بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده کشاورزی
گروه زراعت

تأثیر محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک بر رشد و عملکرد آفتاب‌گردان در شرایط تنش کم آبیاری

سجاد نجف‌زاده

استاد راهنما

مهدی برادران فیروز آبادی

اساتید مشاور

منوچهر قلی‌پور ناصر فرخی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

آذر ۱۳۹۲

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : کشاورزی

گروه : زراعت

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/ خانم سجاد نجف زاده

تحت عنوان: تأثیر محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک بر رشدّ و عملکرد آفتاب‌گردان در شرایط تنش کم آبیاری

در ۱۳۹۲/۱۰/۲۳ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد ..... مورد پذیرش قرار گرفت. مورد ارزیابی و با درجه

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی :مهدی برادران		نام و نام خانوادگی :منوچهر قلی پور	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی : ناصر فرخی	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی :احمد غلامی		نام و نام خانوادگی : کامبیز جهان بین	
نام و نام خانوادگی :حسن مکاریان			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

تقدیم به

پدرم

و آموزنده‌ی عشق و محبت

مادرم

قدردانی و تشکر

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

دکتر منوچهر قلی پور

دکتر ناصر فرخی

دکتر احمد غلامی

دکتر حسن مکاریان

دکتر کامبیز جهان بین

تعهد نامه

اینجانب **سجاد نجف‌زاده** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی تاثیر محلول پاشی و پیش‌تیمار اسیدآسکوربیک بر رشد و عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش کم آبیاری** تحت راهنمائی جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی متعهد می شوم .

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 می باشد 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 می گردد.
- 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

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.

چکیده

امروزه کاربرد مواد آنتی‌اکسیدان و تنظیم کننده رشد گیاه به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش‌های مختلف مطرح شده است. اسید آسکوربیک از جمله این مواد می‌باشد که موجب مقاومت گیاه به تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌شود. جهت بررسی این موضوع در گیاه آفتاب‌گردان آزمایشی در سال ۱۳۹۱ 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 کم آبیاری شامل سه سطح ۸، ۱۲ و ۱۶ روز آبیاری به ترتیب به عنوان عدم تنش، تنش ملایم و تنش شدید بود. فاکتورهای فرعی شامل ۳ سطح محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در غلظت‌های صفر، ۱۵ و ۲۵ میلی مولار و پیش تیمار اسید آسکوربیک در ۲ سطح صفر و ۲۰ میلی‌مولار بودند. محلول-پاشی اسید آسکوربیک ۴۷ روز پس از کاشت انجام شد. همچنین جهت پیش تیمار کردن، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در محلول ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک قرار داده شدند. نتایج نشان داد افزایش فواصل آبیاری موجب کاهش وزن خشک طبق، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، وزن هزار دانه، درصد روغن و پروتئین دانه گردید. با افزایش غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک مقدار شاخص سطح برگ افزایش یافت. بیشترین مقدار شاخص سطح برگ مربوط به تیمار محلول‌پاشی شده با غلظت ۲۵ میلی‌مولار با میانگین ۲/۴ بود که ۴۱/۶۶ درصد بیشتر از تیمار عدم محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک بود. اثر غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد (۰/۲۱ کیلوگرم در مترمربع) از محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۵ میلی‌مولار حاصل شد. اثر متقابل تنش و غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر کلیه صفات مورد مطالعه به جزء قطر ساقه، قطر طبق، عملکرد دانه، عملکرد روغن و پروتئین معنی‌دار بود. بیشترین میزان وزن خشک ساقه (۲۳۷/۵۹ گرم در مترمربع) از شرایط عدم تنش و عدم محلول‌پاشی و بیشترین درصد پروتئین (۳۳/۰۹ درصد) از شرایط عدم تنش و محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ میلی‌مولار به دست آمد. پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش ملایم تأثیر مثبت بر روغن دانه داشت و بالاترین مقدار را ایجاد کرد که نسبت به غلظت ۲۰ میلی مولار در شرایط عدم تنش و تنش شدید به ترتیب ۳/۲۲ و ۱۹/۳۱ درصد بیشتر بود. در نهایت بررسی ترکیبات تیماری مختلف نشان داد که محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی‌مولار در شرایط عدم تنش و تنش شدید در اکثر صفات عملکرد بهتری داشت.

کلمات کلیدی: کم آبیاری، اسید آسکوربیک، آفتاب‌گردان.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- **نجف زاده، س.، برادران فیروزآبادی، م.، قلی‌پور، م. و فرخی، ن. ۱۳۹۲.** تاثیر محلول‌پاشی و پیش تیمار بذری اسید آسکوربیک بر برخی خصوصیات مورفولوژیک آفتاب‌گردان در شرایط تنش کم‌آبیاری. دومین همایش کشاورزی پایدار و محیط زیست سالم. ۲۱ شهریور. دانشگاه فنی و حرفه‌ای دانشکده شهید مفتح همدان.

۲- **نجف زاده، س.، برادران فیروزآبادی، م.، قلی‌پور، م. و فرخی، ن. ۱۳۹۲.** تاثیر محلول‌پاشی و پیش تیمار بذری اسید آسکوربیک بر برخی عملکرد و اجزای عملکرد آفتاب‌گردان در شرایط تنش کم‌آبیاری. دومین همایش کشاورزی پایدار و محیط زیست سالم. ۲۱ شهریور. دانشگاه فنی و حرفه‌ای دانشکده شهید مفتح همدان.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
فصل دوم: بررسی منابع	۵
۲-۱- آفتاب‌گردان	۶
۲-۱-۱- گیاه‌شناسی	۶
۲-۱-۲- اهمیت و موارد مصرف	۷
۲-۱-۳- سازگاری	۸
۲-۱-۴- نیاز غذایی	۹
۲-۱-۵- مراحل رشد و نمو	۹
۲-۲- تنش	۱۱
۲-۳- نقش و اهمیت آب در گیاه	۱۱
۲-۴- تنش خشکی	۱۲
۲-۴-۱- تاثیر تنش بر فرآیند های رشدی گیاهان	۱۳
۲-۴-۱-۱- جوانه زنی	۱۳
۲-۴-۱-۲- ارتفاع بوته و رشد و توسعه برگ	۱۴
۲-۴-۱-۳- کلروفیل، فتوسنتز و تنفس	۱۵
۲-۴-۱-۴- بیوماس (تر و خشک) و عملکرد	۱۷
۲-۴-۲- تاثیر تنش خشکی بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه	۱۹
۲-۴-۲-۱- محتوی آب نسبی برگ	۱۹
۲-۴-۲-۲- پایداری غشای پلاسمایی	۲۰
۲-۴-۲-۳- روغن دانه	۲۲
۲-۴-۲-۴- پروتئین دانه	۲۲
۲-۵- تنش اکسیداتیو و صدمات ناشی از آن	۲۳
۲-۶- سیستم‌های دفاعی گیاهان در مقابل صدمات اکسیداتیو	۲۵
۲-۷- اسید آسکوربیک	۲۶
۲-۷-۱- تأثیر اسید آسکوربیک در تنش‌های غیرزنده	۲۷
فصل سوم: مواد و روش ها	۳۱
۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش	۳۲
۳-۲- مشخصات طرح آزمایشی	۳۲
۳-۳- عملیات اجرایی	۳۵
۳-۳-۱- کاشت و داشت	۳۵

۳-۳-۲- اعمال تیمارها ۳۵
۳-۳-۳- برداشت ۳۶
۳-۴- صفات زراعی و مورفولوژیکی ۳۶
۳-۴-۱- ارتفاع، قطر ساقه و قطر طبق ۳۶
۳-۴-۲- وزن خشک برگ، ساقه و طبق ۳۶
۳-۴-۳- سطح برگ ۳۷
۳-۴-۴- عملکرد و اجزای عملکرد ۳۷
۳-۵- صفات فیزیولوژیک ۳۷
۳-۵-۱- محتوی آب نسبی برگ ۳۷
۳-۵-۲- کلروفیل ۳۸
۳-۶- صفات کیفی ۳۹
۳-۶-۱- درصد و عملکرد روغن دانه ۳۹
۳-۶-۲- درصد و عملکرد پروتئین دانه ۳۹
۳-۷- تجزیه و تحلیل داده ها ۴۰
فصل چهارم: نتایج و بحث ۴۱
۴-۱- ماده خشک برگ، ساقه و طبق ۴۲
۴-۱-۱- وزن خشک برگ ۴۲
۴-۱-۲- وزن خشک ساقه ۴۴
۴-۱-۳- وزن خشک طبق ۴۵
۴-۲- ارتفاع ساقه ۴۷
۴-۳- قطر ساقه ۴۹
۴-۴- قطر طبق ۵۱
۴-۵- شاخص سطح برگ ۵۳
۴-۶- نسبت مغز به پوست ۵۵
۴-۷- عملکرد و اجزای عملکرد ۵۷
۴-۷-۱- اجزای عملکرد ۵۷
۴-۷-۲- عملکرد ۶۱
۴-۸- صفات فیزیولوژیک ۶۳
۴-۸-۱- محتوی نسبی آب برگ ۶۳
۴-۸-۲- کلروفیل ۶۵
۴-۸-۲-۱ کلروفیل a ۶۵
۴-۸-۲-۲- کلروفیل b ۶۷
۴-۸-۲-۳- مجموع کلروفیل ۶۹
۴-۹- صفات کیفی ۷۱
۴-۹-۱- درصد و عملکرد روغن دانه ۷۱
۴-۹-۲- درصد و عملکرد پروتئین دانه ۷۳
۴-۱۰- نتیجه گیری ۷۶
۴-۱۱- پیشنهادات ۷۷

پیوست ۷۹
منابع ۹۱

فهرست شکل‌ها

شکل **صفحه**

۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده ۳۴
۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۴۳
۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۴۵
۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت-های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک ۴۵
۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک طبق تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول پاشی اسید آسکوربیک ۴۶
۴-۵- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۴۸
۴-۶- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های پیش تیمار اسید آسکوربیک ۴۸
۴-۷- مقایسه میانگین قطرساقه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری ۵۰
۴-۸- مقایسه میانگین قطرساقه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۵۰
۴-۹- مقایسه میانگین قطرساقه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک ۵۱
۴-۱۰- مقایسه میانگین قطر طبق تحت تاثیر سطوح مختلف تنش‌کم آبیاری ۵۲
۴-۱۱- مقایسه میانگین قطر طبق تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۵۳
۴-۱۲- مقایسه میانگین قطر طبق تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک ۵۳
۴-۱۳- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۵۴
۴-۱۴- مقایسه میانگین نسبت مغز به پوست تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری ۵۶
۴-۱۵- مقایسه میانگین نسبت مغز به پوست تحت تاثیر غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک ۵۶
۴-۱۶- مقایسه میانگین نسبت مغز به پوست تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۵۷
۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تاثیرترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۶۰
۴-۱۸- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک ۶۰
۴-۱۹- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف محلول-پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک ۶۱

۴-۲۰- مقایسه میانگین تعداد دانه در طبق تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۶۱
۴-۲۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری ۶۳
۴-۲۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۶۳
۴-۲۳- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۶۵
۴-۲۴- مقایسه میانگین عملکردکلروفیل a تحت تاثیر غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک ۶۶
۴-۲۵- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۶۷
۴-۲۶- مقایسه میانگین عملکردکلروفیل b تحت تاثیر غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک ۶۸
۴-۲۷- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۶۹
۴-۲۸- مقایسه میانگین مجموع کلروفیل تحت تاثیر غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک ۷۰
۴-۲۹- مقایسه میانگین مجموع کلروفیل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت-های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۷۰
۴-۳۰- مقایسه میانگین درصد روغن تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک ۷۲
۴-۳۱- مقایسه میانگین عملکرد روغن تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۷۲
۴-۳۲- مقایسه میانگین عملکرد روغن تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک ۷۳
۴-۳۳- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۷۵
۴-۳۴- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری ۷۵
۴-۳۵- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ۷۶

فهرست جداول

جدول **صفحه**

۳-۱- جدول نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش ۳۳
۳-۲- جدول ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش ۳۴
۴-۱- مقایسه میانگین اثرات سه جانبه وزن خشک برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری تنش کم آبی وغلظت های مختلف محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت ۴۳

فصل اول

مقدمه

در بین گیاهان زراعی اهمیت دانه‌های روغنی به عنوان یکی از منابع مهم تامین کننده انرژی و پروتئین غیر قابل انکار است. این گیاهان نه تنها در تغذیه دام و انسان نقش اساسی دارند بلکه گردش چرخ‌های صنعت و اقتصاد تعدادی از کشورها بسته به وجود آنهاست. در همین راستا توسعه کاشت آنها بخش مهمی از برنامه‌های کشاورزی را تشکیل می‌دهد (مجیری، ۱۳۷۹). آفتاب‌گردان به عنوان یکی از نباتات عمده صنعتی مطرح جهان از منابع مهم تولید روغن نباتی است که با مصارف جانبی مانند تهیه آجیل و خوراک طیور از اهمیت ویژه‌ای در سطح دنیا برخوردار است (عرشی، ۱۳۷۸؛ آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹). روغن آفتاب‌گردان در گروه روغن‌های مطلوب با کیفیت بالا جهت مصارف خوراکی قرار دارد و حاوی دو اسید چرب غیر اشباع اصلی، اسید اولئیک و اسید لینولئیک می‌باشد که در کل ۹۰ درصد اسیدهای چرب آن را تشکیل می‌دهند (خواجه‌پور، ۱۳۸۶). پائینی اسید استئاریک و اسید اولئیک، بالائی اسید لینولئیک و ناچیزی اسید لینولنیک، روغن آفتاب‌گردان را برای صنعت مارگارین و مایونز مناسب ساخته است. اسید لینولنیک با سرعت زیادی اکسیده می‌شود، پایداری روغن را کاهش می‌دهد و سبب افزایش طعم‌های غیر طبیعی در روغن می‌گردد. با اینکه نسبت اسید لینولئیک به اسید اولئیک به شدت تحت تأثیر دما طی دوران رسیدگی دانه قرار می‌گیرد، اما ارقامی را اصلاح کرده‌اند که درصد اسید لینولئیک در آنها تا ۸۹ درصد و یا درصد اسید اولئیک تا ۸۵ درصد می‌رسد. روغن‌هائی با اسید اولئیک بالا به عنوان روغن طباخی جهت سرخ کردن مواد غذایی و روغن-هائی با اسید لینولئیک بالا به عنوان روغن سالادی کاربرد دارند (ددیو، ۱۹۸۵؛ خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

با وجود اینکه آب از فراوان‌ترین ترکیبات موجود روی زمین است و دوسوم از سطح زمین را آب فرا گرفته است اما در بخش های عمده ای از جهان کمبود آب عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی است (یزدان‌پناه و همکاران، ۱۳۸۸). گیاهان در طول دوره رشد خود پیوسته به وسیله عوامل نامساعد محیطی تحت تاثیر قرار می گیرند. بعضی از عوامل نامساعد مانند تنش رطوبتی، رشد و نمو را در گیاهان محدود می‌کنند (آزینیا و همکاران، ۲۰۰۵). تنش رطوبتی جزء تنش‌های عمومی می‌باشد که آثار بسیار نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان زراعی می‌گذارد (بلوم، ۲۰۰۵). تنش کم آبی به

طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذارد و به طور غیر مستقیم، ورود دی اکسید کربن به داخل روزنه ها را که به علت تنش آب بسته شده‌اند، کاهش دهد. همچنین انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تاثیر تنش آب قرار می‌گیرد و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می-گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید (کوچکی، ۱۳۸۶). تنش کم آبی سبب ایجاد واکنش-های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی متفاوتی در گیاهان می‌شود (پاتنگول و مادورو، ۱۹۹۹). یکی از اثرات تنش کم آبی مشابه دیگر تنش‌های محیطی، ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو می‌باشد که توسط رادیکال-های آزاد اکسیژن مانند رادیکال‌های سوپر اکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال های هیدروکسیل صورت می‌گیرد (اسمیرونف ، ۱۹۹۸). تولید گونه‌های اکسیژن فعال سبب پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء (چن، ۲۰۰۰)، تخریب پروتئین‌ها (جیانگ و زانگ، ۲۰۰۱) و نوکلئیک اسیدها (هاگر و همکاران، ۱۹۹۶) می‌شود. پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء می‌تواند سبب کاهش نفوذ پذیری انتخابی غشاء سلولی شود (باساگا، ۱۹۸۹). گیاهان برای کاهش دادن اثر مخرب گونه‌های اکسیژن فعال مکانیسم-های متفاوتی دارند که می توان به سیستم دفاع آنتی‌اکسیدان اشاره کرد. این سیستم شامل سیستم آنزیمی و غیر آنزیمی است. مهمترین ترکیبات آنتی‌اکسیدان، شامل گلوتاتیون، توکوفرول، فلاوونوئید-ها و آسکوربات می‌باشد که در پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن به طور مستقیم نقش دارند. همچنین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، پلی فنول اکسیداز، و آسکوربات پراکسیداز در پاک سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول نقش دارند (آگاروال و پاندی، ۲۰۰۴). همبستگی بالایی بین تنش کمبود آب و میزان آنتی‌اکسیدان‌های محلول در آب درون سلولی گزارش شده است (کوبویاشی و همکاران، ۱۹۹۹).

امروزه کاربرد خارجی مواد مختلفی از جمله گلایسین بتائین، اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و غیره در راستای کاهش تاثیر تنش‌های مختلف بر رشد و عملکرد گیاه مطرح و مورد آزمون قرار گرفته است (دولت آبادیان و همکاران، ۱۳۸۷) و نتایج مطلوبی حاصل شده است. در این تحقیق از اسید آسکوربیک به عنوان نمونه‌ای از این ترکیبات استفاده شد و تأثیر محلول‌پاشی و

پیش تیمار این ماده بر خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد کمی و کیفی آفتاب‌گردان تحت تنش کم-آبیاری مورد بررسی قرار گرفته است.

اهداف در نظر گرفته شده برای این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

۱. بررسی تاثیر پیش تیمار بذری اسید آسکوربیک بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک آفتاب‌گردان در هر دو شرایط تنش کم آبی و عدم تنش.
۲. مقایسه تاثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک در غلظت‌های مختلف بر پارامترهای کمی و کیفی آفتاب‌گردان در شرایط تنش کم آبی و عدم تنش.
۳. بررسی کلی تاثیر تنش کم آبی بر رشد و عملکرد آفتاب‌گردان

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- آفتاب‌گردان

۲-۱-۱- گیاه شناسی

آفتاب‌گردان با نام علمی *Helianthus annus* گیاهی یک ساله از خانواده *Asteraceae* می‌باشد که به صورت بوته ای استوار رشد می‌نماید. آفتاب‌گردان داری ریشه اصلی عمقی است که در محدوده زیر یقه و در سطح‌الارض حاوی شبکه ریشه قوی افشان است که این بخش حدود ۵۰ الی ۷۰ درصد بیوماس کل سیستم ریشه را شامل می‌گردد. ریشه اصلی در شرایط مناسب بافت خاک می‌تواند ۲/۵ تا ۳ متر نیز در خاک نفوذ نماید. علاوه بر ریشه اصلی، ریشه‌های فرعی که تا عمق ۲۵ سانتی‌متری گسترش می‌یابند و ریشه‌های سطحی که در سطح خاک پراکنده‌اند نیز در آفتاب‌گردان قابل مشاهده است. آفتاب‌گردان دارای ساقه‌ای قطور با مقطعی گرد و تاردار است که طول آن بسته به شرایط محیط و ژنوتیپ از ۱ تا ۶ متر متغیر است. درون ساقه آفتاب‌گردان را مغز سفید رنگی پر کرده است که به مرور زمان پوک می‌شود. اکثر ارقام زراعی آفتاب‌گردان تک ساقه‌ای هستند که انتهای ساقه به یک طبق ختم می‌شود. چند شاخه‌ای شدن ساقه، تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر تراکم کم، زیادی کود نیتروژنه و تناوب خشکی و رطوبت قرار دارد و بیش از همه ژنتیکی است. ساقه اصلی و شاخه‌های انشعابی پوشیده از کرک‌های خشن و زبری هستند که میزان تعرق را کاهش می‌دهند. قطر ساقه می-تواند بین ۰/۸ الی۱۰ سانتی‌متر نوسان داشته باشد. طی مرحله رسیدگی، در محل اتصال ساقه اصلی به طبق، بر اثر وزن طبق، زاویه موجود بین امتداد ساقه و طبق بیشتر می‌شود که در تیپ‌های ایده‌ال بین ۱۱۵ الی ۱۳۵ درجه است. برگ‌های این گیاه قلبی شکل، مضرس و تاردار است و به طور متوسط حدود ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر طول دارند. اولین جفت برگ‌های اصلی به صورت متقابل هستند، در صورتی که برگ‌های بعدی به شکل متناوب در روی ساقه ظاهر می‌شوند. برگ‌ها دارای دمبرگ گوشتی و دراز هستند که طول آنها از پایین ساقه به سمت بالای ساقه کم می‌شود. به طور عمده برگ‌ها پوشیده از کرک‌های خشن است که به کاهش تعرق کمک می‌کنند. بزرگ‌ترین برگ‌ها در محدوده وسط ساقه قرار دارند که حدود ۶۰ الی ۸۰ درصد فتوسنتز را به خود اختصاص داده و بعد از

مرحله گل به مدت زیادی فعال باقی می‌مانند. گل‌آذین آفتابگردان از نوع کلاپرک یا طبق[1] می‌باشد که پشت و اطراف آن را براکته‌ها[2] یا فیلاری‌ها[3] احاطه کرده‌اند. این براکته‌ها که در حقیقت برگ‌های تغییر شکل یافته هستند از لحاظ شکل و اندازه متفاوتند. در هر طبق تا ۴۰۰۰ گل مشاهده می‌شود که به صورت مارپیچ آرایش یافته‌اند. مکان گل‌ها روی مارپیچ به نحوی است که به نظر می‌رسد گل-های زایا بر روی کمان‌هائی که از مرکز طبق می‌گذرند توزیع شده‌اند. طبق‌ها تا زمان گرده افشانی از خود خورشیدگرایی نشان می‌دهند و از آن پس به سمت شرق ثابت باقی می‌مانند (آلیاری و شکاری، ۱۳۷۹؛ عرشی، ۱۳۷۶ و خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

۲- ۱- ۲- اهمیت و موارد مصرف

دانه آفتاب‌گردان بر اساس درصد روغن و اندازه دانه جهت روغن‌گیری، مصرف آجیلی و تغذیه پرندگان مصرف می‌شود. انواع آجیلی دانه‌های درشت‌تری نسبت به انواع روغنی دارند، ولی درصد روغن آن‌ها معمولاً کمتر و حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد است. پائینی نسبت پوسته به کل دانه اهمیت زیادی در بازارپسندی محصول دارد. میزان روغن در دانه ارقامی که جهت روغن‌گیری مصرف می‌شوند غالباً ۴۰ تا ۵۰ درصد است، هرچند درصد روغن تا ۶۵ درصد نیز می‌رسد. روغن اکثر ارقام به طور میانگین شامل حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد اسیدهای چرب اشباع، ۱۶ تا ۲۰ درصد اسیدهای اولئیک، ۶۸ تا ۷۲ درصد اسیدلینولئیک و مقدار ناچیزی اسید لینولنیک می‌باشد و فاقد کلسترول است. پائینی مقدار اسید استئاریک و اسید اولئیک، بالائی اسید لینولئیک و ناچیزی اسید لینولنیک، پایداری روغن را کاهش می‌دهد و سبب افزایش طعم‌های غیرطبیعی در روغن می‌گردد. روغن آفتاب‌گردان با ضریب یدی ۱۲۰ تا ۱۳۵ در گروه روغن‌های نیمه‌خشک‌شونده قرار دارد. روغن آفتاب‌گردان علاوه بر مصرف در صنایع غذائی، در تهیه صابون و رنگ‌های پرکیفیت و تولید لوازم آرایشی، ورنیس، پلاستیک، کاربرد

1– capitule
2– involucres
3– phyllarie

دارد. دانه آفتاب‌گردان ۱۵ تا ۲۵ درصد پروتئین دارد. پروتئین دانه آفتاب‌گردان از لحاظ اسیدآمینه لایسین فقیر است، ولی از لحاظ اسیدآمینه متیونین بهتر از سویا می‌باشد (خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

۲-۱-۳- سازگاری

آفتاب‌گردان در اغلب مناطق معتدله به خوبی می‌روید و خصوصیت‌های مختلف فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی این گیاه در تطبیق پذیری وسیع آن دخالت دارد. آفتاب‌گردان گیاهی گرمادوست است که برای رشد و نمو مناسب به نور فراوان نیاز دارد و از لحاظ عکس‌العمل به طول روز عمدتاً جز گیاهان بی تفاوت به طول روز می‌باشد. در بین ارقام موجود سه گروه روز بلند، روز خنثی و روز کوتاه قابل تشخیص می‌باشد ولی اکثر آنها قدری تمایل به روز کوتاهی دارند. دمای مطلوب برای جوانه زنی بذر آفتاب‌گردان حدود ۱۳ الی ۱۵ درجه و حداقل دما برای جوانه‌زنی حدود ۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین رشد مطلوب آن در دامنه حرارتی ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌شود. در مقام مقایسه مقاومت آفتاب‌گردان نسبت به سرما بیش از ذرت است و سرمای اول فصل را بهتر از ذرت تحمل می‌کند.

در دوران گرده افشانی دماهای پایین با تأثیر بر فعالیت حشرات گرده افشان و دماهای بالا با کاهش حیات دانه‌های گرده می‌توانند موجب کاهش عملکرد دانه و روغن شوند. آفتاب‌گردان با ریشه توسعه یافته‌ای که دارد به خشکی نسبتاً مقاوم می‌باشد مشروط به آن که خاک عمیق باشد و ساختمان خاک عامل محدود کننده‌ای برای رشد ریشه نباشد. این گیاه به ساختمان خاک بیشتر از بافت خاک حساس می‌باشد. نیاز رطوبتی بذر برای جوانه‌زنی در حد متوسط است. تولید دیم آفتاب‌گردان با وجود حدود ۵۰۰ میلی‌متر بارندگی و توزیع مناسب آن امکان‌پذیر می‌باشد. آفتاب‌گردان جز گیاهان نسبتاً مقاوم به شوری می‌باشد و در مقام مقایسه شوری خاک را بهتر از لوبیا تحمل می‌کند. همچنین شوری خاک درصد روغن دانه‌های آفتابگردان را کاهش می‌دهد ولی بر کیفیت روغن دانه‌ها تأثیر چندانی ندارد. این گیاه حساسیت زیادی به اسیدیته خاک ندارد و در خاک‌هایی با اسیدیته‌ای

معادل ۵/۷ تا بیش از ۸ رشد می‌نماید ولی در اسیدیته خنثی رشد مناسبی دارد (عرشی ۱۳۷۶؛ خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

۲-۱-۴- نیاز غذایی

تولید هر تن دانه آفتاب‌گردان موجب خروج ۴۰ تا ۶۰ کیلوگرم نیتروژن، ۵ تا ۱۰ کیلوگرم فسفر (۱۱تا ۲۳ کیلوگرم اکسید فسفر) و ۶۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم (۷۲ تا ۱۲۰ کیلوگرم اکسیدپتاسیم) از خاک می‌گردد. برای حصول عملکردهایی بین ۲ تا ۳ تن دانه در هکتار تحت شرایط کشت آبی به حدود ۶۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نیاز است. مقدار فسفر مورد نیاز بستگی زیادی به موجودی خاک دارد و بین ۱۰ تا ۴۵ کیلوگرم فسفر (حدود ۲۳ تا ۱۰۳ کیلوگرم اکسیدفسفر) در هکتار تخمین زده می‌شود. در خاک‌های شنی و اسیدی ممکن است به حدود ۶۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (۷۲ تا ۱۲۰ کیلوگرم اکسیدپتاسیم) نیاز باشد. تمامی کودهای فسفر و پتاسیم و یک-چهارم تا یک‌سوم کل نیتروژن مورد نیاز گیاه به صورت پیش‌کاشت در خاک قرار داده می‌شود. در اراضی دیم مصرف ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات‌آمونیوم و در صورت ضرورت، همین مقدار سولفات‌پتاسیم به صورت پیش‌کاشت و ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم اوره به صورت سرک در حدود یک ماه بعد از سبز شدن، برای عملکردهای قابل حصول و معقول، مناسب می‌باشد (خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

۲-۱-۵- مراحل رشد و نمو

کامل‌ترین تقسیم‌بندی برای مراحل نمو آفتابگردان توسط میلر و روت (۱۹۸۲) ارائه گردید. طبق این تقسیم بندی مراحل نمو آفتاب‌گردان به دو بخش اصلی رشد رویشی و رشد زایشی تفکیک می‌شود. رشد رویشی شامل دو مرحله جوانه زنی و ظهور برگ‌های حقیقی و رشد زایشی شامل ۹ مرحله می‌باشد که به طور مختصر شرح داده می‌شوند.

مرحله رشد رویشی : شروع این مرحله با جوانه زنی و پایان آن همزمان با ظهور گل‌آذین است. این مرحله خود به دو بخش متمایز تفکیک می‌شود:

۱- سبز شدن (V_E) : در این مرحله لپه‌ها در سطح خاک پدیدار می‌شوند و طول اولین برگ حقیقی کمتر از ۴ سانتی‌متر می‌باشد.

۲- چند برگی (V_n) : این مرحله بر مبنای تعداد برگ حقیقی گیاه که طول آنها حداقل به بیش از ۴ سانتی‌متر رسیده باشد (به همراه برگ‌های پیر و زرد شده به جز برگ‌های لپه‌ای) به مراحل فرعی‌تر V_1، V_2 ....تا V_n تفکیک می‌شود.

مرحله رشد زایشی: این مراحل با ظهور گل‌آذین شروع شده و با رسیدگی فیزیولوژیک به پایان می‌رسند.

۱- مرحله R_1 : در این مرحله براکته‌های نابالغ اطراف گل‌آذین را می‌پوشاند و اگر از بالا به گیاه نگاه شود براکته‌ها به همراه گل‌آذین به شکل یک ستاره به نظر می‌رسند و به همین خاطر این مرحله را مرحله ستاره‌ای شدن یا مرحله ظهور گل‌آذین نیز می‌نامند.

۲- مرحله R_2 : در طی این مرحله میان‌گره زیر گل‌آذین شروع به طویل شدن می‌کند و طول آن به ۰/۵ تا ۲ سانتی‌متر می‌رسد.

۳- مرحله R_3 : با ادامه رشد میان‌گره زیر گل‌آذین طول این میانگره از ۲ سانتی‌متر فراتر رفته و گل‌آذین از براکته‌هایی که آن را احاطه کرده‌اند، جدا می‌شود.

۴- مرحله R_4 : در این مرحله گل‌آذین شروع به باز شدن نموده و گل‌های شعاعی از درون گل-آذین بیرون می‌آیند.

۵- مرحله R_5 : این مرحله مصادف با شروع گرده‌افشانی می‌باشد. گل‌های شعاعی باز شده‌اند و تمام گل‌های طبق قابل مشاهده‌اند. گرده افشانی از گل‌های ردیف‌های بیرونی طبق به سمت مرکز طبق انجام می‌شود.

۶- مرحله R_6 : در این مرحله گرده‌افشانی کامل شده و گل‌های شعاعی شادابی خود را از دست داده و پژمرده می‌گردند و سپس ریزش می‌کنند.

۷- مرحله R_7 : پشت طبق در این مرحله تغییر رنگ داده و به زردی می‌گراید. این زرد شدن پشت طبق از مرکز شروع و به سمت بیرون طبق ادامه می‌یابد.

۸- مرحله R_8 : پشت طبق کاملا زرد شده است لیکن براکته‌ها هنوز سبز هستند.

۹- مرحله رسیدگی فیزیولوژیک R_9 : براکته‌ها در این مرحله زرد و سپس قهوه‌ای می‌شوند و قسمت عمده‌ای از پشت طبق شروع به قهوه‌ای شدن می‌نماید و رسیدگی کامل می‌شود.

