بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

مطالعه اثرمحلول‌پاشی عصاره مخمر برخصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط تنش خشکی

نگارنده

سحر کرامتی

استاد راهنما

دکتر احمد غلامی

اساتید مشاور

دکتر مهدی برادران فیروز آبادی

دکتر حمید عباس‌دخت

بهمن ۱۳۹۸

شماره:
تاریخ: ۱۳۹۹/۳/۱۱

باسمه‌تعالی

دانشگاه صنعتی شاهرود
مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم سحر کرامتی با شماره دانشجویی ۹۶۰۰۳۱۴ رشته مهندسی کشاورزی گرایش اکولوژی تحت عنوان مطالعه اثرمحلول‌پاشی عصاره مخمر برخصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط تنش خشکی که در تاریخ ۹۸/۱۱/۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

الف) درجه عالی: نمره ۲۰-۱۹ ☒ ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸/۹۹ – ۱۸ ☐
ج) درجه خوب: نمره۱۷/۹۹– ۱۶ ☐ د) درجه متوسط: نمره ۱۵/۹۹-۱۴ ☐
ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐

نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر احمد غلامی	دانشیار	
۲- استاد مشاور	دکتر مهدی برادران	دانشیار	
۳- استاد مشاور	دکتر حمید عباس دخت	دانشیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر شاهرخ قرنجیک	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر محمد رضا عامریان	دانشیار	
۶ـ استاد ممتحن دوم	دکتر حمیدرضا اصغری	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر محمد رضا عامریان

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به

ارزشمندترین نعمت‌های پروردگار که با گرمی آفتاب وجودشان و دریای زلال

محبت‌شان موجب رشد و هدایتم شدند

پدر فداکار، مادر مهربان، خواهر عزیز

و

همسر صبور و دلسوزم

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس برای خداوندی که توفیق بندگی برایم عطا نمود تا یکی دیگر از مسیرهای زندگی را طی کرده باشم.

از استاد راهنمای بزرگوارم، آقای دکتر احمد غلامی، به خاطر راهنمایی ها و مساعدت بی دریغ شان در طی انجام این تحقیق، نهایت تشکر را دارم و متشکرم که این فرصت را در اختیار من قرار دادند. همچنین از اساتید مشاورم دکتر مهدی برادران فیروزآبادی و دکتر حمید عباس دخت که زحمت مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند تشکر می کنم.

از پدر فداکار، مادر مهربان و خواهر عزیزم خانم مهندس سیما کرامتی از دانشگاه صنعتی شاهرود که همواره پشتوانه روحی برایم بودند و به خاطر حضور گرمشان در تمام مراحل زندگی ام صمیمانه سپاس گزاری می نمایم.

و در آخر تشکر ویژه ام را از همسر دلسوزم آقای دکتر غفور امینی دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس که بدون حمایت و حضور ایشان انجام این تحقیق میسر نبود، می نمایم.

سحر کرامتی

زمستان ۹۸

تعهدنامه

اینجانب **سحر کرامتی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **اکولوژی** دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه **مطالعه اثرمحلول‌پاشی عصاره مخمر برخصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط تنش خشکی** تحت راهنمائی **آقای دکتر احمد غلامی** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، 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 ۱۳۹۸/۱۱/۱

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 می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

امروزه استفاده از ترکیبات طبیعی برای تقویت رشد و تخفیف اثرات تنش کم‌آبیاری به جای ترکیبات شیمیایی توجه محققین را به خود جلب کرده است. محرک‌های زیستی مولکول‌هایی با وزن مولکولی پایین هستند که می‌توانند نقش دفاعی در گیاهان ایفا کنند و از مهم‌ترین روش‌ها برای افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاه می‌باشند که توانایی القای تغییرات فیزیولوژیکی را در گیاه داشته و دارای منشا زیستی و غیر زیستی هستند. عصاره مخمر (*Saccharomyces cerevisiae*) یک محرک زیستی است که به علت دارا بودن انواع مواد معدنی و ویتامین‌ها (B1، B2، B3، B6 و B12)، اکسین، سیتوکینین، آنزیم‌ها، اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، اسیدهای نوکلئیک و عناصر مغذی نقش مثبتی در کاهش اثرات مضر تنش کم‌آبیاری دارد. بدین منظور برای بررسی اثر محلول پاشی عصاره مخمر و تنش کم آبیاری برخصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی آزمایشی به صورت فاکتوریل درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. فاکتورها شامل تنش کم آبیاری به صورت قطع آبیاری در دو مرحله‌ی گل‌دهی و غلاف‌بندی به همراه تیمار شاهد (بدون قطع آبیاری) بود. تیمار عصاره مخمر (۲، ۴، ۶ گرم بر لیتر و شاهد) در۲ نوبت اسپری برگی به فاصله ۷ روز تکرار شد که اولین بار ۳۰ روز پس از کاشت بود. آبیاری در تمام کرت‌ها تا زمان استقرار کامل گیاهچه‌ها هر سه روز و پس از آن آبیاری در کرت‌ها به صورت هر هفت روز و در کرت‌های تحت تیمار تنش کم آبیاری به صورت قطع کامل آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی به مدت ده روز اعمال شد. نتایج نشان داد که صفات کلروفیل b، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، قندهای احیایی و غیراحیایی در غلظت ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر افزایش معنی‌داری داشتند، همچنین عملکرد دانه هم در همین غلظت در بیش‌ترین مقدار خود قرار گرفت. ارتفاع بوته، پروتئین و نیتروژن دانه تحت تیمار ۴ گرم بر لیتر افزایش معنی‌داری یافت. وزن تر و خشک گره ریشه با غلظت ۲ گرم بر لیتر بیش‌ترین مقدار رابه خود اختصاص داند. غلظت‌های ۲ تا ۶ گرم بر لیتر مخمر باعث افزایش پرولین، کلروفیل a، آنتوسیانین، فلاونوئید، نشاسته نسبت به شاهد شد. اثر متقابل عصاره مخمر و تنش کم آبیاری بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، رنگیزه‌های فتوسنتزی، نیتروژن- فسفر و پروتئین دانه، تعداد و وزن گره ریشه، عملکرد دانه، پایداری غشا معنی‌دار شد. از این رو عصاره مخمر می‌تواند به عنوان یک راهکار اکولوژیکی، باعث افزایش پاسخ دفاعی در برابر تنش‌های محیطی شود.

کلمات کلیدی: محرک زیستی، ویتامین B، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، عناصر معدنی دانه، قندهای احیایی و غیر احیایی

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- **کرامتی، س.، غلامی، ا.، برادران فیروزآبادی، م.، و عباس‌دخت، ح.** پاسخ گیاه لوبیا چشم بلبلی(*Vigna sinensis* L.) به محلول‌پاشی عصاره مخمردر شرایط تنش کم‌آبی در مرحله گل‌دهی و غلاف‌بندی، چهارمین کنگره سالانه بین المللی توسعه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری ایران. ۲۳ الی ۲۵ مرداد ماه ۱۳۹۸. تبریز

فهرست مطالب

فهرست جداول أ

فهرست اشکال ب

فصل اول ۱

مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ لوبیا چشم‌بلبلی ۵

۱-۲-۱ گیاهشناسی ۵

۱-۳ تنش ۵

۱-۳-۱ نقش و اهمیت آب در گیاه ۶

۱-۳-۱ تنش کم آبیاری ۶

فصل دوم ۷

بررسی منابع ۷

۲-۱- تأثیر تنش کم آبیاری بر فرآیندهای رشدی گیاهان ۸

۲-۱ صفات کیفی ۱۲

۲-۱-۱ تنش کم‌آبیاری و پتاسیم ۱۲

۲-۱-۲ ثاثیر تنش کم آبیاری بر جذب فسفر ۱۳

۲-۱-۳ تأثیر تنش کم آبیاری بر پروتئین دانه ۱۴

۲-۲ عصاره مخمر ۱۵

۲-۳ محلول‌پاشی ۱۵

۲-۴ کاربردهای عصاره مخمر ۱۷

۲-۴-۱ کاربرد در صنایع غذایی ۱۷

۲-۴-۲ کاربردهای کشاورزی ۱۷

۲-۴-۳ تاثیرعصاره مخمر برتنش کم آبیاری ۱۸

فصل سوم ۱۹

مواد و روشها ۱۹

فصل۳ ۲۰

۳-۱ زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش ۲۰

۳-۲ خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش ۲۰

۳-۳ مشخصات طرح آزمایشی ۲۰

۳-۴ عملیات اجرایی ۲۳

۳-۴-۱ کاشت و کوددهی ۲۳

۳-۴-۲ داشت ۲۳

۳-۴-۳ برداشت ۲۳

۳-۵ صفات زراعی و مورفولوژیک ۲٤

۳-۵-۱ ارتفاع و قطر ساقه ۲۴

۳-۵-۲ وزن خشک برگ، ساقه و غلاف ۲۴

۳-۵-۳ شاخص سطح برگ ۲۴

۳-۵-۴ عملکرد و اجزای عملکرد ۲۵

۳-۵-۵ گرهزایی ریشه ۲۵

۳-۵-۶ شاخص برداشت ۲۵

۳-۶ صفات فیزیولوژیک ۲٦

۳-۶-۱ استخراج ایمونواسید پرولین ۲۶

۳-۶-۲ محتوای آب نسبی از دست رفته(RWL) ۲۷

۳-۶-۳ محتوای نسبی آب برگ (RWC) ۲۸

۳-۶-۴ قندهای محلول ۲۸

۳-۶-۵ اندازهگیری قند کل ۳۰

۳-۶-۶ اندازهگیری قندهای احیایی ۳۰
۳-۶-۷ اندازهگیری قندهای غیر احیایی ۳۰
۳-۶-۸ استخراج و اندازهگیری نشاسته ۳۱
۳-۶-۹ اندازهگیری نشاسته ۳۱
۳-۶-۱۰ فلاونوئید ۳۲
۳-۶-۱۱ پایداری غشای پلاسمایی برگ ۳۲
۳-۶-۱۲ سنجش آنتوسیانین ۳۳
۳-۶-۱۳ آنزیمهای آنتیاکسیدانی ۳۳
۳-۷ صفات کیفی ۳۷
۳-۷-۱ تعیین میزان سدیم و پتاسیم دانه ۳۷
۳-۷-۲ تعیین میزان فسفر دانه ۳۷
۳-۷-۳ درصد پروتئین دانه و برگ ۳۹
۳-۷-۴ اندازهگیری کلروفیل ۴۰
۳-۸ اندازهگیری شاخص سبزینگی ٤١
۳-۹ تجزیه و تحلیل دادهها ٤١
فصل چهارم **٤٣**
نتایج و بحث **٤٣**
فصل۴ **٤٤**
۴-۱ صفات مورفولوژیک ٤٤
۴-۱-۱ ارتفاع بوته ۴۴
۴-۱-۲ قطر ساقه ۴۵
۴-۱-۳ تعداد شاخه فرعی ۴۷
۴-۱-۴ شاخص سطح برگ ۴۸

۴-۲ بیوماس ٤٩
۴-۲-۱ وزن خشک برگ ۴۹
۴-۲-۲ وزن خشک ساقه ۵۱
۴-۳ صفات بیوشیمیایی ۵۱
۴-۳-۱ رنگیزه‌های فتوسنتزی ۵۱
۴-۳-۲ آنزیم‌های آنتیاکسیدانت ۶۰
۴-۴ قندهای محلول ٦٨
۴-۴-۱ نشاسته برگ ۶۸
۴-۴-۲ قند احیایی ۶۹
۴-۴-۳ قند غیراحیایی ۷۲
۴-۴-۴ قند کل ۷۳
۴-۵ پروتئین ۷٤
۴-۵-۱ پروتئین دانه ۷۴
۴-۵-۲ پروتئین برگ ۷۵
۴-۵-۳ ایمونواسید پرولین ۷۶
۴-۶ عناصر معدنی ۷۸
۴-۶-۱ نیتروژن دانه ۷۸
۴-۶-۲ نیتروژن برگ ۷۸
۴-۶-۳ فسفر دانه ۷۹
۴-۶-۴ پتاسیم دانه ۸۰
۴-۶-۵ سدیم دانه ۸۱
۴-۷ گره ریشه ۸۲
۴-۷-۱ تعداد گره ریشه ۸۲

۴-۷-۲ وزن تر گره ریشه ۸۴
۴-۷-۳ وزن خشک گره ریشه ۸۶
۴-۸ شاخص سبزینگی برگ ۸۷
۴-۹ محتوای نسبی آب برگ(RWC) ۸۹
۴-۱۰ محتوای آب نسبی از دست رفته(RWL) ۹۰
۴-۱۱ پایداری غشای پلاسمایی ۹۲
۴-۱۲ عملکرد و اجزای عملکرد ۹۳
۴-۱۲-۱ تعداد غلاف در بوته ۹۳
۴-۱۲-۲ تعداد دانه در غلاف ۹۴
۴-۱۲-۳ وزن خشک غلاف به همراه دانه در بوته ۹۶
۴-۱۲-۴ عملکرد بیولوژیک ۹۶
۴-۱۲-۵ عملکرد دانه ۹۸
۴-۱۲-۶شاخص برداشت ۱۰۰
فهرست منابع ۱۱۱

فهرست جداول

جدول ۳- ۱-نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش ۲۱
جدول ۳- ۲-فاکتورهای مورد استفاده در آزمایش ۲۲

جدول ۴- ۱ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک تحت تأثیر شرایط تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر ۱۰۴
جدول ۴- ۲ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک تحت تأثیر شرایط تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر ۱۰۴
جدول ۴- ۳ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر شرایط تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر ۱۰۵
جدول ۴- ۴ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) آنزیم‌های آنتی اکسیدانت تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر ۱۰۵
جدول ۴- ۵ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نشاسته و قند تحت تأثیر شرایط تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر ۱۰۶
جدول ۴- ۶ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پروتئین و پرولین چشم‌بلبلی تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر ۱۰۶
جدول ۴- ۷ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های چشم‌بلبلی تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر ۱۰۷
جدول ۴- ۸ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های چشم‌بلبلی تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر ۱۰۸
جدول ۴- ۹ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های چشم‌بلبلی تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر ۱۰۹

فهرست اشکال

شکل ۳- ۱-نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده ۲۲
شکل ۴- ۱- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تنش کم‌آبیاری و محلول پاشی مخمر بر ارتفاع بوته لوبیا چشم‌بلبلی ۴۴
شکل ۴- ۲-مقایسه میانگین‌های برهم کنش تنش کم آبیاری و محلول پاشی مخمر قطرساقه لوبیا چشم‌بلبلی ۴۶
شکل ۴- ۳- مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش کم‌آبیاری و محلول پاشی مخمر بر تعداد شاخه فرعی لوبیا چشم‌بلبلی ۴۷
شکل ۴- ۴-مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم بلبلی ۴۸
شکل ۴- ۵-مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول پاشی مخمر بر وزن خشک برگ لوبیا ۵۰
شکل ۴- ۶- اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول پاشی مخمر بر وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی.... ۵۱
شکل ۴- ۷- مقایسه میانگین‌های کلروفیل a در ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۵۲
شکل ۴- ۸-مقایسه میانگین‌های کلروفیل b تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۵۴
شکل ۴- ۹- مقایسه میانگین‌های کاروتنوئید تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۵۶
شکل ۴- ۱۰- مقایسه میانگین‌های آنتوسیانین تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۵۸
شکل ۴- ۱۱- مقایسه میانگین‌های فلاونوئید تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۵۹
شکل ۴- ۱۲- مقایسه میانگین‌های فعالیت گایاکول پراکسیداز تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۶۱
شکل ۴- ۱۳-مقایسه میانگین‌های فعالیت کاتالاز تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۶۳
شکل ۴- ۱۴-مقایسه میانگین‌های فعالیت آسکوربات پراکسیداز تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۶۵
شکل ۴-۱۵-مقایسه میانگین‌های فعالیت سوپراکسید دیسموتاز تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۶۷
شکل ۴- ۱۶-مقایسه میانگین‌های نشاسته برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری روی لوبیا چشم‌بلبلی ۶۹
شکل ۴- ۱۷-مقایسه میانگین‌های نشاسته برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی.... ۶۹

شکل ۴- ۱۸- مقایسه میانگین‌های قند احیایی تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۷۱
شکل ۴- ۱۹-مقایسه میانگین‌های قند غیر احیایی تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۷۲
شکل ۴- ۲۰-مقایسه میانگین‌های قند کل تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۷۴
شکل ۴- ۲۱-مقایسه میانگین‌های پروتئین دانه تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم بلبلی ۷۵
شکل ۴- ۲۲-مقایسه میانگین‌های پروتئین برگ تحت برهمکنش تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۷۶
شکل ۴- ۲۳-مقایسه میانگین‌های پرولین تحت تأثیر تنش کم آبیاری روی لوبیا چشم‌بلبلی ۷۷
شکل ۴- ۲۴- مقایسه میانگین‌های پرولین تحت تأثیر محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۷۷
شکل ۴- ۲۵- مقایسه میانگین‌های نیتروژن دانه تحت برهمکنش تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۷۹
شکل ۴- ۲۶- مقایسه میانگین‌های نیتروژن برگ تحت برهمکنش تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۷۹
شکل ۴- ۲۷- مقایسه میانگین‌های فسفر دانه تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۸۱
شکل ۴- ۲۸- مقایسه میانگین‌های پتاسیم دانه تحت برهمکنش تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۸۱
شکل ۴- ۲۹- مقایسه میانگین‌های تعداد گره ریشه تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۸۴
شکل ۴- ۳۰- مقایسه میانگین‌های وزن تر گره ریشه تحت برهمکنش تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۸۶
شکل ۴- ۳۱-مقایسه میانگین‌های وزن خشک گره ریشه تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۸۹
شکل ۴- ۳۲-مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول پاشی مخمر بر شاخص سبزینگی برگ لوبیا چشم‌بلبلی ۸۹
شکل ۴- ۳۳-مقایسه میانگین‌های محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر تنش ک آبیاری روی لوبیا چشم‌بلبلی ۹۱
شکل ۴- ۳۴-مقایسه میانگین‌های محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۹۱

شکل ۴- ۳۵- مقایسه میانگین‌های محتوای آب نسبی از دست رفته تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۹۲
شکل ۴- ۳۶-مقایسه میانگین‌های پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی ۹۴
شکل ۴- ۳۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول پاشی مخمر بر تعداد غلاف در بوته لوبیا چشم بلبلی ۹۵
شکل ۴- ۳۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول پاشی مخمر بر تعداد دانه در غلاف لوبیا چشم بلبلی ۹۶
شکل ۴- ۳۹- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول پاشی مخمر بر وزن خشک غلاف و دانه در بوته لوبیا چشم بلبلی ۹۷
شکل ۴- ۴۰- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول پاشی مخمر بر عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی ۹۹
شکل ۴- ۴۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول پاشی مخمر بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی ۱۰۰
شکل ۴- ۴۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول پاشی مخمر بر شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی ۱۰۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

دانه حبوبات به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات و دومین منبع مهم غذایی انسان به شمار می‌رود (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). ۲۰ تا ۳۰ درصد از وزن دانه‌های حبوبات را پروتئین تشکیل می‌دهد. حبوبات غیر از ارزش غذایی خود دارای اهمیت خاص از نظر اکوسیستم‌های کشاورزی هستند و آن قابلیت تثبیت نیتروژن جوی در همزیستی باکتری‌ها می‌باشد که باعث حاصلخیزی خاک‌های فقیر می‌شوند. لوبیا چشم‌بلبلی یکی از حبوبات ارزشمندی است که از نظر سطح زیر کشت در جهان مقام اول را داراست (کوچکی و بنایان، ۱۳۸۶). معمولاً این محصول به صورت تازه‌خوری و سبز و دانه در تغذیه انسان و علوفه (قصیل) در تغذیه دام و کود سبز و گیاه پوششی در حاصلخیزی خاک اهمیت دارد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

با وجود این که آب از فراوان‌ترین ترکیبات موجود روی کره زمین است و دوسوم از سطح زمین را آب فراگرفته است اما در بخش‌های عمده‌ای از جهان کمبود آب عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی است (یزدان پناه و همکاران، ۱۳۸۸). گیاهان در طول دوره رشد خود پیوسته به وسیله عوامل نامساعد محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بعضی از عوامل نامساعد مانند تنش رطوبتی، رشد و نمو را در گیاهان محدود می‌کنند (آزیناز و همکاران، ۲۰۰۵). تنش رطوبتی جزء تنش‌های عمومی می‌باشد که آثار بسیار نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان زراعی می‌گذارد (بلوم، ۲۰۰۵). تنش کم‌آبی به طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذارد و به طور غیر مستقیم ورود دی‌اکسید کربن به داخل روزنه‌ها را که به علت تنش آب بسته‌شده‌اند، کاهش دهد. همچنین انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش آب قرار می‌گیرد و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید (کوچکی، ۱۳۸۶). تنش کم‌آبی سبب ایجاد واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی متفاوتی در گیاهان می‌شود (پاتنگول و ماودرو، ۱۹۹۹). تنش کم‌آبی از طریق کاهش سطح

برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد (علیزاده، ۱۳۶۹). انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش آب قرار می‌گیرد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱).

