بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

عنوان پایان نامه ارشد

اثر محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری بر برخی خصوصیات کمی و کیفی لوبیا چشم بلبلی

دانشجو

فاطمه مهقانی

استاد راهنما

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

اساتید مشاور

دکتر احمد غلامی

مهندس حسن قربانی قوژدی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۱

شماره : ۴۴۴/ک
تاریخ : ۹- /۱۲/ ۱۳۹۱
ویرایش :

بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شاهرود
مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم **فاطمه مهقانی** رشته **کشاورزی** گرایش **زراعت** تحت عنوان " **اثر محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری بر برخی خصوصیات کمی و کیفی لوبیا چشم بلبلی** " که در تاریخ **۱۳۹۱/۱۱/۲۴** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

قبول (با درجه : عالی امتیاز 19/75) ☑ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

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

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

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استاد راهنما	مهدی برادران	استادیار	
۲ـ اساتید مشاور	احمد غلامی حسن قربانی	دانشیار استادیار	
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	محمدرضا عامریان	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	حمیدرضا اصغری	استادیار	
۵ ـ استاد ممتحن	منوچهرقلی پور	دانشیار	

رئیس دانشکده :

تقدیم به معلم تمام زندگیم

پدرم

و آموزنده ی عشق و محبت

مادرم

قدردانی و تشکر

اکنون که با یاری خداوند بزرگ مقطع دیگری از تحصیل خود را به پایان می برم شایسته تر آن است که از زحمات استاد بزرگوارم **جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و اساتید مشاور **جناب آقای دکتر احمد غلامی** و **جناب آقای مهندس حسن قربانی قوژدی** کمال تشکر و قدردانی را ابراز می دارم. صمیمانه ترین مراتب قدردانی خود را از اساتید داور **جناب آقای دکتر حمیدرضا اصغری** و **جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور** و نیز از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی **جناب آقای دکتر محمدرضا عامریان** و نیز سایر اساتید بزرگوار گروه زراعت ابراز می دارم.

دوستان عزیز و خوبم: خانم ها مهندس زهرا قیاسی، صفیه عرب، صدیقه صفایی، مریم دلفانی، سمیه احمدی، مهسا مهرپویا، فرزانه مصطفوی، محدثه قاضی زاده، سمانه صفری، محبوبه خسروجردی، فاطمه نعیمی، زهرا شبانی، زهره انصار و آقایان مهندس علی انصوری، حسن شهقلی و هادی مجاهدی و به ویژه دوستان مهربان و همیشه همراهم خانم ها مهندس نرگس طالع زاده، نعیمه بیطرفان، مریم خسروی نوده.

کارکنان دانشکده کشاورزی: خانم ها مهندس احمدی، عبداللهی و آقایان مهندس بیاری، شاکری، حسین پور، گلی، مطهری و آقای محمدی و حسین پور.

خانواده گرامیم: پدرم و مادرم، برادر و خواهر عزیزم و مادر بزرگ مهربانم که همیشه دعای خیر ایشان همراه من بوده.

فاطمه مهقانی

بهمن ۹۱

تعهد نامه

اینجانب **فاطمه مهقانی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **زراعت** دانشکده **کشاورزی** بسطام دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **اثر محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری بر برخی خصوصیات کمی و کیفی لوبیا چشم بلبلی** 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 ۱۳۹۱/۶/۱۵

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

از جمله راهکارهایی که گیاهان به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش به کار می‌گیرند تجمع ترکیبات آلی سازگار می‌باشد. تنظیم اسمزی از اعمال مهمی است که این ترکیبات به هنگام تنش انجام می‌دهند. ساکارز یکی از انواع این ترکیبات است که در شرایط تنش تجمع می‌یابد که می‌تواند به عنوان یک محافظ اسمزی عمل نماید. به جهت بررسی محلول‌پاشی ساکارز بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) تحت شرایط کم آبیاری آزمایشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۰ به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا 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 ساکارز در غلظت‌های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ گرم بر لیتر و زمان محلول‌پاشی (مرحله رشد رویشی و پرشدن دانه) بودند. اولین و دومین محلول پاشی به ترتیب ۳۶ و ۵۶ روز پس از کاشت انجام شد. نتایج نشان داد افزایش فواصل آبیاری موجب کاهش وزن خشک غلاف، شاخص سطح برگ، تعداد غلاف در بوته، عملکرد، محتوای آب نسبی و عملکرد پروتئین و افزایش قطر ساقه، پایداری غشای پلاسمایی و قندهای محلول برگ گردید. اثر متقابل تنش و غلظت ساکارز بر کلیه صفات مورد مطالعه به جزء قطر ساقه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در غلاف، فسفر دانه و پروتئین دانه معنی‌دار بود. بیشترین میزان وزن خشک برگ (۱۳۶/۵۶ گرم در متر مربع) و شاخص سطح برگ با میانگین معادل (۱/۶۸) از شرایط عدم تنش و محلول‌پاشی با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز به دست آمد. بیشترین عملکرد (۰/۲۴ کیلوگرم در متر مربع) از ترکیب تیماری عدم تنش و غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز حاصل شد. از دلایل افزایش مشاهده شده در عملکرد در این ترکیب تیماری افزایش تعداد غلاف در بوته بود. افزایش فواصل آبیاری موجب افزایش میزان قند های محلول برگ شد. به طوری که گیاهانی که با فواصل ۱۲ و ۱۶ روز آبیاری نسبت به گیاهان آبیاری شده در ۸ روز افزایش ۵۵/۷۴ و ۷۷/۴۵ درصدی نشان دادند. غلظت‌های ساکارز بر درصد پروتئین دانه معنی دار بود. از محلول‌پاشی با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز بیشترین درصد پروتئین دانه حاصل شد که نسبت به غلظت های ۳۰ و ۱۵ گرم بر لیتر ۰/۳۹ و ۱/۵۲ درصد بیشتر بود. در نهایت بررسی ترکیبات تیماری مختلف نشان داد که محلول‌پاشی با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط عدم تنش و تنش شدید در اکثر صفات عملکرد بهتری داشت.

کلمات کلیدی: تنش کم آبیاری، ساکارز، خصوصیات کمی و کیفی، لوبیا چشم بلبلی.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- **مهقانی، ف.، برادران فیروزآبادی، م.، غلامی، ا. و قربانی قوژدی، ح. ۱۳۹۱.** تاثیر محلول‌پاشی ساکارز بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) در شرایط تنش کم‌آبیاری. دوازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۱۶-۱۴ شهریور. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

۲- **مهقانی، ف.، برادران فیروزآبادی، م.، غلامی، ا. و قربانی قوژدی، ح. ۱۳۹۱.** تاثیر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی ساکارز بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.). اولین همایش ملی تنش‌های گیاهی (غیر زیستی). ۱۱-۱۰ آبان. دانشگاه اصفهان.

۳- **مهقانی، ف.، برادران فیروزآبادی، م.، غلامی، ا. و قربانی قوژدی، ح. ۱۳۹۱.** تاثیر محلول‌پاشی ساکارز بر بیوماس، مقدار آب نسبی و عملکرد لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) در شرایط تنش کم‌آبیاری. همایش ملی محیط زیست و تولیدات گیاهی. ۱۵ مهر. دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
فصل دوم: بررسی منابع	۵
۲-۱- لوبیا چشم بلبلی	۶
۲-۱-۱- گیاهشناسی	۶
۲-۱-۲- اهمیت و موارد مصرف	۶
۲-۱-۳- سازگاری	۷
۲-۱-۴- نیاز غذایی	۷
۲-۱-۵- مراحل رشد و نمو	۸
۲-۲- تنش	۹
۲-۳- نقش و اهمیت آب در گیاه	۹
۲-۴- تنش خشکی	۱۰
۲-۴-۱- تاثیر تنش بر فرآیند های رشدی گیاهان	۱۱
۲-۴-۱-۱- جوانه زنی	۱۱
۲-۴-۱-۲- ارتفاع بوته و رشد و توسعه برگ	۱۲
۲-۴-۱-۳- کلروفیل و فتوسنتز	۱۳
۲-۴-۱-۴- بیوماس (تر و خشک) و عملکرد	۱۴
۲-۴-۲- تاثیر تنش خشکی بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه	۱۵
۲-۴-۲-۱- تاثیر تنش خشکی بر محتوی آب نسبی برگ	۱۵
۲-۴-۲-۲- تاثیر تنش خشکی بر پایداری غشای پلاسمایی	۱۶
۲-۴-۲-۳- تاثیر تنش خشکی بر میزان قند های محلول	۱۷
۲-۴-۲-۴- تاثیر تنش خشکی بر جذب فسفر	۱۷
۲-۴-۲-۵- تاثیر تنش خشکی بر پروتئین دانه	۱۸
۲-۵- مواد تنظیم کننده اسمزی	۱۹
۲-۶- کربوهیدرات‌ها و نقش آنها در فرآیند تنظیم اسمزی	۲۰
۲-۷- ساکارز	۲۲
۲-۷-۱- انتقال و متابولیسم ساکارز	۲۳
۲-۷-۲- نقش ساکارز در تنش خشکی	۲۴
فصل سوم: مواد و روش ها	۲۶
۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش	۲۷
۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش	۲۷
۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی	۲۷
۳-۴- عملیات اجرایی	۳۰

۳-۴-۱- کاشت ۳۰
۳-۴-۲- داشت ۳۰
۳-۴-۳- اعمال تیمارها ۳۱
۳-۴-۴- برداشت ۳۱
۳-۵- صفات زراعی و مورفولوژیکی ۳۱
۳-۵-۱- ارتفاع بوته ۳۱
۳-۵-۲- وزن خشک برگ، ساقه و غلاف ۳۱
۳-۵-۳- سطح برگ ۳۱
۳-۵-۴- عملکرد و اجزای عملکرد ۳۲
۳-۶- صفات فیزیولوژیک ۳۲
۳-۶-۱- محتوی آب نسبی برگ ۳۲
۳-۶-۲- پایداری غشای پلاسمایی ۳۲
۳-۶-۳- سنجش قند های محلول ۳۳
۳-۶-۴- کلروفیل ۳۴
۳-۷- صفات کیفی ۳۵
۳-۷-۱- فسفر دانه ۳۵
۳-۷-۲- درصد و عملکرد پروتئین دانه ۳۵
۳-۸- تجزیه و تحلیل داده ها ۳۶

فصل چهارم: نتایج و بحث ۳۷
۴-۱- ماده خشک برگ، ساقه و غلاف ۳۸
۴-۱-۱- وزن خشک برگ ۳۸
۴-۱-۲- وزن خشک ساقه ۳۹
۴-۱-۳- وزن خشک غلاف ۴۰
۴-۲- ارتفاع ساقه ۴۲
۴-۳- قطر ساقه ۴۳
۴-۴- شاخص سطح برگ ۴۵
۴-۵- عملکرد و اجزای عملکرد ۴۷
۴-۵-۱- اجزای عملکرد ۴۷
۴-۵-۲- عملکرد ۵۰
۴-۶- صفات فیزیولوژیک ۵۲
۴-۶-۱- مقدار آب نسبی برگ ۵۲
۴-۶-۲- پایداری غشای پلاسمایی ۵۴
۴-۶-۳- قند های محلول برگ، ساقه و دانه ۵۶
۴-۶-۴- کلروفیل ۶۱
۴-۷- صفات کیفی ۶۵
۴-۷-۱- فسفر دانه ۶۵
۴-۷-۲ درصد پروتئین دانه ۶۶

۴-۷-۳- عملکرد پروتئین دانه ۶۷
۴-۸- نتیجه گیری ۶۹
۴-۹- پیشنهادات ۷۰
پیوست ۷۱
منابع ۷۹

فهرست شکل‌ها

شکل **صفحه**

۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده ۲۹
۳-۲- منحنی استاندارد گلوکز خالص در طول موج ۴۸۵ نانومتر ۳۴
۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز ۳۸
۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز ۳۹
۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری وغلظت‌های ساکارز ۴۰
۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز ۴۰
۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظتهای ساکارز ۴۱
۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز ۴۲
۴-۷- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های ساکارز و زمان محلول‌پاشی ساکارز ۴۲
۴-۸- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های ساکارز ۴۳
۴-۹- مقایسه میانگین قطرساقه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری ۴۴
۴-۱۰- مقایسه میانگین قطرساقه تحت تاثیر غلظت های ساکارز ۴۴
۴-۱۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز ۴۶
۴-۱۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ۴۶
۴-۱۳- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های ساکارز و زمان محلول پاشی ۴۶
۴-۱۴- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تاثیر غلظت های ساکارز ۴۸

۴-۱۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز ۴۹
۴-۱۶- مقایسه میانگین تعداد غلاف دربوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز ۴۹
۴-۱۷- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های ساکارز و زمان محلول پاشی ۴۹
۴-۱۸- مقایسه میانگین عملکرد تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز ۵۱
۴-۱۹- مقایسه میانگین عملکرد تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز ۵۱
۴-۲۰- مقایسه میانگین عملکرد تحت تاثیر ترکیبت تیماری حاصل از غلظت های ساکارز و زمان محلول‌پاشی ۵۲
۴-۲۱- مقایسه میانگین محتوی آب نسبی تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز ۵۳
۴-۲۲- مقایسه میانگین محتوی آب نسبی تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز ۵۴
۴-۲۳- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت های ساکارز ۵۵
۴-۲۴- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های ساکارز و زمان محلول‌پاشی ۵۶
۴-۲۵- مقایسه میانگین میزان قند های محلول برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت های ساکارز ۵۹
۴-۲۶- مقایسه میانگین میزان قند های محلول برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت های ساکارز ۵۹
۴-۲۷- مقایسه میانگین میزان قند های محلول ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش آبیاری و زمان محلول پاشی ساکارز ۶۰
۴-۲۸- مقایسه میانگین میزان قند های محلول ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های ساکارز و زمان محلول‌پاشی ۶۰
۴-۲۹- مقایسه میانگین میزان قند های محلول دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت های ساکارز ۶۰
۴-۳۰- مقایسه میانگین میزان قند های محلول دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های ساکارز و زمان محلول‌پاشی ۶۱
۴-۳۱- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری ۶۳
۴-۳۲- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر غلظت های ساکارز ۶۳
۴-۳۳- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر زمان محلول پاشی ۶۳
۴-۳۴- مقایسه میانگین کلروفیل (۹۴ روز پس از کاشت) تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت های ساکارز ۶۴
۴-۳۵- مقایسه میانگین کلروفیل (۷۳ روز پس از کاشت) تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم ۶۴

آبیاری و زمان محلول پاشی
۴-۳۶- مقایسه میانگین کلروفیل (۸۷ روز پس از کاشت) تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول پاشی ۶۴
۴-۳۷- مقایسه میانگین میزان فسفر دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های ساکارز و زمان محلول‌پاشی ۶۶
۴-۳۸- مقایسه میانگین میزان فسفر دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و زمان محلول‌پاشی ۶۶
۴-۳۹- مقایسه میانگین میزان پروتئین دانه تحت تاثیر غلظت های ساکارز ۶۷
۴-۴۰- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری غلظت‌های ساکارز ۶۸
۴-۴۱- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز ۶۹
۴-۴۲- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ۶۹

فهرست جداول

جدول **صفحه**

۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش ۲۸
۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش ۲۹
۴-۱- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ (واحد اسپد) تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های ساکارز و زمان محلول پاشی ۶۵
پیوست ۱- میانگین مربعات وزن خشک برگ، ساقه و غلاف تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری ۷۲
پیوست ۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ، ساقه، غلاف تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ۷۲
پیوست ۳- میانگین مربعات ارتفاع ساقه، قطر ساقه و شاخص سطح برگ تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری ۷۳
پیوست ۴- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه، قطر ساقه و شاخص سطح برگ تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ۷۳
پیوست ۵- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری ۷۴
پیوست ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ۷۴
پیوست ۷- میانگین مربعات پایداری غشای پلاسمایی و محتوی آب نسبی تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری ۷۵
پیوست ۸- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی و محتوی آب نسبی تحت تاثیر سطوح مختلف تنش ۷۵

کم آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی
پیوست ۹- میانگین مربعات کلروفیل برگ تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری در نمونه برداری‌های مختلف ۷۶
پیوست ۱۰- مقایسه میانگین کلروفیل برگ (واحد اسپد) تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز در نمونه برداری‌های مختلف ۷۶
پیوست ۱۱- میانگین مربعات پایداری قندهای محلول برگ، ساقه و دانه تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری ۷۷
پیوست ۱۲- مقایسه میانگین پایداری قندهای محلول برگ، ساقه و دانه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ۷۷
پیوست ۱۳- میانگین مربعات پایداری فسفر دانه، درصد و عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری ۷۸
پیوست ۱۴- مقایسه میانگین پایداری فسفر دانه، درصد و عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ۷۸

فصل اول

مقدمه

روند سریع افزایش جمعیت در کشورهای در حال توسعه پیامدهای ناگواری را به دنبال دارد. کمبود غذا و سوء تغذیه به عنوان یکی از مهم‌ترین و نگران کننده‌ترین معضلات جامعه بشری مطرح است (خاقانی و همکاران، ۱۳۸۸). در این میان کمبود پروتئین در جیره غذایی، بزرگترین آسیب را لحاظ جسمی و فکری به انسان وارد می‌سازد (کوچکی و بناییان اول، ۱۳۷۳). بر طبق مطالعات انجام شده استفاده از پروتئین‌های گیاهی می تواند اثرات سوء ناشی از کمبود پروتئین را تا حدی از بین ببرد. حبوبات و به خصوص لوبیا دارای مقادیر زیادی پروتئین هستند و گونه‌های مختلف آن از ۲۰ تا ۵۰ درصد پروتئین دارند، از این رو در رفع مشکلات گفته شده نقش زیادی ایفا می‌کنند. علاوه بر این حبوبات دارای کربوهیدرات‌ها، برخی ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری در جیره غذایی انسان هستند و در تناوب‌های زراعی نیز برای حاصلخیزی زمین و به عنوان کود مورد استفاده قرار می‌گیرند (خاقانی و همکاران ، ۱۳۸۸).

انواع تنش‌های زنده و غیر زنده رشد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند (ماهاجان و توتجا، ۲۰۰۵). از جمله تنش‌های زنده می توان به تنش ناشی از آفات و بیماری‌ها اشاره کرد و از تنش‌های غیر زنده می توان تنش‌های کم آبی و شوری، گرما، سرما، عناصر سنگین و غیره را نام برد که به صورت طبیعی موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شوند (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). از این میان تنش کم‌آبی تقریبا به عنوان مهم‌ترین عامل کاهش تولید محصولات کشاورزی مطرح شده است (پورمحمد کیانی و همکاران، ۲۰۰۷) که به دلیل خسارات جبران ناپذیری که وارد می کند، دامنه وسیعی از تحقیقات را به خود مشغول ساخته است. تنش خشکی می‌تواند موجب اختلال در یک یا چند فعالیت فیزیولوژیکی مانند تعرق، طویل شدن بافت‌ها و اندام‌ها و فعالیت‌های آنزیمی شود و یا حتی سبب توقف آنها شود (لوون، ۱۹۸۱). تنش کم‌آبی از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش سنتز پروتئین وکلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد (علیزاده، ۱۳۶۹).

انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تاثیر تنش آب قرار می‌گیرند و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱).

مقاومت به خشکی در گیاهان زراعی پدیده ای پیچیده است و تحت تاثیر عوامل مختلفی می‌باشد (لاولر و کورنیک، ۲۰۰۲). گیاه برای سازگاری با این شرایط تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در ساختار، ترکیب‌ها و فرآیندهای شیمیایی خود ایجاد می کند (ماهاجان و توتجا ۲۰۰۵). از عمومی‌ترین پاسخ‌ها به تنش در گیاهان تولید انواع مختلفی از ترکیبات آلی سازگار می‌باشد (سراج و سینکلر، ۲۰۰۲). این ترکیبات دارای وزن مولکولی کم و غیر سمی هستند و سبب افزایش غلظت شیره سلولی می‌شوند که گیاهان را از انواع تنش‌های غیر زیستی محافظت می‌کنند و مکانیسم عمل آنها در نهایت منجر به تنظیم اسمزی، سمیت زدایی، حفظ انسجام غشا و حفظ نسبت آنزیم‌ها و پروتئین‌ها است (بانرت و جانسون، ۱۹۹۶). برخی از این ترکیبات قابل انحلال، اجزای سلولی را از صدمات دهیدراته شدن محافظت می‌کنند که این کار را از طریق تنظیم اسمزی انجام می‌دهند. این ترکیبات شامل پرولین، ساکارز، پلی یول ها، تری هالوز و ترکیبات آمونیوم چهارتایی مانند گلایسین بتائین، آلانین بتائین، پرولین بتائین و هیدروکسی‌پرولین بتائین هستند (هانسون، ۱۹۹۳). گزارش‌هایی مبنی بر اثرات مفید کاربرد خارجی این ترکیبات در افزایش تحمل گیاهان به تنش وجود دارد (علی و همکاران، ۲۰۰۸ و فروغ و همکاران، ۲۰۱۰).

همان طور که اشاره شد ساکارز از جمله ترکیبات سازگار است که در شرایط تنش در گیاه تجمع می‌یابد و به عنوان محافظ اسمزی عمل می‌نماید (کرپسی و گایبا، ۲۰۰۰). ساکارز فرم اصلی انتقال قند در شبکه توزیع مواد فتوسنتزی گیاهان آلی است، که بعد از ساخته شدن در بافت‌های فتوسنتز کننده (به عنوان مثال برگ‌های سبز) به آوندهای آبکش منتقل می شود و از آنجا با طی مسافت طولانی در گیاه، برای تامین اسکلت‌های کربنی و انرژی به اندام‌های غیر فتوسنتز کننده (مخزن‌های

رویشی و زایشی) وارد می شود (وارد و همکاران، ۱۹۹۸). ساکارز محصول عمده فرآیند فتوسنتز است و به عنوان یک مولکول انتقالی در رشد، توسعه و ذخیره سازی نقش دارد و در زمان مواجهه گیاه با تنش‌های محیطی تجمع می یابد (آویگاد و دی، ۱۹۹۷ و اسمیکنز، ۲۰۰۰).

با توجه به اینکه مطالعات اندکی در زمینه کاربرد قندها در مقابله با تنش و تاثیر بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه صورت گرفته است در این تحقیق سعی شده است به بررسی اثر ساکارز بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش کم‌آبیاری، پرداخته شود تا شاید بخشی از ابهام‌های موجود در زمینه چگونگی تاثیرگذاری کاربرد خارجی کربوهیدرات‌ها روی گیاه به ویژه در شرایط تنش روشن گردد.

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

۱- تاثیر تنش کم‌آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی در شرایط کم آبی و عدم تنش.

۲- تاثیر غلظت‌های مختلف ساکارز برخصوصیات کمی و کیفی لوبیا چشم بلبلی در شرایط کم‌آبی و عدم تنش.

۳- تاثیر زمان محلول‌پاشی در شرایط کم آبی و عدم تنش بر خصوصیات کمی و کیفی لوبیا چشم بلبلی.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- لوبیا چشم بلبلی

۲-۱-۱- گیاه شناسی

لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) گیاهی علفی، یکساله، با رشد کم، بوته ای، نیمه بالارونده یا پیچک دار است. ریشه مستقیم به طول۶۰ تا ۸۰ سانتی متر و ریشه‌های جانبی کاملا توسعه یافته دارد. گرهک‌های روی ریشه آن بزرگ و کروی است که معمولا به صورت گروهی روی ریشه قرار می‌گیرند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). ساقه به قطر ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی متر و به طول ۳۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بسته به رقم و شرایط محیطی کشت، به رنگ‌های زرد، سبز روشن یا قهوه‌ای است. برگ‌های آن سه برگچه ای با دمبرگ بلند و متناوب می‌باشند. گل آذین به صورت خوشه جانبی، به طور متناوب از محل گره‌های ساقه تشکیل می‌شود و گل‌ها به رنگ سفید، زرد یا بنفش دیده می‌شوند. غلاف‌ها پهن یا استوانه ای و نسبتا طویل به طول ۱۰ تا ۳۰ سانتی متر با نوکی پهن به طرف پایین که به سادگی شکفته می‌شوند. غلاف‌های نارس سبز رنگ، و غلاف‌های رسیده به رنگ زرد یا قهوه‌ای تغییر می یابند. در هر بوته تا حدود ۵۰ غلاف تشکیل می شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). دانه‌ها از نظر شکل، اندازه و رنگ متفاوت می‌باشند. جوانه زنی لوبیا چشم بلبلی نیز به صورت اپی‌جیل است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). وزن هزار دانه از ۶۰ تا ۳۰۰ گرم متغیر است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۱-۲- اهمیت و موارد مصرف

لوبیا چشم بلبلی از سازگارترین، متنوع‌ترین و مقوی‌ترین لگوم‌ها به شمار می رود که در سطحی بالغ بر ۷ میلیون هکتار در مناطق گرمسیری جهان کشت و کار می شود. لوبیا چشم بلبلی به صورت لوبیا سبز، دانه خشک، سبزیجات، علوفه سبز مورد استفاده قرار می گیرد. دانه آن سرشار از عناصر غذایی شامل پروتئین‌ها (۲۲/۴ درصد)، چربی (۱/۸ درصد) و کربوهیدرات‌ها (۶۰/۳ درصد) است. همچنین منبع غنی از کلسیم و آهن می‌باشد. ترکیبات غذایی دانه لوبیا چشم بلبلی و لوبیای معمولی مشابه است، اما لوبیا چشم بلبلی اسید فولیک و عوامل تولید نفخ بیشتری دارد. ارزش علوفه خشک

آن با یونجه برابر است و حاوی ۱۴ درصد پروتئین، ۴۵/۵ درصد کربوهیدرات، ۴/۱ درصد چربی و ۲۶/۱ درصد سلولز است. لوبیا چشم بلبلی با رشد رویشی خیلی زیاد و پوشاندن سطح خاک مانع فرسایش می‌گردد و بقایای آن به عنوان کود سبز در اصلاح خاک‌های اسیدی به کار گرفته می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۱-۳- سازگاری

لوبیا چشم بلبلی سازگاری خوبی به دمای بالا و خشکی در مقایسه با سایر لگوم‌ها دارد. مناسب‌ترین دمای خاک برای رشد اولیه آن ۱۹ درجه سانتی‌گراد است و چنانچه دمای خاک کمتر شود جوانه زنی بذر خوب و سریع نخواهد بود. حداقل دمای هوا برای جوانه زدن ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد است و در دمای بین ۲۷ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد بهترین رشد و نمو را خواهد داشت. این گیاه به سرما حساس است و در یخبندان از بین می‌رود. لوبیا به خشکی هوا مقاوم است ولی خشکی خاک بر تولید محصول آن اثر نامطلوب می‌گذارد. آبیاری به هنگام گلدهی و تشکیل بذر تاثیر بسزایی بر عملکرد محصول خواهد داشت. عملکرد لوبیا چشم بلبلی در مناطق مرطوب نیز به علت خسارت آفات و بیماری‌ها کاهش می‌یابد. در خاک‌های شنی رسی با زهکشی مناسب محصول خوبی می‌توان برداشت کرد. خاک‌هایی که رطوبت متوسط داشته و غنی از مواد آلی باشند بهترین محیط کشت برای این محصول به شمار می‌آید. خاک‌های اسیدی با اسیدیته ۵/۵- ۵ را تحمل می‌کند و در برخی مواقع به عنوان اصلاح کننده خاک‌های اسیدی کشت می شود. خاک‌های آهکی و خنثی با اسیدیته ۷- ۶/۵ برای آن مطلوب است. لوبیا چشم بلبلی گیاهی روز کوتاه است و به راحتی سایه را تحمل می‌کند و به همین دلیل در برخی مناطق در سیستم کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۱-۴- نیاز غذایی

بررسی‌های متعدد جهت مشاهده عکس العمل گیاه لوبیا به مصرف انواع مختلف کودهای شیمیایی

پرمصرف و کم‌مصرف انجام شده است. این گیاه حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از خاک جذب می‌نماید که بخش عمده‌ی آن توسط باکتری‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن تأمین می‌شود. لذا مقدار ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم نیتروژن) با توجه به نوع خاک و مقدار ماده آلی و نیتروژن آن، جهت تحریک رشد اولیه گیاه لازم است. در مواقعی که خاک از لحاظ میزان مواد آلی و نیتروژن بسیار فقیر باشد تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نیز توصیه شده است. اغلب عناصر غذایی برای گیاه در محدوده اسیدیته ۶/۵ تا ۷ که اسیدیته مناسب جهت کشت لوبیا است، قابل جذب می‌باشند. در بین گیاهان زراعی، لوبیا بیش از سایرین به مصرف عناصر کم مصرف واکنش نشان می دهد. کمبود عناصری مانند روی، بر، آهن، مولیبدن و مس موجب اختلال در رشد و نمو طبیعی گیاه و سبب کاهش عملکرد آن می‌شود (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۱-۵- مراحل رشد و نمو

مراحل رشد و نمو حبوبات را می توان به سه مرحله رشد رویشی، تمایز اندام‌های زایشی و تشکیل غلاف، بذر و رسیدن تقسیم کرد. طی دوره رویشی برگ‌های حقیقی، ساقه و جوانه‌های جانبی رویشی تشکیل می شود. این دوره در لوبیا چشم بلبلی ۹۰ تا ۱۵۰ روز به طول می‌انجامد. در دوره تمایز اندام‌های زایشی برگ‌های حقیقی بیشتری تشکیل می‌شوند، ساقه‌های جانبی شاخه‌های زاینده را تولید می‌کنند و در نهایت گل‌ها تشکیل خواهند شد. این دوره بین ۲ تا ۴ هفته در ارقام زودرس و ۲ تا ۲/۵ ماه در ارقام دیررس به طول می‌انجامد. در گونه‌های رشد محدود حبوبات، رشد رویشی با آغاز گلدهی متوقف می‌شود در حالی که در گونه‌های رشد نامحدود رشد رویشی در زمان گلدهی و حتی پس از آن ادامه می‌یابد. سومین مرحله رشد با گلدهی و تلقیح گل‌ها، تشکیل غلاف‌ها و دانه‌ها و در نهایت رسیدگی توام است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۲- تنش

واژه تنش به معانی مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بیشتر موارد، تنش به معنای تغییر و دور شدن از شرایط مطلوب در نظر گرفته می‌شود (استوکر، ۱۹۹۶). و همچنین تنش به معنای از بین رفتن شرایط طبیعی در سطوح مختلف تنش از جمله محیط، گیاه، سلول و حتی اجزای سلولی است (بلوم و همکاران، ۱۹۸۱).

