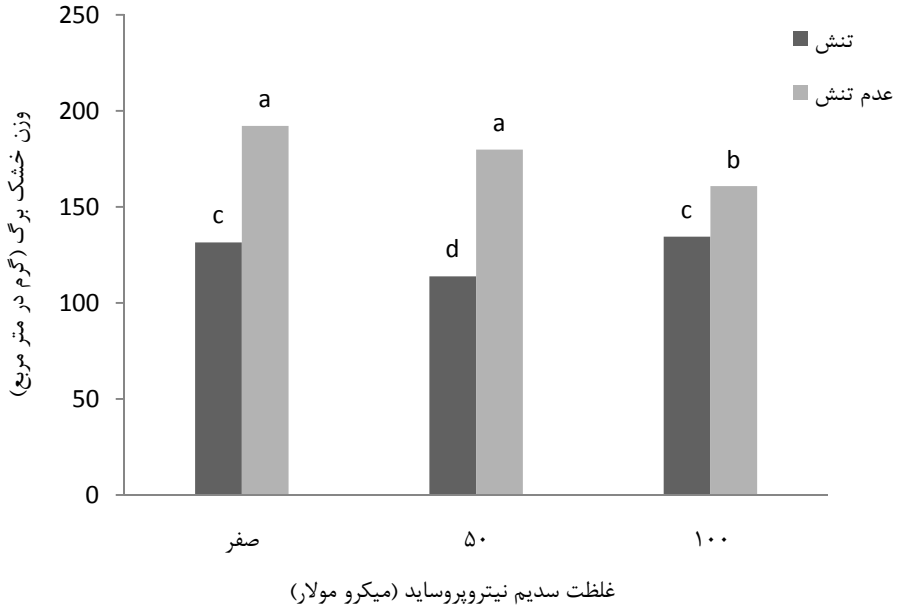
شکل ۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک کل برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم-آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در ۷۷ روز پس از کاشت



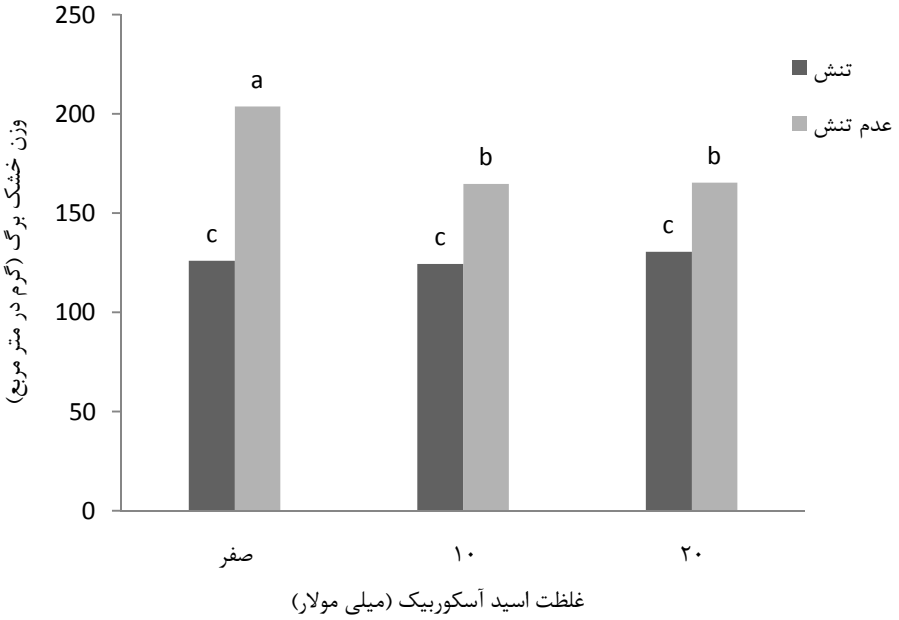
شکل ۴-۷- مقایسه میانگین وزن خشک کل برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم-آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت



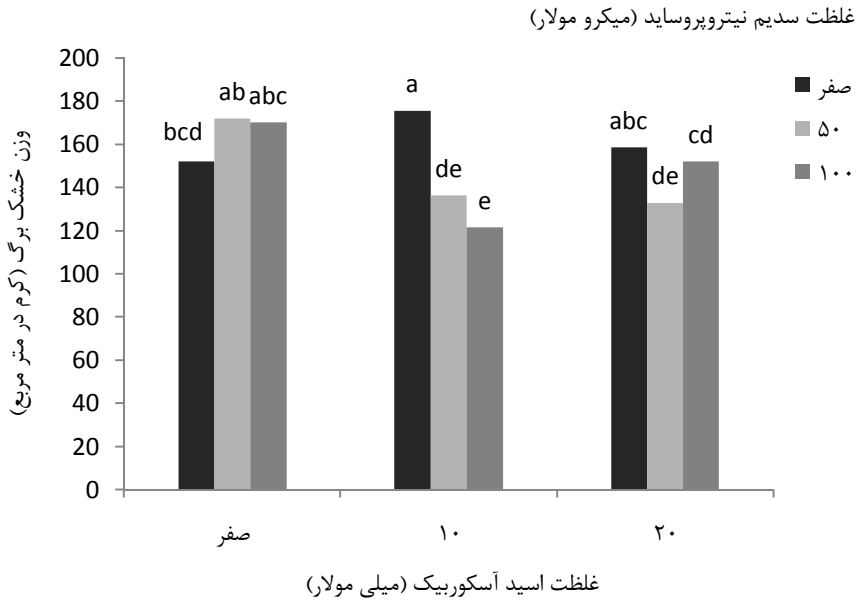
شکل ۴-۸- مقایسه میانگین وزن خشک کل برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در ۱۰۷ روز پس از کاشت



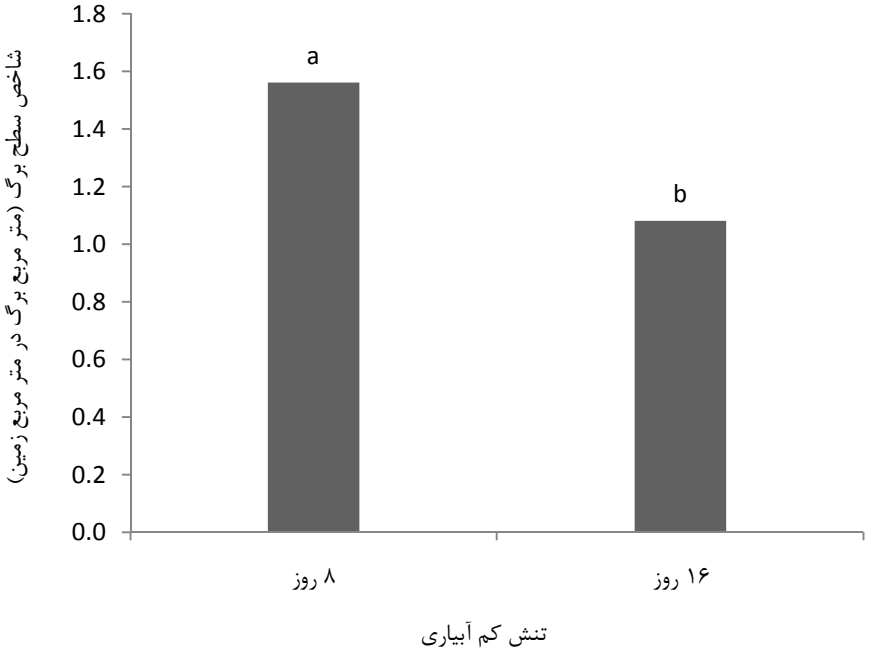
شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت



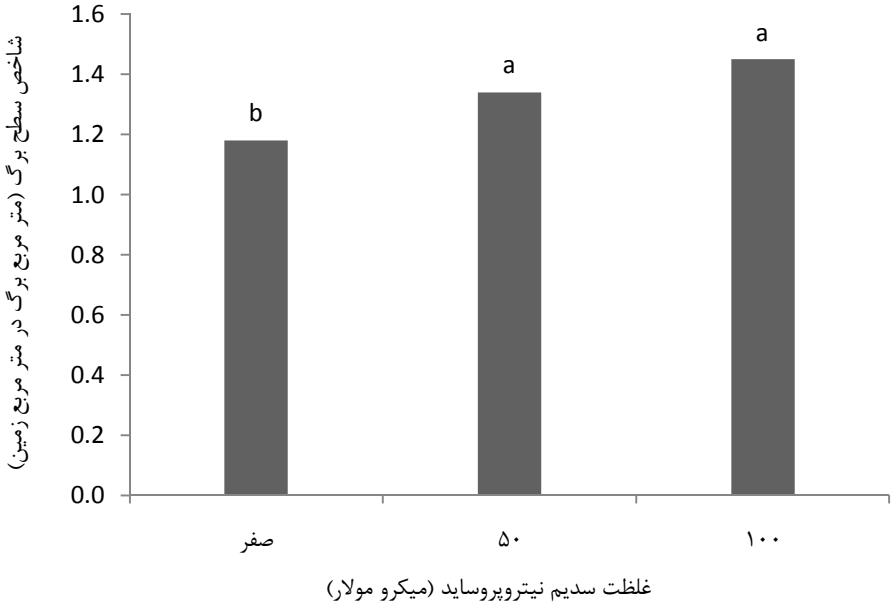
شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

۴-۱-۴- شاخص سطح برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش (P<۰/۰۵) و سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۱) قرار گرفت (جدول پیوست ۳). ۸ روز تأخیر در آبیاری موجب کاهش ۳۰/۷۷ درصدی شاخص سطح برگ گردید (شکل ۴-۱۲). تنش خشکی به واسطه زرد شدن و ریزش زود هنگام برگ‌های پایین کانوپی گیاه، موجب کاهش شاخص سطح برگ در کانوپی گلرنگ می‌گردد. در مطالعه روی گیاهان دیگر مشخص شده است که تنش کم‌آبی، شاخص سطح برگ را به دلیل کاهش اندازه و تولید برگ‌های جدید و افزایش ریزش آن‌ها کاهش می‌دهد و چنین نتیجه گیری شده است که تولید و گسترش برگ به تنش کم‌آبی خیلی حساس می‌باشند و بنابراین در اثر تنش کمبود آب شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد (بیتز و همکاران، ۱۹۷۳). این نتایج توسط هانی و ایوانس (۱۹۸۵) و هاشمی دزفولی (۱۹۹۴) نیز گزارش شده است. کاربرد سطح دوم و سوم سدیم نیتروپروساید به ترتیب موجب افزایش ۱۲/۶۹ و ۱۸/۷۵ درصدی شاخص سطح برگ گردید (شکل ۴-۱۳). استفاده از ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش موجب افزایش غیر معنی‌دار این صفت گردید (جدول پیوست ۲). در تحقیقی که توسط شاو و همکاران (۱۹۹۳) انجام پذیرفت، گزارش شد که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش شاخص سطح برگ در ذرت گردید.



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید

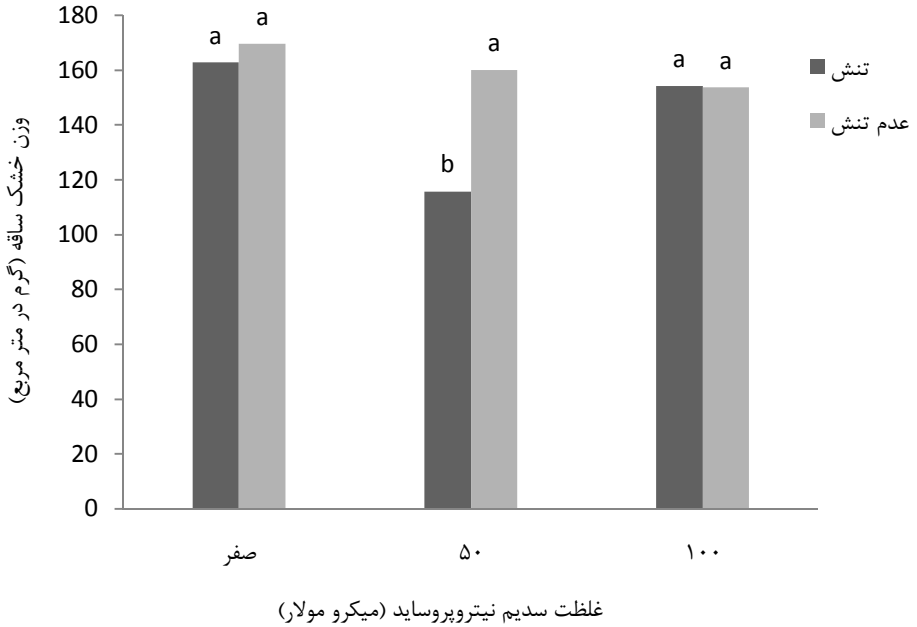
۴-۱-۵- وزن خشک ساقه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک ساقه تحت تأثیر سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۵)، اثرات متقابل تنش در سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۵)، تنش در اسید آسکوربیک (P<۰/۰۵) و اثر سه‌جانبه عامل‌ها (P<۰/۰۱) قرار گرفت (جدول پیوست ۳). در هر دو شرایط تنش و عدم تنش محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید موجب کاهش وزن خشک ساقه گردید. البته این کاهش در شرایط عدم تنش جزئی و غیر معنی‌دار بود. در مجموع کمترین وزن خشک ساقه از شرایط تنش و محلول‌پاشی با غلظت ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید به دست آمد. ماده خشک ساقه در گیاهانی که با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید محلول‌پاشی شدند در هر دو شرایط تنش و عدم تنش تقریباً یکسان و حدوداً معادل ۱۵۴ گرم در متر مربع بود (شکل ۴-۱۴). در دور آبیاری ۸ روز استفاده از ۱۰ و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک به ترتیب موجب افزایش معنی‌دار ۲۳/۲۶ و ۴۰/۲۸ درصدی نسبت به شاهد گردید و در نهایت بیشترین وزن خشک ساقه با میانگین ۱۸۴/۰۶ گرم در متر مربع از شرایط عدم تنش و محلول‌پاشی با ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک به دست آمد (شکل ۴-۱۵). در شرایط تنش استفاده همزمان از ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و صفر میلی مولار اسید آسکوربیک موجب کاهش ۴۹/۰۶ درصدی وزن خشک ساقه نسبت به شاهد گردید (جدول پیوست ۲۹).

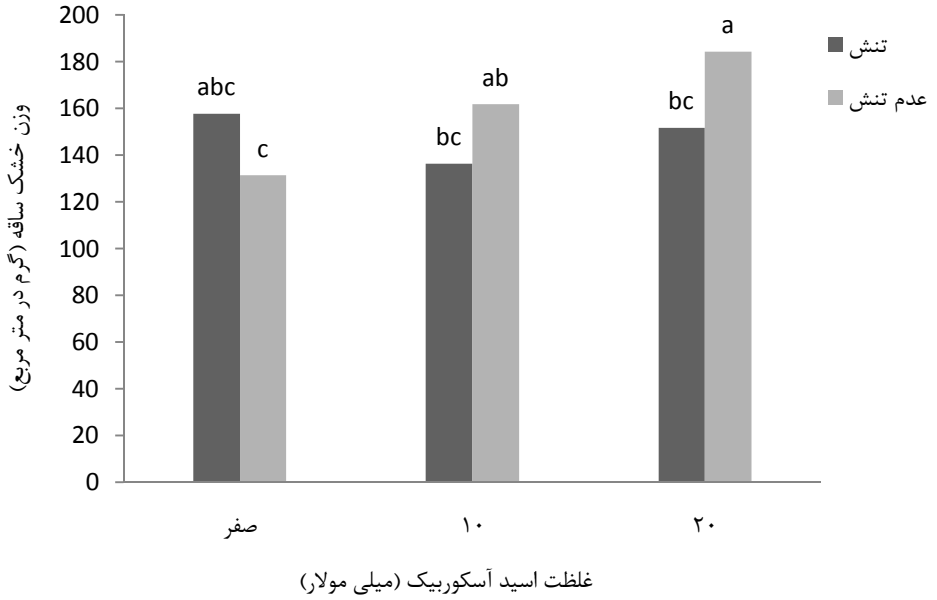
در ۱۰۷ روز پس از کاشت مشخص شد که این صفت از تنش (P<۰/۰۵)، سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۱)، اسید آسکوربیک (P<۰/۰۱)، اثرات متقابل تنش در اسید آسکوربیک، سدیم نیتروپروساید در اسید آسکوربیک و اثر سه‌جانبه این عامل‌ها تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۵). کاربرد اسید آسکوربیک در شرایط تنش موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه گردید در حالی که در شرایط عدم تنش محلول‌پاشی با غلظت ۱۰ میلی مولار از این ماده سبب افزایش ۱۰/۸۱ درصدی این صفت

نسبت به شاهد و افزایش ۱۹/۸۲ درصدی نسبت به کاربرد ۲۰ میلی مولار این ماده گردید (شکل ۴-۱۶).

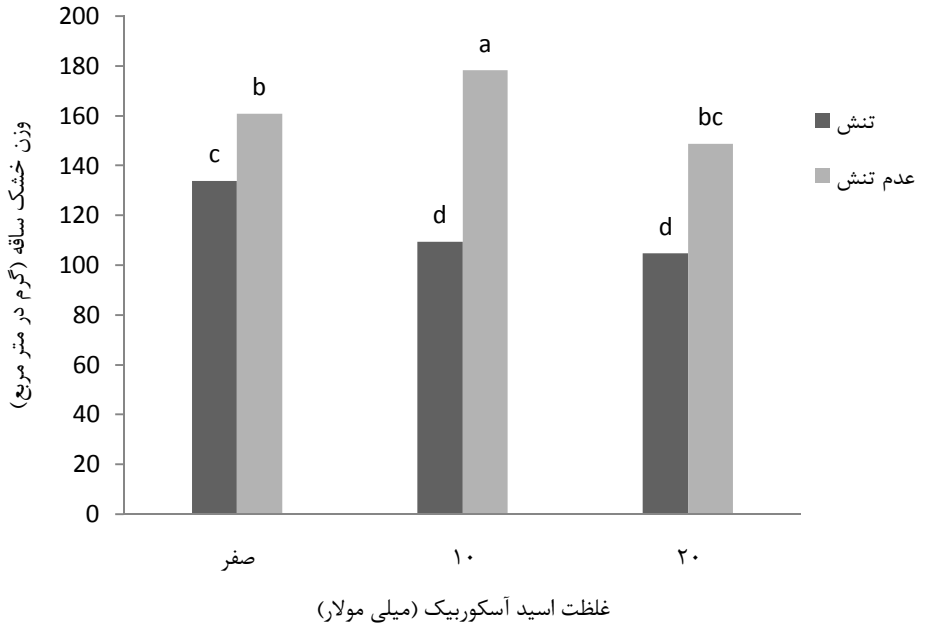
مقایسه ترکیبات تیماری حاصل از اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید نشان داد که در شرایط عدم استفاده از اسید آسکوربیک، محلول‌پاشی هر دو سطح سدیم نیتروپروساید موجب افزایش وزن خشک ساقه گردید که البته از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. این در حالی است که با کاربرد بالاترین سطح اسید آسکوربیک، محلول‌پاشی با دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید به ترتیب موجب کاهش ۱۵/۵۱ و ۲۰/۳۱ درصدی این صفت گردید (شکل ۴-۱۷). ترکیب تیماری عدم تنش در کاربرد ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بیشترین میزان وزن خشک ساقه را به خود اختصاص داد (معادل ۱۹۶/۳۷ گرم در متر مربع) که نسبت به ترکیب تیماری عدم تنش همراه با عدم کاربرد این دو ماده ۳۲/۸۷ درصد افزایش را نشان داد (جدول پیوست ۲۹).



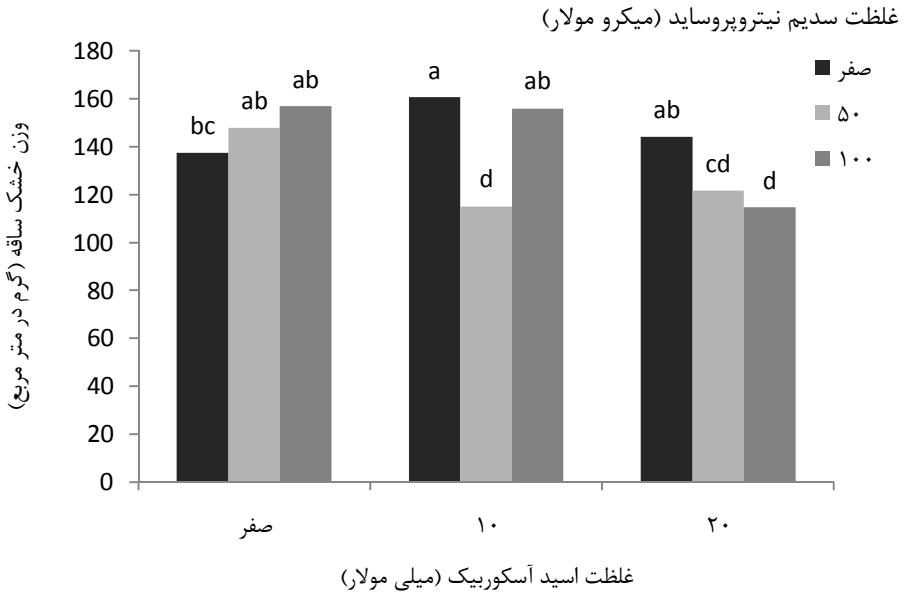
شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در ۷۷ روز پس از کاشت



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

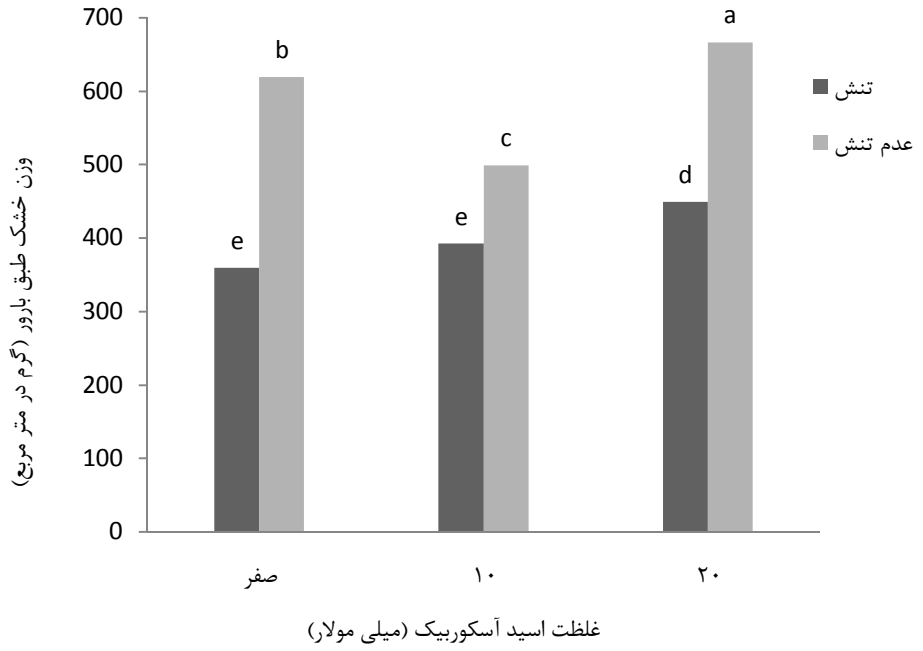


شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

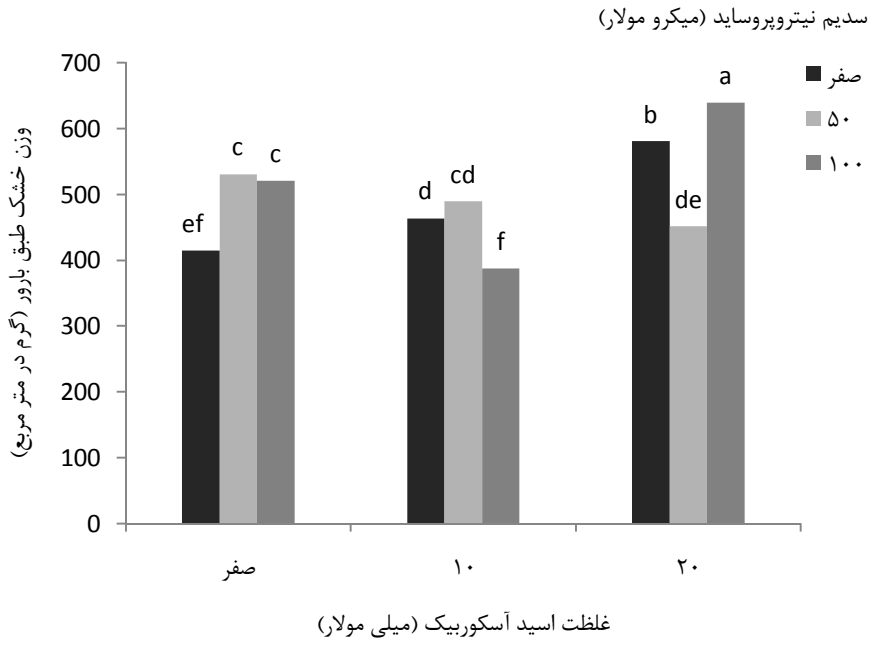
۴-۱-۶- وزن خشک طبق بارور

تنش کم‌آبیاری (P<۰/۰۱)، محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۵) و اسید آسکوربیک (P<۰/۰۱) بر وزن خشک طبق بارور تأثیر گذاشتند. وزن خشک طبق بارور هم‌چنین تحت تأثیر اثرات متقابل تنش در اسید آسکوربیک، سدیم نیتروپروساید در اسید آسکوربیک و اثر سه‌جانبه عامل‌ها در سطح ۱ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۹). نتایج نمونه برداری در ۱۰۷ روز پس از کاشت نشان داد که وزن طبق بارور در شرایط تنش به طور معنی‌داری کاهش یافت و از ۵۹۴/۵۵ به ۳۹۹/۹۸ گرم در متر مربع رسید. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی مولار در شرایط تنش موجب افزایش معنی‌دار ۲۵/۰۸ درصدی وزن خشک طبق بارور نسبت به عدم استفاده از اسید آسکوربیک در همین شرایط گردید. در شرایط عدم تنش استفاده از سطح دوم این ماده (۱۰ میلی مولار) موجب کاهش معنی‌دار ۱۹/۳۵ درصدی وزن طبق بارور شد در حالی که استفاده از سطح بالاتر اسید آسکوربیک، این صفت را به میزان ۷/۶۶ درصد افزایش داد (شکل ۴-۱۸).

همزمان با عدم کاربرد اسید آسکوربیک، استفاده از ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش ۲۶ درصدی وزن خشک طبق بارور نسبت به شاهد گردید (شکل ۴-۱۹). نتایج نشان داد استفاده همزمان از ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بیشترین وزن خشک طبق بارور (معادل ۶۳۹/۳۲ گرم در متر مربع) را به خود اختصاص داد که نسبت به شاهد ۵۴/۰۶ درصد افزایش داشت. کمترین میزان این صفت با کاربرد همزمان ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک به همراه ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید به دست آمد که از لحاظ آماری با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان نداد (شکل ۴-۱۹). بررسی ترکیبات تیماری سه‌جانبه نشان داد ترکیب تیماری عدم تنش به همراه کاربرد سطح سوم سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک موجب افزایش وزن طبق بارور به میزان ۵۴/۱۴ درصد نسبت به شاهد گردید (جدول پیوست ۳۰).



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین وزن خشک طبق بارور تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم-آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک



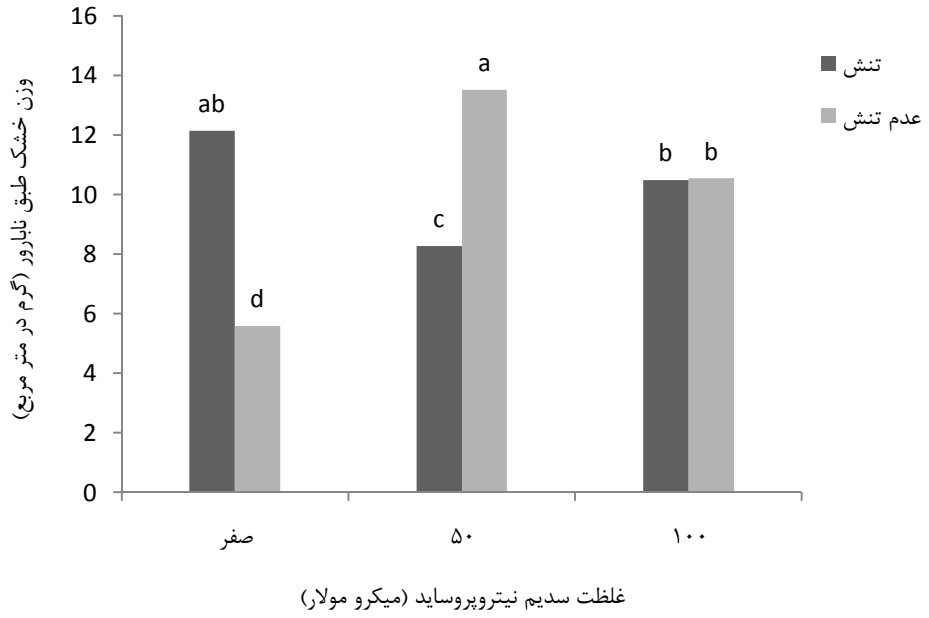
شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین وزن خشک طبق بارور تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

۴-۱-۷- وزن خشک طبق نابارور

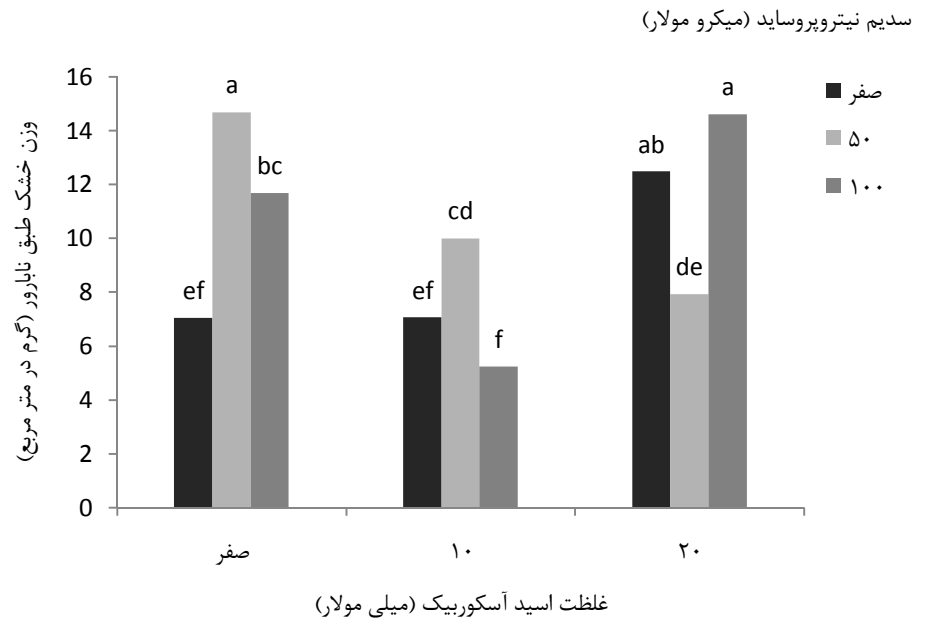
وزن خشک طبق نابارور تحت تأثیر سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۵) و اسید آسکوربیک (P<۰/۰۱) قرار گرفت. اثر متقابل تنش در سدیم نیتروپروساید، سدیم نیتروپروساید در اسید آسکوربیک و اثرات سه‌جانبه عامل‌ها نیز در سطح ۱ درصد بر وزن خشک طبق نابارور تأثیر گذاشتند (جدول پیوست ۹). کاربرد هر دو سطح سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش موجب کاهش وزن طبق نابارور گردید که البته در این بین فقط استفاده از ۵۰ میکرو مولار از این ماده سبب کاهش معنی‌دار گردید و وزن طبق نابارور را از حدود ۱۲ به ۸/۲۶ گرم در متر مربع رساند (شکل ۴-۲۰). این در حالی است که محلول-پاشی سدیم نیتروپروساید در شرایط عدم تنش موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک طبق نابارور گردید (شکل ۴-۲۰). در مجموع بیشترین وزن خشک طبق نابارور (معادل ۱۳/۵ گرم در متر مربع) در گیاهانی مشاهده شد که هر ۸ روز یکبار آبیاری شدند و سدیم نیتروپروساید را با غلظت ۵۰ میکرو مولار دریافت کردند. محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار در شرایط تنش و

عدم تنش اختلافی با یکدیگر نشان نداد در این شرایط وزن طبق نابارور حدود ۱۰/۵۰ گرم در متر مربع بود (شکل ۴-۲۰).

وزن طبق نابارور در ترکیب تیماری استفاده از ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید به همراه استفاده از ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک حدوداً به ۵/۲۴ گرم در متر مربع رسید که کمترین میزان را به خود اختصاص داد. بیشترین مقدار این صفت مربوط به ترکیب تیماری اسید آسکوربیک صفر میلی مولار در ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید (معادل ۱۴/۷۰ گرم در متر مربع) بود که با ترکیب تیماری ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید (معادل ۱۴/۶۲ گرم در متر مربع) و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در عدم استفاده از سدیم نیتروپروساید (معادل۱۲/۴۹ گرم در متر مربع) اختلاف نداشت (شکل ۴-۲۱). جدول پیوست ۳۰ نشان داد بیشترین وزن خشک طبق نابارور مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش همراه با محلول‌پاشی ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید در عدم کاربرد اسید آسکوربیک بود که معادل ۱۹/۰۲ گرم در متر مربع بود. کمترین میزان این صفت مربوط به ترکیب تیماری تنش به همراه استفاده از ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بود که معادل ۳/۶۸ گرم در متر مربع بود که نسبت به شاهد ۶۸/۲۲ درصد کاهش را نشان داد (جدول پیوست ۳۰).



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین وزن خشک طبق نابارور تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم-آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین وزن خشک طبق نابارور تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

۴-۱-۸- وزن خشک کل

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک کل در ۷۷ روز پس از کاشت تحت تأثیر تنش (P<۰/۰۵)، سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۱)، اثر متقابل تنش در سدیم نیتروپروساید، سدیم نیتروپروساید در اسید آسکوربیک و اثر سه‌جانبه عامل‌ها قرار گرفت (جدول پیوست ۳). در این آزمایش تنش موجب کاهش ۱۲/۵ درصدی در وزن خشک کل شد (جدول پیوست ۲). بهدانی و موسوی‌فر (۲۰۱۱) با بررسی اثر تنش کم‌آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی ۳ ژنوتیپ گلرنگ گزارش نمودند که با افزایش مدت زمان آبیاری از وزن خشک کل هر ۳ ژنوتیپ کاسته شد. کاهش تولید ماده خشک در اثر قطع آبیاری و بروز تنش خشکی توسط هاشمی دزفولی (۱۹۹۴)، کومار و سینگ (۱۹۹۴) نیز گزارش شده است. لولر و کورنیک (۲۰۰۲) اظهار داشتند در شرایط تنش کمبود آب، کاهش ماده خشک اندام هوایی می‌تواند به دلیل کاهش فشار آماس سلول و یا ناشی از کاهش سطح برگ گیاه باشد.

کاربرد ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش موجب کاهش معنی‌دار ۲۱ درصدی وزن خشک کل نسبت به شاهد گردید ولی دو برابر شدن غلظت این ماده در شرایط تنش تأثیری بر وزن خشک کل نداشت (شکل ۴-۲۲). محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید در شرایط عدم تنش موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک کل شد و به میزان تقریباً ۱۰۰۰ گرم در متر مربع رسید (شکل ۴-۲۲).

در کاربرد همزمان سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک، بیشترین میزان وزن خشک کل در شرایط عدم استفاده از اسید آسکوربیک به همراه کاربرد ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید مشاهده گردید (شکل ۴-۲۳). همان‌طور که در شکل ۴-۲۳ مشاهده می‌شود زمانی که سطح اول سدیم نیتروپروساید (صفر میکرو مولار) اعمال شد، محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی مولار به ترتیب موجب افزایش ۱۰/۰۴ و ۲۹/۲۵ درصدی وزن خشک کل نسبت به شاهد گردید.

جدول پیوست ۳ نشان می‌دهد که در ۷۷ روز پس از کاشت اثر کلیه منابع تغییر بر وزن خشک کل معنی‌دار بود. مقایسه دو شکل ۴-۲۲ و ۴-۲۳ نشان می‌دهد که با گذشت زمان اثر تنش بر ماده خشک کل گیاه واضح‌تر می‌شود. در بین ترکیبات تیماری سه‌جانبه، ترکیب تیماری عدم تنش همراه با کاربرد ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بیشترین وزن خشک کل (معادل ۱۱۹۵/۶۶ گرم در متر مربع) را دارا بود که نسبت به شاهد ۴۹/۸۴ درصد افزایش را نشان داد (جدول پیوست ۲۹).