۲-۲- تنش

به طور کلی، تنش به معنای فشار شدید اثرات منفی برخی نیروهاست که منجر به توقف عملکرد نظام‌های طبیعی می‌شود. به عبارتی، تنش به‌عنوان کاهش رشد کمی یا کیفی یک گیاه خاص تعریف می‌شود که در اثر تغییرات خارج از دامنه مطلوب عوامل محیطی ایجاد می‌شود (کافی و دامغانی، ۱۳۸۱ و لویت، ۱۹۸۰). در نقاط خاصی از کره زمین به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، عوامل تنش‌زا در تولید محصولات کشاورزی تأثیر منفی بیشتری دارند و کشاورزی در آن مناطق با تحمل هزینه بیشتر و بازده کمتر صورت می‌گیرد. ایران یکی از این کشورها است که در اکثر نقاط آن تنش‌های مهم غیر زنده نظیر خشکی، شوری، دما، باد و تنش‌های زنده شامل قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها و حشرات موجب کاهش عملکرد، ازبین رفتن حاصلخیزی خاک و در مواردی عدم امکان تداوم کشاورزی گردیده است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۳- نقش و اهمیت آب در گیاه

از بین عوامل مورد نیاز برای رشد و فعالیت گیاه، آب به عنوان مهم‌ترین و در عین حال محدودترین منبع برای کشاورزی محسوب می‌شود. آب فراوان‌ترین جزء تشکیل‌دهنده سلواهای زنده گیاه است. در گیاهان چوبی حدود ۵۰ درصد، در گیاهان علفی حدود ۸۰ درصد و حدود ۹۰ درصد حجم بافت در حال رشد گیاهان را آب تشکیل می‌دهد. آب بر خلاف تعدادی دیگر از مواد درون سلول

گیاهی، یک جزء موقت محسوب می‌شود، زیرا گیاه به طور دائم آب را جذب کرده و از دست می‌دهد. تقریباً ۹۵ درصد آب از طریق تعرق از گیاه خارج می‌گردد و تنها کمتر از ۵ درصد آب در معادلات مختلف گیاهی شرکت می‌کنند (سلطانی، ۱۳۸۶ و علیزاده، ۱۳۸۲).

آب به عنوان فراوان‌ترین و بهترین حلال و بستر انجام بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی است. آب تأثیر بسزایی بر ساختمان مولکول‌ها و خصوصیات پروتئین‌ها، غشاها و نوکلئیک اسیدها دارد. از جهت دیگر آب در خنک شدن گیاه و پراکنش انرژی و کمک به تداوم حیات گیاه نقش اساسی دارد که این کار از طریق تعرق صورت می‌گیرد. آب نسبت به تشعشع شفاف است و اجازه می‌دهد نور به کلروپلاست‌های درون‌سلولی برسد (تایز و زایگر، ۲۰۰۶ ؛ کافی و دامغانی، ۱۳۸۱ و سلطانی، ۱۳۸۶).

۲-۴- تنش خشکی

از نظر فیزیولوژیست گیاهی، خشکی چیزی بالاتر از فقدان بارندگی است و از این منظر پاسخ گیاه به تنش در نظر گرفته می‌شود، یعنی زمانی خشکی ظهور می‌نماید که اندام‌های مختلف گیاه تحت تأثیر قرار گرفته باشند. در این شرایط معمولاً تبخیر و تعرق بیشتر از مقدار فراهمی آب برای گیاه است. تنش خشکی در گیاه نیز همراه به‌هم خوردن شیب پتانسیل آب، از دست رفتن فشار آماس، شکست تمامیت غشاء و در نهایت از دست رفتن شکل طبیعی پروتئین‌هاست (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

تنش کم‌آبی در گیاه به وضعیتی گفته می‌شود که در آن سلول‌ها از حالت آماس خارج شده باشند. به عبارت ساده‌تر تنش کم‌آبی زمانی رخ می‌دهد که سرعت تعرق بیش از سرعت جذب آب باشد، با کاهش آب در خاک و عدم جایگزین آن، پتانسیل آب در منطقه توسعه ریشه‌ها و به تبع آن پتانسیل آب در گیاه کاهش می‌یابد. تنش کم‌آبی شدید موجب کاهش شدید فتوسنتز، اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی و سرانجام خشک شدن و مرگ گیاه می‌گردد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۶). به عبارت دیگر از آنجایی که وضعیت آب در گیاه به وسیله‌ی اندازه‌گیری محتوای آب توصیف می‌شود،

اگر تعادل آب در گیاه به سبب کم‌آبی برهم بخورد گیاه دچار تنش کم‌آبی می‌گردد (دانشیان، ۱۳۸۱). تنش کم آبی از تنش‌های مهم غیرزنده است که بسته به فصل، شدت و زمان وقوع می‌تواند به صورت جدی، موجب کاهش عملکرد در گیاهان زراعی شود (امام، ۲۰۰۸). خشکی همواره یک تهدید اصلی برای گیاهان زراعی به شمار می‌آید و عامل مهم محدودکننده‌ی تولید محصولات کشاورزی در نظر گرفته می‌شود (امام و شیخ الاسلامی، ۲۰۰۵). در مناطقی که میزان بارندگی سالیانه کاهش یافته و پراکنش آن الگوی مشخصی ندارد، کمبود آب در این مناطق، دمای بالای هوا و بادهای گرم عواملی هستند که در مجموع باعث کاهش شدید عملکرد گیاهان می‌شود (دیسکلوکس، ۲۰۰۰).

۲-۴-۱- تاثیر تنش کم آبی بر فرآیند های رشدی گیاهان

۲-۴-۱-۱- جوانه زنی

تنش آب مهم‌ترین عامل ناتوانی بذور برای جوانه زنی در شرایط مزرعه می‌باشد زیرا این تنش سرعت و درصد جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد و در نهایت استقرار گیاهچه را به تأخیر می‌اندازد. کاهش پتانسیل اسمزی و ماتریک باعث کاهش دسترسی بذر به آب می‌شود. بنابراین، پتانسیل آب محیط، تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و جوانه‌زنی دارد (رحیمیان و همکاران، ۱۳۷۰). حمیدی و صفرنژاد (۱۳۷۹) نیز با بررسی اثر تنش خشکی حاصل از پلی‌اتیلن‌گلایکول بر شش واریته یونجه مشاهده نمودند که ارقام یونجه در سطوح تنش بالا از نظر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، کاهش معنی‌داری نشان دادند. جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارای اهمیت ویژه‌ای است. گزارشات متعدد حاکی از آن است که بذوری که بتوانند در مرحله جوانه‌زنی واکنش مناسبی به تنش خشکی نشان دهند، در مرحله گیاهچه‌ای رشد بهتری داشت و سیستم ریشه‌ای قوی‌تری تولید می‌کنند (اشرف و شاکارا، ۱۹۷۸؛ کوچکی، ۱۳۶۷؛ کاخکی و کافی،۱۳۸۲). گرچه ممکن است در فصل کاشت میزان بارندگی زیاد باشد اما در برخی شرایط به دلیل تبخیر

رطوبت و خشک شدن لایه سطحی خاک، جوانه‌زنی و سبزشدن گیاه با مشکل مواجه می‌شود (ساکسنا و همکاران، ۱۹۸۳).

۲-۴-۱-۲- ارتفاع بوته و رشد و توسعه برگ

این صفت به شدت به محیط وابسته است. از آنجا که پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه بایستی آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز به دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، ارتفاع کم می‌شود (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). شاید در شرایط خشکی، به دلیل اینکه ارتفاع تحت تأثیر قرار می‌گیرد و کاهش می‌یابد، انتخاب ارقام پابلندتر برای گیاه مفیدتر باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). در این مورد آستین (۱۹۸۹) نیز اظهار نمود در شرایط خشکی انتهایی، ممکن است وجود ذخایر بیشتر آسمیلات‌ها در ساقه و مصرف آنها در دوران پرشدن دانه‌ها در این رابطه نقش داشته باشد. در رابطه با سورگوم اشاره شده است که در شرایط تنش خشکی، ارقام با ارتفاع بیشتر عملکرد علوفه بیشتری را دارد و نیز از ریشه‌های عمیق‌تری برخوردار بودند (یوردانو و همکاران، ۲۰۰۳).

رشد برگ یکی از پارامترهایی است که به شدت به عوامل محیطی وابسته است. منفی شدن بیشتر پتانسیل آب بافت‌های مریستمی در طول روز غالباً موجب کاهش فشار تورژسانس به حد پایین‌تر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول می‌گردد، بنابراین عموماً گونه‌های گیاهی حداکثر رشد خود را در شب یعنی در زمانی که پتانسیل منفی سلول کمتر می‌شود، انجام می‌دهند. همچنین فرآیند تقسیم و طویل شدن سلول نسبت به خشکی بسیار حساس است. به طور کلی، تنش خشکی در طول دوره رویشی باعث کوچک شدن برگ‌ها می‌شود. همچنین شاخص سطح برگ، دوره رسیدن محصول و میزان جذب نور توسط گیاه کاهش می‌یابد (لویت، ۱۹۸۰). باید بین کاهش میزان تعرق و سطح بحرانی برگ برای فتوسنتز تعادل پایداری وجود داشته باشد. وقتی این تعادل به‌دست نمی‌آید، مزیت کاهش تعرق به وسیله عدم‌دسترسی کافی به مواد جذب‌شونده، از بین می‌رود. از لحاظ تئوری،

کاهش سطح برگ یک سازوکار سازگاری مهم به شمار می‌رود، زیرا کاهش سطح برگ اولین راهبردی است که گیاه زراعی در مواجهه با محدودیت آب انتخاب می‌کند (حسین و همکاران، ۱۹۹۰). بلوم (۱۹۹۶) نیز اشاره کرد که تغییر سطح برگ فرآیند مهمی است که محصولات زراعی تحت‌تنش از طریق آن کنترل خود را برای استفاده از آب حفظ می‌کنند و از طریق تعدیل سطح برگ، کاهش آب را از سایه انداز با توجه به مقدار آن در خاک تنظیم می‌نمایند و خشکی از طریق کاهش تعداد برگ-های فعال، سطح جذب دی‌اکسیدکربن را کاهش می‌دهد.

۲-۴-۱-۳- کلروفیل، فتوسنتز و تنفس

تنش آب از موانع مهم محیطی در برابر فتوسنتز است. بسیاری از مطالعات در رابطه با تنش خشکی کاهش در میزان فتوسنتز را نشان می‌دهد. کاهش فتوسنتز در این شرایط در ارتباط با مختل شدن فرآیندهای بیوشیمیایی مسیرهای فتوسنتزی است. فتوسیستم ۲ فتوسنتزی حساس‌ترین بخش به تنش است و کمپلکس دریافت کننده اکسیژن و مرکز واکنش در این سیستم بیشترین خسارت را از خشکی می‌بیند (گیاردی و همکاران، ۱۹۹۶). در شرایط تنش همراه با کاهش در ظرفیت بیوشیمیایی کربن گیری، محدودیت انتشار گازی نیز مشاهده می‌شود. در مطالعه در برگ انگور در شرایط تنش مشاهده شد کاهش فتوسنتز هم ناشی از کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و هم به‌خاطر کاهش فعالیت آنزیم‌ها بوده است (چاوز و همکاران، ۲۰۰۲). کافی و همکاران (۱۳۸۸) ذکر کرده‌اند که تنها فعالیت مقدار کمی از رابیسکو به دلیل حضور بازدارنده (حضور قندهای فسفاته و بلوکه شدن محل‌های فعال) کاهش می‌یابد. با برداشت قندهای فسفاته به وسیله آنزیم رابیسکو اکتیواز، دوباره فعالیت این آنزیم سرعت می‌یابد. این آنزیم می‌تواند تحت شرایط تنش نقش تنظیم کنندگی در جذب کربن داشته باشد. از طرفی، کاهش فعالیت رابیسکو متناسب با غلظت ADP در کلروپلاست و استروما است (یوردانو و همکاران، ۲۰۰۳). دلیل کاهش جذب کربن در محتوای نسبی پایین آب برگ علاوه بر

کاهش فعالیت رابیسکو، به خاطر محدودیت غلظت ریبولوز ۱و ۵ بی فسفات نیز می‌باشد که آن نیز وابسته به محدودیت ATP است (فلکاس و مدرانو، ۲۰۰۲).

انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌شود که فتوسنتز را محدود می‌کند. تنش خشکی ضمن کاهش سطح برگ، پیری آنها را هم تسریع و بدین وسیله می‌تواند میزان تولید را، خیلی بیشتر از آنچه که به علت اثرات ناشی از کاهش شدت فتوسنتز خالص تقلیل می‌یابد، کاهش دهد. برای مثال، تنش خشکی به میزانی که میزان جذب خالص را فقط ۵۰ درصد کاهش دهد، کافی است که رشد برگ‌ها را کاملاً متوقف کند. این موضوع نمایانگر آن است که سطح برگ‌ها بیشتر از سرعت جذب خالص تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار می-گیرد. همچنین ثابت شده است که فتوسنتز در مقایسه با توسعه برگ حساسیت کمتری به پتانسیل فشاری دارد، به همین دلیل واکنش میزان فتوسنتز برگ در پاسخ به تنش متوسط آب به ندرت مشابه واکنش توسعه برگ به تنش است (تایز و زایگر، ۲۰۰۶).

کافی و همکاران (۱۳۸۸) بیان داشتند که اعمال تنش خشکی غلظت کلروفیل a را به طور متوسط در حدود ۳۵ درصد و کلروفیل b را ۳۸ درصد کاهش داد. به دلیل تأثیر متفاوت تنش بر غلظت این دو کلروفیل، نسبت کلروفیل a به b در شرایط تنش حدود ۵ درصد افزایش یافت، اما بین ارقام حساس و مقاوم به خشکی از این لحاظ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. افزایش این نسبت به واسطه تغییر در سیستم‌های فتوسنتزی در جهت نسبت کمتر فتوسیستم ۲ به ۱ تحت تنش خشکی است. شهریاری و کریمی (۱۳۸۰) نیز بیان کرد که پس از تنش، محتوای کلروفیل در برگ‌های رقم حساس کاهش، اما در ارقام مقاوم افزایش نشان داد. افزایش نسبت کلروفیل a به b در شرایط تنش خشکی به واسطه تغییر در سیستم‌های فتوسنتزی در جهت نسبت کمتر فتوسیستم ۲ به ۱ است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). به طور معمول، تنش آب موجب کاهش رشد و فتوسنتز می‌شود که به نوبه خود به کاهش تنفس رشد منجر می‌شود؛ از طرف دیگر، گیاهان تحت تنش آب اغلب مقدار زیادی از

مواد آلی را ذخیره می‌کنند و نگهداری این مواد ممکن است مستلزم فعالیت تنفسی بیشتر باشد. بنابراین، در تنش ممکن است تنفس بیشتر به شکل تنفس نگهداری و نه تنفس رشد ظاهر شود. مواد آلی و مولکول‌های دیگر ممکن است به عنوان ترکیبات تنظیم اسمزی استفاده شوند که فعالیت آنها با هزینه قابل توجهی همراه است. در حقیقت، افزایش غلظت مواد محلول در داخل سلول، به‌خصوص یون‌ها، واکنش‌های ثانویه فتوسنتز و تنفس را مختل می‌کند (میرجلیلی، ۱۳۸۴). تنظیم فرآیند گلیکولیز تنفس در طی تغییر شرایط محیطی از طریق حفظ سطوح متابولیت‌ها صورت می‌گیرد (لارسون و همکاران، ۲۰۰۰). یکی از راهکارهای تحمل گیاهان به شرایط محیطی افزایش آنزیم‌های گلیکولیتیکی است؛ با افزایش این آنزیم‌ها تولید ATP منبع انرژی متابولیسم سلولی نیز حفظ می-گردد (دنیز و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین در گیاه توتون تحت تنش خشکی و شوک حرارتی ناشی از آن ژن‌های مربوط به این آنزیم‌ها بیشتر بیان و ترجمه شدند (رای‌ژسکی و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۴-۱-۴- بیوماس (تر و خشک) و عملکرد

زمانی که در شرایط تنش خشکی ارتفاع گیاه و تعداد برگ کاهش می‌یابد، وزن خشک اندام هوایی نیز به دنبال آن کم می‌شود. در تحقیقات انجام شده روی انواع گیاهان روند نزولی وزن خشک اندام‌های هوایی طی پتانسیل‌های منفی‌تر گزارش شده است (سیدیکیو و همکاران، ۱۹۹۳). بعضی از محققان بین عملکرد دانه و تولید ماده خشک در شرایط تنش همبستگی بالایی گزارش کرده‌اند (لپورت و همکاران، ۱۹۹۹؛ سراج و همکاران، ۲۰۰۴). شاید ژنوتیپ‌هایی با تولید ماده خشک بالا در شرایط تنش خشکی را بتوان به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل معرفی کرد. کمبود ملایم آب باعث توسعه ریشه به بخش‌های عمیق‌تر و مرطوب‌تر خاک می‌شود و فرآیند توسعه برگ را به سرعت تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما فعالیت فتوسنتزی به مقدار کمی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. جلوگیری از توسعه برگ میزان مصرف کربن و انرژی را در اندام هوایی کاهش می‌دهد و سهم بیشتری از مواد اسیمیله گیاه در

ریشه توزیع می‌گردد که در آنجا ریشه توانایی بیشتری برای جذب آب و مواد معدنی پیدا می‌کند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

عملکرد گیاه تحت شرایط تنش خشکی شدیداً به فرآیندهای تسهیم ماده خشک و توزیع زمانی بیوماس وابسته است (کیج و همکاران، ۲۰۰۴). افزایش نسبت وزن خشک ریشه به ساقه با افزایش تنش خشکی نیز گزارش شده است. در ذرت نسبت وزن خشک ریشه به ساقه در زمان تنش خشکی ۵/۷۹ و در زمان بدون تنش ۱/۴۵ بوده است (مارشنر، ۱۹۹۵). هوگنبون و همکاران (۱۹۸۷) در مطالعه ژنوتیپ‌های مختلف سویا نتیجه گرفتند گیاهانی که دارای نسبت ریشه به بخش هوایی بالایی در ابتدای فصل رشد می‌باشند، قابلیت بیشتری برای حفظ فشار آماس سلولی و متعاقب آن بهبود سرعت فتوسنتز در دوره‌های بعدی وقوع تنش خواهند داشت. مامبانی و لال (۱۹۸۳) همبستگی مثبتی بین نسبت بالای وزن ریشه به اندام هوایی و عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی گزارش کرده-اند.

اغلب نتایج محققان نیز حاکی از تأثیر منفی و معنی‌دار تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد در آفتاب‌گردان به خصوص در دوره گلدهی گیاه می‌باشد و قاعدتاً برای دستیابی به حداکثر عملکرد باید از برخورد گیاه با تنش خشکی به‌خصوص در سه مرحله ظهور طبق‌ها، گلدهی و شیری شدن دانه‌ها اجتناب نمود (گکسوی و همکاران،۲۰۰۴ ؛ کاراتا، ۱۹۹۱). رحیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) نیز گزارش نمودند که با افزایش مقدار آب مصرفی و نوبت‌های آبیاری عملکرد دانه آفتاب‌گردان به میزان چشمگیری افزایش یافت. تان و همکاران (۲۰۰۰) و رینالدی (۲۰۰۱) پیشنهاد نمودند که انجام یک نوبت آبیاری تکمیلی در مرحله ظهور طبق‌ها و یا گلدهی می‌تواند در افزایش چشمگیر عملکرد دانه آفتاب‌گردان دیم مفید باشد. رحیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) بیان داشته‌اند تعداد دانه در طبق تأثیر قابل توجهی بر عملکرد بذر آفتاب‌گردان دارد و بیش از وزن دانه‌ها تحت تأثیر شرایط محیط رشد قرار می‌گیرد. این نتیجه با نتایج به‌دست آمده توسط گکسوی و همکاران (۲۰۰۴) و چیمنتی و همکاران

(۲۰۰۲) در مورد اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در طبق آفتاب‌گردان مطابقت دارد. در عین حال این نتیجه به طور مشابه در مورد اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در خورجین کلزا و تعداد دانه در طبق گلرنگ نیز گزارش گردیده است (ابوالحسنی و سعیدی، ۲۰۰۴). غفاری و پاشاپور (۲۰۰۶) اعلام نمودند که در شرایط تنش، تعداد دانه در طبق یکی از عوامل تثبیت کننده عملکرد در ارقام مقاوم می‌باشد. ابوالحسنی و سعیدی (۲۰۰۴) نیز در گیاه گلرنگ نتیجه گرفتند که در شرایط تنش رطوبتی صفت تعداد دانه در طبق بالاترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه در بوته داشت. بین وزن دانه‌ها و تعداد دانه‌ها در طبق رابطه معکوسی وجود دارد و وزن دانه‌ها نسبت به تعداد دانه در طبق نقش کمتری در عملکرد دارد و کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد. نتایج سایر مطالعات نشان داده است که اجزایی از عملکرد که سهم کمتری در تولید دارند (وزن دانه‌ها) کمتر تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند (ابولحسنی و سعیدی، ۲۰۰۴). یحیوی تبریز و صدرآبادی حقیقی (۲۰۰۴) نیز در مورد کلزا به این نتیجه رسیدند که تنش رطوبتی بر وزن دانه‌ها تأثیر معنی‌داری نداشته است. در عین حال نتایج دیگری نیز حاکی از تحت تأثیر قرار گرفتن وزن هزار دانه آفتاب‌گردان نسبت به دور آبیاری وجود دارد (گکسوی و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۴-۲- تاثیر تنش خشکی بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه

۲-۴-۲-۱- مقدار آب نسبی برگ

کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در اثر تنش خشکی، دارای همبستگی مثبت و بالایی با محتوای رطوبتی خاک می‌باشد (نوتیال و همکاران، ۲۰۰۲). از عوامل دخیل در کاهش RWC، تقلیل رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق جامعه گیاهی شناخته شده‌اند (تارومینگ کنگ و کوتو، ۲۰۰۳). محتوی آب نسبی برگ برای تعیین وضعیت آبی گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد و منعکس کننده فعالیت‌های متابولیکی در بافت گیاه است (انجوم و همکاران، ۲۰۱۱). در صورتی که مقدار آب نسبی برگ برابر ۷۰ تا ۱۰۰ درصد باشد، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز روی می‌دهد

که این حالت قابل برگشت است. زمانی که برابر ۳۵ تا ۷۰ درصد باشد، موجب بازدارندگی نوری، کاهش کربوکسیلاسیون، چرخه کالوین و تنفس نوری می‌شود. در محتوی آب نسبی کمتر از ۳۰ درصد به غشای کلروپلاست صدمه وارد می شود که این خسارت غیر قابل برگشت است (کافی و دامغانی، ۱۳۸۱). محتوی آب نسبی می‌تواند توانمندی گیاه را در تحمل به تنش خشکی نشان دهد (وزان و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۴-۲-۲- پایداری غشای پلاسمایی

بخش عمده‌ای از سلول‌های زنده از غشاهایی تشکیل شده‌اند که ساختمانی پویا دارند و دارای چرخه بازسازی چند ساعته هستند. زمانی که سلول‌ها به شدت پسابیده می‌شوند آماس آنها از بین می‌رود و پروتوپلاست چروکیده می‌شود. پروتوپلاست در حال خشک شدن با کششی که نتیجه انقباض حجم و چسبیدگی آن به دیواره سلولی است، مواجه خواهد شد. مشاهدات اولیه در مورد گونه‌های متحمل به خشکی نشان داده است که پروتوپلاسم از دیواره جدا نمی‌شود ولی تا اندازه‌ای چین می‌خورد و حفره‌های کوچک درون دیواره افزایش می‌یابد. در سلول‌های با دیواره ضخیم جدایی موضعی غشای پلاسمایی از دیواره اتفاق می‌افتد. در این شرایط، اگر دیواره نازک باشد ممکن است به پروتوپلاست چسبیده باشد و همراه آن متلاشی شود که به آن سیتوریز[1] گویند و اگر دیواره ضخیم باشد در اثر چروکیدگی پروتوپلاست از آن جدا می‌شود که به آن پلاسمولیز گویند (کافی و دامغانی، ۱۳۸۱). در تنش‌های شدید بعضی از قسمت‌های فسفولیپیدهای دولایه‌ای غشا، حالت هگزاگونال (کروی) می‌گیرد و ساختار غشا به ساختار منفذدار تبدیل می‌شود و نشت مواد روی می‌دهد (میرجلیلی، ۱۳۸۴). خزاعی (۱۳۸۱) گزارش کرده است که میزان خسارت غشاهای سلولی بر اثر تنش خشکی ممکن است از طریق اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها از سلول سنجیده شود، ایشان همچنین خاطر نشان نموده است که در شرایط تنش رطوبتی، پایداری غشای سلولی جزء اصلی

1– citoris

تحمل به خشکی در گندم است. تغییرات جزئی در غشا می‌تواند در گیاهان به عنوان پیام‌های حضور تنش باشد و گیاه برای مقابله با این شرایط سطوح آنتی اکسیدان‌های مختلف (سوپراکسیداز، کاتالاز، پراکسیداز) خود را بالا می‌برد. همچنین افزایش تری‌هالوز که به سیالیت غشا و استحکام پروتئین‌های ناپایدار کمک می‌کند، در حقیقت کنار سر فسفولیپیدها قرار می‌گیرد و مانع فرآیندهای آب‌زدایی لیپید می‌شود (میرجلیلی، ۱۳۸۴). زیرا تنش خشکی سبب افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و به دنبال آن موجب کاهش پایداری غشاء سلول می‌شود (سایرام و ساکسنا، ۲۰۰۰). در نتیجه تری‌هالوز که یک ترکیب مولکولی سبک وزن است در پایداری غشا و سیستم‌های دولایه در مقابل خسارت ناشی از آب-زدایی مؤثر است. مراحل آب‌زدایی فعالیت لیپید را متوقف می‌کند و این ممکن است با توانایی تری-هالوز برای تشکیل پیوندهای هیدروژنی با گروه‌های سرقطبی فسفولیپیدها در ارتباط باشد (میرجلیلی، ۱۳۸۴).

علاوه بر خصوصیات غشا، قابلیت ارتجاعی دیواره سلولی از نظر محققان یکی از مهم‌ترین راهکارهای سازگاری به تنش آب است. این خصوصیت در حفظ فشار آماس یا حجم سیمپلاست نقش دارد. زمانی که گیاه تحت شرایط تنش آب خود را از دست می‌دهد، ممکن است پتانسیل آب سلولی کاهش نیابد، اما فشار آماس به وسیله کاهش حجم سلولی از طریق خصوصیت ارتجاعی دیواره سلولی تنظیم شود. میزان میانگین انقباض و کوچک شدن سلول و به طور کلی، کاهش در اندازه سلول یک ویژگی است که به میزان مقاومت گیاه به تنش بستگی دارد؛ به طور مثال، در کاساوا این کاهش حجم گزارش شده است (تایز و زایگر، ۲۰۰۶).

۲-۴-۲-۳- روغن دانه

سطوح مختلف تنش کم آبی سبب کاهش درصد روغن دانه گردیده است (خلیل‌وند، ۲۰۰۶). رحیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) بیان نمودند درصد روغن دانه به عنوان یکی از اجزاء کیفی مهم بذر آفتاب‌گردان تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار نگرفت. این نتیجه با نتایج کاراتا (۱۹۹۱) و گکسوی و همکاران (۲۰۰۴) مبنی بر اینکه افزایش آبیاری تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن دانه ندارد، مطابقت دارد. در عین حال نتایج مطالعات متعددی نیز حاکی از وجود اثر مثبت معنی‌دار حجم و دفعات آبیاری بر درصد روغن دانه انواع گیاهان روغنی می‌باشد و به ویژه انجام آبیاری پس از گلدهی یا شیری شدن دانه آفتاب‌گردان بیشترین تأثیر را بر روغن دانه داشته است. از آنجاکه درصد روغن دانه متأثر از عوامل محیطی مختلف (به ویژه دما) و همچنین خصوصیات ژنتیکی هر رقم می‌باشد، بنابراین بروز اختلافات به وجود آمده در نتایج غالباً ناشی از اثرات محیط و رقم مورد کشت در آزمایشات می-باشد (عثمان و تالها، ۱۹۷۵؛ تان و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۴-۲-۴- پروتئین دانه

در آزمایشی که توسط دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۸) انجام شد گزارش شد که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۱۵۰ میکرو مولار در شرایط تنش کم آبی 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 می‌شوند. تولید پروتیئن‌های تنشی از جمله سازگاری‌های فیزیولوژیکی گیاه به کمبود آب است (وحید و همکاران، ۲۰۰۷). در شرایط تنش رطوبتی، تخریب پروتئین‌ها و تجمع برخی اسیدهای آمینه آزاد جهت تنظیم فشار اسمزی صورت می‌گیرد (یامادا و فاکاتوکو، ۱۹۸۶).

پروتئین‌های دهیدرین در پاسخ به تنش‌های محیطی مانند خشکی و سرما دیده می‌شوند. این پروتئین‌ها فاقد سیستئین و تریپتوفان و غنی از لایسین هستند و آبدوست، پایدار در برابر گرما و پاسخگو به آبسزیک اسید هستند. پروتئین‌های دهیدرین پایداری غشا و پروتئین، تنظیم اسمزی و تحمل به پسابیدگی در دانه‌ها را برعهده دارند، و ارتباط آنها با تحمل به تنش مبین آن است که امکان استفاده از دهیدرین‌ها برای ارتقای سازگاری به خشکی وجود دارد (لوپز و همکاران، ۲۰۰۳). همزمان با کاهش کل پروتئین‌ها، مقدار آمینواسیدهای آزاد افزایش می‌یابد. تجمع بیشتر آمینواسیدها مربوط به کاهش سنتز پروتئین است اما در بعضی موارد بیوسنتز بعضی آمینواسیدهای غیرپروتئینی خاص مثل بتائین و پرولین تحریک می‌شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). یکی از آنزیم‌هایی که در تنش ملایم خشکی فعالیت آن به شدت کم می‌شود نیترات ریداکتاز است، در نتیجه گیاه با تجمع نیترات در این شرایط مواجه خواهد شد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۲).

۲-۵- تنش اکسیداتیو و صدمات ناشی از آن

زمانی که میزان اکسیدان‌ها در سلول بیشتر از آنتی‌اکسیدان‌ها باشد، صدمات بالقوه‌ای بر سلول‌ها و بافت‌ها وارد می‌شود که تحت عنوان تنش اکسیداتیو خوانده می‌شوند. در بسیاری از اختلالات بیولوژیکی، راهکارهای سازگاری و تطابق وجود دارد که برای عملکرد فرآیندهای حیاتی مضر و مخرب نیستند. این موضوع دلالت بر این دارد که تنش اکسیداتیو کمتر از آستانه بحرانی، تنها سبب ایجاد پاسخ‌های سازگاری می‌گردد، اما اگر تنش اکسیداتیو بالاتر از سطح بحرانی باشد، منجر به صدمه به سلول‌ها و بافت‌ها خواهد شد. فرآیندهای بازسازی پس از تنش نیز بر میزان خسارت یا صدماتی که ممکن است اتفاق بیفتد، تأثیر دارند (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳). رادیکال‌های آزاد، گونه‌های شیمیایی مستقل با یک یا چند الکترون جفت شده هستند. این رادیکال‌ها ممکن است در سیستم‌های بیولوژی مانند میتوکندری و کلروپلاست‌ها حضور داشته باشند که در این صورت قادر به شرکت در فعالیت

انتقال الکترون هستند، اما در سیستم‌های بیولوژیکی بدون حرکت و ایستا می‌باشند. بنابراین، برهمکنش آنها با سایر مولکول‌های زیستی به شدت غیرممکن است (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳).