تغذیه مناسب در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش‌ها نقش به سزایی دارد. در این میان، عصاره مخمر در طول تنش به علت محتوای سیتوکینین‌ها، نقش مثبتی را ایفا می‌کند (بارنت و همکاران، ۱۹۹۰). عصاره مخمر منبع طبیعی بسیاری از مواد معدنی (تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین، پیریدوکسین و ویتامین B1، B2، B3 وB12)، سیتوکنین‌ها و بسیاری از عناصر مواد مغذی و همچنین پروتئین، کربوهیدرات، اسید نوکلئیک و لیپیدها است (بارنت و همکاران، ۱۹۹۰؛ ناگوداسانا، ۱۹۹۱). مخمر نان به صورت تجاری در چندین نوع مختلف موجود است، تفاوت اصلی آن‌ها میزان رطوبت مخمر است. مخمرکرمی، مخمر فشرده، مخمر خشک فعال، مخمر آماده و مخمر مایع از انواع آن می‌باشد. مخمر مایع یک محلول رقیق از سلول‌های مخمر در آب است به گونه‌ای که ۱ تا ۷ لیتر آن معادل یک کیلوگرم مخمر فشرده یا مرطوب می‌باشد. در گندم محلول‌پاشی برگی عصاره مخمر دارای اثراتی شبیه به اثر محرک‌های زیستی است که تمام خصوصیات رشد گیاه گندم را به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش می‌دهد (حمد و همکاران، ۲۰۱۴). عصاره مخمر به عنوان یک منبع مناسب ازپپتیدها، آمینواسیدها، مواد معدنی و ویتامین‌های گروه B به میزان وسیعی برای بهبود طعم غذا و افزایش ارزش غذایی استفاده می‌شود (پپلر، ۱۹۸۲). مخمر نان یا خمیرمایه نان در واقع توده سلول‌های مخمر ساکارومایسس سرویزیه می‌باشد که به طور صنعتی و به دو حالت«خمیرمایه‌تر» و «خمیرمایه خشک» تولید می‌شود. مخمر نان برای تبدیل قند به اتانول و دی‌اکسید کربن جهت ورآمدن خمیر نان به کار برده می‌شود. تحقیقات نشان داده که محلول‌پاشی عصاره مخمر در گیاهان در طول رشد رویشی

نقش مهمی ایفا می‌کند، به طوری‌که در برخی از گیاهان به علت افزایش محتوای اکسین و سیتوکنین و افزایش تجمع کربوهیدرات‌ها منجر به بهبود تشکیل گل و تنظیم آن‌ها شده است (بارنت و همکاران، ۱۹۹۰). همچنین اثرات تحریک‌کننده آن بر تقسیم و افزایش سلول، تولید پروتئین و اسید نوکلئیک و تشکیل کلروفیل باقلا سبز (*Vicia faba*) گزارش‌شده است (ال دسوکی و همکاران، ۱۹۹۸؛ واناز، ۲۰۰۲؛ واناز، ۲۰۰۶). عصاره مخمر تأثیر مثبتی بر رشد رویشی، زایشی و درصد اسانس ضروری ریحان شیرین (*Ocimum basilicum* L) که در شرایط عادی یا تحت تنش شوری یا تنش کم آبیاری رشد می‌کند دارد(ال گامل، ۲۰۰۵). اثر افزایشی عصاره مخمر در رشد رویشی، زایشی و درصد اسانس و ترکیب آن نیز بر سایر گیاهان دارویی و معطر، مانند *Coriandrum sativum* گزارش شده است (اید، ۲۰۰۱). مسئله کمبود مواد غذایی درکشورهای درحال توسعه از اهمیت خاصی برخوردار است در کشورهایی که با کمبود مواد غذایی رو به رو هستند کمیت و کیفیت پروتئین مسئله اساسی تغذیه است (کوچکی و بناییان، ۱۳۷۳) و تنش کم آبیاری یکی از تنش‌های مهم غیرزیستی است که تغییرات زیادی را در خصوصیات فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه القا می‌کند (زوباید و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین تغذیه برگی روشی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و خطر زیست‌محیطی از قبیل آلودگی آب‌های زیر زمینی و تخریب ساختمان خاک در اثر مصرف بی‌رویه و نا آگاهانه کودهای شیمیایی محسوب می‌شود (ملکوتی، ۱۳۷۸).

۱-۲ لوبیا چشم‌بلبلی

۱-۲-۱ گیاه‌شناسی

لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna* sinensis L.) از حبوبات علفی و یک‌ساله با رشد سریع است که دوره رشد آن ۹۰ تا ۱۲۰ روز طول می‌کشد و مختص مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر می‌باشد(کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸۷). گرهک‌های روی ریشه آن بزرگ و کروی است که معمولاً به صورت گروهی روی ریشه قرار می‌گیرند(مجنون حسینی، ۱۳۸۷). دانه‌ها از نظر شکل، اندازه و رنگ متفاوت می‌باشند. جوانه‌زنی لوبیا چشم‌بلبلی نیز به صورت اپی‌جیل است(پارسا و باقری، ۱۳۸۷). وزن هزار دانه از ۶۰ تا ۳۰۰ گرم متغیر است(مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۱-۳ 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 به معنای از بین رفتن شرایط طبیعی در سطوح مختلف 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 غیرزنده هستند از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان می‌باشند. در محیط فاقد تنش‌های محیطی عملکردهای واقعی باید برابر با عملکرد پتانسیل گیاهان باشد در حالی که در بسیاری از گیاهان زراعی متوسط واقعی گیاهان کمتر از ۱۰ تا ۲۰ درصد عملکرد پتانسیل آن‌ها است(کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).

۱-۳-۱ 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 در اساسی‌ترین فرآیند گیاهی، یعنی فتوسنتز، به عنوان ماده تأمین‌کننده الکترون، هیدروژن و اکسیژن نقش دارد. آب در حفظ ساختار گیاه نقش دارد و محیط مناسبی جهت انجام واکنش‌های شیمیایی فراهم می‌نماید. همچنین موثر بر ساختمان مولکول‌ها، خصوصیات پروتئین‌ها، غشاءها و اسیدهای نوکلئیک است و در کمک به تداوم حیات گیاه نقش اساسی دارد(تایز و زایگر، ۲۰۰۶؛ کافی و دامغانی، ۱۳۸۱ و سلطانی، ۱۳۸۶).

۱-۳-۲ تنش کم آبیاری

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

1-4 اهداف پژوهش

۱-بررسی نحوه واکنش به تنش کم‌آبیاری و مطالعه تأثیرآن بر فرآیندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی

۲-بررسی نقش محلول‌پاشی در تخفیف اثرات منفی ناشی از تنش کم‌آبیاری در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی

۳-بررسی نقش محلول‌پاشی عصاره مخمر بر تثبیت نیتروژن درگیاه لوبیا چشم‌بلبلی

۴-بررسی خصوصیات رشد، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، قندهای محلول، تثبیت نیتروژن، گره-زایی، اجزای عملکرد، درصد پروتئین و عملکرد لوبیا تحت تاثیر تیمار عصاره مخمر

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- تأثیر تنش کم آبیاری بر فرآیندهای رشدی گیاهان

۲-۱-۱- ارتفاع بوته و رشد و توسعه برگ

ارتفاع بوته به شدت به محیط رشد وابسته است(کافی و همکاران، ۱۳۸۸). از آنجا که پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه بایستی آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز به دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر حجم سلول‌ها، ارتفاع کم می‌شود(احمدی و بیگر، ۱۳۷۹). شاید در شرایط تنش کم آبیاری، به دلیل اینکه ارتفاع تحت تأثیر قرار می‌گیرد و کاهش می‌یابد، انتخاب رقم پا بلندتر برای گیاه مفیدتر باشد(کافی و همکاران، ۱۳۸۸). در این مورد آستین(۱۹۸۹) نیز اظهار نمود در شرایط تنش کم آبیاری انتهایی، ممکن است وجود ذخایر بیشتر آسیمیلات‌ها در ساقه و مصرف آنها در دوران پرشدن دانه‌ها در این رابطه نقش داشته باشد. در رابطه با سورگوم اشاره شده است که در شرایط تنش کم آبیاری، ارقام با ارتفاع بیشتر عملکرد علوفه بیشتری را دارند و نیز از ریشه‌های عمیق‌تری برخوردارند(یوردانو و همکاران، ۲۰۰۳). در شرایط تنش ارتفاع بوته کاهش می‌یابد که می‌تواند به دلیل کاهش فشار آماس سلول‌های در حال رشد گیاه باشد(مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۷). کاهش در ارتفاع ساقه در گوجه فرنگی(هئورو نادلر، ۱۹۹۵)، لوبیا چشم‌بلبلی(مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۷b) و سویا(ژانگ و همکاران، ۲۰۰۴) تحت تأثیر تنش کم آبیاری مشاهده شد. خان و همکاران(۲۰۰۷) مشاهده کردند در ذرت با افزایش تنش کم آبیاری، ارتفاع گیاه و قطر ساقه کاهش یافت. برگ‌ها به عنوان واحدهای فتوسنتزی در گیاه نقش ویژه‌ای دارند(کافی و همکاران، ۱۳۸۸). نخستین پاسخ گیاه به تنش آب، بسته شدن روزنه‌ها است که متعاقب آن رشد برگ‌ها کاهش می‌یابد(نیلسن، ۲۰۰۱). تنش کم آبیاری در طول دوره رویشی موجب کوچک شدن برگ‌ها می‌شود. 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 کم آبیاری سبب کاهش ارتفاع بوته، کوچک شدن و ضخیم شدن برگ‌ها و ریزش زود هنگام آن‌ها شد(معصومی و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۱-۲-فتوسنتز و تنفس

تنش آب از موانع مهم محیطی در برابر فتوسنتز است. نتایج بسیاری از مطالعات در رابطه با تنش کم آبیاری کاهش در میزان فتوسنتز را نشان می‌دهد. کاهش فتوسنتز در این شرایط در ارتباط با مختل شدن فرآیندهای بیوشیمیایی مسیرهای فتوسنتزی است. فتوسیستم II فتوسنتزی حساس‌ترین بخش به تنش است و کمپلکس دریافت کننده اکسیژن و مرکز واکنش در این سیستم بیش‌ترین خسارت را از تنش کم آبیاری می‌بیند (گیاردی و همکاران، ۱۹۹۶). در شرایط تنش همراه با کاهش در ظرفیت بیوشیمیایی کربن‌گیری، محدودیت انتشار گازی نیز مشاهده می‌شود. در مطالعه برگ انگور در شرایط تنش مشاهده شد که کاهش فتوسنتز هم ناشی از کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و هم به خاطر کاهش فعالیت آنزیم‌ها بوده است (چاوز و همکاران، ۲۰۰۲). کافی و همکاران (۱۳۸۸) ذکر کرده‌اند که تنها فعالیت مقدار کمی از رابیسکو به دلیل حضور بازدارنده‌ها (حضور قندهای فسفاته و بلوکه شدن محل‌های فعال) کاهش می‌یابد. با تقلیل قندهای فسفاته به وسیله آنزیم رابیسکو اکتیواز، دوباره فعالیت این آنزیم سرعت می‌یابد. این آنزیم می‌تواند تحت شرایط تنش نقش تنظیم‌کنندگی در جذب کربن داشته باشد. از طرفی، کاهش فعالیت رابیسکو متناسب با غلظت ADP در کلروپلاست و استروما است(یوردانگو و همکاران، ۲۰۰۳). دلیل کاهش جذب کربن در محتوای نسبی آب برگ علاوه بر کاهش فعالیت رابیسکو، به خاطر محدویت غلظت ریبولوز ۱ و ۵ بی‌فسفات نیز می‌باشد که آن نیز وابسته به محدودیت ATP است (فلکاس و مدرانو، ۲۰۰۲).

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

به طور معمول، تنش آب موجب کاهش رشد و فتوسنتز می‌شود که به نوبه خود به کاهش تنفس رشد منجر می‌شود؛ از طرف دیگر، گیاهان تحت تنش آب اغلب مقدار زیادی از مواد آلی را ذخیره می‌کنند و نگهداری این مواد ممکن است مستلزم فعالیت تنفسی بیشتر باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین، در تنش ممکن است تنفس بیشتر به شکل تنفس نگهداری و نه تنفس رشد ظاهر شود. مواد آلی و مولکول‌های دیگر ممکن است به عنوان ترکیبات تنظیم اسمزی استفاده شوند که فعالیت آن‌ها با هزینه قابل توجهی همراه است. در حقیقت، افزایش غلظت مواد محلول در داخل سلول، به خصوص یون‌ها، واکنش‌های ثانویه فتوسنتز و تنفس را مختل می‌کند (میرجلیلی، ۱۳۸۴). تنظیم فرآیند گلیکولیز تنفس در طی تغییر شرایط محیطی از طریق حفظ سطوح متابولیت‌ها صورت می‌گیرد (لارسون و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۱-۳-بیوماس(تر و خشک) و عملکرد

تولید بیوماس بالا در شرایط محدودیت رطوبت از صفات مطلوب در گیاه به شمار می‌رود. زیرا تنش کم آبیاری موجب کاهش در میزان بیوماس گیاه می‌شود (فروغ و همکاران، ۲۰۰۹). عملکرد گیاه تحت شرایط تنش کم آبیاری شدیدا به فرآیندهای تسهیم ماده خشک و توزیع زمانی بیوماس وابسته است (کیج و همکاران، ۲۰۰۴). لاهو و گواتار (۲۰۰۳) کاهش در وزن خشک ساقه و برگ را در سیب زمینی تحت تأثیر تنش کم آبیاری گزارش کردند. نتیجه تحقیق غفاری‌پور (۲۰۰۵) نیز بیان‌گر کاهش وزن خشک ساقه و برگ در شرایط تنش کم‌آبی است. تنش ملایم در چغندرقند وزن خشک ساقه را تحت تأثیر 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 تأثیر تنش کم آبیاری قرار می-گیرند. 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). تنش کم آبیاری بیشتر از طریق کاهش تعداد غلاف در متر مربع به دلیل کاهش تسهیم زیست توده به غلاف، کاهش ظرفیت فتوسنتزی یا قدرت منبع بر اثر بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ماده خشک کل گیاه، عملکرد را کاهش می‌دهد (مرادی، ۲۰۰۵). در آزمایشی بر گیاه ماش، تاثیر دور آبیاری را در مراحل رویشی، اوایل گل‌دهی و اوایل پرشدن غلاف مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفته شد که تنش کم آبیاری موجب کاهش عملکرد به میزان ۲۵ درصد در مرحله رویشی، ۳۹ درصد در مرحله اوایل گل‌دهی و ۵۹ درصد در مرحله اوایل پر شدن غلاف نسبت به شاهد گردید (توماس و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج نشان داد که وقوع تنش در مرحله زایشی به خصوص در اوایل پرشدن غلاف، عملکرد گیاه را خیلی شدیدتر از وقوع تنش در مراحل دیگر تحت تأثیر قرار می‌دهد. با بررسی تنش کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد

لوبیا مشاهده گردید که تنش کم آبیاری عملکرد دانه را ۸۰٪، تعداد غلاف در بوته را۶۰٪، تعداد دانه در غلاف را ۲۶٪ و وزن صد دانه را ۱۳٪ کاهش می‌دهد (اسزیلاگی، ۲۰۰۳). تنش کم آبیاری نوع و مقدار عناصر معدنی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تأمین رطوبت برای گیاه، شرایط را برای جذب و انتقال عناصر غذایی فراهم می‌سازد.

۱-۲ صفات کیفی

۱-۱-۲ تنش کم‌آبیاری و پتاسیم

پتاسیم نقش فیزیولوژیک مهمی در شرایط نامساعد محیطی در سلول ایفا کرده و زیاد بودن آن موجب افزایش تحمل گیاه می‌شود (کاک‌مک، ۲۰۰۵). پتاسیم برای تثبیت دی‌اکسیدکربن در کلروپلاست‌ها و برای فعالیت ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز ضروری است. این عنصر در سنتز پروتئین‌ها، فتوسنتز و انتقال مواد حاصل از آن ایفای نقش می‌کند و در صورت کمبود پتاسیم فعالیت آنزیم‌هایی مانند سینتتازها، اکسید ردکتاز دی‌هیدروژنازها، ترانسفرازها و کینازها مختل و فعالیت آنزیم ATPase، جذب و انتقال تعدادی از عناصر غذایی با کاهش مواجه می‌شود (کانایی و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش نیاز به پتاسیم در گیاهان تحت تأثیر تنش کم آبیاری وابسته به این حقیقت است که پتاسیم در حفظ تثبیت دی‌اکسیدکربن فتوسنتزی موثر است. تنش کم آبیاری با بستن روزنه‌ها ضمن کاهش تثبیت دی‌اکسیدکربن سبب تولید فرم‌های فعال اکسیژن شده که تحت فراهمی پایین پتاسیم تشکیل آن‌ها تشدید می‌گردد (کاک‌مک، ۲۰۰۵). در کلزا اعلام شده است گیاهانی که پتاسیم دریافت نمودند، توزیع و حرکت مواد فتوسنتزی تسریع و ذخیره هیدرات‌های کربنی در ریشه‌ها حفظ گردید و تجمع پرولین و اثر تنش در برگ‌های تیمار شده با پتاسیم در حداقل بود (مانیول و همکاران، ۱۹۹۵). در گونه‌های

جنس براسیکا در عکس‌العمل به کاربرد پتاسیم در شرایط تنش رطوبتی، کاهش تدریجی در پرولین و افزایش نشاسته و کربوهیدرات محلول و محتوای پروتئین محلول کل دیده شد و اثر زیانبار تنش رطوبتی به صورت معنی‌داری با افزایش پتاسیم کاهش یافت (شارما و کودهاد، ۲۰۰۶).