گیاهان دارای پتانسیل تولید بالایی هستند اما تنش‌های محیطی که شامل دو دسته تنش‌های زنده و غیر زنده هستند از مهمترین عوامل کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان می‌باشند. در محیط فاقد تنش‌های محیطی عملکرد های واقعی باید برابر با عملکرد پتانسیل گیاهان باشد در حالی که در بسیاری از گیاهان زراعی متوسط عملکرد واقعی گیاهان کمتر از ۱۰ تا ۲۰ درصد عملکرد پتانسیل آن‌ها است (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).

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 (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). آب بیشتر از ۹۵ درصد وزن تر اندام‌های گیاهی را تشکیل می‌دهد و در اکثر پدیده‌هایی که در گیاه اتفاق می‌افتد نقش اساسی دارد. بین ۶۰ تا ۹۰ درصد آب در داخل سلول‌ها قرار دارد و تا حدودی به استحکام سلول‌ها کمک می‌کند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). آب بر خلاف برخی دیگر از مواد درون سلول گیاهی، یک جزء موقت محسوب می‌شود زیرا سلول به طور دائم آب را جذب کرده و از دست می‌دهد. تقریبا ۹۵ درصد آب موجود در پیکره گیاه از طریق تعرق خارج می‌گردد و تنها کمتر از ۵ درصد در فرآیندهای مختلف گیاهی شرکت می‌کند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

آب در اساسی‌ترین فرآیند گیاهی، یعنی فتوسنتز، به عنوان ماده تأمین کننده الکترون، هیدروژن و اکسیژن نقش دارد. آب در حفظ ساختار گیاه نقش دارد و محیط مناسبی جهت انجام واکنش‌های شیمیایی فراهم می‌نماید. همچنین مؤثر بر ساختمان مولکول‌ها، خصوصیات پروتئین‌ها، غشاءها و اسیدهای نوکلئیک است و در پراکنش انرژی و کمک به تداوم حیات گیاه نقش اساسی دارد (تایز و زایگر، ۲۰۰۶ ؛ کافی و دامغانی، ۱۳۸۱ و سلطانی، ۱۳۸۶).

۲-۴- تنش خشکی

در کشاورزی خشکسالی عبارت از یک دوره خشکی است که سبب کاهش عملکرد محصول در مقایسه با شرایط فراهمی آب می‌شود (ترنر و ماینز، ۱۹۸۰). خشکی یک اصطلاح هواشناسی است و به عنوان یک دوره بدون بارندگی تعریف می‌شود (آسیایی، ۱۳۸۵). از دیدگاه هیدرولوژی خشکی کاهش ذخایر آب‌های سطحی و زیرزمینی در اثر کاهش نزولات جوی است (اشوک میشرا و سینگ، ۲۰۱۰). خشکسالی اقتصادی – اجتماعی نتیجه بحران آب و کاهش تولیدات کشاورزی است که اثر منفی بر کل اقتصاد جامعه می‌گذارد (آسیایی، ۱۳۸۵).

کرامر (۱۹۸۳) خشکی را به عنوان فقدان یا کمبود نزولات جوی و به عبارتی کمبود رطوبت در محیط ریشه تعریف نموده است که موجب کاهش محصول می‌شود. از نظر وی میزان خسارت وارده وابسته به نوع گیاه، ظرفیت نگهداری آب گیاه و خاک و شرایط جوی مؤثر بر میزان تبخیر و تعرق می‌باشد. عدم توازن بین ذخیره آب در خاک و نیاز آبی گیاهان زراعی را خشکی می‌نامند. در شرایط دیم پدیده خشکی عبارت از ذخیره ناکافی رطوبت حاصل از بارندگی و یا کمبود ذخیره رطوبت خاک برای رشد بهینه گیاه است. در این حالت رشد گیاه وابسته به برهمکنش اثر متقابل بین خاک، گیاه و عوامل جوی بوده و به صورت موقتی است (بلوم، ۱۹۸۸).

از نظر ترنر و ماینز (۱۹۸۰) خشکی زمانی حادث می‌شود که رطوبت موجود در خاک به نقطه‌ای برسد که گیاه قادر به جذب آب با سرعت کافی برای جبران آب از دست رفته از طریق تعرق نباشد. از

نظر فیزیولوژیست گیاهی، خشکی چیزی فراتر از فقدان بارندگی است و از این منظر پاسخ گیاه به تنش در نظر گرفته می‌شود، یعنی زمانی خشکی ظهور می‌کند که اندام های مختلف گیاه تحت تاثیر قرار گرفته باشند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل بازدارنده رشد و نمو در محیط است (خواجه حسینی و پاول، ۲۰۰۳). تنش خشکی موجب کاهش محتوای آب، پتانسیل آب برگ، کاهش فشار آماس سلول‌ها، بسته شدن روزنه ها و در نهایت کاهش اندازه سلول و رشد می‌شود. همچنین خشکی منجر به اختلال در متابولیسم، ساختار سلول‌ها، توقف واکنش‌های کاتالیزوری آنزیم‌ها و توقف فتوسنتز می‌شود و ممکن است در ادامه مرگ گیاه را به دنبال داشته باشد (جلیل و همکاران، ۲۰۰۸). درک صحیح از تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ناشی از تنش می تواند برای انتخاب یا تولید گونه‌های جدید از گیاهان برای به‌دست آوردن عملکرد بالاتر تحت شرایط تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد (مارتینز و همکاران، ۲۰۰۱).

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

۲-۴-۱-۱- جوانه زنی

خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که به شدت رشد و توسعه گیاه را مختل می‌کند و بیش از هر عامل محیطی تولید و عملکرد گیاهان را محدود می‌کند (شو و همکاران، ۲۰۰۹). واکنش گیاهان به تنش خشکی در سطوح مختلف گیاه بسته به شدت و مدت زمان تنش، گونه گیاهی و مرحله رشدی گیاه متفاوت است (چاوز و همکاران، ۲۰۰۲). جوانه زنی از مراحل بحرانی رشد در گیاهان است (اشرف و وحید، ۱۹۹۰). تنش کمبود آب مهمترین عامل ناتوانی بذور برای جوانه زنی در شرایط مزرعه است. زیرا این تنش سرعت و درصد جوانه زنی را کاهش می‌دهد و در نهایت استقرار گیاه را به تأخیر می‌اندازد (رحیمیان و همکاران، ۱۳۷۰). جوانه زنی و استقرار گیاهچه در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح دارای اهمیت ویژه‌ای است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). بذوری که در شرایط

تنش، جوانه زنی مناسبی داشته باشند گیاهچه‌هایی با بنیه بهتر و سیستم ریشه ای قوی‌تری تولید می‌کنند (اُپک و همکاران، ۱۹۹۶).

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

ارتفاع بوته به شدت به محیط رشد وابسته است (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). در شرایط تنش ارتفاع بوته کاهش می‌یابد که می‌تواند به دلیل کاهش فشار آماس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها (احمدی و بیکر، ۲۰۰۱) و پیری برگ گیاه (مانیوانان و همکاران، a ۲۰۰۷) باشد. کاهش در ارتفاع ساقه در گوجه فرنگی (هئور و نادلر، ۱۹۹۵)، لوبیا چشم بلبلی (مانیوانان و همکاران، b ۲۰۰۷) و سویا (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۴) تحت تاثیر تنش خشکی مشاهده شد. خان و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند در ذرت با افزایش تنش خشکی، ارتفاع گیاه و قطر ساقه کاهش یافت.

برگ‌ها به عنوان واحدهای فتوسنتزی درگیاه نقش ویژه‌ای دارند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). نخستین پاسخ گیاه به تنش آب، بسته شدن روزنه‌هاست که متعاقب آن رشد برگ‌ها کاهش می‌یابد (نیلسن، ۲۰۰۱). تنش خشکی در طول دوره رویشی موجب کوچک شدن برگ‌ها می شود. همچنین شاخص سطح برگ، دوره رسیدن محصول و میزان جذب نور توسط گیاه کاهش می‌یابد (لویت، ۱۹۸۰). یکی از راهکارهای گیاه در زمان وقوع تنش کاهش سطح برگ و تعداد برگ می‌باشد (پالد و همکاران، ۱۹۸۵). در نخود، تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع بوته، کوچک شدن و ضخیم شدن برگ ها و ریزش زود هنگام آنها شد (معصومی و همکاران، ۱۳۸۴). کاهش تعداد برگ به هنگام تنش به علت پیری زودرس گیاه و تجمع زیاد اتیلن راهی برای کاهش تعرق و رسیدگی زودتر گیاه برای فرار از تنش می‌باشد (ساکسنا و همکاران، ۱۹۹۳). تنش کم آبی به مقدار زیادی رشد و سطح برگ را در سویا (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۴)، لوبیا چشم بلبلی (مانیوانان و همکاران، b ۲۰۰۷) و آفتابگردان (مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۸) تحت تاثیر قرار داد.

۲-۴-۱-۳- کلروفیل و فتوسنتز

فتوسنتز یکی از فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی گیاه است (گاسنوا و همکاران، ۲۰۰۶). تنش خشکی از جمله فاکتورهای محیطی محدود کننده فتوسنتز است (ملکوتی و همکاران، ۲۰۰۵). عوامل محدود کننده فتوسنتز به دو دسته عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای تقسیم می‌شوند (احمدی و بیکر، ۲۰۰۱). در اثر تنش خشکی با بسته شدن روزنه‌ها، دی اکسید کربن قابل دسترس کاهش می‌یابد، بنابراین انتقال الکترون کاهش می‌یابد و در نتیجه قدرت جذب و ساخت مواد محدود می‌شود (پاک نژاد و همکاران، ۲۰۰۷). در اثر تنش فعالیت آنزیم روبیسکو کم می‌شود (فلکاس و مدرانو، ۲۰۰۲). همچنین تنش موجب کاهش هدایت مزوفیلی می‌گردد (فیشر و همکاران، ۱۹۹۸). در بررسی اثر تنش کم‌آبی بر لوبیا، واکنش اولیه لوبیا بسته شدن روزنه‌ها بود که موجب کاهش فتوسنتز تحت این شرایط و کاهش فشار جزئی دی اکسید کربن داخل برگ می‌شود (کاستونگای و ماراکاهارات، ۱۹۹۲).

غلظت کلروفیل در گیاه از عوامل مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (جیانگ و هانگ، ۲۰۰۱). کاهش کلروفیل به عنوان عاملی غیر روزنه‌ای محسوب می‌شود (اسکندری، ۱۳۹۰). شاخص پایداری کلروفیل به معنی بی‌تاثیر بودن تنش بر گیاه می‌باشد و موجب دسترسی بهتر گیاه به کلروفیل می‌شود (مودهان و همکاران، ۲۰۰۰).

از دیدگاه پسرکلی (۱۹۹۹) دوام فتوسنتز و حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک تحمل به خشکی است. کاهش محتوای کلروفیل در برگ‌های لوبیا در شرایط تنش خشکی توسط کاستریلو و تریجلو (۱۹۹۴) گزارش شده است. حفظ غلظت کلروفیل تحت این شرایط به ثبات فتوسنتز کمک می‌کند. در آزمایشی روی چغندرقند، میزان کلروفیل تحت تاثیر تنش خشکی افزایش یافت (محمدیان و همکاران، ۲۰۰۳). هر دو کلروفیل a و b تحت تاثیر تنش قرار می‌گیرند (فروغ و همکاران، ۲۰۰۹). 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 (استیل و همکاران،

۱۹۹۱). تنش کم آبی در آفتابگردان سبب کاهش محتوی کلروفیل a و b شد (مانیوانان و همکاران، a ۲۰۰۷). عدد کلروفیل‌متر (SPAD 502) همبستگی مثبتی با غلظت و تراکم کلروفیل در سطح برگ دارد (سانگری و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج آزمایش اونیل و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که میزان کلروفیل (واحد اسپد) تحت شرایط تنش رطوبتی به طور معنی داری کمتر از شاهد بود. در حالی که براکلوف و کیت (۲۰۰۱) بیان کردند که بروز تنش در طول فصل رشد گندم موجب افزایش میزان کلروفیل اندازه‌گیری شده توسط کلروفیل متر شد. افزایش میزان کلروفیل به احتمال زیاد به دلیل کاهش سطح برگ و تراکم بیشتر کلروپلاست و در نتیجه افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می‌باشد (اسکندری، ۱۳۹۰).

۲-۴-۱-۴- بیوماس (تر و خشک) و عملکرد

تولید بیوماس بالا در شرایط محدودیت رطوبت از صفات مطلوب در گیاه به شمار می‌رود. زیرا تنش خشکی موجب کاهش در میزان بیوماس گیاه می‌شود (فروغ و همکاران، ۲۰۰۹). عملکرد گیاه تحت شرایط تنش خشکی شدیدا به فرآیندهای تسهیم ماده خشک و توزیع زمانی بیوماس وابسته است (کیج و همکاران، ۲۰۰۴). در آفتابگردان در اثر تنش خشکی کاهش در مقدار بیوماس مشاهده شد (تاهیر و مهید، ۲۰۰۱). همچنین در سویا (اسپیچ و همکاران، ۲۰۰۱) و لوبیا سبز (ویبر و همکاران، ۲۰۰۶) تنش کم آبیاری موجب کاهش بیوماس شد.

وزن خشک شاخص خوبی برای ارزیابی رشد و عملکرد گیاه محسوب می‌شود (غفاری‌پور، ۲۰۰۵). لاهو و گواتار (۲۰۰۳) کاهش در وزن خشک ساقه و برگ را درسیب زمینی تحت تاثیر تنش خشکی گزارش کردند. نتیجه تحقیق غفاری پور (۲۰۰۵) نیز بیانگر کاهش وزن خشک ساقه و برگ در شرایط تنش کم‌آبی است. تنش ملایم در چغندرقند وزن خشک ساقه را تحت تاثیر قرار داد به طوری که وزن خشک ساقه بیشتر از وزن خشک ریشه کاهش یافت (محمدیان و همکاران، ۲۰۰۵).

بسیاری از فرآیندهای تعیین‌کننده عملکرد تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. کمبود آب موجب کاهش در صفات مربوط به عملکرد می‌شود که دلیل آن را می‌توان اختلال در تبادلات گازی برگ دانست که نه تنها سبب محدودیت در اندازه منبع و مخزن می‌شود بلکه در جذب و انتقال مواد و تسهیم ماده خشک ایجاد اختلال می‌کند (انجوم و همکاران، ۲۰۱۱). خشکی موجب کاهش در عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود (کورنیک، ۲۰۰۰). دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) مشاهده کردند که عملکرد دانه گیاه سویا بر اثر تنش، کاهش یافت که ناشی از کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه بود. در سه گیاه لوبیا سبز، لوبیا چشم بلبلی و نخود تنش کم‌آبیاری در زمان گلدهی و غلاف بندی موجب کاهش عملکرد شد (تسفای و همکاران، ۲۰۰۶). کومار و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند که در کلزا تنش کم آبی سبب کاهش تعداد دانه در غلاف شد در حالی که وزن دانه ها را افزایش داد. سینگ (۲۰۰۷) در بررسی اثر خشکی بر لوبیا، کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی را ۶۰ درصد و کاهش وزن دانه را ۱۴ درصد گزارش کرد. خشکی سبب کاهش بیوماس، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن دانه لوبیا شد (جرمن و ترن، ۲۰۰۶).

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

۲-۴-۲-۱- تاثیر تنش خشکی بر مقدار آب نسبی برگ

محتوی آب نسبی برگ، پتانسیل آب برگ، مقاومت روزنه ای، نسبت تعرق، دمای برگ و کانوپی بر روابط آبی گیاهی موثرند (انجوم و همکاران، ۲۰۱۱). یکی از مهمترین اثرات تنش خشکی بر گیاه کاهش محتوی آب نسبی برگ می‌باشد (وزان و همکاران، ۲۰۰۲). 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). کاستریلو و تروجیلو (۱۹۹۴) همبستگی مثبتی را بین مقدار آب نسبی برگ و غلظت کلروفیل، پروتئین و فعالیت رابیسکو مشاهده کردند. هنسون (۱۹۹۳) در آزمایشی روی سویا مشاهده کرد، ارقام مقاوم به تنش خشکی پتانسیل آب برگ را در حد بالاتری حفظ می‌کنند. محتوی آب نسبی برگ گندم (پاک نژاد و همکاران، ۲۰۰۷) تحت تاثیر تنش خشکی کاهش یافت. لاوئر و کورنیک (۲۰۰۲) مشاهده کردند که با کاهش محتوی آب نسبی برگ در شرایط تنش خشکی، هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و تثبیت دی اکسید کربن کاهش پیدا می‌کند. لوباتو و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی اثر تنش خشکی در مرحله رویشی بر گیاه لوبیا چشم بلبلی کاهش ۲۵ درصدی را در مقدار آب نسبی برگ نسبت به شاهد مشاهده کردند.

۲-۴-۲-۲- تاثیر تنش خشکی بر پایداری غشای پلاسمایی

عوامل و شرایط محیطی مانند گرما، خشکی و انجماد موجب تغییر در غشای سیتوپلاسمی می‌شوند و با توجه به نقش غشای سیتوپلاسمی در کنترل تبادلات آب و املاح به منظور حفظ آماس (تورم) سلول، رشد گیاه نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد (اینگرام و بارتت، ۱۹۹۶). تنش خشکی با افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها، موجب کاهش پایداری غشاء سلول می‌شود (سایرام و ساکسنا، ۲۰۰۰). در اثر تنش‌های شدید، در برخی از بخش‌های فسفولیپیدی غشاهای سلولی، حالت هگزاگونال (کروی) ایجاد می‌گردد و ساختار غشاء به یک ساختار منفذ دار تبدیل می‌شود (میر جلیلی، ۱۳۸۴). در این حالت افزایش نفوذپذیری غشاء و کاهش شاخص پایداری آن، منجر به نشت الکترولیت‌ها به بیرون از سلول می‌شود (سایرام و همکاران، ۲۰۰۲).

میزان خسارت به غشای پلاسمایی را می توان با اندازه‌گیری میزان نشت یونی تعیین نمود (شیرمرد، ۲۰۰۳). در شرایط تنش خشکی، رادیکال‌های آزاد اکسیژن تولید می شوند که سبب پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء (چن و همکاران، ۲۰۰۰)، تخریب پروتئین ها (جیانگ و ژانگ، ۲۰۰۱) و اسیدهای نوکلئیک (هاگار و همکاران، ۱۹۹۶) می‌گردند. در این شرایط فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدانی نظیر سوپراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز افزایش می‌یابد (میرجلیلی، ۱۳۸۴). کاهش در پایداری غشای پلاسمایی در اثر تنش خشکی در گندم (پاک نژاد و همکاران، ۲۰۰۷)، ذرت (درویش بلوچی و همکاران، ۱۳۸۹) و لوبیا (ترکان و همکاران، ۲۰۰۵) مشاهده شد.

۲-۴-۲-۳- تاثیر تنش خشکی بر میزان قندهای محلول

یکی از راهکارهایی که گیاهان در پاسخ به تنش خشکی مورد استفاده قرار می‌دهند تولید و تجمع انواع ترکیبات محلول سازگار است. قندهای محلول از جمله این ترکیبات هستند که در شرایط تنش تجمع می‌یابند (بوهنرت و همکاران، ۱۹۹۵).

در شرایط تنش رطوبتی هیدرولیز نشاسته به علت افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز که نشاسته را تجزیه می کند، تسریع می‌شود و غلظت قندهای محلول افزایش می‌یابد (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۷). افزایش قندهای محلول ناشی از هیدرولیز نشاسته، سبب حفظ و تنظیم فشار اسمزی، کاهش تلفات آب، نگهداری آماس سلول و همچنین پایداری غشاهای زیستی و پروتئین‌ها می شوند که در نهایت موجب مقاومت به تنش خشکی می‌گردد (سانچز و همکاران، ۱۹۹۸). قربانلی و نیاکان (۱۳۸۴) در بررسی اثر تنش خشکی بر سویا افزایش میزان قندهای محلول در اندام هوایی را مشاهده کردند. در گزارش‌های مختلف روی نخود (سانچز و همکاران، ۱۹۹۸)، یونجه (ایروژن و همکاران، ۱۹۹۲) و لوبیا چشم بلبلی (لوباتو و همکاران، ۲۰۰۸) با افزایش سطح تنش میزان قند های محلول افزایش یافت.

۲-۴-۲-۴- تاثیر تنش خشکی بر جذب فسفر

تنش خشکی نوع و مقدار عناصر معدنی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تأمین رطوبت برای گیاه،

شرایط را برای جذب و انتقال عناصر غذایی فراهم می‌سازد. فسفر از جمله عناصری است که در شرایط تنش میزان جذب آن در گیاه کاهش می‌یابد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). فسفر یک عنصر کلیدی در گیاه به شمار می‌رود و وظایف مهمی را در گیاه به عهده دارد. این عنصر در نقل و انتقالات انرژی در فرآیندهای متابولیسمی گیاه، تقسیم سلولی، ساختمان فسفولیپیدهای دیواره سلولی، توسعه بخش های زایشی گیاه، رشد و تکامل ریشه‌های فرعی و مویی و همچنین در تولید و انتقال موادی مانند قندها و نشاسته در گیاه شرکت می‌نماید (مارچنر، ۱۹۵۵). فسفر در مقاومت گیاه در برابر ورس و بیماری‌های گیاهی، بهبود کیفیت محصولات، تلقیح گل و تشکیل میوه و دانه، نقش بسزایی دارد (مظاهری و مجنون حسینی، ۱۳۸۱). جین و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی اثر تنش خشکی روی سویا مشاهده کردند کمبود رطوبت تجمع فسفر را محدود کرد و سبب کاهش انتقال فسفر به بذر شد.

۲-۴-۲-۵- تاثیر تنش خشکی بر پروتئین دانه

یکی از تغییرات عمده بیوشیمیایی که در اثر تنش رطوبتی در گیاهان روی می‌دهد تغییر در میزان تولید پروتئین‌ها، افزایش تجزیه و جلوگیری از ساختن بعضی از آنها است (بیولی و لارسن، ۱۹۸۲). 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).

کاهش رطوبت، وضعیت پلی ریبوزوم‌های موثر در ساخت پروتئین‌ها را در بافت‌ها تغییر می‌دهد. در شرایط کم آبی تعداد پلی ریبوزوم‌ها کاهش می یابد. کاهش در فراوانی پلی ریبوزوم‌ها با کاهش سنتز پروتئین‌ها در ارتباط است (اسکات و همکاران، ۱۹۷۹). کاهش غلظت پروتئین به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین در شرایط تنش بوده و این پدیده خود با کاهش میزان آنزیم روبیسکو و نقصان فتوسنتز همراه است (هنسون و هیتز، ۱۹۸۲). در آزمایشات انجام شده روی

چغندرقند (شاه و لومیس، ۱۹۶۵) و سویا (نیاکان و قربانلی، ۱۳۸۶) کاهش در میزان پروتئین کل تحت تاثیر تنش خشکی مشاهده شد.

۲-۵- مواد تنظیم کننده اسمزی

گیاهان به منظور سازگاری در مقابل تنش خشکی انواع تغییرات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی را در خود ایجاد می‌کنند (بک و همکاران، ۲۰۰۷). تنظیم متابولیکی یکی از راهکارهای گیاهان برای مقابله با تنش‌های محیطی است. از جمله تنظیمات متابولیکی در گیاهانی که در معرض تنش خشکی قرار گرفته‌اند تولید و تجمع انواع ترکیبات آلی سازگار شامل اسیدهای آمینه، قندها و ترکیبات چهارتائی از نوع بتائین است (زابادوس و ساوئر، ۲۰۱۰). ترکیبات سازگار دارای وزن مولکولی کم بوده، غیر سمی هستند و در واکنش‌های بیوشیمیایی نرمال شرکت نمی‌کنند (باجی و همکاران، ۲۰۰۱). این ترکیبات در شرایط تنش خشکی به عنوان محافظان اسمزی عمل می‌کنند و موجب حفاظت ترکیبات سلولی از آسیب دهیدراسیون می‌شوند (بوهنرت و همکاران، ۱۹۹۵). مواد محلول سازگار دارای نقش‌های متعددی از جمله تنظیم پتانسیل اسمزی، محافظت از ماکرومولکول‌ها، تنظیم نسبت C/N، مهار گونه‌های آزاد اکسیژن و تنظیم اسیدیته هستند (ناکتور، ۲۰۰۶).

ترکیب و تجمع این مواد در گیاهانی که در معرض تنش قرار گرفته‌اند بسیار قابل ملاحظه است و تحت تاثیر گونه گیاهی و شرایط محیطی قرار می گیرند (لوگان و همکاران، ۲۰۱۰). در برابر یون‌های معدنی که تجمع بالای آنها می‌تواند مضر باشد، اسمولیت‌ها ترکیبات سازگاری هستند که در حفظ تورژسانس سلول، ساختارهای سلولی، جایگزینی نمک‌های یونی و کاهش سمیت یونی نقش دارند. در شرایط تنش رطوبتی اسمولیت‌های سازگار به واسطه تنظیم اسمزی برای جایگزینی آب در واکنش‌های بیوشیمیایی، تثبیت پتانسیل اسمزی داخل سلول و حمایت از ساختارهای ماکرومولکولی به کار می‌روند. بنابراین تنظیم اسمزی جزء فعالیت‌های اولیه اسمولیت‌ها در هنگام تنش محسوب

می‌شود (پاریدا و داس، ۲۰۰۵). یکی از وظایف مهم ترکیبات محافظ اسمزی حفظ ثبات ساختار پروتئین‌ها در شرایط تنش است. زیرا شرایط محیطی نامناسب مانند دمای بالا، شوری زیاد و کمبود آب موجب تغییر در ساختار پروتئین‌ها می‌گردد. دناتوره شدن پروتئین‌ها، تشکیل توده‌های پروتئینی و کاهش فعالیت پروتئین‌ها از پیامدهای ناشی از شرایط تنش می‌باشد. بنابراین حفاظت از پروتئین‌ها در شرایط تنش به دلیل اهمیت آنها در سلول امری ضروری است و این کار توسط محافظان اسمزی صورت می‌گیرد (بالن و باسکاکو، ۲۰۰۱).

یکی از پیامدهای ناشی از تنش‌های غیر زنده مانند خشکی و شوری، تجمع گونه‌های آزاد اکسیژن می‌باشد. نقش حفاظتی اسمولیت‌ها شامل جلوگیری از تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن و یا مهار آنهاست (پاوانوا و همکاران، ۲۰۰۴). ترکیبات سازگار می توانند به طور مستقیم گونه‌های آزاد اکسیژن را مهار کنند یا در حفاظت آنزیم‌های دخیل در سیستم آنتی اکسیدانی شرکت کنند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۶). در مهندسی ژنتیک تلاش‌های بسیار زیادی جهت تولید گیاهانی با توانایی تولید مقادیر بالایی از این مواد انجام شده اما موفقیت‌های اندکی حاصل شده است. در برخی از گیاهان کاربرد خارجی این ترکیبات موجب افزایش مقاومت در مقابل تنش‌های غیر زیستی و افزایش محصول گردیده است (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷).

۲-۶- کربوهیدرات ها و نقش آنها در فرآیند تنظیم اسمزی

نتیجه فرآیند فتوسنتز در گیاهان تولید کربوهیدرات‌ها می‌باشد که عمده ترکیبات ذخیره‌ای را در گیاه تشکیل می‌دهند (کافی و همکاران، ۲۰۰۳). کربوهیدرات‌ها در کنترل رشد و نمو در کلیه مراحل رشدی گیاه که از جوانه زنی شروع می شود دخیل هستند (لوپز و همکاران، ۲۰۰۱). مواد پرورده مورد نیاز دانه در طی دوره پر شدن از سه منبع تأمین می شود: نخست، کربوهیدرات‌هایی که پس از گلدهی تولید شده و به طور مستقیم به دانه انتقال می‌یابند. دوم، کربوهیدرات‌هایی که پس از گلدهی

تولید می شوند ولی قبل از انتقال به دانه به طور موقت در ساقه ذخیره می شوند. سوم، کربوهیدرات‌های تولید شده قبل از گلدهی که در ساقه ذخیره شده و در مراحل بعدی پرشدن دانه را حمایت می‌کنند (اهدایی و همکاران، ۲۰۰۶).

تغییرات کربوهیدرات‌ها در گیاه به دلیل رابطه مستقیم آنها با فرآیندهایی مانند فتوسنتز، تنفس و انتقال مواد از اهمیت خاصی برخوردار است (پاک مهر و همکاران، ۱۳۹۰). در اثر تنش کم‌آبی، به واسطه ی کاهش هدایت روزنه‌ای و کاهش دریافت و اسیمیلاسیون دی اکسید کربن، میزان فتوسنتز جاری گیاه کاهش می‌یابد. در چنین حالتی کربوهیدرات‌های ذخیره ای به عنوان یکی از منابع مهم تامین کننده مواد فتوسنتزی مطرح می‌شوند (یانگ و ژانگ، ۲۰۰۶). تنش خشکی موجب تغییرات زیادی در انواع و مقادیر کربوهیدرات‌های گیاه می شود. با افزایش تنش خشکی، میزان نشاسته در برگ‌ها کاهش و معمولا میزان قند افزایش پیدا می‌کند (بویر، ۱۹۶۷).

همان‌طور که اشاره شد قندهای محلول از جمله اسمولیت‌های سازگارند که در شرایط تنش تجمع می‌یابند و موجب حفظ و تنظیم فشار اسمزی می‌شوند. تجمع قند با تنظیم فشار اسمزی موجب افزایش توانایی گیاه در حفظ آماس سلول‌ها و فرآیندهای وابسته به آن از طریق افزایش مقاومت سلول‌ها در برابر از دست دادن آب می‌شود (مورگان، ۱۹۹۲). به منظور حفظ عملکرد و متابولیسم طبیعی در گیاهان زراعی باید در سلول‌های گیاهی به میزان کافی آب وجود داشته باشد (لیو و همکاران، ۲۰۰۵). مقدار آبی که اندام‌های مختلف گیاه در شرایط خشکی از دست می‌دهند بستگی به چگونگی عکس‌العمل سلول‌های آنها به کاهش پتانسیل آب دارد (مورگان و کاند، ۱۹۸۶). در فرآیند تنظیم اسمزی، پتانسیل اسمزی سلول به واسطه تجمع مواد محلول سازگار از جمله قندها کاهش می‌یابد و با حفظ فشار آماس سلول‌ها موجب نگهداری آب سلول می‌شود (ورسلویز و برای، ۲۰۰۴). تنظیم اسمزی با حفظ تورژسانس سلول در شرایط تنش، موجب باز نگه‌داشتن روزنه‌ها و انجام تبادلات گازی گیاه می‌شود (مورگان، ۱۹۸۰). در اثر تنظیم اسمزی فعالیت اندامک‌ها و

سیتوپلاسم به صورت طبیعی صورت می‌گیرد و سبب می‌شود که گیاه در رشد، فتوسنتز و توزیع آسیمیلات‌ها در زمان پرشدن دانه بهتر عمل کند (سابارو و همکاران، ۲۰۰۰). تنظیم اسمزی موجب به تاخیر انداختن اثرات تنش در گیاه می‌گردد (مقصودی و مقصودی مود، ۲۰۰۸).