صدمات اکسیداتیو از عوامل مهم محدودکننده رشد و تولیدات گیاهی هستند که در اثر عدم وجود شرایط مناسب محیطی ایجاد می‌شود (مانو، ۲۰۰۲). آلن (۱۹۹۵) گزارش کرده است که بیشترین خسارت در گیاهان که از طریق تنش‌های مختلف محیطی اعمال می‌شود، در ارتباط با خسارت اکسیداتیو در سطوح مختلف سلولی است. موجودات فتوسنتز کننده هوازی در طول دوره زندگی در معرض میزان متفاوتی از سموم اکسیدکننده هستند و این سمیت اکسیژنی در گیاهان عالی از کمبود آب نیز شدیدتر است (سایرام و سیریواستاوا، ۲۰۰۱). چندین سال است که صدمات تنش اکسیداتیو به لیپیدهای غشا مورد مطالعه قرار گرفته است. حساس‌ترین لیپیدهای غشا، آنهایی هستند که دارای پیوندهای دوگانه کربن – کربن می‌باشند. هر گونه تغییر در ترکیب لیپید غشا می‌تواند موجب یک تغییر در ویژگی‌های غشا همچون انتقال عناصر غذایی و فعالیت‌های آنزیمی شود. دو تولید شناخته شده ناشی از پراکسیداسیون لیپیدها مالون دی آلدئید و تترا – هیدروکسی نوننال می‌باشند. این ترکیبات کربن‌دار فعال اثرات سلولی متفاوتی همچون تغییر نفوذپذیری غشا، جلوگیری از فعالیت آنزیم‌ها و تغییر در میزان انرژی سلول‌ها دارند (باتاچارجی، ۲۰۰۵). صدمه اکسیداتیو به پروتئین‌ها سبب تغییرات مکانی ویژه‌ای در آمینواسیدها، پاره شدن زنجیره پپتیدی، تغییر بار الکتریکی و افزایش تمایل به پروتئولیز می‌گردد. آمینواسیدهای یک پپتید از نظر مستعد بودن به صدمات اکسیداتیو متفاوت هستند، همچنین شکل‌های مختلف گونه‌های فعال اکسیژن نیز در پتانسیل فعالیت با یکدیگر فرق دارند (مک کرسی، ۲۰۰۴). اکسیژن فعال شده و یا عواملی که رادیکال‌های آزاد اکسیژن را تشکیل می‌دهند، سبب شماری از صدمات اکسیداتیو به DNA می‌شود که شامل جهش، تجزیه و سایر اثرات مخرب ژنتیکی می‌باشد. ویژگی‌های این صدمات اکسیداتیو به DNA نشان داده است که اکسیداسیون منجر به تجزیه بنیادی DNA، پارگی تک رشته‌ای DNA و کراس‌لینک پروتئین‌ها می-گردد (مک کرسی، ۲۰۰۴). گونه‌های فعال اکسیژن نقش مهم و اساسی در طی دوره طبیعی پیری در

سلول بر عهده دارند. رادیکال‌های پراکسی، الکسی و اکسیژن یگانه که بسیار سمی هستند در پراکیسداسیون لیپید نقش بسیار مهمی دارند. پراکسیداسیون لیپیدهای غشا هم به وسیله گونه‌های فعال اکسیژن و هم به وسیله آنزیم لیپواکسیژناز که در تعدادی از بافت‌ها مشاهده شده است، تشدید می‌شود. بدین ترتیب که با اعمال تنش‌های زیستی و غیرزیستی میزان تولید گونه‌های فعال اکسیژن در سلول‌های گیاهی افزایش می‌یابد و صدمات اکسیداتیو در سلول با جدا شدن لیپیدهای غشا و آزاد شدن اسیدهای چرب و در نتیجه فراهم آمدن سوبسترای لازم برای آنزیم لیپواکسیژناز که سبب پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و تشدید پیری در سلولهای گیاهی می‌گردد، فراهم می‌شود. این آنزیم-ها تنها آغازگر سلسله واکنش‌های پراکسیداسیون لیپید نیست، بلکه می‌تواند اکسیژن یگانه نیز تشکیل دهد (باتاچارجی، ۲۰۰۵).

۲-۶- سیتم‌های دفاعی گیاهان در مقابل صدمات اکسیداتیو

تنش خشکی و صدمات اکسیداتیو ناشی از آن روی کلیه فرآیندهای رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (پاندا و حسین خان، ۲۰۰۱). زمانی که تنش روی می‌دهد، گیاهان عالی شرایط موجود را تحمل نموده یا چرخه زندگی خود را جهت اجتناب از آن تنظیم می‌نمایند. راهکارهای متضمن مقاومت به تنش‌های محیطی فراوان است و هنوز به طور کامل شناخته نشده‌اند (آلن، ۱۹۹۵). به محض وقوع تنش، سلول‌ها تا هنگام استقرار متابولیسم جدید، آن را تحمل می‌کنند که این امر ممکن است به ساعت‌ها و یا روزها زمان نیاز داشته باشد. سرنوشت سلول نیز توسط ظرفیت محافظت ذاتی، شدت و دوام تنش رقم می‌خورد. تحقیق در مورد پاسخ سلول به مراحل اولیه تنش‌های محیطی نشان داده است، عوامل درونی و بیرونی میزان تحمل گیاهان به تنش را تعیین می‌کنند (مانو، ۲۰۰۲). همان طور که ذکر شد، شرایط تنش در سلول‌های گیاه تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن را تشدید می‌کنند که ممکن است فرآیندهای مخرب اکسیداتیو همچون اکسید کردن پروتئین‌ها و خسارت به نوکلئیک اسیدها را آغاز کنند (ماندری و بیکر، ۲۰۰۲).

گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو ایجاد شده، دارای سیستم دفاعی با کارایی بالایی هستند که رادیکال‌های آزاد را از بین برده یا خنثی می‌کنند. این سیستم دفاعی شامل راهکارهایی آنزیمی و غیر آنزیمی است (لوگینی و همکاران، ۱۹۹۹). آنزیم‌های این سیستم دفاعی شامل سوپراکسید دسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، دهیدرو آسکوربات ریداکتاز و گلوتاتیون ریداکتاز است. سیستم غیر آنزیمی شامل آسکوربیک اسید، گلوتاتیون، آلفاتوکوفرول و کارتنوئیدها می‌باشد (بلوخین و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۷- اسید آسکوربیک

اسید آسکوربیک (AsA) با فرمول شیمیای $C_6H_8O_6$ به صورت پودر کریستالی بی‌رنگ، سفید، کمی مایل به زرد کمرنگ و بدون بو، دارای نقطه ذوب ۱۹۰ تا ۱۹۲ درجه سانتی گراد و دانسیته ۱/۶۵ گرم بر سانتی متر مکعب می‌باشد. این ماده یک احیا کننده قوی است و با اکسید کننده‌ها واکنش دارد. اسید آسکوربیک مولکولی کوچک و قابل حل در آب می‌باشد که همانند ماده اولیه در مسیر زنجیره‌ای دفع مسمومیت و خنثی سازی رادیکال‌های سوپر اکسید و رادیکال آزاد اکسیژن عمل می‌کند (نکتور و فویر، ۱۹۹۸و اسمیرونف، ۲۰۰۵).

اسید آسکوربیک دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی است و به عنوان سوبسترای اولیه در مسیرهای چرخه‌ای، برای سمیت زدایی و خنثی کردن رادیکال‌های سوپراکسید و اکسیژن منفرد نقش دارد. همچنین به عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه در بازچرخ آلفا توکوفرول و دیگر آنتی-اکسیدان‌های لیپید دوست نقش ایفا می‌کند. این مولکول آنتی‌اکسیدان همراه با دیگر ترکیبات سیستم آنتی‌اکسیدانی، سلول‌های گیاهی را در برابر آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از متابولیسم‌های هوازی فتوسنتز و تنفس و حتی آلودگی‌ها حفظ می‌نماید. اسید آسکوربیک همراه با گلوتاتیون و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در خنثی سازی یون سوپر اکسید که به وسیله واکنش مهلر و واکنش‌های تنفس نوری تولید می‌شود، نقش دارد (نکتور و فویر، ۱۹۹۸). اسید آسکوربیک علاوه بر پاکسازی

یون سوپر اکسید در پاکسازی یون هیدروکسیل نیز نقش دارد (آسادا، ۱۹۹۹). گزارش شده است که مصرف خارجی اسید آسکوربیک سبب افزایش مقاومت به تنش شوری و کاهش اثرات مضر ناشی از تنش‌های اکسیداتیو می‌شود (شالاتا و نیومن، ۲۰۰۱).

آسکوربات یکی از آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی است که در کلروپلاست، سیتوسول، واکوئل و همچنین فضاهای آپوپلاستی سلول‌های برگ در غلظت‌های بالا یافت می‌شود (چو و سو، ۲۰۰۵). گزارش شده است که حدود ۴۰-۲۰ درصد از آسکوربات در سلول‌های مزوفیل برگ حضور دارد (آرورا و همکاران، ۲۰۰۲). اسید آسکوربیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدانت، با سوپراکسید و رادیکال پراکسیدهیدروژن برای تشکیل منوهیدرواسکوربات و یا دهیدرواسکوربات واکنش می‌دهد. این شکل احیا شده دوباره به وسیله آنزیم منوهیدرواسکوربات ریداکتاز و دهیدرواسکوربات ریداکتاز و همچنین با استفاده از مقادیر مساوی NAD(P)H و گلوتاتیون به اسید آسکوربیک تبدیل می‌شود (قربانی قوژدی و لادن مقدم، ۱۳۸۸).

۲-۷-۱- تأثیر اسید آسکوربیک در تنش‌های غیر زنده

در پژوهش انجام شده توسط دولت آبادیان و همکاران (۲۰۰۹) تیمار برگ با اسید آسکوربیک در گیاهان کلزا تحت تنش شوری سبب شده است تا فعالیت آنزیم های آنتی‌اکسیدانی کاهش یابند، به گونه ای که اسید آسکوربیک به کار رفته سبب می شود تا اکسیداسیون لیپیدهای غشاء سلولی و محتوای مالون دی آلدئید در برگ و ریشه کاهش یابد. اسید آسکوربیک با خنثی سازی رادیکال های اکسیژن از طریق مصرف انواع اکسیژن فعال و تولید مونو دی هیدروآسکوربات از بروز آسیب به سلول و لیپیدهای غشائی جلوگیری می‌کند و بدین ترتیب از پراکسیداسیون لیپیدها کاسته می‌شود (شادداد و همکاران، ۱۹۹۰). در گندم، آسکوربات سبب کاهش اثر تنش کم آبی روی رنگیزه های فتوسنتزی شده است (حمد و حمدا، ۲۰۰۱). در گزارشی دیگر محلول پاشی با ۱۵۰ پی پی ام اسید آسکوربیک در ذرت بعد از مرحله زایشی کاهش فعالیت آنزیم‌های پلی فنول اکسیداز و پراکسیداز را در پی داشت

(زانگ و کیرخام، ۱۹۹۴). نواب‌پور و همکاران (۲۰۰۷) معتقدند حضور عوامل جارو کننده مثل اسید آسکوربیک سبب می‌شود تا ژن‌های ویژه‌ای القا شده و مواد دگر آسیبی همانند ترکیبات فنولی و سایرین کمتر ساخته شوند. بر طبق نتایج و مشاهدات، اسید آسکوربیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان با حذف رادیکال‌های آزاد حاصل از تنش‌ها به ویژه اکسیژن رادیکالی و تحریک و انبساط سلولی و جذب مواد به درون سلول، می‌تواند از گیاهان در برابر تنش محافظت کند (کریم و شالاما، ۲۰۰۹). قربانی قوژدی و لادن مقدم (۱۳۸۴) بیان نمودند کاربرد اسید آسکوربیک به صورت خارجی نیز می‌تواند از پراکسیداسیون لیپیدی حاصل از تنش‌های مختلف جلوگیری کند و مقاومت به آنها را افزایش دهد. شالاتا و نیومن (۲۰۰۱) گزارش کردند که کاربرد ۰/۵ میلی مولار اسید آسکوربیک قبل از تنش شوری به بازیافت و بقای بهتر گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی منجر می‌گردد. یونیس (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 آفزایش می‌یابد. همچنین خیساندن بذور گندم در اسید آسکوربیک، اثرات مطلوبی بر رشد و تعرق این گیاه نشان می‌دهد و اثرات سوء شوری را بی اثر و خنثی می‌سازد (الحکیمی و هامادا، ۲۰۰۰). سلاح ورزی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند با افزایش غلظت نمک در محیط ریشه گیاه مرزنجوش، به تدریج از محتوای کلروفیل کل برگ کاسته شد ولی باید توجه داشت که کاربرد ۲۰۰ پی پی ام اسید آسکوربیک در مقایسه با عدم کاربرد آن محتوای کلروفیل برگ را به ترتیب ۲۴ و ۱۳۷ درصد افزایش داد. بلتاقی (۲۰۰۸) نیز اثر کاربرد خارجی اسید آسکوربیک بر تحمل به شوری در نخود را بررسی کرد و نتیجه گرفت که محتوای کلروفیلی برگ در اثر شوری کاهش یافت ولی با کاربرد اسید آسکوربیک با غلظت ۴ میلی مولار این کاهش به سرعت جبران شد. امام و حلال (۲۰۰۸) گزارش کردند که اعمال سطوح متفاوت از اسید آسکوربیک سبب افزایش غلظت اسید آمینه پرولین در کتان خواهد شد. سلاح ورزی و همکاران (۱۳۹۰) بیان نمودند که محتوی کربوهیدرات کل اندازه‌گیری شده، با افزایش غلظت اسید آسکوربیک در سطوح مختلف شوری افزایش یافت. به گونه‌ای

که کاربرد ۲۰۰ پی پی ام اسید آسکوربیک تحت شوری ۱۵۰ میلی مولار نمک، محتوای کربوهیدرات کل را در مقایسه با گیاهانی که اسید آسکوربیک را دریافت نکرده بودند، ۶۲ درصد افزایش داد. احتمالاً کاربرد خارجی اسید آسکوربیک می‌تواند با تحریک بیشتر سنتز کربوهیدرات کل در گیاه، تحمل به شوری را افزایش دهد (شتاوی، ۲۰۰۷). قربانلی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز در گیاهان سویا که تحت تیمار ۱/۴ آبیاری (یک چهارم ظرفیت مزرعه) و اسید آسکوربیک قرار داشتند افزایش معنی‌داری نسبت به گیاهان تحت تیمار آبیاری کامل (ظرفیت مزرعه) و اسید آسکوربیک ایجاد کردند. در بسیاری از گیاهان جهت کاهش اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد اکسیژن ناشی از تنش شوری، سیستم آنتی‌اکسیدانی فعال می‌گردد و به این ترتیب مطابق با نتایج به دست آمده از پژوهش سلاح ورزی وهمکاران (۱۳۹۰)، با افزایش غلظت نمک (کلرید سدیم) در محیط، فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه نیز افزایش می‌یابد (یونیس و همکاران، ۲۰۱۰؛ آدر و همکاران، ۲۰۰۸؛ نکتور و فویر، ۱۹۹۸). از سوی دیگر مشخص شده است که همزمان با کاربرد خارجی اسید آسکوربیک در گیاهانی که تحت شرایط تنش شوری قرار داشتند، فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه نیز افزایش می‌یابد (یونیس و همکاران، ۲۰۱۰).

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود – آزادشهر) اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه در این منطقه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی متر است و بارندگی عمدتا در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی گراد است. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

۳-۲- مشخصات طرح آزمایشی

این آزمایش به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی ۳ سطح تنش کم آبیاری (A)، شامل عدم تنش (a_1)، تنش ملایم (a_2) و تنش شدید (a_3) بود. فاکتورهای فرعی ۳ غلظت محلول پاشی اسید آسکوربیک (B)، شامل غلظت صفر (b_1)، ۱۵ (b_2) و ۲۵ (b_3) میلی مولار و غلظت پیش تیمار اسید آسکوربیک (C)، شامل صفر (c_1) و ۲۰ میلی مولار (c_2) بودند (جدول۳-۲). در مجموع در هر تکرار ۱۸ ترکیب تیماری وجود داشت و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۵۴ کرت بود. نقشه کشت در شکل ۳-۱ مشاهده می گردد.

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

پارامترهای اندازه‌گیری شده	مقدار	واحد
درصد اشباع	۳۲/۲	درصد
قابلیت هدایت الکتریکی	۷/۲۵	دسی زیمنس بر متر
اسیدیته گل اشباع	۷/۰۵	-
درصد مواد خنثی شونده	۲۶/۵	درصد
کربن آلی	۰/۵۵	درصد
نیتروژن کل	۰/۲۰۵	درصد
فسفر قابل جذب	۴۲/۵	پی پی ام
پتاسیم قابل جذب	۱۲۱/۰	پی پی ام
رس	۳۴	درصد
لای	۴۰/۰	درصد
شن	۱۹/۰	درصد
درصد رطوبت	۳/۳	درصد
نسبت جذب سدیم	۲/۸	-
مجموع کاتیون ها	۶۴/۰	میلی اکی والان درلیتر
Na^{+}	۲۰/۰	میلی اکی والان درلیتر
Mg^{2+}	۲۲/۰	میلی اکی والان درلیتر
Ca^{2+}	۴۲/۰	میلی اکی والان درلیتر
مجموع آنیون ها	۶۳/۲	میلی اکی والان درلیتر
SO_4^{2-}	۴۸/۰	میلی اکی والان درلیتر
Cl^{-}	۲۰/۰	میلی اکی والان درلیتر
HCO_3^{-}	۷/۲	میلی اکی والان درلیتر
CO_3^{2-}	۰	میلی اکی والان درلیتر

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

عدم محلول پاشی و عدم پیش تیمار با اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش	$a_1b_1c_1$
عدم محلول پاشی و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش	$a_1b_1c_2$
محلول پاشی با غلظت ۱۵ میلی مولار و عدم پیش تیمار با اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش	$a_1b_2c_1$
محلول پاشی با غلظت ۱۵ و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش	$a_1b_2c_2$
محلول پاشی با غلظت ۲۵ میلی مولار و عدم پیش تیمار در شرایط عدم تنش	$a_1b_3c_1$
محلول پاشی با غلظت ۲۵ و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش	$a_1b_3c_2$
عدم محلول پاشی و عدم پیش تیمار با اسید آسکوربیک در شرایط تنش ملایم	$a_2b_1c_1$
عدم محلول پاشی و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش ملایم	$a_2b_1c_2$
محلول پاشی با غلظت ۱۵ میلی مولار و عدم پیش تیمار اسید آسکوربیک در شرایط تنش ملایم	$a_2b_2c_1$
محلول پاشی با غلظت ۱۵ و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش ملایم	$a_2b_2c_2$
محلول پاشی با غلظت ۲۵ میلی مولار و عدم پیش تیمار در شرایط تنش ملایم	$a_2b_3c_1$
محلول پاشی با غلظت ۲۵ و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش ملایم	$a_2b_3c_2$
عدم محلول پاشی و عدم پیش تیمار اسید آسکوربیک در شرایط تنش شدید	$a_3b_1c_1$
عدم محلول پاشی و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش شدید	$a_3b_1c_2$
محلول پاشی با غلظت ۱۵ میلی مولار و عدم پیش تیمار اسید آسکوربیک در شرایط تنش شدید	$a_3b_2c_1$
محلول پاشی با غلظت ۱۵ و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش شدید	$a_3b_2c_2$
محلول پاشی با غلظت ۲۵ میلی مولار و عدم پیش تیمار در شرایط تنش شدید	$a_3b_3c_1$
محلول پاشی با غلظت ۲۵ و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک در شرایط تنش شدید	$a_3b_3c_2$

تکرار۱	a_1 b_1 c_2	a_1 b_3 c_1	a_1 b_2 c_1	a_1 b_1 c_1	a_1 b_3 c_2	a_1 b_2 c_2	a_2 b_3 c_2	a_2 b_2 c_1	a_2 b_1 c_1	a_2 b_2 c_2	a_2 b_2 c_2	a_2 b_3 c_1	a_3 b_2 c_1	a_3 b_2 c_2	a_3 b_3 c_1	a_3 b_1 c_1	a_3 b_1 c_2	a_3 b_3 c_2
تکرار۲	a_3 b_2 c_1	a_3 b_1 c_2	a_3 b_3 c_2	a_3 b_3 c_1	a_3 b_2 c_2	a_3 b_1 c_1	a_1 b_3 c_1	a_1 b_2 c_2	a_1 b_3 c_2	a_1 b_2 c_1	a_1 b_1 c_1	a_1 b_1 c_2	a_2 b_1 c_2	a_2 b_3 c_2	a_2 b_1 c_1	a_2 b_3 c_1	a_2 b_2 c_2	a_2 b_2 c_1
تکرار۳	a_3 b_3 c_1	a_3 b_1 c_1	a_3 b_2 c_2	a_3 b_3 c_2	a_3 b_2 c_1	a_3 b_1 c_2	a_2 b_2 c_1	a_2 b_2 c_2	a_2 b_3 c_2	a_2 b_1 c_1	a_2 b_1 c_2	a_2 b_2 c_1	a_1 b_1 c_1	a_1 b_3 c_1	a_1 b_2 c_2	a_1 b_3 c_2	a_1 b_2 c_1	a_1 b_1 c_2

شکل۳-۱-نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده

۳-۳ - عملیات اجرایی

۳-۳-۱- کاشت و داشت

زمین در سال قبل به صورت آیش و سال قبل از آن زیر کشت ذرت بود. بذر آفتاب‌گردان مورد استفاده رقم اصلاح شده هایسان ۳۶ بود. عملیات کاشت در تاریخ ۱۸ خرداد ماه ۱۳۹۱ با دست انجام شد. عمق کاشت بذر ۶- ۵ سانتی‌متر بود. در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت به طول ۵ متر قرار داشت. فاصله بین خطوط ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی متر بود. دو خط کناری به عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد. آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای انجام شد. مقادیر آب مصرفی تا استقرار کامل گیاه برای تمام تیمارها یکسان بود.

۳-۳-۲- اعمال تیمارها

پس از استقرار کامل بوته‌ها اقدام به اعمال تیمارهای تنش کم‌آبیاری گردید. برای اعمال تیمارهای عدم تنش، تنش ملایم و تنش شدید دور آبیاری به ترتیب ۸، ۱۲ و ۱۶ روز در نظر گرفته شد و اعمال تیمارهای دور آبیاری طی ۴ تا ۵ برگی در تاریخ ۱۰ تیر انجام شد. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک یک بار طی ۶ تا ۷ برگی در تاریخ ۷ مرداد (۴۷ روز پس از کاشت) اعمال گردید. محلول پاشی در عصر و در هوای ملایم انجام شد به طوری که برگ های گیاه کاملا خیس شوند. همچنین جهت پیش تیمار کردن، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در محلول ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک قرار داده شدند و پس از خشک شدن به محل مورد کاشت انتقال یافتند و نسبت به کاشت بذرهای تیمار شده اقدام شد.

۳-۳-۳- برداشت

برداشت جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد در تاریخ ۱۳۹۱/۷/۱۴ متقارن با ۱۱۴ روز پس از کاشت صورت گرفت. در این زمان رنگ برگک‌های کناری و قسمت اعظمی از پشت طبق قهوه‌ای و میانگین رطوبت دانه‌ها حدود ۳۵ درصد بودند.

۳-۴- صفات زراعی و مورفولوژیک

۳-۴-۱- ارتفاع، قطر ساقه و قطر طبق

به هنگام برداشت، تعداد ۴ بوته از هر کرت پس از در نظر گرفتن حاشیه انتخاب شد. ارتفاع بوته بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس از ارتفاع این بوته‌ها میانگین گرفته شد و به عنوان ارتفاع بوته‌های آن ترکیب تیماری در نظر گرفته شد. قطر ساقه اصلی از فاصله ۵ سانتی‌متری از سطح زمین، با استفاده از کولیس دیجیتالی روی ۴ بوته اندازه‌گیری شد. سپس میانگین آن محاسبه گردید. صفت قطر طبق از این جهت مهم است که هر چه قطر طبق بیشتر باشد دانه‌های بزرگ‌تری را می‌تواند در خود جای دهد. در این آزمایش از هر بوته به طور تصادفی قطر ۴ طبق با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد و در نهایت از میانگین آن‌ها برای انجام محاسبات استفاده گردید.

۳-۴-۲- وزن خشک برگ، ساقه و طبق

نمونه برداری از ۷۰ روز پس از کاشت شروع شد و با فواصل ۱۰ روزه انجام گردید. در کل آزمایش ۴ بار نمونه برداری صورت گرفت و از هر کرت ۴ بوته پس از در نظر گرفتن حاشیه به عنوان نماینده آن کرت برداشت گردید. نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به سه بخش برگ، ساقه و طبق تفکیک شدند. اجزاء تفکیک شده به طور مجزا در پاکت قرار داده شدند و به منظور تعیین وزن خشک، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرارگرفتند. پس از اعمال زمان

لازم، پاکت ها به مدت ۲۵ – ۲۰ دقیقه در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند.

۳-۴-۳- سطح برگ

سطح برگ نمونه‌ها پس از جداسازی توسط دستگاه Leaf Area Meter AM 300 ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد. سپس بر حسب متر مربع سطح برگ به متر مربع سطح زمین محاسبه شد.

۳-۴-۴- عملکرد و اجزای عملکرد

از هر کرت آزمایشی تعداد ۵ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این ۵ بوته محاسبه و عملکرد نهایی بر حسب مترمربع برآورد گردید. اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی مولفه‌های میزان تولید نهایی گیاه می‌باشند و در هر گیاه زراعی دارای اجزای خاص خود است. اجزاء عملکرد در گیاه آفتاب‌گردان شامل تعداد طبق در مترمربع، تعداد دانه درطبق و وزن هزار دانه می‌باشند که در ۵ بوته برداشت شده اندازه‌گیری شدند.

۳-۵- صفات فیزیولوژیک

۳-۵-۱- محتوی آب نسبی برگ

به منظور تعیین مقدار نسبی آب برگ از هر کرت ۳ بوته به طور تصادفی انتخاب شد و از هر بوته برگی جوان و کاملا رشد یافته قطع گردید و در یک پوشش پلاستیکی داخل یخدان به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ وزن شدند (وزن تر) و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (کرامر، ۱۹۸۳). بعد از این مدت برگ ها از آب مقطر خارج شدند و بعد از اینکه آب روی آن ها با کاغذ صافی خشک شد دوباره وزن شدند (وزن اشباع). پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده

شدند و سپس وزن شدند (وزن خشک). محاسبه مقدار آب نسبی با استفاده از رابطه ۳-۱ صورت گرفت (کوچکی، ۱۳۸۶).

رابطه (۳-۱)

مقدار آب نسبی = {(وزن خشک - وزن اشباع) / (وزن خشک - وزن تر)} × ۱۰۰

۳-۵-۲- کلروفیل

برای سنجش کلروفیل از بافت تازه برگ بدون لهیدگی استفاده شد. به ۰/۵ گرم از بافت برگ ۵ میلی‌لیتر دی متیل سولفوکسید اضافه شد و نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در آون ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از گذشت این زمان نمونه‌ها را از آون خارج و پس از سرد شدن با قرار دادن در اسپکتروفتومتر مدل Jenway 6305 ساخت آمریکا میزان جذب نمونه‌های حاوی کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، b محاسبه گردید (پروچازکا و همکاران، ۱۹۹۸). اعداد به دست آمده را در v/w*1000 ضرب شد تا اعداد بر حسب میلی‌گرم بر گرم به دست آید. V حجم محلول کلروفیلی بر حسب میلی‌لیتر و W وزن برگ بر حسب گرم می‌باشد.

رابطه (۳-۲) $Chl\ a = (12.19\ A665) - (3.45\ A645)$

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

رابطه (۳-۴) $Chl\ t = Chl\ a + Chl\ b$

۳-۶- صفات کیفی

۳-۶-۱- سنجش درصد و عملکرد روغن دانه

روغن موجود در دانه با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین گردید. برای این منظور مقدار ۱ گرم نمونه آسیاب شده و همگن در کاغذ صافی مناسب پیچیده شد و در کارتوش مخصوص دستگاه قرار داده شد. کارتوش درون بالن در نگهدارنده فلزی قرار داده شد. مقدار ۱۴۰ میلی لیتر حلال آلی (اتر) به بالن اضافه شد و تا تکمیل فرآیند آزمایش صبر شد. در انتهای کار، بالن بدون نمونه و نگهدارنده به آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد منتقل گردید و به مدت ۱ ساعت حرارت داده شد. سپس بالن به دسیکاتور منتقل شد و پس از سرد شدن توزین گردید. برای محاسبه درصد روغن موجود در نمونه‌ها از رابطه ۳- ۵ استفاده شد.

رابطه (۳- ۵) ۱۰۰ *وزن نمونه/ (وزن ثانویه بالن- وزن اولیه بالن) = درصد روغن موجود در نمونه

برای محاسبه عملکرد روغن دانه از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه استفاده گردید.

۳-۶-۲- درصد و عملکرد پروتئین دانه

اندازه‌گیری پروتئین دانه پس از برداشت به روش کجلدال [۱] انجام شد. برای مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون به ترتیب از اجاق هضم کننده 2040 Digester از شرکت Foss Tecator و دستگاه تمام خودکار Kjeltec Analysis Unit 2300 از همان شرکت استفاده گردید. در این روش برای عمل هضم ۱ گرم از دانه خوب پودر شده به بالن‌های مخصوص کجلدال منتقل گردید. و یک قرص کاتالیزور شامل ۱/۵ گرم سولفات پتاسیم و ۰/۱۵ گرم سولفات مس به هر فلاسک اضافه گردید. برای انجام عمل هضم ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ افزوده شد و بالن‌ها درون اجاق مخصوص قرار داده شدند. زمانی که محلول سیاه رنگ درون فلاسک‌ها تبدیل به محلول نسبتا زلال به رنگ سبز بسیار کم رنگ شد، پایان عمل هضم مشخص گردید که معمولا ۲ تا ۲/۵ ساعت زمان لازم داشت.

---

[۱] - kjeldahl

میزان نیتروژن نمونه‌ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کجلدال سنجیده شد. دستگاه دارای سه مخزن آب مقطر، سود سوز آور ۴۰ درصد و اسید بوریک ۱۰ درصد بود. پس از قرار گرفتن یک فلاسک در دستگاه به ترتیب ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی لیتر سود سوزآور ۴۰ درصد به نمونه اضافه شد و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت. عمل تیتراسیون نیز توسط دستگاه صورت گرفت. در این مرحله از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال استفاده شد. مقدار نیتروژن موجود در نمونه بر اساس مقدار اسید کلریدریک مصرف شده در تیتراسیون توسط دستگاه مشخص گردید. به منظور تبدیل مقدار اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرف شده در تیتراسیون به درصد نیتروژن نمونه و تبدیل آن به درصد پروتئین از روابط ۳-۶ و ۳-۷ استفاده شد.

رابطه (۳-۶) وزن نمونه (گرم) / (۰/۱۴ × A) = درصد نیتروژن نمونه

رابطه (۳-۷) ضریب تبدیل پروتئین × درصد نیتروژن = درصد پروتئین

A= حجم اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرفی بر حسب میلی لیتر

برای محاسبه عملکرد پروتئین دانه از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه استفاده گردید.

۳-۷- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTATC و رسم شکل ها توسط نرم افزار EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد صورت پذیرفت.