از نقش‌های حیاتی پتاسیم، نقش اسمزی این عنصر در بالا بردن کارایی مصرف آب در گیاه است، به طوری‌که در حضور مقدار کافی از پتاسیم، وظیفه سلول‌های روزنه که باز و بسته شدن آن‌ها با توجه به شرایط رطوبتی گیاه است، به درستی صورت می‌گیرد که راندمان مصرف آب را بالا می‌برد. پتاسیم با تنظیم فشار اسمزی سلول‌های روزنه برگ، گیاه را در شرایط کم‌آبی در برابر تنش کم آبیاری مقاوم می‌سازد. در شرایط عدم حضور پتاسیم کافی و کمبود آب، روزنه‌ها به موقع بسته نشده و منجر به پژمردگی و پلاسیدگی گیاه می‌گردد (ملکوتی، ۱۳۷۳). مشخص شده که متابولیت‌های تنش به عنوان شاخص در تعیین وضعیت آبی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۱-۲ ثاثیر تنش کم آبیاری بر جذب فسفر

تنش کم آبیاری نوع و مقدار عناصر معدنی گیاه را تحت تأثیر 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 بخش‌های 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، ۱۹۹۵). فسفر در مقاومت گیاه در برابر ورس و بیماری‌های گیاهی، بهبود کیفیت محصولات، تلقیح گل و تشکیل میوه و دانه، نقش به سزایی دارد(مظاهری و

مجنون حسینی، ۱۳۸۱). جین و همکاران(۲۰۰۶) در بررسی اثر تنش کم آبیاری روی سویا مشاهده کردند کمبود رطوبت تجمع فسفر را محدود کرد و سبب کاهش انتقال فسفر به بذر شد.

۳-۱-۲ تأثیر تنش کم آبیاری 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 پروتئین‌های 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 در بافت‌ها را تغییر می‌دهد. در شرایط کم‌آبی تعداد پلی ریبوزوم‌ها کاهش می‌یابد. 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 تأثیر تنش کم آبیاری مشاهده شد.

پروتئین‌های دهیدرین در پاسخ به تنش‌های محیطی مانند تنش کم آبیاری و سرما دیده می‌شوند. این پروتئین‌ها فاقد سیستئین و تریپتوفان و غنی از لیسین هستند و آبدوست، پایدار در برابر گرما و مرتبط با سنتز آبسیزیک اسید هستند. پروتئین‌های دهیدرین پایداری غشا و پروتئین، تنظیم

اسمزی و تحمل به پسابیدگی را بر عهده دارند و ارتباط آن‌ها با تحمل به تنش مبین آن است که امکان استفاده از دهیدرین‌ها برای ارتقای سازگاری به تنش کم آبیاری وجود دارد(لوپز و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۲ عصاره مخمر

مخمرها دسته‌ای از یوکاریوت‌های تک سلولی در دسته قارچ‌ها و شاخه آسکومیست‌ها دسته‌بندی می‌شوند و اخیرا ۱۵۰۰ گونه مخمر شناخته شده است که معروف‌ترین آن‌ها ساکارومایسس سرویزیه نام دارد (کارتزمان و فل، ۲۰۰۶). سلول‌های زنده مخمر ممکن است به صورت یک ذخیره کننده اکسیژن آزاد عمل کنند و در نتیجه تشدید رشد میکرواورگانیسم‌های بی‌هوازی دیگر شوند (گلیان و سالار معینی، ۱۳۸۲). عصاره مخمر منبع طبیعی بسیاری از مواد معدنی و ویتامین‌ها (B1، B2، B3، B6 و B12)، سیتوکنین‌ها و بسیاری از عناصر مواد مغذی و همچنین پروتئین، کربوهیدرات، اسید نوکلئیک و لیپیدها است (بارنت و همکاران، ۱۹۹۰؛ ناگوداسانا، ۱۹۹۱). علاوه بر این مخمر با انتشار گاز CO_2 به بهبود چرخه فتوسنتزی نیز کمک می‌کند (فازی و همکاران، ۲۰۱۰). مخمر نان به صورت تجاری در چندین نوع مختلف موجود است، تفاوت اصلی آن‌ها میزان رطوبت مخمر است. مخمرکرمی مخمر فشرده، مخمر خشک فعال، مخمر آماده و مخمر مایع از انواع آن می‌باشد. مخمر مایع یک محلول رقیق از سلول‌های مخمر در آب است به گونه‌ای که ۱ تا ۷ لیتر آن معادل یک کیلوگرم مخمر فشرده یا مرطوب می‌باشد.

۲-۳ محلول‌پاشی

محلول‌پاشی گیاهان که اصطلاحا تغذیه برگی نیز نامیده می‌شود در برخی موارد از مصرف عناصر در خاک بهتر و مفیدتر است. مانند شرایط آهکی یا قلیایی خاک‌های زراعی که کود مصرفی در خاک تثبیت و غیر قابل استفاده برای گیاه می‌گردد. بنابراین در مزرعه که فاکتورهای تاثیرگذار روی جذب

مواد غذایی بی‌ثبات و متغیر هستند، کوددهی برگی یک امتیاز محسوب می‌شود (موحدی دهنوی و همکاران، ۲۰۰۹). این روش، بهره‌وری از عناصر غذایی را سریع‌تر و رفع کمبودهای مشاهده شده را در مدتی کمتر از آن‌چه با تیمارهای خاکی لازم است، امکان‌پذیر می‌کند. برای کارایی بیشتر، دو یا سه برگ‌پاشی در فواصل کوتاه زمانی لازم است به ویژه وقتی که کمبود موجب توقف شدید رشد گیاه شده باشد (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۱). مشکل اصلی در محلول‌پاشی، سوختگی برگ است. اگر فشار اسمزی محلول برگ پاشی شده بیش از فشار اسمزی شیره سلولی باشد، آب از نسوج گیاهی خارج سوختگی حاصل می‌گردد(ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). محلول‌پاشی بهتر است در صبح یا عصر که شدت نور خورشید کمتر است صورت پذیرد. دمای محیط باید کمتر از ۲۹ درجه سانتی‌گراد باشد. درحالی‌که رطوبت نسبی بالاتر از ۷۰ درصد مطلوب است. هنگام محلول‌پاشی نباید سرعت باد زیاد باشد و به منظور تأثیر بیشتر توصیه می‌شود پس از محلول‌پاشی مزرعه و باغ آبیاری شوند. اسیدیته محلول نیز باید کنترل شود و معمولاً مقدار مطلوب آن بین ۶ تا ۸ بیان می‌شود (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹ و خوش‌گفتارمنش، ۱۳۸۶). مخمر نان یک نوع کود بیولوژیکی است که هم به عنوان کود در خاک و هم به عنوان اسپری برگی روی اندام هوایی استفاده می‌شود (إل‌غامری و همکاران، ۱۹۹۹). عصاره مخمر دارای عناصر غذایی و ترکیبات تنظیم کننده‌ی رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها است (گلیک، ۱۹۹۵). اثرات مفید کاربرد مخمر خشک ممکن است به علت آن باشد که به عنوان منبع طبیعی سیتوکینین‌ها در نظر گرفته می‌شود که تقسیم و بزرگ شدن سلولی و همچنین سنتز پروتئین، نوکلئیک اسید و کلروفیل II را تحریک می‌کند (فتحی و فرید، ۱۹۹۶). شادی (۱۹۷۸)، گزارش کرده است که عصاره مخمر علاوه بر اسیدآمینه و ویتامین، دارای قند نیز می‌باشد. کاربرد برگی عصاره مخمر می‌تواند رشد رویشی، عملکرد و کیفیت بسیاری از گیاهان را افزایش دهد (ابوالنصر و همکاران، ۲۰۰۱؛ گوما و همکاران، ۲۰۰۵؛ مونا و همکاران، ۲۰۰۵؛ إل‌توحامی و إل‌گردلی، ۲۰۰۷؛ فوزی، ۲۰۰۷؛ حسینند الخلف، ۲۰۰۷؛ إل‌توهامی و

همکاران، ۲۰۰۸؛ فوزی و همکاران، ۲۰۱۰؛ غونام و همکاران، ۲۰۱۰). مزیت رشد گیاهان در پاسخ به کاربرد برگی مخمر ممکن است به محتوای مواد غذایی مختلف آن مانند P، K، Mg، Ca، Fe، Ba، Mn، Zn، درصد بالای پروتئین، مقادیر زیادی اسیدآمینه و ویتامین‌ها مربوط باشد که ممکن است نقش حیاتی را در بهبود رشد ایفا کند (بویلاکوآ و همکاران، ۲۰۰۸).

۲-۴ کاربردهای عصاره مخمر

۲-۴-۱ کاربرد در صنایع غذایی

- عصاره مخمر به عنوان یک منبع مناسب از پپتیدها، آمینواسیدها، مواد معدنی و ویتامین-های گروه B، به میزان وسیعی برای بهبود طعم غذا، برطرف کردن نیازهای مصرف کننده و افزایش ارزش غذایی استفاده می‌شود (پپلر، ۱۹۸۲).
- مخمرها، مهم‌ترین و متنوع‌ترین میکروارگانیسم‌های مورد استفاده در صنایع غذایی از جمله تولید عصاره مخمر هستند (والکر، ۱۹۹۰).

۲-۴-۲ کاربردهای کشاورزی

عصاره مخمر به علت بالا بودن محتوای اکسین و سیتوکینین و افزایش تجمع کربوهیدرات‌ها در طول رشد رویشی و زایشی از طریق بهبود تشکیل گل و تنظیم آن‌ها در برخی از گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کند (بارنت و همکاران، ۱۹۹۰). همچنین اثرات تحریک‌کننده آن بر تقسیم و افزایش سلول، تولید پروتئین و اسید نوکلئیک و تشکیل کلروفیل در باقلا سبز (*Vicia faba*) گزارش شده است. همچنین ال دسوکی و همکاران، (۱۹۹۸) در خیار و واناز (۲۰۰۲)؛ واناز (۲۰۰۶) در گوجه‌فرنگی نتایج مشابه گزارش کردند. مطالعات نشان داده‌اند که مخمر منبع طبیعی سیتوکینین‌ها و تأثیرات

تحریک‌کننده برگیاه لوبیا (*Phaseolu vulgaris* L.) است (عامر، ۲۰۰۴). عصاره مخمر تأثیر مثبتی بر رشد رویشی، زایشی و درصد اسانس ضروری ریحان شیرین (*Ocimum basilicum L*) که در شرایط عادی یا تحت تنش شوری یا تنش کم آبیاری رشد می‌کند دارد (ال گامل، ۲۰۰۵). توانایی اتصال به ریسه (هیف) های قارچی بیمارگر و ترشح آنزیم‌های تجزیه کننده به عنوان عامل کنترل زیستی بسیار مهم در کنترل بیماری‌های پس از برداشت به شمار می‌آید (لی‌یو و همکاران، ۲۰۱۲).

۳-۴-۲ تاثیرعصاره مخمر برتنش کم آبیاری

در گندم محلول‌پاشی برگی عصاره مخمر دارای اثراتی شبیه به اثر محرک‌های زیستی است که تمام خصوصیات رشد گیاه گندم را به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش می‌دهد. اثر مثبت عصاره مخمر ممکن است به دلیل منبع طبیعی از سیتوکنین‌ها، ویتامین‌ها و ضروری‌ترین عناصر باشد که رشد رویشی گندم و غلبه بر اثر بازدارندگی تنش رطوبت را بهبود می‌بخشد (ناگوداسانا، ۱۹۹۱). نتایج به دست آمده با نتایج ال گارهی (۲۰۰۲) روی لوبیا، آل تبت (۲۰۰۶) روی گندم و حمد (۲۰۰۸) روی نخود مطابقت دارد. آباس (۲۰۱۳) اشاره کرد که اثر افزایشی عصاره مخمر ممکن است تأثیری بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، هورمون‌های گیاهی و فعالیت آنزیمی که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی درگیاه لوبیا می‌شود داشته باشد. اثر مثبت عصاره مخمر در کاهش اثرات مضر تنش کم آبیاری توسط حمد (۲۰۰۸) مشاهده شد. در این راستا موحامد (۲۰۰۵) دریافت که مخمر با کاربرد برگی تأثیر مثبتی بر رشد و عملکرد گیاهان داشته است.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱ زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه 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 میلی‌متر است و بارندگی عمدتا در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی‌گراد است.

۳-۲ خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از جمله NPK از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر خاک مزرعه چندین نمونه یک کیلوگرمی گرفته شد و نهایتا پس از اختلاط نمونه‌ها یک نمونه یک کیلوگرمی که در برگیرنده کل نمونه‌ها بود به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

۳-۳ مشخصات طرح آزمایشی

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل تنش کم آبیاریS_1 (شاهد- آبیاری کامل)، S_2 (قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی)، S_3(قطع آبیاری در مرحلهٔ غلاف‌بندی) و تیمار عصاره مخمر (۲، ۴، ۶گرم بر لیتر و شاهد) در۲ نوبت محلول‌پاشی برگی به فاصله ۷ روز تکرار شد که اولین بار ۳۰ روز پس از سبز شدن بود. در مجموع در هر تکرار ۱۲ ترکیب تیماری وجود داشت و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۳۶ کرت بود (جدول ۳-۲) و (شکل۳-۱). آبیاری در تمام کرت‌ها تا زمان استقرار کامل گیاهچه‌ها هرسه روز صورت گرفت و پس

از آن آبیاری در کرت‌ها به صورت هر هفت روز و در کرت‌های تحت تیمار تنش کم آبیاری، به صورت قطع کامل آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی به مدت ده روز اعمال شد.

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

	مقدار	واحد
درصد اشباع	۳۲/۲	درصد
قابلیت هدایت الکتریکی	۳/۰۴	دسی‌زیمنس بر متر
اسیدیته گل اشباع	۷/۰۵	-
درصد مواد خنثی شونده	۲۶/۵	درصد
کربن آلی	۰/۵۵	درصد
نیتروژن کل	۰/۲۰۵	درصد
فسفر قابل‌جذب	۴۲/۵	پی پی ام
پتاسیم قابل‌جذب	۱۲۱/۰	پی پی ام
رس	۳۴	درصد
لای	۵۰/۰	درصد
شن	۱۶/۰	درصد
نسبت جذب سدیم	۲/۸	-
مجموع کاتیون‌ها	۶۴/۰	میلی اکی والان در لیتر
Na^+	۲۰/۰	میلی اکی والان در لیتر
Mg^{2+}	۲۲/۰	میلی اکی والان در لیتر
Ca^{2+}	۴۲/۰	میلی اکی والان در لیتر
مجموع آنیون‌ها	۶۳/۲	میلی اکی والان در لیتر
SO_4^{2-}	۴۸/۰	میلی اکی والان در لیتر
Cl^-	۲۰/۰	میلی اکی والان در لیتر
HCO_3^-	۷/۲	میلی اکی والان در لیتر
CO_3^{2-}	۰	میلی اکی والان در لیتر

جدول ۳- ۲-فاکتورهای مورداستفاده در آزمایش

عدم محلول‌پاشی در شرایط عدم تنش کم آبیاری	$d1y1$
محلول‌پاشی ۲ گرم بر لیتر در شرایط عدم تنش کم آبیاری	$d1y2$
محلول‌پاشی ۴ گرم بر لیتر در شرایط عدم تنش کم آبیاری	$d1y3$
محلول‌پاشی ۶ گرم بر لیتر در شرایط عدم تنش کم آبیاری	$d1y4$
عدم محلول‌پاشی در شرایط تنش کم آبیاری در۵۰ درصد گل‌دهی	$d2y1$
محلول‌پاشی ۲ گرم بر لیتر در شرایط تنش در۵۰ درصد گل‌دهی	$d2y2$
محلول‌پاشی ۴ گرم بر لیتر در شرایط تنش در۵۰ درصد گل‌دهی	$d2y3$
محلول‌پاشی ۶ گرم بر لیتر در شرایط تنش در ۵۰ درصد گل‌دهی	$d2y4$
عدم محلول‌پاشی در شرایط تنش کم آبیاری در۵۰ درصد غلاف‌بندی	$d3y1$
محلول‌پاشی ۲ گرم بر لیتر در شرایط تنش در۵۰ درصد غلاف‌بندی	$d3y2$
محلول‌پاشی ۴ گرم بر لیتر در شرایط تنش در۵۰ درصد غلاف‌بندی	$d3y3$
محلول‌پاشی ۶ گرم بر لیتر در شرایط تنش در۵۰ درصد غلاف‌بندی	$d3y4$

تکرار۱	$d1$ $y1$	$d2$ $y2$	$d3$ $y1$	$d2$ $y4$	$d3$ $y3$	$d1$ $y4$	$d3$ $y2$	$d2$ $y3$	$d3$ $y4$	$d1$ $y3$	$d2$ $y1$	$d1$ $y2$
تکرار۲	$d3$ $y2$	$d1$ $y3$	$d2$ $y1$	$d1$ $y4$	$d1$ $y2$	$d1$ $y1$	$d3$ $y3$	$d2$ $y4$	$d2$ $y2$	$d2$ $y1$	$d3$ $y1$	$d2$ $y3$
تکرار۳	$d1$ $y2$	$d2$ $y3$	$d2$ $y4$	$d3$ $y3$	$d2$ $y1$	$d3$ $y4$	$d2$ $y2$	$d1$ $y4$	$d3$ $y1$	$d1$ $y3$	$d3$ $y2$	$d1$ $y1$

شکل ۳- ۱-نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده

d_1 = عدم تنش کم آبیاری d_2 = تنش در ۵۰ درصد گل‌دهی d_3 = تنش در ۵۰ درصد غلاف‌بندی

y_1 = عدم محلول‌پاشی عصاره مخمر y_2 = غلظت ۲ g/l y_3 = غلظت ۴ g/l y_4 = غلظت ۶ g/l

آماده سازی عصاره مخمر: عصاره مخمر محلول در آب بوده و به شکل پودر ۵۰۰ گرمی از شرکت QUELAB کانادا تهیه شد که دارای PH=7.00-02، رنگ زرد طلایی، نیتروژن کل (TN) ۱۰ درصد، نیتروژن آمینیک (AN) ۵ درصد، نسبت AN/TN×100=50 درصد، میزان احتراق، ۱۴/۸ درصد، کلریدن (Chloriden) ۱۰ درصد بود. در محیطی تاریک، در دمای ۲۵ درجه نگه‌داری شد و سپس غلظت‌های۰، ۲، ۴ و ۶ گرم بر لیتر آب از آن تهیه گردید. برای هر کرت نیز مقدار مشخصی عصاره مخمر استفاده شد. برای g/l ۲: ۲/۲۵ گرم در ۱ لیتر آب- برای g/l ۴ : ۴/۵ گرم- g/l ۶ : ۶/۷۵ گرم

۳-۴ عملیات اجرایی

۳-۴-۱ کاشت و کوددهی

بذر لوبیا چشم‌بلبلی مورد استفاده توده محلی بسطام بود. عملیات کاشت در تاریخ ۷ خرداد ماه ۱۳۹۷ با دست انجام شد. عمق کاشت بذر ۷-۵ سانتی‌متر بود. در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت به طول ۶ متر قرار داشت. فاصله بین خطوط ۶۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. دو خط کناری به عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد.

۳-۴-۲ داشت

مزرعه پس از عملیات کاشت آبیاری شد و این عمل مجددا با فاصله زمانی ۵ روز تکرار گردید. آبیاری‌های بعدی هر ۷ روز انجام شد. مقادیر آب مصرفی تا استقرار کامل گیاه برای تمام تیمارها یکسان بود. طی دوران داشت، وجین علف‌های هرز در کل دوره رشد به صورت دستی انجام شد. مهم‌ترین گونه‌های علف هرز به ترتیب فراوانی آن‌ها در سطح زمین شامل شلمی، سوروف، خارشتر، سلمه‌تره، پیچک صحرایی و اویارسلام بودند.

۳-۴-۳ برداشت

برداشت جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد در تاریخ ۹۷/۷/۷ مقارن با ۱۲۰ روز پس از کاشت صورت گرفت. در این زمان ساقه‌ها و غلاف‌ها کاملاً خشک شده و رطوبت دانه‌ها به حدی کاهش یافته که در تماس با دست خشک و شکننده به نظر می‌رسد.