۲-۷- ساکارز

ساکارز قند انتقالی اصلی در گیاهان عالی محسوب می‌شود و یک قند دی ساکارید و غیر احیایی است که از دو مونوساکارید گلوکز و فروکتوز تشکیل شده است (ویند و همکاران، ۲۰۱۰). ساکارز مولکولی است که فقط به‌وسیله موجودات فتوسنتز کننده تولید می‌شود. منشأ سنتز ساکارز مربوط به پروتو باکتری یا یک جد مشترک از پروتو باکتری و سیانو باکتری است (لان، ۲۰۰۲). این باکتری‌ها از ساکارز برای ثبات فشار اسمزی و ذخیره سازی استفاده می‌کردند. کلروپلاست ها از این باکتری ها مشتق شده‌اند و این نشان می‌دهد که سلول‌های گیاهی اولیه چطور ظرفیت تولید ساکارز را به‌دست آوردند (سالرنو و کوراتی، ۲۰۰۳). ساکارز در گیاهان در بافت‌های منبع سنتز می‌شود و سپس به بافت‌های مخزنی منتقل می‌گردد و در آنجا به مصرف گیاه می‌رسد و یا ذخیره می‌شود. اختلال در میزان سنتز و انتقال ساکارز یا تخریب آن، رشد و نمو و فیزیولوژی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (ویند و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج برخی تحقیقات نشان داد که ساکارز از طریق بافت ساقه (تام و مارتزکی، ۱۹۹۹)، برگ (می‌نارد و ویلیام، ۱۹۸۲ و وترلی، ۱۹۵۳) و ریشه (وایز، ۱۹۷۹) جذب می‌شود و این جذب از مسیر آپوپلاستی صورت می‌گیرد. محلول‌پاشی ساکارز با افزایش ذخیره‌سازی، انرژی سلول‌ها و بالابردن میزان کربوهیدرات، تولید میوه را در لوبیا (آلویم، ۱۹۶۰)، سویا (متیگنون و ناکایاما، ۱۹۸۳) و گوجه فرنگی (ویون، ۱۹۹۷) افزایش داد. شاهین و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند که در اثر محلول‌پاشی ساکارز (۲۰۰۰ ppm) به تنهایی و به صورت مخلوط با آمینواسید روی پیاز، گیاهانی قوی‌تر و با عملکرد بالاتر ایجاد شدند. همچنین در آنها مقادیر بالاتری از عناصر نیتروژن،

فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس اندازه گیری شد. حکم آبادی وهمکاران (۱۳۷۹) اثر محلول پاشی کربوهیدرات ها بر چند صفت کمی و کیفی پسته رقم کله قوچی را بررسی کردند. آنها از یک ترکیب قندی شامل ۳ درصد ساکارز، ۲ درصد گلوکز و ۵ درصد قارچ کش مسی در زمان های مختلف دوره رشد و نمو میوه استفاده کردند. نتایج حاصله نشان داد که بهترین زمان محلول پاشی زمان شروع رشد سریع آندوسپرم است و با محلول پاشی ترکیب قندی برخی صفات کیفی مانند درصد خندانی و پوکی میوه‌های بد شکل نسبت به شاهد بهبود یافت. نتایج تحقیق متیگنون و ناکایاما (۱۹۸۳) نشان داد که محلول‌پاشی توام ساکارز و نیتروژن میزان کربوهیدرات را در ساقه، برگ و اندام‌های زایشی سویا افزایش داد و سبب بالا رفتن وزن ویژه برگ و افزایش عملکرد و تشکیل میوه گردید. کاربرد ساکارز به صورت محلول پاشی برگی در گیاه سویا، میزان جذب خالص، سطح برگ و میزان رشد نسبی را افزایش داد و همچنین موجب افزایش ۱۶/۴ درصدی ماده خشک گردید (آلویم، ۱۹۶۰).

۲-۷-۱- انتقال و متابولیسم ساکارز

نقش اصلی ساکارز در گیاهان کاربرد آن به عنوان مولکول انتقالی است. به علاوه ساکارز یک مسیر سیگنالی را انجام می‌دهد که موجب تغییر بیان ژن و سازگاری فیزیولوژیکی می‌شود. ساکارز در سیتوسول سلول از کربن تثبیت شده فتوسنتزی، نشاسته ذخیره ای و یا لیپید ها سنتز می‌شود. در بافت‌های منبع سنتز ساکارز از تبدیل گلوکز- udp و فروکتوز - ۶ - فسفات به ساکارز - ۶- فسفات توسط آنزیم ساکارز فسفات سنتاز انجام می‌شود (ویند و همکاران، ۲۰۱۰). ساکارز سنتاز نیز از جمله آنزیم‌هایی است که می‌تواند تبدیل گلوکز- udp و فروکتوز را به ساکارز کاتالیز کند اما این آنزیم به طور عمده در بافت‌های ذخیره‌ای که مسیر مصرفی ساکارز است وجود دارد. ساکارز ساخته شده در بافت منبع از طریق آوند آبکش به بافت‌های دیگر منتقل می شود یا در واکوئل ذخیره و یا متابولیزه می‌شود (ساوئر، ۲۰۰۷).

سرنوشت ساکارز و نحوه انتقال آن بستگی به گونه، مرحله رویشی و بافت گیاه دارد. ساکارز تولید شده به وسیله سلول‌های منبع از طریق پلاسمودسماتا به سلول‌های همراه منتقل می شود. البته ابتدا از طریق ناقلین ساکارز به آپوپلاست و سپس به سلول های همراه منتقل می‌گردد (تارگون و وولف، ۲۰۰۹). سلول همراه نوعی سلول آبکش تخصص یافته است که نقل و انتقال ساکارز به لوله‌های غربالی را از طریق پلاسمودسماتا انجام می‌دهد. لوله‌های غربالی ساکارز را به بافت مخزن منتقل و تخلیه می‌کنند (ساوئر، ۲۰۰۷). ساکارز در سلول‌های مخزن در واکوئل‌ها ذخیره می‌شود (جرمن و گراج، ۲۰۰۹). ساکارز در سیتوسول (برات و همکاران، ۲۰۰۹)، میتوکندری (زارکا و همکاران، ۲۰۰۸)، کلروپلاست (گریتز و همکاران، ۲۰۰۱) و واکوئل‌ها (جرمن و گراج، ۲۰۰۹) کاتالیز می‌شود. افزایش سنتز ساکارز سبب تولید بیوماس بالاتر می‌شود (ویند و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۷-۲- نقش ساکارز در شرایط تنش خشکی

ساکارز در پاسخ به شرایط کمبود آب، شوری و دمای پایین در بسیاری از بافت‌های گیاهی تجمع می‌یابد (پلاه و همکاران، ۱۹۹۷). ساکارز در تنظیم اسمزی و حفاظت گیاه در برابر سرما نیز نقش دارد. تولیدات متابولیکی، نشاسته و ساکارز به عنوان واسطه‌های گلیکولیز برای تولید اسکلت کربنی و ATP و برای ساخت اسیدهای چرب و نوکلئیک به کار می‌روند (کافی و همکاران، ۲۰۰۳). پاتاناگول و مادور (۱۹۹۹) نوسان در مقدار قندهای ساکارز و گلوکز را در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. آنها مشاهده کردند که در شرایط تنش خیلی شدید میزان گلوکز برگ کاهش اما ساکارز افزایش یافت. محققان همبستگی بالایی را بین تجمع قندهای محلول (ساکارز، گلوکز و فروکتوز) و میزان تحمل به خشکی در گیاهان را مشاهده کردند (هوئسترا و بویتینک، ۲۰۰۱).

در گیاهان متحمل به شرایط تنش، قندهای محلول (به ویژه ساکارز) بیشتری در بذور و گرده‌ها تجمع می‌یابند (الیور و بیولی، ۱۹۹۷). در برخی گیاهان مشاهده شده که در شرایط تنش و پسابیدگی متابولیسم کربوهیدرات‌ها به سمت اشکال قندی مانند ساکارز پیش می‌روند (ویتاکر و همکاران،

۲۰۰۱). این موضوع دلالت بر نقش ساکارز در تحمل به پسابیدگی دارد. ساکارز می تواند به عنوان محافظ اسمزی در شرایط تنش جایگزین آب شود و در نگهداری فسفولیپیدهای غشاء و ممانعت از تغییرات ساختاری پروتئین‌ها نقش دارد (کرپسی و گالیبا، ۲۰۰۰). به عنوان مثال در آزمایشی توسط اصفیاء و همکاران (۱۳۸۷) از ساکارز به عنوان یک محافظ اسمزی در مقاومت آزولا به تنش شوری و گرما استفاده شد. غلظت ۵/۵ مول ساکارز درصد شادابی و درصد بقا را در تنش شوری متوسط (۹/۱میلی زیمنس برسانتی متر) و تنش گرمای شدید (۴۲/۳۶ درجه سانتی گراد) افزایش داد. ساکارز همچنین به عنوان یک منبع انرژی واسطه برای جذب مجدد آب به کار می رود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). ساکارز از قند های مهم در تنظیم بیان ژن است. یکی از نقش های تنظیمی ساکارز کنترل بعد از نسخه برداری به وسیله عوامل نسخه برداری است (راک و همکاران، ۱۹۹۸).

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۰ درمزرعه 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.

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

۳-۳- 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 ساکارز (B)، شامل غلظت ۱۵ (b_1)، ۳۰ (b_2) و ۴۵ (b_3) گرم بر لیتر و زمان محلول پاشی (C)، شامل مرحله رویشی (c_1) و پرشدن دانه (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	۳۳/۲	درصد
هدایت الکتریکی	۷/۳۴	دسی زیمنس برمتر
اسیدیته گل اشباع	۸/۰۵	-
درصد مواد خنثی شونده	۲۵/۵	درصد
کربن آلی	۰/۵۹	درصد
نیتروژن کل	۰/۱۰۵	درصد
فسفر قابل جذب	۴۴/۵	پی پی ام
پتاسیم قابل جذب	۲۲۱/۰	پی پی ام
رس	۳۴	درصد
لای	۵۰/۰	درصد
شن	۱۶/۰	درصد
درصد رطوبت	۲/۳	درصد
نسبت جذب سدیم	۱/۸	-
مجموع کاتیون ها	۷۴/۰	میلی اکی والان درلیتر
Na^{+}	۱۰/۰	میلی اکی والان درلیتر
Mg^{2+}	۱۲/۰	میلی اکی والان درلیتر
Ca^{2+}	۵۲/۰	میلی اکی والان درلیتر
مجموع آنیون ها	۷۳/۲	میلی اکی والان درلیتر
SO_4^{2-}	۳۸/۰	میلی اکی والان درلیتر
Cl^{-}	۳۰/۰	میلی اکی والان درلیتر
HCO_3^{-}	۵/۲	میلی اکی والان درلیتر
CO_3^{2-}	۰	میلی اکی والان درلیتر

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

محلول پاشی در مرحله رویشی با غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط عدم تنش	$a_1b_1c_1$
محلول پاشی در مرحله پرشدن دانه با غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط عدم تنش	$a_1b_1c_2$
محلول پاشی در مرحله رویشی با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط عدم تنش	$a_1b_2c_1$
محلول پاشی در مرحله پرشدن دانه با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط عدم تنش	$a_1b_2c_2$
محلول پاشی در مرحله رویشی با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط عدم تنش	$a_1b_3c_1$
محلول پاشی در مرحله پرشدن دانه با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط عدم تنش	$a_1b_3c_2$
محلول پاشی در مرحله رویشی با غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط تنش ملایم	$a_2b_1c_1$
محلول پاشی در مرحله پرشدن دانه با غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط تنش ملایم	$a_2b_1c_2$
محلول پاشی در مرحله رویشی با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط تنش ملایم	$a_2b_2c_1$
محلول پاشی در مرحله پرشدن دانه با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط تنش ملایم	$a_2b_2c_2$
محلول پاشی در مرحله رویشی با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط تنش ملایم	$a_2b_3c_1$
محلول پاشی در مرحله پرشدن دانه با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط تنش ملایم	$a_2b_3c_2$
محلول پاشی در مرحله رویشی با غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط تنش شدید	$a_3b_1c_1$
محلول پاشی در مرحله پرشدن دانه با غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط تنش شدید	$a_3b_1c_2$
محلول پاشی در مرحله رویشی با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط تنش شدید	$a_3b_2c_1$
محلول پاشی در مرحله پرشدن دانه با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط تنش شدید	$a_3b_2c_2$
محلول پاشی در مرحله رویشی با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط تنش شدید	$a_3b_3c_1$
محلول پاشی در مرحله پرشدن دانه با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط تنش شدید	$a_3b_3c_2$

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

شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده L.p.

۳-۴ - عملیات اجرایی

۳-۴-۱- کاشت

زمین در سال قبل به صورت آیش و سال قبل از آن زیر کشت گندم بود. بذر لوبیا چشم بلبلی مورد استفاده رقم محلی بسطام بود. عملیات کاشت در تاریخ ۱۹ تیر ماه ۱۳۹۰ با دست انجام شد. از این رو کشت به عنوان کشت دوم محسوب می‌شود. عمق کاشت بذر ۷- ۵ سانتی‌متر بود. در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت به طول ۴/۵ متر قرار داشت. فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی متر بود. دو خط کناری به عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد.

۳-۴-۲- داشت

آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای انجام شد. مقادیر آب مصرفی تا استقرار کامل گیاه برای تمام تیمارها یکسان بود. طی دوران داشت، دو بار وجین کامل علف‌های هرز توسط دست انجام شد. به منظور پیشگیری از بیماری‌های قارچی در مرحله ۵-۴ برگی از قارچ کش‌های ردومیل و بنومیل به صورت محلول‌پاشی روی خاک و در محل طوقه گیاه استفاده شد.

۳-۴-۳- 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 نظرگرفته شد. محلول‌پاشی ساکارز طی دو مرحله رویشی و پرشدن دانه به ترتیب در تاریخ های ۲۴ مرداد (۳۶ روز پس از کاشت) و ۲۳ شهریور (۶۶ 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.

۳-۴-۴- برداشت

برداشت جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد در تاریخ ۱۳۹۰/۸/۴ متقارن با ۱۰۸ روز پس از کاشت صورت گرفت. در این زمان بوته ها کاملا زرد شده بودند و بذرها در داخل غلاف‌ها قابل تشخیص و جدا شدن بودند.

۳-۵- صفات زراعی و مورفولوژیک

۳-۵-۱- ارتفاع بوته

به هنگام برداشت، تعداد ۵ بوته از هر کرت پس از در نظر گرفتن حاشیه انتخاب شد. ارتفاع بوته به وسیله متر و بر حسب سانتی متر اندازه‌گیری شد. سپس از ارتفاع این بوته‌ها میانگین گرفته شد و به عنوان ارتفاع بوته‌های آن ترکیب تیماری در نظر گرفته شد.

۳-۵-۲- وزن خشک برگ و ساقه و غلاف

به منظور اندازه‌گیری وزن خشک، ۵ بوته به عنوان نمونه از هر کرت برداشته شد. نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به سه بخش برگ، ساقه و غلاف تفکیک شدند. اجزاء تفکیک شده به طور مجزا در پاکت قرار داده شده و به منظور تعیین وزن خشک، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد 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.

۳-۵-۳- سطح برگ

سطح برگ نمونه‌ها پس از جداسازی توسط کاغذ شطرنجی تعیین شد. سپس بر حسب متر مربع سطح برگ به متر مربع سطح زمین محاسبه شد.

۳-۵-۴- 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 متر مربع 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 لوبیا چشم بلبلی شامل تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه درغلاف و وزن هزار دانه می باشند که در ۵ بوته برداشت شده اندازه‌گیری شدند.

۳-۶- صفات فیزیولوژیک

۳-۶-۱- 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 سانتی گراد 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 زیر صورت گرفت (توحیدلو، ۱۳۷۸).

فرمول (۳-۱) مقدار آب نسبی = {(وزن خشک - وزن اشباع) / (وزن خشک - وزن تر)} × ۱۰۰

۳-۶-۲- پایداری غشای پلاسمایی

برای اندازه‌گیری پایداری غشای پلاسمایی ۰/۱ گرم نمونه از بافت برگ به صورت قطعات ریز و یکسان جدا شد. سپس در لوله‌های فالکون ۱۵ میلی لیتری حاوی ۱۰ میلی لیتر آب مقطر به مدت

۱۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد (C_2) و ۳۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد (C_1) قرار گرفتند. EC آنها پس از خنک شدن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. میزان پایداری غشاء پلاسمایی از رابطه زیر محاسبه گردید (سایرام و سریواساوا، ۲۰۰۱).

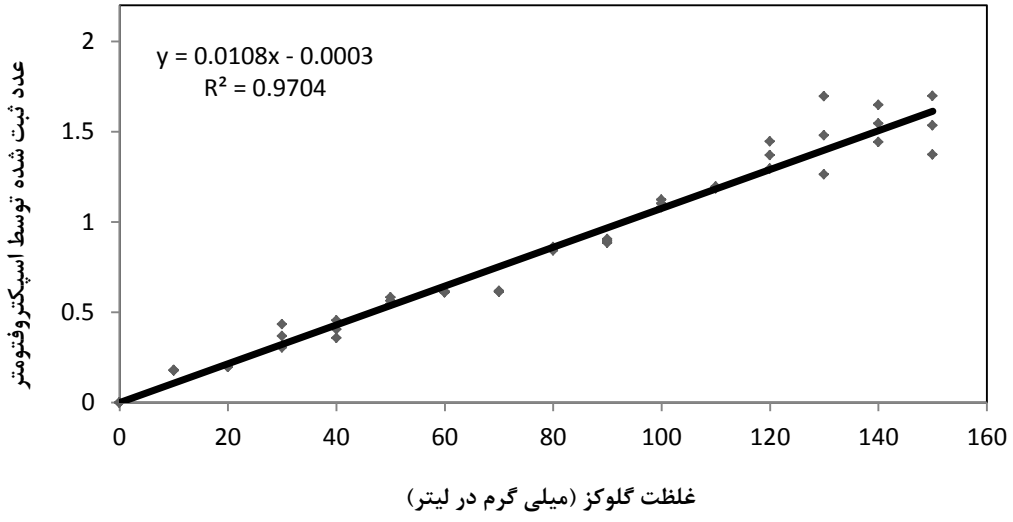
فرمول (۳-۲) شاخص پایداری غشای پلاسمایی = $(1 - c_1/c_2) \times 100$

۳-۶-۳- سنجش قند های محلول

غلظت قند محلول و نشاسته موجود در برگ‌ها، ساقه و بذر در کلیه ترکیبات تیماری اندازه‌گیری شد. نمونه‌های گیاهی پس از تفکیک به بخش‌های ذکر شده و خشک شدن، خوب پودر شدند. به منظور استخراج کربوهیدرات‌های غیر ساختاری ۱۰۰ میلی‌گرم از نمونه پودر شده در فالکون ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد. ۸ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد به آن افزوده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد در حمام آب گرم قرار داده شد. سپس لوله‌های حاوی نمونه‌ها خارج شدند و پس از سرد شدن به مدت ۲۰ دقیقه در۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. روشناور لوله‌ها جدا شد و عمل استخراج ۳ بار تکرار گردید. به روشناور جمع شده به ترتیب ۳/۵ میلی لیتر سولفات روی ($ZnSo_4$) ۵ درصد و ۳/۵ میلی لیتر هیدروکسید باریم ($Ba(OH_2)_2$) ۰/۳ نرمال جهت حذف رنگیزه‌ها اضافه گردید و دوباره ۲۰ دقیقه در۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. روشناور در بالن ژوژه به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد و ۲ میلی لیتر از محلول حاصل جهت تعیین قند محلول به روش فنل اسید سولفوریک (بانت و اینکال، ۱۹۹۲ و هلوبات و کارایجی، ۱۹۷۸) مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس این روش روی ۲ میلی لیتر محلول مورد استفاده ابتدا ۱ میلی لیتر فنل ۵ درصد و سپس ۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ با فشار اضافه گردید. افزودن اسید سولفوریک با جوشش و تولید بخار سوزاننده و حرارت بالا همراه است. لذا این کار بایستی زیر هود و در ظرف مناسب انجام گیرد. بسته به غلظت قند موجود در نمونه رنگ گلبهی کم رنگ تا پر رنگ ایجاد می گردد. نمونه ها به مدت

۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه خنک شدند. سپس میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل jenway 6305 ساخت کشور انگلیس در طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت گردید.

منحنی استاندارد با استفاده از محلول‌هایی با غلظت صفر تا ۱۵۰ میلی گرم در لیتر گلوکز خالص و تکرار کلیه مراحل روش فنل اسید سولفوریک روی ۲ میلی لیتر از آنها به منظور تبدیل مقادیر ثبت شده توسط اسپکتروفتومتر به غلظت قند موجود در محلول در همان روز رسم گردید (شکل۳-۲). معادله حاکم بر منحنی استاندارد $ABS = aC + b$ می‌باشد که در آن ABS مقدار جذب، C غلظت قند موجود در محلول، a و b اعداد ثابت هستند.



شکل ۳-۲- منحنی استاندارد گلوکز خالص در طول موج ۴۸۵ نانومتر

۳-۶-۴- کلروفیل

اندازه‌گیری کلروفیل برگ از ۷۳ روز پس از کاشت آغاز و هر هفته به مدت ۴ هفته انجام شد. در هر کرت تعداد ۳ بوته متوالی در یک خط به عنوان معیار کرت علامت‌گذاری و اندازه‌گیری‌ها تا پایان روی این بوته‌ها صورت گرفت. در هر اندازه‌گیری تعداد ۳ برگ (بالا، وسط و پایین کانوپی) از هر بوته انتخاب شد و کلروفیل آن توسط دستگاه SPAD502 تعیین و میانگین آنها محاسبه گردید. در نهایت

میانگین کلروفیل ۳ بوته در هر کرت بر حسب واحد SPAD (هیسکوکس و ایسرالیستام، ۱۹۷۸) برای محاسبات استفاده شد.

۳-۷- صفات کیفی

۳-۷-۱- فسفر دانه

برای تعیین درصد فسفر ۲ گرم از پودر بافت خشک شده برگ را با دقت ۰/۰۰۱گرم توزین و در بوته چینی ریخته و در کوره الکتریکی ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت حرارت داده شد. خاکستر حاصل را با آب مقطر کمی خیس کرده و به آن ۱۰ میلی لیتر اسید هیدروکلریک ۲ مول اضافه و بعد از اتمام فعل و انفعالات، محتویات را از کاغذ صافی ریز عبور داده و به داخل بالن ژوژه ۱۰۰میلی لیتر ریخته شد. عصاره نهایی به حجم ۱۰۰میلی لیتر رسانیده شد. مقدار ۵ سی سی از محلول عصاره حاصل را به داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتر ریخته و ۵ سی سی به آن محلول آمونیوم مولیبدات- وانادات اضافه کرده و به حجم رسانده شد. سپس میزان جذب را با دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید و درصد فسفر گیاه با توجه به فسفر قرائت شده محاسبه شد (واهینگ و همکاران، ۱۹۸۹).

۳-۷-۲- درصد و عملکرد پروتئین دانه

اندازه‌گیری پروتئین دانه پس از برداشت به روش کجلدال [1] 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 بافت 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 سیاه‌رنگ درون فلاسک‌ها تبدیل به محلول نسبتا زلال به رنگ سبز بسیار

[1] - kjeldahl

کمرنگ شد، پایان عمل هضم مشخص گردید که معمولا ۲ تا ۲/۵ ساعت زمان لازم داشت. میزان نیتروژن نمونه ها 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 شده 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 (۳-۳) و (۳-۴) زیر استفاده شد. ضریب تبدیل پروتئین برای لوبیا چشم بلبلی ۶/۲۵ در نظر گرفته شد. برای محاسبه عملکرد پروتئین دانه از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین آن استفاده گردید.

فرمول (۳-۳) درصدنیتروژن نمونه = (A × ۰/۱۴) / وزن نمونه (گرم)

فرمول (۳-۴) درصد پروتئین = درصد نیتروژن × ضریب تبدیل نیتروژن

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

۳-۸- 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

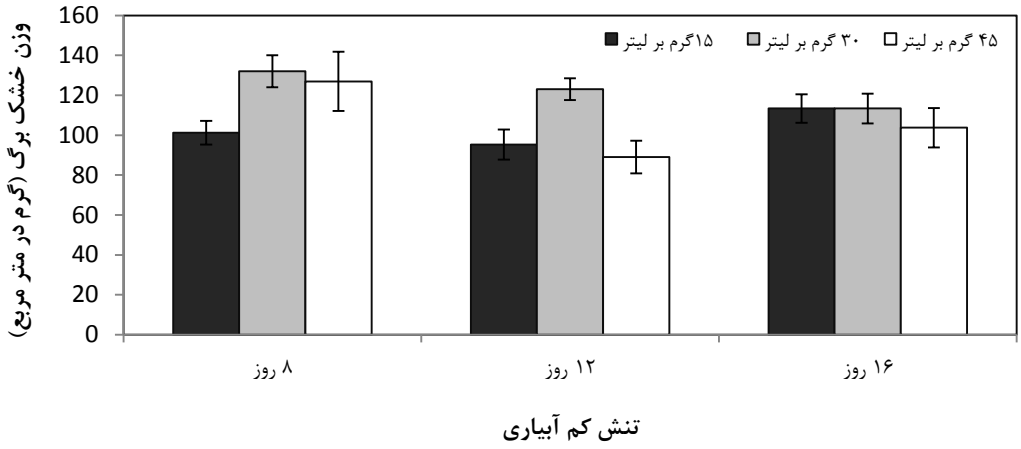
نتایج و بحث

۴-۱- ماده خشک برگ، ساقه و غلاف

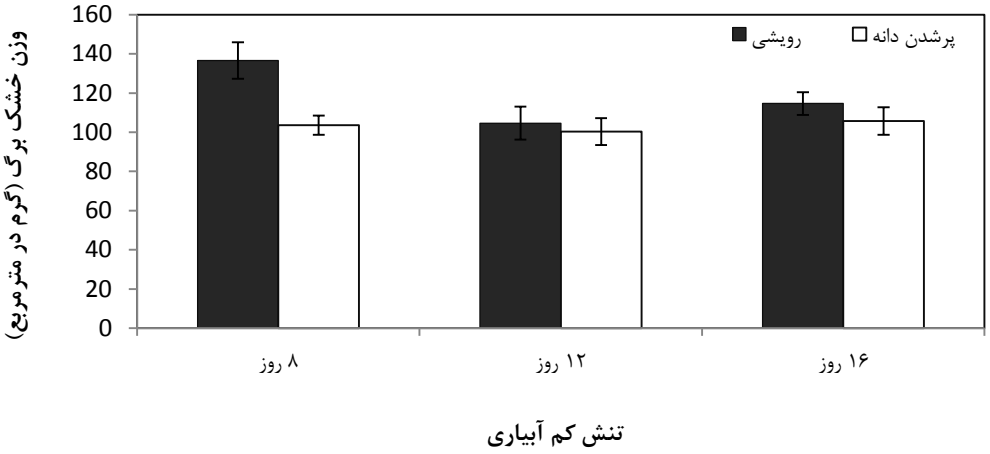
۴-۱-۱- وزن خشک برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس وزن خشک برگ در جدول پیوست ۱ نشان داده شده است. ملاحظه می گردد که کلیه منابع تغییر به جز اثر اصلی تنش، اثر متقابل ساکارز و زمان محلول‌پاشی و نیز اثر سه جانبه بر وزن خشک برگ معنی دار بود (جدول پیوست ۱). در شکل ۴-۱ مشاهده می گردد که بیشترین وزن خشک برگ مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش و غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز بود. که البته اختلاف قابل توجهی با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر در همین شرایط نداشت. محلول‌پاشی با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز 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 ۳۰ گرم بر لیتر تاثیر مساوی بر تجمع ماده خشک در برگ داشت. در حالی که غلظت ۴۵ گرم بر لیتر به مقدار جزئی و غیر معنی‌دار کاهش نشان داد.

در مورد اثر متقابل تنش × زمان محلول پاشی، بیشترین وزن خشک برگ (۱۳۶/۵۶گرم در مترمربع) در شرایط عدم تنش و محلول پاشی در زمان رشد رویشی مشاهده شد که از لحاظ آماری در گروه برتر قرار گرفت. بین سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می‌باشد).

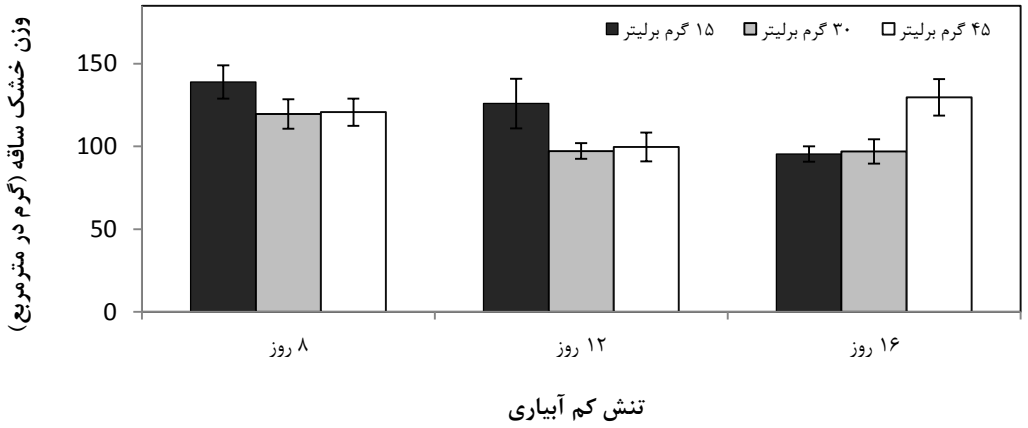


شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز (بار روی میله ها SE ± می‌باشد).