فصل چهارم

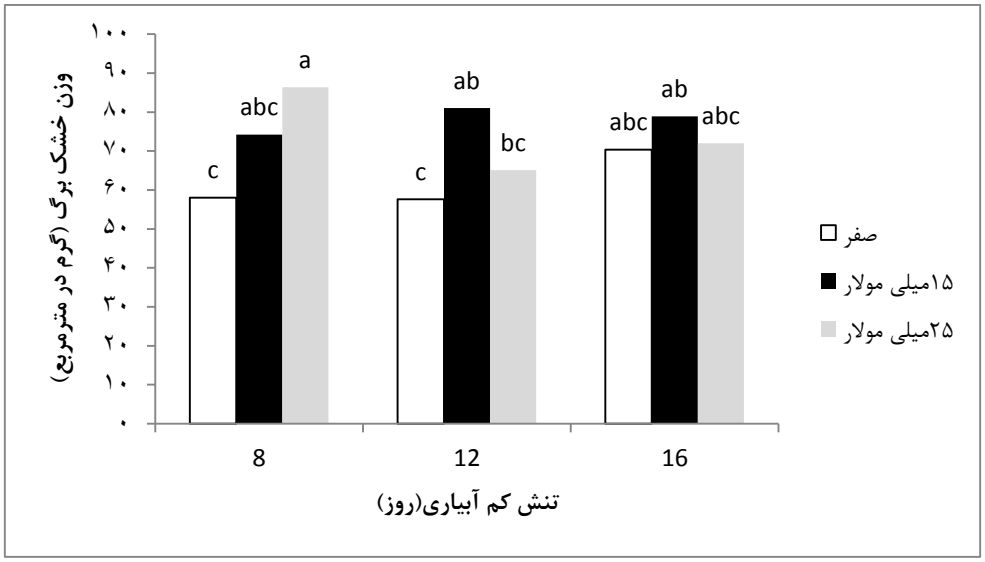
نتایج و بحث

۴-۱- ماده خشک برگ، ساقه و طبق

۴-۱-۱- وزن خشک برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس وزن خشک برگ در جدول پیوست ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر اصلی محلول‌پاشی اسید آسکوربیک تنها ۱۰۰ روز پس از کاشت در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل تنش × غلظت‌محلول پاشی در تمام فصل رشد، همچنین اثر متقابل سه جانبه در کلیه نمونه برداری‌ها به جز ۹۰ روز پس از کاشت بر وزن خشک برگ معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱). در شکل ۴-۱ مشاهده می‌گردد که بیشترین وزن خشک برگ مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش و محلول پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار بود. که البته اختلاف قابل توجهی با غلظت ۱۵ میلی‌مولار در همین شرایط نداشت. محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک در دو سطح وجود تنش به ویژه تنش ملایم نیز مقادیر بالایی از وزن خشک برگ را نشان داد. در گیاهانی که با فاصله ۱۶ روز آبیاری شدند، محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱۵ و ۲۵ میلی‌مولار تأثیر مساوی بر تجمع ماده خشک در برگ داشت. در آزمایش محمدی (۱۳۹۱) محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک نسبت به عدم محلول پاشی، افزایش ۵۰ درصدی وزن خشک برگ را در پی داشت.

در مورد اثر متقابل تنش × محلول‌پاشی × پیش تیمار، بیشترین وزن خشک برگ (۹۶/۹۳ گرم در مترمربع) در شرایط عدم تنش، از محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی‌مولار مشاهده شد که از لحاظ آماری در گروه برتر قرار گرفت. در شرایط تنش ملایم (آبیاری با فواصل ۱۲ روز) محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ میلی‌مولار و عدم پیش تیمار بیشترین وزن خشک برگ را نشان داد. ولی در تنش شدید (آبیاری با فواصل ۱۶ روز) در شرایط عدم محلول‌پاشی و عدم پیش تیمار وزن خشک برگ به طور قابل توجهی بیشتر بود که البته از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با بالاترین وزن خشک برگ ثبت شده نداشت (جدول ۴-۱).



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت

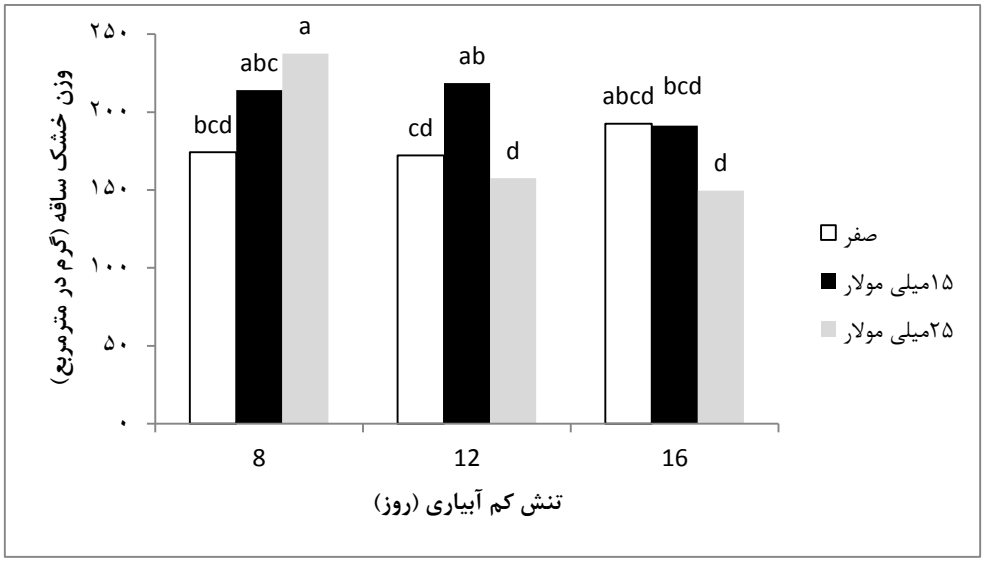
جدول ۴- ۱- مقایسه میانگین اثرات سه جانبه وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری تنش کم آبی و غلظت-های مختلف محلول‌پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت

تیمارهای آزمایشی			وزن خشک برگ (گرم در مترمربع)
دور آبیاری (روز)	غلظت محلول پاشی (میلی‌مولار)	غلظت پیش تیمار (میلی‌مولار)	
	صفر	صفر	۶۳/۲۳
		۲۰	۵۲/۸۶
۸	۱۵	صفر	۷۱/۲۹
		۲۰	۷۷/۱۳
	۲۵	صفر	۷۵/۸۶
		۲۰	۹۶/۹۳
	صفر	صفر	۵۶/۸۹
		۲۰	۵۸/۳۱
۱۲	۱۵	صفر	۸۹/۲۵
		۲۰	۷۲/۸۸
	۲۵	صفر	۷۲/۷۵
		۲۰	۵۷/۴
	صفر	صفر	۸۲/۵۳
		۲۰	۵۸/۲۸
۱۶	۱۵	صفر	۷۸/۹۶
		۲۰	۷۸/۸۸
	۲۵	صفر	۶۸/۰۲
		۲۰	۷۵/۹۹
LSD5%			۱۸/۲۶

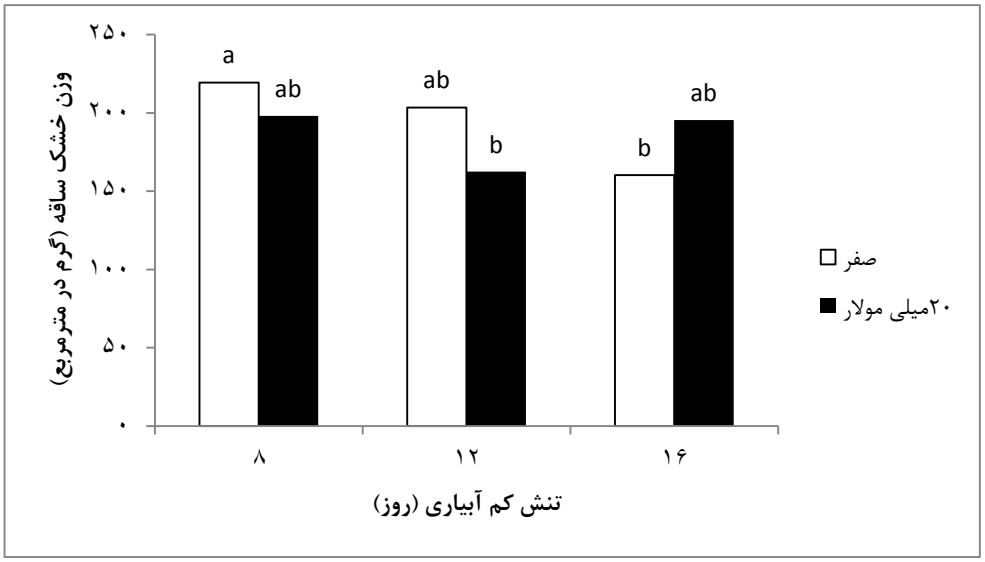
۴-۱-۲- وزن خشک ساقه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس در نمونه برداری انجام شده در ۱۰۰ روز پس از کاشت تنها اثر متقابل تنش × غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و اثر متقابل تنش × غلظت پیش تیمار اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن خشک ساقه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳). بیشترین وزن خشک ساقه (۲۳۷/۵۹ گرم در مترمربع) مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش × غلظت ۲۵ میلی-مولار محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بود. در تنش ملایم (آبیاری با فواصل۱۲ روز) غلظت ۱۵ میلی-مولار از اسید آسکوربیک مقادیر بالایی از وزن خشک ساقه را نشان داد. ولی در شرایط تنش شدید غلظت بالای اسید آسکوربیک مفید نبود (شکل ۴-۲). به طور کلی بروز تنش در گیاه آفتاب‌گردان وزن خشک ساقه را نزدیک به ۳۱ گرم در هر مترمربع کاهش داد که البته معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۴).

در مورد اثر متقابل تنش × غلظت پیش تیمار اسید آسکوربیک، بیشترین وزن خشک ساقه (۲۱۹/۳۲ گرم در مترمربع) در شرایط عدم تنش و عدم پیش تیمار مشاهده شد. پیش تیمار بذر با اسید آسکوربیک در شرایط عدم تنش و تنش ملایم مفید واقع نشد ولی در شرایط تنش شدید کاهش به وجود آمده در وزن خشک ساقه در اثر پیش تیمار بذر با ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک به میزان ۲۲ درصد بهبود یافت. پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک در دوره‌های طولانی‌تر تنش کم آبیاری احتمالاً تأثیر مثبت دارد (شکل۴-۳). محققین دیگر نیز مشاهده کردند که کاربرد اسید آسکوربیک به تنهایی و همچنین کاربرد توام اسید آسکوربیک و باکتری آزوسپریلیوم به طور معنی داری وزن خشک ساقه سویا تحت تنش شوری را افزایش داد. البته ترکیب باکتری و اسید آسکوربیک با میانگین حدود ۱۱/۳ گرم دارای اثر بیشتری بود (محمدی، ۱۳۹۱).



شکل۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت

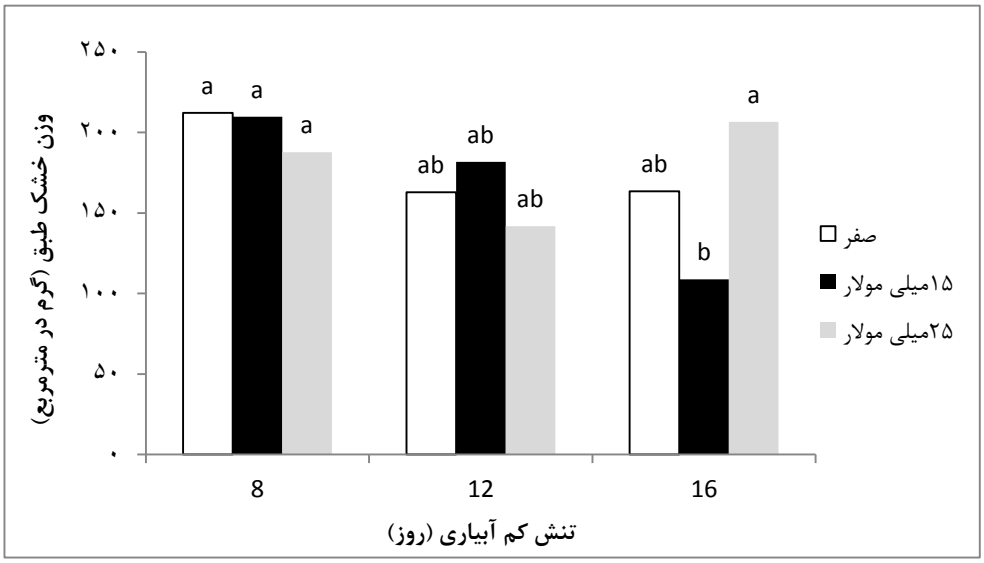


شکل۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت

۴-۱-۳- وزن خشک طبق

در آخرین نمونه برداری اثر تنش کم‌آبیاری و اثر متقابل آن با غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن خشک طبق معنی‌دار شدند (جدول پیوست ۵). با توجه

به شکل ۴-۴ بیشترین وزن خشک طبق (۲۱۲/۲۵ گرم در متر مربع) از ترکیب تیماری عدم تنش × عدم محلول‌پاشی و کمترین (۱۰۸/۸ گرم در متر مربع) از ترکیب تیماری تنش شدید × غلظت ۱۵ میلی‌مولار حاصل شد. به طور کلی تنش ملایم و شدید نسبت به شرایط عدم تنش موجب کاهش قابل توجهی در وزن خشک طبق شدند به طوری که بروز تنش وزن خشک طبق را از حدود ۲۰۳ گرم در متر مربع در شرایط عدم تنش به حدود ۱۶۰ گرم در متر مربع رساند (جدول پیوست ۶). در شرایط تنش شدید افزایش غلظت اسید آسکوربیک از ۱۵ به ۲۵ میلی‌مولار سبب افزایش ۴۷/۳۳ درصدی در وزن خشک طبق شد (شکل ۴-۴). در شرایط عدم تنش عدم محلول‌پاشی وزن خشک طبق بیشتری ایجاد کرد اما در مقایسه با محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱۵ و ۲۵ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت. در تنش ملایم محلول پاشی با غلظت ۱۵ میلی‌مولار مفیدتر بود و بیشترین وزن خشک طبق را ایجاد کرد که البته نسبت به دو غلظت دیگر یعنی صفر و ۲۵ میلی مولار اختلاف معنی‌داری نداشت ولی در تنش شدید کاملا شرایط بر عکس بود به طوری که محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی مولار اثر قابل توجهی در افزایش وزن خشک طبق داشت (شکل ۴-۴).



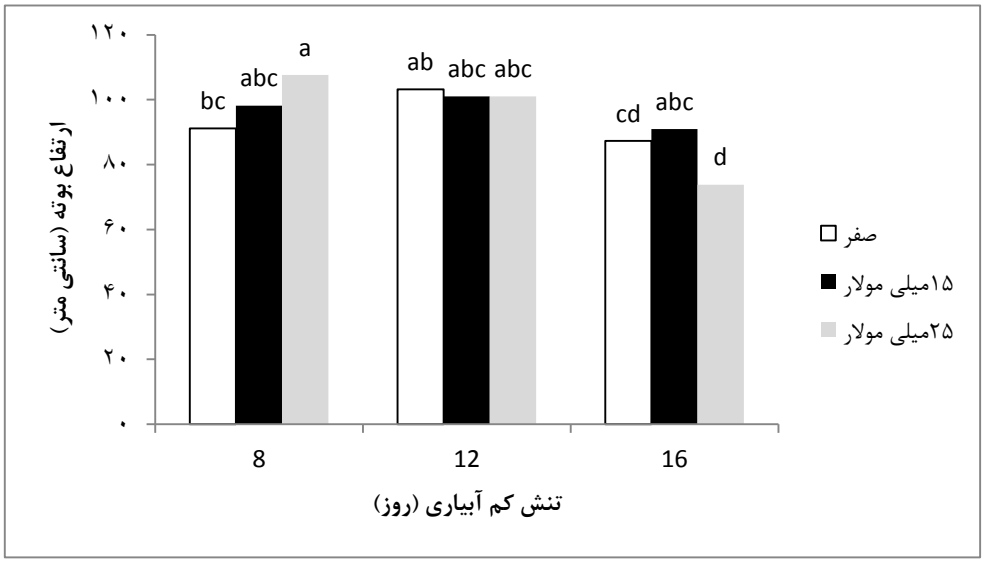
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک طبق تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت

۴-۲- ارتفاع ساقه

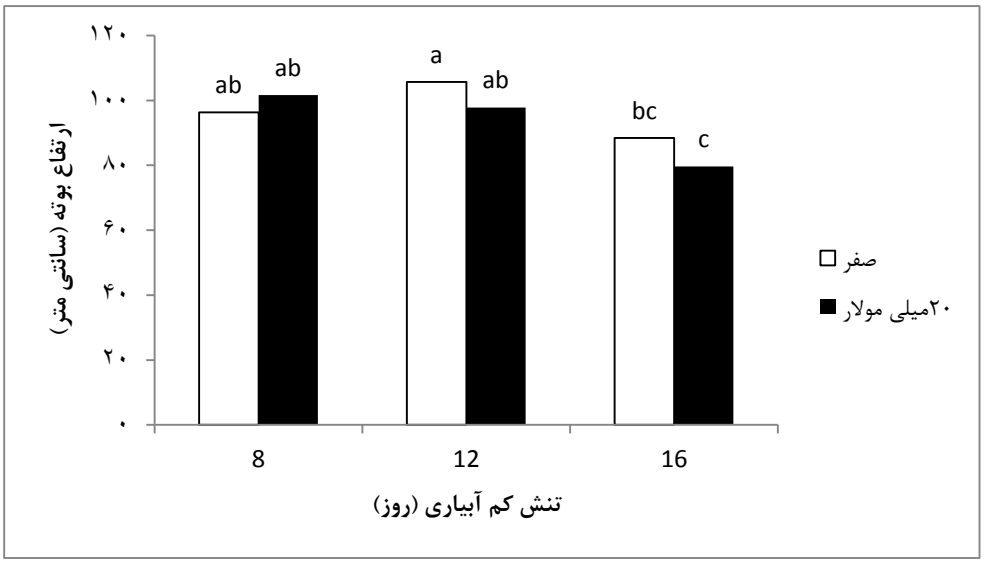
اختلاف ارتفاع ساقه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، بسیار معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تنش کم‌آبیاری × غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و تنش × غلظت پیش تیمار اسید آسکوربیک نیز روی این صفت اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نشان دادند (جدول پیوست ۷). بیشترین ارتفاع بوته معادل ۱۰۷/۶۶ سانتی‌متر از شرایط عدم تنش و محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی مولار اسید آسکوربیک به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با عدم محلول‌پاشی در این سطح از تنش داشت. در گیاهانی که با فواصل ۱۲ روزه آبیاری شده بودند ارتفاع بوته‌هایی که اسید آسکوربیک دریافت نکرده بودند، بیشتر بود و محلول‌پاشی با دو غلظت ۱۵ و ۲۵ میلی‌مولار اثر منفی جزئی و غیر معنی‌دار بر ارتفاع بوته در این شرایط گذاشت (شکل۴-۵). در شرایط تنش شدید افزایش غلظت اسید آسکوربیک از صفر به ۱۵ سبب افزایش جزئی در ارتفاع ساقه شد. اما بین این ترکیبات تیماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. ولی افزایش غلظت اسید آسکوربیک از ۱۵ به ۲۵ میلی‌مولار تأثیر منفی و معنی‌داری بر ارتفاع ساقه داشت (شکل ۴-۵). بیان شده است که یکی از اثرات سوء کمبود آب، کاهش توسعه سلول از طریق نقصان در آماس سلول است که این امر سبب کاهش طویل شدن ساقه، برگ و کاهش فتوسنتز می‌گردد و بنابراین تنش کم آبی سبب کاهش ارتفاع ساقه اصلی می‌شود (غفاری و پاشاپور، ۲۰۰۶). در پژوهش حاضر این موضوع در شرایط تنش شدید مشاهده گردید به طوری که دو برابر شدن فاصله آبیاری از ۸ به ۱۶ روز موجب کاهش ۵/۷۶ سانتی‌متری در ارتفاع بوته گردید که البته این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۸).

مقایسه بین ترکیبات تیماری حاصل از تنش × غلظت پیش تیمار اسید آسکوربیک، نشان داد که از عدم پیش تیمار در شرایط تنش ملایم بیشترین (۱۰۵/۶۶ سانتی‌متر) ارتفاع ساقه حاصل شد. تنها پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی‌مولار در شرایط عدم تنش موجب افزایش ارتفاع ساقه

شد. در شرایط تنش شدید و تنش ملایم پیش تیمار گیاهان با اسید آسکوربیک تأثیر منفی بر ارتفاع ساقه داشت (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های محلول-پاشی اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت



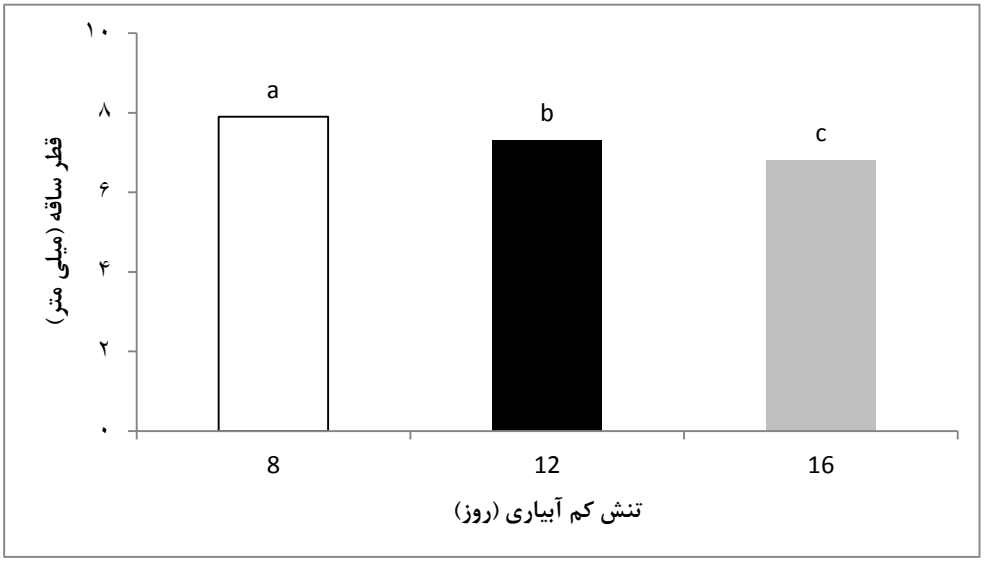
شکل ۴-۶- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های پیش تیمار اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت

۴-۳- قطر ساقه

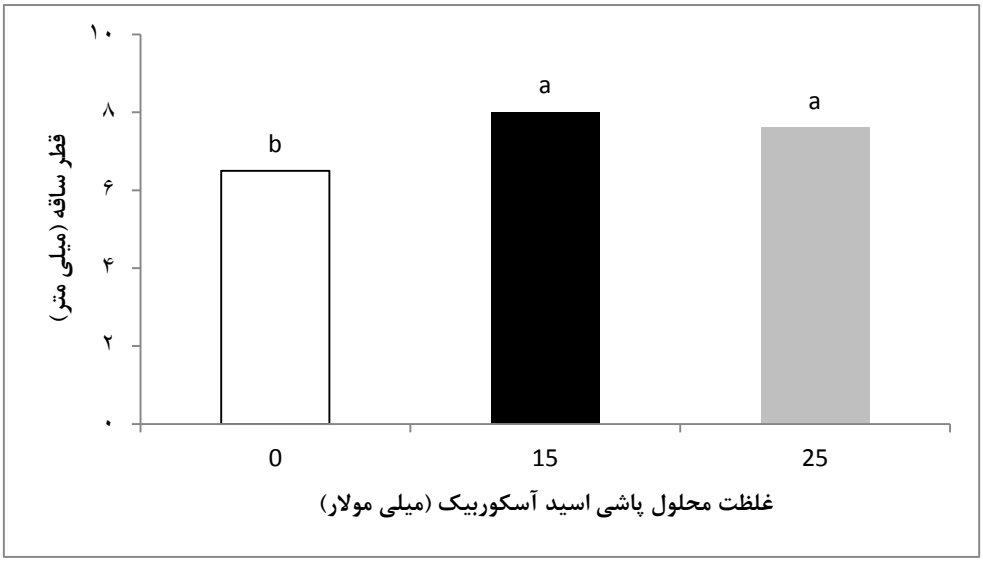
از بین منابع تغییر اثر تنش کم آبیاری ($p < ۰/۰۱$) و اثر غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک ($p < ۰/۰۵$)، همچنین اثر غلظت پیش تیمار ($p < ۰/۰۵$) بر قطر ساقه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۹). بیشترین قطر ساقه (۷/۹ میلی‌متر) در تیمار عدم تنش و کمترین مقدار آن به میزان ۶/۸ میلی‌متر در تیمار تنش شدید ثبت شد (شکل ۴-۷) . قاعدتاً در شرایط تنش ملایم کم آبی، گیاهان با کمک مکانیسم‌های مختلف قادر به جلوگیری و یا تحمل پسابیدگی و ممانعت از کاهش شدید رشد می-باشند، ولی در شرایط تنش شدید به دلیل کاهش شدید آماس سلولی، رشد و تقسیم سلول‌ها منجر به کاهش رشد رویشی گیاه می‌شود (رحیمی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

با توجه به اثر اصلی غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک، افزایش غلظت محلول‌پاشی از صفر تا ۲۵ میلی مولار سبب افزایش معنی‌داری در قطر ساقه گردید. بیشترین قطر ساقه معادل ۸ میلی‌متر از غلظت ۱۵ میلی مولار به دست آمد که نسبت به کمترین مقدار مشاهده در عدم محلول‌پاشی ۰/۱۵ میلی‌متر و نسبت به غلظت ۲۵ میلی مولار ۰/۴ میلی‌متر بیشتر بود (شکل ۴-۸). محمدی (۱۳۹۱) بیان نمود افزایش غلظت اسید آسکوربیک از ۵ تا ۲۵ سبب افزایش معنی‌دار قطر ساقه شد.

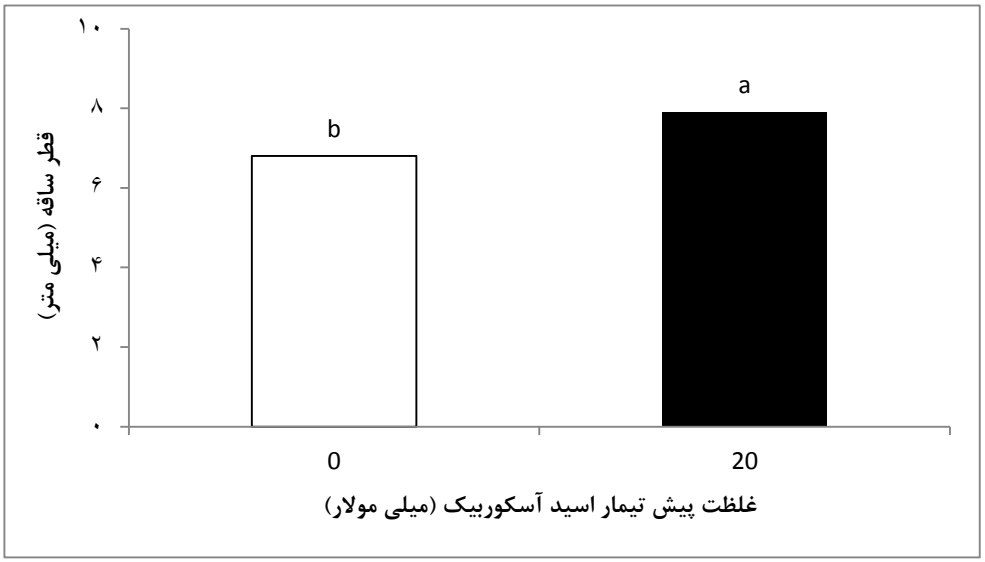
در مورد اثر اصلی غلظت پیش تیمار اسید آسکوربیک، همانطور که شکل ۴-۹ نشان می‌دهد که پیش تیمار با اسید آسکوربیک اختلاف معنی‌دار و قابل توجهی از لحاظ آماری در قطر ساقه ایجاد نمود. گزارش شده است که تیمار با اسید آسکوربیک با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در مقایسه با گیاهان شاهد در شرایط تنش کمبود آب، به نحو مؤثرتری رادیکال‌های آزاد و مولکول‌های پراکسیدهیدروژن را خنثی کرده و موجب فرآیند ماده سازی به ویژه ساخت قندها می‌شود و در نهایت افزایش قطر ساقه را در پی خواهد داشت (محمدی، ۱۳۹۱).



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین قطرساقه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری در ۱۰۰ روز پس از کاشت



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین قطرساقه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت



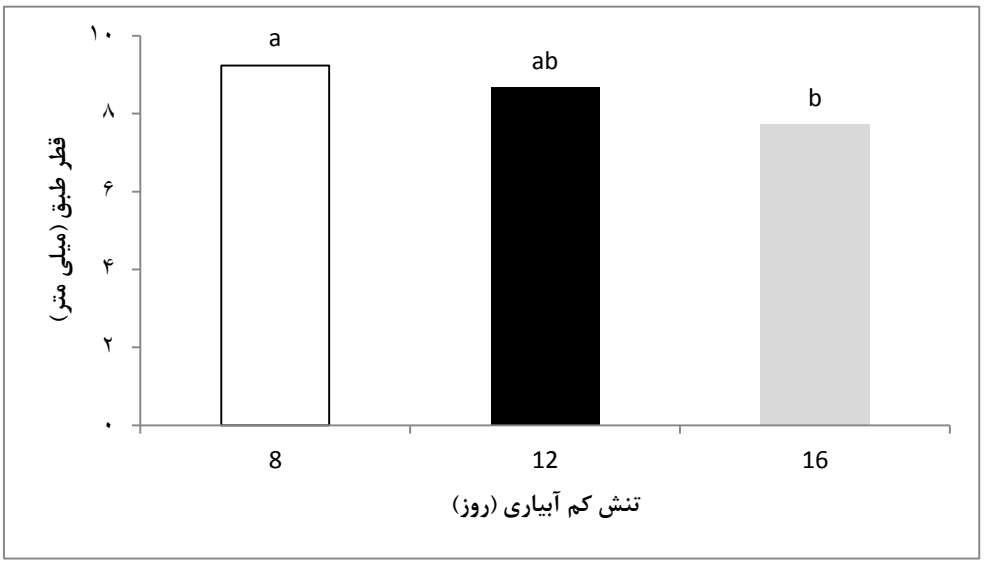
شکل ۴-۹- مقایسه میانگین قطرساقه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت

۴-۴- قطر طبق

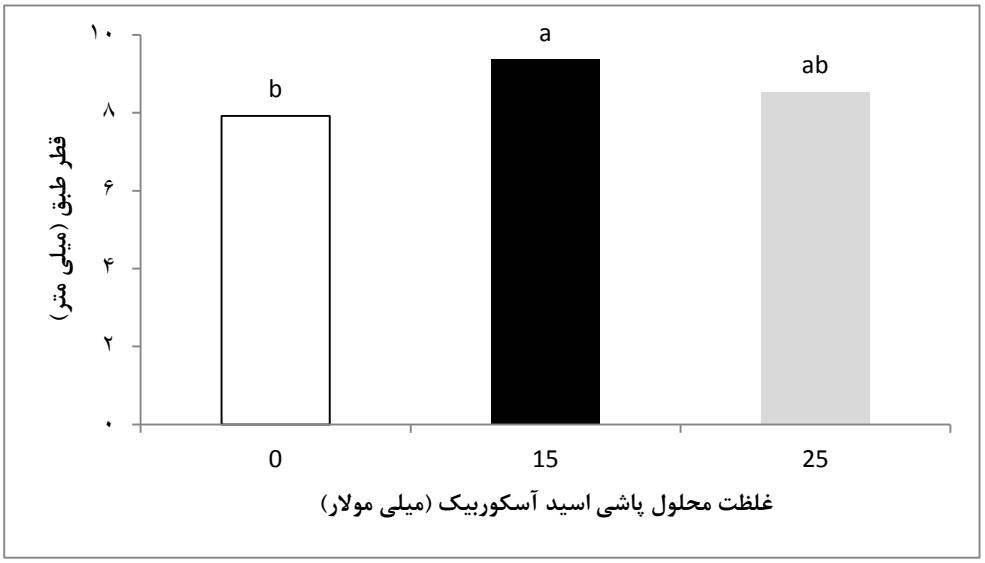
با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس از بین اثرات اصلی اثر تنش و غلظت محلول پاشی اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۵ درصد و از بین اثرات متقابل اثر دو جانبه تنش × غلظت پیش تیمار اسید آسکوربیک تاثیر معنی‌داری بر قطر طبق داشتند (جدول پیوست ۹). بیشترین قطر طبق (۹/۲۴ میلی‌متر) در تیمار عدم تنش و کمترین مقدار آن به میزان ۷/۷۲ در تیمار تنش شدید مشاهده شد. به طور کلی بروز تنش کم آبی در آفتاب‌گردان قطر طبق را نزدیک به ۱/۵۲ میلی‌متر کاهش داد (شکل ۴-۱۰). همچنین بیشترین قطر طبق معادل ۹/۳۶ میلی‌متر از محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ میلی-مولار به دست آمد که نسبت به کمترین مقدار مشاهده شده در شرایط عدم محلول‌پاشی ۱/۴۴ و نسبت به محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار ۱/۰۱ میلی‌متر بیشتر بود (شکل ۴-۱۱).