۳-۵ صفات زراعی و مورفولوژیک

۳-۵-۱ ارتفاع و قطر ساقه

به هنگام برداشت، تعداد ۳ بوته از هر کرت پس از در نظر گرفتن حاشیه انتخاب شد. ارتفاع بوته به وسیله متر و بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس از ارتفاع این بوته‌ها میانگین گرفته شد و به عنوان ارتفاع بوته‌های آن ترکیب تیماری در نظر گرفته شد. قطر ساقه اصلی از فاصله ۵ سانتی‌متری از سطح زمین، با استفاده از کولیس دیجیتالی روی ۳ بوته اندازه‌گیری شد. سپس میانگین آن محاسبه گردید.

۳-۵-۲ وزن خشک برگ، ساقه و غلاف

به منظور اندازه‌گیری وزن خشک، ۳ بوته به عنوان نمونه از هر کرت برداشت شد. نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به سه بخش برگ، ساقه، 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 سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. پس از اعمال زمان لازم، پاکت‌ها 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 شاخص سطح برگ

در این نمونه برداری، ۷ روز بعد از ۵۰ درصد گل‌دهی از هر کرت دو گیاه به طور تصادفی انتخاب شد و برگ‌ها از بوته‌ها جدا و سطح آن‌ها با دستگاه Leaf are meter سنجش شد. شاخص سطح برگ بر حسب متر مربع سطح برگ، به متر مربع سطح زمین محاسبه شد.

۳-۵-۴ عملکرد و اجزای عملکرد

اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی مولفه‌های میزان تولید نهایی گیاه می‌باشد و در هر گیاه زراعی دارای اجزای خاص خود است. اجزاء عملکرد در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی شامل تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه می‌باشند که در۳ بوته برداشت شده اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید.

۳-۵-۵ گره‌زایی ریشه

در مرحله شروع غلاف‌دهی، ریشه‌های ۳ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و با دقت کافی از خاک خارج شدند و بعد از انتقال به آزمایشگاه تعداد گره‌های ریشه در ۳ بوته شمارش و وزن تر آن‌ها با ترازوی دقت ۰/۰۰۱ توزین شد و میانگین آن‌ها ثبت شد. سپس گره‌ها ۴۸ ساعت در داخل آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند و پس از خشک شدن توزین گردید و میانگین وزن بدست آمده در ۳ بوته به عنوان وزن خشک گره ریشه در نظر گرفته شد.

۳-۵-۶ شاخص برداشت

دو اصطلاحی که برای تعیین ماده خشک در گیاه به کار می‌روند عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اقتصادی می‌باشند. آن نسبت از عملکرد بیولوژیکی که عملکرد اقتصادی را تشکیل می‌دهد به نام شاخص برداشت نامیده می‌شود. بدین منظور در پایان مرحله رسیدگی در هر کرت تعدادی بوته که برای تعیین عملکرد در نظر گرفته شده بود ابتدا ماده خشک کل (عملکرد بیولوژیکی) در متر مربع محاسبه و سپس عملکرد اقتصادی محاسبه گردید. آنگاه شاخص برداشت با استفاده از فرمول زیر تعیین گردید.

$$\text{شاخص برداشت(HI)} = \frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{عملکرد بیولوژیکی}} \times 100 \qquad (۳-۱)$$

۳-۶ صفات فیزیولوژیک

۳-۶-۱ استخراج ایمونواسید پرولین

مواد موردنیاز

۱- اسید فسفریک ۶ مولار: ۴۱/۱۸ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۸۵ درصد با دانسیته ۱/۶۸ کیلوگرم بر لیتر را به آب مقطر اضافه کرده و سپس حجم نهایی را به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده (چنانچه دانسیته اسید فسفریک شما ۱/۷۱ کیلوگرم بر لیتر می‌باشد نیاز به ۴۰/۴۶ میلی‌لیتر اسید فسفریک است).

۲- اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد: ۳ گرم پودر اسید سولفوسالیسیلیک را در آب مقطر حل نموده سپس حجم نهایی را به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده.

۳- اسید نین هایدرین: مقدار ۱/۲۵ گرم پودر اسید نین هایدرین را در ۳۰ میلی‌لیتر اسیداستیک گلایسال حل نموده و سپس ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار آماده شده را به آن اضافه کرده. لازم است که به کمک هیتر محلول را کمی گرم کرده و هم زده تا محلولی کاملاً یکنواخت به دست آید. این واکنش‌گر را می‌توان به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری نمود. در هنگام گرم کردن به منظور جلوگیری از تبخیر لازم است درب ظرف با پارافیلم بسته شود. ابتدا ۰/۵ گرم ماده‌ی تر گیاهی را با هاون چینی له کرده و درون فالکون ۱۵ میلی‌لیتری ریخته، سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد را به آن اضافه کرده و فالکون را درون حمام آب یخ به مدت ۱۰دقیقه قرار داده. فالکون‌ها با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه با سانتریفیوژ یخچال‌دار مدل Eppendorf کشور آلمان، سانتریفیوژ شد تا مواد اضافی از محلول جدا گردد. مقدار ۲ میلی‌لیتر از روشناور ناشی از سانتریفیوژ را درون فالکون ۱۵ میلی‌لیتر جدید ریخته و ۲

میلی‌لیتر اسید ناین هایدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلایسال به آن اضافه کرده و سپس به مدت ۲۰ ثانیه ورتکس شد. نمونه‌ها را درون حمام آب گرم در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت حرارت داده و سپس درون حمام آب یخ به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده تا کاملاً سرد شده و واکنش متوقف گردد، پس از سرد شدن ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه کرده و سپس به شدت ورتکس گردد و فاز رویی را برداشته و با اسپکتروفتومتر مدل UV2150 UV/VIS ساخت شرکت UNICO آمریکا در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید. لازم به ذکر است که باید از تولوئن به عنوان بلانک استفاده نمود و هر بار برای قرائت نمونه بعدی نسبت به شستشوی کووت با محلول بلانک (تولوئن) اقدام شود. از فرمول زیر جهت تعیین محتوای پرولین نمونه‌ها استفاده گردید(بیتس و همکاران، ۱۹۷۳).

$$\text{محتوای پرولین} = \frac{\left[\frac{\text{تولوئن (میلی لیتر)} * \frac{\text{پرولین (میکروگرم)}}{\text{میلی لیتر}}}{115/5(\frac{\text{میکرو گرم}}{\text{میکرو مول}})}\right]}{\frac{\text{وزن نمونه (گرم)}}{5}} \qquad (۲-۳)$$

۳-۶-۲ محتوای آب نسبی از دست رفته(RWL)

از هر تیمار در هر تکرار ۵ برگ به طور تصادفی انتخاب و بلافاصله وزن می‌شوند. سپس نمونه‌های وزن شده به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده می‌شوند تا پژمردگی آن‌ها به دست آید، درنهایت نمونه‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در آون برای به دست آوردن وزن خشک قرار می‌گیرند. میزان آب نسبی از دست رفته (برحسب $g.g^{-1}h^{-1}$) با استفاده از رابطه‌ی (۳-۳) محاسبه می‌گردد (یانگ و همکاران، ۱۹۹۱).

$$\text{میزان آب نسبی از دست رفته} \frac{((w1-w2)/w3)}{((t1-t2)/60)} \quad (۳-۳)$$

در این رابطه t_1 و t_2 به ترتیب زمان لازم(ساعت) برای وزن پژمردگی و وزن خشک و w_1 و w_2 و w_3(گرم) به ترتیب وزن‌های تر، پژمرده و خشک می‌باشد.

۳-۶-۳ محتوای نسبی آب برگ (RWC)

به منظور تعیین مقدار محتوای نسبی آب برگ، از هر کرت سه بوته به طور تصادفی انتخاب شد و از هر بوته یک برگ جوان و کاملاً رشد یافته قطع گردید. برگ‌ها بلافاصله درون پوشش‌های پلاستیکی داخل یخدان قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از توزین با ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم (وزن‌تر)، به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر و در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (روش کرامر، ۱۹۸۳). سپس برگ‌ها از آب مقطر خارج و آب روی آن‌ها با دستمال گرفته و خشک گردیدند و دوباره توزین شدند (وزن اشباع)، درنهایت نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید(وزن خشک). محتوای نسبی آب برگ با استفاده از معادله ۳-۴ محاسبه شد.

$$\text{محتوای نسبی آب برگ} = \{(\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع}) / (\text{وزن خشک} - \text{وزن‌تر})\} \times ۱۰۰ \quad (۴-۳)$$

۳-۶-۴ قندهای محلول

معرف آنترون: برای تهیه ۱۰۰ میلی‌لیتر معرف آنترون، ۷۶ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد با ۲۴ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شده و سپس ۱۵۰ میلی‌گرم آنترون در آن حل گردید و در ظرف کهربایی نگهداری شد.

معرف دی‌نیتروسالیسیلیک اسید: برای تهیه ۱۰۰ میلی‌لیتر معرف دی‌نیتروسالیسیلیک اسید، ۱ گرم هیدروکسیدسدیم در آب مقطر حل شده و سپس ۰/۰۵ گرم سولفیت سدیم (Na2 So3) به آن اضافه شد. در بشر دیگر، ۱ گرم دی‌نیتروسالیسیلیک اسید را با ۰۲ /۰ گرم فنل در آب حل کرده و به محلول اول اضافه شد. مخلوط حاصل با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد.

استخراج قندها: برای استخراج قندهای محلول از روش اوموکولو و همکاران (۱۹۹۶) استفاده شد. برای این منظور ۰/۰۵ گرم از بافت تر بخش‌های هوایی گیاه را با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد در هاون چینی هموژن کرده و سپس به مدت ۱۰ دقیقه در بن ماری در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. عصاره الکلی حاوی قندهای محلول جدا شده در لوله‌های فالکون ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و قسمت پایینی همراه با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد دوباره برای تکرار عصاره‌گیری به بن ماری منتقل شد. عمل استخراج با اتانول ۴ بار دیگر تکرار شد. عصاره الکلی هر مرحله بعد از بن ماری به درون لوله‌ی فالکون ۵۰ میلی‌لیتری اضافه می‌شد. بعد از استخراج به منظور تبخیر الکل، عصاره به دست آمده در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت (نقطه جوش الکل) و درنهایت حجم آن به یک پنجم اولیه رسید(آنچه که باقی مانده بود آبی بود که قند در آن حل شده بود). برای حذف کلروفیل، عصاره به دست آمده به نسبت ۱ به ۵ کلروفرم مخلوط گردید و بعد از ورتکس کردن به مدت ۵ دقیقه به حال سکون رها شد. کلروفرم به دلیل داشتن جرم مولکولی بیشتر در قسمت پایین و قسمت شفاف بالایی جدا شده، فاز بالایی عصاره به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه با سانتریفیوژ یخچال‌دار مدل Eppendorf کشور آلمان، سانتریفیوژ شد و برای اندازه‌گیری انواع قندهای محلول مورد استفاده قرار گرفت. نمونه استاندارد نیز رسم گردید.

۳-۶-۵ اندازه‌گیری قند کل

برای اندازه‌گیری قند محلول از روش مک کریدی و همکاران (۱۹۵۰) استفاده شد. برای این کار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره الکلی تغلیظ شده، ۱۰۰ میکرولیتر آب مقطر با ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در بن ماری با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. میزان جذب نور پس از سرد شدن، با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2150 UV/VIS ساخت شرکت UNICO آمریکا در طول موج ۶۲۰ نانومتر قرائت شد.

۳-۶-۶ اندازه‌گیری قندهای احیایی

اندازه‌گیری قندهای احیایی بر اساس روش سالاری و منصوری (۱۳۹۱) صورت گرفت. برای این کار ۱/۵ میلی‌لیتر از عصاره تغلیظ شده حاوی قندهای محلول با ۱/۵ میلی‌لیتر از معرف دی‌نیتروسالیسیلیک اسید مخلوط شده و به مدت ۲۰ دقیقه در بن ماری در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از آن بلافاصله ۰/۵ میلی‌لیتر پتاسیم سدیم تارتارات ۴۰ درصد به آن افزوده شده و پس از سرد شدن لوله‌ها، جذب نور در طول موج ۵۷۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2150 UV/VIS ساخت شرکت UNICO آمریکا قرائت گردید. نمونه استاندارد ان نیز رسم گردید.

۳-۶-۷ اندازه‌گیری قندهای غیر احیایی

برای اندازه‌گیری قندهای غیر احیایی از روش هاندل (۱۹۶۸) استفاده شد. بدین منظور ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی تغلیظ شده با ۰/۱ میلی‌لیتر هیدروکسید پتاسیم ۳۰ درصد مخلوط شده و به مدت ۱۰ دقیقه در بن ماری در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سرد شدن لوله‌ها، ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون به آن افزوده و به مدت ۲۰ دقیقه در بن ماری با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

سپس جذب نور هر یک از نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2150 UV/VIS ساخت شرکت UNICO آمریکا در طول موج ۶۲۰ نانومتر قرائت شد.

۳-۶-۸ استخراج و اندازه‌گیری نشاسته

استخراج نشاسته به روش مک کریدی و همکاران (۱۹۵۰) صورت گرفت. در این روش ۴۰ میلی‌گرم از بقایای بافتی به جا مانده از استخراج قندهای محلول را در میکروتیوب ریخته، ۰/۲ میلی‌لیتر آب مقطر به آن افزوده و در یخ نگهداری گردید. بلافاصله به آن ۰/۲۶ میلی‌لیتر اسیدپرکلریک ۵۲ درصد افزوده و به مدت ۱۵ دقیقه در یخ نگهداری شد. پس از گذشت این مدت، ۰/۴ میلی‌لیتر آب مقطر به آن افزوده و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. پس از سانتریفیوژ، فاز بالایی به درون لوله آزمایش منتقل شد و در یخ نگهداری گردید. رسوبات باقی مانده نیز با ۰/۱ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۱۳ میلی‌لیتر اسیدپرکلریک ۵۲ درصد مجدداً استخراج و سپس با سانتریفیوژ یخچال‌دار مدل Eppendorf کشور آلمان، سانتریفیوژ شد، فاز بالایی آن به لوله اول منتقل شد و در نهایت حجم فاز محلول درون لوله آزمایش به ۱/۵ میلی‌لیتر رسانده شد و از آن برای اندازه‌گیری نشاسته استفاده شد.

۳-۶-۹ اندازه‌گیری نشاسته

برای اندازه‌گیری نشاسته از روش مک کریدی و همکاران (۱۹۵۰) استفاده شد. در این روش ۰/۲ میلی‌لیتر از عصاره حاوی نشاسته با ۳ میلی‌لیتر از معرف آنترون مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از سرد شدن لوله‌ها جذب نور آن‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2150 UV/VIS ساخت شرکت UNICO آمریکا در طول موج ۶۲۰ نانومتر قرائت شد. برای اندازه‌گیری مقدار نشاسته از نمودار استاندارد قند کل استفاده شد.

۳-۶-۱۰ فلاونوئید

برای سنجش فلاونوئید، میزان ۰/۲ گرم از برگ در ۳ میلی‌لیتر اتانول اسیدی (شامل اتانول و اسید کلریدریک به نسبت ۹۹ به ۱) به طور کامل سائیده و به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه با سانتریفیوژ یخچال‌دار مدل Eppendorf کشور آلمان، سانتریفیوژ شد. محلول رویی به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سرد شدن محلول، جذب نوری توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل UV/VIS UV2150 ساخت شرکت UNICO آمریکا در طول موج ۳۰۰ نانومتر قرائت گردید. برای محاسبه غلظت از ضریب خاموشی $33000\ Cm^{-2}mol^{-6}$ استفاده شد(کرزک و همکاران، ۱۹۹۸).

۳-۶-۱۱ پایداری غشای پلاسمایی برگ

برای تعیین شاخص پایداری غشاء پلاسمایی اقدام به نمونه‌گیری برگ هم‌سن از هر تیمار گردید، از نمونه برگ‌های تهیه شده به اندازه ۰/۰۱ گرم به صورت قطعات کوچک و هم‌اندازه جدا گردید، سپس این قطعات به فالکن‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد (C1) قرار داده شدند. به همین ترتیب سری دوم فالکن‌ها آماده‌سازی گردید و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد (C2) قرار گرفتند. پس از خنک شدن، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد هدایت الکتریکی آن‌ها توسط دستگاه Ec متر اندازه‌گیری شد و از طریق رابطه ۳-۵ میزان پایداری غشای پلاسمایی محاسبه گردید (سایرام و سریواساوا، ۲۰۰۱).

$$\text{پایداری غشای پلاسمایی} = 1 - (C1/C2) \times 100 \qquad (۵-۳)$$

۳-۶-۱۲ سنجش آنتوسیانین

برای سنجش میزان آنتوسیانین کل مقدار ۰/۰۵ گرم بافت تازه گیاهی با ۴ میلی‌لیتر محلول اسید کلریدریک در متانول ۱ درصد (یک سی‌سی اسید کلریدریک و ۹۹ سی‌سی متانول) در یک هاون چینی هموژن شد و محلول حاصل به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد. سپس، به مدت ۱۵ دقیقه و در ۴۰۰۰ دور در دقیقه با سانتریفیوژ یخچال‌دار مدل Eppendorf کشور آلمان، سانتریفیوژ شد. سپس فاز رویی را برداشته و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV/VIS UV2150 ساخت شرکت UNICO آمریکا، جذب در طول موج‌های ۵۳۰ و ۶۵۷ نانومتر اندازه‌گیری شد(میتا و همکاران، ۱۹۹۷).

آنتوسیانین= A530 - (0.25× A657) (۶-۳)

۳-۶-۱۳ آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

۳-۶-۱۳-۱ استخراج آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

استخراج آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به روش کارتر و همکاران (۲۰۰۷) انجام شد. مقدار ۰/۰۵ گرم از بافت برگی با ۲ میلی‌لیتر از بافر استخراج شامل تریس ۵۰ میلی‌مولار، کلریدمنیزیم ۱۰۰میلی‌مولار، ساکارز ۲۵۰ میلی‌مولار، ترایتون100-x نیم درصد، بتامرکاپتواتانول ۱۰ میلی‌مولار و Pmsf یک میلی مولار با PH = ۸ در هاون چینی سرد هموژن شد. سپس با سرعت ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه، دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد و مدت ۲۰ دقیقه توسط سانتریفیوژ یخچال‌دار مدل Eppendorf کشور آلمان، سانتریفیوژ شد. از فاز شفاف رویی برای سنجش آنزیم استفاده شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با

روش بیوچمپ و فری‌دوویچ انجام شـــد (۱۹۷۱). در این روش از ریبوفلاوین و متیونین در حضـــور نور جهت تولید رادیکال سوپر اکسید دیسموتاز استفاده شد. رادیکال سوپراکسید سبب احیای NBT و ایجاد مونوفورمازان (رنگ بنفش) می‌شـــود. کاهش ایجاد مونوفورمازان در مخلوط واکنش از طریق مصرف رادیکال سوپراکسید توسط آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در طول موج ۵۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2150 UV/VIS ساخت شرکت UNICO آمریکا بر اساس ممانعت از تولید مونوفورمازان (احیای NBT) در مدت زمان ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری شد.

$$\text{بازدارندگی آنزیم} = \frac{\Delta Abs(B) - \Delta Abs(Sample)}{\Delta Abs(B)} \times ۱۰۰ \qquad (۷-۳)$$

$$\text{فعالیت آنزیم (U/ml)} = \frac{\%\, inhibition}{50 \times 0.1} \times ۱۰۰ \qquad (۸-۳)$$

$$\text{فعالیت خاص (U/ml)} = \frac{U/ml}{\frac{mg}{ml}\, protein} \times ۱۰۰ \qquad (۹-۳)$$

۲-۱۳-۶-۳ استخراج عصاره برای سنجش فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز:

استخراج به روش کار و میشرا انجام شد (۱۹۷۶). مقدار ۰/۰۵ گرم بافت تر گیاهچه با ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار با pH =۶/۸ در هاون چینی سرد هموژن گردید. آنگاه به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با سانتریفیوژ یخچال‌دار مدل Eppendorf کشور آلمان، سانتریفیوژ شد. از فاز شفاف رویی برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی استفاده شد.