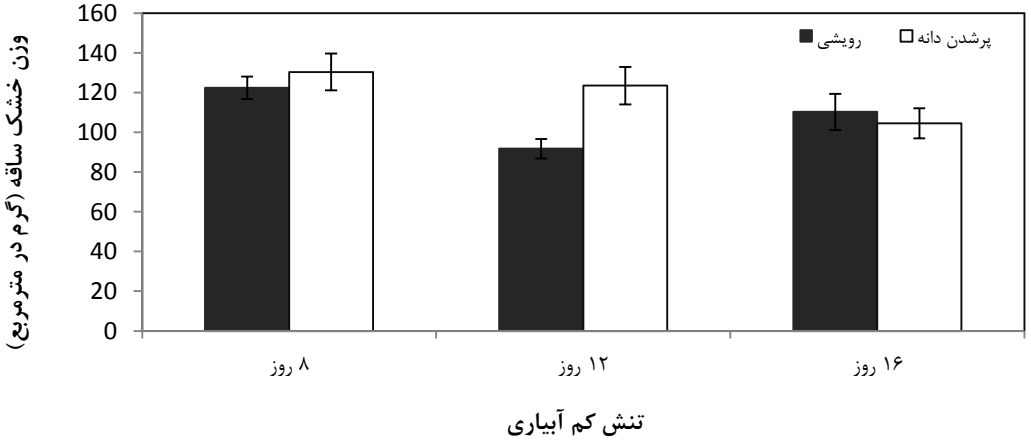
۴-۱-۲- وزن خشک ساقه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر متقابل تنش × غلظت ساکارز ($p < ۰/۰۱$) و اثر متقابل تنش × زمان محلول پاشی ($p < ۰/۰۵$)، همچنین اثر زمان محلول پاشی ($p < ۰/۰۵$) بر وزن خشک ساقه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱). بیشترین وزن خشک ساقه (۱۳۸/۸۹گرم در متر مربع) مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش × غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز بود. در تنش ملایم (آبیاری با فواصل۱۲ روز) نیز همین غلظت از ساکارز مقادیر بالایی از وزن خشک ساقه را نشان داد. ولی در شرایط تنش شدید غلظت‌های پایین ساکارز مفید نبود و محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر وزن خشک ساقه را به طور قابل توجهی افزایش داد که اختلاف معنی‌داری با بالاترین وزن خشک ساقه ثبت شده نداشت (شکل ۴-۳). به طور کلی بروز تنش در گیاه لوبیا چشم بلبلی وزن خشک ساقه را نزدیک به ۲۰ گرم در هر متر مربع کاهش داد (جدول پیوست ۲). اگر اثر افزایشی ناشی از محلول‌پاشی با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر در این صفت وجود داشت، قطعا کاهش بیشتری در شرایط تنش شدید مشاهده می‌شد. علت افزایش وزن خشک ساقه در این شرایط می‌تواند اختصاص بیشتر مواد به اندام‌های در حال رشد به واسطه دریافت قند از بیرون باشد.

در شرایط عدم تنش و تنش شدید تفاوت معنی داری بین دو زمان محلول پاشی وجود نداشت ولی در تنش ملایم، محلول پاشی در زمان پرشدن دانه از لحاظ تاثیرگذاری بر وزن خشک ساقه بهتر بود (شکل۴-۴).



شکل۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



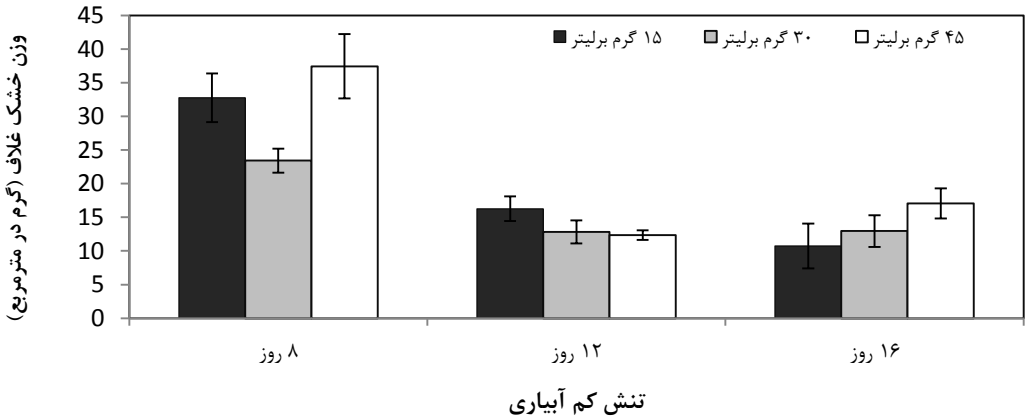
شکل۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).

۴-۱-۳- وزن خشک غلاف

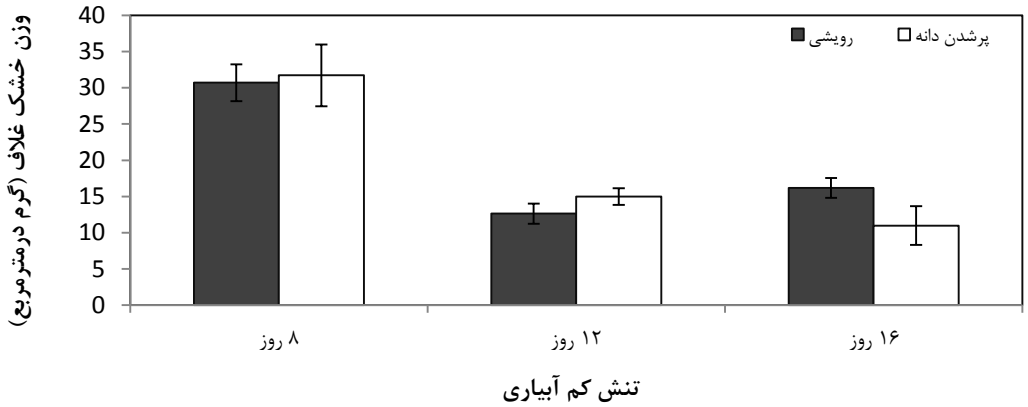
اثر تنش کم‌آبیاری و غلظت ساکارز و نیز اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل تنش و زمان محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل غلظت ساکارز و زمان محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن خشک غلاف معنی دار شدند (جدول پیوست ۱). با توجه به شکل

(۴-۵) بیشترین وزن خشک غلاف (۳۷/۴۴ گرم در متر مربع) از ترکیب تیماری عدم تنش × غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز و کمترین (۱۰/۷۵ گرم در متر مربع) از ترکیب تیماری تنش شدید × غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز حاصل شد. به طور کلی تنش ملایم و شدید نسبت به شرایط عدم تنش موجب کاهش قابل توجهی در وزن خشک غلاف شدند به طوری که بروز تنش وزن خشک غلاف را از حدود ۳۱ گرم در متر مربع در شرایط عدم تنش به حدود ۱۴ گرم در متر مربع رساند (جدول پیوست ۲). در شرایط تنش شدید افزایش غلظت ساکارز از ۱۵ به ۳۰ گرم برلیتر و از ۳۰ به ۴۵ گرم برلیتر سبب افزایش ۲۰/۳۷ و ۵۸/۶۹ درصدی وزن خشک غلاف شد (شکل ۴-۵). در شرایط عدم تنش محلول‌پاشی در مرحله پرشدن دانه وزن خشک غلاف بیشتری ایجاد کرد اما با محلول‌پاشی در مرحله رویشی تفاوت معنی‌داری نداشت این وضعیت در تنش ملایم نیز مشاهده شد ولی در تنش شدید کاملا شرایط بر عکس بود به طوری که محلول‌پاشی در زمان رشد رویشی اثر معنی‌داری در افزایش وزن خشک غلاف داشت (شکل ۴-۶).

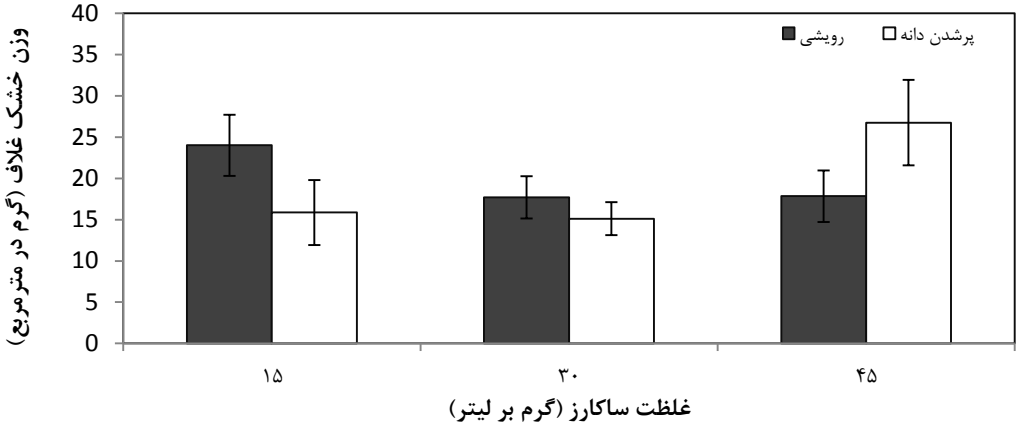
مقایسه بین ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های ساکارز و زمان محلول پاشی نشان داد، محلول‌پاشی با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز در زمان پرشدن دانه بیشترین وزن خشک غلاف را ایجاد کرد. از محلول پاشی با غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز در مرحله روشی نیز مقدار بالایی از وزن خشک غلاف حاصل شد (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).

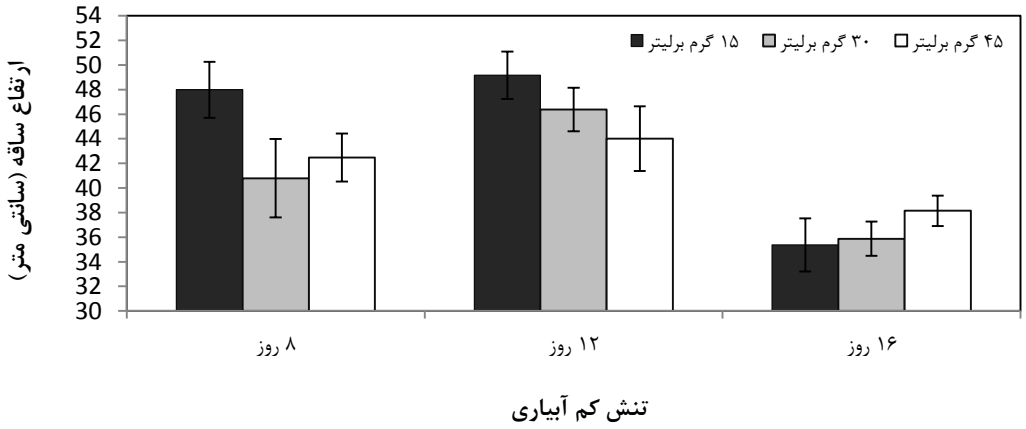


شکل ۴-۷- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های ساکارز و زمان محلول‌پاشی ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).

۴-۲- ارتفاع ساقه

اثر محلول‌پاشی ساکارز و اثر متقابل آن با تنش در سطح احتمال ۵ درصد بر ارتفاع ساقه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳). بیشترین ارتفاع بوته معادل ۴۹/۱۶ سانتی متر از شرایط تنش ملایم و غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز به دست آمد. غلظت‌های بالای ساکارز در این سطح از تنش تاثیر منفی بر ارتفاع ساقه داشتند. در گیاهانی که با فواصل ۸ روزه آبیاری شده بودند نیز ارتفاع بوته‌هایی که غلظت ۱۵ گرم بر لیتر را دریافت کرده بودند، زیاد بود و اختلاف معنی داری با همین غلظت در

شرایط تنش ملایم نداشت ولی دو غلظت ۳۰ و ۴۵ گرم بر لیتر اثر منفی قابل توجهی بر ارتفاع بوته در این شرایط گذاشت (شکل۴-۸). این وضعیت تا حدی در وزن خشک ساقه (شکل ۴-۳) نیز مشهود بود. در مقابل تجمع ماده خشک در برگ (شکل ۴-۱) در این ترکیبات تیماری بالاتر بود. بر اساس این نتایج مشخص می‌گردد که محلول‌پاشی با دو غلظت بالای ساکارز در دو شرایط عدم تنش و تنش ملایم بیشتر به نفع برگ بوده است چرا که ممکن است در این شرایط انتقال قند وارد شده به برگ به سایر قسمت‌های گیاه به خوبی صورت نگرفته باشد. در شرایط تنش شدید افزایش غلظت ساکارز از ۱۵ به ۳۰ و سپس ۴۵ گرم بر لیتر سبب افزایش جزئی در ارتفاع ساقه شد. اما بین این ترکیبات تیماری تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل ۴-۸). بیان شده است که تنش خشکی از طریق کاهش فتوسنتز و در نتیجه کمبود شیره پرورده، موجب کاهش ارتفاع بوته و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (پاسبان و طاهر، 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 ۷/۳ سانتی‌متری در ارتفاع بوته گردید که البته این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۴).

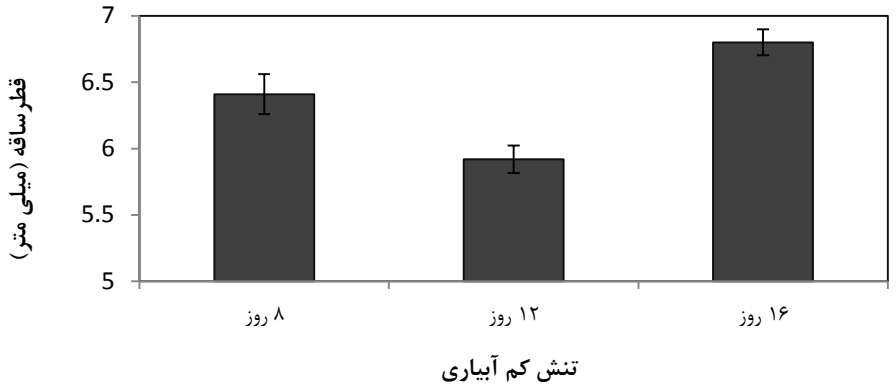


شکل ۴-۸- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و غلظت‌های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).

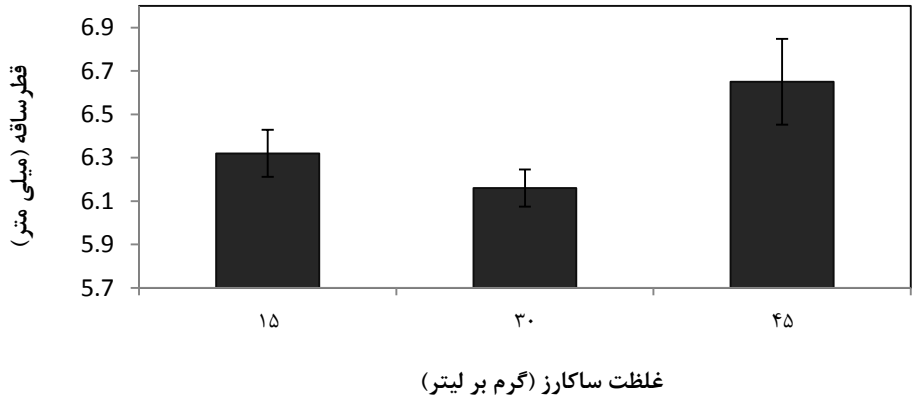
۴-۳- قطر ساقه

از بین منابع تغییر قطر ساقه به طور بسیار معنی‌داری از سطوح تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز ($p <$ ۰/۰۱) تاثیر پذیرفت (جدول پیوست ۳). ارتفاع ساقه بیشتر موجب رقم خوردن قطر ساقه

کمتر گردید. از این رو بیشترین قطر ساقه (۶/۸۰ میلی‌متر) در تیمار تنش شدید و کمترین مقدار آن به میزان ۵/۹۲ میلی متر در تیمار تنش ملایم مشاهده شد (شکل ۴-۹) . یعنی با کاهش ارتفاع در اثر تنش قطر ساقه افزایش یافته است. همان طور که اشاره شد ساکارز از اسمولیت‌های سازگار است که در شرایط تنش تولید می شود و تجمع بیشتر ساکارز در گیاه می تواند اثرات ناشی از تنش را تخفیف دهد. بنابراین گیاه به منظور جلوگیری از مصرف مواد ذخیره‌ای رشد طولی را کاهش داده است. بنابراین بر قطر ساقه افزوده شده است. همچنین بیشترین قطر ساقه معادل ۶/۶۵ میلی‌متر از غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز به دست آمد که نسبت به کمترین مقدار مشاهده شده در غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ۰/۴۹ و نسبت به غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ۰/۳۳ میلی‌متر بیشتر بود (شکل۴-۱۰).



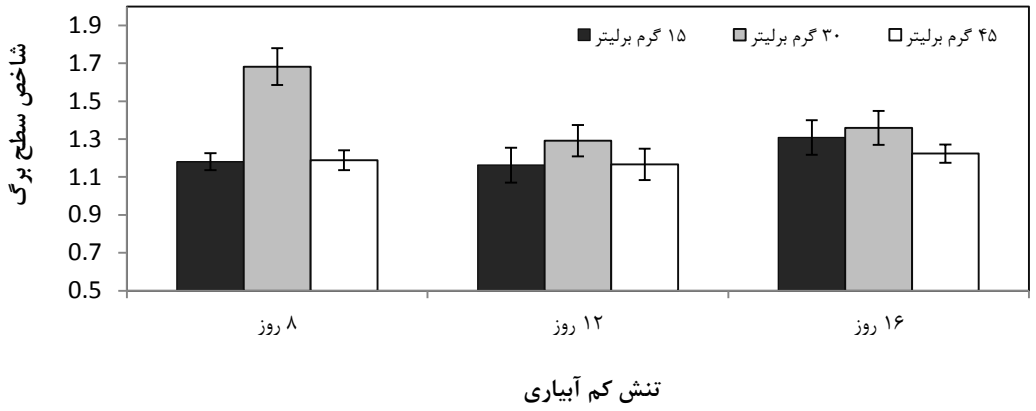
شکل ۴-۹- مقایسه میانگین قطرساقه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
(بار روی میله ها SE ± می باشد).



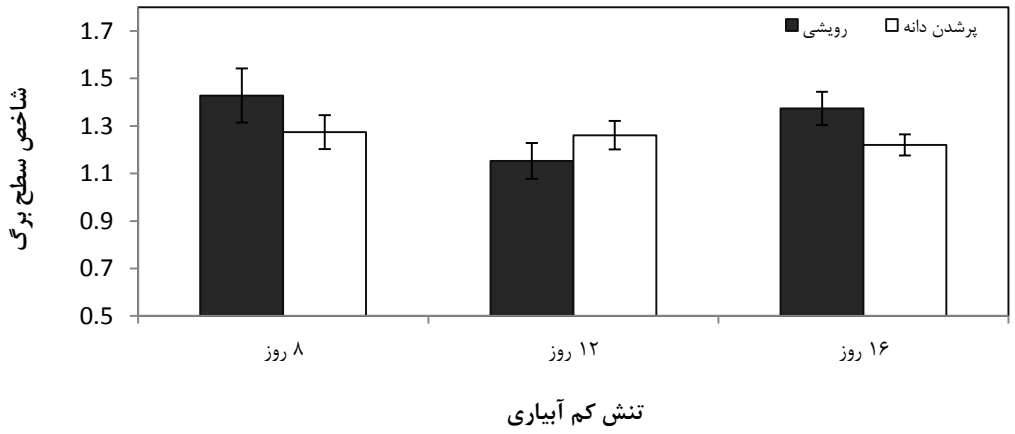
شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین قطرساقه تحت تاثیر غلظت های ساکارز
(بار روی میله ها SE ± می باشد).

۴-۴- شاخص سطح برگ

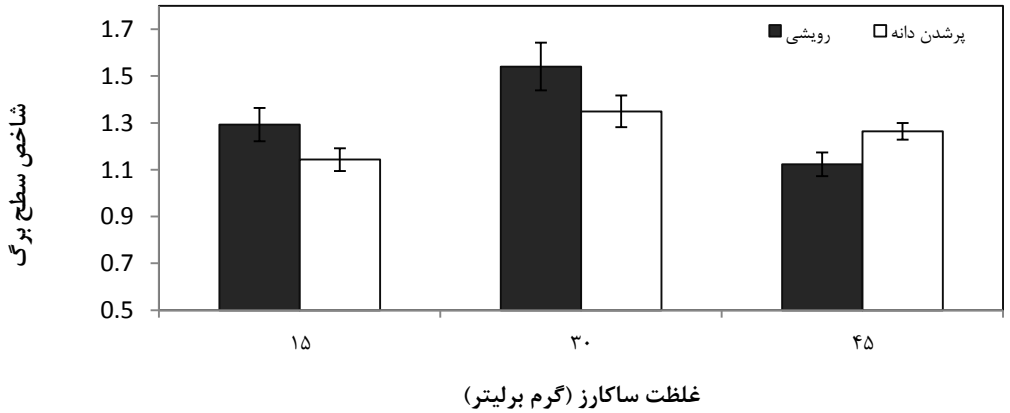
با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس از بین اثرات اصلی اثر تنش (p <۰/۰۵) و غلظت ساکارز (p <۰/۰۱) و از بین اثرات متقابل اثرات دو جانبه تاثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ داشتند (جدول پیوست ۳). بالاترین مقدار شاخص سطح برگ با میانگین معادل ۱/۶۸ از شرایط عدم تنش و محلول پاشی با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز به دست آمد. در دو سطح تنش ملایم و تنش شدید نیز محلول پاشی با غلظت متوسط ساکارز یعنی ۳۰ گرم بر لیتر این صفت را بهبود بخشید ولی محلول‌پاشی با بالاترین غلظت اثری نداشت (شکل۴-۱۱). در تحقیقی توسط آلویم (۱۹۶۰) محلول پاشی ساکارز روی گیاه لوبیا موجب افزایش سطح برگ شد. در بین ترکیبات تیماری حاصل از تنش و زمان محلول‌پاشی، بیشترین شاخص سطح برگ در شرایط عدم تنش و محلول پاشی در مرحله رشد رویشی مشاهده شد. در شرایط تنش شدید نیز محلول پاشی در همین مرحله موثرتر بود (شکل ۴-۱۲). در تایید مطالب بیان شده برای شکل ۴-۱۱، در شکل ۴-۱۳ نیز مشاهده می گردد که به طور کلی محلول‌پاشی با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر بیشترین تاثیر را بر شاخص سطح برگ داشت. منتهی از لحاظ زمان استفاده از این ماده، محلول پاشی در زمان رشد رویشی شاخص سطح برگ بالاتری (معادل ۱/۵۵) را ایجاد نمود. این برتری از لحاظ آماری نیز معنی‌دار بود. در پایین‌ترین غلظت ساکارز (۱۵ گرم بر لیتر) نیز محلول‌پاشی در زمان رویشی تاثیر بیشتری بر شاخص سطح برگ گذاشت. اندام‌هایی هوایی گیاهان در مواجهه با تنش خشکی با سرعت کمتری گسترش می‌یابند، اندازه برگ‌ها کوچکتر می‌شود و به واسطه ریزش زود هنگام برگ‌های پایینی، گیاه سطح برگ خود را با سرعت بیشتری از دست می‌دهد و نهایتا شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد (بویر، ۱۹۷۰). کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی در تحقیقات نادری و همکاران (۲۰۰۴)، رازی و اسد (۱۹۹۸)، کیکر(۲۰۰۴) و مانیوانان و همکاران (a ۲۰۰۷) نیز مشاهده شد.



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی (بار روی میله ها SE ± می باشد).



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های ساکارز و زمان محلول پاشی (بار روی میله ها SE ± می باشد).

۴-۵- عملکرد و اجزای عملکرد

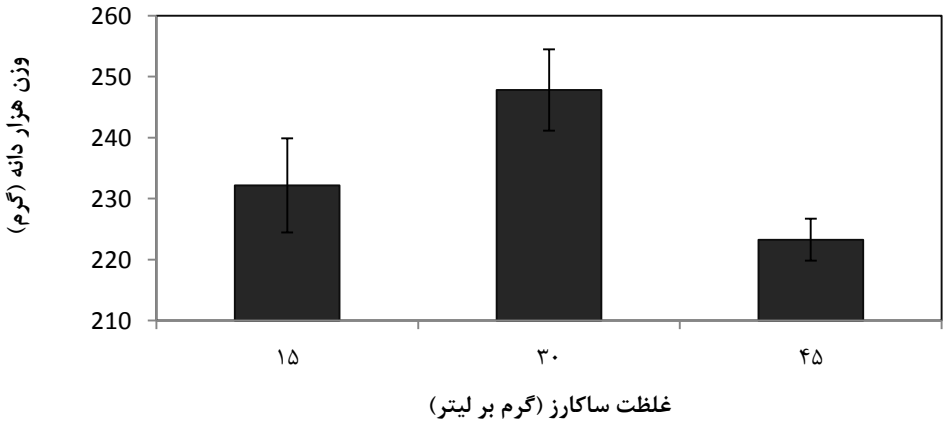
۴-۵-۱- اجزای عملکرد

از بین منابع تغییر تنها غلظت ساکارز (p <۰/۰۵) بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۵). بیشترین وزن هزار دانه (۲۴۷/۸۲ گرم) از غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز به دست آمد. بین دو سطح دیگر ساکارز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. وزن هزار دانه ثبت شده در غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز نسبت به غلظت‌های ۱۵ و ۴۵ گرم بر لیتر به ترتیب ۶/۷۳ و ۱۱ درصد بیشتر بود (شکل۴-۱۴).

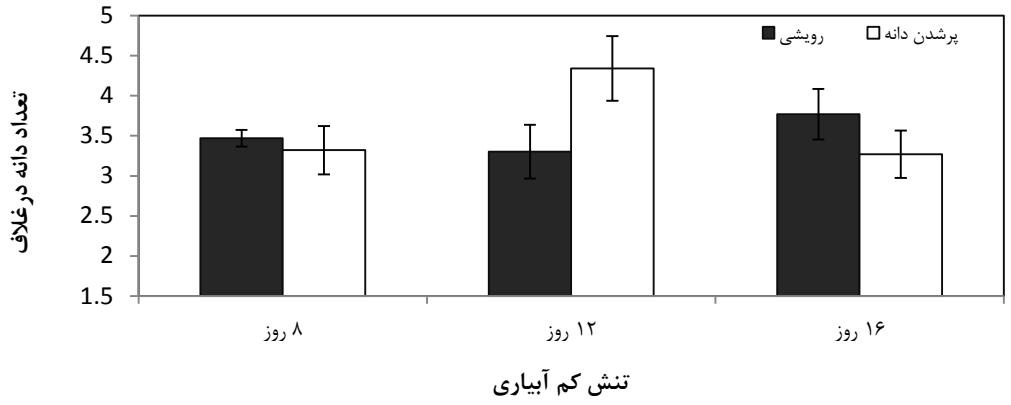
هیچ یک از منابع تغییر به جز اثر متقابل تنش و زمان محلول‌پاشی بر تعداد دانه در غلاف اثر معنی داری نداشت (جدول پیوست ۵). از لحاظ تاثیر گذاری بر تعداد دانه در غلاف محلول‌پاشی در زمان پرشدن دانه تنها در شرایط تنش ملایم مفید واقع شد و به طور کلی بیشترین تعداد دانه در غلاف (۴/۳۲) را در بین ترکیبات تیماری مورد مطالعه ایجاد کرد. در دو سطح دیگر تنش تفاوت معنی‌داری بین دو زمان محلول پاشی وجود نداشت اگرچه محلول‌پاشی در زمان رویشی به طور جزئی برتر بود (شکل ۴- ۱۵) همچنین به طور کلی در شکل ۴-۱۵ قابل مشاهده است که گیاهانی که با فواصل ۱۲ و ۱۶ روز آبیاری شدند تعداد دانه در غلاف بیشتر از گیاهان آبیاری شده با فواصل ۸ روز بود. البته همان‌طور که در جدول پیوست ۶ نیز مشاهده می‌شود این اختلاف بسیار جزئی و غیر معنی دار است. دلیل این امر می‌تواند کاهش تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه در شرایط تنش‌های ملایم و شدید باشد.

اثر تنش کم آبیاری و غلظت ساکارز و نیز اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل غلظت ساکارز و زمان محلول‌پاشی در سطح ۵ درصد بر تعداد غلاف در بوته معنی دار بود (جدول پیوست ۵). با توجه به شکل ۴- ۱۶ و نیز جدول پیوست ۶ می‌توان دریافت که هر دو سطح تنش ملایم و شدید تقریبا به یک اندازه موجب کاهش تعداد غلاف در بوته گردیدند. البته کاهش مشاهده

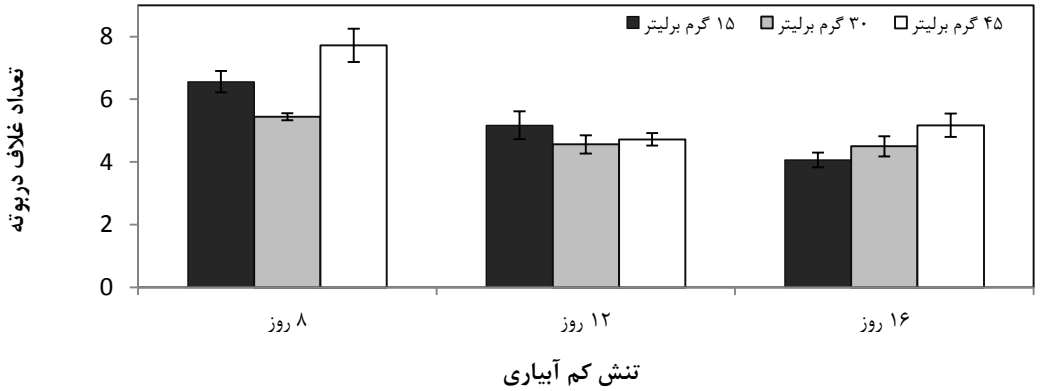
شده ناشی از تنش ملایم و شدید نسبت به عدم تنش به ترتیب ۲۶ و ۳۳ درصد بود. محلول‌پاشی با ساکارز ۴۵ گرم بر لیتر در گیاهانی که با فواصل ۸ و ۱۶ روز آبیاری شدند، مفید واقع شد. بیشترین تعداد غلاف در بوته (۷/۷۲) در شرایط عدم تنش از محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۴۵ گرم برلیتر و کمترین (۴/۰۵) در شرایط تنش شدید و محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز حاصل شد. در شرایط تنش ملایم غلظت‌های پایین ساکارز مفیدتر بود. هر چند اختلاف معنی‌داری با دو غلظت بالاتر وجود نداشت. در شرایط تنش شدید افزایش غلظت ساکارز از ۱۵ به ۳۰ و سپس ۴۵ گرم بر لیتر به ترتیب موجب افزایش ۱۰/۸۳ و ۲۷/۳۳ درصدی تعداد غلاف در بوته شد. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل غلظت ساکارز و زمان محلول‌پاشی بر تعداد غلاف در بوته مقایسه‌ای بین ترکیبات حاصل انجام شد. درشکل ۴- ۱۷ مشاهده می شود محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز در مرحله پر شدن دانه بیشترین تعداد غلاف در بوته (۶/۳۰) را ایجاد کرد. محلول‌پاشی در همین مرحله با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز نسبت به مرحله رویشی موجب افزایش تعداد غلاف در بوته شد. در محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز تفاوت معنی‌داری بین دو زمان محلول‌پاشی وجود نداشت (شکل ۴-۱۷).