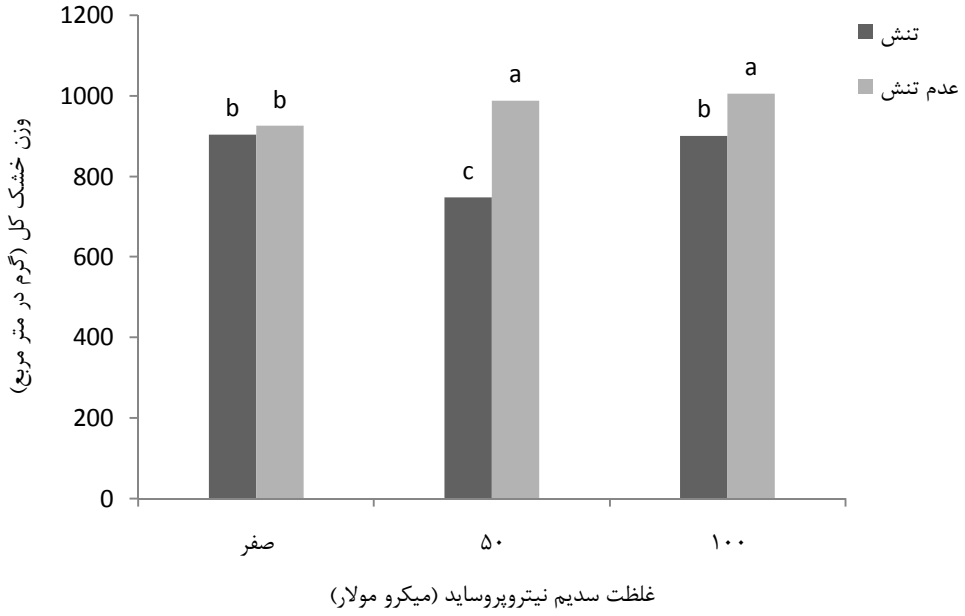
اثر ترکیبات تیماری مورد مطالعه بر ماده خشک کل گیاه در ۱۰۷ روز پس از کاشت نیز تقریباً شبیه ۷۷ روز پس از کاشت بود. کاربرد ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش موجب کاهش معنی‌دار ۱۱/۶۲ درصدی وزن خشک کل نسبت به شاهد گردید ولی کاربرد هر دو سطح این ماده در دور آبیاری ۸ روز تأثیری بر این صفت نداشت (شکل ۴-۲۴).

استفاده از ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش تأثیری بر این صفت نداشت ولی با دو برابر شدن غلظت این ماده، وزن خشک کل به میزان ۱۰/۵۰ درصد افزایش یافت (شکل ۴-۲۵). در بین ترکیبات حاصل از تنش در اسید آسکوربیک بیشترین مقدار وزن خشک کل با میانگینی حدود ۹۹۱/۷۹ گرم در متر مربع از ترکیب تیماری عدم تنش در اسید آسکوربیک ۲۰ میلی مولار به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با ترکیب تیماری عدم تنش در عدم استفاده از اسید آسکوربیک نداشت (شکل ۴-۲۵).

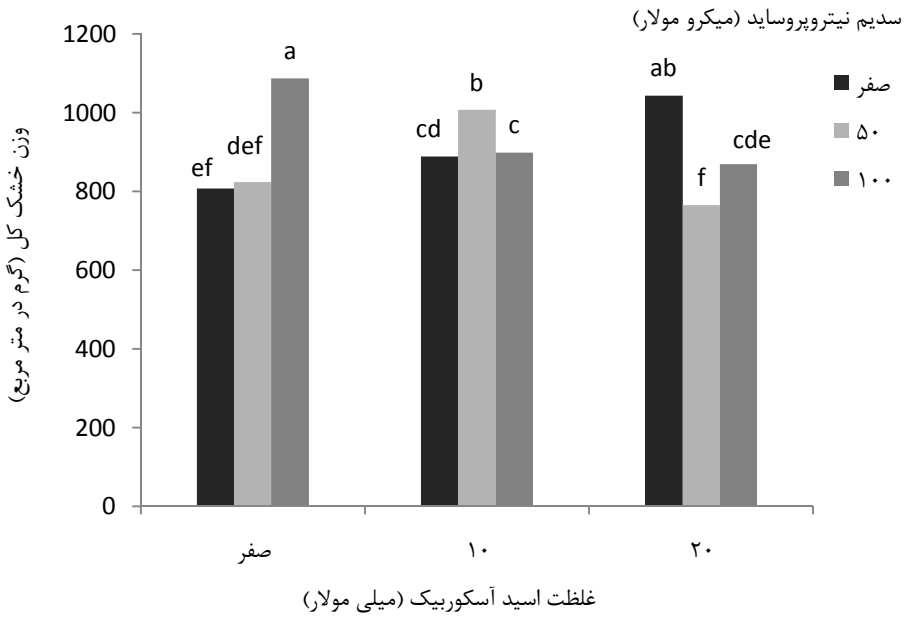
بررسی شکل ۴-۲۶ نشان داد که در کاربرد همزمان این دو ماده ترکیب تیماری ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید بیشترین میزان وزن خشک کل (معادل ۹۲۰/۶۱ گرم در متر مربع) را به خود اختصاص داد که از لحاظ آماری با ترکیب تیماری صفر میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک (معادل ۸۹۶/۵۱ گرم در متر مربع) و نیز ترکیبات حاصل از اسید آسکوربیک صفر و دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید

اختلاف معنی‌دار نداشت. در سطح صفر اسید آسکوربیک محلول‌پاشی سطح دوم و سوم سدیم نیتروپروساید (۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار) موجب افزایش وزن خشک کل نسبت به شاهد شد. این افزایش حدود ۲۱ درصد بود. همزمان با محلول‌پاشی ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک، استفاده از ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب کاهش معنی‌دار ۷/۵۳ درصدی وزن خشک کل شد. دو برابر شدن غلظت سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) همزمان با کاربرد ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک منجر به کاهش معنی‌دار ۱۷ درصدی این صفت نسبت به غلظت صفر و کاهش ۱۰/۱۶ درصدی نسبت به سطح دوم این ماده (۵۰ میکرو مولار) شد (شکل ۴-۲۶). در شرایط تنش استفاده همزمان از صفر میکرو مولار سدیم نیتروپروساید به همراه ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک موجب افزایش ۳۱/۶۳ درصدی وزن خشک کل نسبت به شاهد شد (جدول پیوست ۲۹).

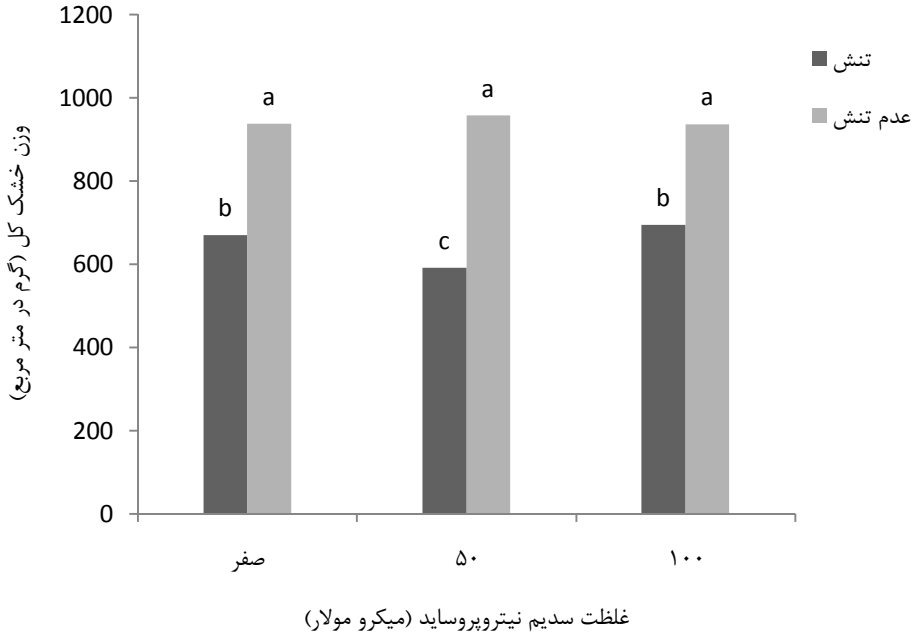
فاروق و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند کاربرد سدیم نیتروپروساید با غلظت ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرو مولار روی برنج، موجب افزایش وزن خشک می‌شود. در آزمایشی که توسط رئیسی و همکاران (۱۳۸۸) انجام شد، گزارش کردند که تیمار ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش وزن خشک در گیاه شاهی گردید.



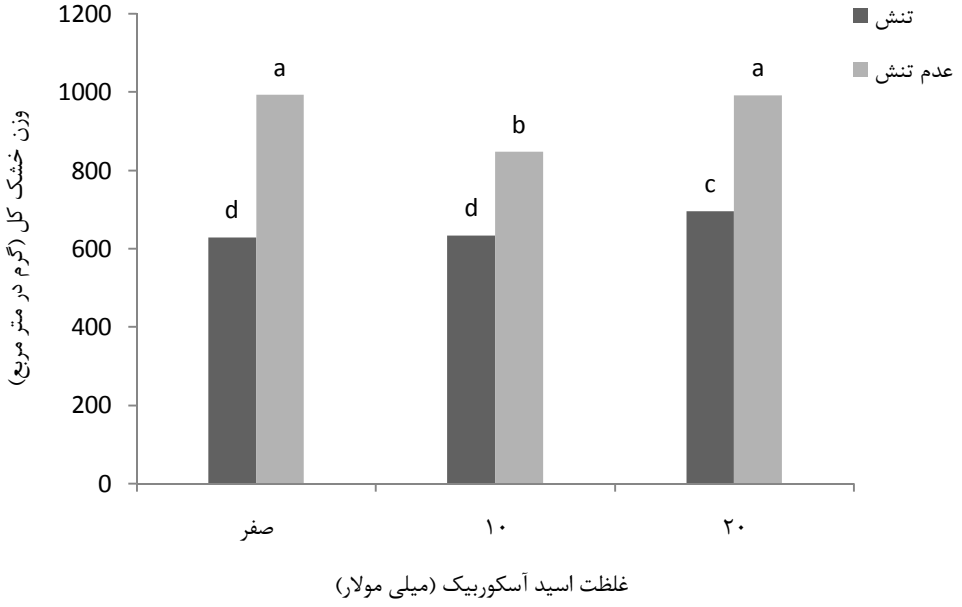
شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در ۷۷ روز پس از کاشت



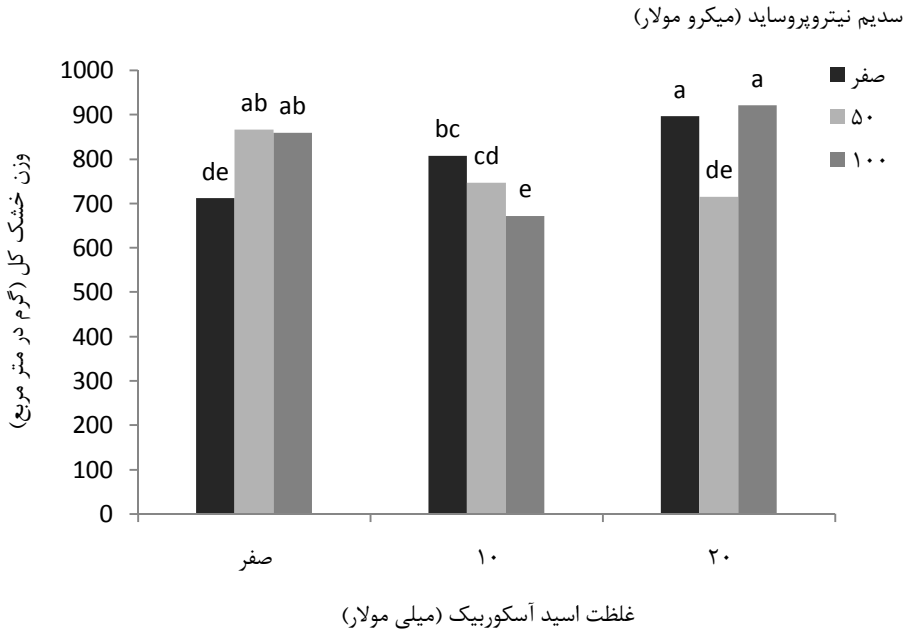
شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در ۱۰۷ روز پس از کاشت



شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت



شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

۴-۲- صفات زراعی و مرفولوژیک

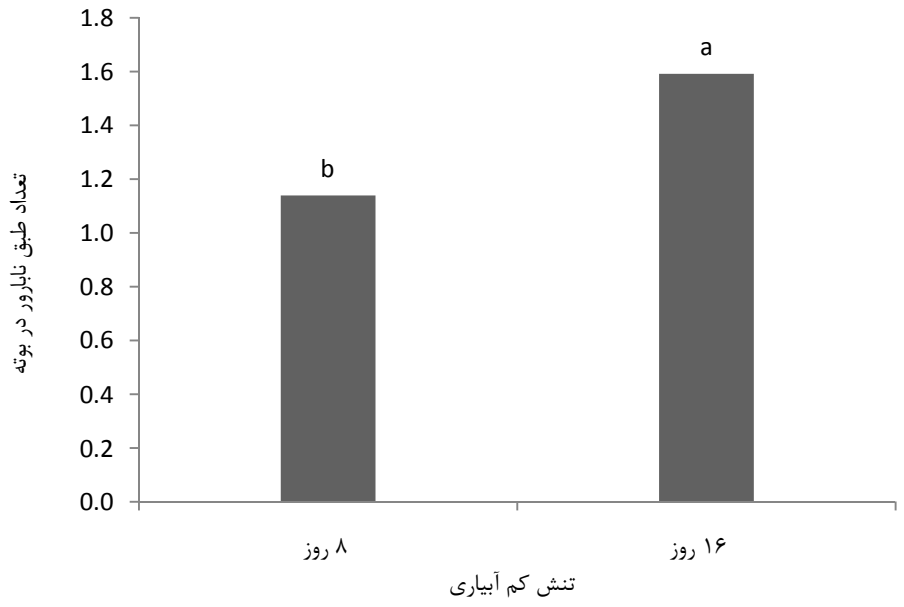
۴-۲-۱- تعداد طبق بارور

اثر هیچ یک از منابع تغییر بر صفت تعداد طبق بارور معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۱۱). با این وجود تأخیر در آبیاری موجب کاهش ۱۸ درصدی در این صفت گردید که از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۱۲). کاهش تعداد طبق در بوته را می‌توان به قدرت رشد رویشی کمتر گیاه تحت شرایط تنش که از کاهش در صفاتی چون طول ساقه، قطر ساقه و تعداد شاخه‌های فرعی ناشی می‌شود، نسبت داد. تأثیر محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک بر این صفت قابل توجه نبود (جدول پیوست ۱۲). کوتروباس و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که از بین اجزای عملکرد دانه، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه در تعیین عملکرد گلرنگ بهاره نقش برجسته‌تری داشته و نقش فرآورده‌های فتوسنتزی غیر ساختاری ذخیره شده در اندام‌های رویشی به ویژه ساقه

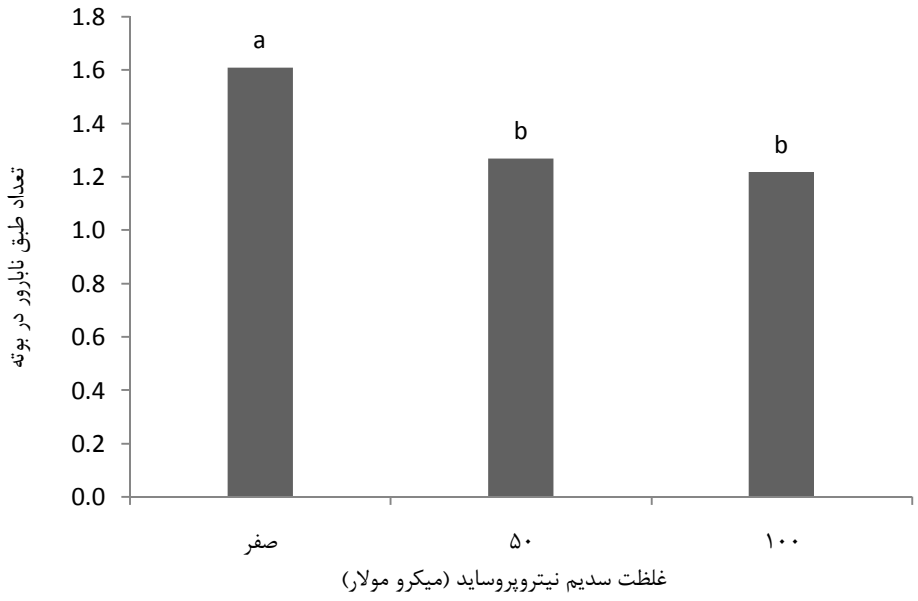
گلرنگ پیش از مرحله گلدهی در پشتیبانی عملکرد دانه تحت شرایط محدودیت آب طی دوره پر شدن دانه‌ها برجسته است. امیدی تبریزی و همکاران (۲۰۰۰) این‌طور گزارش کردند که تعداد طبق در بوته یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه در گلرنگ می‌باشد که رشد رویشی بالا و وجود انشعابات اصلی و فرعی از علل افزایش آن است.

۴-۲-۲- تعداد طبق نابارور

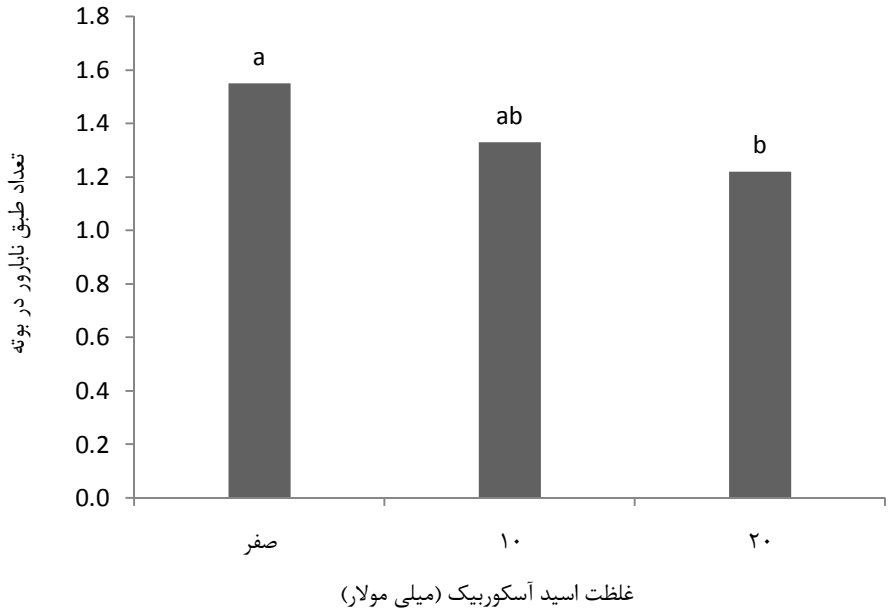
تعداد طبق نابارور در بوته از تنش کم‌آبیاری سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک (P<۰/۰۵) تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۱۱). تنش کم‌آبیاری موجب افزایش ۳۹/۴۷ درصدی تعداد طبق نابارور در بوته شد که این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار بود (شکل ۴-۲۷). کاربرد هر دو سطح سدیم نیتروپروساید موجب کاهش معنی‌دار تعداد طبق نابارور در بوته به میزان ۲۰ درصد نسبت به شاهد گردید (شکل ۴-۲۸). اسید آسکوربیک نیز موجب کاهش تعداد طبق نابارور شد به این صورت که کاربرد ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک موجب کاهش ۲۱/۳ و ۸/۲۸ درصدی این صفت به ترتیب نسبت به شاهد و کاربرد ۱۰ میلی مولار این ماده گردید (شکل ۴-۲۹). حسین پناهی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار تعداد سنبله‌های نابارور در گندم شد. در تحقیقی که کرمی و همکاران (۱۳۸۳) روی جو انجام دادند، مشخص گردید که تنش خشکی موجب افزایش تعداد پنجه‌های نابارور گردید.



شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین تعداد طبق نابارور تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری



شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین تعداد طبق نابارور تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید



شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین تعداد طبق نابارور تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

۴-۲-۳- ارتفاع ساقه

ارتفاع ساقه از هیچ یک از منابع تغییر تأثیر نپذیرفت (جدول پیوست ۱۱). ارتفاع ساقه در دور آبیاری ۱۶ روز به میزان ۱/۷۲ سانتی‌متر کوتاه‌تر شد ولی این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۱۲). کومار (۲۰۰۰) و فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی اغلب سبب کاهش ارتفاع گیاه می‌شود. در آزمایشی که توسط امانی لاری و همکاران (۱۳۸۹) انجام شد نیز نتیجه مشابه به دست آمد. کاهش ارتفاع گیاه در اثر تنش خشکی یکی از بارزترین علائم است. مشخص شده است که تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه موجب کاهش ارتفاع می‌شود و هر چه زمان اعمال تنش به مراحل انتهایی فصل رشد نزدیک‌تر باشد تنش تأثیر کمتری بر ارتفاع گیاه دارد (رستمی و همکاران، ۲۰۰۳). به نظر می‌رسد که ارتفاع بیشتر بوته‌ها در شرایط تنش خشکی به قیمت کاهش عملکرد دانه تمام خواهد شد. در آزمایشی که فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) انجام دادند گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع ساقه در

گلرنگ بهاره می‌گردد. تنش خشکی از طریق کاهش فتوسنتز و در نتیجه کمبود شیره پرورده موجب کوتاه شدن ارتفاع گیاه و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود.

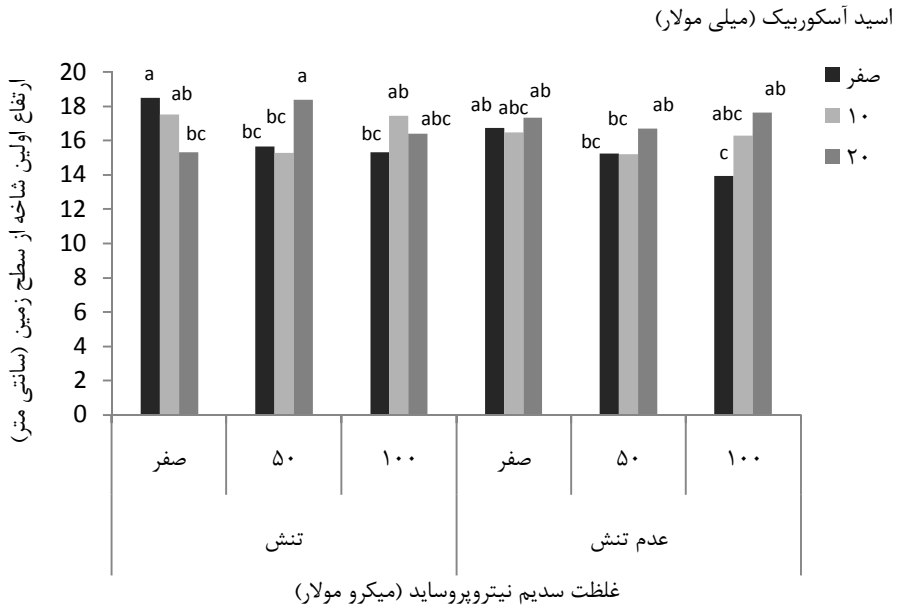
تأثیر تنش خشکی بر ارتفاع بوته در آزمایش شکری و همکاران (۱۳۸۶) معنی‌دار گزارش شده است. هاشمی دزفولی (۱۹۹۴) گزارش کرد ارتفاع گیاه گلرنگ در اثر تنش خشکی کاهش یافت. توکلی زینلی (۲۰۰۲) گزارش کرد که وقوع تنش خشکی در گلرنگ با کاهش فتوسنتز و در نتیجه کمبود مواد پرورده، کاهش ارتفاع بوته و عملکرد دانه را موجب می‌شود.

هر دو سطح سدیم نیتروپروساید موجب افزایش جزئی این صفت در گلرنگ شد (جدول پیوست ۱۲). در آزمایشی که فاروق و همکاران (۲۰۰۹) روی برنج انجام دادند گزارش کردند که کاربرد خارجی سدیم نیتروپروساید موجب افزایش ارتفاع برنج شد و بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به زمانی بود که سدیم نیتروپروساید با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار روی گیاه محلول‌پاشی شد. در مورد اسید آسکوربیک نیز می‌توان بیان کرد که استفاده از غلظت ۱۰ میلی مولار از این ماده موجب افزایش غیر معنی‌دار این صفت شد (جدول پیوست ۱۲). امین و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک روی گندم موجب افزایش ارتفاع گیاه گردید.

۴-۲-۴-ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین

از بین منابع تغییر تنها اثر متقابل سه‌جانبه تنش و محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک بر صفت ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید. سایر منابع تغییر تأثیری بر این صفت نداشتند (جدول پیوست ۱۱). همان‌طور که در شکل ۴-۳۰ ملاحظه می‌گردد بیشترین ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین مربوط به ترکیب تیماری دور آبیاری ۱۶ روز، عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید و عدم کاربرد اسید آسکوربیک بود که برابر با ۱۸/۵۲ سانتی‌متر بود که با ترکیب تیماری ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک به همراه ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید (۱۸/۴۰ سانتی‌متر) و تعدادی دیگر از ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌دار نداشت (شکل ۴-۳۰).

کمترین مقدار این صفت مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش، کاربرد ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و عدم کاربرد اسید آسکوربیک و برابر با ۱۳/۹۳ سانتی‌متر بود (شکل ۴-۳۰). در آزمایش فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۸۸)، این صفت در شرایط تنش کاهش پیدا کرده است. اهمیت این صفت بیشتر در راستای برداشت مکانیزه با کمباین و پیش‌بینی تلفات برداشت مطرح است، بنابراین ارقامی که ارتفاع اولین طبق از سطح خاک بالاتری داشته باشند یا به عبارت دیگر اگر پایین‌ترین طبق در فاصله بالاتری تشکیل شود، تعداد بیشتری طبق در برداشت مکانیزه به دست آمده و تلفات ناشی از برداشت مکانیزه کاهش می‌یابد.



شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

۴-۲-۵- قطر ساقه

جدول پیوست ۱۳ نشان داد که هیچ یک از منابع تغییر بر قطر ساقه تأثیری نداشت. تنش کم-آبیاری موجب کاهش قطر ساقه شد ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۱۴). در آزمایشی که فراست و همکاران (۱۳۸۹) انجام دادند گزارش کردند قطر ساقه در گلرنگ تحت تأثیر

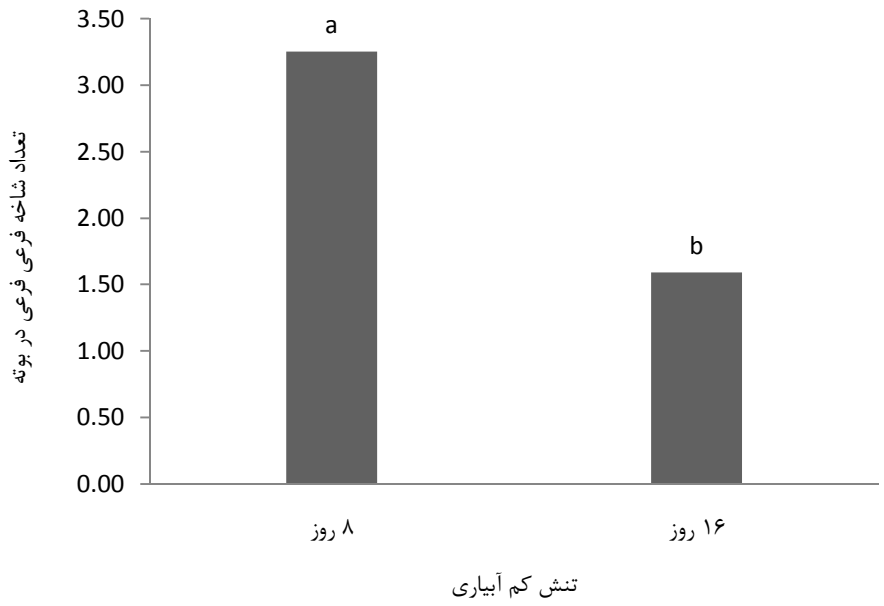
تنش کم‌آبیاری قرار نگرفت. سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک نیز تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول پیوست ۱۴).

۴-۲-۶- تعداد شاخه فرعی در بوته

این صفت از نظر تشکیل تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه نقش مهمی دارد. بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس صفت تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، سدیم نیتروپروساید، اسید آسکوربیک و اثر متقابل آن‌ها قرار نگرفت (جدول پیوست ۱۳). در تحقیقی مشخص گردید که تنش بر تعداد شاخه فرعی در گلرنگ با میانگین ۱۲/۳ شاخه فرعی در گیاه تأثیر معنی‌داری نداشت (اسندال و همکاران، ۲۰۰۸). سیروس‌مهر و همکاران (۱۳۸۷) اظهار داشتند اثر آبیاری بر تعداد شاخه فرعی تأثیر معنی‌داری ندارد.

۴-۲-۷- تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته

تعداد شاخه فرعی فرعی به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد از تنش کم‌آبیاری تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۱۳). تنش کم‌آبیاری تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته را به طور معنی‌دار و معادل ۱/۶۶ شاخه کاهش داد (شکل ۴-۳۱). بهدانی و جامی‌الاحمدی (۱۳۸۸) گزارش کردند تنش کم‌آبیاری در گلرنگ موجب کاهش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته می‌گردد. بنابراین به نظر می‌رسد تحت شرایط افزایش فواصل آبیاری تعداد سلول‌های آغازین تشکیل شده جهت تولید انشعابات اولیه ساقه کاهش می‌یابد و در نتیجه به کاهش تعداد شاخه فرعی و فرعی فرعی در گیاه می‌انجامد (چنبدرکار، ۱۹۹۴). کاربرد سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک نیز موجب افزایش این صفت گردیدند ولی افزایش مشاهده شده از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۱۴).



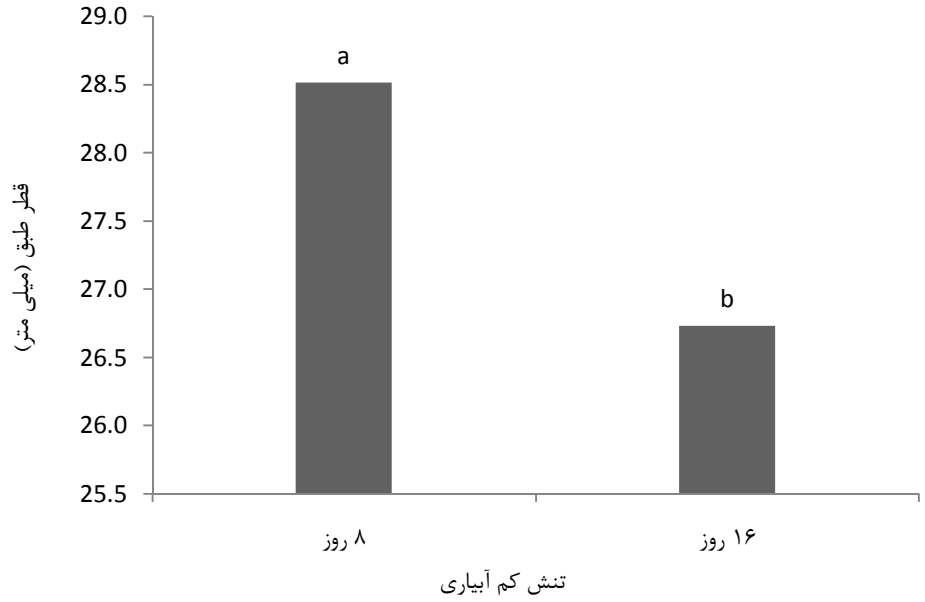
شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری

۴-۲-۸- قطر طبق

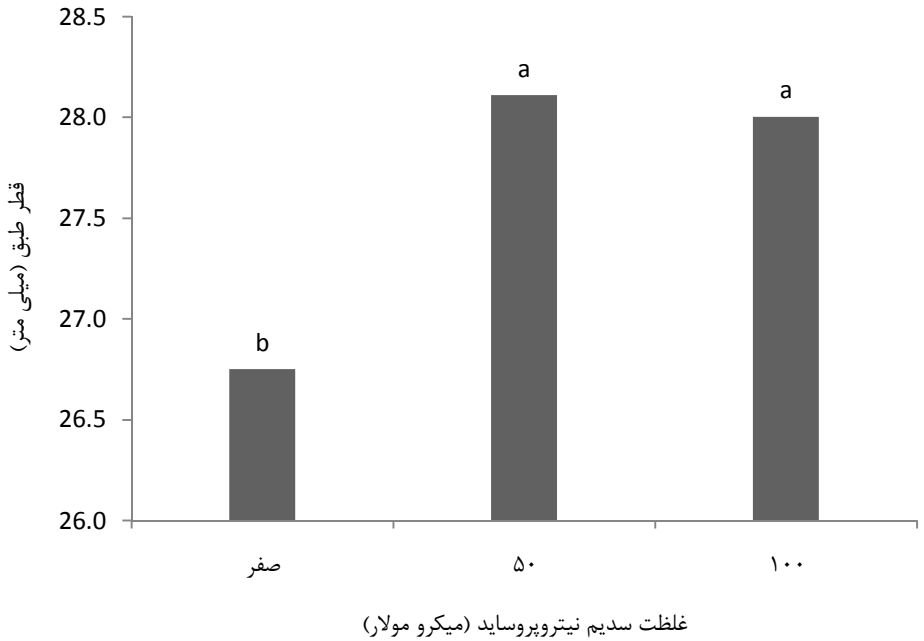
تنش کم‌آبیاری موجب کاهش ۲ میلی‌متری قطر طبق شد. این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار نیز بود (شکل ۴-۳۲ و جدول پیوست ۱۳). تنش خشکی موجب کاهش تولید و ارسال مواد فتوسنتزی در مرحله ظهور و پر شدن طبق و موجب کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود، در نتیجه قطر طبق کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد تأمین آب کافی برای گلرنگ در مرحله پر شدن دانه از اهمیت ویژه‌ای در افزایش قطر طبق و تولید عملکرد نهایی گیاه دارد، پس بروز تنش خشکی در این مرحله و یا قبل از آن (گلدهی) می‌تواند در کاهش اندازه طبق‌ها و تولید دانه مؤثر باشد.

اثر محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید ($P<۰/۰۱$) و اسید آسکوربیک ($P<۰/۰۵$) نیز بر قطر طبق معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۳). استفاده از ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش ۱۰ درصدی قطر طبق شد (شکل ۴-۳۳). افزایش مشاهده شده در اثر استفاده از غلظت ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک غیر معنی‌دار بود، ولی کاربرد غلظت ۲۰ میلی مولار از این ماده سبب

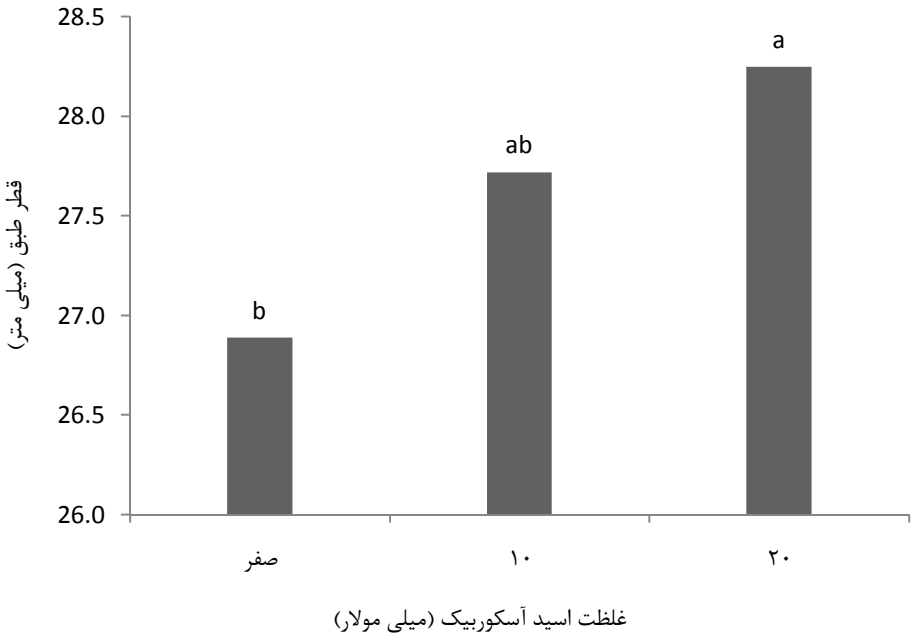
افزایش معنی‌دار قطر طبق شد به طوری که قطر طبق در تیمار ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک حدود ۱/۳۶ میلی متر بیشتر از تیمار شاهد بود (شکل ۴-۳۴).



شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین قطر طبق در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری



شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین قطر طبق تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید

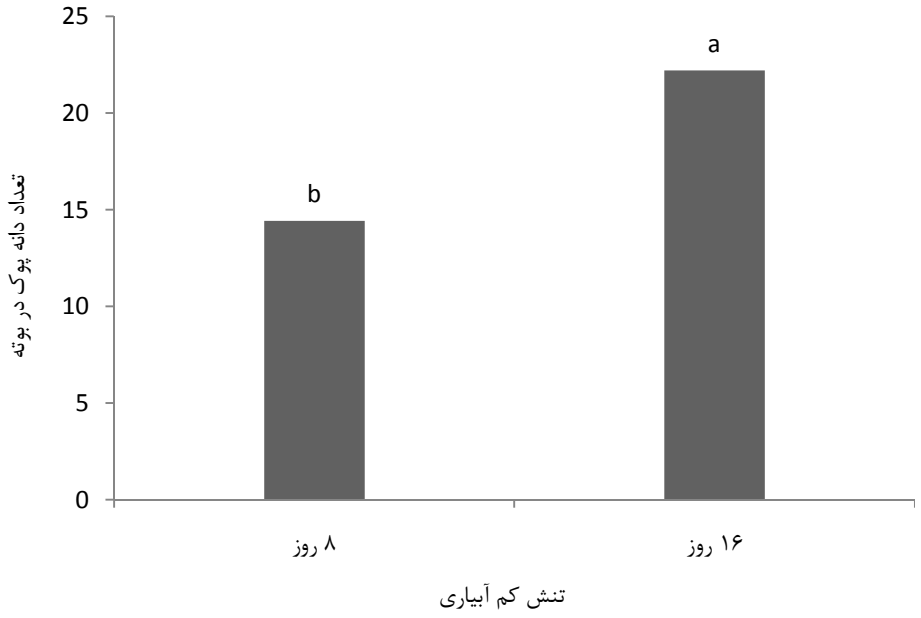


شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین قطر طبق تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

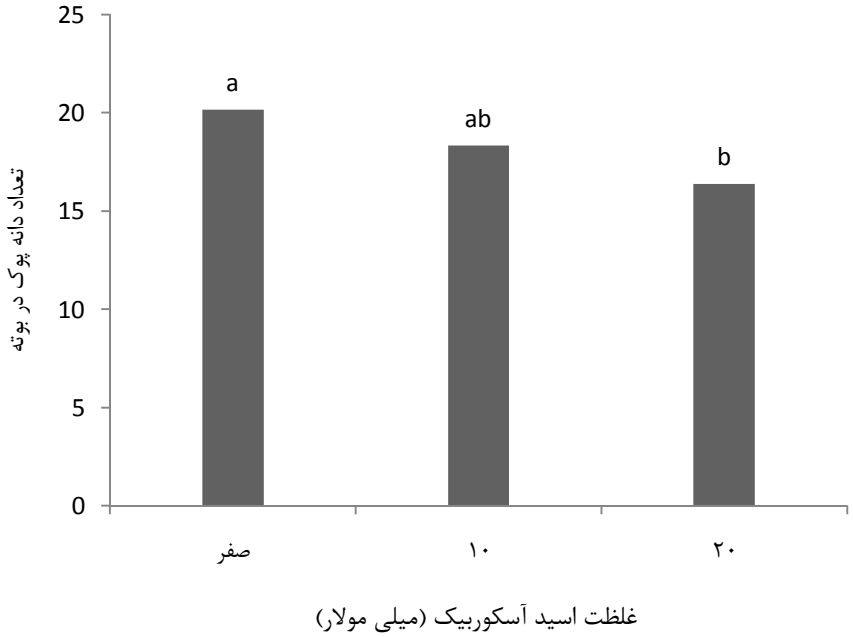
۴-۲-۹- تعداد دانه پوک در بوته

تأثیر تنش کم‌آبیاری در سطح ۵ درصد و تأثیر اسید آسکوربیک در سطح ۱ درصد بر تعداد دانه پوک در بوته معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۱۵). تنش کم‌آبیاری موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه پوک در بوته شد. به طوری که در دور آبیاری ۱۶ روز، متوسط تعداد دانه پوک در بوته ۷ دانه افزایش نشان داد (شکل ۴-۳۵). فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله گلدهی، موجب از دست دادن آب در دانه گرده شده و درصد تلقیح را کاهش می‌دهد و در طول پر شدن دانه، به دلیل عدم تأمین مواد پرورده کافی، درصد دانه‌های عقیم شده در طبق افزایش و یا تعداد دانه در طبق کاهش می‌یابد. اولک و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند خشکی در مرحله گلدهی موجب خشک شدن دانه گرده و افت میزان تلقیح می‌شود و در نتیجه درصد دانه‌های پوک در طبق افزایش می‌یابد. در آزمایشی که نادری درباغشاهی و همکاران (۱۳۸۳) روی واریته‌های گلرنگ در رژیم‌های مختلف آبیاری انجام دادند، نیز نتایج مشابهی گزارش گردید.

محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید تأثیر قابل توجهی بر این صفت نداشت اگر چه کاربرد ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش غیر معنی‌دار این صفت شد (جدول پیوست ۱۶). این در حالی است که اسید آسکوربیک موجب کاهش تعداد دانه پوک در بوته شد، طوری که استفاده از ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک موجب شد تعداد دانه پوک در بوته به اندازه ۴ دانه معادل ۱۸/۷۵ درصد کاهش یابد (شکل ۴-۳۶).



شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین تعداد دانه پوک در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری



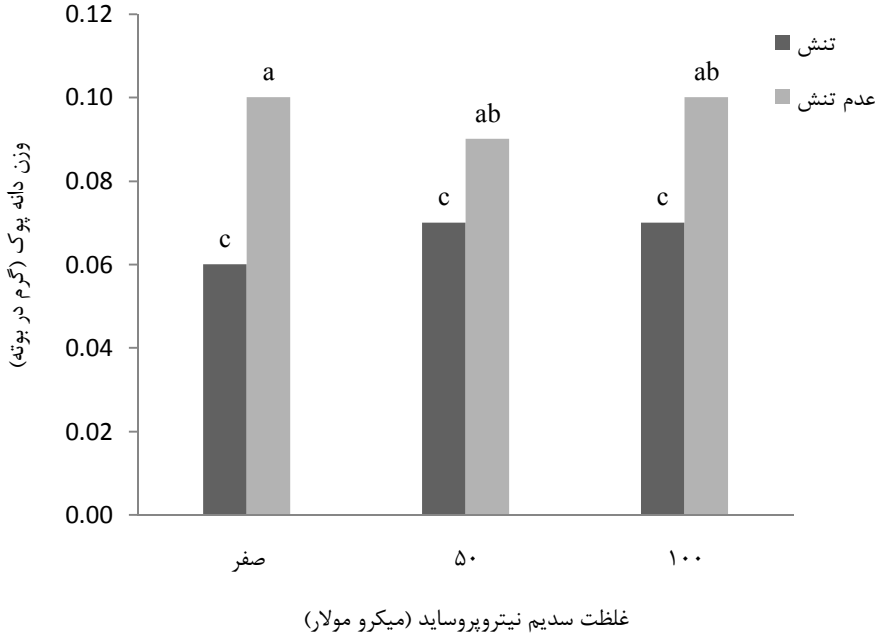
شکل ۴-۳۶- مقایسه میانگین تعداد دانه پوک در بوته تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

۴-۲-۱۰- وزن دانه پوک

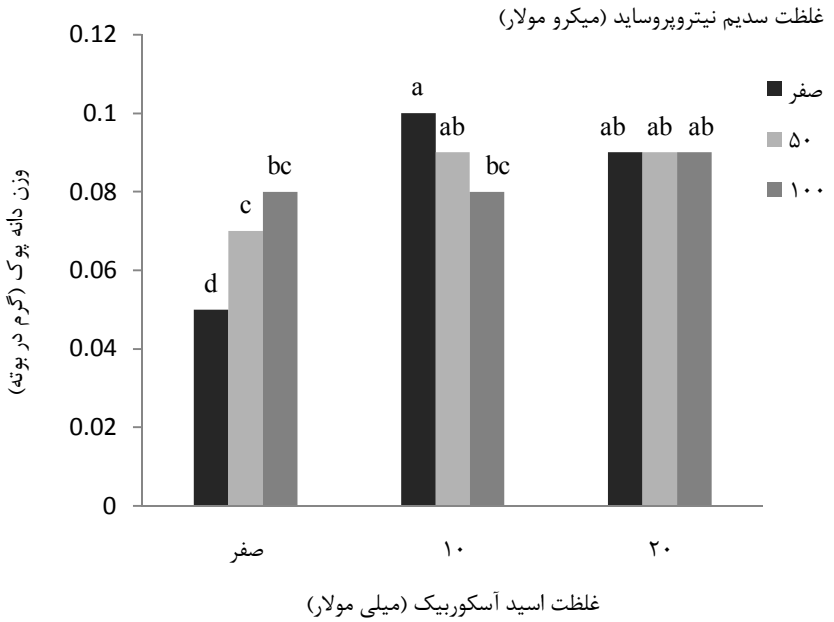
همان‌طور که در جدول پیوست ۱۵ مشاهده می‌شود وزن دانه پوک تحت تأثیر تنش (P<۰/۰۵)، اسید آسکوربیک (P<۰/۰۱)، اثر متقابل تنش در سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۵) و سدیم نیتروپروساید در اسید آسکوربیک (P<۰/۰۵) قرار گرفت. تنش کم‌آبیاری موجب کاهش معنی‌دار ۴۰ درصدی وزن دانه پوک در بوته گردید. محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش تأثیری بر این صفت نداشت در حالی که کاربرد این ماده در شرایط عدم تنش موجب کاهش جزئی و غیر معنی-دار وزن دانه پوک گردید (شکل ۴-۳۷).

شکل ۴-۳۸ نشان داد در عدم استفاده از اسید آسکوربیک، محلول‌پاشی دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید به ترتیب موجب افزایش ۲۸/۵۸ و ۳۷/۵ درصدی وزن دانه پوک گردید. زمانی که اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰ میلی مولار محلول‌پاشی شد استفاده از سدیم نیتروپروساید موجب کاهش این صفت شد که در غلظت ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید این

کاهش معنی‌دار نیز بود. استفاده از هر ۳ سطح سدیم نیتروپروساید با کاربرد همزمان ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک، معادل ۰/۰۹ گرم در بوته بود که اختلافی با یکدیگر نداشت (شکل ۴-۳۸).



شکل ۴-۳۷- مقایسه میانگین وزن دانه پوک تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید

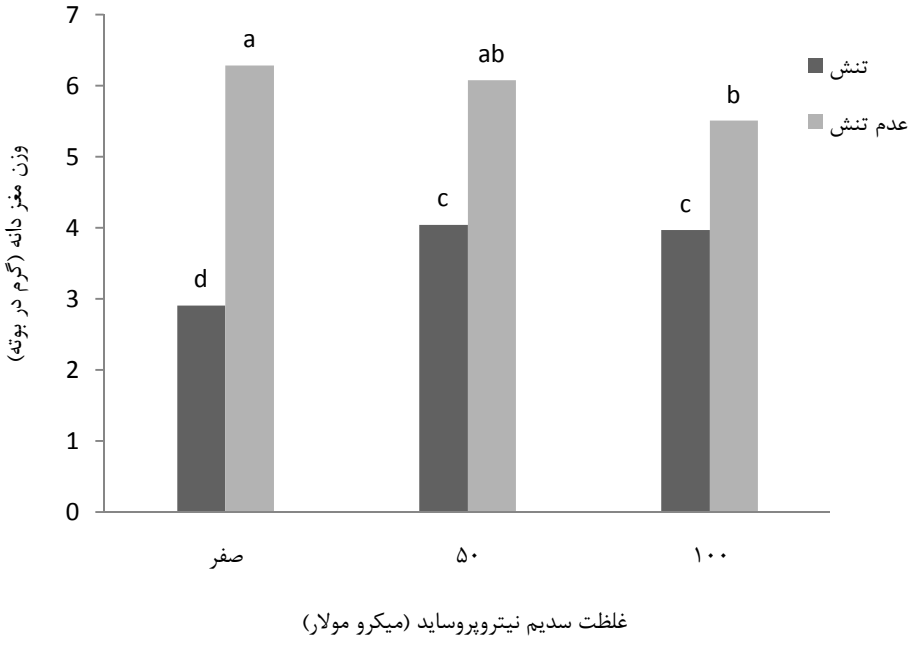


شکل ۴-۳۸- مقایسه میانگین وزن دانه پوک تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

۴-۲-۱۱- وزن مغز دانه

وزن مغز دانه از تنش کم‌آبیاری و اثر متقابل آن با سدیم نیتروپروساید تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۱۵). به گونه‌ای که تنش موجب کاهش ۳۹ درصدی وزن مغز دانه شد (جدول پیوست ۱۶). کاربرد دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید در دور آبیاری ۱۶روز موجب افزایش معنی دار ۲۷ درصدی این صفت نسبت به سطح صفر شد. استفاده از این ماده در شرایط عدم تنش موجب کاهش وزن مغز شد و با ۲ برابر شدن غلظت این ماده، کاهش وزن مغز به ۱۲/۴۳ درصد رسید که از لحاظ آماری معنی‌دار بود. این نکته نشان دهنده این است که کاربرد سدیم نیتروپروساید در شرایط عدم تنش علاوه بر این که هزینه اضافی است صفت وزن مغز را به عنوان یکی از صفات مهم در گلرنگ کاهش می‌دهد. در مجموع بیشترین و کمترین مقدار وزن مغز دانه در سطح صفر سدیم نیتروپروساید به ترتیب از شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبی به دست آمد (شکل ۴-۳۹).

در تحقیقی که توسط فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) انجام شد گزارش شد که در شرایط تنش، مغز دانه کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد کاهش فتوسنتز به دلیل تنش خشکی، موجب کاهش نسبت مغز به کل دانه، شده باشد و با ادامه روند تنش خشکی، از میزان مغز در دانه کاسته شد. زیرا وجود آب کافی، در نقل و انتقال شیره پرورده و پر شدن دانه نقش به سزایی دارد و هر چه انتقال مواد به دانه‌ها بیشتر باشد، درصد مغز به پوست دانه افزایش می‌یابد. هر چه درصد نسبی پوسته به دانه کمتر شود (مغز افزایش یابد)، ارزش محصول افزایش می‌یابد.



شکل ۴-۳۹- مقایسه میانگین وزن مغز دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید

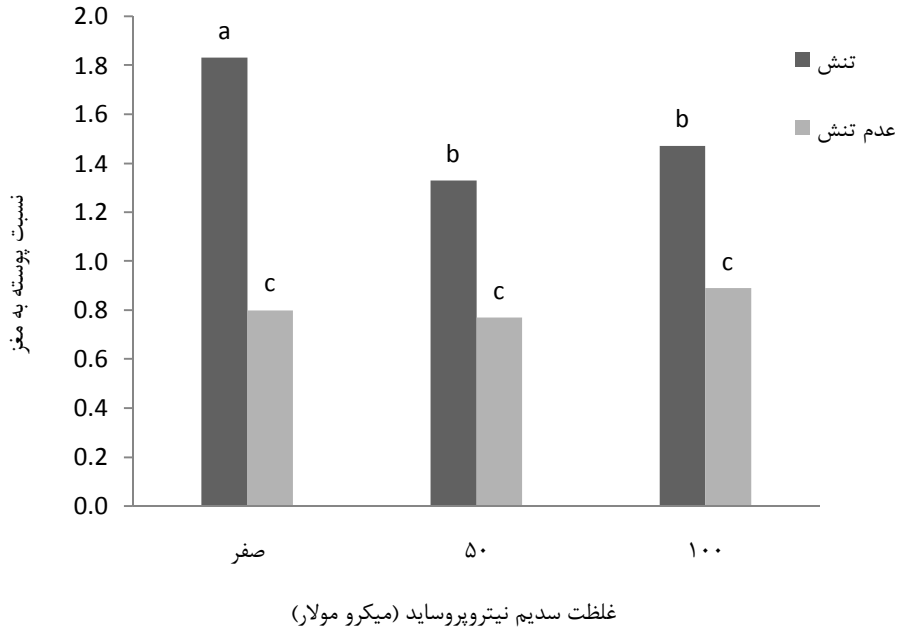
۴-۲-۱۲- وزن پوسته

وزن پوسته از هیچ یک از منابع تغییر تأثیر نپذیرفت (جدول پیوست ۱۵). با این وجود تنش موجب افزایش غیر معنی‌دار این صفت گردید (جدول پیوست ۱۶). نولز (۱۹۹۹) بیان داشت که میزان بالای پوسته در بذر، به دلیل اینکه درصد روغن و پروتئین را کاهش می‌دهد، از لحاظ تجاری صفت نامطلوبی است.

۴-۲-۱۳- نسبت پوسته به مغز

اثر تنش کم‌آبیاری (P<۰/۰۵)، سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۱) و اثر متقابل آن‌ها بر نسبت پوسته به مغز معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۵). در مجموع بیشترین نسبت پوسته به مغز در گیاهانی مشاهده گردید که هر ۱۶ روز یکبار آبیاری شدند و توسط سدیم نیتروپروساید محلول‌پاشی نشدند (شکل ۴-۴۰). در شرایط تنش، محلول‌پاشی با این ماده موجب کاهش قابل توجه و معنی‌دار در این صفت شد. در شرایط عدم تنش محلول‌پاشی با غلظت ۵۰ میکرو مولار از سدیم نیتروپروساید اثری بر

این صفت نداشت ولی غلظت بالاتر آن (۱۰۰ میکرو مولار) اثر منفی گذاشت و نسبت پوسته به مغز را افزایش داد که البته غیر معنی‌دار بود (شکل ۴-۴۰).



شکل ۴-۴۰- مقایسه میانگین نسبت پوسته به مغز تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم-آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید

۴-۳- عملکرد و اجزای عملکرد

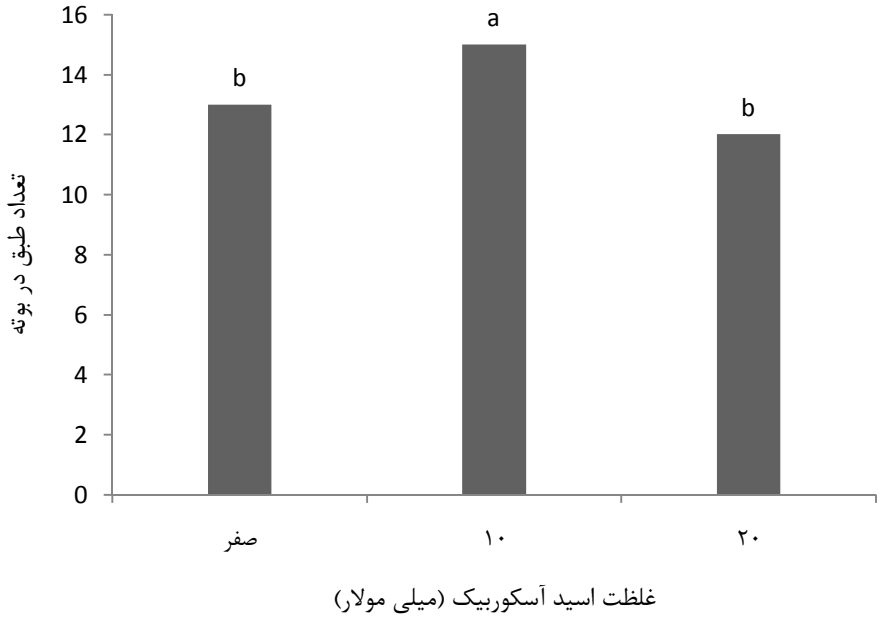
۴-۳-۱- تعداد طبق در بوته

تعداد طبق در بوته یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد می‌باشد که در بین اجزای عملکرد بیشترین سهم را در میزان عملکرد گیاه ایفا می‌کند. تأثیر تعداد طبق در بوته از تأثیر تعداد دانه در طبق بر عملکرد دانه بیشتر است (عفت دوست، ۱۳۸۱). کاهش یا افزایش تعداد طبق در گیاه با تغییر تعداد شاخه‌های فرعی که خود تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی است، در ارتباط است.

تعداد طبق در بوته از تنش و سدیم نیتروپروساید تأثیر نپذیرفت ولی اثر اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۷). کاربرد ۱۰ میلی مولار اسید

آسکوربیک موجب افزایش معنی‌دار تعداد طبق در بوته شد این تیمار به طور متوسط تعداد طبق در بوته را به ۲/۵ عدد بهبود بخشید (شکل ۴-۴۱).

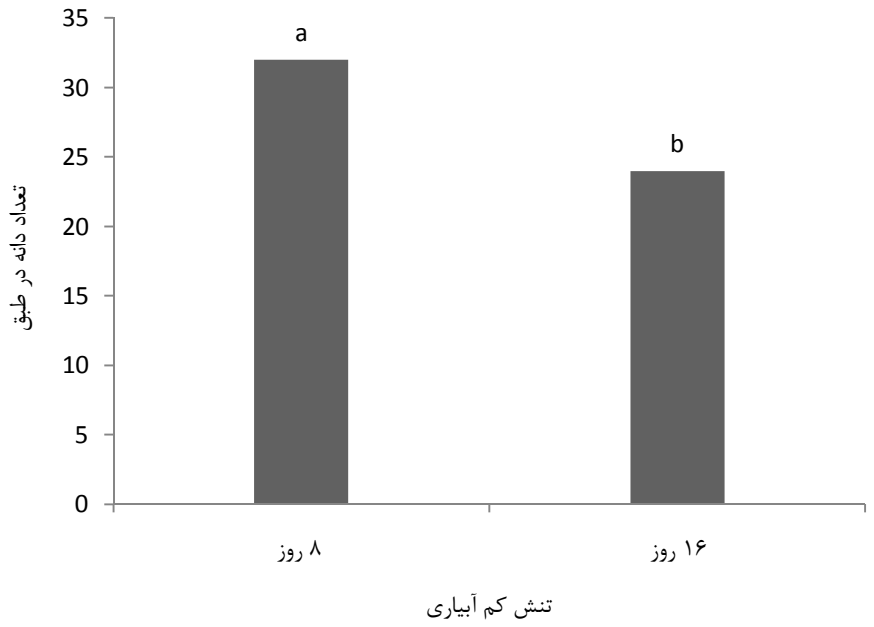
در تحقیقی که توسط فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) انجام شد اعلام گردید که تنش در مرحله گلدهی در گلرنگ موجب کاهش معنی‌دار تعداد طبق در بوته می‌شود که این افت بیشتر ناشی از کاهش طبق‌های ثانویه بود. در آزمایشی که توسط امانی لاری و همکاران (۱۳۸۹) انجام پذیرفت تعداد طبق در بوته تحت تأثیر تنش قرار نگرفت. فراست و همکاران (۱۳۸۹) نیز گزارش کردند تعداد طبق در بوته در ۴ ژنوتیپ گلرنگ تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار نگرفت. تعداد طبق در بوته بیشتر تحت تأثیر عوامل محیطی، تاریخ کاشت، تراکم و ژنوتیپ قرار دارد (نبوی کلات و همکاران، ۱۳۸۴).



شکل ۴-۴۱- مقایسه میانگین تعداد طبق در بوته تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

۴-۳-۲- تعداد دانه در طبق

به طور کلی تعداد دانه در طبق تحت تأثیر شرایط محیطی طی دوران رشد سریع طبق و شروع رشد مغز دانه قرار می‌گیرد و تعداد دانه در طبق می‌تواند از قبل از شروع گرده‌افشانی تا مدتی پس از آن تغییر کند (ویلالوبس و همکاران، ۱۹۹۶). نتایج جدول پیوست ۱۷ نشان داد که از بین منابع تغییر تنها تنش کم‌آبیاری تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در طبق داشت. طیبی و همکاران (۲۰۱۲)، بهدانی و جامی‌الاحمدی (۱۳۸۸) و عزت‌پور و همکاران (۱۳۸۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. کوچکی و سرمدنیا (۱۳۸۲) گزارش کردند ماده خشک ذخیره شده در بذر عمدتاً نتیجه فتوسنتز انجام شده می‌باشد، بنابراین در اثر تنش خشکی تعداد سلول‌های بنیادی کاهش می‌یابد و تعداد دانه در طبق کمتری تولید می‌گردد. از طرفی می‌توان گفت تنش خشکی موجب کاهش سطح ویژه برگ و دوام سطح برگ در گیاه می‌شود که این وضعیت نیز با کاهش سطح فتوسنتز کننده در طول دوره رشد گیاه موجب کاهش تولید اسمیلات‌ها شده و در نتیجه تعداد دانه در طبق کاهش می‌یابد (ولف و همکاران، ۱۹۹۸). در شکل ۴-۲۴ ملاحظه می‌گردد که تنش به طور متوسط سبب کاهش ۲۴ درصدی این صفت شد. تعداد دانه در طبق در شرایط بدون تنش ۳۱ و در شرایط تنش خشکی ۲۴ عدد بود. در آزمایشی که توسط امانی لاری و همکاران (۱۳۸۹) انجام شد، تنش به طور متوسط سبب کاهش ۲۳/۵ درصدی در میانگین این صفت گردید. توکلی زینلی (۲۰۰۲) گزارش کرد عدم آبیاری گلرنگ در مرحله گلدهی و قبل از آن موجب کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود و هر چه زمان اعمال تنش به مرحله گلدهی نزدیک‌تر باشد اثر بیشتری بر تعداد دانه خواهد گذاشت. کاهش تعداد دانه در طبق در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت کاهش اسمیلات‌ها به واسطه کاهش سطح برگ گیاه و فتوسنتز در مرحله پر شدن دانه باشد.



شکل ۴-۴۲- مقایسه میانگین تعداد دانه در طبق تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری

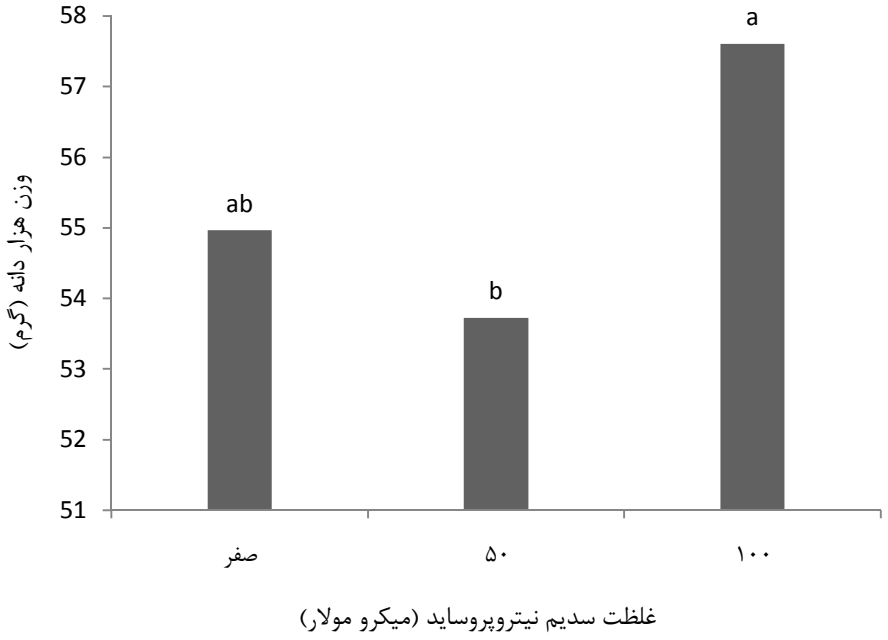
۴-۳-۳- وزن هزار دانه

از بین منابع تغییر اثر محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۷). وزن هزار دانه بر اثر تنش کم‌آبیاری کاهش غیر معنی‌دار پیدا کرد (جدول پیوست ۱۸). تنش خشکی در مرحله گلدهی موجب عدم رشد دانه در طبق و کاهش دانه‌های تشکیل یافته می‌شود. اثر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها بسیار بارز است، چون عملکرد بالقوه بسته به وزن هزار دانه می‌باشد که این موضوع مستلزم تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها می‌باشد (کوچکی و سرمدنیا ، ۱۳۸۲).

وزن هزار دانه تنها در اثر محلول‌پاشی با بالاترین غلظت سدیم نیتروپروساید بهبود یافت. به طوری که وزن هزار دانه با میانگین معادل ۵۷/۶۰ گرم در بالاترین غلظت این ماده، حدود ۷/۲۲ درصد بیشتر از تیمار ۵۰ میکرو مولار از این ماده و ۴/۸۰ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (شکل ۴-

۴۳). هر دو غلظت اسید آسکوربیک، وزن هزار دانه را بیش از ۳ گرم ارتقا بخشیدند البته تفاوت آن با گیاهانی که اسید آسکوربیک دریافت نکرده بودند، معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۱۸).

کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی در آزمایش‌های دیگران از جمله مظفری و همکاران (۱۹۹۶)، ابوالهاشم و همکاران (۱۹۹۸)، حیدری و آساد (۱۹۹۸) و اهدایی و نورمحمدی (۱۹۷۵) گزارش شده است. در گلرنگ از بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه از بقیه مهم‌تر است زیرا بسیاری از عوامل تنش‌زای محیطی که در دوره پر شدن دانه‌ها تظاهر می‌کند، با ایجاد پوکی دانه به رغم اندازه معمول آن‌ها موجب سبک شدن دانه‌ها و کاهش عملکرد می‌گردد (زوپ و همکاران، ۱۹۸۸). حیدری و آساد (۱۹۹۸) با بررسی ارقام گلرنگ بهاره گزارش کردند که وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد.



شکل ۴-۴۳- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید

۴-۳-۴- عملکرد دانه

تجزیه واریانس نشان داد که از بین منابع تغییر تنها محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول پیوست ۲۷). با توجه به شباهت زیاد نتایج به دست آمده برای عملکرد دانه با وزن هزار دانه، این گونه استنباط می‌گردد که این جزء عملکرد نسبت به سایر اجزا تأثیر بیشتری در شکل‌گیری عملکرد دانه داشته است.

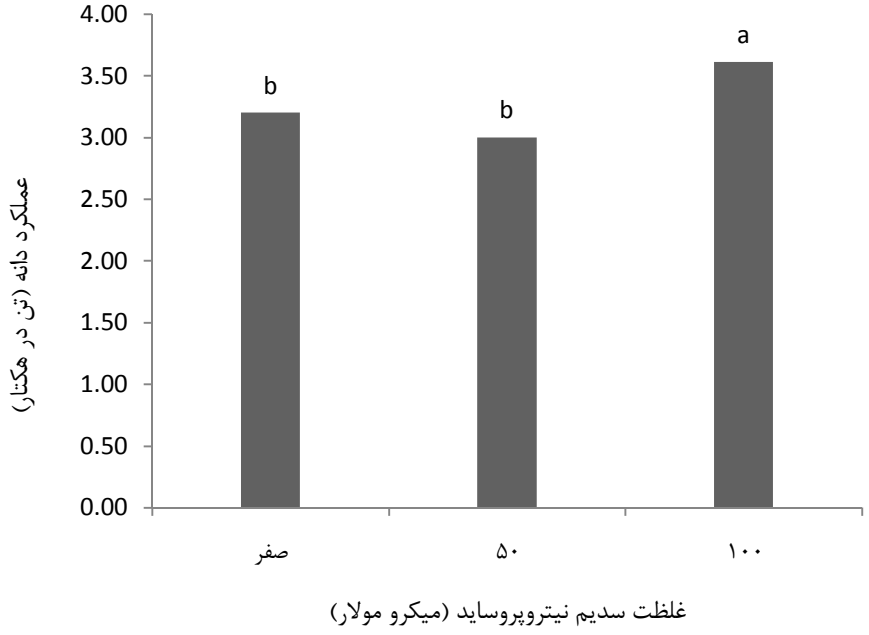
علی‌رغم غیر معنی‌دار بودن تنش کم‌آبیاری موجب کاهش ۲۱/۸ درصدی در عملکرد دانه گردید (جدول پیوست ۲۸). به نظر می‌رسد بروز تنش خشکی در مرحله رشد رویشی گیاه منجر به کوچک شدن سطح برگ فتوسنتز کننده و کاهش شاخص سطح برگ می‌شود. کاهش عملکرد در این مرحله ممکن است به واسطه کاهش تعداد دانه در طبق حاصل شود (رستمی و همکاران، ۲۰۰۳). ابوالحسنی و ساینی (۲۰۰۶) گزارش کردند که عملکرد دانه گلرنگ در شرایط تنش رطوبتی به میزان ۲۰/۵۸ درصد دچار افت می‌شود. چنان‌چه تنش در مرحله زایشی رخ دهد کاهش عملکرد به واسطه کاهش دوره پر شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها می‌باشد.

استفاده از سطح سوم سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) موجب افزایش معنی‌دار عملکرد گردید به طوری که عملکرد به دست آمده در این سطح از سدیم نیتروپروساید ۴۲۰ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۳/۲ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (شکل ۴-۴۴).

ابل (۱۹۷۶)، عبدمیشانی (۱۹۷۳) و سینگ و همکاران (۱۹۹۰) با بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه گلرنگ نشان دادند که آبیاری در مراحل پایانی رشد تأثیر زیادی بر عملکرد نداشته است، با این حال آزمایش‌های انجام شده توسط اکثر محققین بیانگر آن است که قطع آبیاری در مراحل تکمه‌دهی و گلدهی باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. کمبود آب و بروز تنش خشکی در محیط رشد گلرنگ موجب کاهش اندازه گیاه، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ‌ها و کاهش عملکرد می‌شود (کافی و رستمی، ۲۰۰۸). ابل (۱۹۷۶) نیز بیان کرد که گیاه گلرنگ در شرایط

تنش خشکی به دلیل کاهش تعداد طبق و تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه کمتری تولید کرد. شاو و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند، محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش عملکرد به میزان ۲۶/۳ درصد در ذرت گردید.

فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که به نظر می‌رسد که تنش خشکی در گیاه با کاهش آب برگ و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و افت فتوسنتز از یک سو و متأثر کردن فعالیت‌های آنزیمی و فرآیندهای مربوطه از سوی دیگر، موجب افت عملکرد دانه از طریق کاهش اجزای عملکرد می‌شود. با مطالعه روی ۲۴ رقم گلرنگ مشخص شد عملکرد دانه در واحد سطح با تعداد طبق، تعداد دانه در طبق، قطر طبق، وزن هزار دانه و تعداد شاخه جانبی دارای همبستگی معنی‌دار بود (ابل، ۱۹۶۹).