تعیین فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز: سنجش فعالیت گایاکول پراکسیداز بر اساس روش چنس و مهلی همراه با تغییراتی انجام شد (۱۹۵۵). مخلوط واکنش به حجم ۳ میلی‌لیتر شامل ۲/۷ میلی‌لیتر بافر فسفات ۲۵ میلی‌مولار با pH = ۶/۸، گایاکول ۰/۶ مولار(۱۰۰ میکرولیتر)، عصاره آنزیمی (۱۰۰ میکرولیتر)، آب اکسیژنه ۱/۲ مولار (۱۰۰ میکرولیتر) بود. فعالیت آنزیمی با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش شروع شد. بلانک فاقد آب اکسیژنه بود. توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2150 UV/VIS ساخت شرکت UNICO آمریکا، افزایش جذب نور در طول موج ۴۷۰ نانومتر در ۱ دقیقه‌ی اول بعد از افزودن آب اکسیژنه اندازه‌گیری شد. در نهایت فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز بر اساس میکرومول تتراگایاکول تشکیل شده با ضریب خاموشی(ε) برابر با $۲۶/۶ \text{ m } M^{-1}Cm^{-1}$ در دقیقه به ازای یک میلی‌گرم پروتئین بیان گردید.

تعیین فعالیت کاتالاز: سنجش فعالیت کاتالاز بر اساس روش چنس و مهلی همراه با تغییراتی انجام شد(۱۹۵۵). مخلوط واکنش به حجم ۳ میلی‌لیتر شامل ۲/۸ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH = ۶/۸، عصاره آنزیمی (۱۰۰ میکرولیتر)، آب اکسیژنه ۰/۴۵ مولار اضافه شد. فعالیت آنزیمی با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش شروع شد. محلول بلانک فاقد آب اکسیژنه بود. سپس توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2150 UV/VIS ساخت شرکت UNICO آمریکا، کاهش میزان جذب نور در طول موج ۲۴۰ نانومتر در ۱ دقیقه اول بعد از افزودن آب اکسیژنه قرائت گردید. درنهایت فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس ضریب خاموشی (ε) برابر با $۴۰ \text{ m } M^{-1}Cm^{-1}$ در دقیقه به ازای یک میلی‌گرم پروتئین بیان گردید.

۳-۱۳-۶-۳ سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX)

استخراج آنزیم آسکوربات پراکسیداز

برای استخراج عصاره آنزیم آسکوربات پراکسیداز بافر فسفات ۲۵۰ میلی‌مولار با ۵۰ میلی‌مولار با pH =۷ بر طبق روش ناکانو و آسادا (۱۹۸۱) استفاده شد. مقدار ۰/۰۵ گرم بافت برگی با ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات در هاون چینی سرد هموژن گردید. عصاره حاصل به مدت ۱۵ دقیقه، دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه با سانتریفیوژ یخچال‌دار مدل Eppendorf کشور آلمان، سانتریفیوژ شد و فاز شفاف رویی برای اندازه‌گیری آنزیم استفاده گردید.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: جهت تعیین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، مخلوط واکنش به حجم ۲ میلی‌لیتر شامل ۱/۷ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH =۷، عصاره (۱۰۰ میکرولیتر)، آسکوربیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار (۵۰ میکرولیتر)، EDTA ۰/۱ میلی‌مولار ۵۰ میکرولیتر و آب اکسیزنه ۱/۲ میلی‌مولار (۱۰۰ میکرولیتر) بود، محلول بلانک فاقد آب اکسیژنه بوده و با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش، فعالیت آنزیمی شروع شد. جدب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2150 UV/VIS ساخت شرکت UNICO آمریکا در طول موج ۲۹۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. ضریب خاموشی آسکوربات پراکسیداز (ε) برابر با $2/8\ m\ M^{-1}Cm^{-1}$ در دقیقه می‌باشد. برای محاسبه آنزیم از تغییرات جذب نور در ۱ دقیقه اول استفاده شد.

۳-۷ صفات کیفی

۳-۷-۱ تعیین میزان سدیم و پتاسیم دانه

به منظور اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم دانه، نمونه‌های خشک شده بذری به وسیله آون، با استفاده از آسیاب پودر گردید. سپس به مقدار ۱ گرم از بافت خشک را داخل ظرف چینی و در داخل کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت قرار داده شد. پس از آن که به هر کدام از نمونه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک (HCL) ۲ نرمال اضافه گردید و پس از قرار گرفتن در حمام بن ماری به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و صاف شدن توسط کاغذ صافی، به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شدند سپس نمونه‌ها با دستگاه فلیم فتومتر (نور سنج شعله) مدلelico CL 378 ساخت کشور آلمان، قرائت شده و با استفاده از منحنی استاندارد به غلظت تبدیل شدند (چاپمن و پرات، ۱۹۸۲).

۳-۷-۲ تعیین میزان فسفر دانه

نمونه‌ها در آون ۷۲ درجه به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. نمونه‌های خشک شده، آسیاب گردید و سپس مقدار ۲ گرم نمونه خشک را توزین کرده و در کوزه‌های نسوز ریخته و در کوره ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. بعد از خنک شدن خاکستر را با آب مقطر مرطوب کرده. سپس ۱۰ میلی‌لیترHCL، ۲ مولار اضافه گردید و سپس درون حمام آب گرم به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس آن‌ها را از کاغذ صافی ریز به بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته و چندین بار با آب مقطر شسته و به حجم رسیدند. ۲۲/۵ گرم آمونیوم هپتا مولیبدات $(NH_4)_6 MO_7 O_{24},4H_2O$ را در ۴۰۰ میلی‌لیتر آب گرم حل کرده، سپس ۱/۲۵ گرم آمونیوم وانادات NH_4VO_3 را در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب جوش حل کرده. سپس محلول آمونیوم وانادات را به محلول آمونیوم مولیبدات

اضافه کرده و بعد از خنک شدن ۲۵۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه کرده و با آب مقطر حجم کل را به یک لیتر رسانده. محلول حاصله را محلول زرد می‌نامند. در ادامه کار ۵ میلی‌لیتر از محلول‌های عصاره و شاهد را به بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتر منتقل و سپس ۵ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم مولیبدات- وانادات اضافه کرده و به حجم رسانده.

برای تهیه استاندارد ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر: ۲/۱۹۷ گرم از KH_2PO_4 را در آب حل کرده و به حجم یک لیتر سانده.

محلول استاندارد ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر: ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول استاندارد ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر(محلول بالا) را به بالن ژوژه ۱ لیتری و به حجم رسانده. از محلول حاصله مقدار ۰، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ میلی‌لیتر برداشته و به ظرف ۲۵ میلی‌لیتر منتقل و سپس میزان ۵ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم مولیبدات- وانادات اضافه کرده و به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده. این سری محلول‌ها حاوی ۰، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر فسفر هستند که در رسم منحنی کالیبراسیون استفاده می‌شود. میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV2150 UV/VIS ساخت شرکت UNICO آمریکا در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید(چاپمن و همکاران، ۱۹۶۱).

$$\text{میزان فسفر} = (a - b) \times \frac{V}{2000 \times W} \times \frac{100}{D.M} \qquad (۱۰-۳)$$

D.M =درصد ماده خشک گیاه، a= غلظت فسفر در نمونه برحسب mg/lit، b =غلظت فسفر در شاهد برحسب mg/lit

W =وزن نمونه گیاه خشک بر حسب g، V=حجم نهایی عصاره در مرحله هضم بر حسب mg/lit

۳-۷-۳ درصد پروتئین دانه و برگ

برای انجام عمل هضم، ۲۵۰ میلی‌گرم از ماده گیاهی را پودر کرده و به آزمایشگاه انتقال داده و پروتئین دانه به روش کجلدال اندازه‌گیری شد. برای مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون به ترتیب از اجاق هضم کننده شرکت Gerhardt آلمان و دستگاه تمام خودکار Kjeltec Analysis vapodest 45s از همان شرکت استفاده گردید. کاتالیزور شامل ۱/۵ گرم سولفات پتاسیم (K_2SO_4) و ۰/۱۵ گرم سولفات مس($CuSO_4$) به هر فلاسک اضافه گردید. برای انجام عمل هضم ۱۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ افزوده شد و بالن‌ها درون اجاق مخصوص قرار داده شدند. زمانی که محلول سیاه رنگ درون فلاسک‌ها تبدیل به محلول نسبتاً زلال به رنگ سبز بسیار کمرنگ شد، پایان عمل هضم مشخص گردید که معمولاً ۲ تا ۲/۵ ساعت زمان لازم داشت. میزان نیتروژن نمونه‌ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کجلدال سنجیده شد. دستگاه دارای سه مخزن آب مقطر، سود سوز آور (NaOH) ۴۰ درصد و محلول دریافت کننده بود. محلول دریافت کننده از ترکیب ۱۰۰ میلی‌لیتر بروموکروزول سبز (۰/۱گرم بروموکروزول سبز در ۱۰۰ میلی‌لیتر الکل)، ۷۰میلی‌لیتر متیل قرمز (۰/۱گرم متیل قرمز در ۱۰۰ میلی-لیتر الکل) و ۱۰ لیتر اسید بوریک ۱ درصد تشکیل شده بود. پس از قرار گرفتن یک فلاسک در دستگاه به ترتیب ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی‌لیتر سود سوزآور۴۰ 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 و تا رسیدن به رنگ ارغوانی تیره تیتر 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 (۱۱-۳) و (۱۲-۳) استفاده شد. ضریب تبدیل پروتئین برای لوبیا چشم‌بلبلی ۶/۲۵ در نظر گرفته شد (والینگ و همکاران، ۱۹۸۹).

درصد نیتروزن نمونه = (۰/۱۴ × A) / وزن نمونه(گرم) (۱۱-۳)

درصد پروتئین = درصد نیتروژن × ضریب تبدیل نیتروژن (۱۲-۳)

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

۳-۷-۴ اندازه‌گیری کلروفیل

جهت اندازه‌گیری کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید در اواخر مرحله‌ی تشکیل غلاف و یک روز قبل از آبیاری، نمونه‌گیری از برگ سبز انجام شد و اندازه‌گیری با استفاده از روش هیسکوکس و ایسریلستام(۱۹۷۹) و بدون لهیدگی صورت گرفت. طبق این روش ۰/۱ گرم بافت تازه برگ توزین و ۵ میلی‌لیتر دی‌متیل سولفوکسید اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در حمام آب گرم قرار گرفت و سپس نمونه‌ها را خارج کرده و جذب نوری در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر کاروتنوئید توسط اسپکتروفتومتر مدل UV2150 UV/VIS ساخت شرکت UNICO آمریکا، قرائت گردید. محتوای کلروفیل و کاروتنوئید طبق معادلات زیر محاسبه گردید.

$$Cla\ (\mu g/ml) = (12/25A663) - (2/25\ A645) \quad (۱۳-۰)$$

$$Clb\ (\mu g/ml) = (20/31\ A_{645}) - (4/91\ A_{663}) \quad (۱۴-۳)$$

$$Carotenoids\ (\mu g/ml) = (1000\ A_{470} - 1/90\ cl_a - 63/14\ cl_b) / 214 \quad (۱۵-۳)$$

پس از جایگزین کردن داده‌ها در روابط بالا، اعداد بدست آمده در v/w × 1000 ضرب گردید تا اعداد بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر به دست آیند. V حجم محلول کلروفیلی بر حسب میلی‌لیتر و W وزن تر برگ بر حسب گرم می‌باشد.

۳-۸ اندازه‌گیری شاخص سبزینگی

اندازه‌گیری سبزینگی در برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (Minolta -SPAD 502 unit) در ۹۰ روز بعد از کاشت(هنگام غلاف‌بندی) در صبح صورت گرفت. برای این منظور از میان یادداشت برداری روی سه بوته در هر کرت استفاده شد. برگ‌ها ابتدا تمیز شده و سپس در سه نقطه هر برگ یادداشت برداری انجام و میانگین‌گیری شد و عدد نهایی بر مبنای SPAD گزارش شد.

۳-۹ تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS 9.4 و Excel انجام شد. مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون LSD صورت پذیرفت.

فصل چهارم

نتایج و بحث

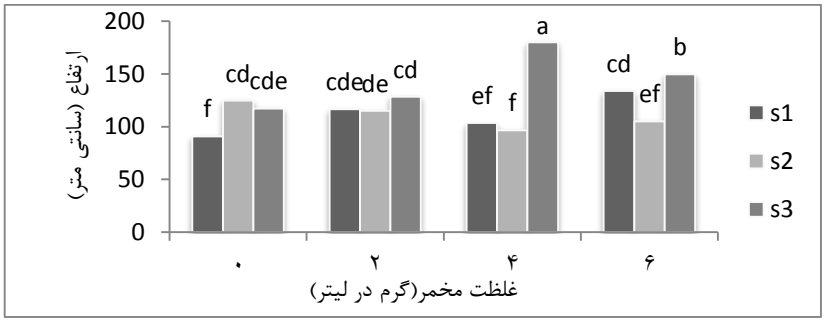
۴-۱ صفات مورفولوژیک

۴-۱-۱ ارتفاع بوته

ارتفاع نهایی بوته معمولاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی می‌باشد ولی محیط نیز ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ارتفاع جزء مهمی در تعیین عملکرد نمی‌باشد، ولی احتمالا ارقام با ارتفاع بلندتر عملکرد ماده خشک بیشتری دارند(سلیمی، ۱۳۸۹). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد به طور معنی‌داری تحت تأثیر عصاره مخمر ساکارومایسز سرویزیه و تنش کم آبیاری قرار گرفت، برهمکنش بین محلول‌پاشی مخمر و تنش کم آبیاری نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد(جدول ۴-۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر، میزان ارتفاع بوته نسبت به شاهد ۰/۵۳۴درصد افزایش یافت به طوری‌که حداکثر ارتفاع بوته در تیمار چهار گرم بر لیتر در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی حاصل گردید. همچنین کمترین ارتفاع بوته(۹۰/۶۶ سانتی‌متر) هم مربوط به عدم محلول‌پاشی عصاره مخمر بود که با تیمار ۴ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط تنش کم آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی(۹۶/۶۶ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری نداشت(شکل۴-۱). پارامتر ارتفاع بوته با افزایشتنش کم آبیاری کاهش یافت. این اثر ممکن است حاکی از کمبود آب باشد. چرا که تنش خشکی موجب کاهش مقدار آب، آماس، پتانسیل کل آب، پژمردگی، بسته شدن روزنه ها و کاهش رشد سلول ها و رشد رویشی می گردد. کمیت و کیفیت رشد رویشی گیاه بستگی به تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول ها و تمایز دارد و کلیه این حوادث متأثر از تنش خشکی می‌باشند(هارپر و همکاران، ۲۰۰۰). از اولین نشانه های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول به ویژه در ساقه و برگ‌هاست. کاهش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز و اجزای رشد رویشی می‌گردد. به عبارت دیگر

کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال مواد آسیمیالاتی به سمت اندام های زایشی در اثر تنش کمبود آب سبب کاهش عملکرد اقتصادی گیاه از جمله سرشاخه‌های گل‌دار می‌گردد. به همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می توان از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد(دورسان و همکاران، ۲۰۰۲).

ارتفاع بیشتر گیاهان تحت تاثیر مخمر را می‌توان ناشی از نقش تنظیم کننده‌های رشد به ویژه سیتوکینین موجود در مخمر در تحریک تکثیر و طویل شدن سلولی دانست. اثر افزایشی عصاره مخمر ممکن است به تأثیر آن بر متابولیسم، فعالیت بیولوژیکی و رنگدانه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیمی مرتبط باشد که به نوبه‌ی خود باعث رشد رویشی است(واناز، ۲۰۰۲؛ إل شربنی و همکاران، ۲۰۰۷). مخمر به عنوان یک منبع هورمون رشد، کربوهیدرات‌ها، اسید آمینه و ویتامین‌ها عمل می‌کند. این نتایج با نتایج ال دین و هنداوی(۲۰۱۰) مطابقت دارد.

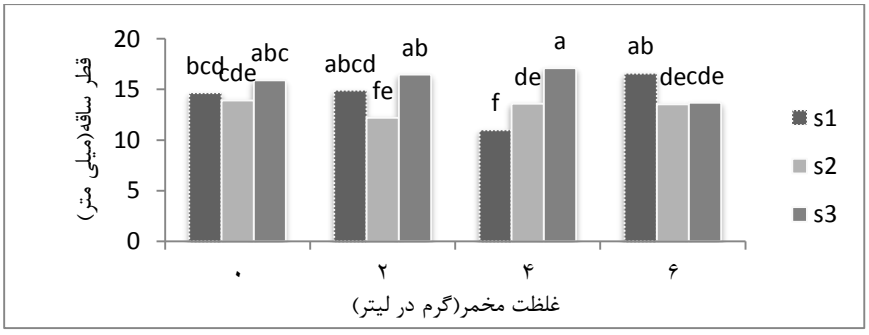


شکل ۴- ۱- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر ارتفاع بوته لوبیا چشم‌بلبلی (S1 : شاهد ،S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۱-۲ قطر ساقه

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تنش کم آبیاری و اثر متقابل تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر قرار گرفت ولی اثر محلول‌پاشی مخمر معنی‌دار نبود(جدول۴-۱). در مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی مخمر

مشاهده شد که در سطح سوم تنش کم‌آبیاری غلظت صفر، دو، چهار گرم بر لیتر اختلاف آماری معنی-داری نداشتند. کم‌ترین قطر ساقه(۱۰/۹۶ میلی‌متر) مربوط به تیمار محلول‌پاشی مخمر در غلظت چهار گرم بر لیتر با شرایط بدون تنش کم آبیاری بود. بیش‌ترین قطر ساقه(۱۷/۰۹۳ میلی‌متر) هم مربوط به غلظت ۴ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی بود(شکل ۲-۴). می‌توان اظهار کرد که محلول‌پاشی مخمر در غلظت چهار گرم بر لیتر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی علاوه بر جلوگیری از کاهش قطر ساقه سبب افزایش قطر ساقه نیز گشته است و نسبت به عدم محلول‌پاشی ۰/۰۷۵درصد افزایش داشته است. نتایج حاصله با نتایج نصیری و همکاران(۱۳۹۲) که با افزایش سطوح محلول‌پاشی مخمر قطر ساقه گیاه گل گاوزبان افزایش یافت مطابقت دارد. همچنین قبلا ذکر گردید که عصاره مخمر حاوی تیامین(B_1) می-باشد. تیامین به عنوان یک کوفاکتور آنزیمی در متابولیسم عمومی مسیرهای گلیکولیز، مسیر پنتوز فسفات و چرخه‌ی تری‌کربوکسیلیک اسید نقش اساسی را بازی می‌کند. علاوه بر این، اخیراً مشخص شده که تیامین دی‌فسفات نقش‌های دیگری هم دارد و به عنوان یک کوفاکتور در پاسخ به تنش‌های زنده و غیر زنده در گیاهان ایفای نقش می‌نماید(گویر، ۲۰۱۰). همچنین، تیامین در برگ‌ها ساخته، به ریشه منتقل شده و سبب کنترل رشد گیاه می‌گردد(بی دور و راویا، ۲۰۱۱).