در مورد اثر متقابل تنش و غلظت پیش تیمار، بیشترین مقدار قطر طبق (۱۰/۸۵ میلی‌متر) در ترکیب تیماری عدم تنش و پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی‌مولار و کمترین مقدار آن

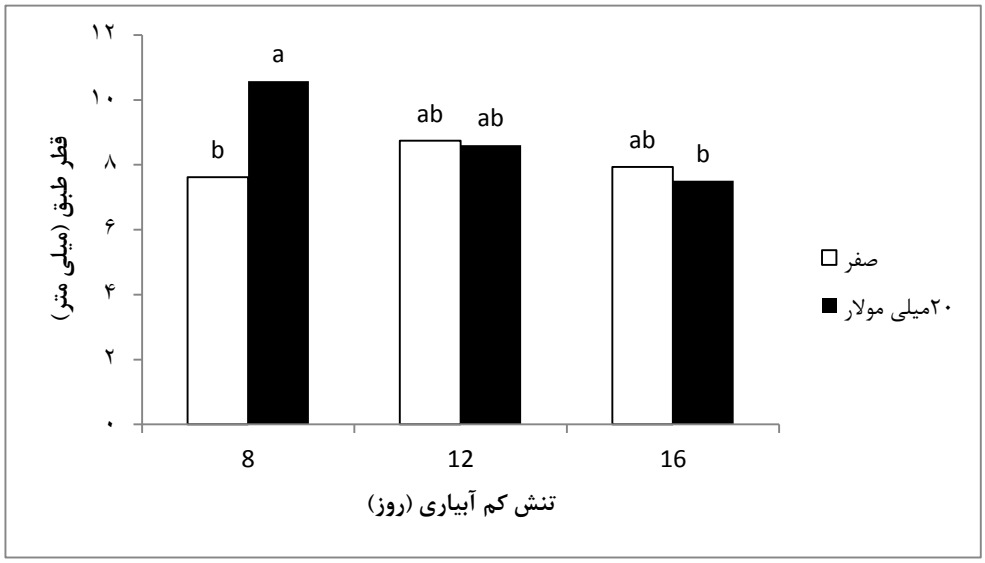
به میزان (۷/۵۱ میلی‌متر) در ترکیب تیماری تنش شدید و پیش تیمار اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۴-۱۲). همان طور که اشاره شد کاربرد خارجی اسید آسکوربیک اثرات مخرب تنش کم آبی را کاهش می‌دهد و مقاومت گیاهان را به تنش کم آبی بهبود می‌بخشد. رحیمی-زاده و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که در شرایط تنش شدید کم آبی قطر طبق آفتاب‌گردان و پیرو آن تعداد دانه در طبق دچار کاهش شدید می‌شود. این نتیجه با نتایج به دست آمده توسط گکسوی و همکاران (۲۰۰۴) و کاراتا (۱۹۹۱) مطابقت دارد. به نظر غفاری و پاشاپور (۲۰۰۶) با توجه به همبستگی بالای قطر طبق با عملکرد در شرایط تنش می‌توان از این صفت به عنوان معیاری با ارزش در جهت شناسایی ارقام مقاوم استفاده نمود. اگر اثر افزایشی ناشی از پیش تیمار بذر با غلظت ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک در این صفت وجود نداشت، احتمالاً کاهش بیشتری در شرایط تنش شدید مشاهده می‌شد. در شرایط تنش شدید و تنش ملایم تفاوت معنی‌داری بین دو غلظت صفر و ۲۰ وجود نداشت ولی در عدم تنش، پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی مولار از لحاظ تأثیرگذاری بر قطر طبق مفیدتر بود (شکل۴-۱۲).



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین قطر طبق تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری در ۱۰۰ روز پس از کاشت



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین قطر طبق تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت



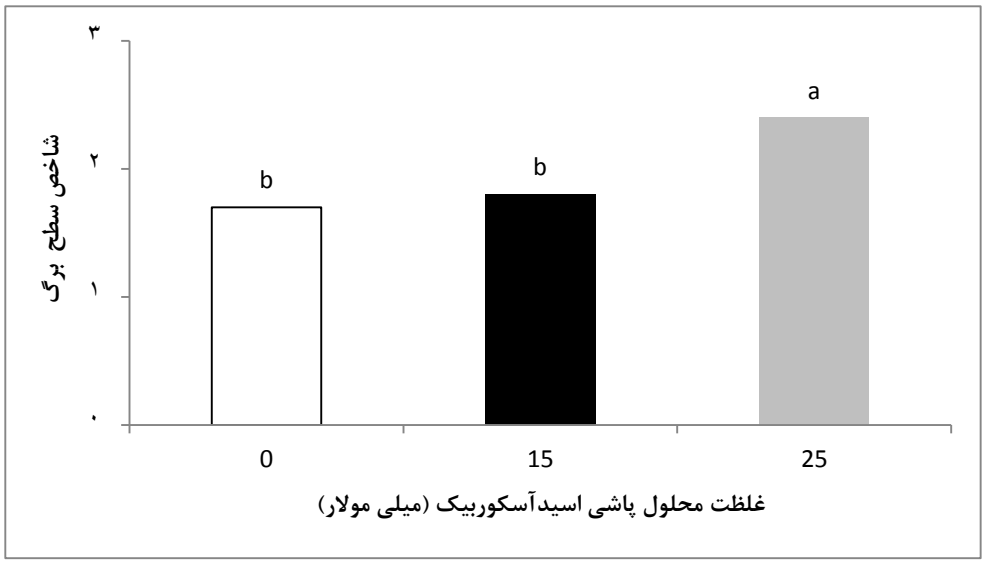
شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین قطر طبق تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت

۴-۵- شاخص سطح برگ

یکی از روش‌های تجزیه عوامل مؤثر در عملکرد و تکامل گیاه، برآورد تجمع مواد فتوسنتزی خالص می‌باشد که در طول زمان به طور طبیعی جمع شده است. تنها راه آن اندازه‌گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک در فواصل مشخص است. شاخص سطح برگ بیان کننده سطح برگ (فقط

یک طرف) به سطح زمین اشغال شده توسط محصول است. شاخص سطح برگ مساوی یک به طور نظری می‌تواند تمام نور برخورد کرده به خودش را دریافت کند، ولی با توجه به شکل برگ، نازکی (نور عبور کرده)، زاویه و مقدار عمودی بودن برگ‌ها، به ندرت تمام نور را دریافت می‌کند. معمولاً شاخص سطح برگ مساوی با ۳ تا ۵ جهت تولید حداکثر ماده خشک برای اغلب محصولات کاشته شده لازم است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۸).

اثر تنش و اثر متقابل آن با غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر شاخص سطح برگ معنی‌دار نشد (جدول پیوست ۱۰). ولی تأثیر غلظت محلول پاشی با اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۰). با افزایش غلظت اسید آسکوربیک مقدار شاخص سطح برگ افزایش یافت. بیشترین مقدار شاخص سطح برگ مربوط به تیمار محلول پاشی شده با غلظت ۲۵ میلی مولار با میانگین ۲/۴ بود که ۴۱/۱۷ درصد بیشتر از تیمار عدم محلول پاشی با اسید آسکوربیک بود (شکل ۴-۱۳).

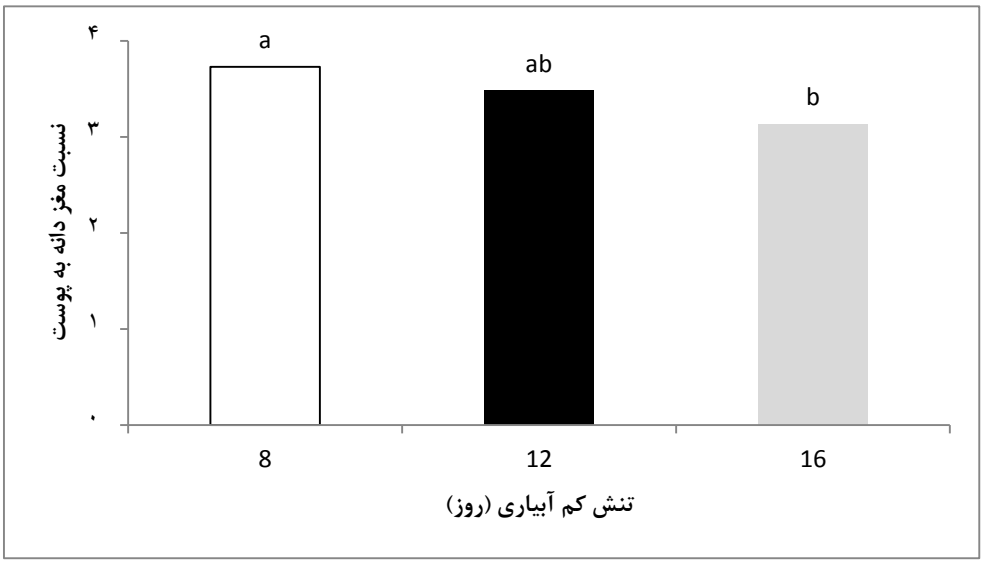


شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت

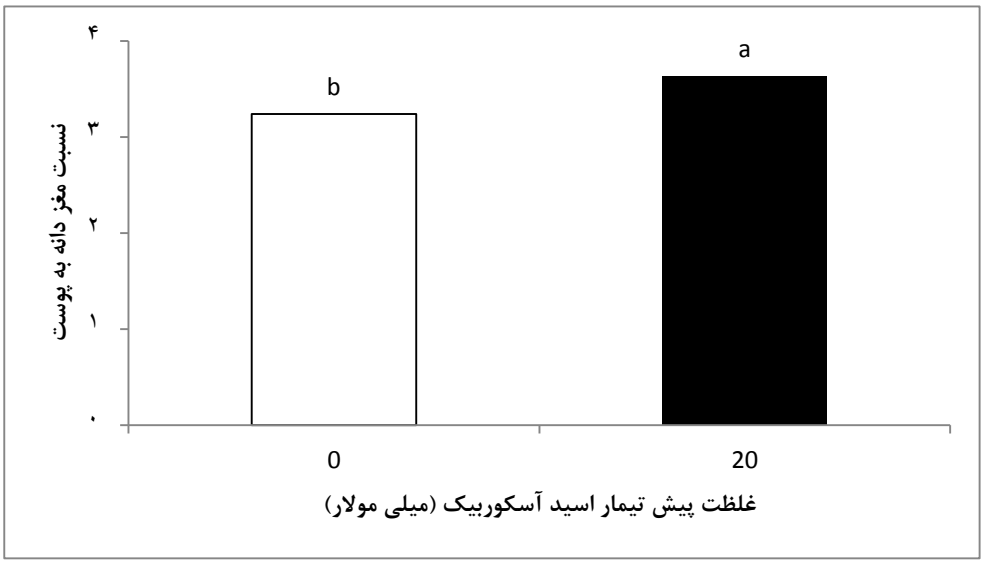
۴-۶- نسبت مغز به پوست دانه

اثر تنش کم آبیاری و اثر غلظت پیش تیمار در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل تنش با غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۱ درصد بر صفت نسبت مغز به پوست دانه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۲). با توجه به شکل ۴- ۱۴ می‌توان دریافت که هر دو سطح تنش ملایم (آبیاری با فواصل ۱۲روز) و تنش شدید (آبیاری با فواصل ۱۶ روز) سبب کاهش مغز به پوست دانه گردیدند. البته کاهش ناشی از تنش ملایم و تنش شدید نسبت به عدم تنش به ترتیب ۶/۷ و ۱۶ درصد بود. همچنین بیشترین مقدار نسبت مغز به پوست از پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی‌مولار به دست آمد که نسبت به شرایط عدم پیش تیمار ۱۲ درصد بیشتر بود (شکل ۴-۱۵).

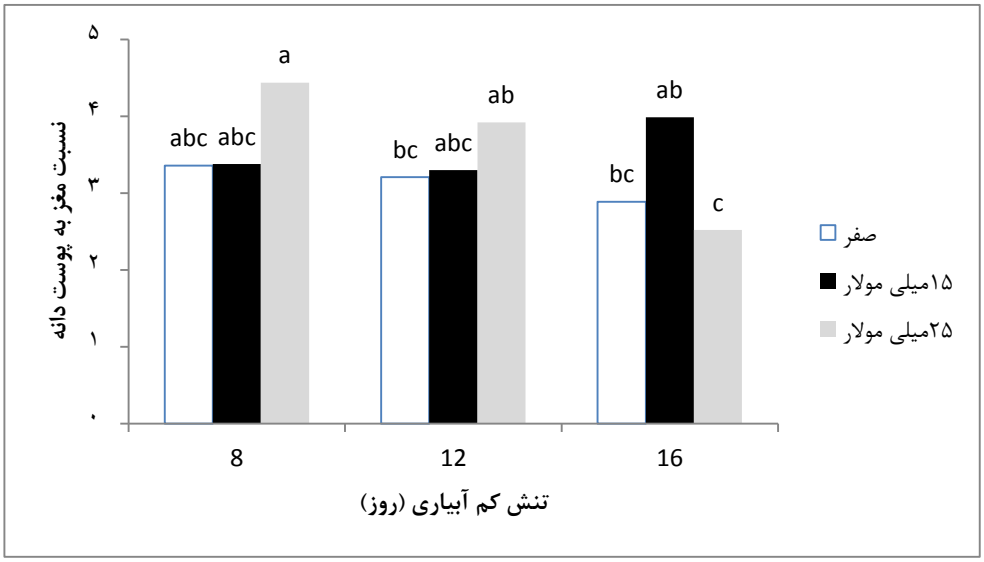
با توجه به اثر متقابل تنش و غلظت محلول پاشی اسید آسکوربیک، محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار در گیاهانی که با فواصل ۸ و ۱۲ روز آبیاری شدند، مفید واقع شد. بیشترین نسبت مغز به پوست دانه (۴/۴۴) در شرایط عدم تنش از محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۵ میلی‌مولار و کمترین (۲/۵۲) در شرایط تنش شدید از محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار حاصل شد. در شرایط تنش شدید محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک مفیدتر بود و اختلاف معنی‌داری را با غلظت ۲۵ میلی‌مولار ایجاد کرد. در شرایط تنش شدید افزایش غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک از صفر تا ۱۵ موجب افزایش ۲۷/۵۶ درصدی در این صفت شد (شکل ۴-۱۶). غلظت آسکوربات درون سلولی با مصرف آسکوربات خارجی افزایش و دهیدرو آسکوربات در شرایط تنش کاهش می‌یابد. مصرف اسید آسکوربیک باعث افزایش فعالیت آنزیم‌ها در برابر تنش می‌شود و از کاهش فتوسنتز در شرایط تنش جلوگیری می‌کند. این ماده به طور غیر مستقیم سبب بهبود عملکرد گیاه می‌شود (دولت آبادیان و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین نسبت مغز به پوست تحت تاثیرسطوح مختلف تنش کم‌آبیاری



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین نسبت مغز به پوست تحت تاثیر غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین نسبت مغز به پوست تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک

۴-۷- عملکرد و اجزای عملکرد

۴-۷-۱- اجزای عملکرد

وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱ درصد از تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک تأثیر پذیرفت. کلیه اثرات متقابل به جز اثر متقابل سه جانبه بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۴). صفت وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش کم آبی و شدیدتر شدن آن کاهش یافت. به طوری که از حدود ۱۲۳/۴۱ گرم در شرایط عدم تنش به حدود ۱۲۲/۷۸ و ۱۰۱/۸۷ گرم به ترتیب در شرایط تنش ملایم و تنش شدید رسید (جدول پیوست ۱۵). همچنین افزایش غلظت محلول پاشی از صفر تا ۲۵ میلی‌مولار افزایش ۱۶ درصدی وزن هزاردانه را در پی داشت (جدول پیوست ۱۵). محلول پاشی با غلظت ۲۵ میلی مولار در شرایط عدم تنش ملایم (۸ روز آبیاری) تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه داشت. بین دو سطح غلظت صفر و ۱۵ از لحاظ آماری در همین شرایط اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین در دو سطح دیگر آبیاری یعنی ۱۲ و ۱۶ روز یک بار که معادل با تنش ملایم و تنش شدید بود، افزایش غلظت اسید آسکوربیک به طور قابل توجهی این صفت را بهبود بخشید. در

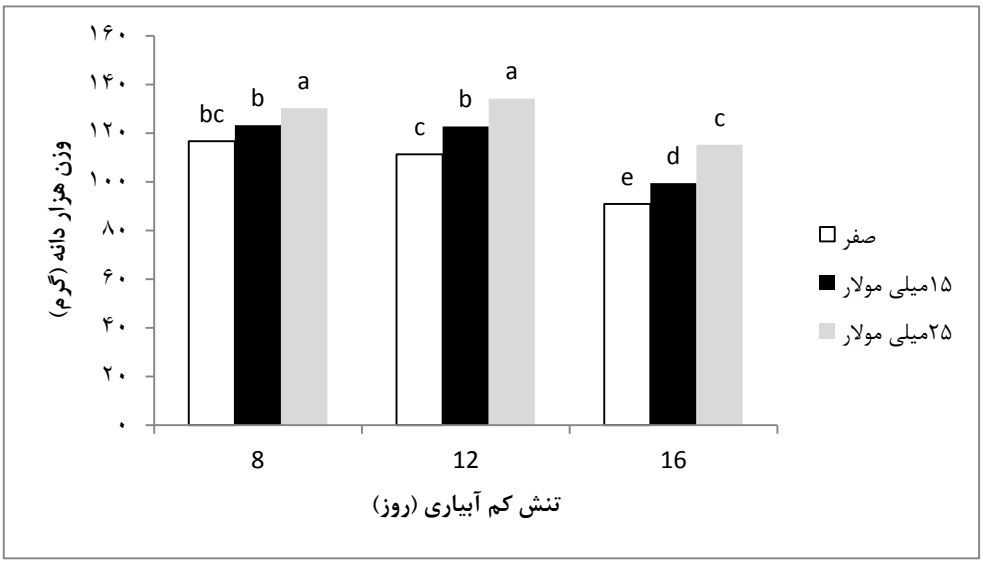
گیاهانی که هر ۱۲ روز یک بار آبیاری می‌شدند، تأثیر محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک به حدی بود که وزن هزار دانه این گیاهان حتی بهتر از شرایط عدم تنش شد. به طور کلی در هر سه سطح تنش، بیشترین وزن هزار دانه از محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار به دست آمد (شکل ۴-۱۷). وزن هزار دانه در بوته‌هایی که در شرایط تنش شدید قرار داشتند و اسید آسکوربیک دریافت نکرده بودند حدود ۹۱ گرم بود که این مقدار در اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱۵ و ۲۵ میلی مولار اسید آسکوربیک در همین شرایط حدود ۹/۴ و ۲۶/۷ درصد افزایش یافت. رحیمی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند کمترین وزن هزار دانه در تیمار شدید کم آبی مشاهده شد که ۱۴ درصد سبک‌تر از حداکثر وزن هزار دانه در تیمار متوسط تنش کم‌آبی بود. در عین حال نتایج دیگری نیز حاکی از تحت تأثیر قرار گرفتن وزن هزار دانه آفتاب‌گردان نسبت به دور آبیاری وجود دارد (گکسوی و همکاران، ۲۰۰۴).

مقایسه بین ترکیبات تیماری حاصل از تنش × غلظت پیش تیمار اسید آسکوربیک نشان داد، در شرایط عدم تنش (۸ روز آبیاری) و تنش ملایم (۱۲ روز آبیاری) پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی‌مولار وزن هزار دانه را بهبود بخشید که البته از لحاظ آماری با عدم پیش تیمار در شرایط عدم تنش و تنش ملایم اختلاف معنی‌داری نداشت. ولی در تنش شدید، پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی‌مولار تأثیر منفی بر این صفت داشت و وزن هزار دانه را حدود ۷/۸۷ درصد کاهش داد (شکل ۴- ۱۸).

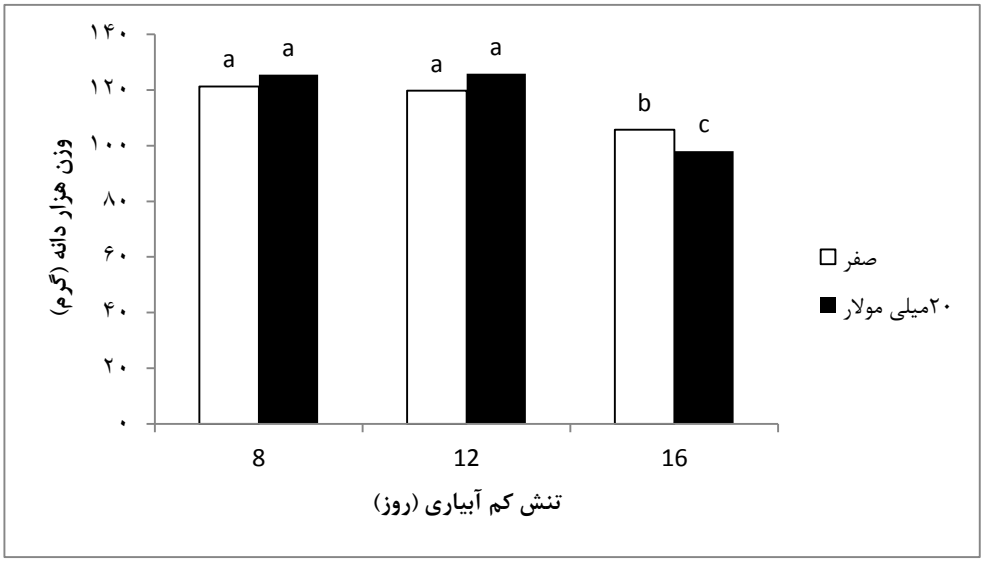
در مورد اثر متقابل محلول‌پاشی × غلظت پیش تیمار با اسید آسکوربیک، بیشترین وزن هزار دانه معادل ۱۲۷/۹۱ گرم در شرایط محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی-مولار مشاهده شد که از لحاظ آماری در گروه برتر قرار گرفت که البته اختلاف قابل توجهی با عدم پیش تیمار در همین شرایط نداشت و در واقع نشان می‌دهد که اثر محلول پاشی بسیار مؤثرتر از پیش تیمار بوده است. کمترین وزن هزار دانه معادل ۱۰۴/۶۳ گرم از ترکیب تیماری عدم محلول‌پاشی و پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی‌مولار حاصل شد که اختلاف جزئی با عدم پیش تیمار در همین شرایط

داشت. این در حالی است که در هر دو غلظت محلول‌پاشی یعنی ۱۵ و ۲۵ میلی مولار، پیش تیمار با اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی‌مولار مقادیر بالاتری از وزن هزار دانه را نشان دادند (شکل ۴-۱۹).

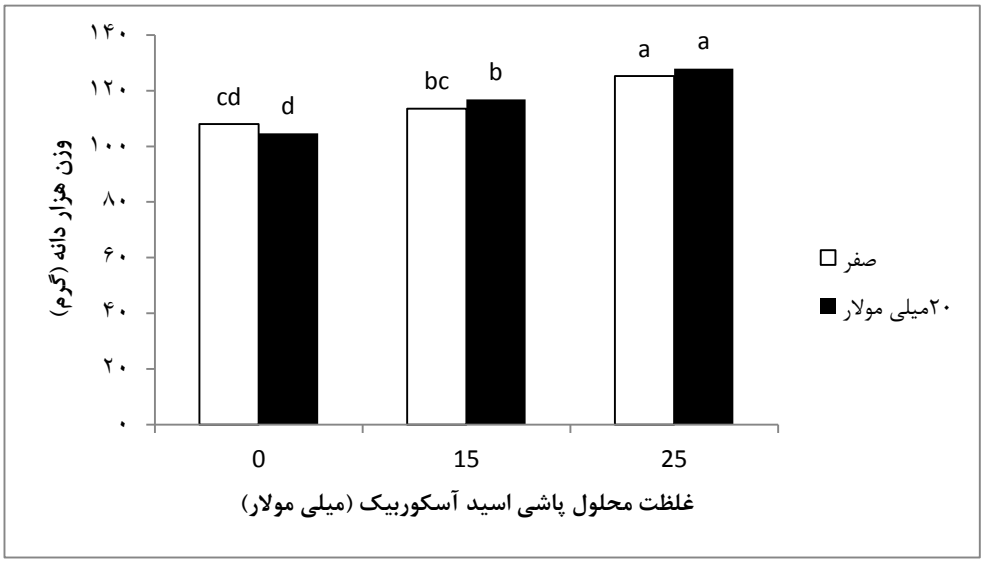
از بین منابع تغییر تنها اثر اصلی تنش و اثر متقابل آن با غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر تعداد دانه در طبق اثر معنی‌داری داشتند (جدول پیوست ۱۴). از لحاظ تأثیرگذاری بر تعداد دانه در طبق محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۵ میلی مولاردر شرایط عدم تنش مفید واقع شد و به طور کلی بیشترین تعداد دانه در طبق (۱۳۲۴/۱۶) را در بین ترکیبات تیماری مورد مطالعه ایجاد کرد. در دو سطح تنش دیگر یعنی ۱۲ و ۱۶ روز تفاوت معنی‌داری بین سه غلظت محلول‌پاشی صفر، ۱۵ و ۲۵ میلی‌مولار وجود نداشت اگرچه عدم محلول‌پاشی در هر دو سطح تنش ذکر شده برتر بود (شکل ۴- ۲۰) همچنین به طور کلی در شکل ۴- ۲۰ قابل مشاهده است که گیاهانی که با فواصل ۸ و ۱۲ روز آبیاری شدند تعداد دانه در طبق بیشتر از گیاهان آبیاری شده با فواصل ۱۶ روز بود که این اختلاف همان‌طور که در جدول پیوست ۲۰ نیز مشاهده می‌شود قابل توجه و معنی‌دار است. رحیمی-زاده و همکاران (۱۳۸۹) بیان نمودند که کمترین تعداد دانه در طبق در شرایط تنش شدید کم آبی به دست آمد که ۲۷ درصد کمتر از تیمار عدم تنش بود. تعداد دانه در طبق تأثیر قابل توجهی بر عملکرد بذر آفتاب‌گردان دارد و بیش از وزن هزار دانه تحت تأثیر شرایط محیط رشد قرار می‌گیرد. غفاری و پاشاپور (۲۰۰۶) اعلام نمودند که در شرایط تنش، تعداد دانه در طبق عامل تثبیت کننده عملکرد در ارقام مقاوم می‌باشد. عرب (۱۳۹۱) 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.



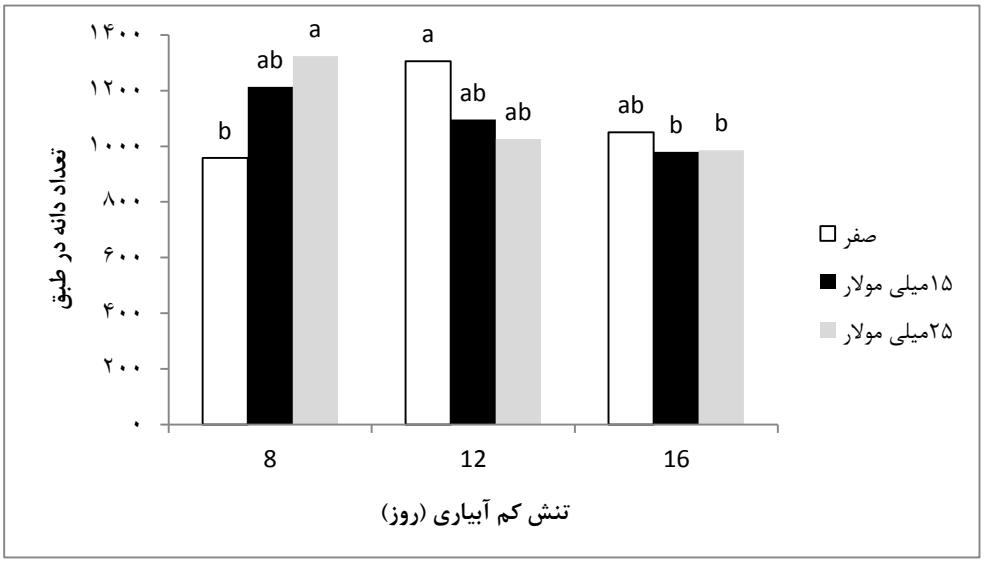
شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک



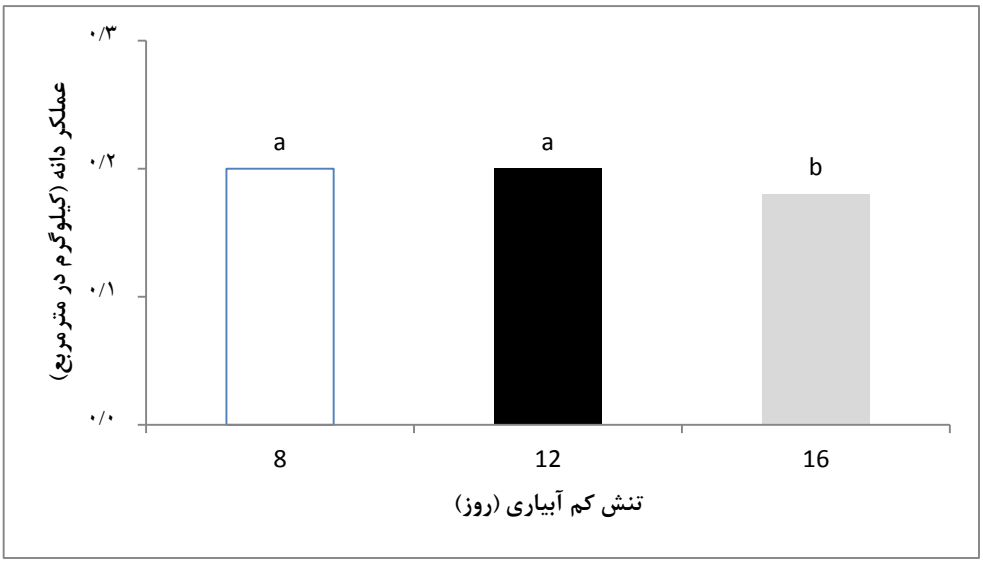
شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین تعداد دانه در طبق تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک

۴-۷-۲- عملکرد

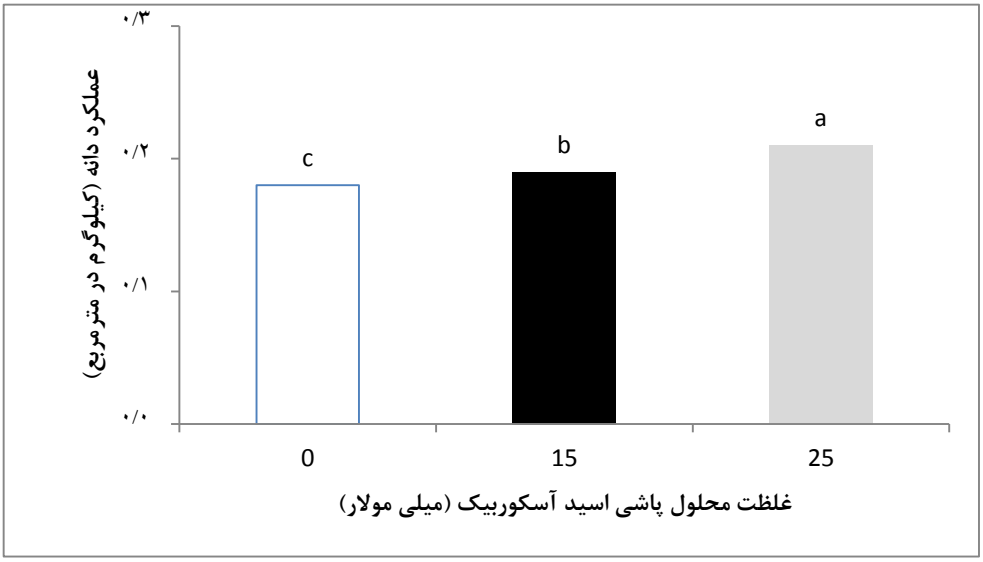
تنها اثر اصلی تنش کم آبی و غلظت‌های محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۴). بیشترین عملکرد معادل ۰/۲ کیلوگرم در مترمربع در تیمار آبیاری

۸ و ۱۲ روز یک بار اندازه‌گیری شد. تنش شدید موجب کاهش شدید و معنی‌دار عملکرد دانه به میزان ۰/۰۲۴ کیلوگرم در مترمربع گردید (شکل ۴- ۲۱). گزارش شده است که تنش کم‌آبی موجب کاهش عملکرد عملکرد دانه آفتاب‌گردان گردید و کمترین عملکرد در شرایط تنش کم‌آبی شدید حاصل شد. عملکرد تیمار عدم تنش و تنش ملایم کم آبی اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (رحیمی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). کاهش عملکرد در شرایط تنش شدید کم آبی متأثر از کاهش تعداد دانه در طبق بوده است. اغلب نتایج محققین نیز حاکی از تأثیر منفی و معنی‌دار تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتاب‌گردان به خصوص در دوره گلدهی می‌باشد (گکسوی و همکاران، ۲۰۰۴).