شکل ۴-۴۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید

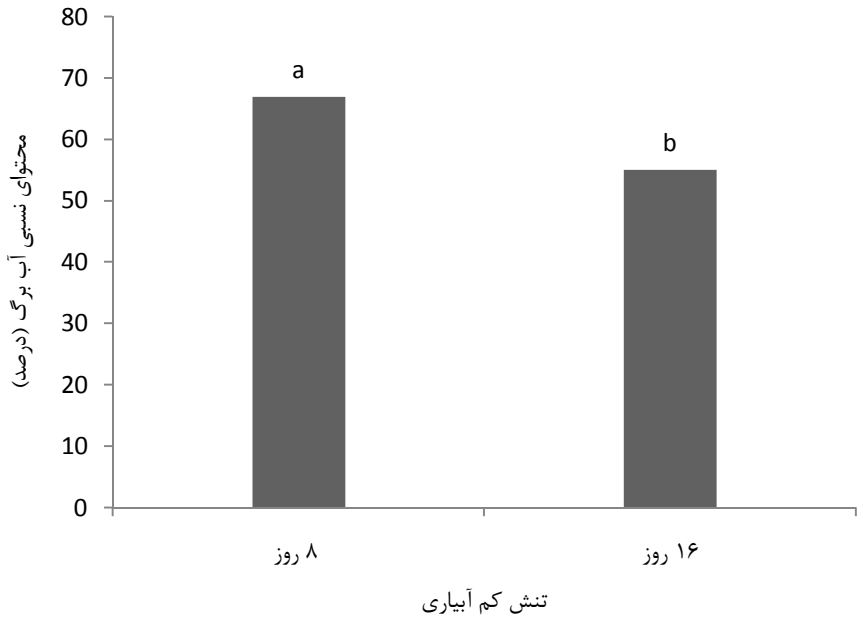
۴-۴- صفات فیزیولوژیک

۴-۴-۱- محتوای نسبی آب برگ

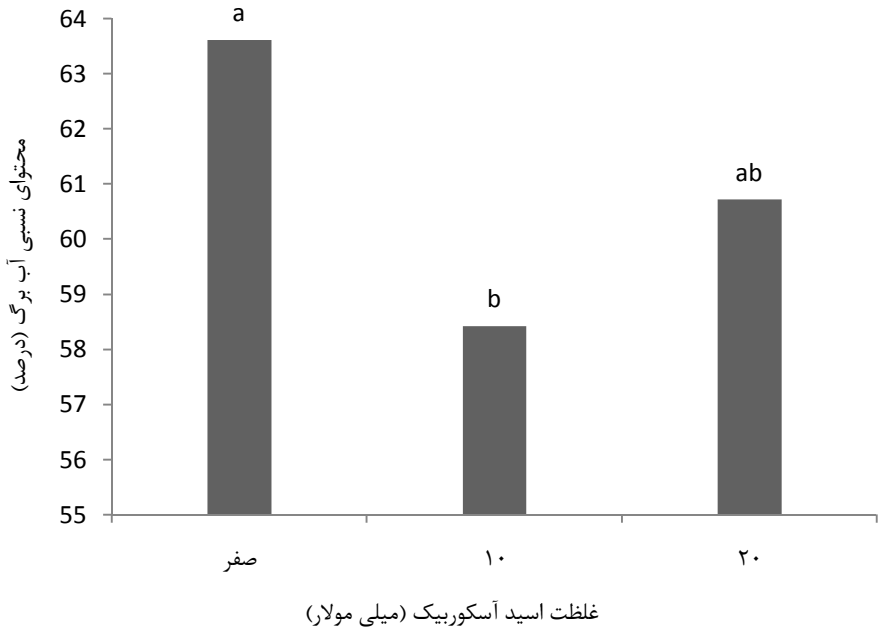
تنش کم‌آبیاری تأثیر معنی‌داری (P <۰/۰۵) بر محتوای نسبی آب برگ داشت (جدول پیوست ۱۹). محتوای نسبی آب برگ در شرایط عدم تنش ۶۶/۹ درصد بود که با دو برابر شدن فاصله آبیاری و بروز تنش در گیاه به حدود ۵۵ درصد رسید به این وسیله تنش کم‌آبیاری موجب کاهش ۱۱/۹۲ درصدی محتوای نسبی آب برگ شد (شکل ۴-۴۵). کاهش محتوای نسبی آب برگ، تحت شرایط خشکی موجب محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی می‌گردد (جهانبین و همکاران، ۱۳۸۲). محققین زیادی با بررسی گیاهان مختلف اظهار داشتند که محتوای نسبی آب برگ به این دلیل که با حجم سلول مرتبط است، می‌تواند به عنوان شاخص سنجش میزان تنش مورد استفاده قرار گیرد و معیار بهتری برای بیان وضعیت آب گیاه در مقایسه با پتانسیل آب باشد (خزاعی، ۱۳۸۱). در آزمایشی که توسط باغخانی و همکاران (۱۳۸۴) انجام شد گزارش شد که اعمال تنش خشکی موجب افت محتوای نسبی آب می‌گردد این نتیجه توسط باجی و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش شده است.

سدیم نیتروپروساید تأثیری بر این صفت نداشت (جدول پیوست ۱۹). در آزمایشی که توسط شئوکاند و همکاران (۲۰۰۸) روی نخود انجام شد نیز گزارش شد که سدیم نیتروپروساید تأثیری بر محتوای نسبی آب نداشت. در مقابل نصیبی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه روی گیاه گندم گزارش کردند که غلظت ۱۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ گردید. گراسیا ماتا و لاماتینا (۲۰۰۱) معتقدند که نیتریک اکسید رها شده از سدیم نیتروپروساید با بستن روزنه این اثر را دارد. در مطالعه مشابهی زینگ و همکاران (۲۰۰۴) اثر نیتریک اکسید و گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن در محتوای آب برگ و مقدار اسید آبسیزیک در گیاهچه گندم را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که نیتریک اکسید سبب نگهداری آب برگ شده و یکی از مکانیسم‌های

احتمالی آن تحریک سنتز اسید آبسیزیک است. اثر اسید آسکوربیک بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۹). البته این اثر در راستای کاهش صفت مذکور بود. بیشترین کاهش در غلظت ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک ملاحظه گردید (شکل ۴-۴۶).



شکل ۴-۴۵- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری



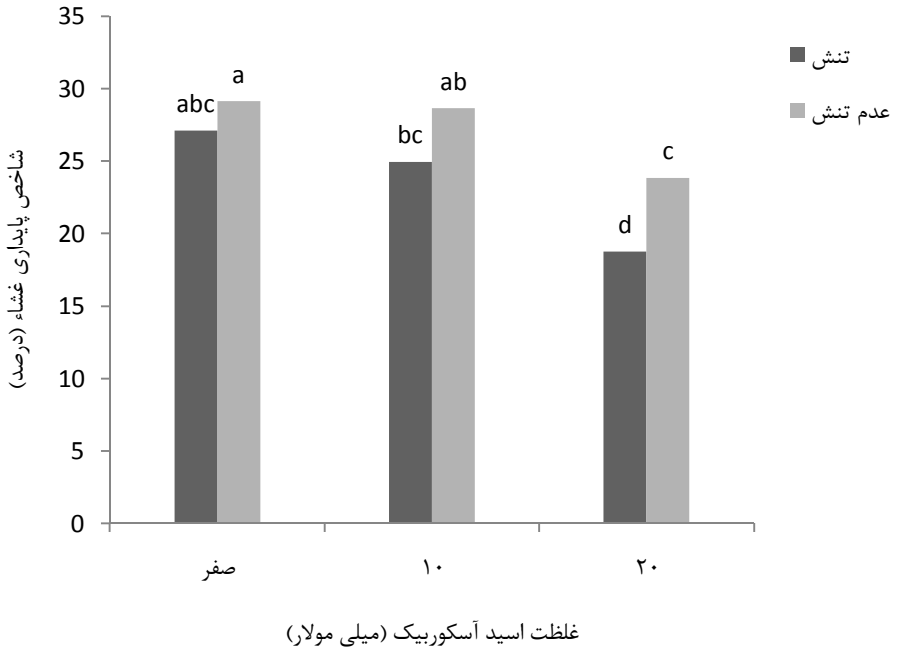
شکل۴-۴۶- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

۴-۴-۲- شاخص پایداری غشاء

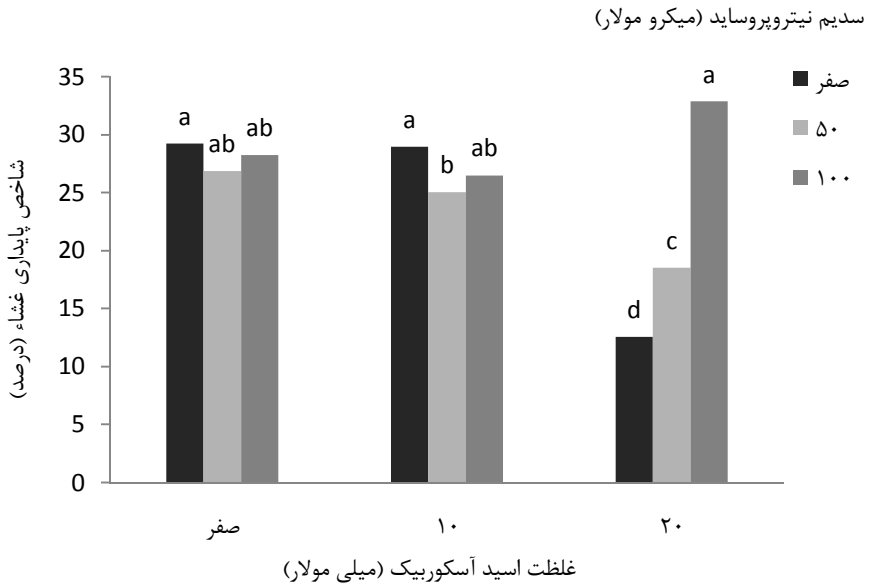
اثر کلیه منابع تغییر به جز اثر متقابل تنش در سدیم نیتروپروساید بر شاخص پایداری غشاء معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۹). تنش موجب کاهش معنی‌دار شاخص پایداری غشاء گردید (جدول پیوست ۲۰). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بر خلاف تصور افزایش غلظت اسید آسکوربیک موجب کاهش شاخص پایداری غشاء در هر دو شرایط تنش و عدم تنش شد. در مجموع کمترین شاخص پایداری مربوط به ترکیب تیماری تنش و کاربرد ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک (معادل ۱۸/۷۴ درصد) بود (شکل ۴-۴۷). کاهش پایداری غشای سلولی غالباً با کاهش محتوای نسبی آب برگ و کاهش میزان پتاسیم سلول‌ها همراه است و افزایش درصد آسیب سلولی احتمالاً به دلیل کاهش درصد آب در ساختمان غشای سلولی است زیرا ۳۰ تا ۵۰ درصد ساختمان غشاء را آب تشکیل می‌دهد (ظریف کتابی، ۱۳۷۶). عمان و همکاران (۱۳۸۵) نیز نتایج مشابهی را مبنی بر کاهش مقاومت غشاء سیتوپلاسمی در اثر تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان نشان دادند. پرماچندرا و همکاران (۱۹۸۹) نیز نتایج مشابهی مبنی بر افزایش تراوایی غشای سیتوپلاسمی در بین ارقام سورگوم با افزایش تنش آب گزارش نمودند. آن‌ها هم‌چنین دریافتند که میزان تراوش یونی غشای سلولی تحت تأثیر میزان موم کوتیکولی، ضخامت کوتیکول و پتانسیل آب برگ قرار گرفت.

نتایج نشان داد که کمترین میزان شاخص پایداری مربوط به ترکیب تیماری عدم استفاده از سدیم نیتروپروساید همزمان با کاربرد ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک (معادل ۱۲/۵۴ درصد) بود. در حالی که همین سطح از اسید آسکوربیک هنگامی که توأم با بالاترین سطح از سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) محلول‌پاشی شد، شاخص پایداری غشاء به طور قابل توجهی بیشتر از سایر ترکیبات تیماری مورد مطالعه بود. در دو غلظت صفر و ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و افزایش غلظت آن تأثیر منفی داشت (شکل ۴-۴۸). جدول پیوست ۳۱ نشان داد بالاترین میزان شاخص پایداری غشاء مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش در ۱۰۰ میکرو مولار

سدیم نیتروپروساید همراه با ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بود (معادل ۳۷/۹۴ درصد) که با تیمار شاهد (معادل ۳۲/۷۶ درصد) اختلافی نشان نداد.



شکل ۴-۴۷- مقایسه میانگین شاخص پایداری غشاء تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم-آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک



شکل۴-۴۸- مقایسه میانگین شاخص پایداری غشاء تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

۴-۴-۳- کلروفیل

۴-۴-۳-۱- برگ بالا

میزان کلروفیل برگ از جمله صفات فیزیولوژیک مهم است که تحت تنش تغییر می‌یابد. زارکو تجادا و همکاران (۲۰۰۰)، کلروفیل برگ را یکی از مهم‌ترین شاخص‌های نشان دهنده فشارهای محیطی وارد بر گیاه دانستند و معتقدند مقدار کلروفیل در گیاهان تحت تنش کاهش می‌یابد و موجب کاهش جذب نور توسط گیاه می‌شود. آنتولین و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش ولی نسبت کلروفیل a به کلروفیل b افزایش می‌یابد. گزارش شده است که افزایش این نسبت موجب تیره شدن برگ‌ها و افزایش عدد کلروفیل‌متر خواهد شد (استیل و همکاران، ۱۹۹۱).

تنش کم‌آبی موجب تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی، کاهش مقدار کلروفیل برگ و در نهایت تخریب تشکیلات فتوسنتزی می‌گردد (کیرناک، ۲۰۰۱). خشکی، فتوسنتز گیاهان را محدود می‌کند و دلیل آن ایجاد تغییر در مقدار کلروفیل و خسارت به سیستم فتوسنتزی است (نایار و گوپتا، ۲۰۰۶). علاوه بر این خشکی فعالیت های فتوشیمیایی را محدود می‌کند و فعالیت آنزیم‌ها در سیکل کالوین را کاهش می‌دهد (ماناخوا و چرنیادو، ۲۰۰۲).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک بر میزان کلروفیل a در برگ‌های بالا تأثیر گذاشت (جدول پیوست ۲۱). کاربرد ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. البته محلول‌پاشی با غلظت ۵۰ میکرو مولار نیز بهبود در این صفت را به دنبال داشت (شکل ۴-۴۹). کلروفیل a مرکز واکنش فتوسیستم‌های I و II را تشکیل می‌دهد. لذا افزایش مقدار آن تقویت سیستم فتوسنتزی گیاه را به دنبال خواهد داشت. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی مولار موجب افزایش غیر معنی-دار (۱۳/۲۷ درصد) میزان کلروفیل a نسبت به شاهد و افزایش معنی‌دار این صفت (۱۹/۶۸ درصد)

نسبت به سطح پایین‌تر این ماده گردید (شکل ۴-۵۰). همان‌طور که جدول پیوست ۲۱ نشان می‌دهد هیچ از یک تیمارها بر میزان کلروفیل b تأثیر معنی‌دار نداشتند.

محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۱) بر نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های بالای گیاه مؤثر بود (جدول پیوست ۲۱). از بین اثرات متقابل، اثر تنش در سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۱)، سدیم نیتروپروساید در اسید آسکوربیک (P<۰/۰۵) و اثر سه‌جانبه بر این صفت تأثیرگذار بود. بررسی شکل ۴-۵۱ نشان می‌دهد در شرایط تنش کاربرد هر دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید به ترتیب موجب کاهش ۲۸/۲ و ۴۲/۰۱ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید. محلول‌پاشی این ماده با غلظت ۵۰ میکرو مولار در شرایط عدم تنش نیز موجب کاهش این صفت گردید. کاهش ذکر شده نسبت به شاهد برابر با ۱۷/۶۸ درصد بود (شکل ۴-۵۱).

در بین ترکیبات تیماری حاصل از سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک، استفاده ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک همزمان با عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید مقدار بالایی از نسبت کلروفیل a به b را دارا بود که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۴-۵۲). محلول‌پاشی هر دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید در شرایط عدم کاربرد اسید آسکوربیک به طور معنی‌داری این صفت را کاهش داد و به حدود ۱/۲۰ میلی گرم در گرم رساند. زمانی که سطح دوم و سوم سدیم نیتروپروساید (۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار) به همراه سطح سوم اسید آسکوربیک (۲۰ میلی مولار) استفاده شد نیز وضعیت مشابهی مشاهده گردید به طوری که غلظت ۱۰۰ میکرو مولار موجب کاهش ۳۱/۸۴ درصدی نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های بالای کانوپی گردید (شکل ۴-۵۲). در بین ترکیبات تیماری بیشترین میزان نسبت کلروفیل a به b در ترکیب تیماری تنش در عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید در ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک دیده شد و معادل ۲/۱۷ میلی گرم در گرم وزن تر بود و کمترین میزان این صفت مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش در ۵۰ میکرو مولار سدیم

نیتروپروساید و عدم کاربرد اسید آسکوربیک بود که معادل ۰/۸۸ میلی گرم در گرم وزن تر بود (جدول پیوست ۳۱).

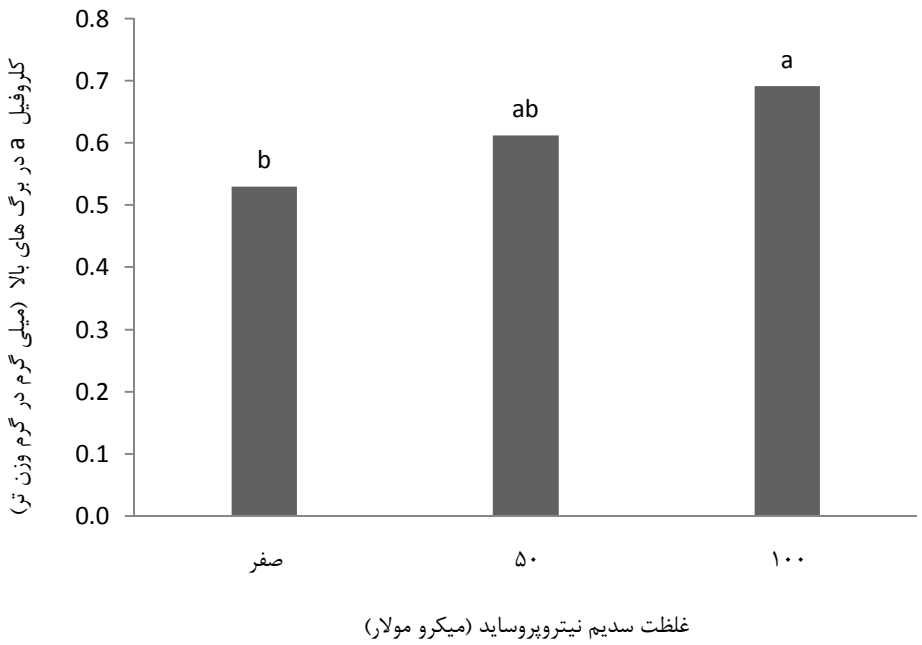
کلروفیل کل در برگ‌های بالایی گیاه تحت تأثیر اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید قرار گرفت (جدول پیوست ۲۱). کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید به ترتیب موجب افزایش ۱۳/۵۷ و ۲۳/۴۵ درصدی این صفت شد که البته تنها افزایش مشاهده شده حاصل از غلظت بالای این ماده نسبت به شاهد از لحاظ آماری معنی‌دار بود (شکل ۴-۵۳). محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی مولار موجب افزایش ۱۲/۵ درصدی میزان کلروفیل کل نسبت به شاهد گردید (شکل ۴-۵۴).

کاروتنوئیدها دسته‌ای از رنگدانه‌ها هستند که در جذب نور در گیاهان نقش مهمی دارند و می‌توانند اعمال فیزیولوژیکی متفاوتی را در گیاه انجام دهند. کاروتنوئیدها ترکیباتی ضروری در تشکیلات فتوسنتزی می‌باشند و نقش اساسی آن‌ها حفاظت گیاه در برابر آسیب‌های فتواکسیداتیو می‌باشد (بارتلی و اسکولنیک، ۱۹۹۵). جدول پیوست ۲۱ نشان داد که مقدار کاروتنوئید در برگ‌های بالایی گیاه تحت تأثیر هیچ یک از تیمارها قرار نگرفت.

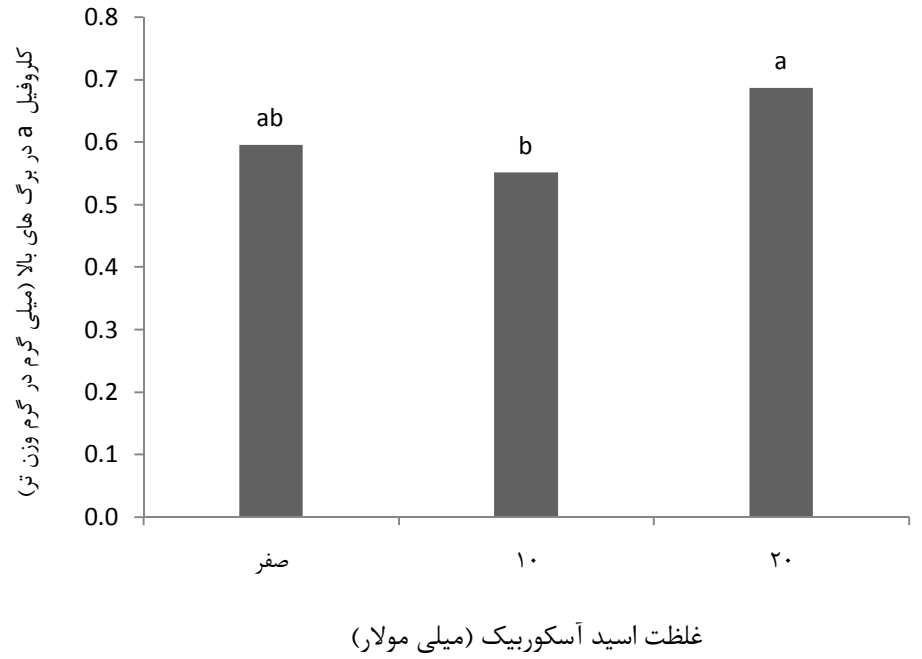
دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش میزان کلروفیل در ذرت می‌شود و اسید آسکوربیک به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی از تخریب کلروفیل جلوگیری کرده و به طور غیر مستقیم موجب افزایش آن می‌شود. امین و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که اسید آسکوربیک نقش مؤثری در افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها در گندم داشت. مشابه این تحقیق توسط شداد و همکاران (۱۹۹۰)، عبدل واحد و همکاران (۲۰۰۶) در ذرت، هاتوت و همکاران (۱۹۹۳) در گوجه فرنگی، سالم و همکاران (۲۰۰۰) در چغندرقند، هانا و همکاران (۲۰۰۱) در گندم و ال گاباس (۲۰۰۶) در آفتابگردان گزارش شد.

در تحقیقی که روی مرزنجوش انجام شد نتایج نشان داد که میزان کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کلروفیل کل در تنش شوری با کاربرد اسید آسکوربیک افزایش می‌یابد (سلاح ورزی و همکاران، ۱۳۹۰). دلیل آن را می‌توان این گونه بیان کرد که اسید آسکوربیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی توانسته است از فعالیت رادیکال‌های آزاد اکسیژن ناشی از تنش و به دنبال آن تخریب غشای کلروپلاستی جلوگیری نموده و محتوای کلروفیلی گیاه را حفظ نماید. کاربرد سدیم نیتروپروساید موجب افزایش ۳ درصدی کلروفیل در نخود گردید (شئوکاند و همکاران، ۲۰۰۸). لی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که غلظت ۰/۲ میلی مولار سدیم نیتروپروساید در گیاهچه گندم سبب افزایش رشد و افزایش مقدار کلروفیل گردید. در حالی که غلظت ۲ میلی مولار سدیم نیتروپروساید میزان رشد و محتوای کلروفیل را کاهش داد.

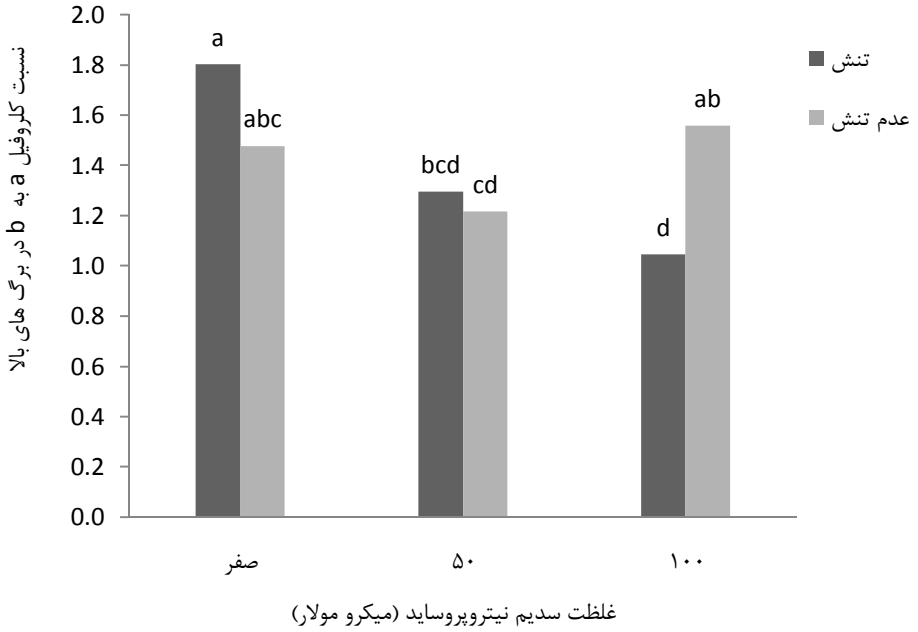
کاهش در محتوای کلروفیل در برگ‌های گیاه گوجه فرنگی تحت تنش خشکی مشاهده شد و این اثر وقتی گیاهان با ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید پیش تیمار شدند، کاملاً مرتفع شد (نصیبی، ۱۳۹۰). در برخی بررسی‌ها گزارش شده است که در حضور نیتریک اکسید دسترسی گیاه به آهن بیشتر است و این نیز می‌تواند یکی از نقش‌های نیتریک اکسید در حفظ محتوای کلروفیل گیاه باشد (نیل و همکاران، ۲۰۰۳). نیتریک اکسید موجب افزایش محتوای کلروفیل برگ ذرت در شرایط کمبود آهن شده است (بویچوا و بابالاکوا، ۲۰۰۸). البته گزارش شده که نیتریک اکسید محتوای کلروفیل را در بوته‌های نخود تحت تنش شوری کاهش داده است (شئوکاند و همکاران، ۲۰۰۸). هم‌چنین سدیم نیتروپروساید موجب کاهش محتوای کلروفیل برگ‌های برنج در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرو مولار شده است (هسو و کائو، ۲۰۰۴). در حالی که در آزمایش رئیسی و همکاران (۱۳۸۸) سدیم نیتروپروساید به تنهایی تأثیری بر محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها در گیاه شاهی نداشت. گزارش شده است که نیتریک اکسید بر کاهش کلروفیل ناشی از افزایش سن در گیاهچه‌های گندم (تو و همکاران، ۲۰۰۳)، تنش اکسیداتیو در گیاه گوجه فرنگی (بلیگنی و لاماتینا، ۱۹۹۹) و تنش شوری در ذرت (زانگ و همکاران، ۲۰۰۶) غلبه می‌کند.



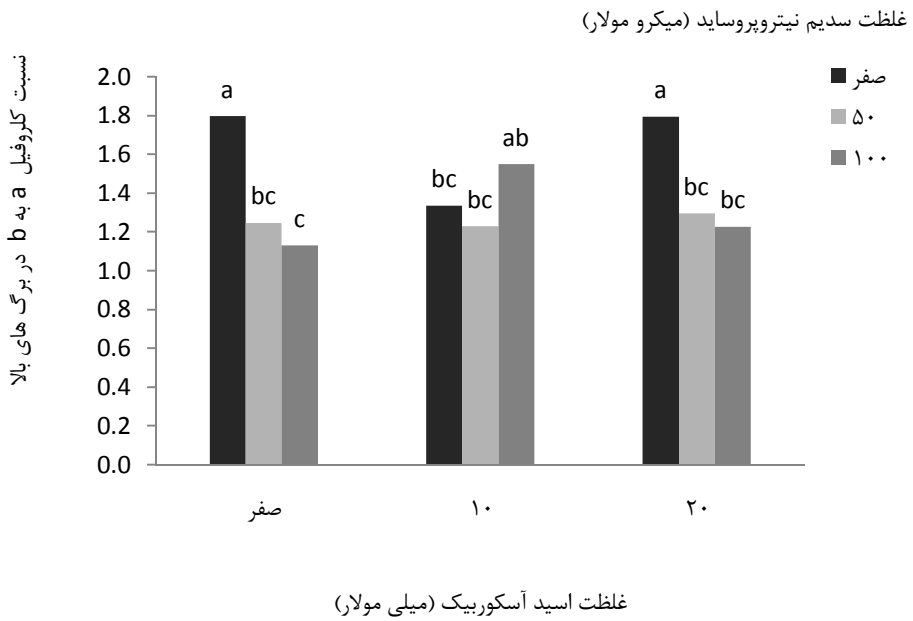
شکل۴-۴۹- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a برگ‌های بالا تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید



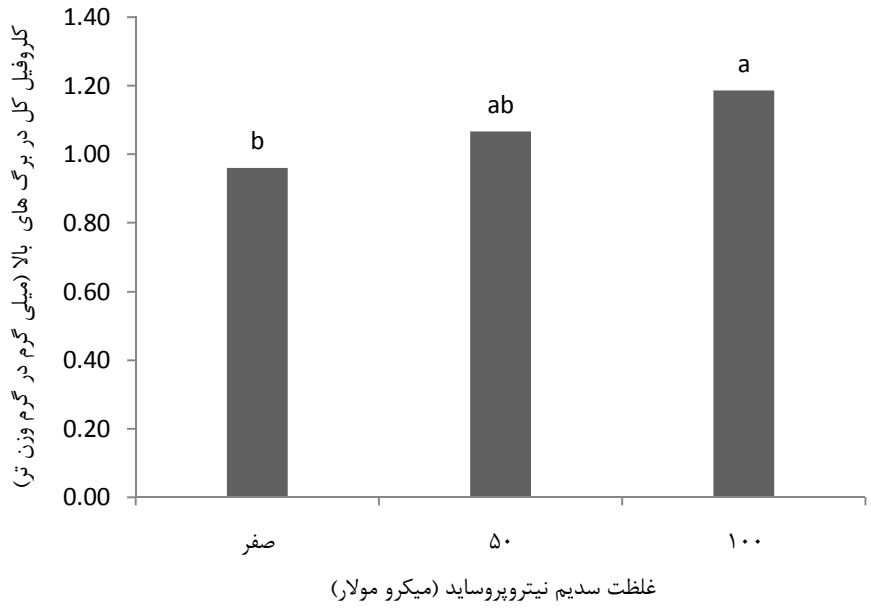
شکل۴-۵۰- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a در برگ‌های بالا تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک



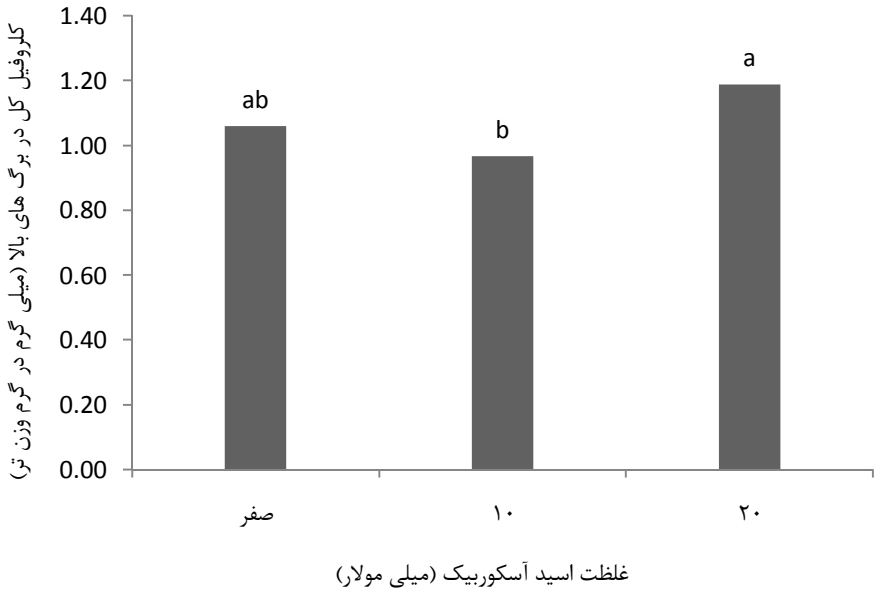
شکل۴-۵۱- مقایسه میانگین نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های بالا تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید



شکل۴-۵۲- مقایسه میانگین نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های بالا تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک



شکل ۴-۵۳- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل در برگ‌های بالا تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید



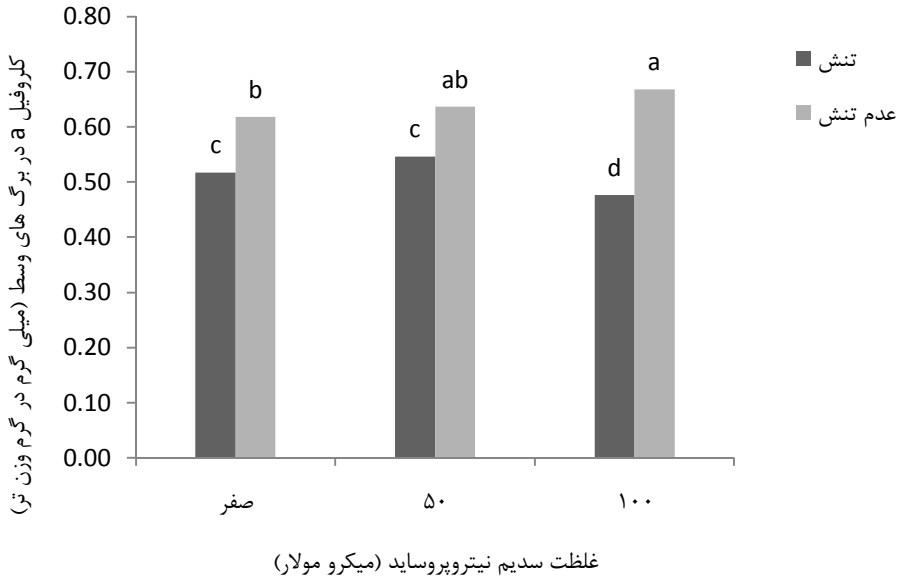
شکل ۴-۵۴- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل در برگ‌های بالا تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

۴-۴-۳-۲- برگ وسط

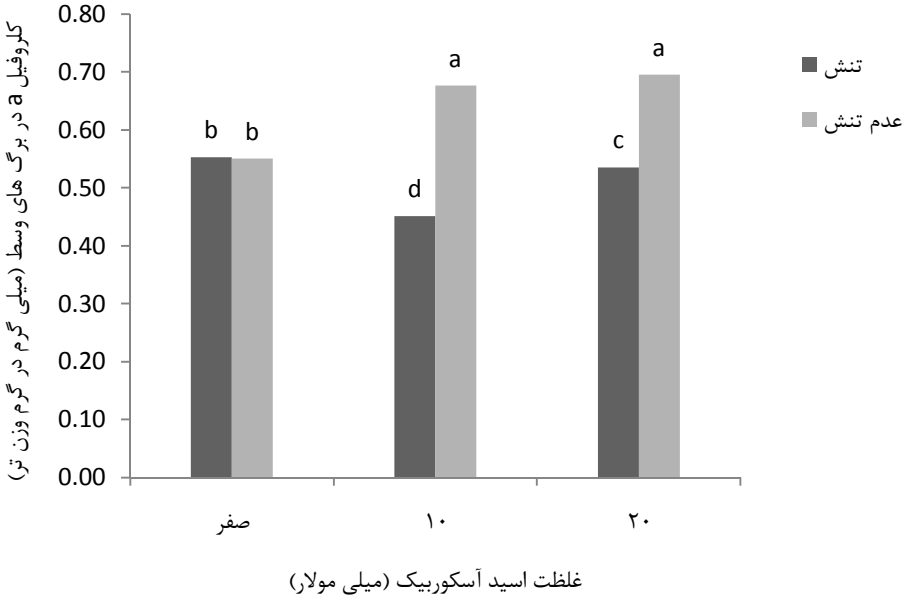
اثر تنش کم‌آبیاری و اسید آسکوربیک و نیز کلیه اثرهای متقابل بر کلروفیل a در برگ‌های وسط کانوپی معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۲۳). در شکل ۴-۵۵ و جدول پیوست ۲۴ مشاهده می‌گردد که به طور کلی میزان کلروفیل a در شرایط تنش حدود ۲۰/۳۱ درصد کمتر از شرایط عدم تنش بود. هم‌چنین در شکل ۴-۵۵ مشاهده می‌شود که در گیاهانی که با فواصل ۸ روز آبیاری شدند محلول-پاشی با سدیم نیتروپروساید و افزایش غلظت آن به مقدار جزئی کلروفیل a را در برگ‌های وسط کانوپی بهبود بخشید. در حالی که در گیاهانی با فواصل ۱۶روز آبیاری شدند و تنش کم‌آبیاری را تجربه کردند غلظت ۵۰ میکرو مولار از این ماده اثر مثبت بسیار جزئی داشت و غلظت ۱۰۰ میکرو مولار تأثیر منفی بر جای گذاشت و کمترین مقدار کلروفیل a از همین غلظت در شرایط تنش به دست آمد.

در ترکیبات تیماری تنش و اسید آسکوربیک، ترکیبات تیماری عدم تنش و کاربرد ۱۰ و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بیشترین میزان کلروفیل a را به خود اختصاص دادند به طوری که محلول‌پاشی با هر دو غلظت ذکر شده در شرایط عدم تنش موجب افزایش ۲۰ درصدی کلروفیل a نسبت به عدم کاربرد اسید آسکوربیک گردید. این نتیجه در حالی به دست آمد که اثر منفی محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک در شرایط تنش قابل توجه بود (شکل ۴-۵۶).