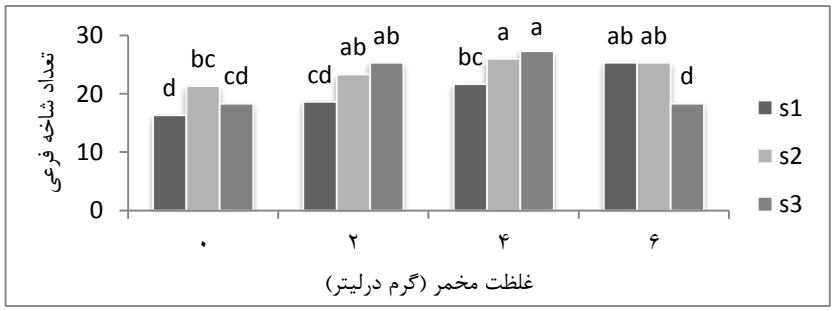


شکل ۴-۲-مقایسه میانگین‌های برهم کنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر قطرساقه لوبیا چشم‌بلبلی
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۳-۱-۴ تعداد شاخه فرعی

تعداد شاخه‌های فرعی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تنش کم آبیاری، محلول‌پاشی مخمر و اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر قرار گرفت(جدول ۴-۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر، تیمارهای محلول‌پاشی مخمر با غلظت چهار گرم بر لیتر در دو سطح تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی(۲۷/۳۳) را تولید کرد که با غلظت دو و شش گرم بر لیتر عصاره مخمر در یک گروه آماری قرار داشتند و کمترین تعداد شاخه فرعی(۱۶/۳۳) مربوط به عدم محلول‌پاشی مخمر در شرایط آبیاری نرمال بود که با غلظت ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط ۵۰ درصد غلاف‌بندی اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند(شکل ۴-۳). این نتیجه دال برآنست که کاربرد عصاره مخمر در شرایط تنش که رشد گیاه افت می‌کند در تعدیل تنش و حفظ توازن رشد گیاه تاثیر مطلوب داشت و نسبت به عدم کاربرد آن توانست تعداد شاخه فرعی را افزایش دهد، ولی می‌توان علت کم شدن تعداد شاخه فرعی در مراحل تنش را از این دیدگاه مورد بررسی قرار داد که تنش کم آبیاری موجب تغییرات چندگانه فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی در گیاه می‌شود که رشد و نمو گیاه را متاثر می‌کند(بوترا، ۲۰۱۰). علت کاهش رشد در اثر تنش کم‌آبیاری می‌تواند مربوط به تحت تاثیر قرار گرفتن سلول‌های مریستمی و اختلال در فرایند تقسیم و طویل شدن سلولی باشد، زیرا شرایط کم‌آبی و پتانسیل منفی بر جذب آب سلول‌ها اثر گذاشته و در نتیجه فشار تورژسانس لازم جهت بزرگ شدن سلول‌ها کاهش یافته که موجب توقف و کند شدن رشد می‌گردد(شارپ، ۲۰۰۴). علاوه بر این تنش کم آبیاری منجر به القای تنش اکسیداتیو و تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژنی می‌شود که بخشی از پتانسیل رشد گیاه در جهت واکنش-های دفاعی صرف می‌شود(یزدان‌پناه و همکاران، ۲۰۱۱). احمد و همکاران(۱۹۹۵) معتقدند که مواد معدنی مانند روی، مس و ویتامین‌های B موجود در عصاره مخمر نقش مهمی در رشد شاخه‌ها داشته

و یا عناصر موجود در عصاره مخمر از قبیل نیتروژن، پتاسیم و فسفر نقش بسیار مهمی در تغذیه گیاهان دارند و برای رشد و توسعه گیاهی بسیار ضروری هستند و زمانی که در شرایط تنش به گیاه اضافه می‌شوند به دلیل داشتن هورمون‌ها، قند، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و اسید نوکلئیک موجب حفاظت گیاه می‌شوند. علاوه بر این عصاره مخمر یک منبع غنی از فیتوهورمون‌ها(به ویژه سایتوکینین)، آنزیم‌ها و مواد معدنی است(خدر و فرید، ۲۰۰۲). إز-ال دین و هنداوی(۲۰۱۰) نیز در گاو زبان اروپایی با افزایش غلظت مخمر از ۲ به ۴ و ۶ گرم بر لیتر افزایش تعداد پاجوش و شاخه‌های جانبی را مشاهده نمودند. همچنین ال توهامی و همکاران(۲۰۰۸) در بررسی تاثیر مخمر بر رشد و عملکرد بادمجان نسبت به شاهد به افزایش تعداد شاخه‌های جانبی دست یافتند.



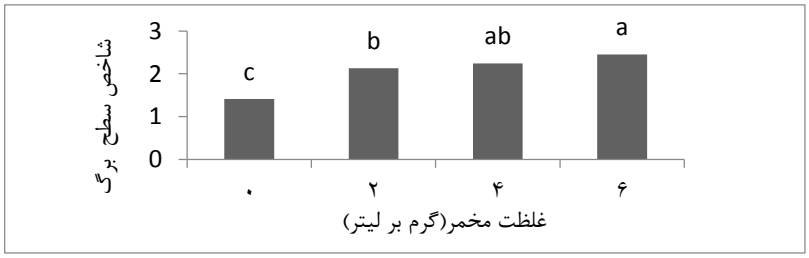
شکل ۴-۳- مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر تعداد شاخه فرعی لوبیا چشم‌بلبلی

(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۱-۴ شاخص سطح برگ

جدول تجزیه واریانس داده‌ها(جدول ۴-۱) برای شاخص سطح برگ نمایان ساخت که تیمار محلول‌پاشی مخمر در سطح احتمال یک درصد بر این صفت تاثیر معنی‌دار داشته است. با توجه به مقایسه‌ی میانگین‌ها در شرایط محلول‌پاشی مخمر با غلظت شش گرم بر لیتر نسبت به شاهد شاخص سطح برگ ۰/۷۳ درصد افزایش یافت(شکل ۴-۴). شاخص سطح برگ بیان کننده نسبت سطح

برگ(فقط یک طرف) به سطح زمین اشغال شده توسط گیاه و بیان‌کننده توان جذب انرژی خورشید توسط پوشش گیاهی است(مظاهری، ۱۳۷۷). بنابراین هرگونه کاهش در سطح برگ به پایین‌تر از مقدار مطلوب آن معادل دریافت تشعشع کمتر می‌باشد که تأثیر مستقیم بر عملکرد دارد(لومیس و همکاران، ۱۹۶۸). اثر افزایشی عصاره مخمر در رشد رویشی نیز در بعضی از گیاهان دیگر نیز دیده شده است، به عنوان مثال، نقیب و خلیل(۲۰۰۲) در سیاهدانه(*Nigella sativa*)، عبدالطیف(۲۰۰۶) در مریم-گلی(*Salvia officinalis*) افزایش شاخص سطح برگ را در اثر محلول‌پاشی مخمر مشاهده کردند. عصاره مخمر در غلظت پنج گرم بر لیتر اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ گیاه ریحان شیرین(*Ocimum basilicum* L.) داشته است(إل گامل، ۲۰۰۵). بر اساس یافته‌های این آزمایش می‌توان اظهار کرد که در نتیجه محلول‌پاشی مخمر شاخص سطح برگ افزایش یافت که نتایج این تحقیق با نتایج دیگر محققین در یک راستا است.



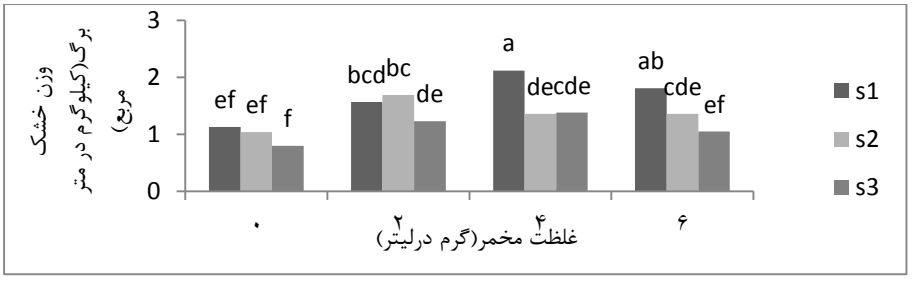
شکل ۴- ۴-مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۲ بیوماس

۴-۲-۱ وزن خشک برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس وزن خشک برگ(جدول ۴-۲) نشان داد که تاثیر تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر این صفت در سطح یک درصد و اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر

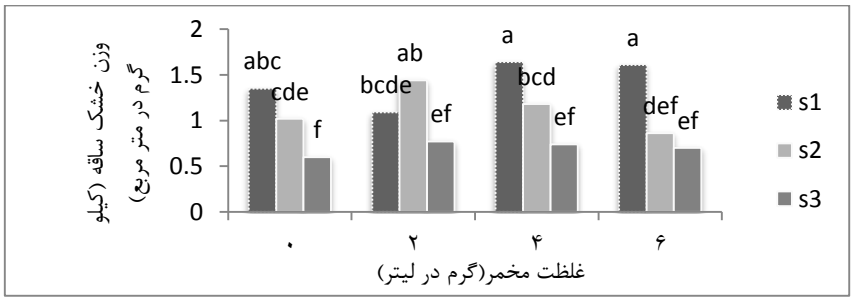
بر صفت وزن خشک برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد، نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر نشان داد که تیمار محلول‌پاشی مخمر با غلظت چهار گرم بر لیتر در شرایط آبیاری نرمال نسبت به بقیه تیمارها بیش‌ترین میزان وزن خشک برگ را تولید کرد(شکل ۴-۵). نصیری و همکاران(۱۳۹۲) روی گیاه گل‌گاوزبان دریافتند که محلول‌پاشی مخمر ساکارومایسز سرویزیه با غلظت ۴ گرم بر لیتر بیش‌ترین وزن خشک برگ را تولید کرد. نتایج بدست آمده در این باره با نتایج إز- ال دین و هنداوی(۲۰۱۰) مطابقت دارد. آن‌ها بیش‌ترین عملکرد خشک پیکر رویشی گیاهان کشت شده گاو زبان اروپایی را با کاربرد چهار و شش گرم بر لیتر مخمر ساکارومایسز بدست آوردند. نتایج بدست آمده در این تحقیق تاییدکننده‌ی نتایج دیگر محققین نیز می‌باشد(عبدالطیف،۲۰۰۶ ؛ إل توهامی و ال گردی، ۲۰۰۷). نقش فیزیولوژیکی ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه موجود در عصاره مخمر، باعث افزایش فرآیندهای متابولیکی و سطوح هورمون‌های رشد مانند GA_3 و IAA می‌شود(سرحان و عبدالله، ۲۰۱۰). به طورکلی جیبرلیک اسید با تحت تأثیر قرار دادن فرآیندهای سلولی از جمله تحریک تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌ها، سبب افزایش رشد رویشی می‌گردد(اکبری و چرمهینی معلمی، ۱۳۸۹). بررسی منابع نشان می‌دهد که از هورمون جیبرلیک اسید می‌توان برای افزایش ویژگی‌های رشدی گیاهان استفاده کرد(مصطفی و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین کاربرد خارجی جیبرلیک اسید می‌تواند رشد شاخه‌ها، فتوسنتز و تجمع ماده خشک را افزایش دهد(عبدل- آل و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۴-۵-مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر وزن خشک برگ لوبیا چشم بلبلی (S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۲-۲ وزن خشک ساقه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تنش کم آبیاری در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر در سطح احتمال پنج درصد منجر به بروز تفاوت‌های معنی‌داری از نظر عملکرد وزن خشک ساقه شدند(جدول ۴-۲). مقایسه میانگین سطح چهار و شش گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط آبیاری نرمال منجر به تولید بیش‌ترین وزن خشک ساقه شد که نسبت به شاهد ۰/۲۱درصد افزایش داشت، هر چند که تفاوت آماری معنی‌داری با شاهد نداشت(شکل۴-۶)، که با نتایج نصیری و همکاران(۱۳۹۲) مطابقت داشت.



شکل ۴- ۶- اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر وزن خشک ساقه لوبیا چشم بلبلی
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۳ صفات بیوشیمیایی

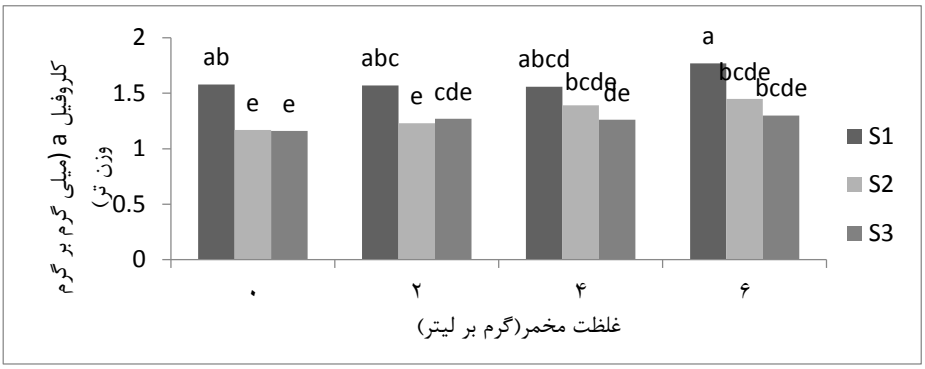
۴-۳-۱ رنگیزه‌های فتوسنتزی

۴-۳-۱-۱ کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار بودن برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر در سطح احتمال یک درصد بود(جدول ۴-۳). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که غلظت‌های صفر، دو، چهار و شش گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط آبیاری نرمال، تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند و بیش‌ترین میزان این رنگیزه‌ی فتوسنتزی(۱/۷۷ میلی گرم بر گرم وزن تر) را به خود اختصاص دادند که

نسبت به شاهد ۰/۱۲ درصد افزایش یافت. نتایج کاهش معنی‌داری را در کلروفیل a با قطع آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی در مقایسه با شاهد نشان می‌دهد(شکل ۴-۷). کاهش در فعالیت‌های فتوشیمیایی کلروپلاست تحت تنش آب می‌تواند با کاهش تجمع کلروفیل و اختلالات در فرآیندهای بیوشیمیایی غیر روزنه‌ای همراه باشد که به علت اکسیداسیون چربی‌های کلروپلاست و تغییرات ساختار رنگدانه‌ها و پروتئین‌ها است(مارچینسکا و همکاران، ۲۰۱۳). غلظت‌های صفر، دو، چهار و شش گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط تنش کم‌آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و کم‌ترین میزان کلروفیل a(۱/۵۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را به خود اختصاص دادند(شکل۴-۷). این یافته‌ها مطابق با گزارشات واناز(۲۰۰۶؛ ۲۰۰۲) و علائی(۲۰۱۱) می‌باشد که مخمر و اسید آمینه(محرک زیستی) تشکیل کلروفیل را تقویت کرده و همچنین پیری گیاه لوبیا را به تعویق می‌اندازد.

با توجه به اثر متقابل میان تنش کم آبیاری و عصاره مخمر می‌توان متوجه شد که استفاده از عصاره مخمر اثر مخرب تنش کم آبیاری را بهبود می‌بخشد و رنگدانه‌های فتوسنتزی را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. این یافته‌ها مطابق با نتایج إل گارهی(۲۰۰۲) است که نشان داد استفاده از عصاره مخمر به طور قابل توجهی غلظت کلروفیل در گیاه باقلا سبز را افزایش می‌دهد. این افزایش در محتوای کلروفیل به دلیل دارا بودن بتایین است که در جلوگیری از کاهش تخریب کلروفیل مؤثر می‌باشد. گلایسین بتایین هدرروی فعالیت‌های فتوسنتزی را در کلروپلاست به تأخیر می‌اندازد و از تجزیه کلروفیل در هنگام ذخیره‌سازی ممانعت به عمل می‌آورد(گنارد و همکاران، ۱۹۹۱).



شکل ۴- ۷- مقایسه میانگین‌های کلروفیل a در ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

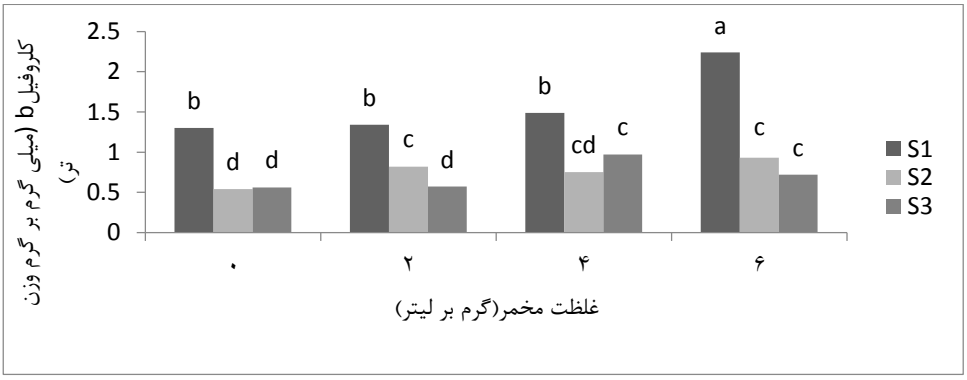
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۲-۱-۳-۴ کلروفیل b

اثر تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی و برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر صفت کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند(جدول ۴-۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان کلروفیل b در شرایط محلول‌پاشی مخمر با غلظت شش گرم بر لیتر نسبت به شاهد ۰/۷۲ درصد بیشتر بود(شکل ۴-۸). خلیل و اسماعیل(۲۰۱۰) گزارش کردند که کاربرد عصاره مخمر محتوای کلروفیل‌ها را نه تنها در شرایط نرمال بلکه در شرایط تنش کم آبیاری در گیاه *Lupinus termis* افزایش داد. امینی(۱۳۹۸) نتایج مشابهی را در مورد کلروفیل b گیاه استویا(*Stevia rebadiana Bertoni*) گزارش کرد.

فتوسنتز مهم‌ترین فرآیندی است که حیات گیاهان و دیگر موجودات زنده را تضمین می‌کند. همچنین، فتوسنتز تعیین کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان است و توانایی حفظ آن در شرایط تنش‌های محیطی برای حفظ ثبات عملکرد مهم می‌باشد. فتوسنتز در کلروپلاست صورت گرفته و سوبسترای لازم برای انجام این فرآیند نوری، دی‌اکسید کربن و آب می‌باشد. جذب نور توسط رنگیزه‌های موجود در تیلاکوئید کلروپلاست نظیر کلروفیل انجام می‌شود(اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۸). کلروفیل رنگیزه‌ای است که با دریافت انرژی مسئولیت اصلی در انجام فتوسنتز را بر عهده دارد(آسچ و همکاران، ۲۰۰۰). اما تنش‌های محیطی میزان کلروفیل را تحت تأثیر قرار می‌دهند به طوری که تنش رطوبتی و در کنار آن تنش اکسیداتیو باعث کاهش میزان کلروفیل و سایر رنگیزه‌ها می‌شوند، این کاهش به موجب محدودیت فتوسنتز و رشد رویشی گیاه خواهد شد(حبیبی و همکاران، ۲۰۰۴). أبو إل-یازید و مدی(۲۰۱۲) با تحقیقی روی لوبیا (*Vicia Faba L*) گزارش کردند که کاربرد برگی عصاره مخمر باعث افزایش کلروفیل b شد. بهبود رنگدانه‌های فتوسنتزی در پاسخ به عصاره مخمر می‌تواند به تنظیم کننده‌های زیستی مربوط باشد که بر تعادل بین فتوسنتز و تنفس نوری گیاهان اثر می‌گذارد(اولیا، ۲۰۱۰؛ ابو إل- یازید و مدی، ۲۰۱۲). شلابی و إل نادی(۲۰۰۸) گزارش کردند که افزایش رنگدانه‌های

فتوسنتزی را می‌توان به نقش سیتوکینین‌های مخمر در تاخیر پیری برگ‌ها بوسیله کاهش تخریب کلروفیل و افزایش سنتز پروتئین و RNA نسبت داد. پیشنهاد شده است که عصاره مخمر حاوی سیتوکینین است که موجب القای فعالیت فیزیولوژیکی و افزایش سنتز کلروفیل در گیاه می‌شود(شهاتا و همکاران، ۲۰۱۲). إل- توهامی و همکاران(۲۰۰۸) گزارش کردند که محلول‌پاشی عصاره مخمر محتوای کلروفیل، پروتئین و اسیدهای نوکلئیک را افزایش داد که احتمالا در رابطه با بهبود جذب مواد معدنی و محتوای هورمون‌ها در گیاه باشد. از طرفی فولیک اسید موجود در عصاره مخمر بر میزان کلروفیل برگ‌های گیاه گوجه فرنگی کشت یافته در محلول غذایی نشان داد که فولیک اسید به میزان ۶۹درصد میزان کلروفیل برگ‌ها را افزایش داد(اسلدکی و همکاران، ۱۹۹۸). هیومات‌ها بیش‌ترین ترکیبات هیومیکی مورد استفاده هستند که دارای ۶۰ درصد اسید هیومیک و فولیک اسید(ویتانین B_9) می‌باشند(ابوناکتا و همکاران، ۲۰۰۷). تیمار با هیومات باعث فرآیندهای متابولیزمی گیاه، افزایش میزان کلروفیل و در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز می‌گردد که سرانجام افزایش عملکرد را به دنبال دارد(کادما و همکاران، ۲۰۱۱).