با افزایش غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک عملکرد دانه به طور معنی‌داری بهبود یافت، به طوری که بالاترین عملکرد دانه از گیاهان محلول‌پاشی شده با غلظت ۲۵ میلی‌مولار در حدود ۰/۲۱ کیلوگرم در مترمربع به دست آمد که نسبت به کمترین میزان آن در تیمار عدم محلول‌پاشی (۰/۱۸ کیلوگرم در مترمربع) بیش از ۱۴/۲۸ درصد افزایش داشت (شکل ۴- ۲۲). شایان ذکر است که بین غلظت‌های صفر، ۱۵ و ۲۵ میلی‌مولار از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت (شکل ۴- ۲۲). محمدی (۱۳۹۱) گزارش کرد افزایش غلظت محلول‌پاشی از صفر تا ۲۵ سبب افزایش ۱۰۸ درصدی عملکرد دانه گردید. اسید آسکوربیک به علت دارا بودن خواص آنتی‌اکسیدانی با جلوگیری از کاهش میزان کلروفیل موجب تولید بیشتر مواد فتوسنتزی شده و عملکرد گیاه را در شرایط تنش افزایش داده است.



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری



شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک

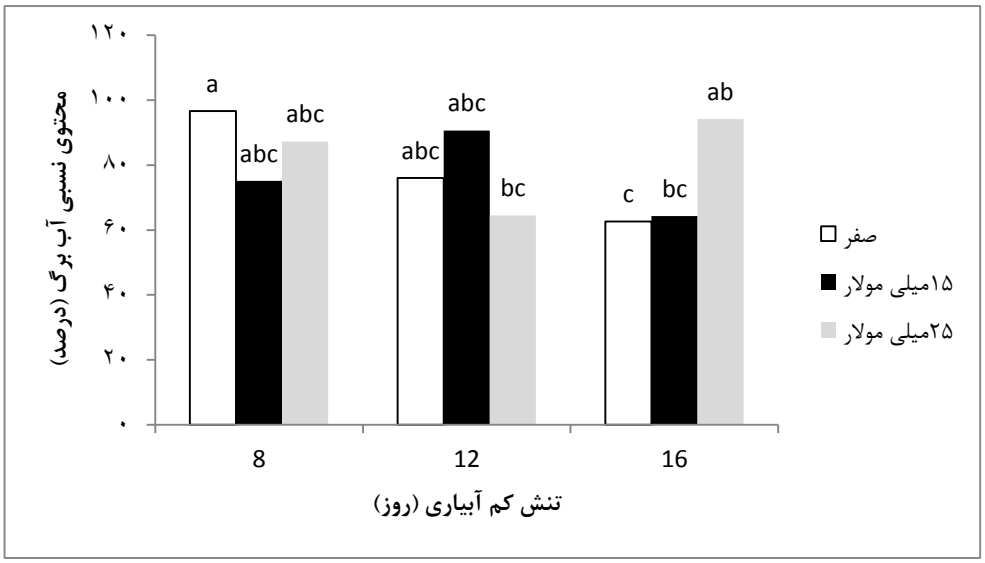
۴-۸- صفات فیزیولوژیک

۴-۸-۱- محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ بالاتر به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتری آب در شرایط تنش است. ژنوتیپ‌هایی که بدون بستن روزنه‌های خود توانایی حفظ آب بیشتری دارند برای مناطق کم‌آب

مناسب‌اند. محتوای نسبی آب برگ بالاتر از طریق قابلیت تنظیم اسمزی و یا توانایی ریشه در جذب آب حاصل می‌شود. محتوای نسبی آب برگ شاخص مناسبی برای گزینش در جهت مقاومت به کم‌آبی در مقایسه با پتانسیل آب برگ می‌باشد. ارقام مقاوم به کم‌آبی محتوای نسبی آب برگ بیشتری در مقایسه با ارقام حساس دارند. محتوای نسبی آب برگ تعادل بین آب تأمین شده برای برگ و سرعت تعرق را بهتر از سایر اجزای روابط آبی نشان می‌دهد، بنابراین آن را شاخص مناسبی برای نشان دادن وضعیت آبی برگ دانسته‌اند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). 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).

از بین منابع تغییر تنها اثر متقابل تنش با غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر مقدار نسبی آب برگ اثر معنی‌داری داشت (جدول پیوست ۱۶). بیشترین مقدار آب نسبی برگ معادل ۹۶/۶ درصد از ترکیب تیماری عدم تنش × عدم محلول‌پاشی و کمترین مقدار آن معادل ۶۲/۶۱ درصد از ترکیب تیماری تنش شدید × عدم محلول‌پاشی حاصل گردید. در شرایط تنش ملایم، مقدار آب نسبی ثبت شده برای محلول پاشی با غلظت ۱۵ میلی‌مولار حدود ۹۱ درصد بود که البته اختلاف معنی‌داری با عدم محلول‌پاشی و محلول پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار در همین شرایط نداشت. در شرایط تنش شدید محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار مقدار آب نسبی برگ را به طور چشمگیری بهبود بخشید طوری که نسبت به عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ میلی‌مولار در همین شرایط به ترتیب ۳۱/۵۸ و ۲۹/۸۶ درصد بیشتر بود (شکل ۴- ۲۳).



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت-های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در ۱۰۰ روز پس از کاشت

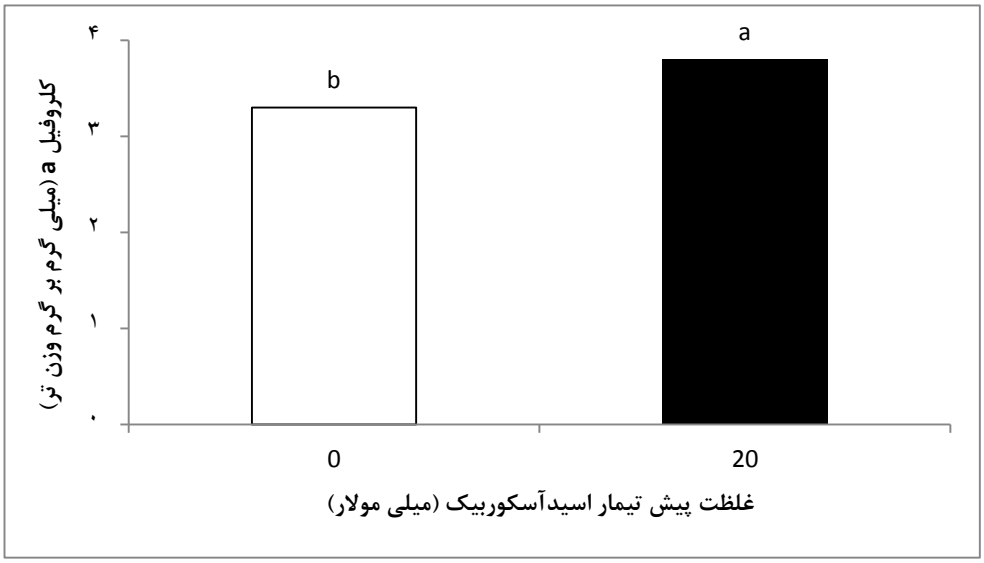
۴-۸-۲- کلروفیل

۴-۸-۲-۱- کلروفیل a

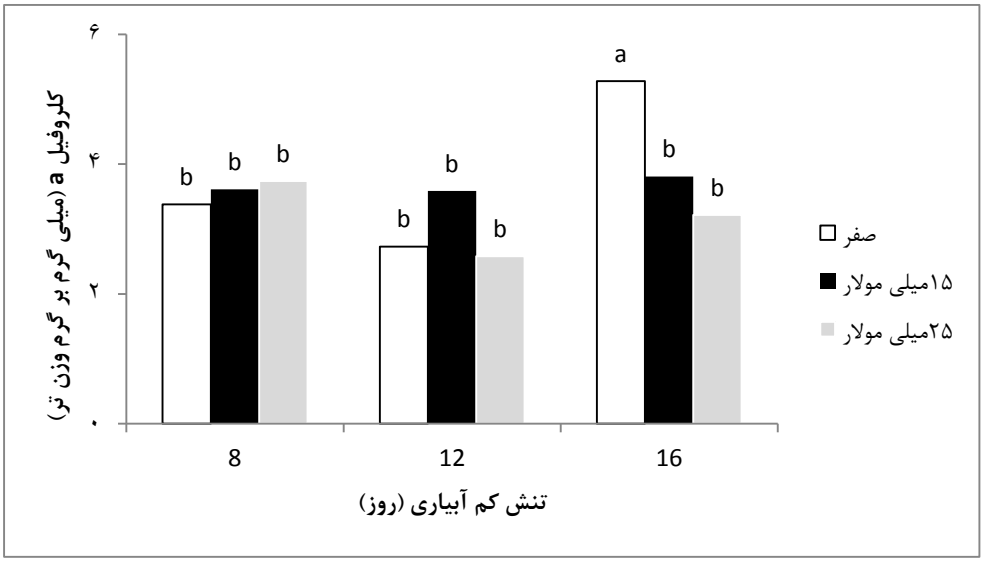
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی غلظت پیش تیمار اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل تنش کم آبیاری × غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۸). بیشترین مقدار کلروفیل a معادل (۳/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی‌مولار به دست آمد که نسبت به عدم پیش تیمار حدود ۱۳ درصد بیشتر بود (شکل ۴-۲۴).

با توجه به اثر متقابل تنش × غلظت محلول‌پاشی، بیشترین مقدار کلروفیل a (۵/۲۸ میلی‌گرم بر گرم) در شرایط تنش شدید (آبیاری با فواصل ۱۶ روز) و عدم محلول‌پاشی حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با سایر ترکیبات تیماری داشت (شکل ۴- ۲۵). با افزایش سطح تنش میزان کلروفیل a افزایش یافت. در جدول پیوست ۱۹ مشاهده می‌شود که دو برابر شدن فاصله آبیاری از ۸ تا ۱۶ روز موجب افزایش ۳۶ درصدی در کلروفیل a شد که البته به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در شرایط تنش ملایم، محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ میلی مولار بیشترین کلروفیل a را سبب شد که از لحاظ آماری در گروه برتر قرار گرفت و کلروفیل a را در حدود ۲۴ درصد افزایش داد. ولی محلول‌پاشی با غلظت ۲۵

میلی‌مولار مفید واقع نشد و کلروفیل a را نسبت به دو سطح غلظت محلول‌پاشی دیگر یعنی صفر و ۱۵ به ترتیب ۵/۴۷ و ۲۸/۰۳ درصد کاهش داد که البته معنی‌دار نبود (شکل ۴- ۲۵) همچنین در شکل ۴- ۲۵ ملاحظه می‌گردد در شرایط تنش شدید افزایش غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک از صفر تا ۲۵ میلی‌مولار موجب کاهش کلروفیل a گردید. این نتیجه در حالی رقم خورد که انتظار می-رفت اسید آسکوربیک موجب افزایش کلروفیل a در شرایط تنش گردد. گزارش شده است مصرف اسید آسکوربیک در فاز زایشی و تنش رویشی گیاه ذرت سبب افزایش کلروفیل a نسبت به شاهد گردید که بر خلاف نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌باشد (دولت آبادیان و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین عملکردکلروفیل a تحت تاثیر غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک



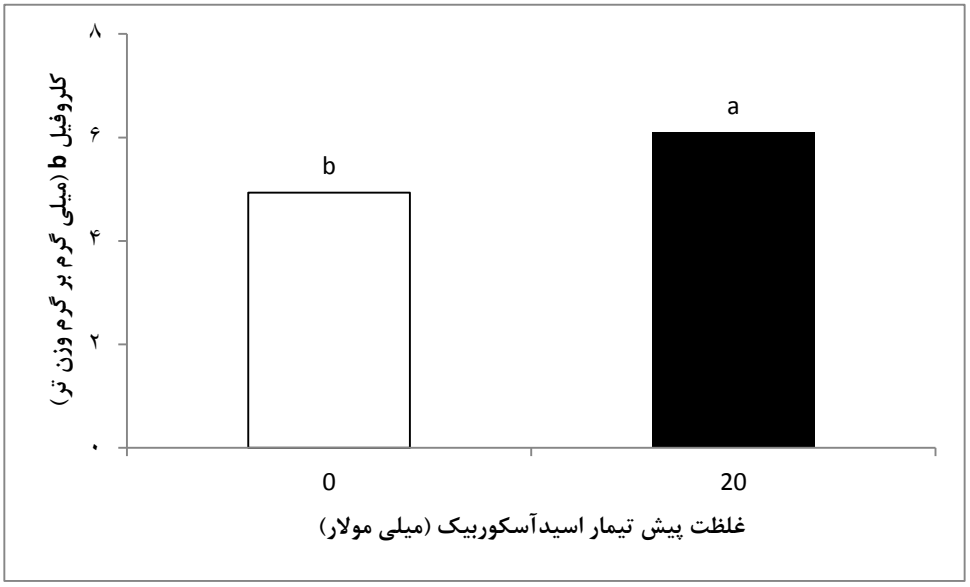
شکل ۴- ۲۵- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک

۴-۸-۲-۲- کلروفیل b

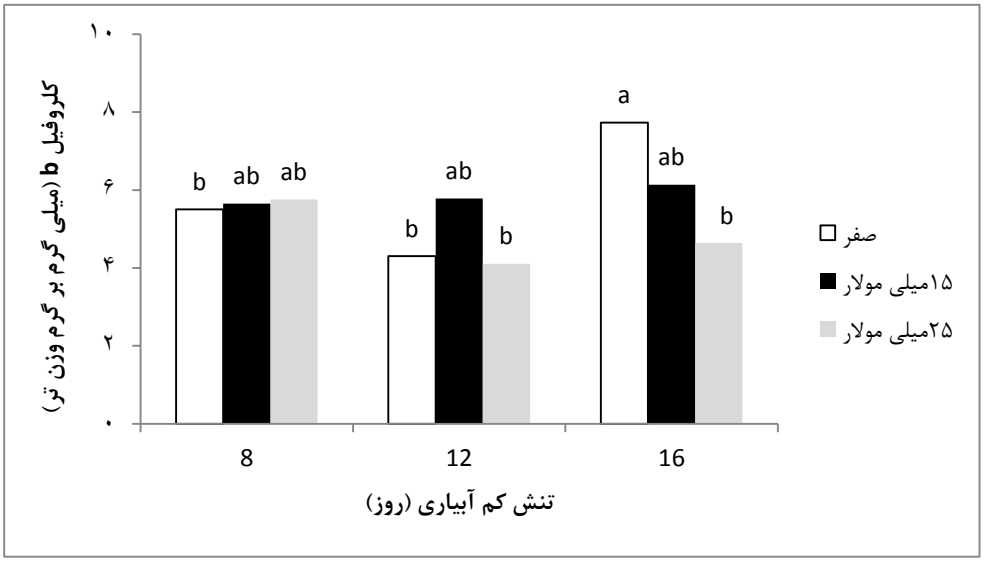
اثر اصلی تنش کم آبیاری و اثر اصلی پیش تیمار اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۱ درصد و اثر اصلی محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و اثر متقابل تنش × غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۸). برای کلروفیل b نتایجی مشابه کلروفیل a رقم خورد به طوری بیشترین کلروفیل b معادل ۶/۰۹ میلی‌گرم بر گرم از پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی مولار به دست آمد که نسبت به عدم پیش تیمار ۱۹ درصد بیشتر بود (شکل ۴-۲۶).

با توجه به اثر متقابل تنش با غلظت محلول‌پاشی، بیشترین کلروفیل b معادل ۷/۷۳ میلی‌گرم بر گرم در شرایطی به دست آمد که گیاهان هر ۱۶ روز یک بار آبیاری شدند و محلول‌پاشی در آنها صورت نگرفت. این در حالی است که در همین شرایط وقتی محلول پاشی با غلظت‌های ۱۵ و ۲۵ میلی‌مولار صورت گرفت، کلروفیل b به ترتیب ۲۰/۶۹ و ۳۹/۹۷ درصد کاهش نشان داد که البته از لحاظ آماری تنها با غلظت ۲۵ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری ایجاد شد. در شرایط عدم تنش کلروفیل b ثبت شده برای غلظت ۲۵ میلی‌مولار ۴/۰۳ میلی گرم بر گرم بود که به طور جزئی بالاتر از دو غلظت دیگر یعنی صفر و ۱۵ میلی‌مولار قرار داشت. در تنش ملایم نتیجه متفاوتی دیده شد. در این شرایط کاربرد خارجی اسید آسکوربیک با غلظت ۱۵ میلی‌مولار مفیدتر واقع شد به طوری که حتی

کلروفیل b ثبت شده بیشتر از دو غلظت ۱۵ و ۲۵ میلی‌مولار در شرایط عدم تنش بود (شکل ۴- ۲۷) همچنین در شکل ۴- ۲۷ ملاحظه می‌گردد در شرایط تنش شدید افزایش غلظت اسید آسکوربیک مصرفی موجب کاهش قابل توجهی در کلروفیل b شد که بیانگر عدم تأثیر اسید آسکوربیک در خنثی نمودن اثر تنش بوده است. بنابراین از نتایج بدست آمده چنین استنباط می‌شود که اگر گیاه در شرایط نرمالی رشد کرده باشد غلظت‌های بالای اسید آسکوربیک می‌تواند کلروفیل b را بهبود ببخشد و چنانچه گیاه در معرض کم آبی قرار گیرد غلظت‌های پایین‌تر اسید آسکوربیک مفید خواهد بود. همبستگی مثبت بین غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای و غلظت کلروفیل b تحت تنش نشان می‌دهد که در ارقام دارای مقادیر بیشتر کلروفیل b فرآوری دی اکسید کربن بیشتر است. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین هدایت مزوفیلی و کلروفیل b ممکن است بر این موضوع دلالت داشته باشد که کاهش غلظت کلروفیل b تحت تنش کم آبی عامل مهمی در کاهش هدایت مزوفیلی است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین عملکردکلروفیل b تحت تاثیر غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک

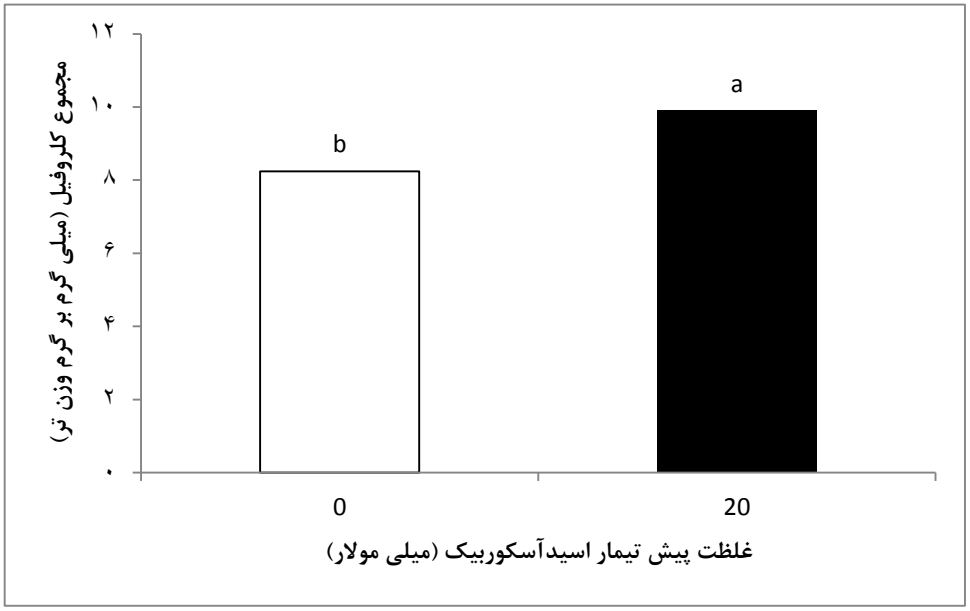


شکل ۴- ۲۷- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک

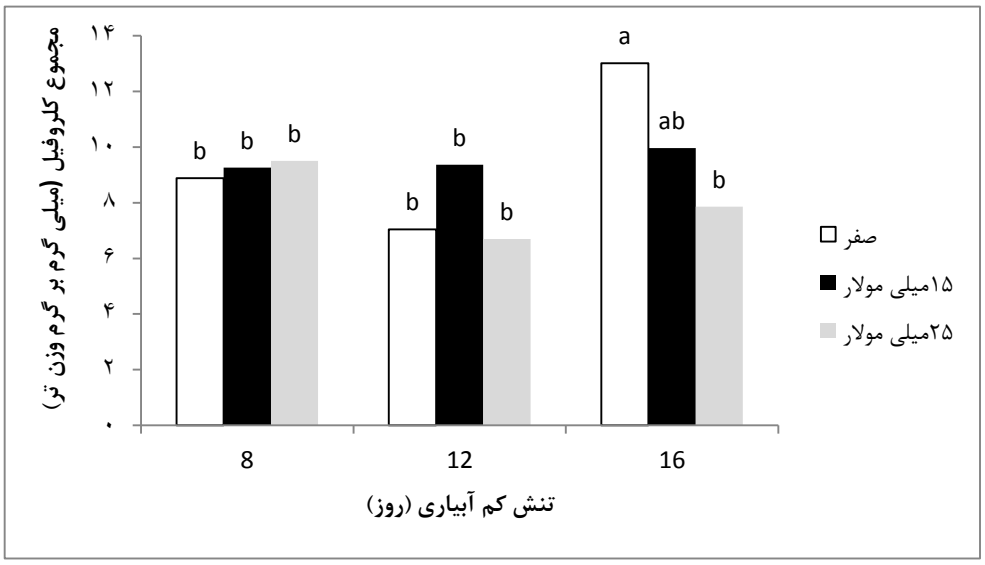
۴-۸-۲-۳- مجموع کلروفیل a و b

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش کم آبیاری (p <۰/۰۵)، اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک (p <۰/۰۱) و اثر متقابل آن‌ها (p <۰/۰۱) و اثر پیش تیمار اسید آسکوربیک (p <۰/۰۵) بر مجموع کلروفیل معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۸). همانند نتایجی که برای کلروفیل a و b به دست آمد، پیش تیمار سبب افزایش مجموع کلروفیل گردید. پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی-مولار مجموع کلروفیل را حدود ۱۶/۶۸ درصد افزایش داد و اختلاف معنی‌داری با عدم پیش تیمار ایجاد کرد (شکل ۴-۲۸).

با توجه به اثر متقابل تنش و غلظت محلول پاشی اسید آسکوربیک، بیشترین مجموع کلروفیل (۹/۱۱ میلی‌گرم بر گرم) در شرایط تنش شدید (آبیاری با فواصل ۱۶ روز) و عدم محلول‌پاشی حاصل شد که به طور قابل توجه و معنی‌داری بیشتر از سایر ترکیبات تیماری مورد مطالعه بود. در شرایط تنش ملایم (آبیاری با فواصل ۱۲ روز) غلظت ۱۵ میلی‌مولار سبب افزایش مجموع کلروفیل شد. در شرایط تنش شدید غلظت‌های بالای اسید آسکوربیک مفید نبود (شکل ۴- ۲۹).



شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین مجموع کلروفیل تحت تاثیر غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک



شکل ۴- ۲۹- مقایسه میانگین مجموع کلروفیل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک

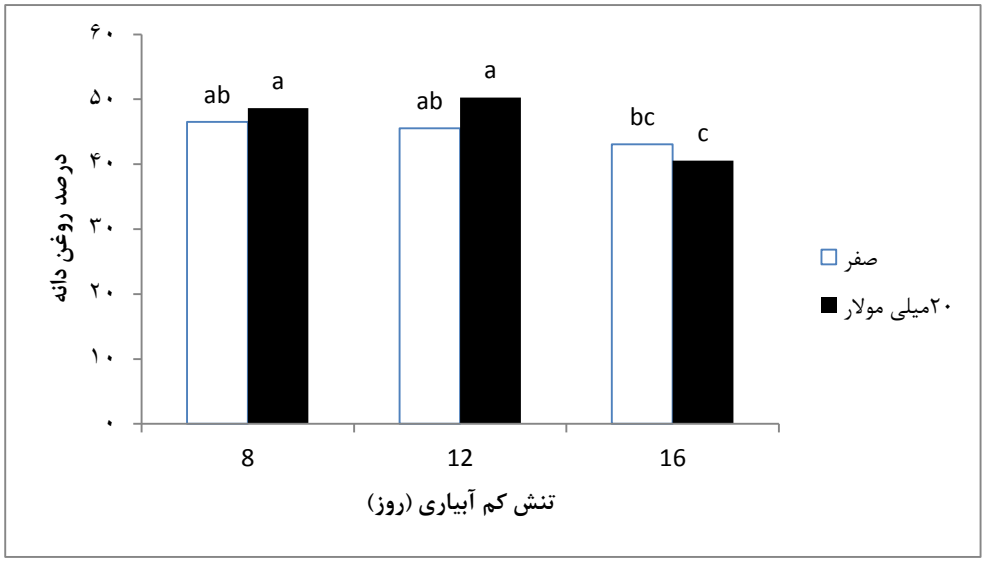
۴-۹- صفات کیفی

۴-۹-۱- درصد و عملکرد روغن دانه

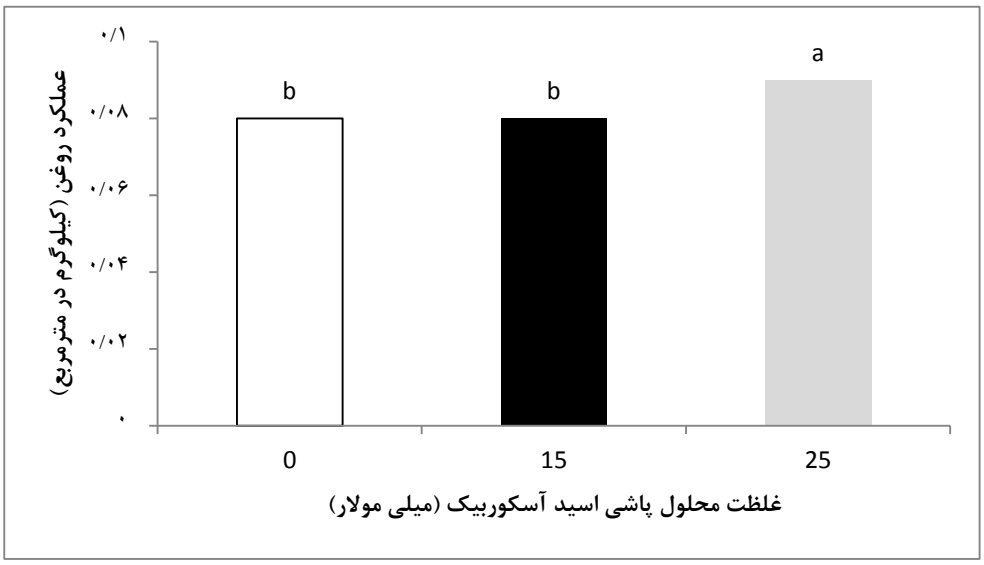
تنش کم آبی در مراحل رشد رویشی، گلدهی و پرشدن دانه موجب کاهش درصد روغن در گیاه آفتاب‌گردان می‌شود (سیه‌جانی و همکاران، ۱۳۸۹). نتایج حاصل از تجزیه واریانس روغن دانه در جدول پیوست ۲۰ نشان داده شده است. اثر اصلی تنش کم آبیاری ($p < ۰/۰۵$) و اثر متقابل آن با غلظت پیش تیمار اسید آسکوربیک ($p < ۰/۰۱$) بر میزان روغن دانه معنی‌دار گردیدند (جدول پیوست ۲۰). با افزایش شدت تنش میزان روغن دانه کاهش یافت (جدول پیوست ۲۱). با توجه به اثر متقابل تنش با غلظت پیش تیمار، در گیاهانی که با فواصل ۸ و ۱۲ روز آب دریافت کردند، روغن دانه تقریبا به یک اندازه بود و تفاوت قابل توجهی بین دو غلظت پیش تیمار یعنی صفر و ۲۰ میلی‌مولار وجود نداشت ولی در شرایط تنش شدید وقتی پیش تیمار با اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی‌مولار در گیاهان انجام شد، میزان روغن دانه ۷/۳۱ درصد کمتر از عدم پیش تیمار گیاهان بود که البته از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ایجاد نشد (شکل ۴-۳۰). گزارش شده است در کنجد درصد روغن به دست آمده از گیاهانی که با فواصل ۲۵ روز آبیاری شدند (تنش) ۱۹/۵۳ درصد کمتر از گیاهانی بود که هر ۱۵ روز (عدم تنش) آبیاری شدند (انصار، ۱۳۹۱).

عملکرد روغن از حاصلضرب عملکرد در درصد روغن دانه به دست آمد. اثر تنش کم آبیاری، غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و اثر متقابل تنش × غلظت پیش تیمار در سطح احتمال ۱ درصد و اثر غلظت پیش تیمار در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد روغن معنی‌دار شد (جدول پیوست ۲۰). بیشترین عملکرد روغن معادل ۰/۰۹۵ کیلوگرم در مترمربع از محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار به دست آمد که نسبت به دو غلظت دیگر یعنی صفر و ۱۵ میلی‌مولار حدود ۱۱/۱۱ درصد بیشتر بود (شکل ۴-۳۱).

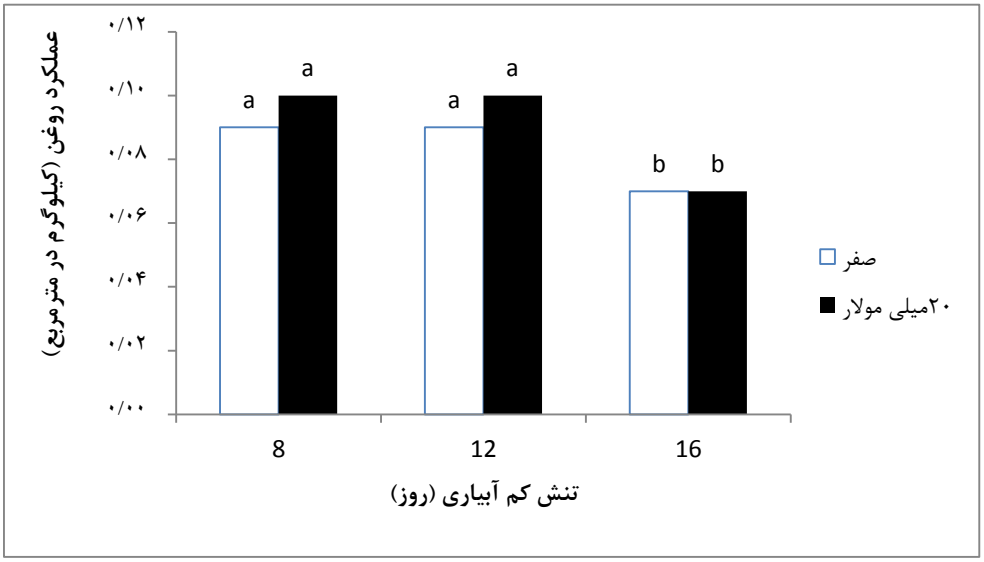
در مورد اثر دو جانبه‌ی تنش و غلظت پیش تیمار اسید آسکوربیک، پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی‌مولار در شرایط عدم تنش و تنش ملایم تأثیر مثبت و مساوی بر این صفت داشت و بالاترین مقدار (۰/۱ کیلوگرم در مترمربع) را ایجاد کرد. البته افزایش مشاهده شده معنی‌دار نبود. پیش تیمار بذر در شرایط تنش شدید اثری نداشته به طوری که در مجموع کمترین عملکرد روغن (۰/۰۷۲ کیلوگرم در مترمربع) در این شرایط (آبیاری با فواصل ۱۶ روز) مشاهده شد (شکل ۴-۳۲).