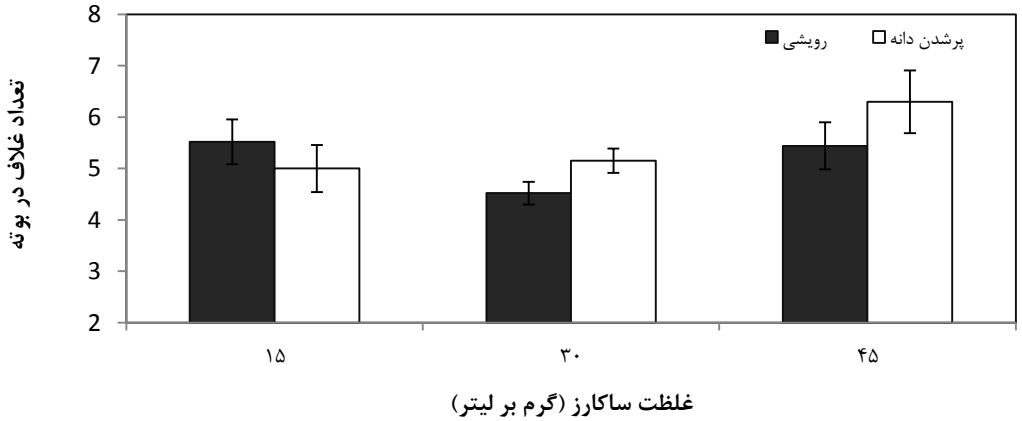
شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تاثیر غلظت های ساکارز
(بار روی میله ها SE ± می باشد).



شکل ۴- ۱۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین تعداد غلاف دربوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



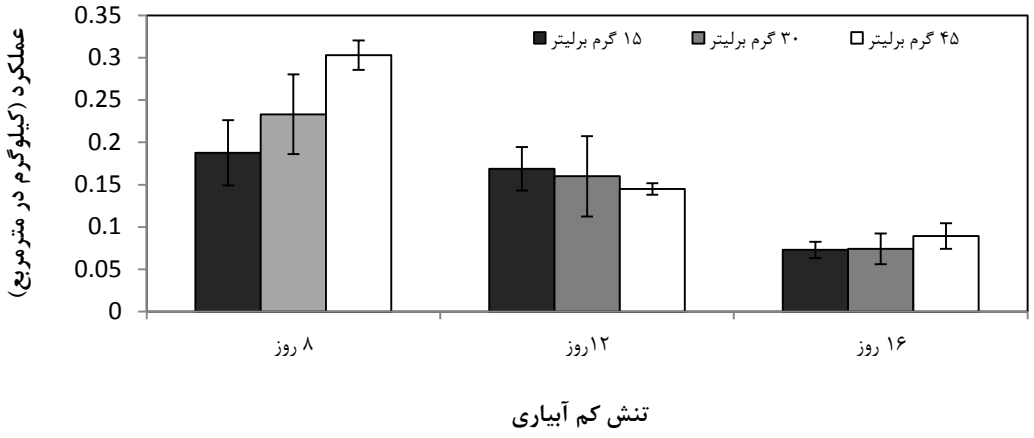
شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های ساکارز و زمان محلول پاشی (بار روی میله ها SE ± می باشد).

۴-۵-۲- عملکرد

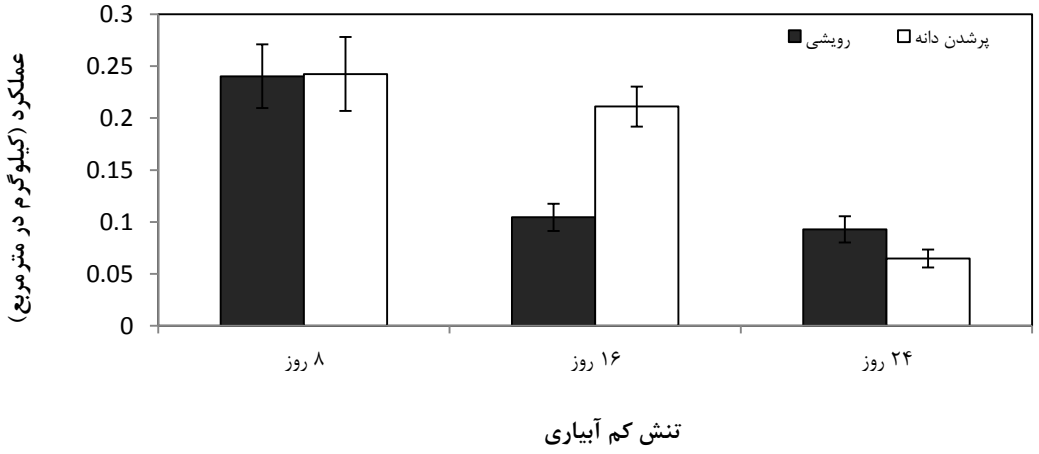
کلیه منابع تغییر به جزء اثر متقابل سه جانبه بر عملکرد تاثیر معنی‌داری داشتند (جدول پیوست ۵). بیشترین میزان عملکرد (۰/۳کیلوگرم در متر مربع) در شرایط عدم تنش از محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر حاصل شد. افزایش غلظت ساکارز از ۱۵ به ۳۰ و ۳۰ به ۴۵ گرم بر لیتر در شرایط عدم تنش، سبب افزایش ۲۴/۴۳ و ۶۱/۵۶ درصدی عملکرد شد. در مجموع عملکرد ثبت شده برای شرایط عدم تنش حدود ۰/۲۴ کیلوگرم در متر مربع بود که با اضافه شدن ۴ روز به فاصله آبیاری حدود ۳۵ درصد کاهش در عملکرد مشاهده شد (جدول پیوست ۶). در این شرایط محلول‌پاشی ساکارز و افزایش غلظت آن نتوانست اثر منفی ناشی از این تنش را جبران کند حتی در غلظت‌های بالای ساکارز اثر منفی مضاعف نیز مشاهده گردید که البته ناچیز بود (شکل ۴-۱۸). در گیاهانی که با فواصل ۱۶ روز آبیاری شدند (تنش شدید) نسبت به فاصله ۸ روز، بالغ بر ۶۷ درصد کاهش در عملکرد مشاهده شد (جدول پیوست ۶). در شرایط تنش شدید افزایش غلظت ساکارز سبب افزایش میزان عملکرد شد. این افزایش در غلظت ۴۵ گرم بر لیتر نسبت به غلظت ۱۵ گرم بر لیتر حدود ۲۳ درصد بود که البته از لحاظ آماری غیر معنی‌دار بود (شکل ۴-۱۸). به نظر می‌رسد از بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته بیشترین تاثیر را در رقم خوردن نتیجه به دست آمده برای عملکرد داشته است.

در مورد اثرمتقابل تنش × زمان محلول‌پاشی، نتایج متفاوتی به دست آمد. به طوری که در شرایط عدم تنش تفاوتی بین زمان محلول‌پاشی وجود نداشت. در تنش ملایم محلول‌پاشی در پر شدن دانه به طور قابل توجهی بهتر بود و در تنش شدید محلول‌پاشی در مرحله رویشی نتیجه بهتری داشت (شکل ۴-۱۹). بر اساس نتایج نشان داده شده در شکل ۴- ۲۰ محلول پاشی ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز در زمان پرشدن دانه و ۴۵ گرم بر لیتر در زمان رشد رویشی عملکردهای بالایی را تولید کردند. گیاه لوبیا به شرایط آب و خاک و کیفیت آنها بسیار حساس است و عملکرد آن حتی از دوره‌های کوتاه کمبود آب

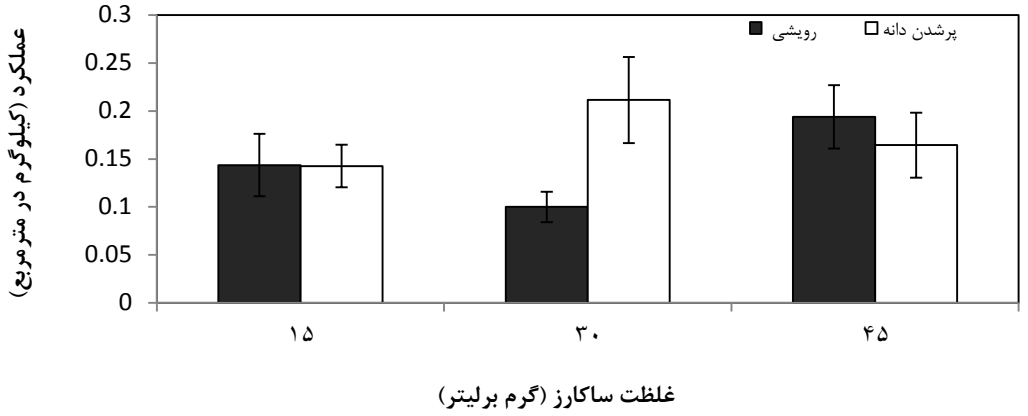
صدمه می‌بیند (مرر و همکاران، ۱۹۶۹). تنش خشکی موجب کاهش فتوسنتز در گیاه و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. همچنین تنش خشکی انتقال مواد غذایی را از برگ ها به دانه ها کاهش می‌دهد (بقایی، ۲۰۰۴). در گزارشی تنش کم آبی از طریق کاهش تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه سبب کاهش عملکرد لوبیا چشم بلبلی شد (رضایی و کامگار حقیقی، ۱۳۸۸).



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین عملکرد تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین عملکرد تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



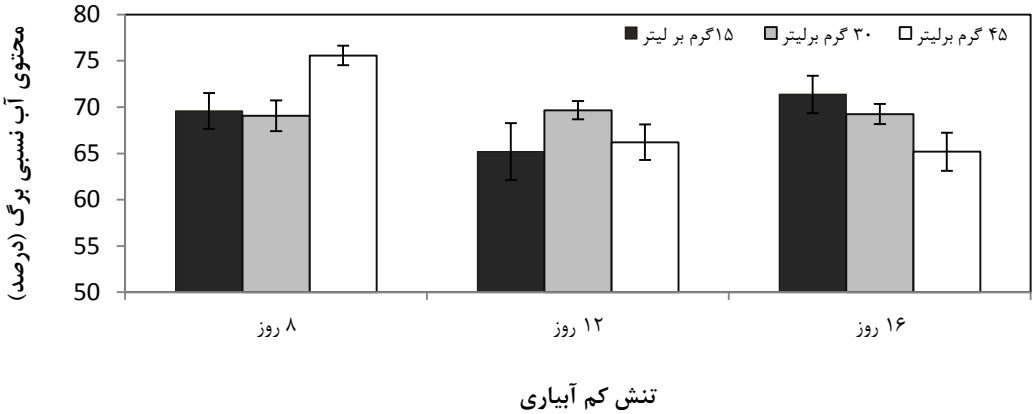
شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین عملکرد تحت تاثیر ترکیبت تیماری حاصل از غلظت های ساکارز و زمان محلول پاشی (بار روی میله ها SE ± می باشد).

۴-۶- صفات فیزیولوژیک

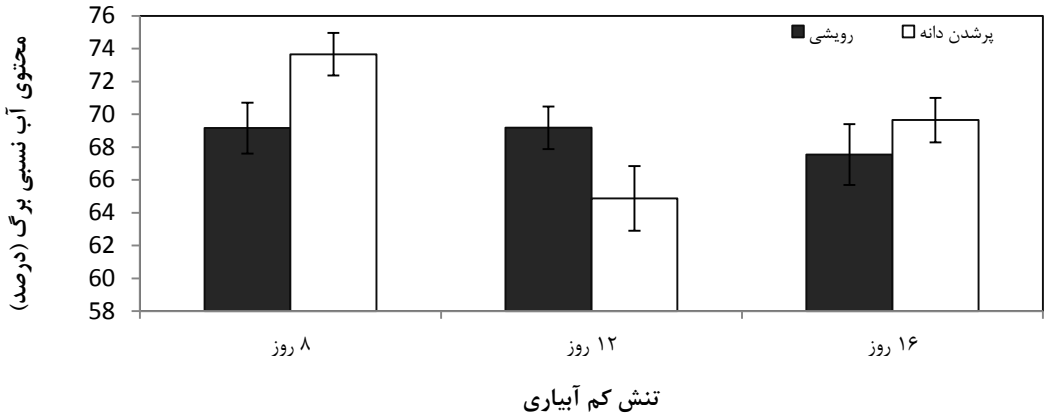
۴-۶-۱- محتوی آب نسبی برگ

کاهش محتوای آب برگ و بسته شدن روزنه‌ها اولین تاثیر تنش خشکی است که از طریق اختلال در ساخت مواد فتوسنتزی موجب کاهش عملکرد می شود (سانگری و همکاران، ۲۰۰۹). در شرایط تنش خشکی گیاه روزنه‌های خود را می بندد و در نتیجه میزان دی اکسید کربن درونی کاهش می‌یابد که این منجر به کاهش فتوسنتز برگ می‌شود (وزان و همکاران، ۲۰۰۲). کاهش در محتوی آب نسبی در اثر تنش خشکی در مطالعات لوباتو و همکاران (۲۰۰۸)، سانچز و همکاران (۱۹۹۸) نیز مشاهده شد. اثر تنش کم آبیاری (p <۰/۰۵) و اثر متقابل آن با غلظت ساکارز (p <۰/۰۱) و زمان محلول‌پاشی (p <۰/۰۵) بر مقدار آب نسبی برگ معنی‌دار شد (جدول پیوست ۷). بیشترین مقدار آب نسبی معادل ۷۵/۵۸ درصد در شرایطی به دست آمد که گیاهان هر ۸ روز یکبار آبیاری شدند و با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز محلول‌پاشی شدند. این در حالی است که در همین شرایط وقتی با غلظت‌های ۱۵ و ۳۰ گرم بر لیتر محلول‌پاشی شد، مقدار آب نسبی برگ کمتر از ۷۰ درصد بود. در

شرایط تنش ملایم محتوای آب نسبی ثبت شده برای غلظت ۳۰ گرم بر لیتر حدود ۷۰ درصد بود که به طور معنی‌داری بالاتر از دو غلظت دیگر قرار داشت. در تنش شدید نتیجه متفاوتی دیده شد. در این شرایط کاربرد خارجی ساکارز با غلظت ۱۵ گرم بر لیتر مفیدتر واقع شد به طوری که حتی مقدار آب نسبی ثبت شده بیشتر از دو غلظت ۱۵ و ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط عدم تنش بود. در تنش شدید افزایش غلظت ساکارز مصرفی موجب کاهش معنی‌دار در محتوای آب نسبی برگ شد که بیانگر عدم تاثیر آن در خنثی نمودن اثر تنش بوده است. بنابراین از نتایج به دست آمده چنین استنباط می‌شود که اگر گیاه در شرایط نرمالی رشد کرده باشد غلظت‌های بالاتر ساکارز می‌تواند روابط آبی گیاه را بهبود بخشد و چنانچه گیاه در معرض کم آبی قرار گیرد غلظت‌های پایین‌تر ساکارز مفید خواهد بود. البته شایان ذکر است اعدادی که برای محتوای آب نسبی برگ به دست آمد و در جدول پیوست ۸ نیز نمایش داده شده است، وجود تنش شدید را نشان نمی‌دهد. این احتمال وجود دارد که زمان نمونه‌گیری و اندازه‌گیری این صفت مناسب نبوده است و شرایط واقعی مزرعه نشان داده نشده است. شاید اگر زمان‌های مختلف اقدام به اندازه‌گیری این صفت شده بود، نتایج بهتری به دست می‌آمد. بررسی ترکیبات تیماری حاصل از تنش و زمان محلول‌پاشی نشان داد که در شرایط ۸ و ۱۶ روز آبیاری، محلول‌پاشی در زمان پرشدن دانه مناسب‌تر است. و در کل بیشترین مقدار آب نسبی برگ در شرایط عدم تنش و محلول‌پاشی در مرحله پرشدن دانه به دست آمد (شکل۴-۲۲).



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین محتوی آب نسبی تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).

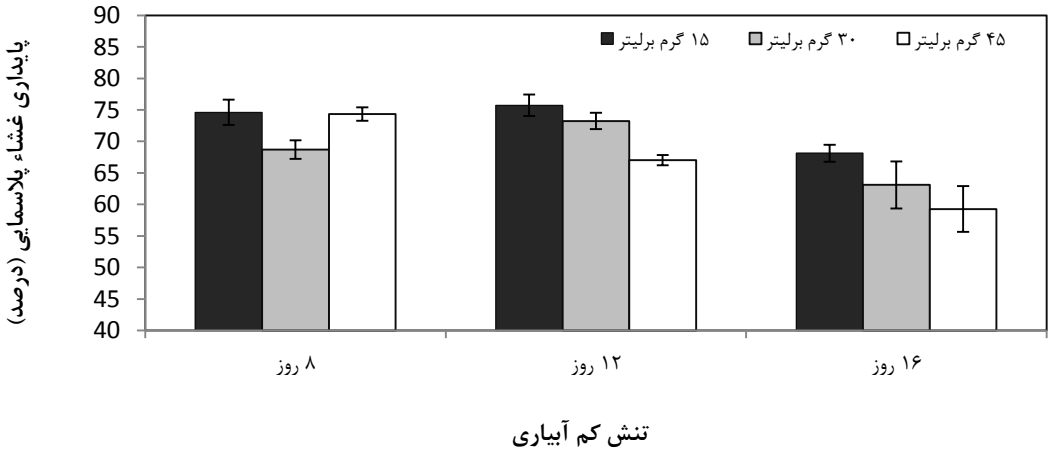


شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین محتوی آب نسبی تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).

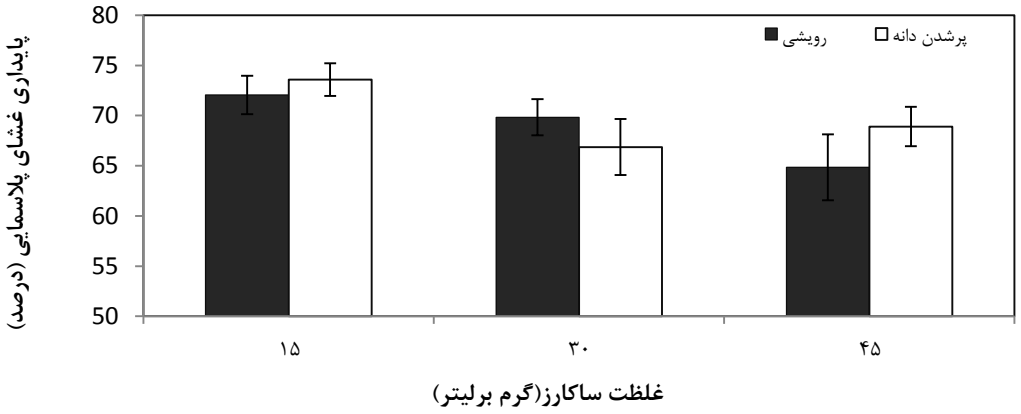
۴-۶-۲- پایداری غشای پلاسمایی

نتیجه تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی تنش کم‌آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد و غلظت ساکارز در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل ساکارز و زمان محلول پاشی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۷). با توجه به اثر متقابل تنش و غلظت ساکارز بیشترین میزان پایداری غشای پلاسمایی (۷۵/۷۲٪) در شرایط تنش ملایم و محلول پاشی ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز حاصل شد که البته اختلاف معنی‌داری با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر در همین سطح از تنش و غلظت‌های ۱۵ و ۴۵ گرم بر لیتر در شرایط عدم تنش نداشت (شکل ۴-۲۳). با افزایش سطح تنش میزان پایداری غشای پلاسمایی کاهش یافت. در جدول پیوست ۸ مشاهده می‌شود که دو برابر شدن فاصله آبیاری موجب ۹ درصد کاهش در پایداری غشای پلاسمایی شد. با توجه به شکل ۴- ۲۳ می‌توان دریافت که کاربرد ساکارز با غلظت‌های پایین پایداری بیشتری را در غشای پلاسمایی سبب شد. در هر دو شرایط تنش ملایم و شدید افزایش غلظت محلول‌پاشی ساکارز موجب کاهش پایداری غشای پلاسمایی گردید به طوری‌که در نهایت کمترین مقدار این پارامتر با میانگین ۶۳/۰۹ درصد در ترکیب تیماری تنش شدید × غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز ثبت شد. این نتیجه در حالی رقم خورد که انتظار می‌رفت ساکارز موجب افزایش پایداری غشاء به ویژه در شرایط

تنش گردد. در منابع این‌گونه ذکر شده است که در شرایط تنش خشکی تجمع برخی گونه های آزاد اکسیژن سبب آسیب به بسیاری از ترکیبات سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک می شود (جیانگ و هانگ، ۲۰۰۱). در اثر پراکسیداسیون چربی‌ها غشاهای سلولی صدمه می بیند (اشرف و همکاران، ۱۹۹۲). نتایج مشابهی در بررسی تنش خشکی روی لوبیا (هنگ و همکاران، ۲۰۰۴) و گندم (حق پرست، ۱۹۹۷) گزارش شده است. ساکارز از جمله اسمولیت‌های سازگار است که در شرایط تنش تجمع می‌یابد و در شرایط تنش می تواند با حفاظت از سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی در برابر گونه‌های آزاد اکسیژن سبب افزایش پایداری غشای پلاسمایی شود. مقایسه اثر متقابل غلظت ساکارز و زمان محلول‌پاشی نشان داد که بیشترین میزان پایداری غشای پلاسمایی مربوط به ترکیب تیماری ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز × زمان پر شدن دانه بود که اختلاف معنی‌داری با کاربرد همان غلظت از ساکارز در مرحله رویشی نداشت. کاربرد ساکارز با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر نیز در مرحله پرشدن دانه مفیدتر بود و افزایش در پایداری غشای پلاسمایی را نشان داد البته در اینجا نیز اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی در مرحله رویشی وجود نداشت (شکل۴-۲۴).



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های ساکارز و زمان محلول‌پاشی (بار روی میله ها SE ± می باشد).

۴-۶-۳- قند های محلول برگ، ساقه و دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس قند های محلول برگ، ساقه و دانه در جدول پیوست۱۱ نشان داده شده است. کلیه اثرات اصلی و اثر متقابل تنش و غلظت ساکارز در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان قندهای محلول برگ معنی دار بود (جدول پیوست ۱۱). با توجه به شکل ۴-۲۵ بیشترین میزان قندهای محلول برگ (۴۴/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) از ترکیب تیماری تنش شدید × غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز حاصل شد. اما تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های ساکارز در این شرایط وجود نداشت. همچنین در شرایط تنش ملایم همین غلظت از ساکارز سبب افزایش میزان قندهای محلول در برگ شد. در شرایط عدم تنش غلظت پایین ساکارز مفیدتر بود. قند های محلول نوعی از محافظان اسمزی هستند که در پاسخ به تنش های محیطی تجمع می یابند و در تنظیم اسمزی نقش دارند (پگتر و همکاران، ۲۰۰۵). این موضوع در جدول پیوست ۱۲ قابل مشاهده است. به طوری که گیاهانی که با فواصل ۱۲ و ۱۶ روز آبیاری شده بودند نسبت به گیاهانی که با فواصل ۸ روز آبیاری شدند افزایش ۵۵/۷۴ و ۷۷/۴۵ درصدی در میزان قندهای محلول برگ نشان دادند. افزایش قندهای محلول در زمان تنش می تواند به دلیل توقف رشد یا سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیرفتوسنتزی و

همچنین تخریب قندهای نامحلول باشد (نیاکان و قربانلی، ۱۳۸۶). قندهای محلول با افزایش فشار اسمزی، نگه داری تورژسانس، پایداری غشاءها و پروتئین‌ها به گیاه در مقاومت به تنش خشکی کمک می کنند (سانچز و همکاران، ۱۹۹۸). افزایش قندهای محلول در اثر تنش خشکی در بادرنجبویه (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶)، نخود (سانچز و همکاران، ۱۹۹۸)، لوبیا چشم بلبلی (کاستا و همکاران، ۲۰۰۸) گزارش شده است. در مطالعه هانگ و همکاران (۲۰۰۶) افزایش میزان قندهای محلول به عنوان شاخص فیزیولوژیک مهم در تنظیم اسمزی و مقاومت به خشکی در گندم گزارش شده است. لوباتو و همکاران (۲۰۰۸) دلیل افزایش ۹۴/۲ درصدی کربوهیدرات‌های محلول در شرایط تنش کم آبی در لوبیا چشم بلبلی را کاهش در ظرفیت فتوسنتزی و کاهش سنتز ساکارز که در انتقال املاح مورد استفاده قرار می گیرد، بیان کردند. که با نتایج کاستا (۱۹۹۹) و کامپوس و همکاران (۱۹۹۹) نیز مطابقت دارد.

در جدول پیوست ۱۲ مشاهده می‌گردد که انجام محلول‌پاشی ساکارز در زمان پرشدن دانه سبب تجمع مقادیر بالاتری از قندهای محلول در برگ شد. به طوری که قندهای محلول برگ در این شرایط ۱۳/۵ درصد بیشتر از محلول‌پاشی در زمان رویشی بود. دلایل مختلف فیزیولوژیکی برای این نتیجه می‌تواند وجود داشته باشد. به عنوان مثال شاید بتوان انتقال مجدد مواد ذخیره شده در بخش‌های مختلف رویشی از قبیل ساقه را در حمایت از پرشدن دانه‌ها به عنوان یکی از دلایل ذکر کرد که تا حدی بر میزان صادرات قند از برگ‌ها تاثیر می‌گذارد. یا حتی می‌تواند نوسانات در میزان فسفر برگ با مسن‌تر شدن برگ‌ها عاملی برای این نتیجه باشد.

اثر تنش کم آبیاری ($p < ۰/۰۵$) و اثر متقابل آن با غلظت ساکارز و نیز زمان محلول‌پاشی ($p < ۰/۰۵$) و اثر متقابل غلظت ساکارز و زمان محلول پاشی ($p < ۰/۰۱$) بر میزان قندهای محلول ساقه معنی دار بود (جدول پیوست ۱۱). برخلاف نتیجه‌ای که در برگ مشاهده شد، در گیاهانی که تنش شدید را

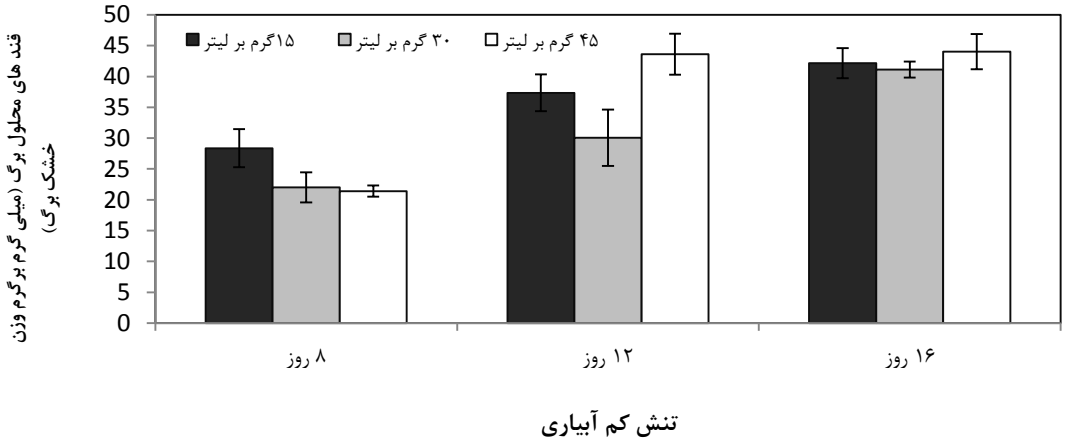
دریافت کرده بودند میزان قندهای محلول ساقه به طور قابل توجهی کمتر از عدم تنش و تنش ملایم بود که به طور واضح مدیریت گیاه را در محل تمرکز قندهای محلول جهت انجام تنظیم اسمزی نشان می‌دهد. منتها در همین شرایط محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۴۵ گرم در لیتر توانست به طور معنی‌داری میزان قند محلول در ساقه را افزایش دهد. بالاترین مقادیر قند محلول ساقه در تنش ملایم و به طور مشخص در ترکیب تیماری تنش ملایم × ۱۵ گرم بر لیتر (۴۷/۹۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک ساقه) مشاهده شد. البته اختلاف قابل توجهی بین سطوح مختلف ساکارز هم در تنش ملایم و هم در عدم تنش وجود نداشت (شکل ۴-۲۶).

با توجه به شکل۴-۲۷ بیشترین قندهای محلول ساقه از محلول پاشی ساکارز در مرحله پرشدن دانه در شرایط تنش ملایم به‌دست آمد. در شرایط عدم تنش و تنش شدید بین دو زمان محلول پاشی تفاوت قابل توجهی وجود نداشت. البته در شرایط تنش شدید تاثیر محلول‌پاشی در زمان رویشی بر میزان قندهای محلول ساقه اندکی بیشتر از محلول‌پاشی در زمان پرشدن دانه بود.