شکل ۴- ۸-مقایسه میانگین‌های کلروفیل b تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

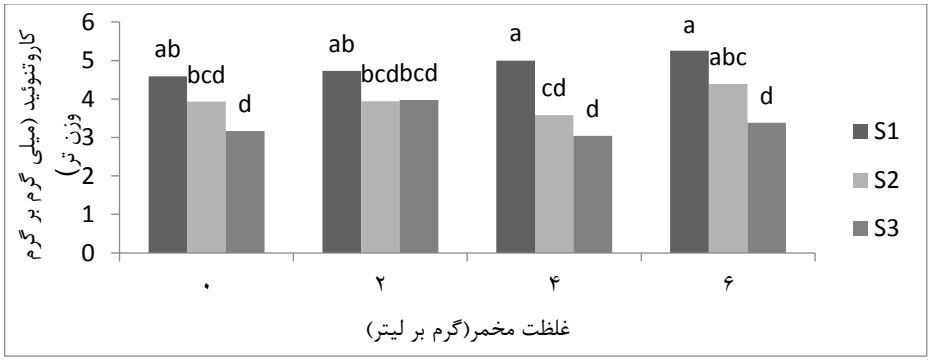
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۳-۱-۳-۴ کاروتنوئید

علاوه بر معنی‌دار شدن اثر محلول‌پاشی مخمر($p\leq 0.05$) برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر در سطح احتمال یک درصد بر میزان کاروتنوئید معنی‌دار بود(جدول ۴-۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها محلول‌پاشی مخمر با غلظت چهار و شش گرم بر لیتر در شرایط آبیاری نرمال(شاهد) بیش-ترین میزان کاروتنوئید(به ترتیب ۵/۰۰ و ۵/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) را به خود اختصاص دادند(شکل ۴-۹). نتایج این تحقیق نشان داد که تنش کم آبیاری باعث کاهش در میزان کلروفیل a ,b و محتوای کاروتنوئید در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی گشت. آرزمجو(۱۳۸۹) در بابونه نیز نشان داد که با کمبود آب از میزان کلروفیل کاسته شده و در مقابل بر میزان کاروتنوئید افزوده شده است. خلیل و همکاران(۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که افزایش تنش کم آبیاری موجب افزایش تجمع کاروتنوئید در چین اول ریحان شد.

إل توهامی و إل گردی(۲۰۰۷) دریافتند که محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا سبز باعث افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی به ویژه کاروتنوئید گردید. فتحی و همکاران نیز(۲۰۰۰) گزارش کردند که کاربرد برگی عصاره مخمر باعث افزایش کاروتنوئید در گوجه فرنگی گردید. گزارش دادند که استفاده از مخمر به طور قابل توجهی موجب افزایش محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدگیاه لوبیا می‌شود(کریج و همکاران، ۱۹۸۰) که دلیل آن به علت محتوای سایتوکینین است(إل- توهامی و همکاران، ۲۰۰۷). مشاهده شده است که استفاده از مخمر منجر به افزایش قابل توجهی در میزان کلروفیل و کاروتنوئید در گیاه باقلا تحت تنش آبی می‌شود(آباس، ۲۰۱۳). افزایش کاروتنوئیدها در پاسخ به محلول پاشی عصاره مخمر، ممکن است به واسطه تنظیم‌کننده‌های بیوشیمیایی باشد که تعادل بین فتوسنتز و تنفس در گیاهان را باعث می‌شوند. اولیا(۲۰۱۰) گزارش کرد که افزایش در رنگدانه‌های فتوسنتزی می تواند به واسطه سیتوکنین موجود در عصاره مخمر و به تأخیر انداختن پیری برگ در اثر کاهش تخریب کلروفیل و افزایش پروتئین و سنتز RNA باشد. به طور کلی حفظ کلروفیل و دوام فتوسنتز در شرایط کمبود آب یکی از شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل تنش کم آبیاری است. یکی از صدمات اکسیداتیو مهمی که در شرایط تنش کم آبیاری ایجاد می‌شود تخریب مولکول کلروفیل است. کاروتنوئیدها در این شرایط قادرند انرژی زیاد طول

موج‌های کوتاه را گرفته و اکسیژن یک‌تایی را به سه‌تایی تبدیل کنند و با جلوگیری از تشکیل رادیکال-های اکسیژنی نقش اکسیدانی خود را ایفا کنند(فاروک و همکاران، ۲۰۰۹). کاروتنوئیدها گروه بزرگی از مولکول‌های ایزوپرونوئید هستند که توسط تمامی اندام‌های فتوسنتزی و بسیاری از اندام‌های غیرفتوسنتزی ساخته می‌شوند(أندرو و همکاران، ۲۰۰۸). کاروتنوئیدها یک رنگیزه کلیدی و مهم در سیستم آنتی اکسیدانی گیاهان به شمار می‌روند، اما به تخریب اکسیداتیو بسیار حساس می‌باشند. بتاکاروتن نیز در تمامی گیاهان سبز وجود دارد و به فتوسیستم I و II متصل می‌باشد. بنابراین، حفاظت در مقابل صدمات رادیکال‌های اکسیژن فعال در این محل برای کلروپلاست‌ها حیاتی است. در این محل، بتاکاروتن علاوه بر این که به عنوان رنگدانه کمکی عمل می‌کند، به عنوان آنتی‌اکسیدانت موثر در حفاظت از فرآیندهای فتوشیمیایی و پایداری آن‌ها نقش دارد(هاواوکس، ۱۹۹۸).



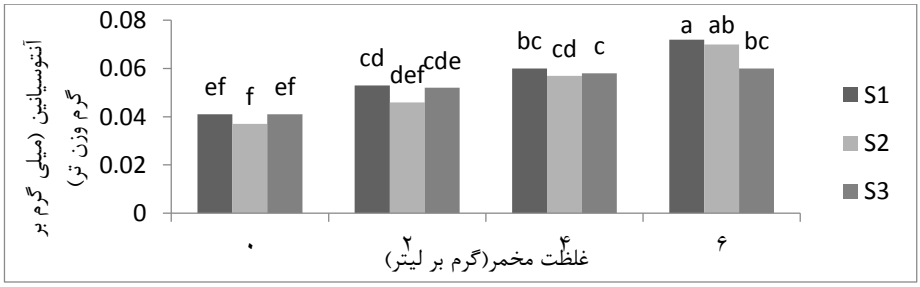
شکل ۴- ۹- مقایسه میانگین‌های کاروتنوئید تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۱-۳-۴ آنتوسیانین

اثر اصلی محلول‌پاشی عصاره مخمر در سطح احتمال یک درصد بر میزان آنتوسیانین معنی‌دار شده است. همچنین برهمکنش دو جانبه تنش کم آبیاری × محلول‌پاشی مخمر در سطح احتمال یک درصد بر میزان آنتوسیانین معنی‌دار گردید(جدول ۴-۳). مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد محلول‌پاشی مخمر با غلظت شش گرم بر لیتر در شرایط آبیاری نرمال(شاهد) بیش‌ترین میزان آنتوسیانین(۰/۰۷۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را به خود اختصاص داد که با غلظت شش گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط

تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی(۰/۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) تفاوت آماری معنی‌داری نداشت.کم‌ترین میزان آنتوسیانین(۰/۰۳۷ میلی گرم بر گرم وزن تر) مربوط به عدم کاربرد عصاره مخمر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی بود که با شاهد تفاوت آماری معنی‌داری نداشت(شکل ۴-۱۰). آنتوسیانین‌ها جزیی از ترکیبات فنلی می‌باشند که گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه را تشکیل می‌دهند. آنتوسیانین‌ها دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند(هواکسترا و همکاران، ۲۰۰۱). آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در تشکیل فلاونوئیدها اثر مستقیم دارد(چنگ و همکاران، ۲۰۰۵). فعالیت این آنزیم برای ساختن آنتوسیانین‌ها الزامی است(لیستر، ۱۹۹۶). فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز شدیداً تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و منجر به تجمع فلاونول‌ها و مشتقات آن ها می‌شود(سولار و همکاران، ۲۰۰۶). در انیسون(*Pimpinella anisum* L.) تنش کم آبیاری فعالیت این آنزیم و میزان آنتوسیانین را افزایش داد(اسدی کاوان و همکاران، ۲۰۰۶). گزارش شده است که مقدار آنتوسیانین در *Bgonia semperflorens L* در شرایط تنش افزایش یافته است. این افزایش به علت نقش حفاظت نوری آنتوسیانین به وسیله حذف مستقیم گونه‌های فعال اکسیژن در طول تنش اکسیداتیو می‌باشد(ژانگ و همکاران، ۲۰۱۰). می‌توان اظهار کرد که استفاده از عصاره مخمر(محرک زیستی) رنگدانه‌های فتوسنتزی را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. این یافته‌ها مطابق با نتایج إل گارهی(۲۰۰۲) است. همچنین امینی(۱۳۹۸) طی گزارشی ارایه کرد که محلول‌پاشی ۸ گرم بر لیتر(بالاترین غلظت مورد استفاده) عصاره مخمر بر گیاه دارویی استویا(*Stevia rebadiana Bertoni*) سبب بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین گردید.



شکل ۴- ۱۰- مقایسه میانگین‌های آنتوسیانین تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

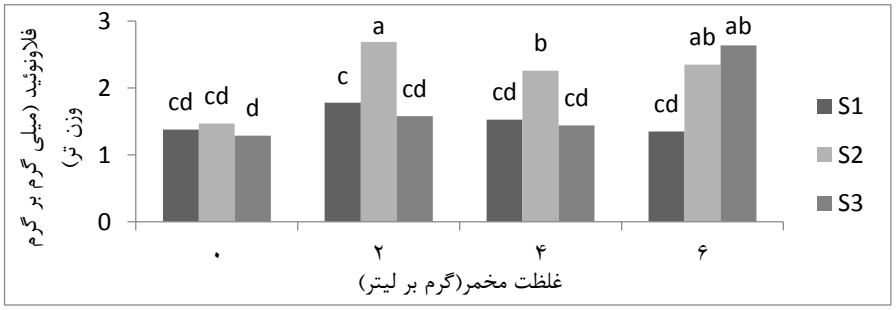
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۵-۱-۳-۴ فلاونوئید

تجزیه واریانس فلاونوئید نشان داد که اثر اصلی عصاره مخمر، اثر اصلی تنش کم آبیاری، اثر متقابل دو جانبه تنش کم آبیاری× مخمر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید(جدول ۴-۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها تحت تاثیر برهمکنش دو جانبه عوامل مورد بررسی حاکی از آن است که با محلول‌پاشی مخمر در غلظت دو گرم بر لیتر و تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی با میانگین ۲/۶۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیش‌ترین میزان فلاونوئید به دست آمد که با غلظت شش گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی(۲/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و ۵۰ درصد غلاف‌بندی(۲/۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند. کمترین میزان فلاونوئید(۱/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) هم مربوط به عدم محلول‌پاشی عصاره مخمر در شرایط تنش کم آبیاری در ۵۰ درصد غلاف‌بندی بود که تفاوت معنی‌داری با عدم کاربرد عصاره مخمر در ۵۰ درصد گل‌دهی و عدم شرایط تنش کم آبیاری و همین‌طور با غلظت ۲ گرم برلیتر عصاره مخمر در شرایط تنش کم آبیاری در ۵۰ درصد غلاف‌بندی و غلظت ۴ گرم بر لیتر عصاره مخمر در سطح اول و سوم تنش کم آبیاری و همین‌طور با غلظت ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط عدم تنش کم آبیاری نداشت(شکل ۴-۱۱). امینی(۱۳۹۸) گزارشی مبنی بر اینکه کاربرد عصاره مخمر بر گیاه دارویی استویا(*Stevia rebadiana Bertoni*) توانست بیش‌ترین میزان فلاونوئید را نسبت به شاهد(عدم عصاره مخمر) به خود اختصاص دهد، ارایه کرد.

از آنجا که عصاره مخمر یک محرک با منشا زیستی است از طریق القای پاسخ‌های دفاعی باعث بیوسنتز و تجمع متابولیت‌های ثانویه می‌شود(نامکینا و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین فلاونوئیدها متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که به دلیل ایجاد مکانیسم دفاعی گیاهان را در برابر اشعه ماورائ بنفش، عوامل بیماری‌زا و موجودات گیاه‌خوار محافظت می‌کنند. ریبوفلاوین(B_2) موجود در عصاره مخمر یک ویتامین محلول در آب است که در چرخه‌های تنفسی و تولید انرژی به عنوان کوآنزیم در واکنش‌های انتقال الکترون و

تولید یا تخریب رادیکال‌های اکسیژن درمتابولیسم دخالت دارد. مقاومت ناشی از کاربرد این ویتامین در دولپه‌ای‌ها در ارتباط با دخالت سیگنال‌های مربوط به پروتئین کیناز و ژن NPR ۱ (که تنظیم‌کننده پاسخ‌های دفاعی گیاه در هر دو مورد SAR و ISR است) می‌باشد(دانگ و بیر، ۲۰۰۰). گزارش شده است در تنش کم آبیاری ترکیبات فلاونوئیدی افزایش و موجب بیان آنزیم چالکون سنتاز در ریشه و برگ گیاه عرقچین(*Scutellaria baicalensis*) گردیده است(Yin et al, 2012).



شکل ۴- ۱۱- مقایسه میانگین‌های فلاونوئید تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۳-۲ آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت

۴-۳-۲-۱ گایاکول پراکسیداز

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی عصاره مخمر در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش دو جانبه تنش کم آبیاری× مخمر بر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز معنی‌دار($p\leq0.01$) شد(جدول ۴-۴). مقایسه میانگین‌های این صفت نشان داد که در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی همراه با محلول‌پاشی مخمر در غلظت شش گرم بر لیتر بیش‌ترین میزان فعالیت این آنزیم(۰/۰۷۳ نانو مول بر دقیقه بر گرم وزن تر) مشاهده شد که نسبت به بقیه تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری داشت(شکل ۴-۱۲). به نظر می‌رسد تحت تنش ملایم، گیاه لوبیا چشم‌بلبلی با بالا بردن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت اثرات تنش اکسیداتیو ناشی از تنش کم آبیاری را محدود نموده است.

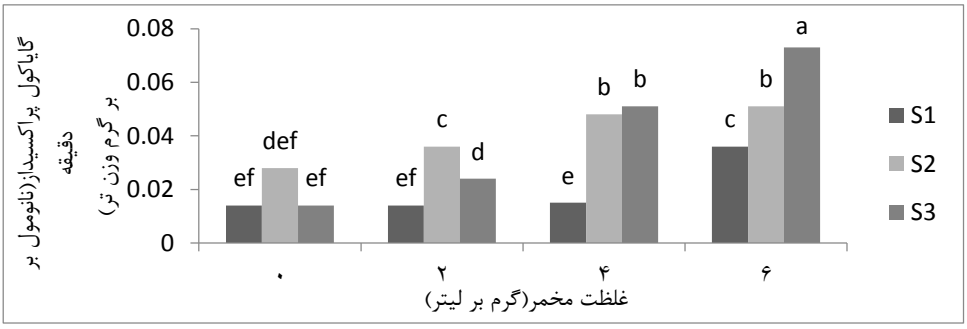
ابراهیمی و همکاران(۲۰۱۶) نتیجه‌گیری کردند که گیاه همیشه بهار با فعال کردن سیستم آنتی-اکسیدانی سلول سعی کرده تنش اکسیداتیو ناشی از کمبود آب را مدیریت کند. بنابراین این دیدگاه را می‌توان اینگونه مطرح کرد که گیاه لوبیا چشم‌بلبلی با فعال کردن سیستم آنتی‌اکسیدانی خود سعی در مدیریت تنش اکسیداتیو دارد(۴/۲۱ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد).

در شرایط تنش آب، گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهان تجمع می‌یابند. در این شرایط در گیاهان یک سیستم دفاعی ایجاد می‌شود که توسط آنزیم‌های محافظت‌کننده درونی تسریع می‌شود که به خوبی از صدمات اکسیژن فعال جلوگیری می‌کند و بنابراین به فعالیت عادی گیاه کمک می‌کند. زمانی که گیاهان در معرض تنش کم آبیاری قرار می‌گیرند لازم است تمام سیستم‌های دفاعی برای مقابله با صدمات اکسیژن فعال، فعالیت خود را شروع کنند. در بسیاری از گیاهان مشخص شده که تنش کم آبیاری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز را تحت تاثیر قرار می-دهد(ماتوز و مورتی، ۲۰۱۵).

شایان ذکر است گایاکول پراکسیداز از اکسیداسیون ترکیبات فنلی گایاکول برای سم‌زدایی و تجزیه‌ی آب اکسیژنه استفاده می‌کند. گایاکول به عنوان دهنده‌ی الکترون عمل می‌نماید. گایاکول پراکسیداز در سیتوزول، دیواره‌ی سلولی و واکوئول نیز دیده می‌شود(هیر، ۲۰۰۷).