شکل ۴- ۳۰- مقایسه میانگین درصد روغن تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک



شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین عملکرد روغن تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک روز پس از کاشت



شکل ۴- ۳۲- مقایسه میانگین عملکرد روغن تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های مختلف پیش تیمار اسید آسکوربیک

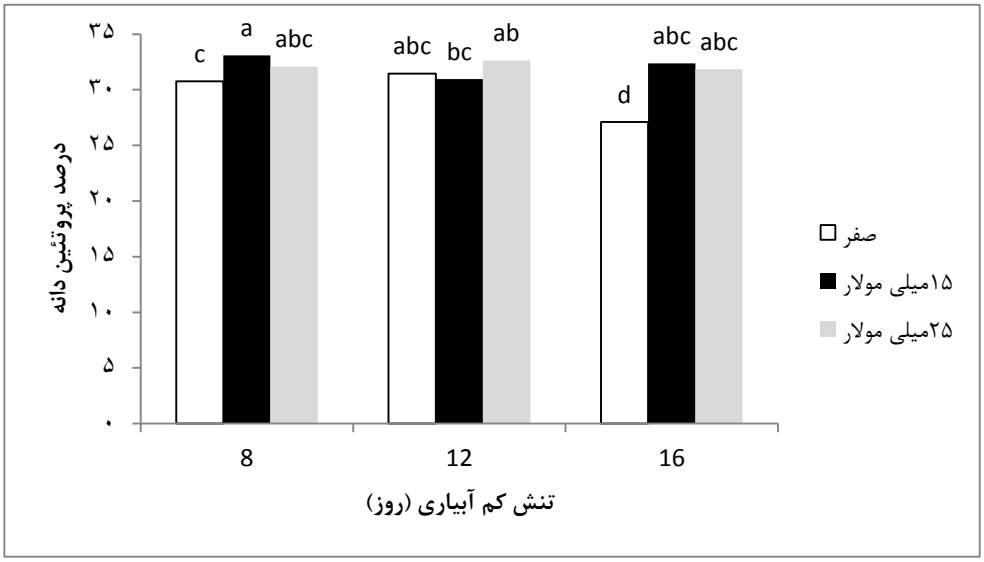
۴-۹-۲- درصد و عملکرد پروتئین دانه

اثر تنش کم آبیاری و اثر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و اثر متقابل دو جانبه تنش × غلظت محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲۰). تنش کم‌آبی سبب کاهش میزان پروتئین دانه گردید (جدول پیوست ۲۱). از بین ترکیبات تیماری مورد مطالعه بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش و محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ میلی‌مولار بود و کمترین درصد پروتئین از ترکیب تیماری تنش شدید و عدم محلول‌پاشی به دست آمد (شکل ۴- ۳۳). فاصله بین بیشترین و کمترین درصد پروتئین دانه ثبت شده حدود ۱۸ درصد بود. در شکل ۴- ۳۳ مشاهده می‌گردد که به طور کلی در هر سه سطح آبیاری محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک موجب بهبود درصد پروتئین دانه گردید. به طوری که در سه سطح ۸، ۱۲ و ۱۶ روز یک بار آبیاری، محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی مولار نسبت به عدم محلول-پاشی به ترتیب موجب ارتقاء ۴/۱۱، ۳/۶۱ و ۱۴/۹۴ درصدی در پروتئین گردید. اهمیت این موضوع در شرایط تنش شدید بیشتر بود چرا که افت شدید به وجود آمده در پروتئین دانه در اثر تنش توسط

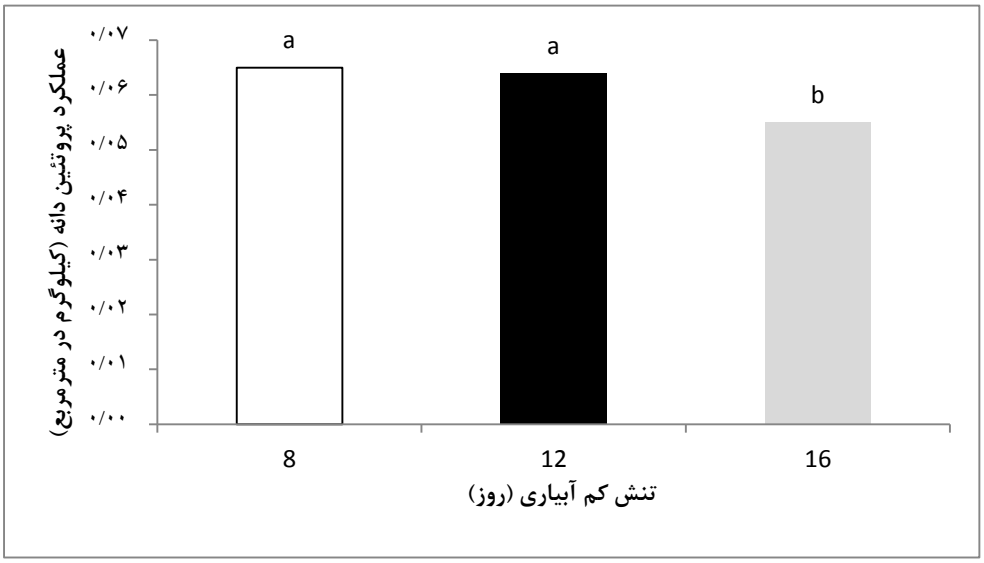
محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک به طور کامل بهبود یافت. البته همان طور که هم در شکل ۴- ۳۳ و هم در جدول پیوست ۲۱ مشاهده می‌گردد بین دو غلظت اسید آسکوربیک اختلاف قابل توجهی از لحاظ تأثیرگذاری بر درصد پروتئین دانه وجود نداشت.

عملکرد پروتئین از حاصلضرب عملکرد در درصد پروتئین دانه به دست آمد. بر خلاف درصد پروتئین دانه اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی معنی‌دار نشد. ولی تأثیر تنش کم آبی و غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۲۰). افزایش شدت تنش موجب کاهش عملکرد پروتئین دانه از حدود ۰/۰۶۵ کیلوگرم در مترمربع در تیمار عدم تنش آبیاری به حدود ۰/۰۵۵ کیلوگرم در مترمربع در آبیاری ۱۶ روز یک بار شد. اختلاف کاهش عملکرد پروتئین دانه در تیمار عدم تنش و تنش ملایم معنی‌دار نبود (شکل ۴-۳۴ و جدول پیوست ۲۱). کاهش عملکرد پروتئین تحت شرایط تنش شدید کم آبی در پژوهش عرب (۱۳۹۱) نیز گزارش شده است.

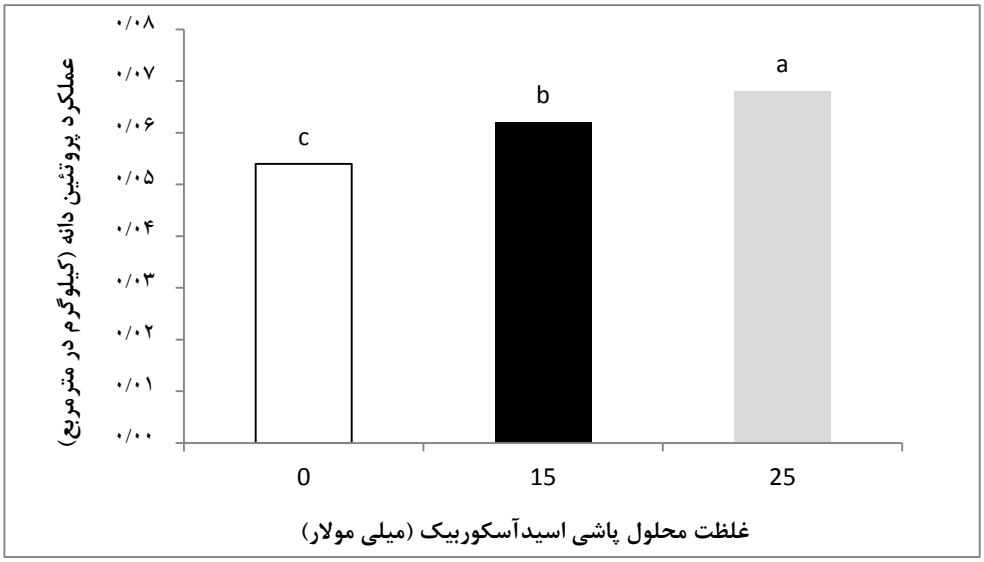
همانند نتایجی که برای درصد پروتئین و نیز عملکرد دانه به دست آمد، محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک سبب افزایش عملکرد پروتئین دانه گردید. محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ میلی‌مولار عملکرد پروتئین دانه را حدود ۷/۵ درصد افزایش داد و اختلاف معنی‌داری را با دو غلظت صفر و ۱۵ میلی-مولار از لحاظ آماری ایجاد کرد (شکل ۴-۳۵ و جدول پیوست ۲۱). گزارش شده است ۵ برابر شدن غلظت محلول پاشی (۲۵ میلی مولار) سبب افزایش ۱۵۰/۷ درصدی عملکرد پروتئین دانه گردید (محمدی، ۱۳۹۱). به عقیده شالاتا و نیومن (۲۰۰۱) اسید آسکوربیک با کاهش اثر مخرب تنش شدید از افزایش فعالیت آنزیم‌ها جلوگیری می‌کند. آنها معتقدند کاربرد خارجی اسید آسکوربیک سبب می-شود تا مکانیزم‌های آنتی‌اکسیدانی فعال شوند و گیاه تحت تنش مقاومت لازم را در مقابل تنش احراز کند.



شکل ۴- ۳۳- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک



شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری



شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی اسید آسکوربیک روز پس از کاشت

۴-۱۰- نتیجه گیری

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

۱- تنش کم آبیاری موجب کاهش برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک از جمله وزن خشک ساقه، وزن خشک طبق، ارتفاع، قطر ساقه، وزن هزار دانه، درصد روغن و پروتئین دانه گردید.

۲- تنش کم آبیاری سبب افزایش شاخص سطح برگ و کلروفیل a و b شد.

۳- محلول‌پاشی با غلظت‌های بالای اسید آسکوربیک موجب افزایش برخی صفات از قبیل شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ، ساقه و طبق، قطر ساقه، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، و عملکرد پروتئین دانه گردید.

۴- بیشترین میزان وزن خشک برگ، ساقه، ارتفاع و تعداد دانه در طبق در ترکیب تیماری عدم تنش و غلظت ۲۵ میلی مولار اسید آسکوربیک مشاهده شد.

۵- در اکثر صفات تفاوت معنی‌داری بین دو زمان غلظت پیش تیمار یعنی صفر و ۲۰ میلی‌مولار وجود نداشت اما پیش تیمار با غلظت ۲۰ میلی‌مولار، وزن هزار دانه و عملکرد پروتئین دانه را بهبود بخشید.

۴-۱۱- پیشنهادات

۱- این احتمال وجود دارد که پاسخ سایر گیاهان به محلول‌پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک متفاوت باشد، توصیه می‌شود این آزمایش روی سایر گیاهان نیز انجام شود.

۲- در این آزمایش ۳ غلظت از محلول‌پاشی و ۲ غلظت از پیش تیمار اسید آسکوربیک مورد مطالعه قرار گرفت، پیشنهاد می‌شود طیف وسیع‌تری از غلظت‌های این ماده مورد بررسی قرار گیرد.

پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات وزن خشک برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم-آبیاری در نمونه برداری‌های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ			
		۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰روز پس از کاشت
تکرار	۲	۳۹۲/۴۹	۸۶۹/۷۶	۲۶۱/۶۵	۸۷۵/۰۷
تنش (D)	۲	۲۲۷/۹۳	۴۳۸/۱	۸۷۱/۶۱	۱۷۹/۵۱
خطا	۴	۸۰/۹۳	۳۶۳/۳۳	۲۶۱/۶۵	۲۴۴/۸۱
غلظت محلول پاشی (S)	۲	۱۵/۰۲	۲۲/۳۹	۳۹۳/۷۳	۱۲۷۷/۸۸**
غلظت پیش تیمار (P)	۱	۸۸/۴۴	۴۵۷/۵۹	۱۰/۰۴	۱۵۱/۳۱
D × S	۴	۲۷۰/۷۹*	۱۵۸۳/۸**	۹۸۸/۶۹**	۴۶۰/۱۹*
D × P	۲	۱۳۴/۸۷	۷۵۰/۷۳	۹۷۰/۱۷*	۲۸۹/۳۷
S × P	۲	۳۵۷/۱*	۸۵۶/۳۲	۳۴۷/۴۷	۲۷۴/۷۲
D × S × P	۴	۶۳۲/۲۵**	۷۹۴/۴۴*	۱۵۰/۲۲	۳۳۳/۴۶*
خطا	۳۰	۸۸/۹۷	۲۷۲/۶۵	۲۲۱/۹۳	۱۱۹/۸۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۵۷	۲۴/۱۹	۲۷/۵۲	۱۵/۳

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

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم-آبیاری در نمونه برداری‌های مختلف

تیمار	وزن خشک برگ (گرم در مترمربع)			
	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰روز پس از کاشت
تنش کم‌آبیاری				
۸ روز	۴۷/۵۵	۶۹/۷۷	۶۰/۷۹	۷۲/۸۸
۱۲ روز	۵۰/۳۵	۶۲/۷۴	۴۶/۹	۶۷/۹۱
۱۶ روز	۵۴/۶۲	۷۲/۲۵	۵۴/۶۵	۷۳/۷۸
LSD 5%	۸/۳۲	۱۷/۶۴	۱۴/۹۷	۱۴/۴۸
غلظت محلول پاشی (میلی مولار)				
صفر	۵۱/۸۹	۶۷/۲	۵۱/۷۲	۶۲/۰۲ b
۱۵	۵۰/۲۴	۶۸/۱۴	۵۱/۱۲	۷۸/۰۶ a
۲۵	۵۰/۳۹	۶۹/۴۲	۵۹/۵	۷۴/۴۹ a
LSD 5%	۶/۴۲	۱۱/۲۴	۱۰/۱۴	۷/۴۵
غلظت پیش تیمار (میلی مولار)				
صفر	۴۹/۵۶	۷۱/۱۶	۵۴/۵۵	۷۳/۲
۲۰	۵۲/۱۲	۶۵/۳۴	۵۳/۶۸	۶۹/۸۵
LSD 5%	۵/۲۴	۹/۱۷	۸/۲۸	۶/۰۸

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات وزن خشک ساقه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم-آبیاری در نمونه برداری‌های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه			
		۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰روز پس از کاشت
تکرار	۲	۳۱/۰۱	۲۰۶۲/۹۸	۳۸۱/۹۴	۷۳۷/۷۷
تنش (D)	۲	۳۲۵۱/۶۵	۳۳۳۳/۰۹	۱۱۴۴۱/۴۸**	۴۹۴۲/۵۲
خطا	۴	۱۷۲/۸۷	۱۶۵۲/۴	۴۷۷/۳۳	۵۹۳۲/۴۸
غلظت محلول پاشی (S)	۲	۳۳۳۵/۱۵*	۳۹۱۴/۰۱	۲۲۷۸/۸۸	۴۵۱۵/۶۹
غلظت پیش تیمار (P)	۱	۶۰۵۱/۷۶**	۲۵۵۳۱/۸۹**	۱۰۸۵/۲۳	۱۱۰۵/۹
D × S	۴	۲۰۷۸/۲۸*	۱۵۲۸/۷۲	۱۷۹۳/۷۷	۵۶۵۴/۰۷*
D × P	۲	۲۹۳۱/۶۸	۱۱۱۷۹/۷۶*	۱۱۷۱/۳۸	۷۰۱۵/۶۸*
S × P	۲	۳۵۷/۳۳*	۲۶۰۴/۰۲	۴۲۶۱/۸۴**	۲۳۰۷/۸۱
D × S × P	۴	۲۳۴۵/۱۶*	۴۷۴۱/۵۱	۱۴۳۱/۱۵	۲۰۵۴/۳۹
خطا	۳۰	۷۵۴/۸۹	۲۴۴۶/۵۷	۷۱۴/۲	۱۷۱۶/۵۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۸۹	۲۸/۷۸	۲۶/۷۲	۲۱/۸۲

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

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم-آبیاری در نمونه برداری‌های مختلف

تیمار	وزن خشک ساقه (گرم در مترمربع)			
	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰روز پس از کاشت
تنش کم‌آبیاری				
۸ روز	۱۳۳/۶۴	۱۵۸/۷۳	۱۳۱/۶۱ b	۲۰۸/۷۱
۱۲ روز	۱۶۰/۰۴	۱۸۵/۷۵	۱۴۵/۸۱ ab	۱۸۲/۸۸
۱۶ روز	۱۴۲/۴۳	۱۶۹/۴۱	۱۵۳/۸۳ a	۱۷۷/۸۱
LSD 5%	۱۲/۱۶	۳۷/۶۲	۱۸/۱۹	۲۰/۲۲
غلظت محلول پاشی (میلی مولار)				
صفر	۱۳۱/۳ b	۱۶۷/۹۷	۱۶۵/۷۲	۱۷۹/۷۳
۱۵	۱۴۶/۳۵ ab	۱۸۷/۴۲	۱۴۹/۳۲	۲۰۸/۰۶
۲۵	۱۵۸/۶۷ a	۱۵۸/۵	۱۱۶/۲۲	۱۸۱/۴۶
LSD 5%	۱۸/۷	۳۳/۶۷	۲۰/۲۲	۲۸/۲
غلظت پیش تیمار (میلی مولار)				
صفر	۱۵۵/۹۶ a	۱۹۳/۰۴ a	۱۳۹/۲۷	۱۹۴/۳۳
۲۰	۱۳۴/۷۸ b	۱۴۹/۵۵ b	۱۴۸/۲۴	۱۸۵/۲۷
LSD 5%	۱۵/۲۷	۲۷/۴۹	۱۴/۸۵	۲۳/۰۲

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات وزن خشک طبق تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم-آبیاری در نمونه برداری‌های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک طبق			
		۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰روز پس از کاشت
تکرار	۲	۳۷۸/۹۲	۱۹۸۵/۸۶*	۴۳۸۱/۰۵	۶۳۳۱/۸۷
تنش (D)	۲	۹۹/۵	۱۵۵/۷۸	۲۴۱۴۳/۷۳*	۱۰۸۱۰/۲۲*
خطا	۴	۶۹۹/۹۹	۱۱۳/۵	۲۱۸۶/۱۶	۱۳۶۶/۹۳
غلظت محلول پاشی (S)	۲	۱۹۰/۹۳	۱۰۳/۴۴	۶۲۶۹/۶۸	۹۱۷/۳۵
غلظت پیش تیمار (P)	۱	۲۸۴/۴۸	۴۴۸۶/۳۱*	۶۹۲/۵۸	۵۳۴۴/۱۴
D × S	۴	۱۷۰/۳۴	۲۱۴۹/۴۸*	۷۸۶۰/۴۹*	۸۴۹۱/۲۵*
D × P	۲	۲۳۱/۶۴	۱۴۱۷/۴۳	۲۳۹۱/۷۲	۲۰۲۲/۸
S × P	۲	۵۷/۸۱	۳۴۵۵/۳۷*	۱۳۹۱/۵۹**	۸۷۶/۵
D × S × P	۴	۲۳۴/۷۹	۲۸۹۷/۱۷*	۶۲۵۴/۵۳*	۱۴۱۶/۷
خطا	۳۰	۱۱۸/۶	۷۳۶/۱۳	۲۱۶۷/۴۹	۲۱۶۲/۶۲
ضریب تغییرات (درصد)		۲۶/۱۷	۲۸/۲۷	۲۱/۱۳	۲۶/۵۶

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

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین وزن خشک طبق تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم-آبیاری در نمونه برداری‌های مختلف

تیمار	وزن خشک طبق (گرم در مترمربع)			
	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰روز پس از کاشت
تنش کم‌آبیاری (روز)				
۸	۳۹/۰۵	۹۸/۴۸	۱۸۱/۶۳ b	۲۰۳/۳ a
۱۲	۴۲/۰۷	۹۶/۶۴	۲۲۴/۷۴ ab	۱۶۲/۱۸ b
۱۶	۴۳/۶۸	۹۲/۷۲	۲۵۴/۴۶ a	۱۵۹/۶۴ b
LSD 5%	۲۴/۴۸	۹/۸۶	۴۳/۲۷	۳۴/۲۱
غلظت محلول پاشی (میلی مولار)				
صفر	۳۹/۳۲	۹۸/۵۴	۲۰۴/۲۹	۱۷۹/۵۸
۱۵	۴۵/۳۳	۹۵/۴۶	۲۱۵/۷۶	۱۶۶/۸۱
۲۵	۴۰/۱۵	۹۳/۸۲	۲۱۵/۷۶	۱۷۸/۷۳
LSD 5%	۷/۴۱	۱۸/۴۷	۳۱/۶۹	۳۱/۶۵
غلظت پیش تیمار (میلی مولار)				
صفر	۴۳/۹	۸۶/۸۳ b	۲۲۳/۸۶	۱۶۵/۰۹
۲۰	۳۹/۳۱	۱۰۵/۰۶ a	۲۱۶/۶۹	۱۸۴/۹۸
LSD 5%	۶/۰۵	۱۵/۰۸	۱۵/۸۷	۲۵/۸۴

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات ارتفاع ساقه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم‌آبیاری در نمونه برداری‌های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	
		۸۰	۱۰۰روز پس از کاشت
تکرار	۲	۳۰۴/۶۶*	۲۲۰/۳۵
تنش (D)	۲	۱۴۰۹/۵۵	۱۶۲۸/۵۷**
خطا	۴	۶۶/۳	۶۹/۶۲
غلظت محلول پاشی (S)	۲	۲۶/۱۶	۴۳/۹
غلظت پیش تیمار (P)	۱	۱۲۴/۵۱	۱۹۲/۶۶
D × S	۴	۳۰۸/۵۵**	۴۳۳/۶۸**
D × P	۲	۲۷۴/۷۴*	۲۸۱/۰۵*
S × P	۲	۱۷۴/۲۴	۴۲/۷۲
D × S × P	۴	۵۴۱/۲۹	۲۰۰/۹۴
خطا	۳۰	۷۲/۳۱	۸۴/۱۵
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۱۵	۹/۶۶

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

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم‌آبیاری در نمونه برداری‌های مختلف

تیمار	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	
	۸۰	۱۰۰روز پس از کاشت
تنش کم‌آبیاری (روز)		
۸	۹۶/۶۶	۹۹/۰۲ a
۱۲	۹۹/۲۲	۱۰۱/۷۲ a
۱۶	۸۲/۷۷	۸۴/۰۵ b
LSD 5%	۷/۵۳	۷/۷۲
غلظت محلول پاشی (میلی مولار)		
صفر	۹۲/۲۷	۹۳/۸۸
۱۵	۹۴/۲۷	۹۶/۷۲
۲۵	۹۲/۱۱	۹۴/۱۶
LSD 5%	۵/۷۸	۶/۲۴
غلظت پیش تیمار (میلی مولار)		
صفر	۹۴/۴	۹۶/۸۱
۲۰	۹۱/۳۷	۹۳/۰۳
LSD 5%	۴/۷۲	۵/۰۹

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات قطر ساقه و قطر طبق تحت تاثیر غلظت محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر طبق	قطر ساقه
تکرار	۲	۱۰/۹۹*	۸/۸۴**
تنش (D)	۲	۱۰/۵۷*	۵/۷۵**
خطا	۴	۱/۲۸	۰/۱۸
غلظت محلول پاشی (S)	۲	۹/۵۸*	۱۰/۷۳*
غلظت پیش تیمار (P)	۱	۱۰/۶۷	۱۵/۰۴*
D × S	۴	۴/۶۱	۰/۰۰۷۵
D × P	۲	۱۸/۵۳**	۴/۵۲
S × P	۲	۲/۹۶	۰/۶
D × S × P	۴	۳/ ۴۱	۴/ ۱۸
خطا	۳۰	۲/۶۵	۲/۵۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۹/۰۵	۲۱/۷۷

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

جدول پیوست ۱۰- میانگین مربعات شاخص سطح برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم‌آبیاری در نمونه برداری‌های مختلف

		شاخص سطح برگ			
منابع تغییر	درجه آزادی	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰روز پس از کاشت
تکرار	۲	۵/۵	۰/۰۵۴	۰/۰۷۲	۰/۶۴
تنش (D)	۲	۵/۱	۰/۸۷**	۰/۰۴۹	۰/۴۹
خطا	۴	۷/۳۶	۰/۰۴۷	۰/۰۲۱	۰/۵۲
غلظت محلول پاشی (S)	۲	۰/۵۱	۰/۲۱**	۰/۰۳۱	۲/۲**
غلظت پیش تیمار (P)	۱	۰/۵۹	۰/۴۴**	۰/۴۷**	۰/۰۰۵۳
D × S	۴	۸/۱۲**	۰/۵۴**	۰/۰۲۳	۰/۵۲
D × P	۲	۰/۳۸	۰/۲۷**	۰/۰۳۰	۰/۳۵
S × P	۲	۴/۴۹	۰/۶۴**	۰/۰۶۳	۰/۸۴
D × S × P	۴	۰/۷	۰/۶۳**	۰/۰۲۱	۰/۳
خطا	۳۰	۱/۵۱	۰/۰۳۲	۰/۰۲۶	۰/۳
ضریب تغییرات (درصد)		۲۸/۶۷	۱۹/۲۹	۲۸/۰۹	۲۷/۲۷

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

جدول پیوست ۱۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم‌آبیاری در نمونه برداری‌های مختلف

تیمار	شاخص سطح برگ			
	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰روز پس از کاشت
تنش کم‌آبیاری (روز)				
۸	۴/۹	۸/۶ a	۶/۱	۱/۸
۱۲	۳/۹	۷/۶ a	۶/۰۱	۲/۲
۱۶	۳/۹	۱/۱ b	۵/۱	۱/۹
LSD 5%	۲/۵۱	۰/۲۰۳	۰/۱۳۵	۰/۶۶۸
غلظت محلول پاشی (میلی مولار)				
صفر	۴/۳	۱/۰۶ b	۵/۳	۱/۷
۱۵	۴/۱	۸/۸ a	۶/۱	۱/۸
۲۵	۴/۴	۸/۶ a	۵/۸	۲/۴
LSD 5%	۰/۸۳۹	۰/۱۲۳	۰/۱۱۱	۰/۳۷۷
غلظت پیش تیمار (میلی مولار)				
صفر	۴/۳	۱/۰۲ b	۸/۴ a	۱/۹
۲۰	۴/۲	۸/۴ a	۶/۷ b	۲/۱
LSD 5%	۴/۹	۰/۱۰۱	۰/۰۹	۰/۳۰۸

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۱۲- میانگین مربعات نسبت مغز به پوست دانه و درصد دانه‌های پوک تحت تاثیر تحت تاثیر غلظت محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	نسبت مغز به پوست دانه	درصد دانه‌های پوک
تکرار	۲	۰/۴۰۵	۱۳/۷۲
تنش (D)	۲	۱/۵۹*	۲/۳۸
خطا	۴	۰/۲۲۰	۳/۸۶
غلظت محلول پاشی (S)	۲	۱/۱۷	۴/۰۵
غلظت پیش تیمار (P)	۱	۲/۲۴*	۰/۰۱۸
D × S	۴	۲/۷۵**	۰/۹۴
D × P	۲	۱/۰۷	۲/۰۱
S × P	۲	۰/۸۵	۱/۴۶
D × S × P	۲	۰/۲۱۶	۱۱/۱۲
خطا	۳۰	۰/۵۲۶	۴/۴۵
ضریب تغییرات (درصد)		۲۱/۰۳	۲۱/۷۲

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

جدول پیوست ۱۳- مقایسه میانگین نسبت مغز به پوست دانه و درصد دانه‌های پوک تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک

تیمار	نسبت مغز به پوست دانه	درصد دانه‌های پوک
تنش کم آبیاری		
عدم تنش	۳/۷۳ a	۹/۳۸
تنش ملایم	۳/۴۸ ab	۹/۶۶
تنش شدید	۳/۱۳ b	۱۰/۱۱
LSD5%	۰/۴۳	۱/۸۱
غلظت محلول پاشی (میلی مولار)		
صفر	۳/۱۵	۱۰/۱۶
۱۵	۳/۵۵	۹/۷۷
۲۵	۳/۶۳	۹/۲۲
LSD 5%	۰/۴۹	۱/۴۳
غلظت پیش تیمار (میلی مولار)		
صفر	۳/۲۴ b	۹/۷
۲۰	۳/۶۵ a	۹/۷۴
LSD5%	۰/۴	۹/۱۷

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۱۴- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد آفتاب‌گردان تحت تاثیر غلظت محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن هزار دانه	تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه
تکرار	۲	۷/۵۱	۴۳۳۸/۵۷**	۰/۰۰۰۰۸۴
تنش (D)	۲	۲۷۰۵/۰۲*	۱۳۴۸۶۹/۱۲**	/۰۰۳۵**
خطا	۴	۵/۰۶	۱۳۷۰/۳۷	۰/۰۰۰۰۲۶
غلظت محلول پاشی (S)	۲	۱۸۶۵/۳۵*	۱۰۷۶/۵۱	۰/۰۰۳۷**
غلظت پیش تیمار (P)	۱	۱۰/۳۲	۱۵۷/۴۰	۰/۰۰۰۱۸
D × S	۴	۵۸/۵۵*	۱۷۳۳۸۲/۶۵**	۰/۰۰۰۱۶
D × P	۲	۲۵۳/۰۵**	۱۷۶۰۲/۷۹	۰/۰۰۰۳۳
S × P	۲	۶۱/۳۶*	۶۵۰۸۶/۵۱	۰/۰۰۰۴۶
D × S × P	۴	۲۴/۷۵	۴۱۷۳۴/۴۹	۰/۰۰۰۰۷
خطا	۳۰	۱۷/۰۷	۳۳۵۱۴/۶۸	۰/۰۰۰۱۵
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۵۶	۱۶/۵۷	۶/۲۶

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

جدول پیوست ۱۵- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک

تیمار	وزن هزاز دانه (گرم)	تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه (کیلوگرم در مترمربع)
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۱۲۳/۴۱ a	۱۱۶۵/۲۸ a	۰/۲۰۵ a
تنش ملایم	۱۲۲/۷۸ a	۱۱۴۲/۳۹ a	۰/۲۰۴ a
تنش شدید	۱۰۱/۸۷ b	۱۰۰۵/۲۲ b	۰/۱۸۰ b
LSD5%	۲/۰۸	۳۴/۲۶	۰/۰۰۴۸
غلظت محلول پاشی (میلی مولار)			
صفر	۱۰۶/۳۱ c	۱۱۰۴/۷۸	۰/۱۸۳ c
۱۵	۱۱۵/۱۷ b	۱۰۹۶/۳۳	۰/۱۹۴ b
۲۵	۱۲۶/۵۷ a	۱۱۱۱/۷۸	۰/۲۱۲ a
LSD 5%	۲/۸۱	۱۲۴/۶۳	۰/۰۰۸۴
غلظت پیش تیمار (میلی مولار)			
صفر	۱۱۵/۵۸	۱۰۹۹/۶۷	۰/۱۹۵
۲۰	۱۱۶/۴۱	۱۱۰۸/۹۳	۰/۱۹۸
LSD5%	۲/۲۹	۱۰۱/۷۶	۰/۰۰۶۹

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۱۶- میانگین مربعات محتوای نسبی آب برگ تحت تاثیر تحت تاثیر غلظت محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای نسبی آب برگ
تکرار	۲	۴۴/۰۲
تنش (D)	۲	۱۸/۱۵
خطا	۴	۹/۷۵
غلظت محلول پاشی (S)	۲	۴/۷۰
غلظت پیش تیمار (P)	۱	۶/۹
D × S	۴	۸۵/۱۷**
D × P	۲	۱۵/۴
S × P	۲	۱۲/۷
D × S × P	۲	۱۶/۳
خطا	۳۰	۱۸/۵
ضریب تغییرات (درصد)		۲۰/۱۴