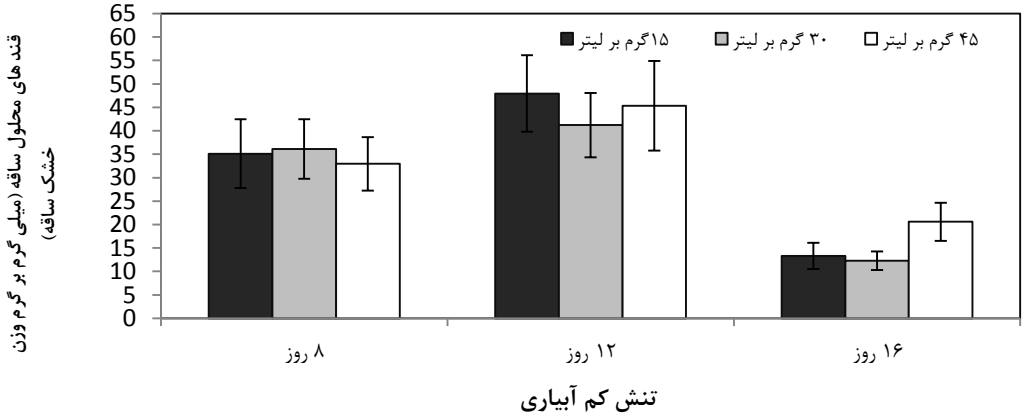
همان‌طور که در شکل ۴-۲۸ قابل مشاهده است بیشترین قندهای محلول ساقه از محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر در مرحله پرشدن دانه حاصل شد. البته از محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۱۵ گرم بر لیتر در زمان رشد رویشی نیز مقادیر بالایی از قندهای محلول ساقه بدست آمد ولی تفاوت معنی‌داری با بیشترین میزان آن نداشت.

اثر متقابل تنش و غلظت ساکارز در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل غلظت ساکارز و زمان محلول پاشی در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان قند های محلول دانه معنی دار بود (جدول پیوست ۱۱). دانه گیاهانی که در شرایط تنش ملایم با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز محلول‌پاشی شدند دارای بیشترین میزان قندهای محلول بودند. در شرایط تنش شدید اختلاف بین سطوح ساکارز از لحاظ تاثیرگذاری بر میزان قندهای محلول دانه لوبیا چشم بلبلی وجود نداشت (شکل ۴-۲۹). به طور کلی چنانچه تاثیر ترکیبات تیماری بر قندهای محلول برگ، ساقه و دانه در کنار یکدیگر مقایسه شوند. این

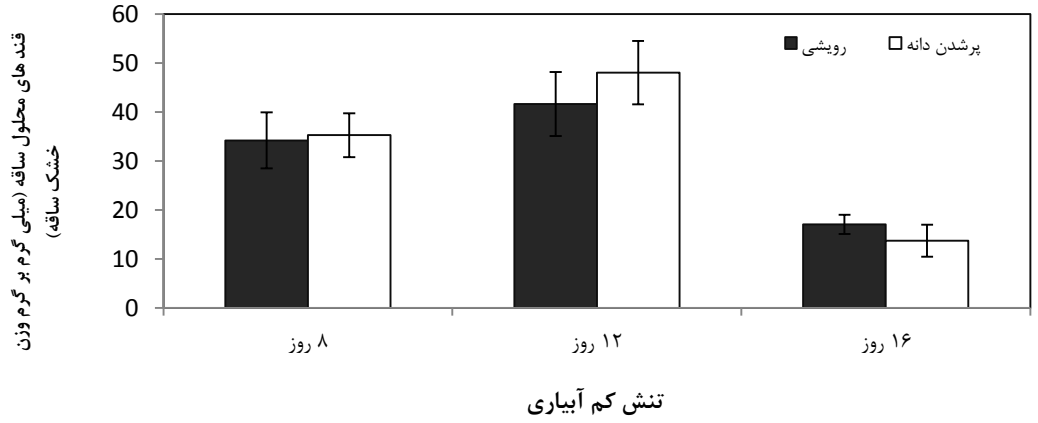
گونه استنباط می‌شود که تغییرات مشاهده شده در قندهای محلول دانه در شرایط تنش ملایم و تنش شدید بیشتر تحت تاثیر نوسان قند محلول در برگ بوده است در حالی که در شرایط عدم تنش، قندهای محلول ساقه نقش موثرتری داشته‌اند. در مقایسه‌ای که بین ترکیبات تیماری حاصل از غلظت ساکارز و زمان محلول پاشی صورت گرفت مشاهده شد که از محلول پاشی با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز در زمان پرشدن دانه بیشترین میزان قندهای محلول دانه حاصل شد. بین دو زمان محلول پاشی در دو سطح دیگر ساکارز تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل ۴-۳۰).



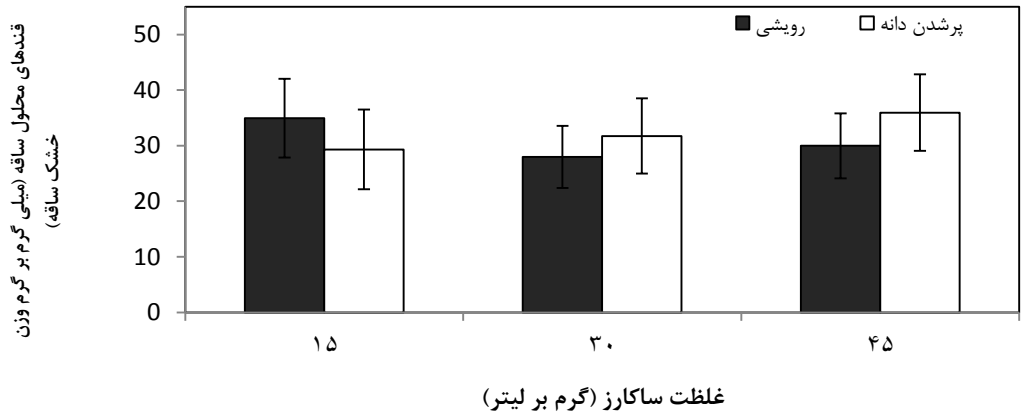
شکل۴-۲۵- مقایسه میانگین میزان قند های محلول برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



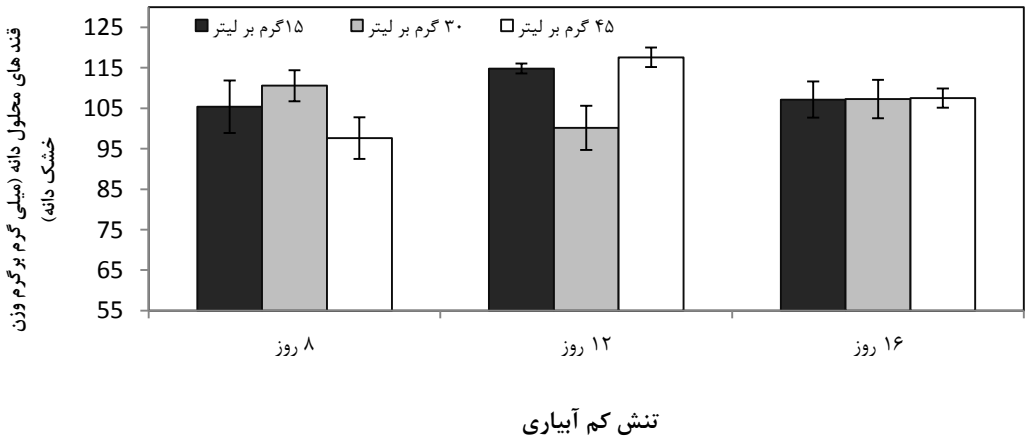
شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین میزان قندهای محلول برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



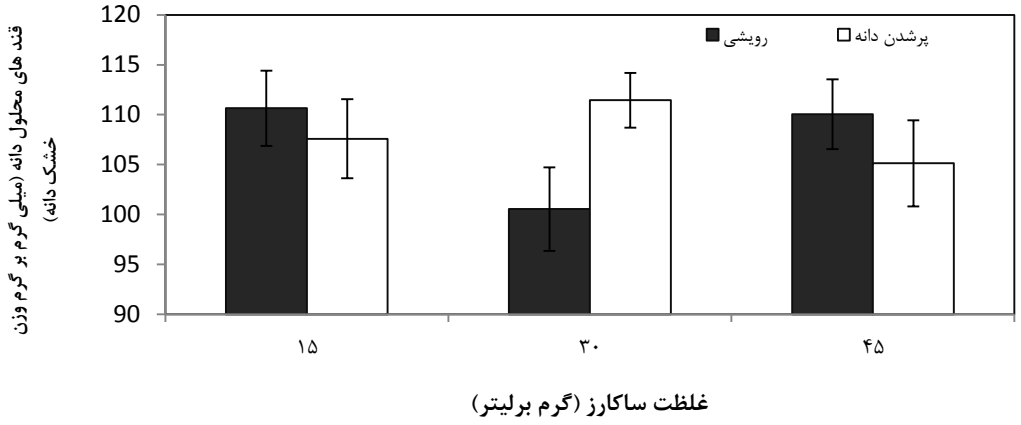
شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین میزان قند های محلول ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول پاشی ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین میزان قند های محلول ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های ساکارز و زمان محلول‌پاشی (بار روی میله ها SE ± می باشد).



شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین میزان قند های محلول دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین میزان قند های محلول دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های ساکارز و زمان محلول‌پاشی (بار روی میله ها SE ± می باشد).

۴-۶-۴- کلروفیل

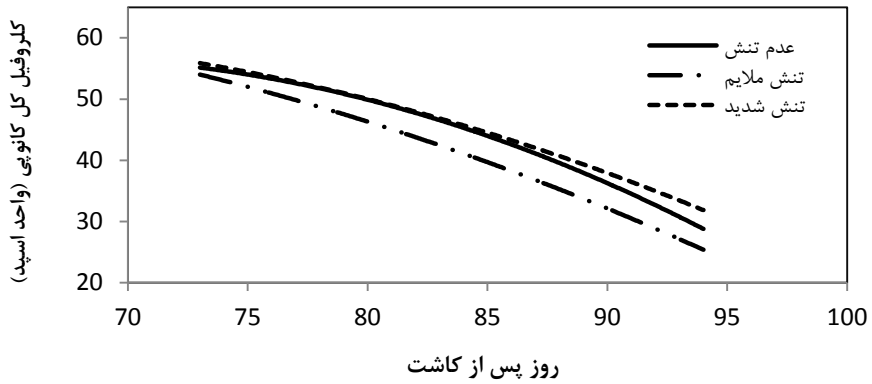
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های اندازه‌گیری کلروفیل در ۷۳، ۸۰، ۸۷ و ۹۴ روز پس از کاشت در جدول پیوست ۹ آورده شده است. روند تغییرات کلروفیل طی فصل رشد در شکل‌های ۴-۳۱ و ۴-۳۲ و ۴-۳۳ نشان داده شده است. در هر سه شکل طی ۴ نمونه‌برداری روند نزولی در میزان کلروفیل برگ دیده می شود. در شکل ۴-۳۱ مشاهده می‌شود که میزان کلروفیل در اواخر دوره در شرایط تنش شدید نسبت به دو سطح عدم تنش و تنش ملایم بیشتر بود. طی ۲۰ روزی که صفت کلروفیل مورد بررسی قرار گرفت، گیاهانی که در معرض تنش ملایم قرار گرفته بودند کمترین کلروفیل را نشان دادند که می‌تواند ناشی از تلاش گیاه برای تنظیم اسمزی توسط موادی مانند پرولین باشد. افزایش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی در گندم (براکلوف و کیت، ۲۰۰۱)، گلرنگ (موحدی‌دهنوی و همکاران، ۲۰۰۵) و کلزا (زبرجدی و همکاران، ۱۳۸۹) گزارش شده است. موحدی‌دهنوی و همکاران (۲۰۰۵) دلیل افزایش در میزان کلروفیل تحت تنش خشکی را کاهش سطح برگ و تجمع کلروفیل در سطح برگ کمتر بیان کردند.

تفاوت قابل توجهی بین سطوح مختلف ساکارز از لحاظ تاثیرگذاری بر کلروفیل وجود نداشت. با این حال تا ۹۰ روز پس از کاشت محلول‌پاشی با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز میزان کلروفیل بیشتری را نشان داد اما پس از آن گیاهانی که غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز را دریافت کرده بودند کلروفیل بالاتری را نشان دادند (شکل ۴-۳۲). بین دو زمان محلول‌پاشی نیز اختلافی از لحاظ تاثیر بر میزان کلروفیل برگ مشاهده نگردید (شکل۴-۳۳).

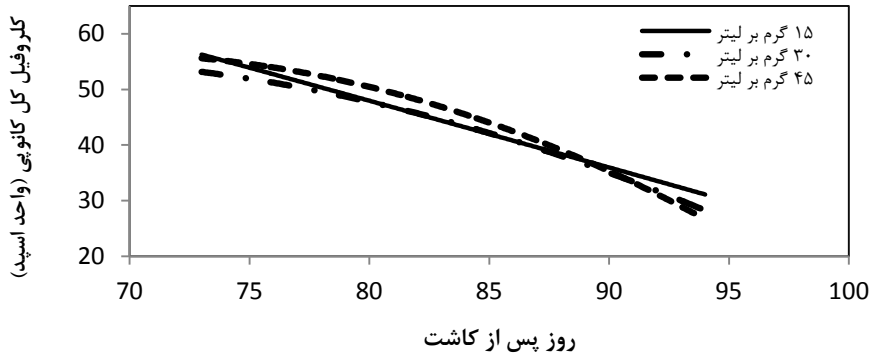
بین اثرات متقابل اثر متقابل تنش کم آبیاری و غلظت ساکارز تنها در ۹۴ روز پس از کاشت، اثر متقابل تنش و زمان محلول‌پاشی در ۷۳ و ۸۷ روز پس از کاشت و اثر متقابل غلظت ساکارز و زمان محلول‌پاشی در همه نمونه برداری‌ها بر میزان کلروفیل برگ معنی‌دار بود (جدول پیوست ۹). بررسی اثر متقابل تنش و غلظت ساکارز در ۹۴ روز پس از کاشت نشان داد در شرایط تنش شدید غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز بیشترین میزان کلروفیل را ایجاد کرد (شکل ۴-۳۴). همان‌طور که در شکل ۴-۳۱ نیز مشاهده شد در اواخر فصل رشد غلظت‌های پایین ساکارز مفیدتر بود. در شکل ۴-۳۴ ملاحظه می‌گردد که در شرایط تنش شدید افزایش غلظت ساکارز محلول‌پاشی شده موجب کاهش کلروفیل برگ شد. به طوری‌که دو برابر شدن غلظت میزان کلروفیل را ۱۱/۱۴ درصد و سه برابر شدن غلظت محلول‌پاشی این صفت را ۵۵/۰۶ درصد کاهش داد. در تنش ملایم تنها اثر غلظت ۳۰ گرم بر لیتر به شدت منفی بود. این در حالی است که در گیاهانی که با فواصل ۸ روز آبیاری شده بودند. تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین غلظت‌های ساکارز مشاهده نشد.

در مورد اثر متقابل تنش و زمان محلول‌پاشی در ۷۳ و ۸۷ روز پس از کاشت بیشترین میزان کلروفیل در شرایط تنش شدید و محلول‌پاشی در مرحله رویشی مشاهده شد. اما در شرایط تنش ملایم از محلول‌پاشی در زمان پرشدن دانه کلروفیل بیشتری نسبت به محلول‌پاشی در مرحله رویشی به دست آمد (شکل‌های ۴-۳۵ و ۴-۳۶). در کل نمونه برداری‌ها به جزء نمونه برداری آخر (۹۴ روز پس از کاشت) بیشترین میزان کلروفیل از محلول‌پاشی با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز در مرحله

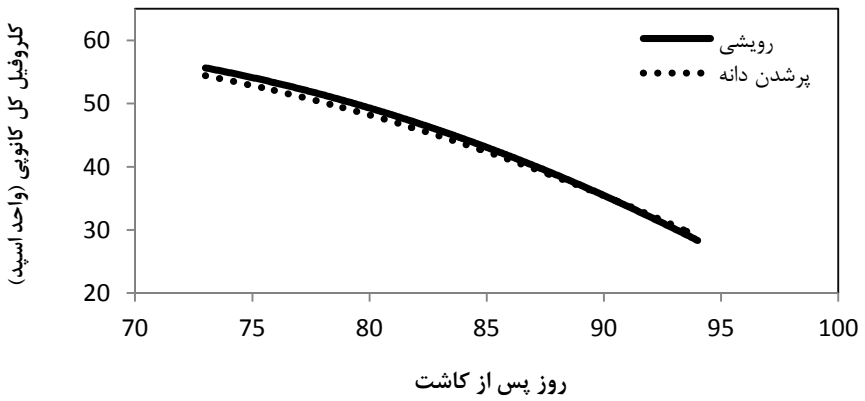
رویشی حاصل شد. در ۷۳، ۸۰ و ۹۴ روز پس از کاشت از محلول‌پاشی با همین غلظت از ساکارز در مرحله پرشدن دانه کمترین میزان کلروفیل به دست آمد (جدول ۴-۱).



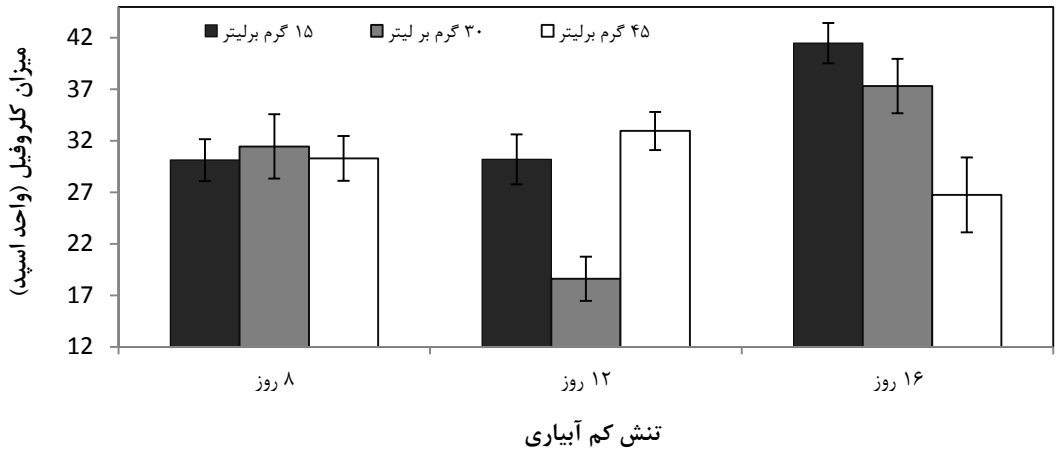
شکل ۴-۳۱- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری



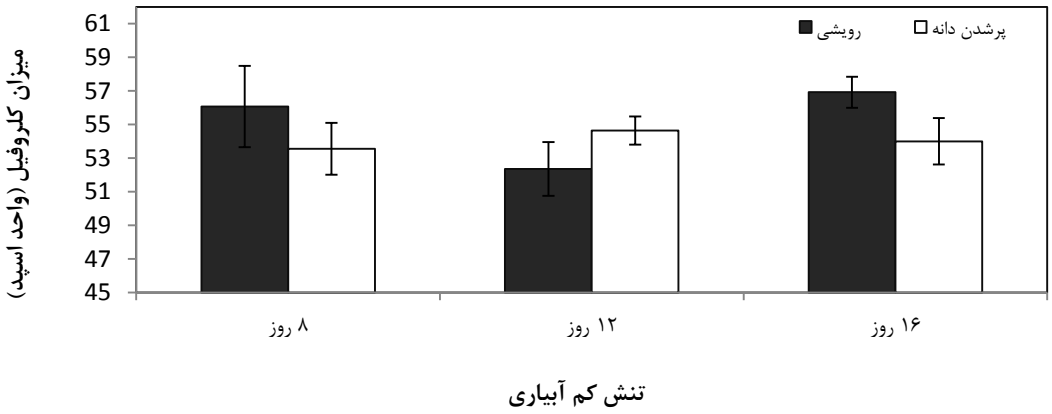
شکل ۴-۳۲- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر غلظت های ساکارز



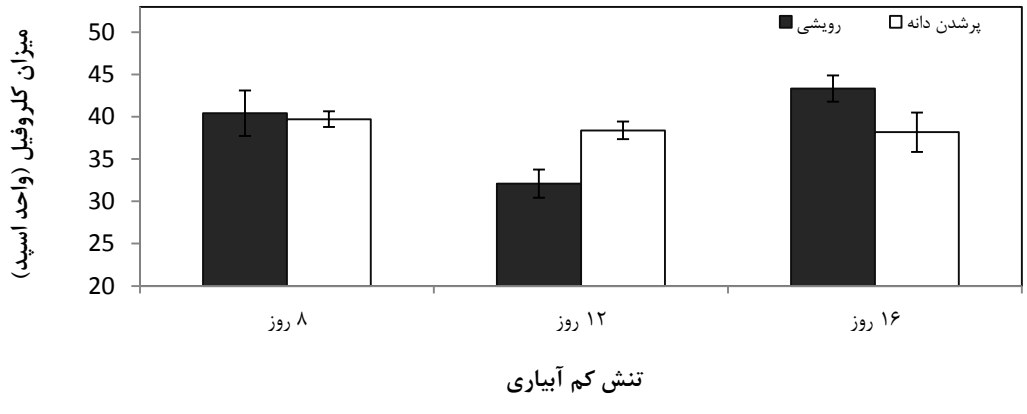
شکل ۴-۳۳- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر زمان محلول پاشی



شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین کلروفیل (۹۴ روز پس از کاشت) تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می باشد).



شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین کلروفیل (۷۳ روز پس از کاشت) تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول پاشی (بار روی میله ها SE ± می باشد).



شکل۴-۳۶- مقایسه میانگین کلروفیل (۸۷ روز پس از کاشت) تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول پاشی (بار روی میله ها SE ± می باشد).

جدول ۴-۱- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ (واحد اسپد) تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های ساکارز و زمان محلول پاشی

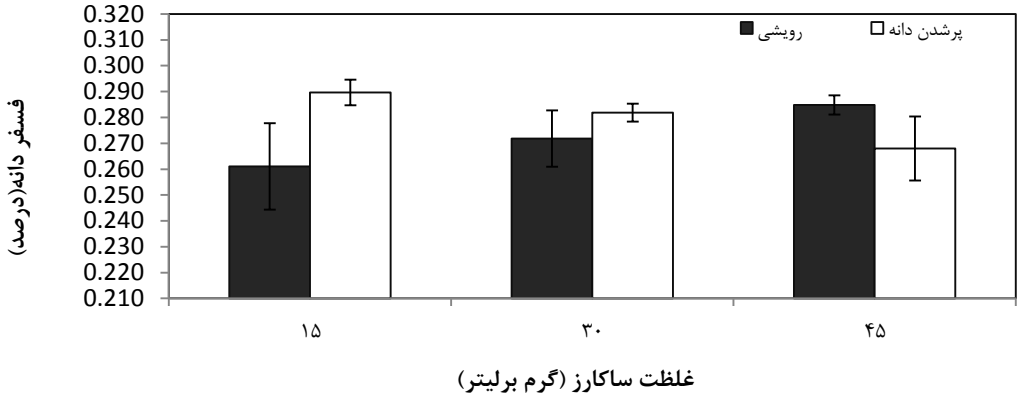
	ترکیب تیماری	کلروفیل برگ (واحد اسپد)			
غلظت ساکارز	زمان محلول پاشی	۷۳	۸۰	۸۷	۹۴ روز پس از کاشت
۱۵ گرم برلیتر	رویشی	۵۴/۲۱	۴۹/۰۴	۳۸/۸۹	۳۱/۷۸
	پر شدن دانه	۵۷/۲۵	۵۰/۱۴	۳۷/۰۱	۳۱/۵۴
۳۰ گرم برلیتر	رویشی	۵۱/۹۷	۴۹/۲۳	۳۴/۶۲	۲۵/۶۵
	پر شدن دانه	۵۳/۱۱	۵۰/۰۲	۴۰/۶۲	۳۲/۰۶
۴۵ گرم برلیتر	رویشی	۵۹/۱۵	۵۴/۳۰	۴۲/۳۱	۲۹/۱۵
	پر شدن دانه	۵۱/۸۲	۴۷/۲۷	۳۸/۶۳	۲۴/۳۷
LSD 5%		۲/۷۲	۴/۵۸	۳/۵۹	۵/۵۸

۴-۷- صفات کیفی

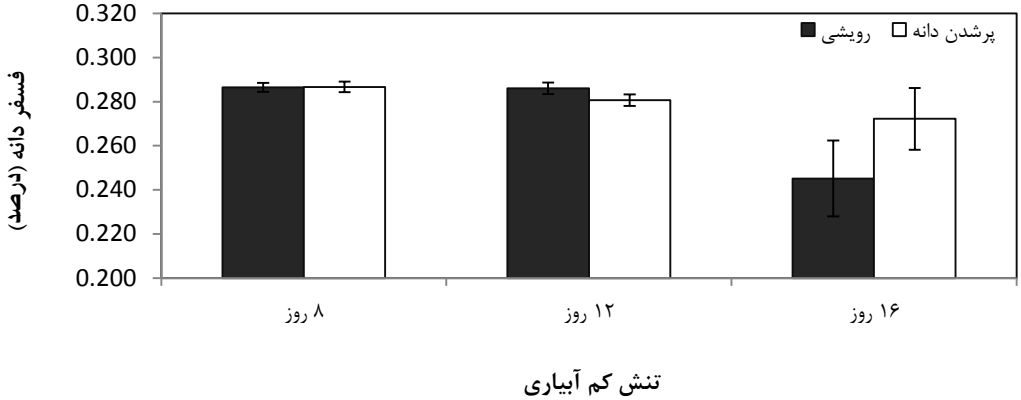
۴-۷-۱- فسفر دانه

در شرایط کمبود رطوبت جذب فسفر کاهش می‌یابد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج حاصل از تجزیه واریانس فسفر دانه در جدول پیوست ۱۳ نشان داده شده است. اثر متقابل تنش و زمان محلول پاشی ($p<۰/۰۵$) و اثر متقابل غلظت ساکارز و زمان محلول پاشی و نیز اثر متقابل سه جانبه ($p<۰/۰۱$) بر میزان فسفر دانه معنی‌دار گردیدند. با توجه به جدول پیوست ۱۴ و شکل ۴-۳۷ با افزایش شدت تنش میزان فسفر دانه کاهش یافت ولی بین سطوح تنش از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تنش خشکی تجمع فسفر در دانه سویا را محدود کرد و انتقال فسفر به بذر را کاهش داد (جین و همکاران، ۲۰۰۶). در گیاهانی که با فواصل ۸ و ۱۲ روز آب دریافت کردند فسفر دانه تقریبا به یک اندازه بود و تفاوت قابل توجهی بین دو زمان محلول‌پاشی وجود نداشت ولی در شرایط تنش شدید وقتی محلول‌پاشی در زمان پرشدن دانه انجام شد، میزان فسفر دانه ۱۱/۰۲ درصد بیشتر از محلول‌پاشی در زمان رشد رویشی بود (شکل ۴-۳۷). در شکل ۴-۳۸ نیز دیده می‌شود که محلول‌پاشی با دو غلظت ۱۵ و ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز در زمان پرشدن دانه مفیدتر بود و تنها زمانی که غلظت ۴۵ گرم بر لیتر مورد استفاده قرار گرفت، از محلول‌پاشی در مرحله رویشی نتیجه مثبتی

حاصل شد. کمترین و بیشترین مقدار فسفر دانه در غلظت ۱۵ گرم بر لیتر ساکارز مشاهده گردید. با این توضیح که کمترین مقدار از محلول‌پاشی در مرحله رویشی و بیشترین مقدار از محلول‌پاشی در مرحله پرشدن دانه به دست آمد.



شکل ۴-۳۷- مقایسه میانگین میزان فسفر دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های ساکارز و زمان محلول‌پاشی (بار روی میله ها SE ± می باشد).

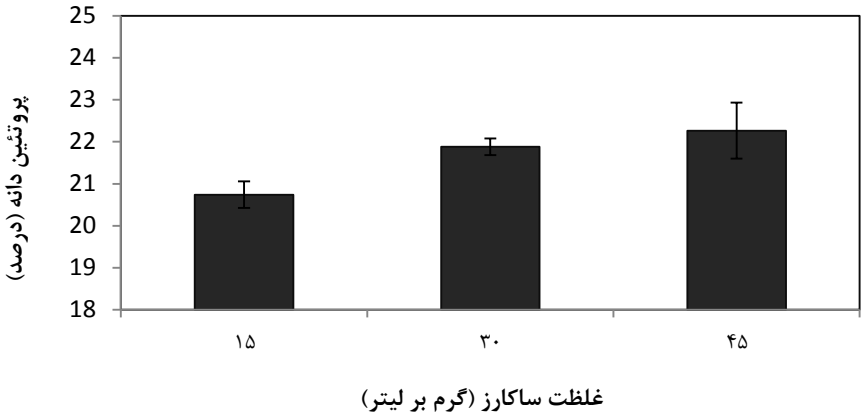


شکل ۴-۳۸- مقایسه میانگین میزان فسفر دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم‌آبیاری و زمان محلول‌پاشی (بار روی میله ها SE ± می باشد).

۴-۷-۲- درصد پروتئین دانه

از میان منابع تغییر تنها اثر غلظت‌های ساکارز بر پروتئین دانه معنی دار بود (جدول پیوست ۱۳). بیشترین درصد پروتئین دانه با میانگین ۲۲/۲۶ درصد از محلول پاشی ساکارز با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر حاصل شد که نسبت به غلظت های ۳۰ و ۱۵ گرم بر لیتر به ترتیب ۰/۳۹ و ۱/۵۲ درصد بیشتر

بود (شکل ۴-۳۹). شایان ذکر است تنش شدید موجب افزایش ۰/۵۲ درصدی در پروتئین دانه گردید که البته از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول پیوست ۱۴).