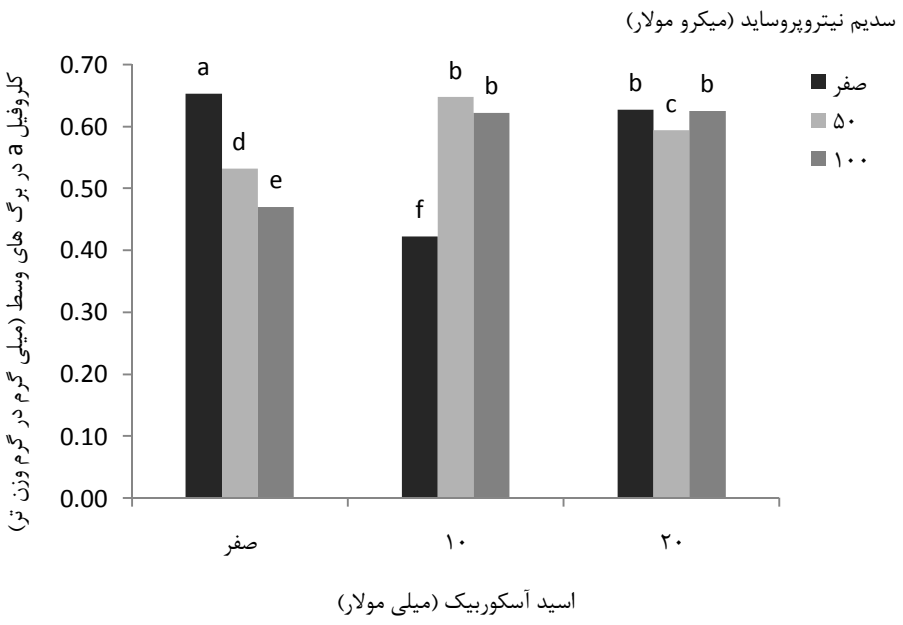
در کاربرد همزمان سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک نیز نتایج نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به عدم کاربرد این دو ماده بود و کمترین میزان این صفت مربوط به عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید و کاربرد اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰ میلی مولار (معادل ۰/۴۲۲ میلی گرم در گرم وزن تر) بود (شکل ۴-۵۷). در بین ترکیبات تیماری سه‌جانبه، ترکیب تیماری عدم تنش به همراه کاربرد ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بیشترین میزان کلروفیل a را دارا بود که نسبت به شاهد افزایش ۱۲/۱۴ درصدی را نشان داد (جدول پیوست ۳۱).



شکل۴-۵۵- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید



شکل۴-۵۶- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم-آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

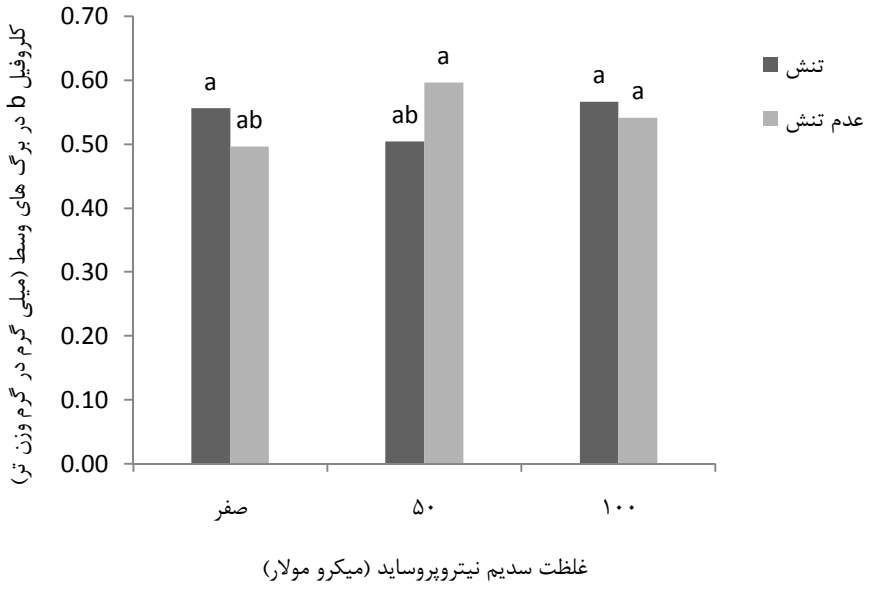


شکل۴- ۵۷- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

کلروفیل b در برگ‌های وسط تنها از اثر متقابل تنش و سدیم نیتروپروساید در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۲۳). بر خلاف کلروفیل a (شکل ۴-۵۵)، در گیاهانی که سدیم نیتروپروساید دریافت نکردند میزان کلروفیل b در برگ‌های وسط در شرایط عدم تنش کمتر از شرایط تنش بود و در بین ۶ ترکیب تیماری مورد مقایسه کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. در شرایط عدم تنش، محلول‌پاشی با هر دو غلظت سدیم نیتروپروساید این صفت را به طور چشمگیری افزایش دادند. البته تأثیر غلظت ۵۰ میکرو مولار بیشتر بود. با این وجود اختلاف بین این دو ترکیب تیماری با ۳ ترکیب تیماری حاصل از سطوح سدیم نیتروپروساید و تنش کم‌آبیاری قابل توجه نبود (شکل ۴-۵۸).

نقش کلروفیل b در سیستم فتوسنتزی گیاه دریافت نور در کمپلکس برداشت نور و انتقال به کلروفیل a است. در شرایط عدم تنش به واسطه فراهم بودن سطح برگ بیشتر احساس نیاز گیاه به تقویت کمپلکس برداشت نور کمتر است و این می‌تواند دلیلی برای کمتر بودن کلروفیل b در شرایط

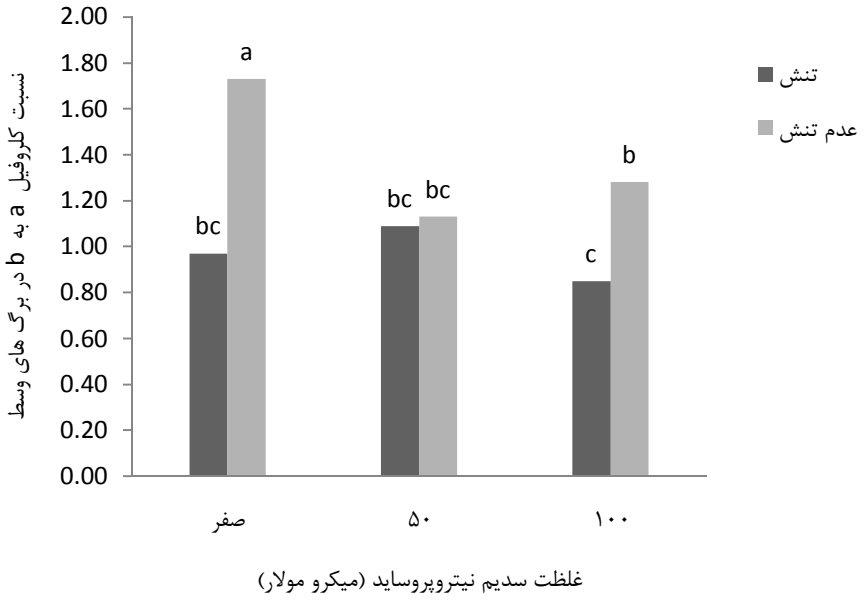
عدم تنش باشد. البته همان گونه که مشاهده شد سدیم نیتروپروساید نقش مؤثری در بهبود کمپلکس برداشت نور ایفا کرد.



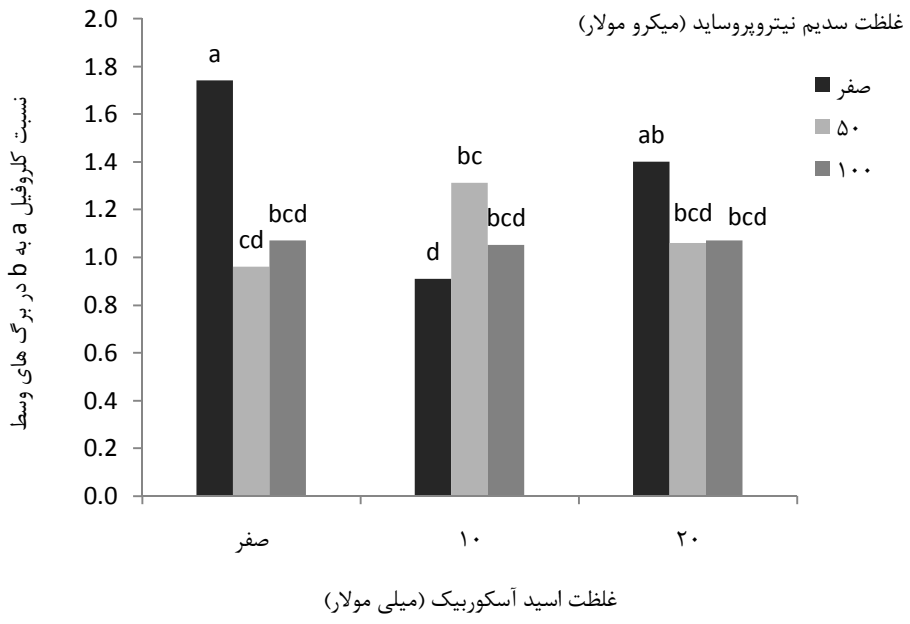
شکل۴- ۵۸- مقایسه میانگین میزان کلروفیل b در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید

نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های وسط گیاه تحت تأثیر سدیم نیتروپروساید، اثر متقابل تنش در سدیم نیتروپروساید و سدیم نیتروپروساید در اسید آسکوربیک قرار گرفت (جدول پیوست ۲۳). تنش موجب کاهش این صفت گردید که البته غیر معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲۴). ترکیب تیماری عدم تنش و عدم استفاده از سدیم نیتروپروساید بیشترین میزان این صفت (معادل ۱/۷۳) را به خود اختصاص داد (شکل ۴-۵۹). استفاده از هر دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار این ماده در شرایط تنش، تأثیر قابل توجهی بر نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های وسط نداشت. در حالی که کاربرد این دو سطح در شرایط عدم تنش به ترتیب موجب کاهش ۳۴/۶۹ و ۲۶/۰۲ درصدی این صفت گردید (شکل ۴-۵۹). استفاده از سطح دوم سدیم نیتروپروساید (۵۰ میکرو مولار) در شرایط تنش و عدم تنش اختلافی با یکدیگر نداشت و این نسبت تقریباً برابر با ۱/۱۰ بود (شکل ۴-۵۹).

شکل ۴-۶۰ بیان‌گر این است که در بین ترکیبات تیماری حاصل از سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک، بیشترین نسبت کلروفیل a به b مربوط به تیمار شاهد (عدم کاربرد هر دو ماده) بود که اگر چه با ترکیب تیماری ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک همراه با عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید اختلاف داشت ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. زمانی که اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰ میلی مولار همزمان با عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید استفاده شد، کمترین نسبت کلروفیل a به b حاصل گردید. هر دو سطح سدیم نیتروپروساید زمانی که با ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک به کار رفتند اثر یکسانی بر جای گذاشتند ولی همانند سایر ترکیبات تیماری مورد بررسی موجب کاهش این نسبت گردیدند (شکل ۴-۶۰).



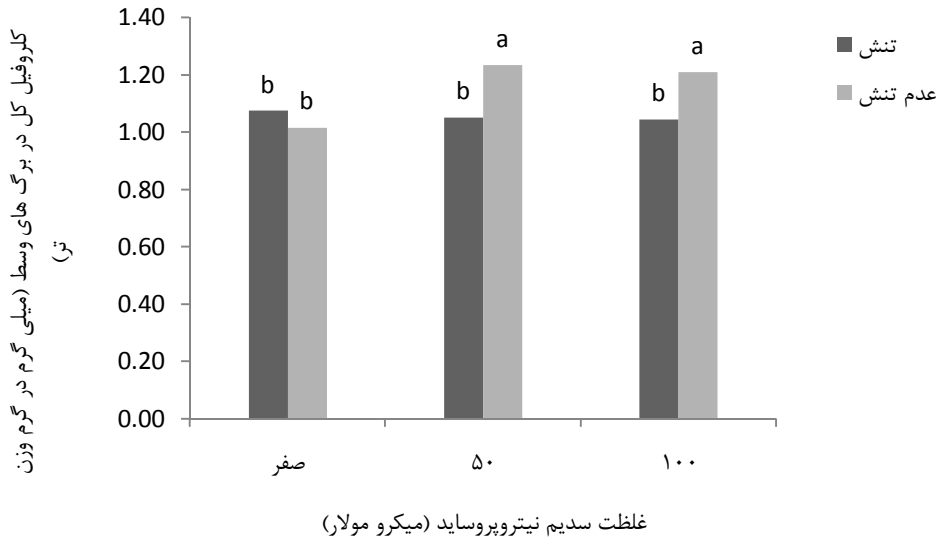
شکل۴-۵۹- مقایسه میانگین نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید



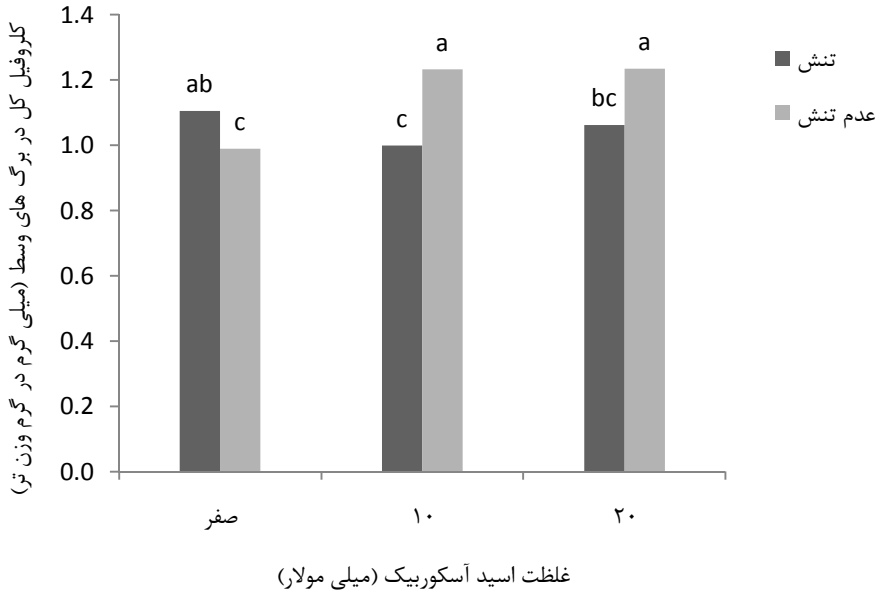
شکل۴-۶۰- مقایسه میانگین نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت-های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

اثر ترکیبات دو جانبه حاصل از تیمارهای آزمایش بر کلروفیل کل برگ‌های وسط کانوپی معنی-دار شد (جدول پیوست ۲۳). در مورد کلروفیل کل نیز می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که ترکیب تیماری عدم تنش همزمان با کاربرد ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش معنی‌دار این صفت گردید و با ترکیب تیماری عدم تنش و کاربرد ۵۰ میکرو مولار از این ماده اختلاف معنی-داری نداشت این نتیجه تحت تأثیر کلروفیل a رقم خورد (شکل ۴-۶۱). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش و اسید آسکوربیک نیز نشان داد که تیمار عدم تنش همراه با کاربرد ۱۰ و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بیشترین میزان کلروفیل کل در برگ‌های وسط را به خود اختصاص داد که البته با ترکیب تیماری عدم تنش و عدم کاربرد این ماده اختلاف معنی‌دار نشان نداشت (شکل ۴-۶۲). در مورد کاربرد همزمان اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید نتایج نشان داد که کاربرد همزمان سطح دوم و سوم از این مواد نسبت به شاهد اندکی موجب بهبود کلروفیل کل برگ‌های وسط گردید (شکل ۴-۶۳).

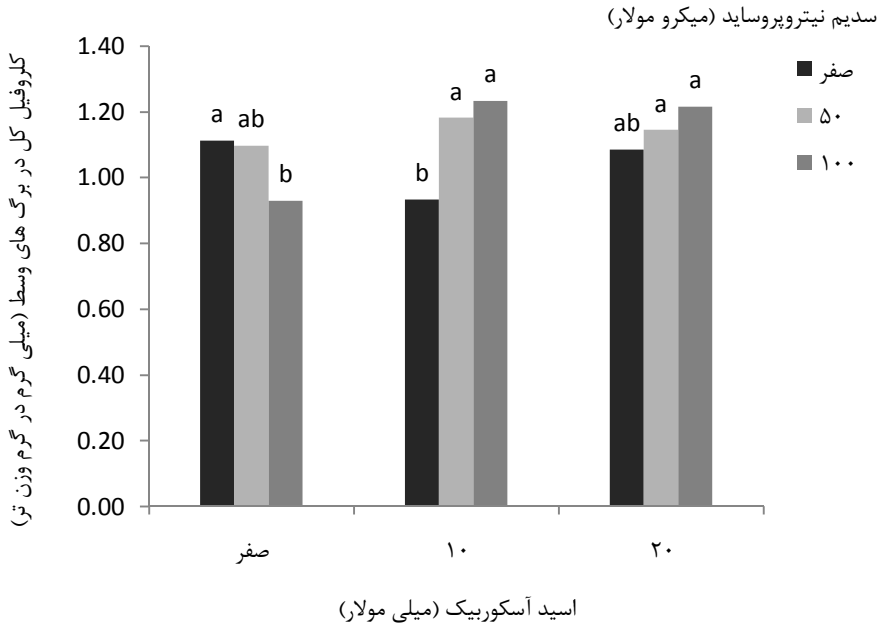
میزان کاروتنوئید برگ‌های وسط تحت تأثیر اسید آسکوربیک (P<۰/۰۵)، اثر متقابل آن با تنش (P<۰/۰۱) و اثر متقابل سدیم نیتروپروساید در اسید آسکوربیک (P<۰/۰۱) قرار گرفت (جدول پیوست ۲۳). کمترین میزان کاروتنوئید در برگ‌های وسط مربوط به ترکیب تیماری تنش به همراه کاربرد ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بود. محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک و به ویژه غلظت ۱۰ میلی مولار در شرایط عدم تنش توانست در افزایش کاروتنوئید برگ‌های وسط مؤثر باشد و این صفت را از حدود ۰/۲۴ به ۰/۳۲ میلی گرم بر گرم ارتقا بخشد. البته تفاوتی بین دو غلظت اسید آسکوربیک وجود نداشت (شکل ۴-۶۴). نتایج مقایسه میانگین کاربرد همزمان سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک نشان داد که محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک به تنهایی در هر دو غلظت، کاروتنوئید برگ‌های وسط را کاهش داد. در حالی که توأم شدن آن‌ها با یکدیگر این اثر منفی را خنثی کرد. استفاده از ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید همراه با کاربرد ۱۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بیشترین میزان کاروتنوئید را دارا بود (شکل ۴-۶۵).



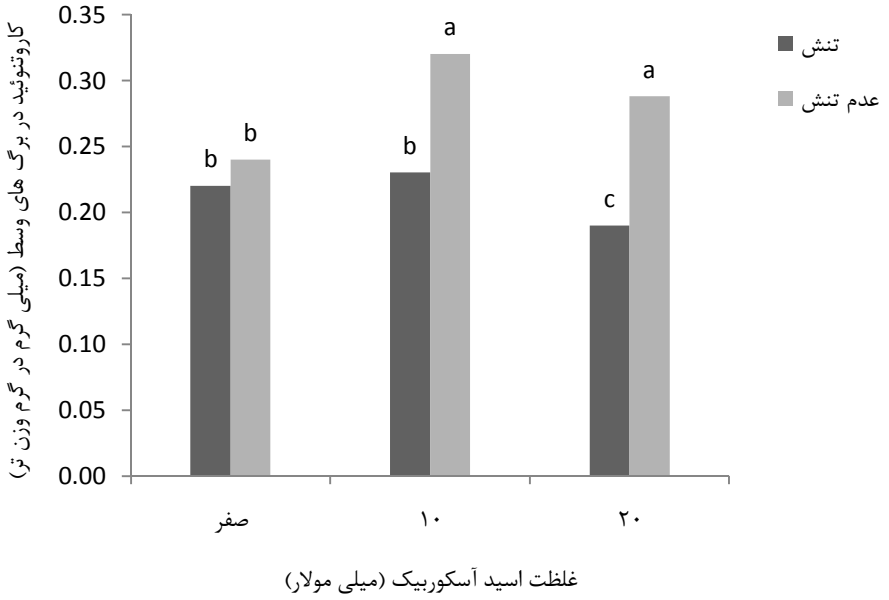
شکل۴-۶۱- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید



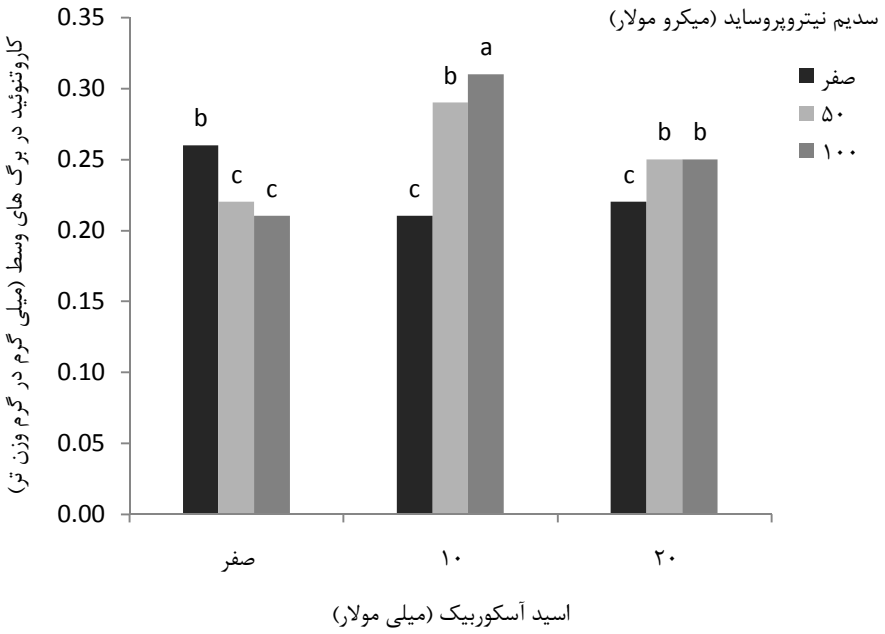
شکل۴-۶۲- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک



شکل۴-۶۳- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک



شکل۴-۶۴- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

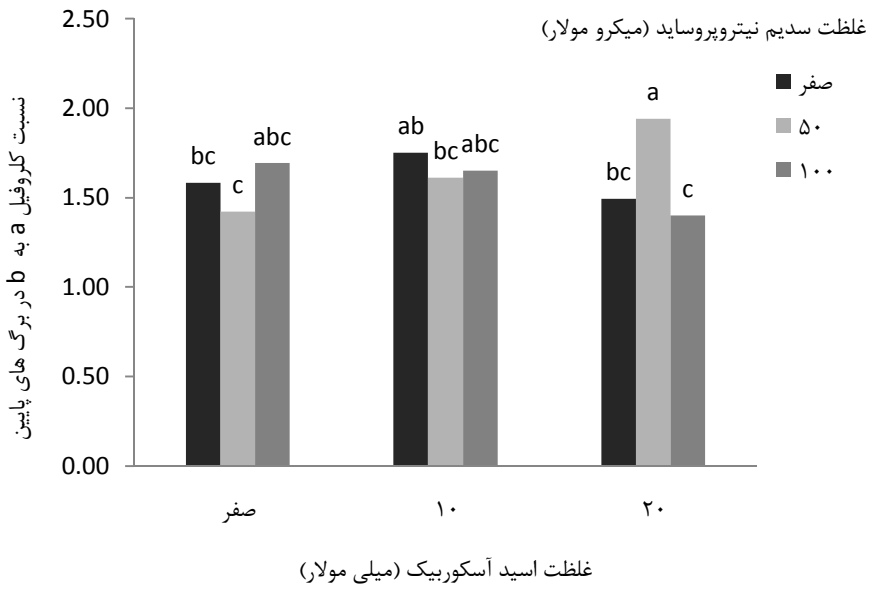


شکل۴-۶۵- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

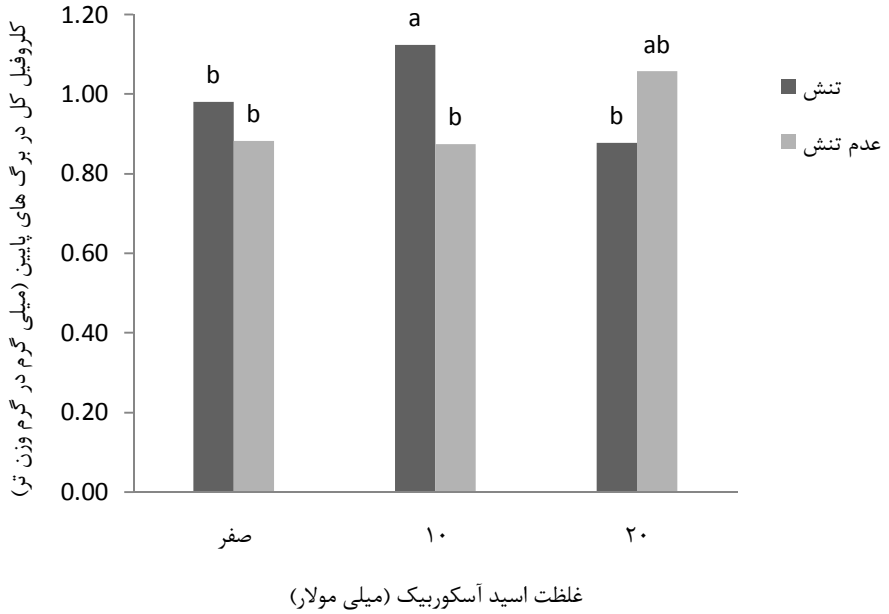
۴-۴-۳-۳- برگ پایین

جدول تجزیه واریانس نشان داد که نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های پایین کانوپی تحت تأثیر اثر متقابل سدیم نیتروپروساید در اسید آسکوربیک قرار گرفت (جدول پیوست ۲۵). در بین ترکیبات تیماری کاربرد همزمان ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک و ۵۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید بیشترین نسبت کلروفیل a به b را به خود اختصاص داد و معادل ۱/۹۴ بود (شکل ۴-۶۶). استفاده از سطح دوم سدیم نیتروپروساید (۵۰ میکرو مولار) همزمان با کاربرد بالاترین سطح اسید آسکوربیک (۲۰ میلی مولار) موجب افزایش ۳۰/۲۰ درصدی این صفت نسبت به عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید در همین سطح از اسید آسکوربیک گردید. تقریباً بین سایر ترکیبات تیماری اختلاف قابل توجهی از لحاظ تأثیر گذاری بر این صفت مشاهده نگردید (شکل ۴-۶۶).

اثر تیمارهای آزمایش بر مقادیر کلروفیل a و b و کاروتنوئید اندازه‌گیری شده در برگ‌های پایین کانوپی معنی‌دار نبود. تنها اثر متقابل تنش در اسید آسکوربیک بر میزان کلروفیل کل این برگ‌ها معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۲۵). استفاده از اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰ میلی مولار در شرایط تنش موجب افزایش معنی‌دار کلروفیل کل در برگ‌های پایین گیاه گردید (شکل ۴-۶۷). کاربرد هر دو غلظت این ماده در دور آبیاری ۸ روز تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل کل در برگ‌های پایین نداشت هر چند غلظت ۲۰ میلی مولار توانست اندکی این صفت را بهبود بخشد (شکل ۴-۶۷).



شکل۴-۶۶- مقایسه میانگین نسبت کلروفیل a به b در برگ‌های پایین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک



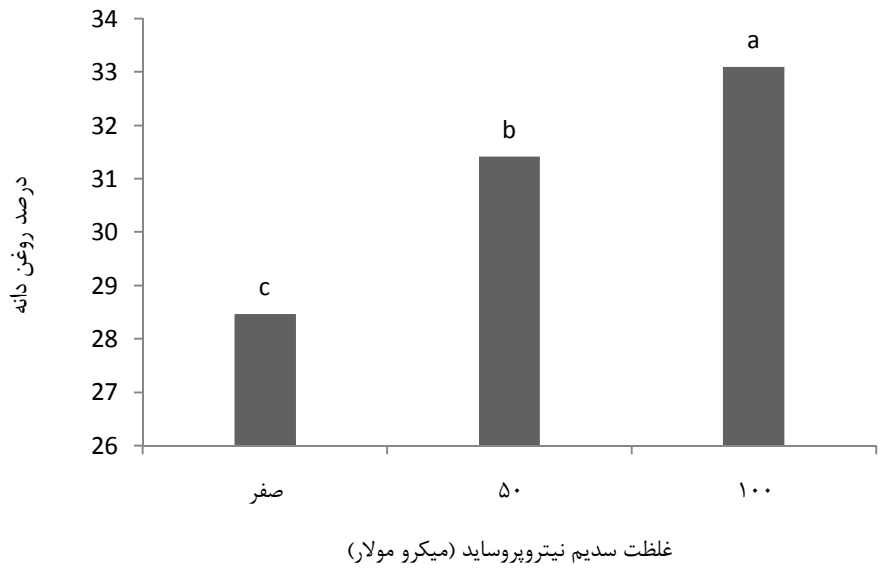
شکل۴-۶۷- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل در برگ‌های پایین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

۴-۵- صفات کیفی

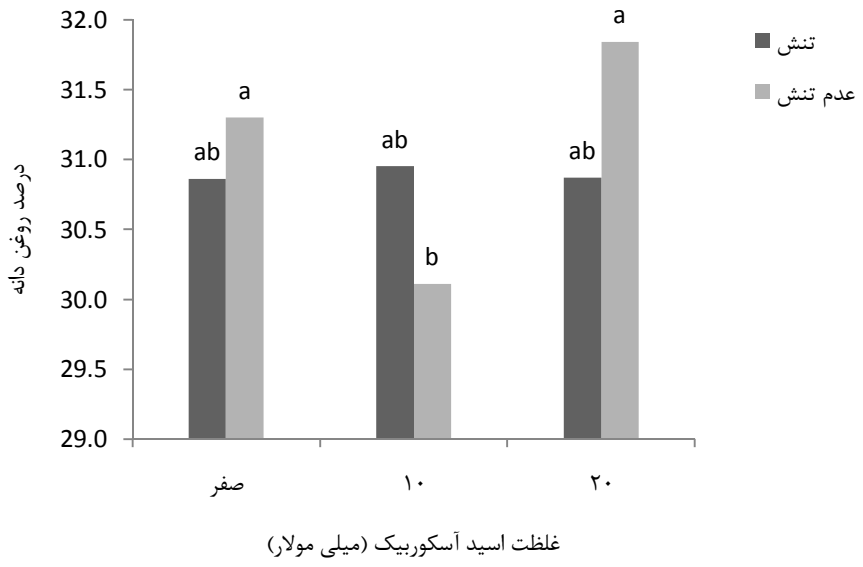
۴-۵-۱- درصد روغن

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که درصد روغن تحت تأثیر تنش قرار نگرفت (جدول پیوست ۲۷). در مورد تأثیر تنش خشکی بر درصد روغن گزارشات ضد و نقیضی وجود دارد. اصولاً درصد روغن یک صفت کمی است و توسط چندین ژن کنترل می‌شود، بنابراین آسیب دیدن تعداد زیادی از ژن‌های کنترل کننده در اثر تنش خشکی، بعید به نظر می‌رسد. از این رو کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی جزئی است (جانسون و واکس، ۱۹۷۸). فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند درصد روغن تحت تأثیر تنش خشکی و عوامل محیطی قرار نمی‌گیرد افت درصد روغن در اثر تنش خشکی شدید در مقایسه با تنش خشکی ملایم نسبتاً بالاتر است که نشان می‌دهد، اگر شدت تنش زیاد نباشد، تأثیر چندانی بر درصد روغن دانه نخواهد داشت. این نتایج با یافته‌های کومار (۲۰۰۰) تطابق و هم‌خوانی دارد که حاکی از آن است، در اثر تنش خشکی تغییرات درصد روغن کم می‌باشد.

از بین سایر منابع تغییر اثر سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۵) و اثر متقابل تنش در اسید آسکوربیک (P<۰/۰۱) بر درصد روغن معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲۷). نتایج نشان داد استفاده از دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید به ترتیب موجب افزایش ۲/۹۴ و ۴/۶۲ درصدی این صفت گردید (شکل ۴-۶۸). کاربرد اسید آسکوربیک در شرایط تنش اختلاف معنی‌داری نشان نداد ولی در دور آبیاری ۸ روز استفاده از سطح دوم این ماده (۱۰ میلی مولار) موجب کاهش معنی‌دار ۱/۱۹ درصدی این صفت شد (شکل ۴-۶۹). بیشترین میزان درصد روغن زمانی حاصل شد که غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش محلول‌پاشی شد و معادل ۳۱/۸۴ درصد گردید (شکل ۴-۶۹).



شکل۴- ۶۸- مقایسه میانگین درصد روغن تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید



شکل۴-۶۹- مقایسه میانگین درصد روغن تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک

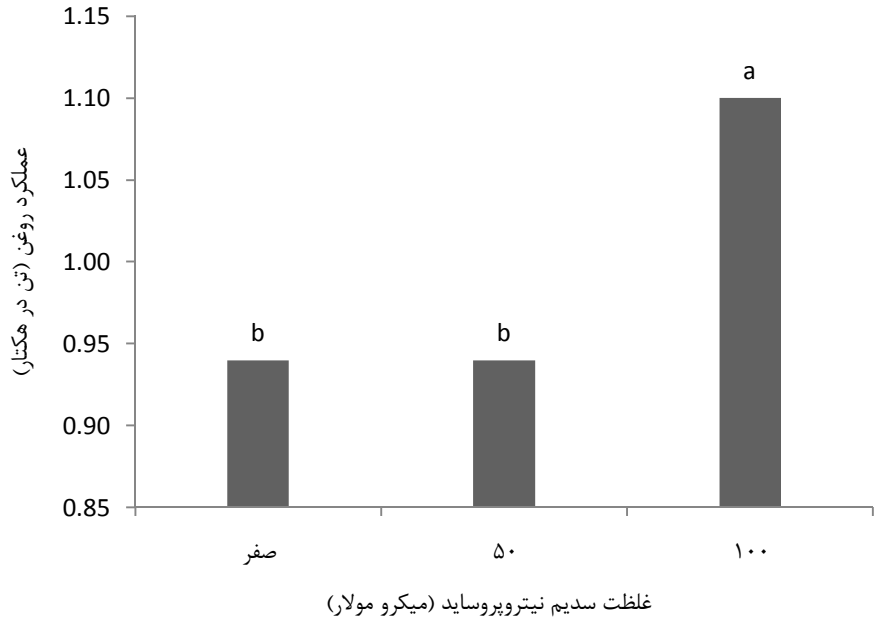
۴-۵-۲- عملکرد روغن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد عملکرد روغن تحت تأثیر سدیم نیتروپروساید در سطح ۵ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۲۷). در مطالعه حاضر عملکرد روغن در اثر تنش ۲۴/۱۱ درصد کاهش پیدا کرد ولی از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۲۸). در حالت کلی درصد روغن دانه تحت تأثیر تنش خشکی قرار نمی‌گیرد ولی تنش خشکی میزان عملکرد روغن را کاهش می‌دهد که ناشی از کاهش عملکرد دانه است (هاشمی دزفولی، ۱۹۹۴). گزارش شده است که تنش شدید خشکی سبب کاهش مقدار روغن تولیدی در گلرنگ می‌شود و با کاهش بیشتر مقدار اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه و افزایش نسبت اسیدهای چرب اشباع، در نهایت موجب بالا رفتن درجه اشباع بودن روغن گلرنگ می‌گردد (هامرونی و همکاران، ۲۰۰۱ و پورداد، ۱۹۹۹).

عملکرد روغن با عملکرد دانه و درصد روغن رابطه مستقیمی دارد. در تحقیقی که توسط فراست و همکاران (۱۳۸۷) انجام پذیرفت گزارش شد که عملکرد روغن تحت تأثیر آبیاری قرار گرفت. کافی و رستمی (۲۰۰۸) بیان داشتند عملکرد روغن تحت تأثیر تنش خشکی قرار داشت به طوری که بیشترین عملکرد روغن در تیمار آبیاری کامل و کمترین عملکرد روغن در تیمار تنش شدید خشکی حاصل گردید. نادری درباغشاهی و همکاران (۱۳۸۳) اظهار داشتند با اعمال تنش خشکی در گلرنگ عملکرد روغن به شدت کاهش می‌یابد ولی از طرفی با افزایش شدت تنش در سطوح بعدی افت عملکرد با شدت کمتری انجام می‌گیرد.

کاربرد بالاترین سطح سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) موجب افزایش معنی‌دار ۱۴/۶۸ درصدی عملکرد روغن گردید (شکل ۴-۷۰). این نتیجه در حالی رقم خورد که این سطح از سدیم نیتروپروساید تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت و موجب افزایش آن گردید. استفاده از اسید آسکوربیک موجب افزایش غیر معنی‌دار عملکرد روغن گردید. استفاده از اسید آسکوربیک موجب

افزایش ۱۱/۶۶ و ۱۰/۷۹ درصدی عملکرد روغن به ترتیب در غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی مولار گردید که البته از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۲۸).