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

جدول پیوست ۱۷- مقایسه میانگین محتوی نسبی آب برگ تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک

تیمار	محتوای نسبی آب برگ
تنش کم آبیاری	
عدم تنش	۷۰/۴۱
تنش ملایم	۷۰/۰۲
تنش شدید	۶۹/۵
LSD5%	۲/۶۵
غلظت محلول پاشی (میلی مولار)	
صفر	۶۸/۳۲
۱۵	۶۹/۱۲
۲۵	۶۸/۸
LSD 5%	۲/۸۶
غلظت پیش تیمار (میلی مولار)	
صفر	۶۸/۵۰
۲۰	۶۹/۰۸
LSD5%	۲/۳۲

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۱۸- میانگین مربعات کلروفیل a ، b و کلروفیل کل تحت تاثیر تحت تاثیر غلظت محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
تکرار	۲	۰/۳۴	۰/۵۳	۰/۳۸
تنش (D)	۲	۵/۸۰	۹/۵۵**	۳۰/۱۷*
خطا	۴	۱/۷۵	۰/۵۲	۳/۶۶
غلظت محلول پاشی (S)	۲	۱/۹۱	۶/۱۵*	۱۴/۸۰*
غلظت پیش تیمار (P)	۱	۳/۳۴*	۱۸/۰۴**	۳۶/۹۴**
D × S	۴	۳/۴۲**	۶/۶۴**	۱۹/۴۴**
D × P	۲	۰/۹۷	۱/۰۲	۳/۹۶
S × P	۲	۰/۲۶	۲/۰۷	۳/۲۰
D × S × P	۲	۱/۲۲	۱/۷۰	۵/۵۴
خطا	۳۰	۰/۶۶	۱/۷۴	۴/۱۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲۲/۹۶	۲۲/۳۶	۲۲/۳۷

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

جدول پیوست ۱۹- مقایسه میانگین کلروفیل a و b و کلروفیل کل تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک

تیمار	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۳/۵۸	۵/۶۴ a	۹/۲۲ ab
تنش ملایم	۲/۹۷	۴/۷۳ b	۷/۷۰ b
تنش شدید	۴/۱۰	۶/۱۷ a	۱۰/۲ a
LSD5%	۱/۲۲	۰/۶۷۲	۱/۷۷
غلظت محلول پاشی (میلی مولار)			
صفر	۳/۸	۵/۸۵ a	۹/۶۵ a
۱۵	۳/۶۷	۴/۸۴ b	۹/۵۳ a
۲۵	۳/۱۸	۵/۸۶ a	۸/۰۲ b
LSD 5%	۰/۵۵۵	۰/۸۹۸	۱/۳۸
غلظت پیش تیمار (میلی مولار)			
صفر	۲/۳۰ b	۴/۹۳ b	۸/۲۴ b
۲۰	۳/۸۰ a	۶/۰۹ a	۹/۸۹ a
LSD5%	۰/۴۵۳	۰/۷۳۳	۱/۱۲

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۲۰ - میانگین مربعات درصد و عملکرد روغن و پروتئین دانه تحت تاثیر غلظت محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک و تنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد روغن	عملکرد روغن	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین
تکرار	۲	۵۷/۳۹	۰/۰۰۰۱۶	۱/۲۴*	۰/۰۰۰۰۲۱
تنش (D)	۲	۲۱۱/۶۲*	۰/۰۰۲۹**	۱۱/۹۴**	۰/۰۰۰۶۲ **
خطا	۴	۱۸/۴۴	۰/۰۰۰۰۵۶	/۱۳۲	۰/۰۰۰۰۰۳۵
غلظت محلول پاشی (S)	۲	۱۶/۱۴	۰/۰۰۰۴۲**	۳۴/۷۴**	۰/۰۰۰۸۳**
غلظت پیش تیمار (P)	۱	۲۸/۳۶	۰/۰۰۰۳۵*	۱/۳۲	۰/۰۰۰۰۴۴
D × S	۴	۱۰/۶۹	۰/۰۰۰۱۶	۱۴/۴۱**	۰/۰۰۰۰۳۲
D × P	۲	۶۰/۵۳**	۰/۰۰۰۴۹**	/۷۱۳	۰/۰۰۰۰۴۱
S × P	۲	۹/۵۸	۰/۰۰۰۲۴	۳/۰۳	۰/۰۰۰۰۱۱
D × S × P	۴	۲۲/۸۲	۰/۰۰۰۰۷۲	۲/۳۶	۰/۰۰۰۰۱۴
خطا	۳۰	۸/۷۲	۰/۰۰۰۰۷۶	۱/۰۱	۰/۰۰۰۰۱۴
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۴۵	۹/۶۵	۳/۲۱	۶/۰۶

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

جدول پیوست ۲۱ - مقایسه میانگین درصد و عملکرد روغن و پروتئین دانه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و محلول پاشی و پیش تیمار اسید آسکوربیک

تیمار	روغن دانه (درصد)	عملکرد روغن (کیلوگرم در مترمربع)	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد پروتئین (کیلو گرم در متر مربع)
تنش کم آبیاری				
عدم تنش	۴۷/۵۹a	۰/۰۹۷a	۳۱/۹۸a	۰/۰۶۵a
تنش ملایم	۴۷/۹a	۰/۰۹۸a	۳۱/۶۸a	۰/۰۶۴a
تنش شدید	۴۱/۸۱ b	۰/۰۷۵ b	۳۰/۴۴ b	۰/۰۵۵ b
LSD 5%	۳/۹۷	۰/۰۰۷	۰/۳۳۷۳	۰/۰۰۲۱
غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک (میلی‌مولار)				
صفر	۴۶/۶۸	۰/۰۸۶ b	۲۹/۷۶b	۰/۰۵۴ c
۱۵	۴۵/۸۴	۰/۰۸۹ b	۳۲/۱۵a	۰/۰۶۲ b
۲۵	۴۴/۷۹	۰/۰۹۵ a	۳۲/۱۹ a	۰/۰۶۸ a
LSD 5%	۲/۰۱	۰/۰۰۶	۰/۶۸۷۴	۰/۰۰۲۶
غلظت پیش تیمار (میلی مولار)				
صفر	۴۶/۴۹	۰/۰۸۷ b	۳۱/۲۱	۰/۰۶۲
۲۰	۴۵/۰۴	۰/۰۹۳ a	۳۱/۵۲	۰/۰۶۱
LSD 5%	۱/۶۴	۰/۰۰۴۹	۰/۵۶	۰/۰۰۱۷

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار می باشد.

منابع

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

احمدی، ع. و بیکر، د. آ. ۱۳۷۹. عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۱(۴): ۸۲۵-۸۱۳.

انصار، ز. ۱۳۹۱. تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و متانول بر خصوصیات کیفی و کمی کنجد در شرایط تنش کم آبیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شاهرود. ۱۲۸ صفحه.

حمیدی، ح. و صفرنژاد، ع. ۱۳۷۹. انتخاب یونجه برای تحمل به خشکی با استفاده از تکنیک کشت بافت. مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیوتکنولوژی ایران، موسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی. کرج. صفحات ۳۵۸۰ – ۳۵۷۷.

خزاعی، ح. ۱۳۸۱. اثر تنش خشکی بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام مقاوم و حساس گندم و معرفی مناسب‌ترین شاخص‌های مقاومت به خشکی. پایان‌نامه دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

خزائی، ح. ر. و کافی، م. ۱۳۸۲. اثرات تنش خشکی بر رشد ریشه و تخصیص ماده خشک بین ریشه و اندام‌های هوایی در گندم زمستانه. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱: ۴۱-۵۰.

خواجه‌پور، م.ر. ۱۳۸۶. گیاهان صنعتی. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.۵۸۰ صفحه.

دانشیان، ج.، نورمحمدی، ق. و جنوبی، پ. ۱۳۸۱. بررسی واکنش سویا به تنش خشکی و مقادیر مختلف فسفر. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۲-۴ شهریور کرج. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. صفحات ۲۲۴-۲۳۵.

دولت آبادیان، آ.، مدرس ثانوی، ع. و شریفی، م. ۱۳۸۷. اثر تنش کم آبی و محلول پاشی اسید آسکوربیک بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانن و برخی تغییرات بیوشیمیایی در برگ ذرت دانه‌ای. مجله زیست شناسی ایران. ۳: ۴۰۷-۴۲۱.

رحیمیان مشهدی، ح. باقری، ع. و پاریاب، ا. ۱۳۷۰. اثر پتانسیل‌های مختلف حاصل از پلی‌اتیلن گلایکول و کلرورسدیم توام با درجه حرارت بر جوانه‌زنی در توده‌های گندم دیم. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۵: ۴۵-۳۶.

رحیمی‌زاده، م.، کاشانی، ع. و زارع فیض آبادی، ا. ۱۳۸۹. تأثیر کودهای ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی.۳(۱): ۷۲-۵۷.

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.

سلطانی، ا. ۱۳۸۶. رابطه آب خاک و گیاه. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۴۶ صفحه.

سیه‌جانی، ا.، فرح‌وحش، ف.، خورشیدی، م. و صادقی، آ. ۱۳۸۹. بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد سه رقم آفتاب‌گردان. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۳(۱): ۶۸-۵۹.

شهریاری، ر. و کریمی، ا. ۱۳۸۰. ارزیابی مقاومت به سرما در ژرم پلاسم‌های گندم با اندازه‌گیری محتوای کلروفیل و رنگ برگ‌ها. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۱۵-۱۸ شهریور، دانشگاه تهران. صفحات ۵۰۷-۵۱۵.

عرب، ص. ۱۳۹۱. تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و سدیم نیتروپرساید بر خصوصیات کیفی و کمی گلرنگ در شرایط تنش کم آبیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شاهرود. ۱۷۴ صفحه.

عرشی، ی. ۱۳۷۶. علوم و تکنولوژی آفتابگردان (ترجمه). ناشر اداره کل پنبه و دانه‌های روغنی ایران. ۴۴۵ صفحه.

عرشی، ی. ۱۳۷۸. اختلالات تغذیه‌ای در آفتاب‌گردان (ترجمه). انتشارات کمیته دانه‌های روغنی با همکاری شرکت سهامی توسعه کشت دانه‌های روغنی. ۴۲۸ صفحه.

عرشی، ی. و جعفری، م. ۱۳۶۷. گزارش پژوهشی آفتاب‌گردان. مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر بخش تحقیقات دانه‌های روغنی. ۳۸۷ صفحه.

علیزاده، ا. ۱۳۸۴. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ۸۰۰ صفحه.

علیزاده، ا. ۱۳۸۲. رابطه آب و خاک وگیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع). ۴۷۲ صفحه.

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.

قربانی قوژدی، ح. و لادن مقدم، ع. ۱۳۸۸. مقدمه‌ای بر تنش‌های اکسایشی و کرنش‌های گیاهی (ترجمه). انتشارات داوین. ۱۲۸ صفحه.

کاخکی، ع. و کافی، م. ۱۳۸۲. اثرات رژیم رطوبتی در اوایل فصل رشد بر عملکرد کمی و کیفی پنبه. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱: ۳۱-۴۰.

کافی. م.، برزویی. ا.، صالحی. م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ح. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ اول. ۵۰۲ صفحه.

کافی، م. و دامغانی، ع. ۱۳۸۱. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ صفحه.

کافی، م. و رستمی، م. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی در مرحله رشد زایشی بر عملکرد، اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. پژوهش‌های زراعی ایران. ۵(۱): ۱۲۱-۱۳۰.

کافی، م.، گنجعلی، ع. و عباسی، ف. ۱۳۸۵. بررسی تغییرات آبسزیک اسید بافت برگ و مقاومت روزنه‌ای در ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس به خشکی نخود. مجله علوم دانشگاه تهران. ۳۳(۴): ۱۹-۲۶.

کافی، م.، لاهوتی، ف.، زند، ا.، شریفی، ح. و گلدانی، م. ۱۳۸۳. فیزیولوژی گیاهی (ترجمه). جلد اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۴۷ صفحه.

کافی، م.، نظامی، ا.، حسینی، ح. و معصومی، ع. ۱۳۸۴. اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول روی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۳(۷): ۲۴۵-۲۵۴.

کوچکی، ع. ۱۳۶۷. جنبه‌هایی از مقاومت به خشکی در سور گوم. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۲(۲): ۸۱-۷۷.

کوچکی، ع. ۱۳۸۶. به نژادی و به زراعی در مناطق خشک (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۰۲ صفحه.

کوچکی، ع. و بناییان، م. ۱۳۷۳. زراعت در منطق خشک. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۶ صفحه.

کوچکی. ع.، حسینی، م. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۶. رابطه آب و خاک در گیاه زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۶۰ صفحه.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ح. ۱۳۸۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه) (چاپ یازدهم). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

کوچکی، ع. و سلطانی، ا. ۱۳۷۷. اصول و عملیات کشاورزی در مناطق خشک (ترجمه). انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۹۴۲ صفحه.

کوچکی، ع، سلطانی، ا. و عزیزی، م. ۱۳۸۲. اکوفیزیولوژی گیاهی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۵۶ صفحه.

مجیری، ع. ۱۳۷۹. بررسی اثر تراکم و الگوهای مختلف کاشت بر روند رشد آفتابگردان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۱۴ صفحه.

محمدی، ی. ۱۳۹۱. تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک بر خصوصیات کیفی و کمی سویا در شرایط تنش کم آبیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شاهرود. ۱۴۱ صفحه.

میر جلیلی، ع. ۱۳۸۴. گیاهان در محیط‌های تنش‌زا. انتشارات نور بخش. ۳۵۷ صفحه.

یزدانپناه، س.، عباسی، ف. و باقی زاده، ا. ۱۳۸۸. اثر تیمار اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر روی میزان پرولین، قند و پروتئین در گیاه مرزه تحت تنش خشکی. اولین همایش ملی تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی. دانشگاه بیرجند. بهمن ماه. صفحات ۲۲۵-۲۳۶.

Abolhasani, K. and Saeidi, G. 2004. Relationships between agronomic characteristic of safflower under water stress and control. Iran J. Field Cops Res. 1: 127-138. (in Persian)

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

Al-Hakimi, A.M.A. and Hamada, A.M. 2001. Counteraction of salinity stress on wheat plants by grain soaking in ascorbic acid, thiamin or sodium salicylate. Plant Biology, 44: 253–261.

Allen, R.. 1995. Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. Plant Physiol. 57: 1049-1054.

Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C. and Wang, L. 2011. A review: Morphological, physiological and biochemical responses of plant to drought stress. Afric. J. Agric., 6(9): 2026-2032.

Arora, A., Sairam, R.K. and Srivastava, G.C. 2002. Oxidative stress and antioxidant system in plants. Ann Rev. of Current Sci. 82: 1227-1238.

Asada, K. 1999. The water-water cycle in chloropladts: scavenging of active oxygen and dissipation of excess photons. Annu. Rev. plants physiol. 50: 601-639.

Ashraf, C.M. and Shakra, S.A. 1978. Wheat seed germination under low temperature and moisture stress. Agron. 65:135-139.

Athar, H.R., Khan, A. and Ashraf, M. 2008. Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. Environ and Exp. Bot., 63: 224-231.

Austin, R.B. 1989. Maximising production in water limited envirronments. P. 13-26. In: Baker, F. W. G (ed.), Drought resistance in cereal. C. A. B. International, London.

Azizinia, Sh., Ghanadha, M.R., Zali, A.A., Yazdi Samadi, B. and Ahmadi, A. 2005. Evaluation and assess of quantitative traits related to drought tolerance in wheat. Iran J. of Agric. Sci. 36: 281-292. (In Persian).

Basaga, H.S. 1989. Biochemical aspects of free radicals. J. of Biochem. Cell Biol. 68(2): 989-998.

Beltagi, M.S. 2008. Exogenous ascorbic acid (vitamin C) induced anabolic changes for salt tolerance in chick pea (*Cicer arietinum* L.) plants. Afric. J. of Plant Sci., 10: 118-123.

Bhaattacharjee, S. 2005. Reactive oxygen species and oxidative burst: Roles in stress, senescence and signal transduction in plants. Current Sci. 89: 1113-1121.

Blokhin, O., Virolainen, E. and Fagerstedt, K. 2003. Antioxidant oxidative damage and oxygen deprivation stress. Ann. Rev. of Bot. 91: 179-194.

Blum, A. 1996. Crop response to drought and the interpretation adaptation. Plant Growth Regul. 20:135-148.

Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Aus. J. of Agric. Res. 56:1159-1168.

Chaves, M. M., Pereira, J.S., Maroco, J.P., Rodrigues, M.L., Riccardo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalho, T., Faria, T. and Pincheiro, C. 2002. How Plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. Ann. of Bot. 89:907-916.

Chen, W.P., Li, P.H. and Chen, T.H.H. 2000. Glycinbetaine increases chilling tolerance and reduces chilling-induced lipid in *Zea mays* L.. Plant Cell Environ., 23:609-611.

Chimenti, C., Pearson, A. and Hall, J. 2002. Osmatic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. Field Crops Res. 75: 235- 246.

Cho, U. and Seo, N. 2005. Oxidative stress in Arabidopsis thaliana exposed to cadmium is due to hydrogen peroxide accumulation. Plants Sci. 168: 113-120.

Dedio, W. 1982. Effect of seeding and harvesting dates on yield and oil quality of sunflower cultivars. Can. J. Plant Sci. 65: 299–305.

Dedio, W. 1985. Variability in hull contents, kernel oil content and whole seed oilcontent of sunflower hybrids and parental lines. Can. J. plant Sci. 62: 51−54.

Dedio, W. 1993. Regression model relating decortications of oilseed sunflower hybrids with achene characteristics. Can. J. Plant Sci. 73: 8285−828.

Dennis, E. S., Dolferus, R., Ellis, M., Rahman, M., Wu, Y., Hoeren, F.U., Grover, A., Ismond, K.P., Good, A.G. and Peacock, W.J. 2000. Molecuar strategies for improving waterlogging tolerance in plants. J. of Exp. Bot. 51:89-97.

De Sclaux, D., Huynh, T.T. and Roumet, P. 2000. Identification of soybean plant characteristic that indicate the timing of drought stress. Crop Sci. 40: 716-722.

Dolatabadian, A., Modarres Sanavy, S.A.M. and Sharifi, M. 2009. Alleviation of water deficit stress effects by foliar application of ascorbic acid on *Zea mays* L. J. of Agron. and Crop Sci. 195:347-355.

Emam, Y. 2007. Cereal Production. Shiraz University Press, 190 p. (In Persian)

Emam, Y. 2008. Water Relation in Plant. In: Koocheki, A. and Khaje Hosseini, M. (Eds.) , Modern Agronomy. Jihad Daneshgahi Mashhad Press. 163-187. (In Persian)

Emam, Y., and Eilkaee, M.N. 2002. Effects of plant density and chlormequa chloride (CCC) on morphological characteristics and grain yield of winter oilseed rape cv. Talayeh. Iran. J. of Crop Sci. 1: 1-8. (In Persian with English Summary)

Emam, Y. and Seghatoeslami, M.J. 2005. Crop yield, physiology and Processes. Shiraz University Press. Shiraz,Iran. (In Persian)

Emam, M.M. and Helal, N. M. 2008. Vitamins vinimize the salt-induced oxidative stress hazards. Aust. J. of Basic and App. Sci., 2: 1110-1119.

Flexas, J. and Medrano, H. 2002. Dorught-inhibition of photosynthesis in C3 plants: Stomatal and non-stomatal limitations revisited. Ann. of Bot. 89:183-189.

Ghafari, M. and Pashapur, H. 2006. Evaluation of variety and inbreed lines of sunflower for drought tolerance. Scientific and Applications of oil plant industrial Congress, Tehran, Iran. (In Persian)

Giardi, M.T. Cona, A., Geiken, D., Kucera, T., Masojidek, J. and Matto, A.K. 1996. Long-term drought stress induced structural and functional reorganization of photosystem ll. Planta. 199:118-125.

Goksoy, A.T., Turan, Z. M. and Acikgoz, E. 1998. Effect of planting date and population seed on oil yield and plant characteristics in sunflower. Helia. 21(28):107−116.

Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M. and Da ustu, N. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crop Res. 87: 167–178.

Hagar, H., Ueda, N. and Shal, S.V. 1996. Role of reactive oxygen metabolites in DNA damage and cell death in chemical hypoxic injury LLC-PK1 cells. Amer. J. Physiol., 271(2): 209-215.

Hamad, A. and Hamada, A. 2001. Grain soaking presowing in ascorbic acid or thiamin versus the adverse effects of combined salinity and drought on wheat seedlings. Proceedings of the 12th International Congress on Photosynthesis. Brisbane Convention & Exhibition Centre, Queensland, Australia, August 18-23.

Hoogenboon, G., Huck, M.G. and Peterson, C.M. 1987. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. Agron. J. 79:609-614.

Hussain, M.M., Reid, J.B.,Othman, H. and Gallagher, J.N. 1990. Growth and water use of faba bean (*Vicia faba*) in a sub-humid climate. I. Root and shoot adaptation to drought stress. Field Crops Research. 23:1-17.

Hussain, M.M., Balbaa, L.K. and Gaballah, M.S. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. Agric. and Biol. Sci. 3(4): 321-328.

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

Kage, H., Kochler, M. and Stutzel, H. 2004. Root growth and dry matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: mea surement and simulation. Europ. J. Agron., 20:379-394.

Karaata, H. 1991. Water- production functions of sunflower under Kirklareli condition. Journal of Atathurk Village Affair Research Institute, 25: 92pp.

Karima, H. and Salama A. 2009. Amelioration of NaCl-induced alterations on the plasma membrane of *Allium cepa* L. by ascorbic acid. Aust. J. of Basic and App. Sci., 3: 990-994.

Koboyashi, K., Tsugane, K., Niwa, Y., Ohba, Y., Wada, K. and Koboyashi, H. 1999. A recessive Arabidobsis mutant that grows photoautotrophically under salt stress shows enhancedactive oxygen detoxification. The Plant Cell.11: 1195-1206.

Kramer, P.S. 1983. Water relations of plants. Academic Press. PP. 342-415.

Larsson, C.I., Pahlman, L. and Gustafasson, L. 2000. The importance of ATP as a regulator of glycolytic flux in Saccharomyces cerevisiae. Yeast. 16:797-809.

Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.D., Duda, S.L., Davies, D., Tennant, K.H. and Siddique, M. 1999. Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. Europ. J. of Agron. 11:279-291.

Levitt, J. 1980 a. Stress terminology. In: Tuner, N.C. and Kramer, P.J. (Eds.), Adaptation of plants to water and high tempreture stress. Willey, New York. Pp. 437-439.

Levitt, J. 1980 b. Response of plants to environmental stresses. Vol. 2. Water, Radiation, Salt and Other Stresses. Academic Press.

Loggini, B., Scartazza, A., Brugnoli, E. and Navaru-lzzo, F.1999. Antioxidative defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. Plant Physiol. 119: 1091-1099.

Lopez, C.G., Banowetz, G.M., Peterson, C.J. and Kronstand, W.E. 2003. Dehydrin experession and drought in seven wheat cultivars. Crop Sci. 43:577-582.

Mambani, B. and Lal, R. 1983. Response of upland rice varieties to drought stress. 1. Relation between root system develofpment and leaf water potential. Plant Soil. 73:59-72.

Mano, J. 2002. Early events in environmental stress in plants: induction mechanisms of oxidative stress, In "Oxidative Stress in Plant. Pp. 236-237. Taylor and Francis.

Marchner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second reprint. Academic Press. Pp. 6-73.

Mckersie, B.D. 2004. Oxidative stress. Dept of Crop Science, University of Guelph, [online]. http://www.Oxidative stress. Htm [15 Dec 2004].

Miller, J.F. and Roath, W.W. 1982. Compensatory response of sunflower to stand reduction applied at different plant growth stage. Agron. J. 74: 119–121.

Miller, B.C., Oplinger, G.S., Rand, R., Peters, J. and Weis, G. 1984. Effect of planting date and plant population on sunflower performance. Agron. J. 76: 511–515.

Miller, J.F., Zimmerman, D.C. and Vick, B.A. 1987. Genetic control of high oleic acid content in sunflower oil. Crop Sci. 27: 923–926.

Mundree, S.G. and Baker, B. 2002. Physiological and molecular insights in to drought tolerance. Afric. J. of Biotech. 1: 28-38.

Nautiyal, P.C., Rachaputi, N.R. and Joshi, Y.C. 2002. Moisture-deficit-induced changes in leaf water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. Field Crop Res. 74: 67-79.

Navabpour, S., Bagherieh – Najjar, M.B. and Soltanloo, H., 2007. Identification of novel genes expressed in *Brassica napus* during leaf scenescence and it respinse to oxidative stress. International J. Plant production. 1: 35-44.

Noktor, G. and Foyer, C.H. 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annu. Rev. Plant physiol. 49: 249-279.

Osman, F. and Talha, M. 1975. The effect of irrigation regime on yield and consumption of sunflower seed oil. Egypt. J. Soil. Sci., 15: 211-218.

Panda, S.K. and Hussain Khan, M. 2001. Changes in growth and superoxide dismutase activity in *Hydrilla verticillata* L. under abiotic stress. Braz. J. Plant Physiology. 16: 115-118.

Pattanagul, W. and madore, M.A. 1999. Water deficit effects on raffinose family oligosaccharide metabolism in coleus. Plant Physiol. 121:987-993.

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

Rinaldi, M. 2001. Application of EPIC model for irrigation scheduling of sunflower in Southern Italy. Agric.Water Manag. 49: 185-196.

Rizhsky, L., Liang, H. and Mittler, R. 2002. The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco. Plant Physiol. 130:1143-1151.

Sairam, R.K. and Saxena, G.C. 2000. Oxidative stress and antioxidant in wheat genotype: possible mechanism of water stress tolerance. J. Agron. and Crop Sci. 184: 55-61.

Sairam, R.K. and Srivastava, G.C. 2001. Water stress tolerance of wheat *Triticum aestivum* L.: Variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype. J. Agron. and Crop Sci. 186: 63-70.

Serraj, R., Krishnamurthy, L., Kshiwagi, J., Kimar, J., Chandra, S. and Crouch, J. H. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought. Field Crops Res. 88: 115-127.

Sexcena, N.P., Kapoor, S.N. and Bisht, D.S. 1983. Emergence of chickpea seedling in suboptimal seed bed moisture. In “International Chickpea Newsletter”. ICRISAT. No 9.

Shaddad, M.A., Radi, A.F., Abd El-Rahaman, A.M. and Azzoz, M.M. 1990. Responses of seeds of *Lupinus termis* and *Vicia faba* to the interactive effect of salinity and ascorbic acid or pyridoxine (B6). Plant and Soil. 122: 177-183.

Shalata, A. and Neumann, P.M. 2001. Exogenous ascorbic acid (vitamin C) increases resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. J. of Exp. Bot., 52(2): 2207–2211.

Sheteawi, S.A. 2007. Improving Growth and Yield of Salt-stressed Soybean by Exogenous Application of Jasmonic Acid and Ascobin. Inter. J. of Agric. and Biol. 9: 473-478.

Siddique, K.H.M., Walton, G.H. and Seymour, M. 1993. A comparison of seed yields of winter grain legumes in Western Australia. Aust. J. of Express Agric. 33: 915-922.

Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regul., 39: 137 141.

Smirnoff, N. 1998. Plant resistance to environmental stress. Curr. Opin. Biotechnol. 214-219.

Smirnoff, N. 2005. Ascorbate, tocopherol and carotenoids:metabolism, pathway engineering and functions. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. pp. 53–86.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. Plant physiology. 4th Edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers Sunderland, Massachusetts. Paper. 738.

Tan, B., Beyazgul, M., Avcieri, Z., Kayam, Y. and Kaya, H.G. 2000. Effect of irrigation at various growth stages on some economic characters of first crop sunflower. Anadolu. 10: 1-34.

Tarumingkeng, R.C. and Coto, Z. 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Kisman, Science Philosopy PPs 702, Term paper, Graduate School, Borgor Agricultural University (Institut Ppertanian Bogor).

Turner, N.C., Wright, G.C. and Siddique, K.H.M. 2003. Adaptations of grain legumes to water-limited environment: Selection for physiological, biochemical and yield component characteristics for improved drought resistance. Pp. 43-80.

Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007. Tolerance in plants: an overview. Environ. Exp. Bot., 61:199-223.

Wang, X., Li, W., Li, M. and Welti, R. 2006. Profiling lipid chanses in plant response to low temperature. Physiol. Plant., 126:90-96.

Vazan, S., Ranji, Z., Tehrani, M., Ghalavand, A. and Saaneyi, M. 2002. Drought stress effects of on ABA accumulation and stomatal conductivity of sugarbeet. Iran. J. Agric. Sci., 3:176-180.

Yahyavi Tabriz, Sh. and Sadrabadi Haghighi, R. 2004. Effect of irrigation on yield and yield component of three spring canola cultivars under environmental of Tabriz. Iran J. Field Cops Res. 1: 305-313. (in Persian)

Yamada, Y. and Fukutoku, Y. 1986. Effect of water stress on soybean, soybean intropical and sub tropical cropping system. The Asian vegetable research and development center, Shan bue, Taiwn, China, Chapte., 48:373-382.

Yordanov, V., Velikova, V. and Tsonev, T. 2003. Plant response to drought and stress tolerance. Bulg. J. of Plant Physiol. (Special Issue). 187-206.

Younis, M.E., Hasaneen, M.N.A. and Kazamel, A.M. S. 2010. Exogenously applied ascorbic acid ameliorates detrimental effects of NaCl and mannitol stress in *Vicia faba* seedlings. Protoplasma, 239,

Zhang, J.X. and Kirkham, M.B. 1994. Drought stress induced changes in activities of superoxide dismutase, catalase, and peroxidase in wheat species. Plant Cell Physiol. 35:785-791.

Abstract

Nowadays, the application of antioxidants and plant growth regulators has been discussed for decreasing the negative effect of different stresses. Ascorbic acid have been substance caused witch the resistance to biotic and abiotic stresses. To evaluate the effect of foliar application and seed pretreatment of ascorbic acid on growth and yield of sunflower (*Helianthus annus*), a field experiment design was carried out in split plot factorial based on randomized complete block in shahrood university in 2012 . Three levels of irrigation, including 8 days interval (well water), 12 days interval (moderate stress) and 16 days interval (severe stress) and sub-factors were three in foliar application ascorbic concentration (0, 15 and 25 mM) and concentration pretreatment of ascorbic acid (0 and 20 mM). Stress treatment applied after plants establishment completely. The foliar application of ascorbic acid was performed in 47 day after sowing respectively. Also, the pre-treatment, the seeds for 24 hours in a solution of 20 mM ascorbic acid were estimates. Results showed that increasing irrigation intervals reduced anthodium dry weight, Stem height, stem diameter, 1000 seed weight, seed oil and seed protein content. With increasing concentration of ascorbic acid foliar application LAI was increased. The highest LAI was obtained from foliar application with concentration of 25 mM With an average 4/2, was higher the 66/41% than non-foliar application. Interaction between stress and foliar application concentrations of ascorbic acid on all traits except stem diameter, head diameter, seed yield, oil and protein yield were significant. The highest shoot dry weight (237/59 gr/m^2) of non-stress and non-foliar application conditions, and the highest percentage protein (33/09) of non-stress and foliar application 15 mM conditions obtained. Pretreatment with concentration of 20 mM ascorbic acid in moderate stress conditions had a positive impact on oil and highest value created compared to pretreatment with concentration of 20 mM ascorbic acid in non-stress and sever stress conditions raising the 3/22 and 19/31 percent respectively. The intraction between ascorbic acid foliar application with 25 mM concentration and pretreatment with concentration of 20 mM ascorbic acid in non-stress and sever stress condition has the highest effect on investigated traits.

Keywords: ascorbic acid, water deficit, sunflower

Shahrood University Of Technology

Faculty Of Agronomy Science

Thesis M.Sc

The effect of foliar application and pretreatment of ascorbic acid on yield and components yield of sunflower (*Helianthus annus*) subjected to water deficit stress

Sajad Najafzadeh

Supervisors

Dr. M. Bardaran Firouzabadi

Advisors

Dr. M. golipour

Dr. N. farokhi

November 2013