شکل ۴-۳۹- مقایسه میانگین میزان پروتئین دانه تحت تاثیر غلظت های ساکارز

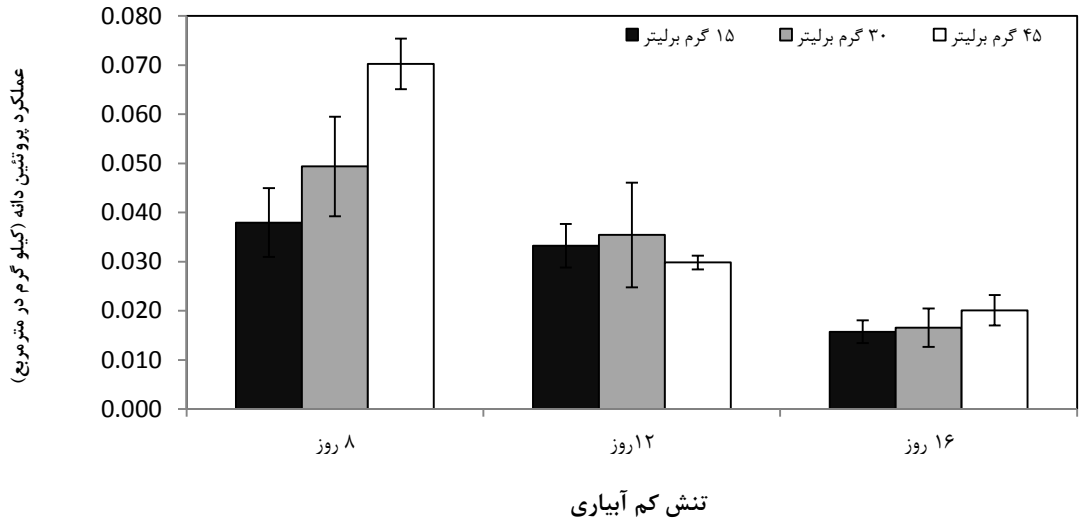
(بار روی میله ها SE ± می‌باشد).

۴-۷-۳- عملکرد پروتئین

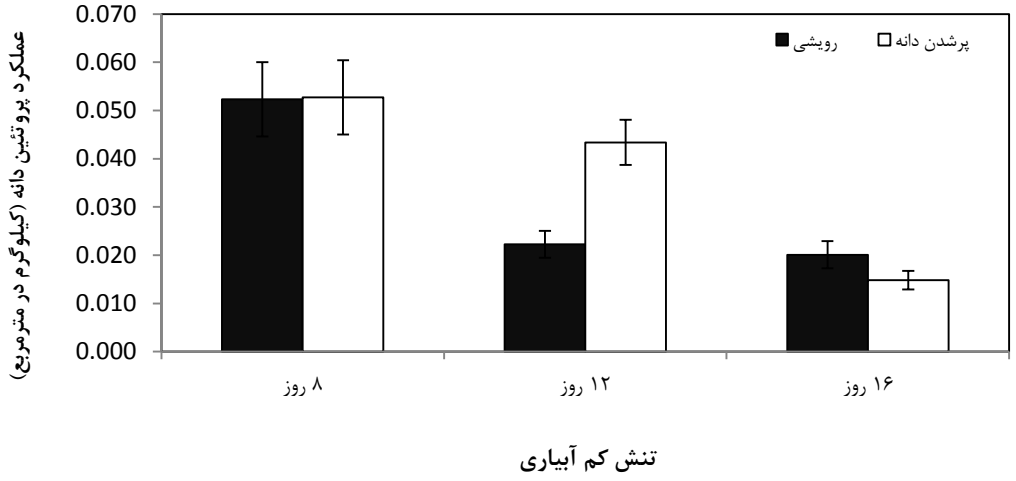
عملکرد پروتئین دانه از حاصلضرب عملکرد در واحد سطح در درصد پروتئین دانه به دست آمد. اثر کلیه منابع تغییر به جزء اثر متقابل سه جانبه بر عملکرد پروتئین معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۳). طبق جدول پیوست ۱۴ بیشترین میزان عملکرد پروتئین دانه ۰/۰۵۲کیلوگرم در متر مربع مربوط به شرایط عدم تنش و کمترین میزان آن ۰/۰۱۷ کیلوگرم در متر مربع مربوط به شرایط تنش شدید بود که نسبت به شرایط عدم تنش کاهش ۸۵ درصدی داشت. افزایش غلظت ساکارز از ۱۵ به ۳۰ و ۳۰ به ۴۵ گرم بر لیتر در شرایط عدم تنش موجب افزایش ۲۱/۴۲ و ۱۴/۷۰ درصدی عملکرد پروتئین گردید. به این ترتیب بیشترین عملکرد پروتئین با میانگین معادل ۰/۰۷۰کیلوگرم در متر مربع از ترکیب تیماری عدم تنش × ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز حاصل شد که به طور چشمگیری بیشتر از سایر ترکیبات تیماری مورد مطالعه بود. در دو سطح تنش ملایم و شدید تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف ساکارز مشاهده نشد. البته در شرایط تنش شدید افزایش غلظت ساکارز موجب افزایش

جزئی در میزان عملکرد پروتئین شد (شکل ۴-۴۰). با توجه به شکل ۴-۴۱ بیشترین میزان عملکرد پروتئین حدود ۰/۰۵۲ (کیلوگرم در متر مربع) در شرایط عدم تنش از محلول‌پاشی ساکارز در هر دو مرحله رویشی و پرشدن دانه حاصل شد. در شرایط تنش ملایم عملکرد پروتئین در اثر محلول‌پاشی ساکارز در مرحله پرشدن دانه ۸۵ درصد بیشتر از محلول‌پاشی در مرحله رویشی بود. این در حالی است که در شرایط تنش شدید محلول‌پاشی در مرحله رویشی از یک برتری جزئی برخوردار بود.

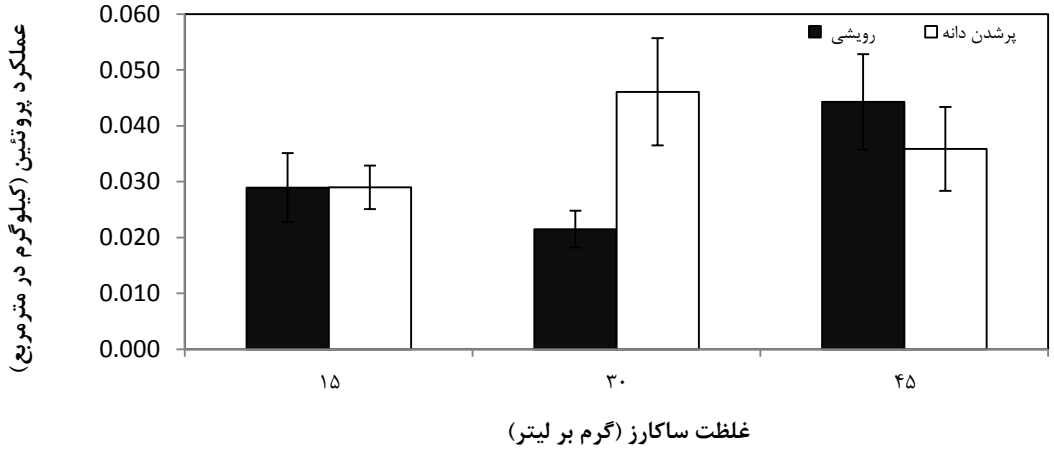
با توجه به اثر متقابل غلظت ساکارز و زمان محلول‌پاشی، از محلول‌پاشی با غلظت ۳۰ گرم بر لیتر ساکارز در مرحله پرشدن دانه بیشترین عملکرد پروتئین معادل ۰/۰۴۶ کیلوگرم در متر مربع حاصل شد. اما اختلاف معنی داری با میزان عملکرد پروتئین که از محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر در مرحله رویشی به دست آمد، نداشت (شکل ۴-۴۲).



شکل۴-۴۰- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و غلظت‌های ساکارز (بار روی میله ها SE ± می‌باشد).



شکل ۴-۴۱- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی ساکارز (بار روی میله ها SE ± می‌باشد).



شکل ۴-۴۲- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و زمان محلول‌پاشی (بار روی میله ها SE ± می باشد).

۴-۸- 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 غلاف، شاخص سطح برگ، تعداد غلاف در بوته، عملکرد، پایداری غشای پلاسمایی، محتوی آب نسبی برگ و قندهای محلول ساقه گردید.

۲- تنش کم آبیاری سبب افزایش قطر ساقه، کلروفیل برگ، قندهای محلول برگ و دانه شد.

۳- محلول‌پاشی با غلظت‌های بالای ساکارز موجب افزایش برخی صفات از قبیل شاخص سطح برگ، وزن خشک غلاف، قطر ساقه، تعداد غلاف در بوته، وزن هزاردانه، قندهای محلول برگ، درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین دانه گردید.

۴- بیشترین میزان تعداد غلاف در بوته و عملکرد در ترکیب تیماری عدم تنش و غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز مشاهده شد.

۵- در اکثر صفات تفاوت معنی‌داری بین دو زمان محلول‌پاشی ساکارز وجود نداشت اما محلول‌پاشی در مرحله پرشدن دانه، وزن خشک ساقه، عملکرد، قندهای محلول برگ و عملکرد پروتئین دانه را بهبود بخشید.

۶- در نهایت نتایج نشان داد که محلول‌پاشی با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط عدم تنش و تنش شدید در اکثر صفات عملکرد بهتری داشت.

۴-۹- پیشنهادات

۱- این احتمال وجود دارد که پاسخ سایر گیاهان به محلول‌پاشی ساکارز متفاوت باشد، توصیه می‌شود این آزمایش روی سایر گیاهان نیز انجام شود.

۲- در این آزمایش ۳ غلظت از ساکارز 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، ساقه و غلاف تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک غلاف
تکرار	۲	۴۴۰/۸۷	۲۲۷/۱۶	۸۸/۸۱
تنش (D)	۲	۱۴۰۱/۳۳	۲۱۴۴	۱۸۴۰/۵۴**
خطا	۴	۳۱۰/۶۸	۳۵۹/۱۳	۶۳/۵۳
غلظت ساکارز (S)	۲	۱۹۷۲/۱۷**	۱۱۹۲/۳۴	۱۵۸/۲۱**
زمان محلول پاشی (T)	۱	۳۲۰۱/۶۶**	۱۷۲۶/۴۱*	۴/۹۹
D × S	۴	۹۱۴/۲۸*	۱۶۳۳/۶۱**	۱۱۸/۲۸**
D × T	۲	۱۰۶۱/۰۷*	۱۶۲۰/۶۳*	۷۳/۲۸*
S × T	۲	۱۰۴	۱۱۹۱/۰۴	۳۴۰/۵۹**
D × S × T	۴	۹۲۷/۷۷	۴۱۳/۸۹	۸۲/۷۸
خطا	۳۰	۲۹۳/۲۶	۳۹۶/۴۲	۱۴/۱۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۴۴	۱۷/۴۹	۱۹/۲۳

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

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ، ساقه و غلاف تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز

تیمار	وزن خشک برگ (گرم در متر مربع)	وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع)	وزن خشک غلاف (گرم در متر مربع)
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۱۲۰/۰۷	۱۲۶/۴۰	۳۱/۲۱ a
تنش ملایم	۱۰۲/۴۷	۱۰۷/۶۱	۱۳/۸۲ b
تنش شدید	۱۱۰/۱۷	۱۰۷/۳۷	۱۳/۵۸ b
LSD 5%	۱۶/۳۱	۱۷/۵۳	۷/۳۷
غلظت ساکارز (گرم بر لیتر)			
۱۵	۱۰۳/۲۸ b	۱۲۰/۱۰	۱۹/۹۳ a
۳۰	۱۲۲/۸۴ a	۱۰۴/۶۱	۱۶/۴۰ b
۴۵	۱۰۲/۵۸ b	۱۱۶/۶۸	۲۲/۲۹ a
LSD 5%	۱۱/۶۵	۱۳/۵۵	۲/۵۵
زمان محلول پاشی			
رویشی	۱۱۸/۶۰ a	۱۰۸/۱۴ b	۱۹/۸۴
پرشدن دانه	۱۰۳/۲۰ b	۱۱۹/۴۵ a	۱۹/۲۳
LSD 5%	۹/۵۱	۱۱/۰۶	۲/۰۸

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

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات ارتفاع ساقه، قطر ساقه و شاخص سطح برگ تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	قطر ساقه	شاخص سطح برگ
تکرار	۲	۰/۴۹	۰/۰۳	۰/۰۸۴
تنش (D)	۲	۴۸۵/۶۷	۳/۵۰**	۰/۰۹۴*
خطا	۴	۸۴/۷۵	۰/۱	۰/۰۱۰
غلظت ساکارز (S)	۲	۵۱/۵*	۱/۱۱**	۰/۳۴۵**
زمان محلول پاشی (T)	۱	۱۶/۸۸	۰/۰۴	۰/۰۵۹
D × S	۴	۴۳/۲۰*	۰/۱۹	۰/۱۰۵**
D × T	۲	۱۷/۶۴	۰/۳۷	۰/۱۰۲*
S × T	۲	۳۵/۵۴	۰/۳	۰/۱۴۷**
D × S × T	۴	۶۵/۵۲	۰/۳۴	۰/۰۳۱
خطا	۳۰	۱۳/۳۱	۰/۲	۰/۰۲۴
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۶۳	۷/۴۱	۱۲/۱۶

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

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه، قطر ساقه و شاخص سطح برگ تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز

تیمار	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	شاخص سطح برگ
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۴۳/۷۴	۶/۴۰ b	۱/۳۵ a
تنش ملایم	۴۶/۵۱	۵/۹۱ c	۱/۲۰ b
تنش شدید	۳۶/۴۶	۶/۷۹ a	۱/۲۹ ab
LSD 5%	۸/۵۲	۰/۳۳	۰/۰۹
غلظت ساکارز (گرم بر لیتر)			
۱۵	۴۴/۱۷ a	۶/۳۱ b	۱/۲۱ b
۳۰	۴۱/۰۱ b	۶/۱۵ b	۱/۴۴ a
۴۵	۴۱/۵۴ b	۶/۶۴ a	۱/۱۹ b
LSD 5%	۲/۴۸	۰/۳۲	۰/۱۰
زمان محلول پاشی			
رویشی	۴۱/۶۸	۶/۳۴	۱/۳۱
پرشدن دانه	۴۲/۸۰	۶/۴۰	۱/۲۵
LSD 5%	۲/۰۲	۰/۲۶	۰/۰۸

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

جدول پیوست ۵ - میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن هزار دانه	تعداد دانه درغلاف	تعداد غلاف در بوته	عملکرد
تکرار	۲	۶۷۱/۷۱	۰/۱۰	۰/۹۸	۰/۰۰۰۵
تنش (D)	۲	۱۳۲۱/۰۹	۰/۸۶	۲۳/۸۸**	۰/۱۱۸۹ **
خطا	۴	۴۹۳/۲۱	۱/۴۸	۱/۶۲	۰/۰۰۰۳
غلظت ساکارز (S)	۲	۲۷۸۲/۵۱*	۰/۳۷	۳/۳۹**	۰/۰۰۶۰**
زمان محلول پاشی (T)	۱	۱۲۰/۶۰	۰/۲۳	۰/۵۹	۰/۰۰۹۸**
D × S	۴	۱۱۹۱/۲۵	۰/۰۹	۲/۷۹**	۰/۰۰۷۸**
D × T	۲	۱۵۰۶/۱۶	۲/۹۴*	۱/۲۱	۰/۰۲۲۴**
S × T	۲	۱۲۷۵/۷۵	۱/۹۶	۱/۸۱*	۰/۰۲۴۵۹**
D × S × T	۴	۱۲۹۸/۵۸	۱/۳۸	۰/۶۰	۰/۰۲۱۸
خطا	۳۰	۴۶۴/۴۵	۰/۷۹	۰/۴۵	۰/۰۰۱۰
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۱۹	۲۴/۹۲	۱۲/۸۵	۲۰/۵۷

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

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز

تیمار	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه درغلاف	تعداد غلاف دربوته	عملکرد (کیلو گرم در متر مربع)
تنش کم آبیاری				
عدم تنش	۲۴۲/۲۷	۳/۳۹	۶/۵۷ a	۰/۲۴ a
تنش ملایم	۲۳۵/۷۰	۳/۸۲	۴/۸۱ b	۰/۱۵ b
تنش شدید	۲۲۵/۲۸	۳/۵۱	۴/۴۰ b	۰/۰۷ c
LSD 5%	۲۰/۵۵	۱/۱۲	۱/۱۷	۰/۰۱
غلظت ساکارز (گرم بر لیتر)				
۱۵	۲۳۲/۱۷ b	۳/۴۳	۵/۲۵ ab	۰/۱۴ b
۳۰	۲۴۷/۸۲ a	۳/۷۲	۴/۸۳ b	۰/۱۵ b
۴۵	۲۲۳/۲۶ b	۳/۵۸	۵/۷۰ a	۰/۱۷ a
LSD 5%	۱۴/۶۷	۰/۶۰	۰/۴۶	۰/۰۲
زمان محلول پاشی				
رویشی	۲۳۵/۹۱	۳/۵۱	۵/۱۶	۰/۱۴ b
پرشدن دانه	۲۳۲/۹۲	۳/۶۴	۵/۳۷	۰/۱۷ a
LSD 5%	۱۱/۹۷	۰/۴۹	۰/۳۷	./۰۱

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

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات پایداری غشای پلاسمایی و محتوی آب نسبی برگ تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	پایداری غشای پلاسمایی	محتوی آب نسبی برگ
تکرار	۲	۷/۱۰	۳۰/۰۲
تنش (D)	۲	۴۶۴/۴۶*	۸۸/۷۱*
خطا	۴	۴۳/۲۷	۷/۹۵
غلظت ساکارز (S)	۲	۱۷۲/۲۴**	۱/۷۰
زمان محلول پاشی (T)	۱	۱۰/۲۶	۷/۹۳
D × S	۴	۶۶/۹۶**	۸۴/۶۱**
D × T	۲	۱/۵۱	۹۳/۰۲*
S × T	۲	۵۷/۲۲*	۱۱/۷۶
D × S × T	۴	۹۴/۱۲**	۱۸/۲۷
خطا	۳۰	۱۸/۱۸	۱۸/۳۰
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۱۴	۶/۲۰

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

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی و محتوی آب نسبی برگ تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز

تیمار	پایداری غشای پلاسمایی (درصد)	محتوی آب نسبی برگ (درصد)
تنش کم آبیاری		
عدم تنش	۷۲/۵۵ a	۷۱/۴۱ a
تنش ملایم	۷۱/۹۹ a	۶۷/۰۲ b
تنش شدید	۶۳/۴۹ b	۶۸/۶۰ b
LSD 5%	۶/۰۸	۲/۶۱
غلظت ساکارز (گرم بر لیتر)		
۱۵	۷۲/۸۱ a	۶۸/۷۱
۳۰	۶۸/۳۴ b	۶۹/۳۳
۴۵	۶۶/۸۷ b	۶۸/۹۹
LSD 5%	۲/۹۰	۲/۹۱
زمان محلول پاشی		
رویشی	۶۹/۷۸	۶۸/۶۳
پرشدن دانه	۶۸/۹۱	۶۹/۳۹
LSD 5%	۲/۳۷	۲/۳۷

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

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات کلروفیل برگ تحت تاثیر تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری در نمونه برداری‌های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۳	۸۰	۸۷	۹۴ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۲۲/۷۶	۸۷/۵۶	۴/۵۱	۳۳/۷۷
تنش (D)	۲	۱۷/۹۷	۶۴/۲۹	۱۶۲/۰۴**	۱۸۳/۵۰
خطا	۴	۲/۳۳	۱۳/۶۳	۲۶/۰۱	۷۱/۰۴
غلظت ساکارز (S)	۲	۵۶/۷۵**	۸/۳۶	۴۳/۷۷*	۱۰۸/۶۶
زمان محلول پاشی (T)	۱	۱۴/۹۵	۳۹/۶۶	۰/۲۸	۲/۸۷
D × S	۴	۱۶/۱۸	۲۸/۷۲	۳۲/۸۱	۲۴۵/۱۹*
D × T	۲	۳۷/۷۳*	۵۷/۱۶	۱۵۰/۱۲**	۷۶/۹۱
S × T	۲	۱۳۶/۹۷**	۹۵/۵۱*	۱۱۹/۳۱**	۱۴۲/۵۱*
D × S × T	۴	۶۹/۶۳	۳۶/۷۳	۱۰۷/۱۰	۷۰/۲۲
خطا	۳۰	۸/۰۱	۲۲/۷۲	۱۳/۹۱	۳۳/۶۷
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۱۸	۹/۵۳	۹/۶۴	۱۹/۹۴

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

جدول پیوست ۱۰- مقایسه میانگین کلروفیل برگ (واحد اسپد) تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز در نمونه برداری‌های مختلف

	مقدار کلروفیل برگ (واحد اسپد)			
تیمار	۷۳	۸۰	۸۷	۹۴ پس از کاشت
تنش کم آبیاری				
عدم تنش	۵۴/۸۱	۵۰/۹۲	۴۰/۰۶ a	۲۹/۱۳
تنش ملایم	۵۳/۴۹	۴۷/۸۳	۳۵/۲۵ b	۲۵/۸۸
تنش شدید	۵۵/۴۶	۵۱/۲۵	۴۰/۷۴ a	۳۲/۲۷
LSD 5%	۱/۴۱	۳/۴۱	۴/۷۲	۷/۸۰
غلظت ساکارز (گرم بر لیتر)				
۱۵	۵۵/۷۳ a	۴۹/۵۹	۳۷/۹۵ ab	۳۱/۶۶
۳۰	۵۲/۵۴ b	۴۹/۶۲	۳۷/۶۲ b	۲۸/۸۵
۴۵	۵۵/۴۹ a	۵۰/۷۹	۴۰/۴۷ a	۲۶/۷۶
LSD 5%	۱/۹۲	۳/۲۴	۲/۵۳	۳/۹۵
زمان محلول پاشی				
رویشی	۵۵/۱۱	۵۰/۸۶	۳۸/۷۵	۲۸/۸۶
پرشدن دانه	۵۴/۰۶	۴۹/۱۴	۳۸/۶۱	۲۹/۳۲
LSD 5%	۱/۵۷	۲/۶۴	۲/۰۷	۳/۲۲

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

جدول پیوست ۱۱- میانگین مربعات قند های محلول برگ، ساقه و دانه تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	قندهای محلول برگ	قندهای محلول ساقه	قندهای محلول بذر
تکرار	۲	۱۵۶/۳۲	۳۶۴۸/۴۵	۲۳۶/۰۹
تنش (D)	۲	۱۶۳۱/۰۵**	۴۰۲۶/۰۳*	۱۸۰/۹۰
خطا	۴	۵۳/۶۱	۴۸۰/۵۲	۲۲۸/۸۸
غلظت ساکارز (S)	۲	۱۵۵/۸۴**	۴۶/۱۰	۴۳/۷۶
زمان محلول پاشی (T)	۱	۲۵۶/۷۶**	۲۵/۳۹	۱۲/۸۵
D × S	۴	۱۱۱/۴۵**	۸۱/۱۶*	۳۶۹/۶۶**
D × T	۲	۲۶/۵۱	۱۰۶/۷۰*	۴۳/۰۷
S × T	۲	۴۳/۵۵	۱۷۰/۴۲**	۳۳۵/۶۴**
D × S × T	۴	۱۶۷/۰۶	۶۵/۲۴	۳۰۱/۹۸
خطا	۳۰	۱۹/۲۱	۲۱/۷۱	۵۴/۶۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۷۲	۱۴/۷۲	۶/۸۷

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

جدول پیوست ۱۲- مقایسه میانگین قندهای محلول برگ، ساقه و دانه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش کم‌آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز

تیمار	قندهای محلول برگ (میلی گرم در گرم وزن خشک)	قندهای محلول ساقه (میلی گرم در گرم وزن خشک)	قندهای محلول بذر (میلی گرم در گرم وزن خشک)
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۲۳/۹۱ b	۳۴/۷۲ ab	۱۰۴/۵۲
تنش ملایم	۳۷/۰۰ a	۴۴/۸۲ a	۱۱۰/۸۵
تنش شدید	۴۲/۴۳ a	۱۵/۳۹ b	۱۰۷/۳۲
LSD5%	۶/۷۷	۲۰/۲۸	۱۴/۰۰
غلظت ساکارز (گرم بر لیتر)			
۱۵	۳۵/۹۵ a	۳۲/۱۲	۱۰۹/۱۱
۳۰	۳۱/۰۶ b	۲۹/۸۶	۱۰۶/۰۰
۴۵	۳۶/۳۴ a	۳۲/۹۵	۱۰۷/۵۹
LSD 5%	۲/۹۷	۳/۱۷	۵/۰۳
زمان محلول پاشی			
رویشی	۳۲/۲۷ b	۳۰/۹۶	۱۰۷/۰۸
پرشدن دانه	۳۶/۶۳ a	۳۲/۳۳	۱۰۸/۰۵
LSD5%	۲/۴۳	۲/۵۹	۴/۱۰

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

جدول پیوست ۱۳- میانگین مربعات فسفر دانه و درصد و عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز و تنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	فسفر دانه	پروتئین دانه	عملکرد پروتئین دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۱۷۵	۲/۲۹	۰/۰۰۰۰۴
تنش (D)	۲	۰/۰۰۴۲۰	۹/۲۱	۰/۰۰۵۵۳**
خطا	۴	۰/۰۰۲۳۲	۳/۱۵	۰/۰۰۰۰۴
غلظت ساکارز (S)	۲	۰/۰۰۰۰۱	۱۱/۳۱*	۰/۰۰۰۵۵**
زمان محلول پاشی (T)	۱	۰/۰۰۰۷۲	۰/۵۰	۰/۰۰۰۳۶*
D × S	۴	۰/۰۰۰۰۴	۴/۷۶	۰/۰۰۰۶۳**
D × T	۲	۰/۰۰۱۳۳*	۶/۵۷	۰/۰۰۰۸۹**
S × T	۲	۰/۰۰۲۳۵**	۱/۰۴	۰/۰۰۱۳۹**
D × S × T	۴	۰/۰۰۲۱۲**	۵/۶۷	۰/۰۰۰۸۴**
خطا	۳۰	۰/۰۰۰۳۵	۲/۸۴	۰/۰۰۰۰۵
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۸۴	۷/۸۰	۲۱/۴۳

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

جدول پیوست ۱۴- مقایسه میانگین فسفر دانه و درصد و عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر تنش کم‌آبیاری و غلظت و زمان محلول‌پاشی ساکارز

تیمار	فسفر دانه (درصد)	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد پروتئین دانه (کیلوگرم در متر مربع)
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۰/۲۸۶۶	۲۱/۷۵	۰/۰۵۲ a
تنش ملایم	۰/۲۸۳۳	۲۰/۸۵	۰/۰۳۲ b
تنش شدید	۰/۲۵۸۷	۲۲/۲۷	۰/۰۱۷ c
LSD 5%	۰/۰۴	۱/۶۴	۰/۰۰۶
غلظت ساکارز (گرم بر لیتر)			
۱۵	۰/۲۷۵۳	۲۰/۷۴ b	۰/۰۲۸ c
۳۰	۰/۲۷۶۵	۲۱/۸۷ ab	۰/۰۳۴ b
۴۵	۰/۲۷۶۸	۲۲/۲۶ a	۰/۰۳۹ a
LSD 5%	۰/۰۱	۱/۱۴	۰/۰۰۴
زمان محلول پاشی			
رویشی	۰/۲۷۲۵	۲۱/۵۳	۰/۰۳۶ b
پرشدن دانه	۰/۲۷۹۹	۲۱/۷۲	۰/۰۳۱ a
LSD 5%	۰/۰۱	۰/۹۳	۰/۰۰۴

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می باشد.

منابع

آسیایی، م. ۱۳۸۵. شاخص های خشکسالی. انتشارات سخن گستر. ۱۷۴صفحه.

اسکندری، ع. ۱۳۹۰. مطالعه تاثیر رژیم های آبیاری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد ۳ رقم سیب زمینی. رساله دکتری. دانشگاه فردوسی مشهد.

اصفیاء، م.، قلاوند، ا.، حیدری شریف آبادی، ح.، نظامی بلوچی، ش. و نورمحمدی، ق. ۱۳۸۷. استفاده از ساکارز در افزایش مقاومت آزولا (*Azolla filicoludes* L.) به تنش شوری و گرما. مجله شیلات ایران. تابستان ۱۳۸۷. جلد ۲. ۱۷ (۲).

پاک مهر، آ.، راستگو، م.، شکاری، ف.، صبا، ج. و زنگانی، ا. ۱۳۹۰. تاثیر پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید بر برخی از ویژگی های مورفولوژیک و عملکرد لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) تحت تنش کم آبی. نشریه پژوهش های زراعی ایران. ۹(۴): ۶۰۶ تا ۶۱۴.

پارسا، م. و باقری، ع. ر. ۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۲ صفحه.

توحید لو، ق. ۱۳۷۸. بررسی کارایی مصرف آب و برخی پارامترهای زراعی فیزیولوژیکی سه رگه چغندر قند در شرایط مطلوب و تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

حکم آبادی، ح.، ارزانی، ک. و دهقانی شورکی، ی. ۱۳۷۹. اثر محلول پاشی کربوهیدرات ها بر چند صفت کمی و کیفی پسته رقم کله قوچی. مجله نهال و بذر. جلد ۱۶(۱): ۶۶ تا ۷۶.

خاقانی، ش.، بی‌همتا، م.، چنگیزی، م.، دری، ح.، خاقانی، ش.، بختیاری، ا.، صفاپور، م. ۱۳۸۸. مقایسه صفات کمی و کیفی لوبیای سفید و قرمز در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم گیاهی. ۲(۱): ۱۷۰تا ۱۸۲.

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. دوم تا چهارم شهریور. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.

درویش بلوچی، م.، پاک نژاد، ف.، کاشانی، ع.، اردکانی، م. و درویش بلوچی، م. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر تنش خشکی و تغذیه برگی برخی از عناصر کم مصرف بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل، محتوی کلروفیل، RWC، پایداری غشاء و عملکرد دانه ذرت (SC704). مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۱(۳): ۵۳۱ تا ۵۴۳.

رضایی، ع. و کامگار حقیقی، ع. ۱۳۸۸. اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب). ۲۳(۱): ۱۱۸ تا ۱۲۴.

رحیمیان مشهدی، ح.، باقری، ع. و پاریاب، ا. ۱۳۷۰. اثر پتانسیل های مختلف حاصل از پلی اتیلن گلایکول و کلرور سدیم توام با درجه حرارت بر جوانه زنی در توده های گندم دیم. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۵: ۳۶ تا ۴۵.

زبرجدی، ع.، معتمدی، ج. و زبرجدی، م. ۱۳۸۹. بررسی روند تغییرات برخی صفات مهم فیزیولوژیک کلزا در شرایط تنش خشکی. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دوم تا چهارم مرداد. پژوهشکده علوم محیطی. دانشگاه شهید بهشتی تهران.

سرمدنیا، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۷۱. جنبه های فیزیولوژیکی زراعت دیم (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۲۴ صفحه.