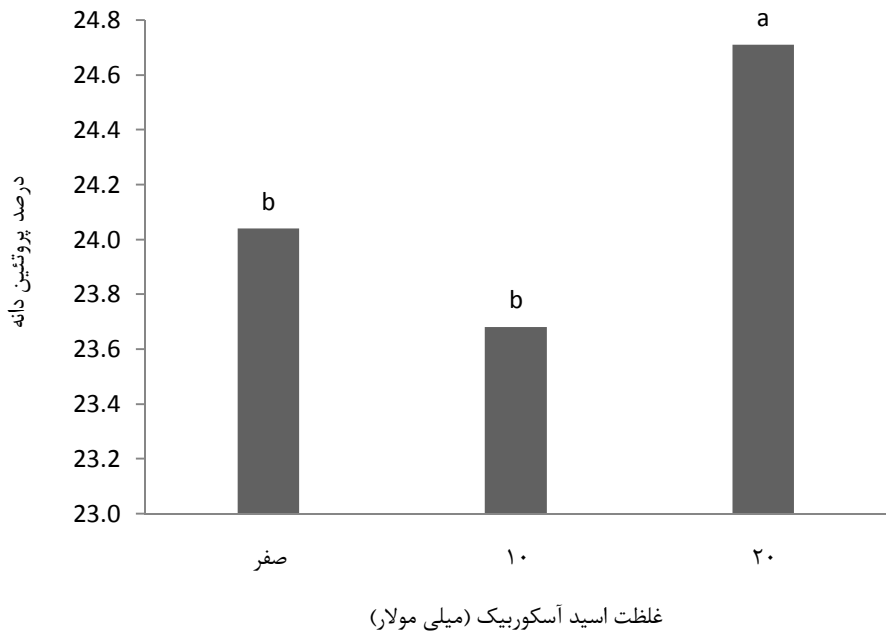
شکل۴-۷۰- مقایسه میانگین عملکرد روغن تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید

۴-۵-۳- درصد پروتئین

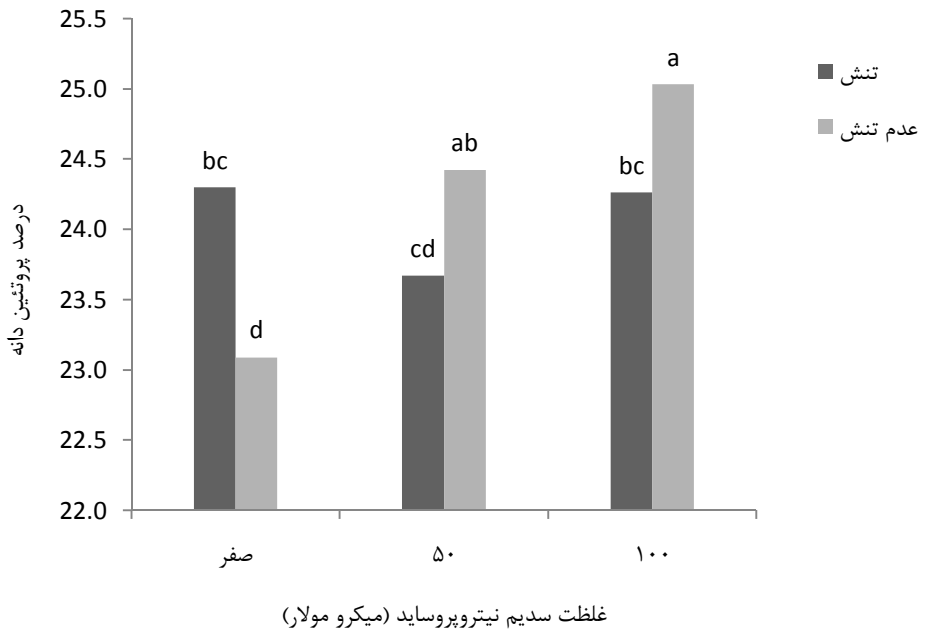
اثر محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۵) و اسید آسکوربیک (P<۰/۰۱) و اثر متقابل تنش در سدیم نیتروپروساید (P<۰/۰۱) بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۲۷). در مورد اسید آسکوربیک مشاهده شد که کاربرد ۲۰ میلی مولار این ماده موجب افزایش معنی‌دار ۰/۶۹ درصدی پروتئین دانه نسبت به شاهد و افزایش ۱/۰۳ درصدی نسبت به سطح دوم این ماده گردید. ولی زمانی که از غلظت ۱۰ میلی مولار آن استفاده شد موجب کاهش غیر معنی‌دار درصد پروتئین نسبت به شاهد شد (شکل ۴-۷۱). محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش اثر مثبتی بر صفت درصد پروتئین نداشت ولی در شرایط عدم تنش محلول‌پاشی با این ماده و افزایش غلظت آن این صفت را بهبود بخشید به طوری که بیشترین میزان پروتئین با میانگین ۲۵/۰۳ درصد مربوط به

ترکیب تیماری عدم تنش و کاربرد ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید بود و کمترین میزان پروتئین با میانگین ۲۳/۰۹ درصد از ترکیب تیماری عدم تنش و عدم کاربرد سدیم نیتروپروساید به دست آمد (شکل ۴-۷۲). در مجموع بالاترین غلظت سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرو مولار) درصد پروتئین دانه را حدود ۱ درصد افزایش داد (جدول پیوست ۲۸).

در آزمایشی که توسط دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۸) انجام شد گزارش شد که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۱۵۰ میکرو مولار موجب افزایش میزان پروتئین در ذرت گردید و از تخریب ساختار پروتئین‌ها جلوگیری کرد. کاهش پتانسیل آب در برگ‌ها موجب کاهش قابل توجهی در پلی ریبوزوم‌ها و مونو ریبوزوم‌ها می شود که این مسأله بازگو کننده کاهش سنتز پروتئین‌ها می‌باشد. هم چنین رادیکال‌های آزاد اکسیژن میل ترکیبی بالایی با پروتئین‌ها دارند و سبب اکسید شدن آن‌ها می‌شود.



شکل۴-۷۱- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک



شکل۴-۷۲- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید

۴-۶- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق به طور خلاصه شامل موارد زیر است:

۱- تنش کم‌آبیاری موجب کاهش وزن برگ اضمحلال یافته، وزن طبق بارور و وزن خشک کل گردید.

۲- محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشاء تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد.

۳- تعداد شاخه فرعی فرعی، تعداد دانه در طبق، قطر طبق و وزن مغز دانه با تأخیر در آبیاری کاهش یافت و تعداد طبق نابارور در بوته، تعداد دانه پوک در بوته و نسبت پوسته به مغز افزایش یافت.

۴- کاربرد اسید آسکوربیک صفاتی از قبیل وزن طبق بارور، تعداد طبق در بوته و قطر طبق را افزایش داد و موجب کاهش تعداد طبق نابارور در بوته و تعداد دانه پوک در بوته شد.

۵- محلول‌پاشی اسید آسکوربیک موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشاء گردید.

۶- درصد پروتئین دانه، میزان کلروفیل a و کلروفیل کل در برگ‌های بالایی کانوپی تحت تأثیر اسید آسکوربیک به طور معنی‌داری افزایش یافت.

۷- سدیم نیتروپروساید موجب افزایش وزن طبق بارور، وزن خشک کل و وزن هزار دانه شد.

۸- تعداد طبق نابارور در بوته و نسبت پوسته به مغز تحت تأثیر سدیم نیتروپروساید کاهش پیدا کرد.

۹- محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش ۱۳/۲ درصدی عملکرد دانه گردید و درصد پروتئین، درصد روغن و عملکرد روغن نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت.

۱۰- محلول‌پاشی سطح دوم و سوم سدیم نیتروپروساید (۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار) همزمان با کاربرد سطح سوم اسید آسکوربیک (۲۰ میلی مولار) اثر افزایشی بر شاخص سطح برگ داشت.

۱۱- استفاده همزمان از ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید و ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک بیشترین وزن خشک طبق بارور (معادل ۶۳۹/۳۲ گرم در متر مربع) را به خود اختصاص داد که نسبت به شاهد ۳۵/۱ درصد افزایش را نشان داد.

۱۲- زمانی که اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰ میلی مولار محلول‌پاشی شد استفاده از سدیم نیتروپروساید با غلظت ۱۰۰ میکرو مولار موجب کاهش وزن دانه پوک شد.

۱۳- محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید توانست تا حد زیادی اثرات تنش کم‌آبیاری را بهبود دهد و در نهایت در محدوده پژوهش انجام شده ترکیب تیماری ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک به همراه ۱۰۰ میکرو مولار سدیم نیتروپروساید را می‌توان به عنوان بهترین ترکیب تیماری معرفی کرد.

۴-۷- پیشنهادات

موارد زیر برای حصول نتایج تکمیلی پیشنهاد می‌شود:

۱- عکس‌العمل ارقام دیگر گلرنگ نسبت به محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید مورد آزمون قرار گیرد.

۲- تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید در مراحل مختلف رشد گلرنگ مورد بررسی قرار گیرد.

۳- دامنه وسیع‌تری از غلظت‌های اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید مورد بررسی قرار گیرد.

۴- در این تحقیق آب به عنوان عامل محدود کننده بود، پیشنهاد می‌شود که تأثیر اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپروساید در مهار سایر تنش‌های زیستی و غیر زیستی تهدید کننده رشد و تولید گلرنگ مطالعه گردد.

۵- سدیم نیتروپروساید اثرات مضر حاصل از تنش کمبود آب را کاهش داد و سبب بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شد. می‌توان پیشنهاد نمود که مصرف این ماده در گیاهان تنش دیده عاملی برای رفع و یا کاهش تنش و به دنبال آن افزایش عملکرد می‌باشد و کاربرد آن به صورت محلول‌پاشی روی گیاهان در حال تنش توصیه می‌شود.

منابع

۱) **آلیاری، ه. شکاری، ف. و شکاری، ف. ۱۳۷۹.** دانه‌های روغنی (زراعت و فیزیولوژی). انتشارات عمیدی، تبریز. ۱۸۲ صفحه.

۲) **اردکانی، م. ر. ۱۳۸۸.** اکولوژی. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ یازدهم. ۳۴۰ صفحه.

۳) **امانی لاری، ش.، توکلی، ا. و امیدی، ا.ح. ۱۳۸۹.** مطالعه تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف بهاره گلرنگ. سومین سمینار بین‌المللی دانه‌های روغنی و روغن‌های خوراکی. تهران کانون هماهنگی دانش و صنعت دانه‌های روغنی. ۱-۲ دی. صفحه ۱۶۶-۱۷۲.

۴) **اهدایی، ب. ۱۳۷۲.** انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی کرج. ۱۵-۱۸ شهریور. ۴۳-۶۲.

۵) **امید بیگی، ر. ۱۳۷۶.** رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان داروئی. جلد دوم. انتشارات طراحان نشر. ۴۳۸ صفحه.

۶) **احمدی، م.ر. و امیدی، ا.ح. ۱۳۷۳.** بررسی عملکرد دانه و تأثیر زمان برداشت بر میزان روغن ارقام بهاره و پاییزه گلرنگ. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۷(۴): ۱۵- ۲۹.

۷) **احمدی، م. و جاویدفر، ف. ۱۳۷۹.** روش‌های ارزیابی و اصلاح مقاومت به خشکی در گونه‌های روغنی جنس براسیکا. نشر آموزش کشاورزی. صفحه ۵-۷.

۸) **باغخانی، ف.، فرح بخش، ح. و مقصودی مود، ع.ا. ۱۳۸۴.** اثر رژیم‌های آبیاری بر صفات فیزیولوژیک مرتبط با تنش در ارقام گلرنگ. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. کرمان. بهمن ۱۳۸۶. صفحه ۱-۹.

۹) **باغخانی، ف. و فرحبخش، ح. ۱۳۸۷.** اثرات تنش خشکی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره. پژوهش کشاورزی، آب، خاک و گیاه در کشاورزی. ۸(۲): ۴۵-۵۷.

۱۰) **بهدانی، م.ع. و جامی‌الاحمدی، م. ۱۳۸۸.** عکس‌العمل ارقام گلرنگ بهاره به فواصل مختلف آبیاری در شرایط بیرجند. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۸(۲): ۳۱۵-۳۲۳.

۱۱) **پاسبان اسلام، ب. ۱۳۸۹.** تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲(۲): ۲۷۵-۲۸۳.

۱۲) **پهلوانی، م.ه.، قادری، م.، بگ‌محمدی، ح. و رضوی، س.ا. ۱۳۹۱.** بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه گلرنگ در حضور بیمارگر پیتیوم آلتیموم. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۹(۲): ۸۹-۱۰۴.

۱۳) **پورداد، س.س. ۱۳۸۵.** گلرنگ (ترجمه). انتشارات سپهر. ۲۴۵ صفحه.

۱۴) **ترک نژاد، ا. و حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۷۹.** شاخص‌های مقاومت به خشکی در برخی از گونه‌های یونجه یکساله. پژوهش و سازندگی. ۴۸: ۱۰-۱۴.

۱۵) **چاپار زاده، ن. و قدرتی، م. ۱۳۹۰.** کاهش اثرات اکسیداتیو تنش مس به وسیله آسکوربیک اسید در پیاز. اولین همایش ملی گیاه پالایی. کرمان. ۲۷ بهمن. صفحه ۱۰۶-۱۱۰.

۱۶) **حسین پناهی، ف.، کافی، م.، پارسا، م.، نصیری محلاتی، م. و بنایان، م. ۱۳۹۱.** ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم مقاوم و حساس به خشکی تحت شرایط تنش رطوبتی با بهره‌گیری از مدل پنمن مونتیث فائو. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۴(۱): ۴۷-۶۳.

۱۷) **خزاعی، ح.ر. ۱۳۸۱.** اثر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام مقاوم و حساس گندم و معرفی مناسب‌ترین شاخص‌های مقاومت به خشکی. رساله دکتری زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۲۵ صفحه.

۱۸) **خواجه پور، م.ر. ۱۳۸۷.** اصول و مبانی زراعت. نگارش دوم. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۰۲ صفحه.

۱۹) **خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۶.** گیاهان صنعتی. انشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۵۸۰ صفحه.

۲۰) **جهانبین، ش.، طهماسبی سروستانی، ز.، مدرس ثانوی، س.ع.م. و کریم‌زاده، ق. ۱۳۸۲.** اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه، برخی از اجزای عملکرد و شاخص‌های مقاومت در ژنوتیپ‌های جو لخت. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۴:۲۵-۳۳.

۲۱) **دولت آبادیان، ا. مدرس ثانوی، س.ع.م. و شریفی، م. ۱۳۸۸.** اثر تغذیه برگ با آسکوربیک اسید بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، تجمع پرولین و لیپید پراکسیداسیون کلزا در شرایط تنش شوری. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳(۴۷): ۶۱۱-۶۲۰.

۲۲) **رئیسی، م.، اسرار، ز. و پور سیدی، ش. ۱۳۸۸.** بررسی اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و مس بر برخی از پارامترهای رشد و فیزیولوژی گیاه شاهی. مجله زیست شناسی گیاهی ایران. ۱(۲): ۵۵-۷۶.

۲۳) **زبرجدی، ع.، سهیلی خواه، ژ.، قاسمپور، ح.، قبادی، م. و سیاح، س.س. ۱۳۸۸.** ارزیابی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های گلرنگ در مرحله جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاهی. دومین همایش بیوتکنولوژی کشاورزی. ۲۴- ۲۵ تیر. دانشگاه باهنرکرمان.

۲۴) **سعیدی سار، س.، خاوری نژاد، ر.، فهیمی، ح.، قربانلی، م. و مجد، ا. ۱۳۸۴.** اثر ژیبرلین و آسکوربیک اسید بر کاهش سمیت نیکل در گیاه سویا. دانشگاه علوم و تحقیقات. رستنی‌ها. ۶: ۶۷-۷۵.

۲۵) **سلاح ورزی، ی.، گلدانی، م.، نباتی، ج. و علیرضایی، م. ۱۳۹۰.** تأثیرکاربرد برون‌زای آسکوربیک اسید بر برخی از تغییرات فیزیوشیمیایی مرزنجوش تحت تنش شوری. مجله علوم باغبانی ایران. ۴۲(۲): ۱۵۹-۱۶۷.

۲۶) **سیروس مهر، ع.، شکیبا، م.، آلیاری، ه.، تورچی، م. و دباغ محمدی نسب، ع. ۱۳۸۷.** اثر تنش کمبود آب و تراکم بوته بر عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک ارقام گلرنگ پاییزه. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی شماره ۷۸: ۸۰-۸۷.

۲۷) **شکاری، ف. ۱۳۸۰**. بررسی تأثیر تنش خشکی بر فنولوژی، روابط آبی، رشد، عملکرد و کیفیت محصول کلزا. رساله دکتری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.

۲۸) **شکری، ف.، علی زاده. خ. و رشیدی، و. ۱۳۸۶**. ارزیابی برخی از صفات و شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌ها و ارقام گلرنگ. مجله علوم کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی تبریز. ۱(۳): ۱-۱۱.

۲۹) **ظریف کتابی، ح. ۱۳۷۶**. ارزیابی برخی از شاخص‌های مقاومت به خشکی در چند گونه یونجه یکساله. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه فردوسی مشهد.

۳۰) **عزت‌پور، س.، خورشیدی، م.ب.، ناصری، ا.، عبدی قاضی جهان، ا. و یزدچی، م. ۱۳۸۹**. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. تهران. دانشگاه شهید بهشتی. ۲-۴ مرداد. ۴۱۷۷-۴۱۷۹.

۳۱) **عزیزی، م.، سلطانی، ا. و خاوری خراسانی، س. ۱۳۷۸**. کلزا (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۰ صفحه.

۳۲) **عمان،ع.ر.، حبیبی، د.، خدابنده، ن.، مشهدی، م.، بوجار، ا. و شیرمرد، م. ۱۳۸۵**. اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزا عملکرد و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان آجیلی. چکیده مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تهران. ۵-۷ شهریور ۱۳۸۵. صفحه ۵۴۲-۵۴۶.

۳۳) **عفت دوست، ن. ۱۳۸۱**. ارزیابی اثر تنش خشکی بر روی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل. ۱۳۸ صفحه.

۳۴) **فراست، م.، ساجدی، ن.ع. و میرزاخانی، م. ۱۳۸۷**. واکنش صفات گیاهی چهار ژنوتیپ گلرنگ در شرایط تنش کمبود آب. یافته‌های نوین کشاورزی. ۳(۱): ۶۷-۸۱.

۳۵) **فراست، م.، ساجدی، ن.ع. و میرزاخانی، م. ۱۳۸۹.** تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات زراعی و عملکرد ارقام گلرنگ. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. تهران. دانشگاه شهید بهشتی. ۲-۴ مرداد. صفحه ۴۱۶۹ -۴۱۷۲.

۳۶) **فرخی نیا، م.، رشدی، م.، پاسبان اسلام، ب. و ساسان دوست، ر. ۱۳۹۰.** بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ بهاره تحت تنش کمبود آب. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲(۳): ۵۴۵-۵۵۳.

۳۷) **فرخی نیا، م.، رشدی، م.، پاسبان اسلام، ب. و ساسان دوست، ر. ۱۳۸۸.** بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه و برخی صفات رویشی گلرنگ بهاره. مجله پژوهش در علوم زراعی. ۲(۵): ۱-۱۱.

۳۸) **قربانلی، م.، فرزامی سپهر، م. و نوروزی، ف. ۱۳۸۹.** مطالعه اثر خشکی و اسید آسکوربیک بر دو رقم کلزا و پاسخ گیاه سویا به عصاره گیاهان تیمار دیده. فصل‌نامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۳(۷): ۷۳-۹۱.

۳۹) **کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع. ا. ۱۳۸۱.** مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۹۷ صفحه.

۴۰) **کرمی، ع.، قنادها، م.، نقوی، م.ر. و مردی، م. ۱۳۸۳.** ارزیابی مقاومت به خشکی در جو. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳: ۵۴۷-۵۶۰.

۴۱) **کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ.ح. ۱۳۸۲.** فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ دهم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

۴۲) **موحدی دهنوی، م.، مدرس ثانوی، س.ع.م. و جلالی، م. ۱۳۸۵.** اثر تنش خشکی و محلول-پاشی روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ پاییزه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱:۵-۱۱.

۴۳) **ناصری، ف. ۱۳۷۵.** دانه‌های روغنی. موسسه چاپ و نشر آستان قدس رضوی. مشهد. ۳۲۵ صفحه.

۴۴) **نادری درباغشاهی، م.ر.، نورمحمدی، ق.، مجیدی، ا.، درویش، ف. و شیرانی راد، ا.ح. ۱۳۸۳.** ارزیابی عکس العمل سه لاین گلرنگ به شدت‌های مختلف تنش خشکی. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. صفحه ۳-۱۵.

۴۵) **نبوی کلات، م.، کریمی، م.، نور محمدی، ق.، صدر آبادی، ر. و عزیزی، م.۱۳۸۴.** تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت و تراکم گیاه در کشت پاییزه گلرنگ در منطقه جوین سبزوار. مجله علوم کشاورزی ایران. ۱۱(۴): ۱۴۵-۱۵۸.

۴۶) **نصری، م.، حیدری شریف آباد، ح.، شیرانی راد، ا. ح.، مجیدی هروان، ا. و زمانی زاده، ح.ر. ۱۳۸۵.** بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام کلزا. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. ۱۲(۱): ۱۲۷-۱۳۴.

۴۷) **نصیبی، ف. ۱۳۹۰.** بررسی اثر غلظت‌های متفاوت نیتروپروساید سدیم در تخفیف صدمات اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی در گیاه گوجه فرنگی. زیست شناسی گیاهی. ۳(۹): ۶۳-۷۴.

۴۸) **نصیبی، ف.، منوچهری کلانتری، خ. و خداشناس، م. ۱۳۸۸.** اثر پیش تیمار سدیم نیتروپروساید بر برخی عوامل بیوشیمیایی گیاهچه گوجه فرنگی تحت تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۶(۲): ۱۲۱-۱۳۵.

۴۹) **یاری، ل.، مدرس ثانوی، س.ع.م. و سروش زاده، ع. ۱۳۸۸.** بررسی تأثیر عناصر منگنز و روی بر مراحل رشد ارقام گلرنگ. همایش ملی گیاهان دانه روغنی. ۱-۲ مهر. دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحه ۱۳۲۱- ۱۳۲۷.

50) **Abbasi Siahjani, E. 2008.** Effect of drought stress on morphological and agronomy characteristics of sunflower. M. Sc. Thesis of Islamic azad university of Tabriz. 112 PP.

51) **Abdel Hameed, A.M., Sarhan, S.H. and AbdelSalam, H.Z. 2004.** Evaluation of some organic acid as foliar application on growth, yield and some nutrient contents of wheat. J. Agri. Sci. Mansoura Univ. 20(5): 2476- 2481.

52) **Abdel Wahed, M.S.A., Amin, A.A. and El Rashad, S.M. 2006.** Physiological effect of some bioregulators on vegetative growth, yield and chemical constituents of yellow maize plants. World J. Agric. Sci. 2(2): 149-155.

53) **Abdemishani, S. 1973.** Evaluation of different irrigation regimes on safflower braits in Karaj rejoin. M. Sc Thesis. College of Agri. Univ. of Tehran. Karaj. Iran. 183 PP.

54) **Abel, G.H. 1976.** Effect of irrigation regimes, planting date, nitrogen levels, and row spacing on safflower cultivars. Agron. J. 68: 448-451.

55) **Abel, G.H. 1969.** An analysis of yield components in safflower. Res. Conf., Proc. Brd., Univ. of California, Davis. PP: 18- 22.

56) **Abolhasani, K. and Saeni, G. 2006.** Investigation of agronomic traits for safflower genotypes in two moisture regimes in Isfahan. J. of Agri. Sci. and natural resources. 13(4): 100-108.

57) **Abulhashem, L., Amin Majumdar, M.N., Abdul Hamid, N. and Hossain, M. 1998.** Drought stress on seed yield, yield attributes, growth, cell membrane stability and gas Exchange of synthesized *Brassica napus* L., J. Agron. Crop Sci. 180: 129-136.

58) **Agarwal, S. and Pandey, V. 2004.** Antioxidant enzyme resposes to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. Plant Biol. 48: 555-560.

59) **Altindisli, A., Irget, M.E., Kalkan, H., Kara, S. and Oktay, M. 1998.** Effect of foliar applied KNO3 on yield, quality and leaf nutrients of carignane and colombard wine grapes. In: Anace, D. and Martin Prevel, D. (eds.), Improved crop quality by nutrient management. PP: 103- 106.

60) **Amin, A.A., Rashad, E.M. and Gharib, A.E. 2008**. Changes in morphological, phiysiological and reproductive characters of Wheat plants as affected by foliar application with Salicylic acid and Ascorbic acid. Aust. J. of Basic. and Appli. Sci. 2(2): 252-261.

61) **Anderson, D., Barata Maria Luiza, P.A., Carlos. H. and Franco, M. 2004.** Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. Braz. J. Plant Physiol. 16 (3): 147-154.

62) **Antolin, M.C., Yoller, J. and Sanchez Diaz, M. 1995**. Effect of temporary drought on nitrate fed and nitrogen fixing alphalpha plants. Plant Sci. 107: 159-165.

63) **Anyia, A.O. and Herzog, H. 2004.** Water Use Efficiency, leaf area and leaf gas exchange of Cow pea under mild season drought. Eur. J. Agron. 20(4): 327-339.

64) **Arasimowics, M. and Wieczoorek, J.F. 2007.** Nitric oxide as a bioactive signaling molecule in plant stress responses. Plant Sci. 172: 876- 887.

65) **Arrigoni, O. and De Tullio, M.C. 2002.** Ascorbic acid: much more than just an antioxidant. Biochimica Biophysica Acta. 1569: 1- 9.

66) **Arrigoni, O. and De Tullio, M.C. 2000.** The role of ascorbic acid in cell metabolism. Between gene directedfunctions and unpredictable chemical reactions. J. Plant Physiol. 157: 481- 488.

67) **Asada, K. 1999.** The water- water cycle in chloroplast: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photon. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant. Mol. Biol. 50: 601- 639.

68) **Ashok Mishra, K. and Vijay Sing, P. 2010.** A review of drought convepts. J. of Hydrology. 1: 1-15.

69) **Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007.** Roles of glycine betaine in improving plant abiotic stress resistance Environ. Exp. Bot. 59: 206-216.

70) **Ashri, A., Zimmer, D.E.M., Urie, A.L., Cahaner, A.M. and Marani, A. 1974.** Evaluation of the world collection of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) IV. Yield and yield components and their relationships. Crop Sci. 14: 799-802.

71) **Azari Nasrabadi, E. 2000.** Evaluation of diversity an relationship between traits with yield and yield components in corn using factor analysis. MSc Thesis, Agricultural faculty of university of Tehran.

72) **Baji, M., Kinet, J.M. and Lutts, S. 2001.** The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. Plant Growth Regul. PP. 1-10.

73) **Barth, C., Tuillo, M.D. and Conklin, P.L. 2006.** The role of ascorbic acid in the control of flowering time and the onset of senescence. J. Exp. Bot. 57: 1657-1665.

74) **Bartley, E.G. and Scolnik, P.A.** Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction and human health. The plant cell. 7: 1027-1038.

75) **Basaga, H.S. 1989.** Biochemical aspects of free radicals. J. of Biochem. Cell Biol. 68: 989-998.

76) **Bates, L.S., Waldern, R.P. and Teare, O.D. 1973.** Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and soil. 39: 205-207.

77) **Beeck, E.H., Fettig, S., Knake, C., Hartig, K. and Bhattarai, T. 2007.** Specific and Unsepecific responses of plants to cold and drought stress. J. Bio. Sci. 32: 501-510.

78) **Beemarao Sankar, C.A., Paramasivam Manivannan, J., Kishore Kumar, A., Samasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2007.** Drought induced biochemical modification and proline metabolism in *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. Acta Bot. Croat. 66: 43-56.

79) **Behdani, M.A. and Mousavifar, B.E. 2011.** Effect of insufficient irrigation on plant dry matter and remobilization in three spring safflower genotypes. Agroecology. 3(3): 277-289.

80) **Beligni, M.V. and Lamattina, L. 2000**. Nitric oxide stimulates seed germination and de-etiolation, and inhibits hypocotyls elongation, three light inducible responses in plants. Planta. 210: 215-221.

81) **Beligni, M.V. and Lamattina, L. 1999.** Nitric oxide counteracts cytotoxic processes mediated by reactive oxygen species in plant tissues. Planta. 208: 337-344.

82) **Beltagi, M.S. 2008.** Exogenous ascorbic acid (vitamin c) induced anabolic changes for salt tolerance in chickpea (*Cicer arientinum* L.) plants. African J. of plant Sci. 2(10):118-123.

83) **Bisswal, A.K., Ramaswamy, N.K., Mathur, M. and Misra, A.N. 2001.** Light regulated protein kinase activity in thylakoid membranes of NaCl salt stressed seedlings. Photosynthesis. PS2001. CSIRO Publ., Melbourne, Australia. 5:123-137.

84) **Bohnert, H.J. and Jensen, R.G. 1996.** Strategies for engineering water stress tolerance in plants. Trends Biotechnol. 14: 89-97.

85) **Boycheva, S. and Babalakova, N. 2008**. Does chelated Copper ameliorate the greening of Iron-deficient Cucumber plants through nitric oxide signaling? Comparison with chemical forms of Zinc. Plant Physiology. 34 (3-4): 295-308.

86) **Bright, J., Desikan, R., Hancock, J.T., Weir, I.S. and Neill, S.J. 2006**. ABA-induced NO generation and stomatal closure in Arabidopsis are dependent on H_2O_2 synthesis. Plant J. 45: 113-122.

87) **Carrasco Luna, J., Calatayud, A., Gonzalez Daros, F. and De Valle Tascon, S. 1995.** Hexacyanoferrate (III) Stimulation of elongation in coleoptiles segments from *Zea mays* L. Protoplasm. 184: 63-71.

88) **Chanbdrakar, B.L., Sekhar, N., Tuteja, S.S. and Tripathi, R.S. 1994.** Effect of irrigation and nitrogen on growth and yield of summer sesame (*Sesamum indicum*). Indian. J. Agron. 39: 701-702.

89) **Chandra, A., Pathak, P.S., Bhatt, R.K. and Dubey, A. 2004.** Variation in drought tolerance of different Stylosanthes accessions. Biol. Plant. 48: 457-460.

90) **Chen, W.P., Li, P.H. and Chen, T.H.H. 2000.** Glycinbetaine increases chilling tolerance and reduces chilling induced lipid peroxidation in *Zea mays* L. Plant Cell Environ. 23: 609-618.

91) **Chen, Z. and Gallie, D.R. 2004.** The ascorbic acid redox state controls guard cell signaling and stomatal movement. The Plant Cell. 16: 1143-1162.

92) **Chen, C., Chen, L., Lin, C. and Kao, C. 2001.** Regulation of proline accumulation in detached rice leaves exposed to excess copper. Plant Sci. 160: 283-290.

93) **Chung, H.T., Pae, H.O., Choi, B.M., Billiar, T.R. and Kim, Y.M. 2001.** Nitric oxide as a bioregulator of apoptosis. Biochem. Biophys. Res. Commun. 282: 1075-1079.

94) **Clark, D., Durner. J., Navarre, D.A. and Klessig, D.F. 2000.** Nitric oxide inhibition of tobacco catalase and ascorbate peroxidase. Mol. Plant Microbe Interact. 13: 1380-1384.

95) **Conklin, P.L. and Barth, C. 2004.** Ascorbic acid, a familiar small molecule interwined in the response of plants to ozon, pathogens, and the onset of senescence. Plant and cell and environ. 27: 959-971.

96) **Crawford, N.M. and Guo, F.Q. 2005.** New insights into nitric oxide metabolism and regulatory functions. Trends Plant Sci. 10: 195-200.

97) **Delauney, A.J. and Verma, D.P.S. 1993.** Proline biosynthesis and degredation in plants. Plant J. 4: 215-223.

98) **Del Rio, L.A., Corpas, F.J. and Barroso, J.B. 2004.** Nitric oxide and nitric oxide synthase activity in plants. Phytochemistry. 65: 783-792.

99) **Del Rio, L.A., Sevilla, F., Sandalio, L.M. and Palma, J.M.L. 1991.** Nutritional effects and expression of superoxide dismutase: induction and gene expression, diagnostics, prospective protection against oxygen toxicity. - Free Radical Res. Commun. 12-13: 819-828.

100) **De Pinto, M.C., Tommasi, F. and De Gara. L. 2002.** Changes in the antioxidant systems as part of the signaling pathway responsible for the programmed cell death activated by nitric oxide and reactive oxygen species in tobacco Bright Yellow 2 cells. Plant Physiol. 130 (2): 698-708.

101) **Dixit, V., Pandey, V. and Shyam, R. 2001.** Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea. J. of Exp. Bot. 52: 71-81.

102) **Duan, B., Yang, Y., Lu, Y., Korpelainen, H., Berninger, F. and Li, C. 2007.** Interaction between drought stress, ABA and genotypes in picea asperata. J. of Exp. Bot. 58: 3025-3036.

103) **Durner, J. and Klessig, D.F. 1999.** Nitric oxide as a signal in plants. Curr Opin Plant Biol. 2: 369-374.

104) **Ehdaei, B. and Nour Mohamadi, G. 1975.** Effect of plant dating time on two safflower varieties for grain yield and some agronomic traits. Ahvaz Univ. J. of Agri. Res. 9: 28-42.

105) **El Gabas, N.M.M. 2006.** Physiological studies on the effect of ascorbic acid and micronutrients on sunflower plants grown under salinity stress. B. Sc. Sci. A1- Azar Univ.

106) **El Greadly, N.H.M. 2002.** Effect of foliar application of ascorbic acid, ethrel and their combinations on growth, yield and endogenous hormones in cucumber plants. J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 27(8): 5269-5281.

107) **EL Quesni, F.E., Abd EL-Aziz, N. and Maga, M.K. 2009.** Some studies on the effect of Ascorbic Acid and α-tocopherol on the growth and some chemical composition of *Hibiscus rosa sinensis* L. at Nurbaria. Ozean. J. of Appli. Sci. 2(2): 159-167.

108) **El Sharkawi, H., Farghali, K.A. and Sayad, S.A. 1989.** Interactive effects of water stress, temperature and nutrients in seed germination of three desert plants. Academic Press of Egypt. 17(3): 307-317.

109) **El Tohamy, W.A., El-Abgay, H.M. and El-Greadly, N.H.M. 2008.** Studies on the effect of Putrescine, Yeast and Vitamin C on growth, yield and physiological response of Eggplant (*Solanum melongena* L.) under sandy soil conditions. Aust. J. of Basic. and Appl. Sci., 2(2): 296-300.

110) **Esendal, E., Istanbulluoglub, A., Arslana, B. and Pasaa, C. 2008.** Effect of water stress on growth components of winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.). 7th International safflower conference. Aust. 3-6 november. 184-190.

111) **Estill, K., Delaney, R.H., Smith, W.K. and Ditterline, R.L. 1991.** Water relation and productivity of alphalpha leaf chlorophyll variants. Crop Sci. 31: 1229-1233.

112) **FAO. 2010.** Food and Agriculture Organization of the united nations. Available from: http://faostate3.org/hom.index.html/SEARCH-DATA.

113) **Farahat, M.M., Ibrahim, M.M., Lobna, S.L. and Fatma, E.M. 2007.** Response of vegetative growth and some chemical constituents of *Suprassus sempervirens* L. to foliar application of ascorbic acid and zinc at Nurbaria. World. J. of Agric. Sci. 3(3): 282-288.

114) **Farooq. M., Basra, S.M.A. Wahid, A. and Rehman, H. 2009.** Exogenously Applied Nitric Oxide Enhances the Drought Tolerance in Fine Grain Aromatic Rice (*Oryza sativa* L.). J. Agron and Crop Sci. 195:254-261.

115) **Fecht Christoffers, M.M., Maier, P. and Horst, W.J. 2003.** Apoplastic peroxidase and ascorbate are involved in manganese toxicity and tolerance of *Vigna unguiculata*. J. of Plant Physiol. 117: 237-244.

116) **Fernandez, G.J., Micinnes, K.J. and Cothern, T. 1996.** Water status and leaf area production in water and nitrogen stressed conditions. Crop Sci. 36: 1224-1233.

117) **Ferrer, M.A. and Ros Barcelo, A. 1999.** Differential effect of nitric oxide on peroxidase and H2O2 production by the xylem of *Zinnia elegans*. Plant Cell Environ. 22: 891-897.

118) **Foyer, C.H. and Harbinson, J. 1994.** Oxygen metabolism and the regulation of photosynthetic electron transport. In: Foyer, C.H. and Mulhneaux, P.M.

(Eds.). Causes of photooxidative stress and amelioration of defense amelioration of defense systems in plants. Boca Raton, F. L., CRC Press. PP. 1-42.

119) **Ghobadi, M., Bakhshande, M., Fathi, G., Gharineh, M.H., Alami said, K., Naderi, A. and Ghobadi, M.E. 2006.** Short and long periods of water stress during different growth stages of Canola. Effect on yield components, Seed oil and protein contents. J. Agron. 5(2): 336-341**.**

120) **Ghourab, M.H.H. and Wahdan, G.A. 2000.** Response of cotton plants to foliar application of ascorbine and ascorbic acid . Egypt. J. Agric. Res. 78(3): 1195-1206.

121) **Gracia Mata, C., Gray, R., Sokolovski, S., Hills, A., Lamattina, L. and Blatt, M.R. 2003.** Nitric oxide regulates K^+ and CL^- channels in gard cells through a subset of abscisic acid evoked signaling path ways. Proc. Nail. Acad. Sci. U.S.A. 100: 116-121.

122) **Gracia Mata, C. and Lamattina, L. 2001.** Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptative plant responses against drought stress. Plant Physiol. 126: 1196-1204.

123) **Gracia Mata, C. and Lamattina, L. 2002.** Nitric oxide and abscisic acid cross talk in guard cells. Plant Physiol. 128: 790-792.

124) **Graziano, M., Beligni, M.V. and Lamattina, L. 2002.** Nitric oxide improves Internal Iron availability in plants. Plant Physiol. 16: 1852-1859.

125) **Hany, I.N. and Evans, D.W. 1985.** Deficit sprinkler irrigation of sunflower and safflower. Agron. J .77:588-592.

126) **Hallaji, H. 2005.** Effect stress and planting densities on yield and yield components of azarghol hybrid of sunflower. MSc. Thesis of Islamic azad university of Bojnord. 155 PP.

127) **Hamrouni, I., Ben Salah, H. and Marzouk, B. 2001.** Effect of water deficit on lipids of safflower aerial parts. Photochem. J. 58: 277-280.

128) **Hanna, F.R., Abdo, F.A. and Anton, N.A. 2001.** Response of wheat plant to foliar application with ascorbic acid copper and boron. J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 26(10): 5971-5983.

129) **Hashemi Dezfouli, A. 1994.** Growth and yields of safflower as affected by drought stress. Crop Res. 7(3): 313-319.

130) **Hathout, T.A., Sheteawi, S.A. and Khallal, S.M. 1993.** Effect of mode of application of some growth regulators on the physiology of tomato plants. III. Effect of nicotinamide on morphology growth, metabolism and productivity. Egypt. J. Physiol. Sci. 17(2): 183-200.

131) **Haydari, H.M. and Assad, M.T. 1998.** Effects of irrigation regimes, nitrogen fertilizer and plant density on seed yield of safflower cultivar Zarghan 279 in Arsanjan region. Abstracts of the 5th Iranian congress of crop Sci. Karaj. Iran. PP. 41-45.

132) **Hsiao, T.C. 1973.** Plant response to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol. 24: 519-570.

133) **Hsu, Y.T. and Kao, C.H. 2004.** Cadmium toxicity is reduced by nitric oxide in rice leaves. Plant growth regulat. 42: 227-238.

134) **Hu, K.L., Hu, L.Y., Li, Y.H., Zhang, F.Q. and Zhang, H. 2007.** Protective roles of nitric oxide on germination and antioxidant metabolism in wheat seeds under copper stress. Plant Growth Reg. 53: 173-183.

135) **Hubick, K.T., Drakeford, D.R. and Reid, D.M. 1986.** The effect of drought on levels of ABA, cytokinine, giberline and ethylene in aeroponically grown sunflower plants. J. Plant growth Regul. 4: 139-151.

136) **Hufton, C.A., Besford, R.T. and Wellburn, A.R. 1996.** Effect of NO (+NO_2) pollution on growth, nitrate reductase activities and associated protein contents in glasshouse lettuce grown hydroponically in winter CO_2 enrichment. New Phytologist. 133: 495-501.

137) **Hung, K.T. and Kao. C.H. 2003.** Nitric oxide counteracts the senescence of rice leaves induced by abscisic acid. J. Plant Physiol. 160(8): 871-879.

138) **Jazaeri Nushabadi, M.R. and Rezaei, A.M. 2007.** Evaluation of relation between parameters in oat cultivars in water stress and non stress conditions. Sci. and Met. Agric. and Nat. Sou. 11(1). 265-278. (In Persian with English summary).

139) **Jiang, M. and Zhang, J. 2001.** Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative efence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. Plant Cell Physiol. 42: 1265-1273.

140) **Jochinke, D., Watchsmann, N., Norton, R. and Knights, S. 2004.** Soil water availability determines optimum sowing rates for safflower in southern Australia. 4 th International crops sci congress. 26 Sep. 1237-1241.

141) **Johnson, R.R. and Wax, L.M. 1978.** Relationship of soybean germination and vigor tests of field performance. Agron. J. 75: 859-803.

142) **Juan, M., Rievero, R.M., Romero, L. and Rui, Z.J.M. 2005.** Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt resistance tomato cultivars. Environ. Exp. Bot. 54: 193-201.

143) **Kafi, M. and Rostami, M. 2008.** Effect of drought stress in reproductive growth stage on yield and components yield and oil content three safflower cultivars in irrigation with salty water conditions. Iran. Agron. Res. 5(1): 121-131. (In Persian with English summary).

144) **Kaiser, W.M. and Weiner, H., Kandibimder, A., Tsai, C.B., Rockel, P., Sonoda, M. and Planchet, E. 2002.** Modulation of nitrate reductase. Some new insights an unusual case and a potentially important side reaction. J. Exp. Bot. 53:875-882.

145) **Kirnak, H., Kaya, C., Tas, I. and Higgs, D. 2001.** The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and qulity in egg plants. Plant physiol. 27: 34-46.

146) **Knowles, P.F. 1999.** Safflower. In G. Roebbelen (ed.). Oil crops of the word. Mc Graw. Hill book Company. PP: 363-373.

147) **Kolbert, Z., Bartha, B. and Erdel, L. 2005.** Generation of nitric oxide in roots of *Pisum sativum*, *Triticum aestivum* and *Petroselenium crispum* plants under osmotic and drought stress. Acta. Biol. Szegediensis. 46: 13-16.

148) **Koutroubas, S.D., Papakosta, D.K. and Doitsinis, A. 2004.** Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre anthesis assimilation to safflower in comparision to sunflower. Sesame and safflower Newsletter. Institute of sustainable Agric. Spain. 5: 86-89.

149) **Kramer, P.S. 1983.** Water relation of plants. Academic Press. PP. 342-415.

150) **Kriedman, P.E. 1986.** Stomatal and photosynthetic limitations to leaf growth. Aust. J. of Plant Physiol. 13: 15-31.

151) **Kumar, A. and Elston, J. 1993.** Leaf expansion of Brassica Species in response to water stress. Indi. J. Plant Physiol. 36(4): 220-222.

152) **Kumar, H. 2000.** Development potential of safflower in comparision to sunflower. Sesame and safflower news letter. Institute of sustainable agriculture. Spain. 15: 86-89.

153) **Kumar, A. and Singh, D.P. 1994.** Influence of ater stress on photosynthesis, transpiration. Water use efficiency and yield of *Brassica Juncel*. Field crop Res. 37: 95-101.

154) **Kumari, A., Sheokand, S. and Kumari, S. 2010.** Nitric oxide induced alleviation of toxic effects of short term and long term Cd stress on growth, oxidative metabolism and Cd accumulation in Chickpea. Brazilian society of plant Physiol. 22(4): 271-284.

155) **Laspina, N.V., Groppa, M.D., Tomaro, M.L. and Benavides, M.P. 2005.** Nitric oxide protects sunflower leaves against Cd induced oxidative stress. Plant Sci. 169: 323-330.

156) **Lawler, D.W. and Cornic, G. 2002.** Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficit in higher plants. Plant cell and environ. 25: 275-294.

157) **Leshem, Y.Y. 1996.** Nitric oxide in biological systems. Plant Growth Regul. 18: 155-159.

158) **Leshem, Y.Y. and Haramaty, E. 1996**. The characterization and contrasting effects of the nitric oxide free radical in vegetative stress and senescence of *Pisum sativum* Linn. Foliage. J. Plant Physiol. 148: 258-263.

159) **Leshem, Y.Y. and Wills, R.B.H. and Ku, V.V.V. 1998.** Evidence for the function of the free radical gas nitric oxide as an endogenous maturation and senescense regulating factor in higher plants. Plant Physiol. Biochem. 36: 825-833.

160) **Levitt, J. 1980.** Responses of plants to environment stresses. Water, Radiation, salt and other stresses. Academic Press. New York. 2. 607 PP.

161) **Li, Q.Y., Niu, H.B., Yin, J., Wang, M.B., Shao, H.B., Deng, D.Z., Chen, X.X., Ren, J.P. and Li, Y.C. 2008.** Protective role of nitric oxide against oxidative stress induced by salt stress in barely colloids and surfaces. Biointerfaces. 65: 220-225.

162) **Liu, W., Hu, W.Y., Hao, J.J. and Chen, G. 1997.** The relationship between ascorbic acid and changes of several physiological and biochemical indexes in

isolated wheat leaves under NaCl stress. Plant Physiol. Commun. 33(6): 423-425.

163) **Lopez, A.I., Castellano, R., Rosales, M.A., Ruiz, J.M. and Romero, L. 2008.** Role of nitric oxide under saline stress: implication on proline metabolism. J. Biologia Plantarum. 52(3): 587-591.

164) **Ma, X.L., Wei, X.H., Long, R.J., Cui, W.J. and Wan, Y.L. 2005.** Studies on mechanism of enhancing the chilling resistance of annual rye grass by exogenous nitric oxide. Acta Ecologica Sinica. 25:1269-1274.

165) **Misra, A.N., Biswal, A.K. and Misra, M. 2002.** Physiological, biochemical and molecular aspects of water stress responses in plants and the biotechnological application. Proc. Nat. Acad. Sci. 2: 115-134.

166) **Monivannan, P., Abdul Jaleel, C., Sankal, B., Kishore Kumar, A., Sornasundaram, R., Lakshmanan, G.M.A. and Panneerselvam, K. 2007.** Growth, biochemical modification and proline metabolism in (*Helianthus annus* L.) as induced by drought stress. Colloids and Surfaces. 59: 141-149.

167) **Monakhova, O.F., Chernyadev, I.I. 2002.** Protective role of kartolin- 4 in wheat plants exposed to soil drought. App. and environ. Microbiol. 38: 373-380.

168) **Mozafari, K., Arshi, Y. and Zainali, H. 1996.** Evaluation of drought stress on some morpho- physiologic and yield component of sunflower. Seed and plant 12(3): 24-33.

169) **Nayyar, H. and Gupta, D. 2006.** Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress. Association with oxidative stress and antioxidants. Environ. and Exp. Bot. 58: 106-113.

170) **Neill, S.J., Desikan, R., Clarke, A. and Hancock, J.T. 2002.** Nitric oxide is a novel component of abscisic acid signaling in stomatal guard cells. Plant Physiol. 128: 13-16.

171) **Neill, S.J., Desikan, R. and Hancock, J.T. 2003.** Nitric oxide signaling in plants. New Phytol. 159: 11-35.

172) **Neill, S., Barros, R., Bright, J., Desikan, R., Hancock, J., Harrisan, J., Morris, P., Ribeiro, D. and Wilson, I. 2008.** Nitric oxide, stomatal closure, and abiotic stress. J. Exp. Bot. 59: 165-176.

173) **Noctor, G. and Foyer, C.H. 1998.** Ascorbate and glutathione, keeping active oxygen under control. Plant Mol. Biol. 49: 249-279.

174) **Oelke, E.A., Oplinger, E.S. and Teynor, T.M. 2004.** Safflower. University of Minnesota.1: 97-109.

175) **Omidi Tabrizi, A.H., Ahmadi, M.R., Shahsavari, M.R. and Karimi, S. 2000.** Study on grain and oil yields stability in some safflower cultivars and lines. Seed and plant. 16: 130-145.

176) **Palomo, I.R., Baioni, S.S., Fioretti, M.N. and Brevedon, R.E. 1999.** Canola under water deficiency in southern Argentina. Proceeding of the 10th International Rapeseed Congress. Conberra. Australia. PP.7.

177) **Pignocchi, C. and Foyer, C.H. 2003.** Apoplastic ascorbate metabolism and its role in the regulation of cell signaling. Current Opinion in Plant Biol. 6: 379-389.

178) **Pourdad, S. 1999.** Primary evaluation of safflower germplasm in rainfall condition. Dryland Agri. Res. Institute of Iran. 87: 650-652.

179) **Premachandra, G.S. and Saneoka, H. and Ogata, S. 1989.** Nutriophysiological evaluation of polyethylen glycol test of cell membrane stability in maiz. Crop Sci. 29: 1287-1292.

180) **Prochazka, S., Machaackova, I., Kreekule, J. and Sebanek, J. 1998.** Plant physiology. Academia. Praha. 484 PP.

181) **Rayle, D.L. and Clelend, R.E. 1992.** The acid growth theory of auxin induced cell elongation is alive and well. Plant Physiol. 99: 1271-1274.

182) **Rostami, M., Mirzaei, R. and Kafi, M. 2003.** Assessment of drought resistance in four safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars at the germination stage. 7th International conference on development of dryland. 14-17 September 2003. Tehran. Iran.

183) **Ruiz, J.M., Sanchez, E., Garcia, P., Lopez Lefebre, L.R., Rosa, R.M. and Romero, L. 2002.** Proline metabolism and NAD kinaz activity in green bean plants subjected to cold shock. Phytochemistry. 59: 473-478.

184) **Ruley, A.T., Sharma, N.C. and Shahi, S.V. 2004.** Antioxidant defense in a lead accumulation plant, *Sensbania drummondii*. Plant Physiol. and Biochem. 42: 899-906.

185) **Salem, H.M., Abdel Rahman, S. and Mohamed, S.I. 2000.** Response of sugar beet plants to boron and ascorbic acid under field conditions. J. Fac. Educ. Ain Shams Univ. 48:1-20.

186) **Sanchez, E., Ruiz, J.M. and Romerto, L. 2002.** Proline metabolism in response to nitrogen toxicity in fruit of French bean plants. Sci. Hort. 93: 225-233.

187) **Seyed sharifi, R. and Seyed sharifi, R. 2008.** Evaluation the effects of polyethylene glycol on germination and growth seedling *Carthamus tinctorius* cultivars. J. Biol. Iran. 21: 400-410.

188) **Shadad, M.A., Radi, A.F., Abdel Rahman. A.M. and Azooz, M.M. 1990.** Response of seeds of *Lupinus termis* and *Vicia faba* to the interactive effect of salinity and ascorbic acid or pyridoxine. Plant and Soil. 122: 177-183.

189) **Shalata, A. and Neumann, P.M. 2001.** Exogenous ascorbic acid increase resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. J. Exp. Bot. 52: 2207-2211.

190) **Shau, M.P., Solanki, N.S. and Dashora, L.N. 1993.** Effects of thiourea, Thiamine and ascorbic acid on growth and yield of maize. J. Agron. Crop Sci. 171: 65-69.

191) **Shawky, N.B.T. 2003.** Physiological studies on the effect of salinity, ascorbic acid and putrescine on sweet pepper plant. Ph.D. Thesis, Fac. of Agric., Cairo Univ. Egypt.

192) **Sheokand, S., Kumari, A. and Sawhney, V. 2008.** Effect of nitric oxide and putrescine on antioxidative responses under NaCl stress in chickpea plants. Physiology and Molecular Biol of plants. 14(4): 355-362.

193) **Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tami, M. and Miyagawa, Y. 2002.** Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. J. of Exp. Bot. 53(372): 1305-1319.

194) **Shi, Q., Ding, F., Wang, X. and Wei, M. 2007.** Exogenouse nitric oxide protect Cucumber roots oxidative stress induced by salt stress. Plant Physiol. Biochem. 45: 542-550.

195) **Shi, S., Wang, G., Wang, Y., Zhang, L. and Zhang, L. 2005.** Protective effect of nitric oxide against oxidative stress under ultra violet- B radiation, Nitric oxide. 13: 1-9.

196) **Singh, H.P., Batish, D.R., Kaur, G., Aroral, K. and Kohli, R.K. 2008.** Nitric oxide (as sodium nitroprusside) supplementation ameliorates Cd toxicity in hydroponically grown wheat roots. Environ. Exp. Bot. 63: 158-167.

197) **Singh, V.D., Verma, S.K. and Singh, B.L. 1990.** Effect of irrigation and phosphorus on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield in Rajasthan. Indian J. of Agric. Sci. 40: 644-647.

198) **Smiciklas, K.D., Mullen, R.E. and Carlson, R.E. 1989.** Drought induced stress effect on soybean seed calcium and quality. Crop Sci. 29: 1519-1522.

199) **Smirnoff. N. 1996.** The function and metabolism of ascorbic acid in plants. Ann. of Bot. 78: 661-669.

200) **Smirnoff, N. 1998.** Plant resistance to environmental stress. Curr. Opin. Biotechnol. 9: 214-219.

201) **Smirnoff, N. 2005.** Ascorbate, tochopherol and carotenoids: metabolism, path way engineering and functions. In: Smirnoff, N. (ed.). Antioxidants and Reactive Oxygen Species in plants. Blackwell publishing Ltd. Oxford, UK. PP. 53-86.

202) **Smirnoff, N. and Wheeler, G.L. 2000.** Ascobic acid in plants: Biosynthesis and function. Critical Rev. in Plant Sci. 19(4): 267-290.

203) **Soha, E., Nahed, G. and Bedour, H. 2010.** Effect of water stress, Ascorbic acid and spraying time on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. J. American. Sci. 6(12): 33-44.

204) **Suna, B., Jingb, Y., Chena, K., Songa, L., Chena, F. and Zhang, L. 2007.** Protective effect of nitric oxide on iron deficiency hnduced oxidative stress in maize (*Zea mays*). J. of Plant Physiol. 164: 536-543.

205) **Suzuki, N. and Mittler, R. 2006.** Reactive oxygen species and temperature stresses: a delicate balance between signaling and destruction. Physiolgia Plantarum. 126: 45-51.

206) **Takahashi, S. and Yamasaki, H. 2002.** Reversible inhibition of photo phosphorylation in chloroplasts by nitric oxide. FEBS Lett. 512(1- 3): 145-148.

207) **Tavakolee Zenialee, A. 2002.** Study of irrigation cutting during growth stages on seed and oil yield and its components in safflower. M.Sc. dissertation, University of Tehran, Iran. (In Farsi).

208) **Tayebi, A., Afshari, h., Farahvash, F., Masood sinki, J. and Nezarat, S. 2012.** Effect of drought stress and different planting dates on safflower yield and its components in Tabriz region. Iranian J.of plant physiol. 2(3): 445-453.

209) **Tian, X. and Lei, Y.B. 2007.** Physiological responses of wheat seedling to drought and UV-B radiation. Effect of exogenous Sodium nitroprusside application. Russian J. of plant Physiol. 54(5): 763-769.

210) **Tosseli, M.E. and Casenave, E.C. 2003.** Water content and the effectiveness of hydro and osmotic priming of content seeds. Seed Sci. and technol. 31: 727-735.

211) **Tu, J., Shen, W. and Xu, L. 2003.** Regulation of nitric acid on the aging process of wheat leaves. Acta Bot. Sin. 45: 1055-1062.

212) **Tuteja, N., Chandra, M., Tuteja, R. and Misra, M.K. 2004.** Nitric oxide as a unique bioactive signaling messenger in physiology and pathophysiology. J. Biomed. Biotech. 4: 227-237.

213) **Upadhyaya, H. and Panda, S.K. 2004.** Responses of *Camellia sinensis* to drought and rehydration. Biol. Plantarum. 48: 597-600.

214) **Villalobs, F.J., Hall, A.J., Ritchie, J.T. and Orgaz, F. 1996.** Oil crop sun: A development, growth and model of sunflower crop. Agron. J. 88: 403-415.

215) **Vitecek, J., Wunschova, A., Petrek, J., Adem, V., Kizek, R. and Havel, L. 2007.** Cell death induced by sodium nitroprusside and hydrogen peroxide in tobacco BY- 2 cell suspension. Biol. Plant. 51: 472-479.

216) **Vwioko, E.D., Osawaru, M.E. and Erugun, O.L. 2008.** Evaluation of okro (*Abelmoschus esculentus* L. Moech). Exposed to paint waste contaminated soil for growth, ascorbic acid and metal concentration. Afric J. of General Agric. 4(1): 39-48.

217) **Wang, Y.S. and Yang, Z.M. 2005.** Nitric oxide rduces aluminum toxicity by preventing oxidative stress in the roots of *Cassia tora* L. Plant Cell Physiol. 46: 1915-1923.

218) **Wang, X.Y., Shen, W.B. and Xu, L.L. 2004.** Exogenous nitric oxide alleviates osmotic stress induced lipid peroxidation in wheat seedling leaves. 30: 195-200.

219) **Wattsr, N., Ponka, P. and Richardson, R. 2003.** Effects of nitrogen monoxide and carbon monoxide on molecular and cellular iron metabolism: mirror image effector molecules that tatget iron. Biochem. J. 369: 429-440.

220) **Weiss, E.A. 2000.** Oil seed crop. Blackwell Sci. Ltd. Oxford, London.

221) **Wendehenne, D., Pugin, A., Klessig, D.F. and Durner, J. 2001.** Nitric oxide: comparative synthesis and signaling in animal and plant cells. Plant Sci. 6: 1360-1385.

222) **Wieczorek, J.F., Milczarek, G., Arasimovicz, M. and Ciszewski, A. 2006.** Do nitric oxide donors mimic endogenous No related response in plants. Plabta. 224: 1363-1372.

223) **Wilson, I.D., Neill, S.J. and Hancock, J.T. 2008.** Nitric oxide synthesis and sigalling in plants. Plant Cell environ. 31: 622-631.

224) **Wolfe, D.W., Henderson, D.W., Hsiao, T.C. and Alvion, A. 1998.** Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize, leaf area duration, nitrogen distribuation and yield. Agron. J. 80: 859-864.

225) **Xing, H., Tan, L., An, L., Zhao, Z., Wang, S. and Zhang, C. 2004.** Evidence for involvement of nitric oxide and reactive oxygen species in osmotic stress tolerance of wheat seedlings: Inverse correlation between leaf abscisic acid accumulation and leaf water loss. Plant Growth. Reg. 42: 61-68.

226) **Younis, M.E., Hasaneen, M.N.A. and Kazamel, A.M.S. 2010.** Exogenously applied ascorbic acid ameliorates detrimental effects of NaCl and manitol stress in *Vicia faba* seedlings. Protoplasma. 239: 39-48.

227) **Zarco Tajada, P.J., Miller, J.R., Mohammad, G.H., Noland, T.L. and Sampson, P.H. 2000.** Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance. Remo. Sens. Environ. 74: 596-608.

228) **Zhang, J. and Kirkham, M.B. 1996.** Enzymatic responses of the ascorbate-glutathione cycle to drought in sorghum and sunflower. Plant Sci. 113: 139-147.

229) **Zhang, C., Lu, Q. and Verma, D.P.S. 1995.** Removal of feedback inhibition of P5CS, a bio functional enzyme catalyzing the first two steps of proline biosynthesis in plants. J. Biol. Chem. 270: 20491-20496.

230) **Zhang, Y., Wang, L., Liu, Y., Zhang, Q., Wei, Q. and Zhang, W. 2006.** Nitric oxide enhances salt tolerance in maize seedlings through increasing activities of proton pump and Na^+/H^+ antiport in the tonoplast. Planta. 224: 545-555.

231) **Zhao, L., Zhan, F., Guo, J., Yang, Y., Li, B. and Zhang, L. 2004.** Nitric oxide functions a signal in salt resistance in the calluses from two ecotypes of reed. Plant Physiol. 134: 849-857.

232) Zhu, J.K. 2000. Genetic analysis of plant salt tolerance using Arabidopsis. Plant Physiol. 124: 941-948.

233) Zope, R.E., Katule, B.K. and Ghorpade, D.S. 1988. Seed filling duration and yield in safflower. Sesame and Safflower Newsletter. Institute of Sustainable Agriculture. Spain. 4: 39-42.

پیوست‌ها

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات وزن خشک برگ سبز، برگ اضمحلال یافته و وزن خشک کل برگ تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک برگ سبز	وزن خشک برگ اضمحلال یافته	وزن خشک کل برگ
تکرار	۲	۱۵۰۴/۶۰	۱۴/۲۵	۱۸۱/۶۶
تنش (S)	۱	۹۲۱۶/۴۴ *	۵۲۵۲/۴۲*	۵۵۳/۶۶
خطای اول	۲	۲۷۳/۰۷	۱۲۲/۵۴	۱۶۸/۵۵
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۲۶۰۴/۲۷ **	۱۸۸/۱۸	۲۷۵۷/۸۰ **
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۱۸۷۳/۷۵ *	۳۸۷/۶۳ *	۳۷۸۰/۵۸ **
S×SN	۲	۹۵۷۷/۲۲ **	۲۹۰/۷۴	۱۳۱۹۵ **
S×ASA	۲	۷۸۳۸/۱۸ **	۵۸/۲۰	۹۱۵۳/۴۵ **
SN×ASA	۴	۳۲۰۱/۲۶ **	۵۹۲/۸۹ **	۴۴۸۲/۰۵ **
S×SN×ASA	۴	۱۶۷۰/۹۹ *	۴۱۲/۴۹ **	۲۵۷۰/۵۳**
خطای دوم	۳۲	۴۷۲/۱۸	۹۵/۹۰	۶۱۲/۰۱
ضریب تغییرات		۱۴/۲۰	۲۷/۵۰	۱۳/۱۲

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ، وزن برگ اضمحلال یافته و وزن خشک کل برگ تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت

تیمار	وزن خشک برگ سبز	وزن برگ اضمحلال یافته	وزن خشک کل برگ
	گرم در متر مربع		
تنش کم‌آبیاری			
۸ روز	۱۶۵/۹۹ a	۲۵/۷۴ b	۱۹۱/۷۳
۱۶ روز	۱۳۹/۸۶ b	۴۵/۴۷ a	۱۸۵/۳۳
LSD 5%	۱۹/۳۵۱	۱۲/۹۶۳	۱۵/۲۰۴
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)			
صفر	۱۴۱/۰۸ b	۳۷/۶۴	۱۷۸/۷۲ b
۵۰	۱۵۲/۵۵ ab	۳۱/۸۸	۱۸۴/۴۴ b
۱۰۰	۱۶۵/۱۳ a	۳۷/۳۱	۲۰۲/۴۴ a
اسید آسکوربیک (میلی مولار)			
صفر	۱۴۱/۲۹ b	۳۱/۲۸ b	۱۷۲/۵۸ b
۱۰	۱۶۰/۳۸ a	۴۰/۵۱ a	۲۰۰/۹۰ a
۲۰	۱۵۷/۰۹ a	۳۵/۰۲ ab	۱۹۲/۱۲ a
LSD 5%	۱۴/۷۵۴	۶/۶۴۹	۱۶/۷۹۷

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات وزن خشک ساقه، شاخص سطح برگ و وزن خشک کل تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک ساقه	شاخص سطح برگ	وزن خشک کل
تکرار	۲	۷۰۵/۵۴	۰/۴۰	۱۵۳۲۱/۰۵
تنش (S)	۱	۱۵۰۱/۴۲	۳/۰۷*	۱۹۹۷۹۰/۰۵ *
خطای اول	۲	۳۶۲/۸۵	۰/۱۴	۴۲۷۱/۰۶
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۴۵۶۴/۲۹*	۰/۳۳**	۳۳۱۷۲/۳۳ **
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۲۷۸۹/۵۶	۰/۰۶	۶۸۷۳/۹۰
S×SN	۲	۳۹۹۰/۷۶*	۰/۱۵	۵۵۰۶۰/۸۷ **
S×ASA	۲	۴۶۴۶/۴۶ *	۰/۰۶	۳۸۶۵/۱۵
SN×ASA	۴	۲۵۵۷/۶۴	۰/۰۷	۱۲۹۸۲۸/۸۵ **
S×SN×ASA	۴	۳۹۹۹/۳۴**	۰/۰۲	۲۳۹۸۲/۵۹**
خطای دوم	۳۲	۹۶۳/۹۷	۰/۰۵	۳۲۲۴/۲۲
ضریب تغییرات		۲۰/۱۹	۱۷/۲۴	۶/۲۳

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه، شاخص سطح برگ و وزن خشک کل تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت

تیمار	وزن خشک ساقه	شاخص سطح برگ	وزن خشک کل
	گرم در متر مربع	متر مربع برگ در متر مربع زمین	گرم در متر مربع
تنش کم‌آبیاری			
۸ روز	۱۵۸/۹۹		۹۷۱/۷۴ a
۱۶ روز	۱۴۸/۴۴		۸۵۰/۰۹ b
LSD 5%	۲۲/۳۰۷		۷۶/۵۳۱
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)			
صفر	۱۶۹/۵۹ a		۹۱۳/۸۶ a
۵۰	۱۳۷/۷۴ b		۸۶۶/۵۹ b
۱۰۰	۱۵۳/۸۴ ab		۹۵۲/۳۰ a
اسید آسکوربیک (میلی مولار)			
صفر	۱۴۴/۳۸	۱/۳۳	۹۰۶/۹۱
۱۰	۱۴۸/۹۳	۱/۳۷	۹۳۲/۱۵
۲۰	۱۶۷/۸۵	۱/۲۵	۸۹۳/۶۸
LSD 5%	۲۱/۰۸۱	۰/۱۵۴	۳۸/۵۵۴

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات وزن خشک برگ، ساقه و وزن خشک کل تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک کل
تکرار	۲	۲۰۹۰/۶۴	۱۰۳۰/۶۶	۲۹۰۹۱/۸۷
تنش (S)	۱	۳۴۹۷۹/۴۹**	۲۹۳۵۸/۴۸*	۱۱۴۸۶۳۲/۹۲*
خطای اول	۲	۳۴۷/۵۹	۸۷۷/۶۲	۱۶۸/۳۶
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۱۲۷۶/۴۷*	۱۷۹۰/۳۲**	۸۱۷۰/۱۶*
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۲۱۲۱/۷۵**	۲۱۸۸/۸۹**	۴۹۷۴۹/۹۴**
S×SN	۲	۲۰۵۹/۷۳**	۲۸۶/۰۱	۱۸۹۱۲/۲۱*
S×ASA	۲	۲۴۳۸/۲۰**	۱۹۹۴/۱۲**	۲۵۴۹/۵۰**
SN×ASA	۴	۲۵۷۷/۹۹**	۱۹۸۰/۶۴ **	۷۰۸۷۴/۱۸**
S×SN×ASA	۴	۲۵۶۰/۲۷**	۳۲۱۴/۹۵**	۴۰۱۸۵/۹۷**
خطای دوم	۳۲	۲۸۸/۷۸	۲۹۰/۲۳	۲۸۹۶/۵۳
ضریب تغییرات		۱۱/۱۶	۱۲/۲۲	۶/۷۳

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

تیمار	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک کل
	گرم در متر مربع		
تنش کم‌آبیاری			
۸ روز	۱۲۷/۶۸ a	۱۶۲/۷۲ a	۹۴۴/۸۴ a
۱۶ روز	۱۲۶/۷۸ b	۱۱۶/۰۹ b	۶۵۳/۱۵ b
LSD 5%	۲۱/۸۳۳	۳۴/۶۹۲	۴۸/۰۳۲
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)			
صفر	۱۶۱/۹۴ a	۱۴۷/۴۱ a	۸۰۴/۹۷ ab
۵۰	۱۴۷/۰۰ b	۱۲۸/۲۳ b	۷۷۵/۳۴ b
۱۰۰	۱۴۷/۷۴ b	۱۴۲/۵۶ a	۸۱۶/۶۸ a
اسید آسکوربیک (میلی مولار)			
صفر	۱۶۴/۶۱ a	۱۴۷/۴۵ a	۸۱۲/۰۴ a
۱۰	۱۴۴/۳۶ b	۱۴۳/۹۲ a	۷۴۱/۱۳ b
۲۰	۱۴۷/۷۱ b	۱۲۶/۸۳ b	۸۴۳/۸۱ a
LSD 5%	۱۱/۵۳۸	۱۱/۵۶۷	۳۶/۵۴۳

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات وزن خشک طبق بارور و طبق نابارور تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		وزن خشک طبق بارور	وزن خشک طبق نابارور
تکرار	۲	۳۳۷۷/۰۷	۲/۰۴
تنش (S)	۱	۱۵۰۹۸۸/۲۶ *	۱۴/۹۷
خطای اول	۲	۲۹۴۲/۰۸	۱/۱۷
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۱۱۹۸۷/۱۴ **	۰/۳۴
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۱۴۶۹۰/۵۳ **	۷۱/۳۵ **
S×SN	۲	۳۴۰۵۱/۹۸ **	۸۳/۷۱ **
S×ASA	۲	۱۲۷۴۲/۳۲ **	۴۳/۰۵ **
SN×ASA	۴	۸۲۱۵۴/۳۰ **	۱۵/۷ **
S×SN×ASA	۴	۱۲۵۷۴/۳۲**	۶۹/۸۳**
خطای دوم	۳۲	۲۰۴۰/۷۹	۳/۹۳
ضریب تغییرات		۸/۰۸	۱۹/۸۶

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین وزن خشک طبق بارور و طبق نابارور تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ روز پس از کاشت

تیمار	وزن طبق بارور	وزن طبق نابارور
	گرم در متر مربع	
تنش کم‌آبیاری		
۸ روز	۶۱۱/۵۴ a	۹/۴۶
۱۶ روز	۵۰۵/۷۹ b	۱۰/۵۱
LSD 5%	۶۳/۵۱۸	۱/۲۶۸
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)		
صفر	۵۵۵/۵۴ ab	۱۰/۰۰
۵۰	۵۳۴/۵۷ b	۹/۸۳
۱۰۰	۵۸۵/۹۰ a	۱۰/۱۱
اسید آسکوربیک (میلی مولار)		
صفر	۵۷۸/۲۰ a	۱۱/۷۴ a
۱۰	۵۷۱/۹۲ a	۱۰/۳۹ a
۲۰	۵۲۵/۸۸ b	۷/۸۲ b
LSD 5%	۳۰/۶۷۳	۱/۳۴۶

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات وزن خشک طبق بارور و طبق نابارور تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		وزن خشک طبق بارور	وزن خشک طبق نابارور
تکرار	۲	۸۷۳۹/۸۱	۳/۷۳
تنش (S)	۱	۵۱۱۱۰۳/۲۸**	۲/۳۵
خطای اول	۲	۲۰۲۹/۰۳	۲/۷۴
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۴۶۸۷/۲۶*	۲۰/۶۹*
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۵۷۵۸۵/۷۱**	۹۶/۱۸**
S×SN	۲	۶۸۹۸/۶۰	۱۵۶/۹۲**
S×ASA	۲	۲۷۹۰۸/۹۹**	۵/۶۶
SN×ASA	۴	۴۵۴۴۸/۱۵**	۸۶/۸۱**
S×SN×ASA	۴	۱۵۱۳۴/۴۴**	۴۰/۳۹**
خطای دوم	۳۲	۱۵۶۵/۰۰	۴/۱۵
ضریب تغییرات		۷/۹۵	۲۰/۲۱

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۱۰- مقایسه میانگین وزن خشک طبق بارور و طبق نابارور تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

تیمار	وزن طبق بارور	وزن طبق نابارور
	گرم در متر مربع	
تنش کم‌آبیاری		
۸ روز	۵۹۴/۵۵ a	۹/۸۸
۱۶ روز	۳۹۹/۹۸ b	۱۰/۲۹
LSD 5%	۵۲/۷۴۹	۱/۹۴۱
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)		
صفر	۴۸۶/۷۳ b	۸ /۸۶ b
۵۰	۴۸۹/۲۰ ab	۱۰/۸۸ a
۱۰۰	۵۱۵/۸۴ a	۱۰/۵۱ a
اسید آسکوربیک (میلی مولار)		
صفر	۴۸۸/۸۳ b	۱۱/۱۴ a
۱۰	۴۴۵/۴۰ c	۷/۴۳ b
۲۰	۵۵۷/۵۷ a	۱۱/۶۸ a
LSD 5%	۲۶/۸۶۰	۱/۳۸۴