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

عباس زاده، پ.، شریفی عاشور آبادی، ا.، لباسچی، م. ح.، نادری حاجی باقر کندی، م. و مقدمی، ف. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قند های محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) فصل نامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۳(۴): ۵۰۴ تا ۵۱۳.

علیزاده، ا. ۱۳۶۹. رابطه آب و خاک و گیاه (ترجمه). چاپ اول. انتشارات جاوید. ۷۳۵ صفحه.

قربانلی، م. و نیاکان، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قند های محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳. نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم. ۵: ۵۳۷ تا ۵۴۹.

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

کافی، م. و مهدوی دامغانی، م. ۱۳۸۱. مکانیسم های مقاومت گیاهان به تنش های محیطی (ترجمه). انتشارات فردوسی مشهد. ۴۶۷ صفحه.

کوچکی، ع. و سلطانی، ا. ۱۳۷۷. اصول و عملیات کشاورزی در مناطق خشک (ترجمه). انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۹۴۲ 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 بناییان اول. م. ۱۳۷۳. زراعت در منطق خشک. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۶ صفحه.

مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی شعبه واحد تهران. چاپ چهارم. ۲۸۳ صفحه.

مظاهری، و. و مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۱. مبانی زراعت عمومی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۰ صفحه.

معصومی، ع.، کافی، م.، نظامی، ا. و حسینی، ح. ۱۳۸۴. اثرات تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیکی تعدادی از ژنوتیپ های نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط گلخانه. مجله پژوهش های زراعی ایران. ۳(۲): ۲۷۷ تا ۲۸۹.

میرجلیلی، ع. ۱۳۸۴. گیاهان در محیط های تنش زا. انتشارات نوربخش. ۲۴۰ صفحه.

نیاکان، م. و قربانلی، م. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر شاخص های رشد، فاکتورهای فتوسنتزی، میزان پروتئین و محتوای یونی در بخش های هوایی و زیرزمینی دو رقم سویا. رستنی ها. ۸(۱): ۱۸ تا ۲۸.

Abasi siahjani, A., Farahavash, F. and Sadeghi, A. 2008. Sunflower response to changes in leaf area, stem and capitol dry matter under drought stress. Iran Sci. Con. 3825-3827.

Ahmadi, A. and Baker, D.A. 2001. The effect of water stress on grain filling processes in wheat. J. Agric. Sci., 136:257-269.

Ali, Q., Ashraf, M., Shahbaz, M. and Humera, H. 2008. Ameliorating effect of foliar applied proline on nutrient uptake in water stressed maize (*Zea mays* L.) Plants Pak. J. Bot., 40:211-219.

Ashok mishra, K. and Vijay Singh, P. 2010. A review of drought concepts. J. of Hydrol., 391:202-216.

Ashraf, M. and Waheed, A. 1990. Screening of local exotic of lentil (*Lens culinaris medic*) for salt tolerance at two growth stage. Plant and Soil., 128:167-176.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007. Roles of glycinebetaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ. Exp. Bot., 59:206-216.

Ashraf, M.Y., Khan, A.H. and Azmi, A.R. 1992. Cell membrane stability and it is relation with some physiological processes in wheat. Act. Agro. Hung., 14:183-191.

Alvim, P. 1960. Net assimilation rate and growth behavior of beans affected by giberelic acid , urea and sugar sprays. Plant Physiol., 35:285-288.

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.

Avigad, G. and Dey, P.M. 1997. Carbohydrate metabolism: storage carbohydrate. In Plant Biochem., 143-204.

Bajji, M., Lutts, S. and Kient, J.M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum defs*) cultivars performing differently in aird conditions. Plant Sci., 160:669-681.

Barratt, D.H., Derbyshir, P., Findly, K., Pike, M., Wellner, N., Lunn, J., Feil, R., Simpson, C., Maule, A.J. and Smith, A.M. 2009. Normal growth of Arabidopsis requires cytosolic invertase but not sucrose synthase. Proc. Natl. Acad. Sci. Usa., 106:13124-13129.

Barraclough, P.B. and Kate, J. 2001. Effect of water stress chlorophyll meter reading plant nutrition., 42:722-723.

Baghaii, N. 2004. Effect of drought stress on different growth stages, yield and yield components of three bean varieties. M.Se thesis. Azad University of Karaj.

Beweley, J.D. and Lersen, K.M. 1982. Diffrences in the responses to water stress of growing and non growing regions of maize mesocotyls, protein synthesis on total free and membrane bound polyribosome fractions. J. Exp. Bot., 33:406-415.

Beck, E.H., Fetting, S., Knake, E.C., Hartig, K. and Bhattarai, T. 2007. Specific and unspecific responses of plants to cold and drought stress. J. Biol. Sci., 32:501-510.

Blum, A., Gozlan, G. and Mayer, J. 1981. The magnification of dehydration avoidance in wheat breeding. Germplasm. Crop Sci., 21:495-499.

Blume, A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC press, Inc., P: 233.

Bohnert, H.J. and Jenson, R.G. 1996. Strategies for engineering water stress tolerance in plant. Trends Biotechnol., 14:89-97.

Bohnert, H.J., Nelson, D.E. and Jensen, R.G. 1995. Adaptations to environmental stresses. Plant Cell., 7:1099-1111.

Bolen, D.W. and Baskakov, I.V. 2001. The osmophobic effect: natural selection of a thermodynamic force in proein folding. J. Molecul. Biol., 31(5):955-963.

Bonnett, G.D. and Incoll, L.D. 1992. Effects on the stem of winter barley of manipulating the soucrose and sink during grain-filling1. changes in accumulation and loss of mass from intemodes, Y. Exp. Bot., 44: 75-82.

Boyer, J.S. 1967. Leaf water potential measured with apresure chanber. Plant Physiol., 42:133-137.

Boyer, J.S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf potentials. Plant Physiol., 46:233-235.

Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different developmental stage on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crop Res., 89:1-16.

Castrillo, M. and Trujillo, I. 1994. Ribulos1-5 biphosphate carboxylase activity and chlorophyll and protein content in two cultivars of French bean plants under water stress and rewatering. Photosynthetic, 30:175-181.

Campos, P., Ramalho, J.C., Lauriano, L.A., Silva, M.J. and Matos, M. 1999. Effects of drought on physynthetic performance and water relations of foure vigna genotypes. Photosynthetica, 36(1-2): 79-87.

Chaves, M.M., Pereira, J.S., Maroco, J., Rodigues, M.I., Ricardo, C.P.P., Osorio, M.I., Caravatho, I., Feria, T. and Pinheire, C. 2002. How plants cope with water stress in the field photosynthesis and growth? Ann. 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.

Costonguay, Y. and Markaharat, A.H. 1992. Leaf gas exchange in water stressed common bean and tepary bean (*Phaseolus aculifolius* L.). Crop Sci., 32:980-986.

Cornic, G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture-not by affecting ATP synthesis. Trends Plant Sci., 5:178-188.

Costa, R.C.L., Lobato, A.K.S., Oliveria neto, C.F., Maia, P.S.P., Alves, G.A.R. and Laughinghouse, H.D. 2008. Biochemical and physiological responses in two *Vigna ungiculata* (L.) walp. cultivars under water stress. J. Agron., 7(1): 98-101.

Costa, R.C.L. 1999. Nitrogen assimilation and osmotic adjustment in noduated plants of stringed beans *vigna unguicalata* L. under water stress. Ph.D. thesis, universidade federal doceara, brasil.

Dek, H.H. 1986. Effect of water use efficiency of irrigated corn. Agron. J., 78:1035-1040.

Ehdaie, B., Alloush, G.A., Modor, M.A. and Waines, J.G. 2006. Genotypic variation for stem reseves and mobilization in wheat: post anthesis changes in intermode water soluble carbohydrate. Crop Sci., 46: 2093-2103.

Estill, K., Delany, R.H., Smith, W.K. and Ditterline, R.L. 1991. Water relation and productivity of alfalfa leaf chlorophyll variants. Crop Sci., 25:345-348.

Farooq, M., Wahid, A.L., Cheema, S.A. and Aziz, T. 2010. Comparative time course action of the foliar applied glycinebetaine, salicylic acid, nitrous oxide, brassinosteroids and spermine in improving drought resistance of rice. J. Agron. Crop Sci., 196:336-345.

Farooq, M., Wahid, A., Kobyashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev., 29:185-212.

Fischer, R.A., Rees, D., Sayre, K.D., Lu, Z.M., Condon, A.G. and Saavedra, A.L. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Sci. 38:1467-1475.

Flexas, J. and Medrano, H. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C_3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. Ann. Bot., 89:183-189.

Germna, C. and Teran, H. 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. Crop Sci., 46:2111-2120.

Ghaffaripor, A. 2005. Effects of drought stress on yield and quantitative and qualitative characteristics of new sunflower hybrid. M.Sc. thesis of Islamic Azad University of Karaj (in persian).

Grennan, A.K. and Gragg, J. 2009. How sweet it is: indentification of vacuolar surose transporters. Plant Physiol., 150:1109-1110.

Grits, N., Turk, S.C., Vandun, K.P., Hulleman, S.H., Visser, R.G., Weisbeek, P.J. and Smeekens, S.C. 2001. Sucrose metabolism in plastids. Plant physiol., 125:926-936.

Gusegnova, I.M., Suleymanov, S.Y. snd Aliyev, J.A. 2006. Protein composition and hative state of pigments of thylakoid membrane wheat genotypes differently tolerant to water stress. Biochem., 71:223-228.

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment. A review: Environ. and Exp. Bot., 68:14-25.

Hagar, H., Weda, N. and Shal, S.V. 1996. Role of reactive oxygen metabolism in DNA damage and cell death in chemical hypoxic LLC-PKI cells. Amer. J. Physiol., 271:209-215.

Hghparast, R. 1997. Select for drought stress tolerance on wheat cultivars. M.Se. thesis, Tbriz University. (in persain).

Hangbo, S., Zongsuo, L. and Mingan, S. 2006. Osmotic regulation of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at soil water deficits. Cell and surf. Biointerfaces, 47: 132-139.

Henson, W.D. 1993. Phenotypic recurrent selection for modified reproductive period in soybean. Crop Sci.32:968-972.

Hanson, A.D. and Hitz, W.D. 1982. Metabolic responses of mezophytes to plant water deficit. Ann. Rev. Plant Physiol., 33:163-203.

Hallaji, H. 2005. Effect of drought stress and planting densities on yield components of ozarghol hybrid of sunflower. M.Sc thesis of Islmic Azad University of Brojerd., P: 155.

Hellubust, J.A. and Caraigie, J.S. 1978. Hand book of physiological methods, physiological and biochemical methods, Camb, Univ. Press

Heuer, B. and Nadler, A. 1995. Growth, development and yield of potatoes under salinity and deficit. Aust. J. Agric. Res., 46:1477-1486.

Hieng, B., Ugrinovi, K., Utar-vozli, J. and Kidri, M. 2004. Differenting in sensitivity. J. Plant Physiol., 161:519-530.

Hiscox, J.D. and Israelstam, G.F. 1979. Amethod for extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian. J. Bot., 57:1332-1334.

Honson, W.D. 1993. Phenotypic recurrent selection for modified reproductive period in soybean. Crop Sci., 32:968-972.

Hoekstra, F.A. and Buitink, J. 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends in plant Sci., 8(90): 431-438.

Irrigoen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez, D.M. 1992. Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugarsin modulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants, Physiologia Plantarum., 84:55-60.

Ingram, J. and Bartelts, D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Ann. Rev. of Plant Pyhsiol and Molecule Biol., 47:377-403.

Jaleel, C.A., Sankar, B., Muralli, P.R., Gomath Inayagam, M., Lakshmanan, G.M.A. and Paneerselvam, R. 2008. Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in *Catharanthus roseuse* L. impacts on ajmalicine accumulation. Colloids Surf. B: Bio Interfaces., 62: 105-111.

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

Jin, J., Wang, G., Liu, X., Pan, X., Herbert, S.J. and Tang, C. 2006. Interaction between phosphorus nutrition and drought on grain yield and assimilation of phosphorus and nitrogen in two soybean cultivars differing in protein concentration in grains. J. Plant Nutr., 29:1433-1449.

Jiang, Y. and Huong, N. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turf grasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Sci., 41:436-442.

Kafi, M., Stewart, W.S. and Borland, A.M. 2003. Carbohydrate and prolin content in leaves, roots and apices of salt-tolerance and salt sensitive wheat cultivars. Russian. J. Plant Physiol., 50:155-162.

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.

Kerepsi, I. and Galiba, G. 2000. Osmotic and salt stress- induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedling. Crop Sci., 40:482-487.

Khajeh Hosseini, M. and Powell, A. 2003. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean. Seed Sci and Technol., 1:715-725.

Khan, M.B., Hussain, N. and Iqbal, M. 2007. Effect of water stress on growth and yield components of maize variety YHS202. J of Res. Sci., 12:15-18.

Kramer, P.S. 1983. Water relations of plants. Academic press. New york. P:489.

Kumar, A., Singh, D.P. and Singh, P. 1994. Influence of water stress on photosynthesis, transpiration, water use efficiency and yield of *Brassica juncea* L.. Field Crop. Res., 37: 95-101.

Lahlou, O. and Quattar, S. 2003. The effects of drought and cultivar on growth parameters, yield and yield components of potato. Agron. J. 23(3):257-268.

Levitt, Y. 1980. Adaptation of plant to water and high tempreture stress. Willey. Newyork., P:684.

Liu, H.P., Yu, B.J., Zhang, W.H. and Liu, Y.L. 2005. Effect of osmotic stress on the activity of Ht ATP_{ase} and the levels of covalently and non-covalently conjugated polyamines in plasma membrane preparation from wheat seedling roots. Plant Sci., 168:1599-1607.

Loon, C.D. 1981. The effect of water stress on potato growth development, on yield. Potato J. 58: 51-69.

Lowler, D.W. and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon accimilation and associated metabolism in relation to water deficit in higher plants. Plant Cell Environ., 25:275-295.

Lobato, A.K.S., Oliveria Neto, C.F., Costa, R.C.l., Santosfilho, B.G., Cruz, F.J.R and Laughinghouse, H.D. 2008. Biochemical and physiological behavior of *Vigna unguiculata* L. under water stress during the vegetative phase. Asian J. Plant Sci., 7(1):44-49.

Lopez Molina, L., Mongrand, S. and Chua, N.H. 2001. A post germination development arrest checkpoint is mediated by abscisic acid and requires the AB15 transcription factor in Arabidopsis. Proc. Natl. Acad. Sci. Usa, 98:4782-4787.

Lunn, J.E. 2002. Evolution of sucrose synthesis. Plant Physiol., 128:1490-1500.

Lugan, R., Nigret, M.F., Leport, L., Guegan, J.P., Larher, F., Savoure, A., Kopka, J. and Boucherea, A. 2010. Metabolome and water homeostasis analysis of

Thellungiella salsuginea suggests that dehydration tolerance is a key response to osmotic stress in this halophyte. Plant J., 64:215-229.

Mahajan, S. and Tuteja, N. 2003. Cold, salinity and drought stress an overview. Arch. Biochem. Biophys. 444: 139-158.

Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F. and Pinto, M. 2001. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell well elasticity and cell volume of six cultivars of commen beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Europ. J. Agron., 26:30-38.

Manivannan, P., Jaleel, C.A., Kishorekumar, A., Sankar, B., Somasundaram, R., Alagu lakshmanan, G.M. and Panneerselvam, R. 2007a. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. Colloids Surf. Biointerfaces., 59:141-149.

Manivannan, P., Jaleel, C.A., Kishorekumar, A., Sankar, B., Somasundaram, R., Sridhoran, R. and Panneerselvam, R. 2007b. Changes in antioxidant metabolism of *Vigna unguiculata* (L.) by propiconazole under water deficit stress. Colloids Surf. Biointerfaces., 57:69-78.

Manivannan, P., Jaleel, C.A., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2008. Osmoregulation and antioxidant metabolism under drought stressed in *Helianthus annuuse* L. triadimefon drenching. Comp. Rend. Boil., 331:418-425.

Malakouti, M.J., Moshiri, F. and Ghaibi, M.N. 2005. Optimum levels of nutrients in soil and agronomic and horticultural crops. Soil and water research institute. Technical. Bullet. No., 405.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Elsevier Sci Ltd. Acad. Pre. P:889.

Maghsoudi, K. and Maghsoudi Moud, A.A. 2008. Assessment of osmoregulation capability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars using response of projected pollen grains to drought stress. Iran. J. Crop Sci., 10(1):1-14.

Maynard, J. and William, L. 1982. Sucrose and glucose uptake into *Beta vulgaris* leaf tissues. Plant Physiol., 70(5):1436-1443.

Matignone, R.A. and Nakayama, F. 1983. Foliar fertilization urea and sacarose on soybeans. Phyton., 43:167-178.

Maurer, A.R, Ormard, D.P. and Scott, N.J. 1969. Effect of five soil water regimes on growth and composition of snap beans. Can. J. Plant Sci., 49:271-278.

Modhan, M.M., Narayanan, S.L. and Ibrahim, S.M. 2000. Chlorophyll stability indexes (CSI): its impactson on salt tolerance in rice. International rice Res. Institute. Notes., 25(2):38-40.

Mohammadian, R., Rahimian, H., Moghaddam, H. and Sadeghian, S.Y. 2003. Effect of early drought stress on sugar beets chlorophyll fluorescenece. Pak. J. Biol. Sci., 6(20):1763-1769.

Mohammadian, R., Moghaddam, M., Rahimian, H. and Sadeghian, S.Y. 2005. Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugarbeet genotypes. Turkish J. Bot. 29:357-368.

Morgan, J.M. and Condon, A.G. 1986. Water use, grain yield, and osmoregulation in wheat. Aust. J. Plant Physiol., 13:523-532.

Morgan, J.M. 1992. Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. Aust. J. Plant Physiol., 19:67-76.

Morgan, J.M. 1980. Osmotic adjustment in the spikelets and leaves of wheat. Exp. Bot., 31:655-659.

Movahhedy dehnavy, M., Modarres sanavy, S.A.M., Sorushazadeh, A. and Jalali, M. 2005. Changes in proline, total soluble sugars, SPAD and chlorophyll fluorescence in winter safflower cultivars under drought stress and foliar application of zinc and managanse. Biaban., 9(1): 93-109.

Naderi, D.M., Nour mohammadi, G., Majidi, E., Darvish, F., Shranirad, A.H. and Madani, H. 2004. Effects of drought stress and plant density on echophysiological straits of three safflower lines in summer planting Isfahan. J. Seed and Plant, 20(3): 281-296.

Nasri, M.B., Aouani, M.E. and Mohammadi, R. 2007. Nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under water deficiency. Soil Boil and Biochem., 30:1744-1750.

Nielsen, D.S. 2001. Production functions for chickpea field dea, and lentil in the central at plains. Agron. J., 93:563-569.

Noctor, G. 2006. Metabolic signaling in defence and stress: the central roles of soluble redox coples. Plant Cell and Environ., 29(3):409-425.

Oliver, M.J. and Bewley, J. 1997. Desiccation-tolerance of plants tissues: a mechanistic overview. Hort. Rev., 18: 171-214.

Opoku, G., Davies, F.M., Zetrio, E.V. and Camble, E.F. 1996. Relationship between seedvigor and yield of white beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Variety, 9:119-125.

O'neill, P., Shanhanj, F. and Schepers, J.S. 2006. Use of chlorophyll fluorescence differentiate corn hybrid response to variable water conditions. Crop Sci., 46:681-687.

Paknejad, F., Majidi heravan, E., Noormohammadi, Q., Siyadat, A. and Vazan, S. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. American J. Biochem. and Biotech., 5(4):162-169.

Palled, Y.B., Chandra Shekharaiash, A.M. and Radder, G.D. 1985. Response of Bengal gram to moisture stress. Indian. J. Agron., 30:104-106.

Pasbaeslam, B. and Taher chasemi, M. 2006. Evaluation of yield and yield components in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). iran. J. Agric. Sci., 2:357-362.

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

Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of phragmites australisto water deficit. Aquatic Bot., 81:285-299.

Parida, A.K. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants. a review. Ecotoxicol and environment safe., 60(3):324-349.

Parvanova, D., Ivanov, S., Konstantinova, T., Karanov, E., Atanassov, A., Tsretkov, T., Alexieva, V. and Djilianov, D. 2004. Transgenic tobacco plants assumulating osmolytes show reduced oxidative damage under freezing stress. Plant Physiol. and Biochem., 42(1):57-63.

Pelah, D., Shoseyor, O., Altman, A. and Baratels, D. 1997. Water-stress response in aspen (*Populous tremula*): differential accumulation of dehydrin, sucrose synthase, GADPH homologues, and soluble sugars. J. Plant Physiol., 151:96-100.

Pessarakli, M. 1999. Handbook of plant and crop stress. Second edition. Marcel Dekker. Inc. New York. P:1254.

Poormohammad kiani, S., Grieu, p., Marry, P., Hewwzi, T., Gentzbittel, L. and Safari, A. 2007. Genetic variability for physiological traits under conditions and differential expression of water stress associated genes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Theor. Appl. Genet., 114:193-207.

Razi, H. and Assad, M.T. 1998. Evaluating variability of important agronomic traits and drought tolerance criteria in sunflower cultivars. J. Sci. Res., 2(1): 31-42.

Rook, F.N., Gerritz, N., Kortstee, A.J., Vankemp, M., Borrias, M., Weisbeek, P.H. and Smeekens, S. 1998. Sucrose-specific signaling represses translation of the arabidpsis ATB2 bZIP transcription factor gene. Plant J., 15:253-263.

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

Sauer, N. 2007. Molecular physiology of higher plant sucrose transporters. FEBS let., 581:2309-2317.

Sanchez, F.J., Manzanare, S.M., Andres, E.F., Ternorio, J.I., Ayerbe, L. and Deandres, E.F. 1998. Turgor maintenance osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field. Crop. Res., 59:225-235.

Sairam, R.K., Veerabhadra, R. and Srirastav, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Sci., 163:1037-1046.

Salerno, G.L. and Curatti, L. 2003. Origin of sucrose metabolism in higher plants: when, how and why?. Trends plant Sci., 8:63-69.

Saxena, N.P., Krishnamuthy, L. and Johansen, C. 1993. Registration of a drought resistance chickpea gerplasm. Crop Sci., 33:1424.

Scott, N.S., Munns, R. and Barlow, E.W.R. 1979. Polyribosome content in young and aged wheat leaves subjected to drought. J. Exp. Bot., 30:905-911.

Seraj. R. and Sinclair, T.R. 2002. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions?. Plant Cell Environ., 25:333-341.

Shaheen, A., Fatma, M.R., Hoda, A., Habib, M. and Abdel, H. 2010. Nitrogen soil dressing and foliar spraying by sugar and aminoacids as affected the growth, yield and its qulity of onion plant. J. of Ame. Sci., 6(8): 420-427.

Shah, C.B. and Loomis, R.S. 1965. Ribonucleic acid and protein metabolism in sugar beet during drought. Physiol. Plant. 18:240-254.

Shirmard kermanshahi, M. 2003. Effects of reduced irrigation stress on some morphological and physiological traits on safflower cultivars. M.Sc. thesis, Islamic Azad University. Karaj Branch (in persion).

Shao, H.B., Chu, I.Y., Jaleel, C.A., Manivannan, P., Panneerselvam, R. and Shao, M.A. 2009. Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants biotechnologically and sustainably improving agriculture and the ecoenvironment in aird regions of the globle. Crit. Rev. Biotechnol., 29:131-151.

Smeekens, S. 2000. Sugar-induced signal transduction in plants. Annu. Per. Plant physiol. Plant Mol. Biol., 51:49-81.

Songsri, P., Jogloy, S., Holbrook, C.C., Ksmala, J., Vorasoot, N., Akkasaeng, C. and Patanothai, A. 2009. Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. Agric. Water Manage., 96:790-798.

Specht, J.E., Chese, M., Macrander, G.L., Graef, J., Chung, J.P., Markwell, M., German, J.H. and Lark, K.G. 2001. Soybean response to water. AQTL analysis of drought tolerance. Crop Sci., 41:439-509.

Singh, S.H. 2007. Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. Agron. J., 99:1219-1225.

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

Stocker, O. 1996. Physiological and morphological changes in plant due to water deficiency. Agron. J., 65:63-74.

Subbarao, G.V., Nam, N.H., Chauhan, Y.S. and Johonsen, C. 2000. Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in *Pigeon pea* under water deficit. J. Plant Physiol., 157:651-659.

Szabados, L. and Savoure, A. 2010. Proline: a multifunctional amine acid. Trends in Plant Sci., 15(2): 89-97.

Szarka, A., Horemans, N., Passarella, S., Tarcsay, A., Orsi, F., Salgo, A. and Banhegyi, G. 2008. Demonstration of an interamitochondrial invertase activity and the corresponding sugar transporters of the inner mitochondrial membrane in jerusalem artichoke (*Helianthus tubersus* L.) tubers. Planta., 228:765-775.

Tahir, M.H.S. and Mehid, S.S. 2001. Evaluation of open pollinated sunflower (*Helianthus annuus* L.) populations under water stress and normal conditions. Int. J. Agric. Biol., 3:236-238.

Taiz, L. and Zeiger. 2006. Plant physiology. Forth edition. Sinauer associates, Inc. Publishers Sunderland Massachusetts., Pp:738.

Tesfaye, K., Walker, S. and Tsubo, M. 2006. Radiation intreception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in semi-aird environment. Europ. J. Agron., 25:60-70.

Thom, M. and Maretzki, A. 1999. Evidence for direct uptake for sucrose by sugarance stalk tissue. J of Plant Physiol., 139:555-559.

Turner, C. and Myones, M. 1980. Turgor maintenance by osmotic adjustment. A review and evaluation in adaptation of plant to water and high temperature stress. Turner, N.C. and Kramer, P.J. (eds). Wiley, Newyork., 87-103.

Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F. and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidant in the leaves of drought-tolerant *Phaseoluse acutifolius* L. gray and drought-sensitive *Phaseoluse vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Sci., 168:223-231.

Turgeon, R. and Wolf, S. 2009. Phloem transport: cellular pathways and molecular trafficking. Annu. Rev. Plant Biol., 60:207-221.

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.

Verslues, P.E. and Bray, E.A. 2004. LWR1 and LWR2 are required for osmoregulation and osmotic adjustment in Arabidopsis. American Society of Plant Physiol., 136:2831-2842.

Wahing .I,W.Van,V.J.G.Houba, J.J.Van der lee.1989. soil and plant analysis,a series of syllabi.part 7,plant analysis procedure.wageningen agriculture university.

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.

Weatherley, P.E. 1953. On the uptake and hydrologysis of sucrose by leaf tissues. New Phytol., 82(1): 76-79.

Webber, M.J., Barnett, B., Finlayson, B. and Wang, M. 2006. Pricing china's irrigation water working paper, school of anthropology, geography and environmental studies, the university of Melbourne, Victoria, Australia.

Whittaker, A., Bochicchio, A., Vazzana, C., Lindsey, G. and Farrant, J.M. 2001. Changes in leaf heoxokinase activity and metabolic levels in response to drying. In the desiccation-tolerant species sporo bolus stap finus and xerophyte viscosa. J. Exp. Bot., 52(358): 961-969.

Word, J., Kuhne, M., Tegeder, M. and Frommer, W.B. 1998. Source transport in higher plant. Int. Vercytol., 178:41-71.

Wind, J., Smeekens, S. and Hanson, J. 2010. Sucrose: metabolite and signaling molecule. Phytochem., 71:1610-1614.

Wion, H.C. 1997. The physiology of vegetable crops. Cabi. Pub. Cambridge, U.K. 73-121.

Wyse, R. 1979. Sucrose uptake by sugarbeet tap root tissue. Plant physiol., 64(5): 837-841.

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.

Yang, J. and Zhang, J. 2006. Grain filling of cereals under soil drying. New Phytol., 169: 223-236.

Zhang, M., Duan, I., Zhai, Z., Li, J., Tain, X., Wang, B., He, Z. and Li, Z. 2004. Effects of plant growth regulators on water deficit –induced yield loss in soybean. Proceding of the 4th international crop science cogress, Brisbanee, Australia.

Abstract

Accumulation of organic compatible compounds is a strategy that plant used to reduce the negative effects of stress. These compounds protect plant from stress by different processes, including osmotic adjustment. Sucrose is one of the osmoprotective compounds that accumulate in stress conditions. In order to examination of sucrose foliar application effects on some morphological and physiological traits in *Vigna sinensis* L. subjected to water deficit, an field experiment was conducted at the department of agronomy and plant breeding of Shahrood University of Technology in 2011. A spilit plot factorial experiment on the basis of completely randomized block design was carried out in three repetitions. The main factor was three irrigation levels including 8 days interval (well water), 12 days interval (moderate stress) and 16 days interval (severe stress) and sub-factors were three sucrose concentration (15, 30 and 45 g/l) and foliar application time (vegetative growth and seed filling stage). First and second foliar application performed in 36 and 56 days after sowing respectively. The results showed that water deficit stress decreased pod dry matter, leaf area index, number of pods per plant, yield, relative water content and protein yield, while stem diameter, stability of the plasma membrane and leaf soluble carbohydrates were increased. The intraction between stress and sucrose concentration was significant on all of traits except stem diameter, 1000 seed weight, number of seeds per pod, seed phosphorus and seed protein percentage. The highest leaf dry matter (136.56 g/m^2) and leaf area index (1.68) was obtained from well water and 15 g/l sucrose concentration. The highest yield (0.24 Kg/m^2) was obtained from well water and 45 g/l sucrose concentration, because the number of pods per plant increased in this treatment. Leaf soluble carbohydrates were increased by water deficit stress. So that 12 and 16 irrigation levels compare to 8 irrigation level increased leaf soluble carbohydrates 55.74 and 77.45% respectively. The effect of sucrose concentration on seed protein percentage was significant. The highest seed protein percentage was obtained from 45 g/l sucrose concentration that was higher than 30 and 15 g/l concentrations (0.39 and 1.52 percentages respectively). In summary, study of different treatments showed that the foliar application of sucrose with 45 g/l concentration had greater effect on the most traits in well water and severe stress coditions.

Key words: water deficit stress, sucrose, quantitative and qualitative traits, *Vigna sinensis* L.**.**

Shahrood University Of Technology

Faculty Of Agronomy Science

Thesis M.Sc

The effect of sucrose foliar application and water deficit stress on some quantitative and qualitative traits in *Vigna sinensis* L..

Fatemeh Mahghani

Supervisors

Dr. Mehdi Bardaran Firouzabadi

Advisors

Dr. Ahmad gholami

Eng. Hassan ghorbani ghozhadi

January 2013