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۱۱- میانگین مربعات تعداد طبق بارور، تعداد طبق نابارور، ارتفاع ساقه و ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد طبق بارور	تعداد طبق نابارور	ارتفاع ساقه	ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین
تکرار	۲	۱۷/۵۷	۰/۱۲	۵۷/۲۵	۲/۴۴
تنش (S)	۱	۷۸/۲۴	۲/۶۶*	۴۰/۰۴	۳/۱۲
خطای اول	۲	۱۵/۵۷	۰/۰۵	۱۵/۲۵	۴/۷۹
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۴/۰۱	۰/۷۹*	۰/۵۶	۴/۴۴
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۶/۷۴	۰/۵۱*	۳/۰۱	۵/۰۹
S×SN	۲	۱۰/۲۴	۰/۱۶	۴/۴۰	۰/۲۴
S×ASA	۲	۰/۰۷	۰/۲۲	۴/۲۸	۳/۶۰
SN×ASA	۴	۵/۱۰	۰/۱۵	۵/۷۶	۸/۹۷
S×SN×ASA	۴	۲/۸۲	۰/۱۳	۱۱/۲۱	۳/۳۹*
خطای دوم	۳۲	۸/۰۱	۰/۱۵	۶/۷۹	۲/۴۶
ضریب تغییرات		۲۳/۱۹	۲۸/۷۳	۶/۲۱	۹/۵۶

*و** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۱۲- میانگین مربعات تعداد طبق بارور در بوته، ارتفاع ساقه و ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

تیمار	تعداد طبق بارور (در بوته)	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	ارتفاع اولین شاخه از سطح زمین (سانتی‌متر)
تنش کم‌آبیاری			
۸ روز	۱۳/۴۰	۴۲/۷۹	۱۶/۱۸
۱۶ روز	۱۱/۰۰	۴۱/۰۷	۱۶/۶۶
LSD 5%	۴/۶۲	۴/۵۷۳	۲/۵۶۴
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)			
صفر	۱۲/۶۶	۴۱/۷۲	۱۶/۹۹
۵۰	۱۱/۷۲	۴۲/۰۳	۱۶/۰۸
۱۰۰	۱۲/۲۲	۴۲/۰۳	۱۶/۱۸
اسید آسکوربیک (میلی مولار)			
صفر	۱۲/۵۰	۴۱/۹۶	۱۵/۹۱
۱۰	۱۲/۶۱	۴۲/۳۲	۱۶/۳۸
۲۰	۱۱/۵۰	۴۱/۵۰	۱۶/۹۷
LSD 5%	۱/۹۲۱	۱/۷۶۹	۱/۰۶۷

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۱۳- میانگین مربعات قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته و قطر طبق تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		قطر ساقه	تعداد شاخه فرعی در بوته	تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته	قطر طبق
تکرار	۲	۳/۱۴	۹/۵۵	۱/۱۲	۱۰/۰۶
تنش (S)	۱	۱/۹۵	۷/۴۰	۳۷/۵۰*	۴۲/۵۷*
خطای اول	۲	۰/۱۴	۲/۷۴	۱/۰۵	۱/۹۱
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۰/۱۹	۰/۳۸	۰/۰۱	۱۰/۲۸**
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۱/۱۴	۲/۰۵	۰/۵۷	۸/۴۱*
S×SN	۲	۱/۸۵	۲/۷۹	۰/۰۵	۰/۵۰
S×ASA	۲	۰/۴۲	۰/۲۴	۰/۵۰	۲/۵۷
SN×ASA	۴	۰/ ۵۱	۲/۱۱	۰/۲۱	۰/۷۵
S×SN×ASA	۴	۰/۱۶	۰/۲۹	۰/۳۰	۱/۷۵
خطای دوم	۳۲	۰/۸۴	۱/۲۷	۰/۴۰	۱/۷۲
ضریب تغییرات		۱۶/۱۷	۱۱/۱۵	۲۶/۲۳	۴/۷۵

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۱۴- مقایسه میانگین قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته وتحت تأثیر تنش کم آبیاری، محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت

تیمار	قطر ساقه (میلی متر)	تعداد شاخه فرعی (در بوته)	تعداد شاخه فرعی فرعی (در بوته)
تنش			
۸ روز	۵/۸۷	۱۰/۴۸	
۱۶ روز	۵/۴۹	۹ /۷۴	
LSD 5%	۰/۴۴۹	۱/۹۳۸	
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)			
صفر	۵/۷۲	۱۰/۲۷	۲/۳۸
۵۰	۵/۵۶	۱۰/۰۰	۲/۴۴
۱۰۰	۵/۷۵	۱۰/۰۵	۲/۴۴
اسید آسکوربیک (میلی مولار)			
صفر	۵/۸۹	۱۰/۵۰	۲/۲۲
۱۰	۵/۷۴	۹/۹۴	۲/۵۰
۲۰	۵/۴۰	۹/۸۸	۲/۵۵
LSD 5%	۰/۶۲۴	۰/۷۶۶	۰/۴۳۲

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۱۵- میانگین مربعات تعداد دانه پوک در بوته، وزن دانه پوک، وزن مغز دانه، وزن پوسته و نسبت پوسته به مغز تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد دانه پوک در بوته	وزن دانه پوک	وزن مغز دانه	وزن پوسته	نسبت پوسته به مغز
تکرار	۲	۴۱/۷۹	۰/۰۰۰۱	۲/۱۵	۲/۷۲	۰/۲۲
تنش (S)	۱	۸۱۶/۶۶*	۰/۰۱۶*	۷۲/۴۵*	۴/۲۳	۷/۰۷*
خطای اول	۲	۳۵/۰۵	۰/۰۰۰۲	۲/۱۸	۱/۱۵	۰/۱۳
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۷/۴۶	۰/۰۰۰۱	۱/۰۳	۰/۶۸	۰/۳۲**
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۶۴/۲۴**	۰/۰۰۲**	۰/۸۸	۰/۱۸	۰/۱۳
S×SN	۲	۱۸/۳۸	۰/۰۰۰۶ *	۴/۰۴**	۰/۳۲	۰/۳۲**
S×ASA	۲	۲/۳۸	۰/۰۰۰۲	۱/۴۲	۱/۳۱	۰/۰۳
SN×ASA	۴	۶/۳۷	۰/۰۰۰۵*	۰/۲۵	۰/۳۰	۰/۰۴
S×SN×ASA	۴	۱۷/۵۲	۰/۰۰۰۳	۰/۵۵	۰/۸۰	۰/۰۵
خطای دوم	۳۲	۱۰/۰۰	۰/۰۰۰۲	۰/۶۴	۰/۴۹	۰/۰۴
ضریب تغییرات		۱۷/۲۹	۱۷/۷۰	۱۶/۷۶	۱۳/۹۰	۱۷/۶۲

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۱۶- مقایسه میانگین تعداد دانه پوک در بوته، وزن دانه پوک، وزن مغز دانه، وزن پوسته و نسبت پوسته به مغز تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۱۱۲ روز پس از کاشت

تیمار	تعداد دانه پوک (در بوته)	وزن دانه پوک (گرم در بوته)	وزن مغز دانه (گرم در بوته)	وزن پوسته (گرم در بوته)	نسبت پوسته به مغز
تنش کم‌آبیاری					
۸ روز		۰/۰۹ a	۵/۹۵ a	۴/۷۹	۰/۸۲ b
۱۶ روز		۰/۰۶ b	۳/۶۳ b	۵/۳۵	۱/۵۴ a
LSD 5%		۰/۰۱۹	۱/۷۳۲	۱/۲۵۹	۰/۴۳۲
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)					
صفر	۱۸/۶۱	۰/۰۷	۴/۵۸	۵/۰۰	۱/۳۱ a
۵۰	۱۷/۵۵	۰/۰۷	۵/۰۵	۴/۹۲	۱/۰۴ b
۱۰۰	۱۸/۷۲	۰/۰۸	۴/۷۳	۵/۲۹	۱/۱۸ ab
اسید آسکوربیک (میلی مولار)					
صفر		۰/۰۶ b	۴/۵۷	۵/۰۱	۱/۲۷ a
۱۰		۰/۰۸ a	۴/۷۸	۵/۱۸	۱/۱۸ ab
۲۰		۰/۰۸ a	۵/۰۱	۵/۰۱	۱/۰۹ b
LSD 5%		۰/۰۰۹	۰/۵۴۵	۰/۴۷۸	۰/۱۴۱

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۱۷- میانگین مربعات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش کم-آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه
تکرار	۲	۱۴/۵۷	۳/۵۵	۲۶/۲۷
تنش (S)	۱	۶/۰۰	۷۸۵/۸۵*	۱۰۵/۳۹
خطای اول	۲	۷۳/۱۶	۲۴/۰۷	۵۰/۰۱
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۳/۳۵	۱۲/۷۲	۷۰/۹۱*
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۴۷/۶۸*	۳۷/۵۰	۴۸/۸۲
S×SN	۲	۱۰/۵۰	۲۵/۹۰	۹/۱۵
S×ASA	۲	۴/۳۸	۲۷/۰۱	۳۴/۵۷
SN×ASA	۴	۵/۹۶	۳۶/۳۰	۲۳/۸۵
S×SN×ASA	۴	۱۱/۵۵	۹/۹۹	۳۳/۹۳
خطای دوم	۳۲	۱۳/۲۸	۳۹/۵۸	۱۹/۵۷
ضریب تغییرات		۲۷/۲۶	۲۲/۵۵	۷/۹۸

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۱۸- مقایسه میانگین تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش کم-آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

تیمار	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)
تنش کم‌آبیاری			
۸ روز	۱۳/۷۰		۵۶/۸۲
۱۶ روز	۱۳/۰۳		۵۴/۰۳
LSD 5%	۱۰/۰۱۷		۸/۲۸۱
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)			
صفر	۱۳/۵۰	۲۸/۸۳	
۵۰	۱۲/۸۸	۲۷/۲۲	
۱۰۰	۱۳/۷۲	۲۷/۶۱	
اسید آسکوربیک (میلی مولار)			
صفر		۲۸/۷۲	۵۳/۵۶
۱۰		۲۶/۲۲	۵۶/۶۶
۲۰		۲۸/۷۲	۵۶/۰۷
LSD 5%	۲/۴۷۵	۴/۲۷۱	۳/۰۰۴

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۱۹- میانگین مربعات محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشاء تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		محتوای نسبی آب برگ	شاخص پایداری غشاء
تکرار	۲	۹۱/۷۱	۲۸/۱۶
تنش (S)	۱	۱۹۱۶/۳۷ *	۷۰/۷۰ *
خطای اول	۲	۶۲/۵۰	۲/۴۰
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۳۶/۶۷	۱۹۲/۸۱**
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۱۲۱/۷۶ *	۲۳۴/۲۱**
S×SN	۲	۱۴/۴۳	۲۸/۹۲
S×ASA	۲	۶۳/۵۶	۶۲/۹۱*
SN×ASA	۴	۵۴/۳۰	۲۴۵/۹۴**
S×SN×ASA	۴	۳۴/۲۵	۱۷۵/۶۴**
خطای دوم	۳۲	۳۵/۲۱	۱۷/۲۹
ضریب تغییرات		۹/۷۴	۱۶/۳۷

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۲۰- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشاء تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

تیمار	محتوای نسبی آب برگ	شاخص پایداری غشاء
	درصد	
تنش کم‌آبیاری		
۸ روز		۲۶/۵۴ a
۱۶ روز		۲۴/۲۵ b
LSD 5%		۱/۸۱۷
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)		
صفر	۶۱/۷۱	۲۳/۵۵ b
۵۰	۶۱/۷۵	۲۳/۴۶ b
۱۰۰	۵۹/۲۶	۲۹/۱۷ a
اسید آسکوربیک (میلی مولار)		
صفر		۲۸/۰۸ a
۱۰		۲۶/۸۰ a
۲۰		۲۱/۲۹ b
LSD 5%	۴/۰۲۹	۲/۸۲۳

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۲۱- میانگین مربعات کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های بالای گیاه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول-پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۸۲ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل a	کلروفیل b	نسبت کلروفیل a/b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
تکرار	۲	۰/۰۱	۰/۰۶۳	۰/۲۴	۰/۱۱	۰/۰۲۱
تنش (S)	۱	۰/۱۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱	۰/۲۲	۰/۰۴۰
خطای اول	۲	۰/۰۸	۰/۰۱۸	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۰۰۸
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۰/۱۱ *	۰/۰۱۸	۰/۷۹**	۰/۲۲*	۰/۰۰۸
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۰/۰۸*	۰/۰۳۴	۰/۰۲	۰/۲۲*	۰/۰۰۵
S×SN	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	۰/۸۳**	۰/۰۲	۰/۰۰۲
S×ASA	۲	۰/۰۱	۰/۰۴۴	۰/۳۱	۰/۰۲	۰/۰۰۱
SN×ASA	۴	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۰/۳۴*	۰/۰۳	۰/۰۰۴
S×SN×ASA	۴	۰/۰۱	۰/۰۲۲	۰/۳۸*	۰/۰۵	۰/۰۰۰۷
خطای دوم	۳۲	۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات		۲۶/۲۶	۲۷/۴۲	۲۵/۰۹	۲۱/۷۵	۲۵/۷۵

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۲۲- مقایسه میانگین کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های بالای گیاه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۸۲ روز پس از کاشت

تیمار	کلروفیل a	کلروفیلb	نسبت کلروفیل a/b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
	(میلی گرم در گرم وزن تر)			(میلی گرم در گرم وزن تر)	
تنش کم‌آبیاری					
۸ روز	۰/۶۶	۰/۴۷	۱/۴۱	۱/۱۳۶	۰/۲۶۲
۱۶ روز	۰/۵۶	۰/۴۴	۱/۳۸	۱ /۰۰۶	۰/۲۰۸
LSD 5%	۰/۳۳۸	۰/۱۵۹	۰/۴۳۰	۰/۲۸۲	۰/۱۰۷
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)					
صفر		۰/۴۳	۱/۶۳ a		۰/۲۱
۵۰		۰/۴۵	۱/۲۵ b		۰/۲۴
۱۰۰		۰/۴۹	۱/۳۰ b		۰/۲۵
LSD 5%		۰/۰۸۵	۰/۲۳۸		۰/۰۴۱
اسید آسکوربیک (میلی مولار)					
صفر		۰/۴۶ ab	۱/۳۸		۰/۲۳۷
۱۰		۰/۴۱ b	۱/۳۶		۰/۲۱۷
۲۰		۰/۵۰ a	۱/۴۳		۰/۲۵۲
LSD 5%		۰/۰۸۵	۰/۲۳۸		۰/۴۱۲

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۲۳- میانگین مربعات کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های وسط گیاه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۸۲ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل a	کلروفیلb	نسبت کلروفیل a/b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
تکرار	۲	۰/۰۰۷	۰/۰۴۹	۰/۳۷	۰/۰۸۸	۰/۰۰۵
تنش (S)	۱	۰/۲۱۹*	۰/۰۱۲	۲/۲۷	۰/۱۲۵	۰/۰۶۲
خطای اول	۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۰/۱۶	۰/۰۲۶	۰/۰۰۳
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۳۴	۰/۴۱*	۰/۰۵۰	۰/۰۰۳
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۰/۰۲۰**	۰/۰۱۵	۰/۱۲	۰/۰۴۹	۰/۰۰۸*
S×SN	۲	۰/۰۱۳**	۰/۰۷۱*	۰/۵۹*	۰/۰۸۱*	۰/۰۰۱
S×ASA	۲	۰/۰۶۱**	۰/۰۲۳	۰/۰۶	۰/۱۵۶**	۰/۰۰۹**
SN×ASA	۴	۰/۰۷۱**	۰/۰۱۵	۰/۵۵**	۰/۰۹۶**	۰/۰۰۹**
S×SN×ASA	۴	۰/۰۲۰**	۰/۰۰۸	۰/۲۹	۰/۰۲۹	۰/۰۰۳
خطای دوم	۳۲	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵	۰/۱۱	۰/۰۱۹	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات		۷/۱۱	۲۳/۹۶	۲۹/۲۹	۱۲/۶۸	۱۷/۳۰

*و** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۲۴- مقایسه میانگین کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های وسط گیاه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۸۲ روز پس از کاشت

تیمار	کلروفیل a	کلروفیلb	نسبت کلروفیل a/b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
	(میلی‌گرم در گرم وزن تر)			(میلی‌گرم در گرم وزن تر)	
تنش کم‌آبیاری					
۸ روز	۰/۶۴ a	۰/۵۱	۱/۳۸	۱/۱۵	۰/۲۸
۱۶ روز	۰/۵۱ b	۰/۵۴	۰/۹۷	۱/۰۵	۰/۲۱
LSD 5%	۰/۰۸۵	۰/۱۱۶	۰/۴۸۲	۰/۱۹۰	۰/۰۱۲
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)					
صفر	۰/۵۶	۰/۴۷	۱/۳۵ a	۱/۰۴	۰/۲۳
۵۰	۰/۵۹	۰/۵۵	۱/۱۱ b	۱/۱۴	۰/۲۵
۱۰۰	۰/۵۷	۰/۵۵	۱/۰۷ b	۱/۱۲	۰/۲۵
اسید آسکوربیک (میلی مولار)					
صفر	۰/۵۵ b	۰/۴۹	۱/۲۶	۱/۰۴	۰/۲۲ b
۱۰	۰/۵۶ b	۰/۵۵	۱/۰۵	۱/۱۱	۰/۲۷ a
۲۰	۰/۶۱ a	۰/۵۳	۱/۱۸	۱/۱۴	۰/۲۳ b
LSD 5%	۰/۰۲۷	۰/۰۸۵	۰/۲۳۴	۰/۰۹۵	۰/۰۲۹

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۲۵- میانگین مربعات کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های پایین گیاه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول-پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۸۲ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل a	کلروفیلb	نسبت کلروفیل a/b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
تکرار	۲	۰/۰۴۳	۰/۰۳۵۲	۰/۵۴	۰/۱۳۴	۰/۰۱۵
تنش (S)	۱	۰/۰۱۸	۰/۰۰۴۶	۰/۰۴	۰/۰۴۲	۰/۰۰۲
خطای اول	۲	۰/۰۳۲	۰/۰۲۲۶	۰/۰۲	۰/۱۰۷	۰/۰۰۵
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱۹	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۹	۰/۰۵	۰/۰۲۰	۰/۰۰۱
S×SN	۲	۰/۰۵۵	۰/۰۰۴۲	۰/۰۸	۰/۰۹۰	۰/۰۰۱
S×ASA	۲	۰/۰۹۳	۰/۰۲۵۵	۰/۰۴	۰/۲۱۲*	۰/۰۰۹
SN×ASA	۴	۰/۰۳۲	۰/۰۱۶۴	۰/۳۰**	۰/۰۷۵	۰/۰۱۰
S×SN×ASA	۴	۰/۰۴۱	۰/۰۲۷۱	۰/۱۲	۰/۱۲۹	۰/۰۱۱
خطای دوم	۳۲	۰/۰۱۸	۰/۰۱۰۳	۰/۰۷	۰/۰۵۱	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات		۲۳/۲۳	۲۷/۰۷	۱۷/۱۲	۲۳ /۵۰	۲۷/۲۷

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۲۶- مقایسه میانگین کلروفیل و کاروتنوئید در برگ‌های پایین گیاه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری، محلول-پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۸۲ روز پس از کاشت

تیمار	کلروفیل a	کلروفیل b	نسبت کلروفیل a/b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
	(میلی‌گرم در گرم وزن تر)			(میلی‌گرم در گرم وزن تر)	
تنش کم‌آبیاری					
۱۶ روز	۰/۶۰	۰/۳۸	۱/۵۹	۰/۹۹	۰/۲۵
۸ روز	۰/۵۷	۰/۳۶	۱/۶۴	۰/۹۳	۰/۲۴
LSD 5%	۰/۲۱۱	۰/۱۷۶	۰/۱۸۸	۰/۳۸۴	۰/۰۸۷
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)					
صفر	۰/۵۹	۰/۳۸	۱/۶۱	۰/۹۸	۰/۲۴
۵۰	۰/۵۷	۰/۳۶	۱/۶۵	۰/۹۴	۰/۲۵
۱۰۰	۰/۵۹	۰/۳۷	۱/۵۸	۰/۹۷	۰/۲۶
اسید آسکوربیک (میلی مولار)					
صفر	۰/۵۶	۰/۳۶	۱/۵۶	۰/۹۳	۰/۲۴
۱۰	۰/۶۱	۰/۳۷	۱/۶۷	۰/۹۹	۰/۲۵
۲۰	۰/۵۸	۰/۳۸	۱/۶۱	۰/۹۶	۰/۲۶
LSD 5%	۰/۰۹۳	۰/۰۶۹	۰/۱۸۸	۰/۱۵۴	۰/۰۴۶

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۲۷- میانگین مربعات درصد پروتئین، درصد روغن، عملکرد روغن و عملکرد دانه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد پروتئین	درصد روغن	عملکرد روغن	عملکرد دانه
تکرار	۲	۱/۲۵	۲/۰۶	۰/۱۱	۱/۴۰
تنش (S)	۱	۰/۱۵	۰/۴۶	۰/۹۷	۸/۷۱
خطای اول	۲	۱/۵۹	۰/۷۸	۰/۲۹	۳/۰۲
سدیم نیتروپروساید (SN)	۲	۴/۱۳ *	۹۸/۴۹**	۰/۱۵*	۱/۷۷ **
اسید آسکوربیک (ASA)	۲	۴/۹۷**	۳/۱۸	۰/۰۷	۰/۵۱
S×SN	۲	۵/۸۰**	۱/۹۰	۰/۰۵	۰/۶۰
S×ASA	۲	۰/ ۳۱	۳/۹۰*	۰/۰۴	۰/۷۰
SN×ASA	۴	۲/۳۵	۰/۹۹	۰/۰۲	۰/۰۷
S×SN×ASA	۴	۰/۶۲	۱/۳۰	۰/۰۲	۰/۲۱
خطای دوم	۳۲	۰/۵۵	۱/۰۷	۰/۰۴	۰/۲۷
ضریب تغییرات		۳/۰۷	۳/۳۴	۲۱/۷۸	۱۶/۱۱

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۲۸- مقایسه میانگین درصد پروتئین، درصد روغن، عملکرد روغن و عملکرد دانه تحت تأثیر تنش کم-آبیاری و محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

تیمار	پروتئین (درصد)	روغن (درصد)	عملکرد روغن (تن در هکتار)	عملکرد دانه (تن در هکتار)
تنش کم‌آبیاری				
۸ روز	۲۴/۱۸	۳۱/۰۸	۱/۱۲	۳/۶۶
۱۶ روز	۲۴/۰۸	۳۰/۸۹	۰/۸۵	۲/۸۶
LSD 5%	۱/۴۷۷	۱/۰۴۰	۰/۶۳۷	۲/۰۳۶
سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)				
صفر	۲۳/۷۰ b			
۵۰	۲۴/۰۵ b			
۱۰۰	۲۴/۶۴ a			
اسید آسکوربیک (میلی مولار)				
صفر		۳۱/۰۸	۰/۹۱	۳/۰۷۰
۱۰		۳۰/۵۳	۱/۰۳	۳/۳۶۶
۲۰		۳۱/۳۶	۱/۰۲	۳/۳۶۱
LSD 5%	۰/۵۰۴	۰/۷۰۴	۰/۱۴۶	۰/۳۵۷

اختلاف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول پیوست ۲۹- مقایسه میانگین وزن خشک برگ سبز، اضمحلال یافته، وزن خشک کل برگ، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری سه‌جانبه حاصل از آبیاری، سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ و ۱۰۷ روز پس از کاشت

آبیاری	ترکیبات تیماری		وزن خشک برگ سبز	وزن خشک برگ اضمحلال یافته	وزن خشک کل برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک کل	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک کل
			گرم در متر مربع					گرم در متر مربع		
			۷۷ روز پس از کاشت					۱۰۷ روز پس از کاشت		
	سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)	اسید آسکوربیک (میلی مولار)								
عدم تنش	صفر	صفر	۱۳۵/۶۶	۱۷/۷۰	۱۵۳/۳۶	۱۳۲/۵۵	۷۹۷/۹۲	۱۷۱/۶۸	۱۴۷/۷۹	۸۲۸/۲۴
	صفر	۱۰	۱۸۹/۵۷	۳۸/۶۸	۲۲۸/۲۵	۱۵۸/۴۳	۹۰۵/۹۱	۲۲۱/۱۲	۱۸۹/۱۸	۹۷۹/۱۹
	صفر	۲۰	۱۶۹/۱۲	۳۱/۵۸	۲۰۰/۷۱	۱۹۹/۴۶	۱۰۶۹/۰۳	۱۸۳/۷۰	۱۶۲/۸۷	۱۰۱۰/۰۴
	۵۰	صفر	۱۴۴/۸۴	۱۷/۲۳	۱۶۲/۰۷	۱۴۴/۹۸	۹۱۵/۹۱	۲۳۴/۵۹	۱۸۹/۹۲	۱۱۶۳/۱۰
	۵۰	۱۰	۲۴۲/۲۲	۳۷/۳۸	۲۷۹/۶۰	۱۸۱/۶۲	۱۱۹۵/۶۶	۱۵۶/۶۱	۱۴۹/۵۳	۸۶۰/۵۳
	۵۰	۲۰	۱۵۷/۲۸	۲۰/۵۰	۱۷۷/۷۸	۱۵۲/۹۸	۸۴۸/۱۸	۱۴۸/۵۸	۱۲۶/۷۱	۸۴۹/۸۱
	۱۰۰	صفر	۱۱۳/۲۵	۲۴/۴۴	۱۳۷/۶۹	۱۱۶/۰۸	۱۱۴۵/۱۸	۲۰۳/۹۹	۱۴۵/۱۶	۹۹۱/۸۹
	۱۰۰	۱۰	۱۴۰/۹۵	۲۱/۶۷	۱۶۲/۶۲	۱۴۵/۰۸	۸۷۷/۸۱	۱۱۵/۵۹	۱۹۶/۳۷	۷۰۵/۲۳
	۱۰۰	۲۰	۲۰۰/۹۸	۲۲/۵۴	۲۲۳/۵۳	۱۹۹/۷۵	۹۹۰/۰۲	۱۶۳/۲۵	۱۵۶/۹۷	۱۱۱۵/۵۱
تنش	صفر	صفر	۱۱۳/۶۸	۲۵/۳۶	۱۳۹/۰۴	۱۸۲/۸۸	۸۱۸/۰۸	۱۳۲/۳۵	۱۲۷/۱۹	۵۹۴/۸۱
	صفر	۱۰	۱۰۵/۶۲	۶۷/۸۷	۱۷۳/۵۰	۱۳۳/۵۲	۸۷۲/۴۶	۱۲۹/۴۵	۱۳۲/۲۷	۶۳۴/۵۴
	صفر	۲۰	۱۳۲/۸۴	۴۴/۶۴	۱۷۷/۴۸	۲۱۰/۶۵	۱۰۱۹/۷۱	۱۳۳/۳۶	۱۲۵/۲۰	۷۸۲/۹۸
	۵۰	صفر	۱۳۸/۷۷	۵۰/۷۲	۱۸۹/۵۰	۹۳/۱۵	۷۳۳/۸۸	۱۰۹/۲۹	۱۰۵/۹۵	۵۶۸/۰۵
	۵۰	۱۰	۱۲۵/۴۶	۲۸/۳۳	۱۵۳/۷۹	۱۲۵/۷۲	۸۲۱/۸۶	۱۱۶/۰۲	۸۰/۶۲	۶۳۱/۷۱
	۵۰	۲۰	۱۰۶/۷۶	۳۷/۱۳	۱۴۳/۸۹	۱۲۷/۹۶	۶۸۴/۰۲	۱۱۶/۸۹	۱۱۶/۶۹	۵۷۸/۸۲
	۱۰۰	صفر	۲۰۱/۵۱	۵۲/۲۸	۲۵۳/۸۴	۱۹۶/۶۳	۱۰۳۰/۴۹	۱۳۵/۷۹	۱۶۸/۷۱	۷۲۶/۱۶
	۱۰۰	۱۰	۱۵۸/۴۷	۴۹/۱۵	۲۰۷/۶۲	۱۴۹/۲۰	۹۱۹/۱۵	۱۲۷/۳۵	۱۱۵/۵۹	۶۳۵/۵۴
	۱۰۰	۲۰	۱۷۵/۵۷	۵۳/۷۶	۲۲۹/۳۳	۱۱۶/۳۱	۷۵۱/۱۱	۱۴۰/۵۰	۷۲/۵۷	۷۲۵/۷۱
LSD 5%			۳۶/۱۴۰	۱۶/۲۹۰	۴۱/۱۴۰	۵۱/۶۴۰	۹۴/۴۴۰	۲۸/۲۶۰	۲۸/۳۳۰	۸۹/۵۱۰

جدول پیوست ۳۰- مقایسه میانگین وزن خشک طبق بارور و طبق نابارور تحت تأثیر ترکیبات تیماری تیماری سه‌جانبه حاصل از آبیاری، سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک در ۷۷ و ۱۰۷ روز پس از کاشت

آبیاری	ترکیبات تیماری: سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)	ترکیبات تیماری: اسید آسکوربیک (میلی مولار)	وزن خشک طبق بارور (گرم در متر مربع) ۷۷ روز پس از کاشت	وزن خشک طبق نابارور (گرم در متر مربع) ۷۷ روز پس از کاشت	وزن خشک طبق بارور (گرم در متر مربع) ۱۰۷ روز پس از کاشت	وزن خشک طبق نابارور (گرم در متر مربع) ۱۰۷ روز پس از کاشت
عدم تنش	صفر	صفر	۵۰۳/۲۸	۸/۷۳	۵۰۶/۲۶	۲/۵۰
	صفر	۱۰	۵۱۲/۶۹	۶/۵۳	۵۶۲/۵۰	۶/۳۸
	صفر	۲۰	۶۵۹/۲۴	۹/۶۱	۶۵۵/۵۶	۷/۹۰
	۵۰	صفر	۵۹۰/۵۶	۱۸/۲۸	۷۱۹/۵۶	۱۹/۰۲
	۵۰	۱۰	۷۲۲/۷۳	۱۱/۷۰	۵۴۵/۰۸	۹/۳۱
	۵۰	۲۰	۵۱۲/۰۰	۵/۴۱	۵۶۲/۳۴	۱۲/۱۸
	۱۰۰	صفر	۸۸۳/۲۷	۸/۱۳	۶۳۰/۱۲	۱۲/۶۱
	۱۰۰	۱۰	۵۶۳/۹۲	۶/۱۷	۳۸۹/۱۶	۴/۱۰
	۱۰۰	۲۰	۵۵۶/۱۸	۱۰/۵۶	۷۸۰/۳۸	۱۴/۹۰
تنش	صفر	صفر	۴۸۰/۳۸	۱۵/۷۷	۳۲۳/۶۸	۱۱/۵۸
	صفر	۱۰	۵۵۱/۲۸	۱۴/۱۶	۳۶۵/۰۶	۷/۷۵
	صفر	۲۰	۶۲۶/۳۴	۵/۲۳	۵۰۷/۳۲	۱۷/۰۹
	۵۰	صفر	۴۴۳/۳۳	۷/۹۰	۳۴۲/۴۱	۱۰/۳۹
	۵۰	۱۰	۵۳۴/۳۹	۷/۹۵	۴۲۴/۳۶	۱۰/۷۰
	۵۰	۲۰	۵۴۶/۴۷	۷/۷۶	۳۴۱/۵۵	۳/۶۸
	۱۰۰	صفر	۵۶۸/۳۹	۱۱/۶۰	۴۱۰/۹۰	۱۰/۷۵
	۱۰۰	۱۰	۵۴۶/۴۷	۱۵/۸۶	۳۸۶/۲۲	۶/۳۷
	۱۰۰	۲۰	۳۹۷/۱۱	۸/۳۴	۴۹۸/۲۷	۱۴/۳۵
LSD 5%			۷۵/۱۳۰	۳/۲۹۷	۶۵/۷۹۰	۳/۳۸۸

جدول پیوست ۳۱- مقایسه میانگین شاخص پایداری غشاء، نسبت کلروفیل a/b در برگ‌های بالا و کلروفیل a در برگ‌های وسط تحت تأثیر ترکیبات تیماری سه‌جانبه حاصل از آبیاری، سدیم نیتروپروساید و اسید آسکوربیک

آبیاری	ترکیبات تیماری		شاخص پایداری غشاء (درصد)	نسبت کلروفیل a/b در برگ‌های بالا	کلروفیل a در برگ‌های وسط (میلی گرم در گرم وزن تر)
	سدیم نیتروپروساید (میکرو مولار)	اسید آسکوربیک (میلی مولار)			
عدم تنش	صفر	صفر	۳۲/۷۶	۱/۷۴	۰/۱۴۰
	صفر	۱۰	۲۴/۸۶	۱/۲۸	۰/۰۹۶
	صفر	۲۰	۱۲/۵۷	۱/۴۰	۰/۱۳۴
	۵۰	صفر	۲۷/۴۲	۰/۸۸	۰/۰۸۹
	۵۰	۱۰	۲۹/۰۶	۱/۲۴	۰/۱۵۲
	۵۰	۲۰	۲۱/۰۳	۱/۵۲	۰/۱۴۰
	۱۰۰	صفر	۲۱/۱۵	۱/۲۶	۰/۱۰۰
	۱۰۰	۱۰	۳۲/۰۳	۲/۰۷	۰/۱۵۷
	۱۰۰	۲۰	۳۷/۹۴	۱/۳۳	۰/۱۴۳
تنش	صفر	صفر	۲۵/۶۲	۱/۸۴	۰/۱۲۰
	صفر	۱۰	۳۲/۹۸	۱/۳۸	۰/۰۷۲
	صفر	۲۰	۱۲/۵۰	۲/۱۷	۰/۱۱۶
	۵۰	صفر	۲۶/۲۷	۱/۶۰	۰/۱۲۴
	۵۰	۱۰	۲۰/۹۶	۱/۲۱	۰/۱۰۶
	۵۰	۲۰	۱۵/۹۹	۱/۰۶	۰/۰۹۷
	۱۰۰	صفر	۳۵/۲۹	۰/۹۹	۰/۰۸۷
	۱۰۰	۱۰	۲۰/۸۹	۱/۰۱	۰/۰۹۲
	۱۰۰	۲۰	۲۷/۷۳	۱/۱۲	۰/۱۰۷
LSD 5%			۶/۹۱۶	۰/۵۷۵	۰/۰۱۲

The Effect of ascorbic acid and sodium nitroprosside foliar application on the physiological and morphological traits of safflower subjected to water deficit stress

Abstract

Nowadays, the application of antioxidants and plant growth regulators has bean discussed for decreasing the negative effect of different stresses. Ascorbic acid and Sodium nitroprosside have bean substance caused witch the resistance to biotic and abiotic stresses. To evaluate the effect of ascorbic acid and sodium nitroprosside foliar application on some traits of safflower (*Carthamus tinctorius*), a field experiment design was carried out in split plot factorial based on randomized complete block in shahrood university. Two levels of irrigation, including 8 days interval (well watered) and 16 days interval (water deficit stress) were in main plot, and foliar of sodium nitroprosside in 3 levels (0, 50 and 100 µM) and Ascorbic acid in 3 levels (0, 10 and 20 mM) were in sub plots. Stress treatment applied after plants establishment completely. The first foliar application of sodium niroprosside and ascorbic acid was performed in 63 and 65 days after sowing respectively. and then repeated after 1 week. Results showed that water stress decreased the fertile capitol weight, total dry matter, sub sub branch, capitol diameter, kernel weight and number of seeds in capitol. The stress increased relative water content (RWC) and membrane Electerical Conductivity (EC). The number of infertile capitol per plant, number of hallow seeds per plant and seed coat kernel ratio increased by drought stress. Ascorbic acid foliar application increased fertile capitol weight, capitol diameter and number capitol per plant. The number of infertile capitol, number of hallow seeds per plant, RWC and EC decreased by ascorbic acid foliar application. Ascorbic acid in 20 mM concentration increased significantly 0.69% in seed protein compared with control. The fertile capitol weight, total dry matter, capitol diameter, 1000 seeds weight and EC increased significantly by sodium nitroprosside foliar application. Seed protein increased 1% by application 100 µM concentration. Seed yield by application 100 µM sodium nitroprosside concentration was 13.2% more than control. Sodium nitroprosside foliar application decreased the infertile capitol per plant and seed coat to kernel ratio. The result showed that the application 100 µM sodium nitroprosside concentration and 20 mM ascorbic acid concentration contained highest fertile capitol weight and increased 35.1% compared with control. 10 mM ascorbic acid foliar application 100 µM sodium nitroprosside concentration decreased the hallow seed weight. Consequently, in this experiment, 20 mM ascorbic acid and 100 µM sodium nitroprosside concentration can be introduced as the best treatment compound.

Keywords: drought stress, safflower, sodium nitroprosside, ascorbic acid.

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Agronomy

M. Sc. Thesis

Effect of ascorbic acid and sodium nitroprosside foliar application on the physiological and morphological traits of safflower subjected to water deficit stress

Safieh Arab

Supervisors

M. Baradaran Firoozabadi

H. Asghari

Advisors

A. Gholami

M. Rahimi

February 2013