در شرایط عادی رشد، بسیاری از فرایندهای متابولیک در گیاهان باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شوند، اما گیاهان مکانسیم‌های آنتی‌اکسیدانی کارآمدی برای از بین بردن آن‌ها دارند(آیترب- ارما-تکس و همکاران، ۱۹۹۸). در مورد اثر عصاره مخمر بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانت گزارش‌های اندکی موجود است. به گفته شافک و همکاران(۲۰۱۵) آنالیز شیمیایی عصاره مخمر نشان‌دهنده وجود آنزیم پراکسیداز به اندازه ۰/۲۹۰ $mg/100_g$ dry weight می‌باشد. از این آنالیز می‌توان نتیجه گرفت با توجه به اینکه در عصاره مخمر این آنزیم وجود دارد، لذا افزایش آن با بالا رفتن غلظت عصاره مخمر دور از انتظار نیست. گزارش شده است که مخمر در گیاهان بر کل مسیر سنتز فلاونوئیدها و ترکیبات فنلی تأثیر دارد، که در غلظت‌های بالای مخمر این احتمال وجود دارد که موجب فعال‌تر شدن دیگر آنزیم‌های

غیر موثر این مسیر شده است(نامکینا و همکاران، ۲۰۰۷) و یا می‌تواند به دلیل فعال‌تر شدن دیگر مسیرهای سیستم آنتی‌اکسیدان از قبیل مسیر آنزیمی باشد. در هر صورت، یکی از اثرات شناخته شده این محرک زیستی جلوگیری از ایجاد تنش در گیاهان و تولید گونه‌های فعال اکسیژن است(ساویتا و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۴- ۱۲- مقایسه میانگین‌های فعالیت گایاکول پراکسیداز تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

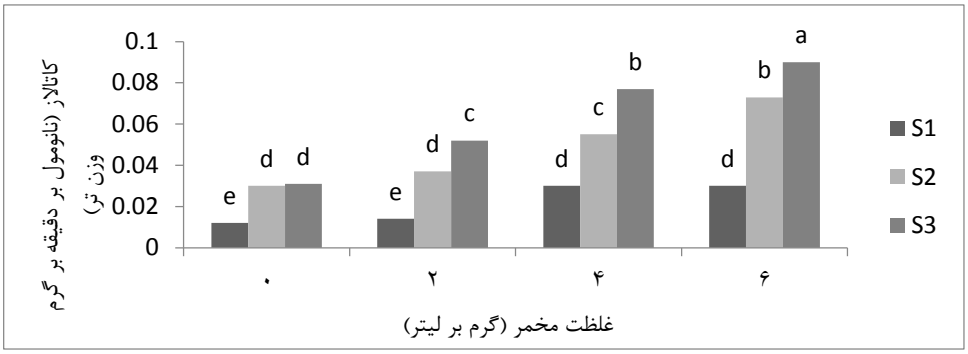
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۳-۲-۲ -کاتالاز

بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها میزان فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی کاتالاز در سطح احتمال یک درصد، به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر اصلی عصاره مخمر، اثر اصلی تنش کم آبیاری و برهمکنش تنش کم آبیاری × محلول‌پاشی مخمر قرار گرفت(جدول ۴-۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی مخمر با غلظت شش گرم بر لیتر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز(۰/۰۹ نانو مول بر دقیقه بر گرم وزن تر) را در لوبیا چشم‌بلبلی موجب شد که تفاوت آماری معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و کمترین مقدار آنزیم کاتالاز ۰/۰۱۲ نانومول بر دقیقه بر گرم وزن تر بود که مربوط به عدم محلول‌پاشی عصاره مخمر در شرایط آبیاری نرمال می‌باشد. به طور کلی در غلظت‌های به کار برده شده در این تحقیق بیش‌ترین میزان آنزیم کاتالاز(به جز شاهد) در شرایط تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی به دست آمد(شکل ۴-۱۳). احتمال می‌رود افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در این پژوهش نیز به علت افزایش رادیکال‌های آزاد به ویژه پراکسید هیدروژن باشد. به خوبی مشخص است که میزان پراکسید هیدروژن تحت تنش افزایش

می‌یابد، همچنان که مشاهده شده سطح پراکسید هیدروژن در توت با افزایش شوری(هاریناسوت و همکاران، ۲۰۰۳)، در خیار با تنش سرما(لی و لی، ۲۰۰۰) و در لوبیا با تیمار باران اسیدی افزایش پیدا کرده است(ولیکووا و همکاران، ۲۰۰۰). در برنج تحت تنش کمبود آب، افزایش فعالیت پراکسیداز که همراه با افزایش فعالیت کاتالاز است، نشان دهنده انتشار پراکسید هیدروژن از کلروپلاست ها می‌باشد(اسریوالی و همکاران، ۲۰۰۳). کاتالاز یکی از سریع‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های شناخته شده است که می‌تواند در کمتر از یک دقیقه شش میلیون رادیکال آزاد هیدروژن پراکسید را به آب و اکسیژن تبدیل نماید(آزپیلیکات و همکاران، ۲۰۰۷). آنزیم‌های APX, GPX, CAT از خورنده‌های مهم پراکسید هیدروژن هستند(پان و همکاران، ۲۰۰۶) که نقش مهمی در خنثی کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارند(نصیبی و همکاران، ۱۳۸۹). بر اساس نتایج این تحقیق گیاه لوبیا چشم‌بلبلی فعالیت آنزیم کاتالاز را در هنگام تنش افزایش داد تا تحمل گیاه به تنش کم آبیاری را افزایش دهد.

کاتالاز از پراکسید هیدروژن به عنوان سوبسترا استفاده می‌کند و با تجزیه‌ی سریع این ماده، اثرات مخرب آن را مهار می‌کند. پراکسید هیدروژن برای سلول‌های گیاهی بویژه کلروپلاست بسیار مضر می‌باشد چرا که در غلظت‌های پایین باعث مهار فعالیت آنزیم‌های چرخه‌ی کالوین بویژه آنزیم‌های دارای گروه سولفیدریل از جمله گلیسرآلدیید، ۳-فسفات دهیدروژناز و فروکتوز ۱ و ۶ بیس فسفات می‌شود. کاتالاز فقط در پراکسی‌زوم وجود دارد، بنابراین دامنه‌ی فعالیت آن محدود است(هیر، ۲۰۰۷). عصاره مخمر به علت داشتن ویتامین‌های گروه B، کیتین، آلیگومرهای N- استیل گلوکوزامین، گلوکان، گلیکوپپتیدها و إرگسترول‌ها می‌تواند باعث پاسخ دفاعی در گیاهان شود(بولر، ۱۹۹۵). در پژوهشی که توسط مقصود و مجیب(۲۰۱۷) بر فعالیت آنزیم کاتالاز صورت گرفت، بیش‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به بالاترین غلظت مورد استفاده در آزمایش خود بود. همچنین امینی(۱۳۹۸) گزارشی ارایه داد مبنی بر اینکه کاربرد عصاره مخمر بر گیاه دارویی استویا(*Stevia rebadiana Bertoni*) در غلظت ۴ و ۸ گرم بر لیتر توانست نسبت به شاهد بیش‌ترین فعالیت کاتالاز را به خود اختصاص دهد.



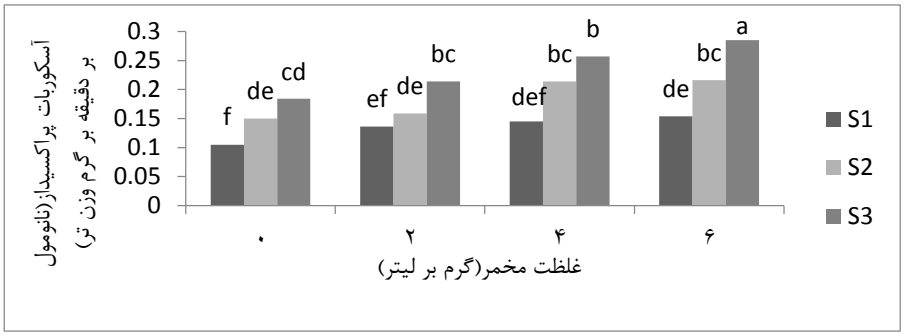
شکل ۴- ۱۳-مقایسه میانگین‌های فعالیت کاتالاز تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۳-۲-۳ آسکوربات پراکسیداز

تجزیه واریانس آنزیم آنتی‌اکسیدانی آسکوربات پراکسیداز نشان داد که اثر اصلی عصاره مخمر در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار شده است، همچنین برهمکنش‌های دو جانبه تنش کم آبیاری × محلول‌پاشی مخمر نیز معنی‌دار($p\leq0.01$) گردید اما اثر اصلی تنش کم آبیاری معنی‌دار نشد(جدول ۴-۴). با توجه به مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین میزان فعالیت این آنزیم(۰/۲۸۵ نانو مول بر دقیقه بر گرم وزن تر) در محلول‌پاشی مخمر در غلظت شش گرم بر لیتر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی بدست آمد که نسبت به بقیه تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری از خود نشان داد. در اثر محلول‌پاشی عصاره مخمر میزان فعالیت این آنزیم نسبت به شاهد ۰/۵۴۸ درصد افزایش داشت(شکل ۴-۱۴). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در هنگام اعمال تنش کم آبیاری در هر دو سطح، نسبت به عدم تنش(S_1)، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به طور معنی‌داری افزایش یافت که نشان می‌دهد گیاه سعی در حفاظت خود در برابر تنش دارد و میزان فعالیت با تنش روند افزایشی نشان می‌دهد. به گفته محمود(۲۰۰۱) عصاره مخمر با داشتن ۲/۷۱ $mg/100_g$ dry weight ویتامین تیامین(B_1)، به عنوان یک کوآنزیم در دکربوکسیلاسیون اسیدهای آلفا – کتون مانند اسید پیرووویک و اسید کتوگلوتاریک که نقش مهمی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها دارند، شرکت می‌کند(بیدول، ۱۹۷۹). تیامین کوفاکتور مهمی برای واکنش‌های ترانستولاسیون چرخه پنتوز فسفات است که پنتوز

فسفات را برای ساخت نوکلئوتیدها و احیای NADP مورد نیاز مسیرهای سنتزی مختلف تامین می-کند(کاواساکا و إجی، ۱۹۹۲). این ویتامین به عنوان کوآنزیم ضروری در تنفس سلولی و در دکربوکسیله شدن پیرووات به استیل کوآنزیم آ نقش داشته و سبب ورود مواد اکسید کننده به چرخه کربس برای تولید انرژی و ایجاد مقاومت به تنش‌های زنده و غیر زنده در گیاه می‌گردد(گویر، ۲۰۱۰). آسکوربات پراکسیداز همانند پراکسیداز در حذف پراکسید هیدروژن دخیل می‌باشد. آسکوربات پراکسیداز این عمل را با واسطه آسکوربات و از طریق جارو کردن پراکسید هیدروژن در سیتوپلاسم و کلروپلاست انجام می‌دهد. این نقش آسکوربات پراکسیداز با نقش کاتالاز و پراکسیداز مشابه است(بناوای‌دز و همکاران، ۲۰۰۰). آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و کاتالاز نقش موازی و مشابهی را در سیستم دفاعی گیاه ایفا می‌کنند و وظیفه هر سه آنزیم فوق سم‌زدایی و تجزیه پراکسید هیدروژن تولید شده در سلول می باشد(آریانو و همکاران، ۲۰۰۵). معمولاً میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در طی تنش‌های محیطی افزایش پیدا می‌کند. گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو ناشی از تنش‌های غیرزنده، میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز خود را افزایش می‌دهند و از این طریق باعث کاستن اثرات زیان‌بار تنش اکسیداتیو و پاکسازی ROS های تولید شده در آپوپلاست می‌شوند(ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹). میزان آنزیم آسکوربات پراکسیداز تحت شرایط تنش افزایش پیدا می‌کند که با نتایج دوبی(۲۰۰۵) مطابقت دارد و در نهایت به طور خلاصه می‌توان اشاره کرد که بیش‌ترین میزان فعالیت این سه آنزیم در شرایط قطع آبیاری در مرحله غلاف‌بندی و کم‌ترین فعالیت این آنزیم‌ها مربوط به عدم کاربرد عصاره مخمر(شاهد) بود، همچنین می‌توان اظهار کرد که استفاده از عصاره مخمر باعث افزایش قابل توجهی در فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول‌پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز در برگ‌های لوبیا نسبت به گیاهان شاهد می‌شود. نتایج به دست آمده با نتایج آباس(۲۰۱۳) مطابقت دارد که اشاره کرد اثر افزایشی عصاره مخمر ممکن است تاثیری بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، هورمون‌های گیاهی و فعالیت آنزیمی که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی گیاه لوبیا می‌شود داشته باشد.



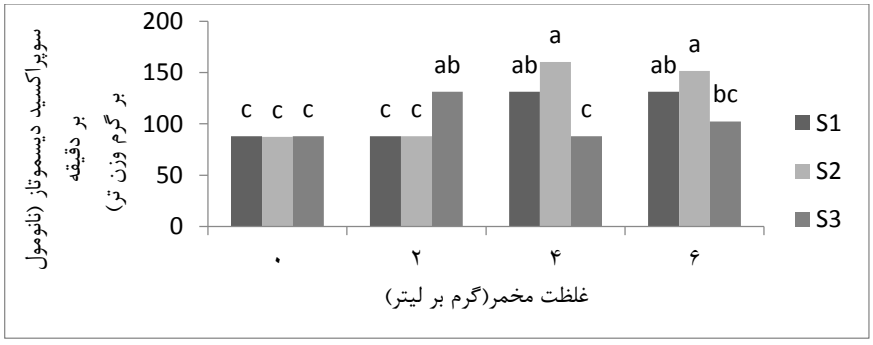
شکل ۴- ۱۴-مقایسه میانگین‌های فعالیت آسکوربات پراکسیداز تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۲-۳-۴ سوپراکسید دیسموتاز

تجزیه واریانس آنزیم آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز(SOD) نشان داد که اثر اصلی عصاره مخمر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، برهمکنش‌های دو جانبه تنش کم آبیاری× محلول‌پاشی مخمر بر این صفت نیز معنی‌دار($p\leq0.05$) گردید، ولی اثر اصلی تنش کم آبیاری معنی‌دار نشد(جدول ۴-۴). با توجه به مقایسه میانگین‌ها بیش‌ترین میزان فعالیت این آنزیم(۱۶۰/۳۴ نانو مول بر دقیقه بر گرم وزن تر) در محلول‌پاشی مخمر در غلظت‌های چهار و شش گرم بر لیتر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی بدست آمد که نسبت به شاهد ۰/۸۳ درصد افزایش داشت. در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی در غلظت‌های ۴ و ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر میزان این آنزیم کاهش پیدا کرد(شکل ۴-۱۵). می‌توان این گونه بازگو کرد با توجه به نقش پراکسیداز در سیستم ضد اکسایشی گیاه، افزایش فعالیت آن در تنش قابل پیش بینی است. اما کاهش فعالیت این آنزیم در برخی غلظت‌ها و سطوح تنش کم آبیاری می‌تواند به دلیل تجمع بیش از حد رادیکال‌های آزاد اکسیژن و رادیکال‌های هیدروکسیل بوده که باعث جلوگیری از فعالیت این آنزیم می‌شود(دمیرال و ترکان، ۲۰۰۵). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی می‌باشد که باعث کاهش رشد گیاهان و در نتیجه کاهش عملکرد آن‌ها می‌شود. در شرایط تنش خشکی گیاه جهت حفظ آب سلول اندام‌های مختلف روزنه‌های خود را می‌بندد. در نتیجه میزان فتوسنتز به دلیل کمبود میزان دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد(پینهیرو

و همکاران، ۲۰۰۴). در چنین شرایطی میزان تشکیل رادیکال‌های فعال اکسیژن به ویژه رادیکال سوپراکسید در کلروپلاست افزایش پیدا می‌کند(پاری و همکاران، ۲۰۰۲؛ شارما و دوبی، ۲۰۰۵). افزایش فعالیت SOD در اثر تنش خشکی به وسیله محققین دیگر نیز گزارش شده است. حبیبی و همکاران(۲۰۰۴) در بررسی نحوه فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط مزرعه در ۵ رقم آفتابگردان نشان دادند که در اثر تنش خشکی فعالیت SOD افزایش می‌یابد. در آزمایش مشابهی بر روی نشاهای برنج نیز مشخص گردید که فعالیت SOD در اثر تنش خشکی افزایش می‌یابد. رن و همکاران(۲۰۱۶) گزارش کردند که تنش کم آبیاری فعالیت آنزیم SOD و آنزیم‌های سیکل آسکوربات – گلوتاتیون را در دو رقم از گیاه *Cerasus humilis* تحریک کرد. اوزکار و همکاران(۲۰۰۹) گزارش کرد که تنش کم آبیاری منجر به افزایش فعالیت SOD در گیاه *Capparis spinose* می‌شود. به طور کلی آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز نقش عمده‌ای در محافظت سلول‌ها علیه تنش اکسیداتیو بر عهده دارند. زیرا آن‌ها رادیکال سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن و اکسیژن مولکولی تبدیل می‌کنند. در اثر تنش خشکی فعالیت هر سه نوع آنزیم سوپراکسید دیسموتاز افزایش پیدا می‌کند. افزایش فعالیت SOD می‌تواند به دلیل افزایش رادیکال سوپر اکسید و یا اینکه یک مکانیسم دفاعی علیه تنش اکسیداتیو در گیاهان باشد(شارما و دوبی، ۲۰۰۵). در آزمایشی با کاربرد بالاترین غلظت عصاره مخمر فعالیت آنزیم SOD روند افزایشی را نشان داد(مقصود و مجیب، ۲۰۱۷).



شکل ۴- ۱۵-مقایسه میانگین‌های فعالیت سوپراکسید دیسموتاز تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

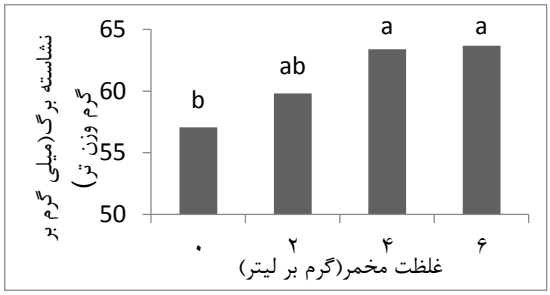
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۴ قندهای محلول

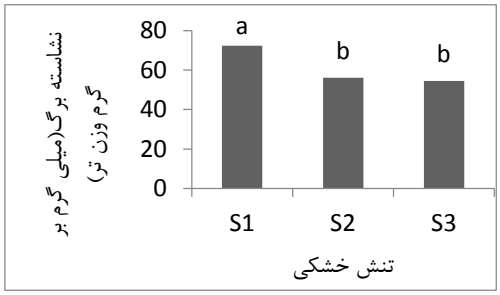
۴-۴-۱ نشاسته برگ

تجزیه واریانس(جدول ۴-۵) نشان داد که اثر تنش کم آبیاری در سطح احتمال یک درصد و محلول‌پاشی مخمر در سطح احتمال پنج درصد مقدار نشاسته در برگ لوبیا چشم‌بلبلی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تنش کم آبیاری نشان داد که تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی سبب کاهش میزان نشاسته برگ(۵۴/۵۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) شد که نسبت به تیمار شاهد ۰/۲۴۶ درصد کاهش پیدا کرد(شکل ۴-۱۶). همچنین نتایج مقایسه میانگین محلول‌پاشی مخمر نشان داد که غلظت‌های چهار و شش گرم بر لیتر باعث افزایش تجمع نشاسته(۶۳/۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در برگ لوبیا شدند(شکل ۴-۱۷). نتایج به دست آمده حاکی از آن است که تیمار عصاره مخمر باعث افزایش معنی‌داری در میزان نشاسته در مقایسه با تیمار شاهد شد(۰/۱۱۶ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد). اسکندری و همکاران(۱۳۹۰) گزارش کردند در اثر اعمال تنش کم آبیاری درصد ماده خشک و نشاسته غده‌های سیب زمینی کاهش می‌یابد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد با افزایش تنش میزان نشاسته کم شده است و می‌توان این‌گونه مطرح کرد که افزایش قندهای محلول در اثر تنش کم آبیاری ناشی از هیدرولیز نشاسته است و معمولا افزایش قندهای محلول با کاهش نشاسته و در بعضی موارد کاهش ساکارز همراه است و همزمان با افزایش قندهای محلول فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده مانند آلفا- آمیلاز و انورتار که به ترتیب نشاسته و ساکارز را تجزیه می‌کنند، افزایش می‌یابد(کاملی و لوزل،۱۹۹۳؛ کلر و لودلو، ۱۹۹۳). محتوای بالای نشاسته به عنوان یک نتیجه مستقیم برای سرعت بالای فتوسنتز با کارایی بالا در نظر گرفته می‌شود، که پیش از این با سطح فتوسنتزی بالا و محتوای بالای رنگدانه‌های فتوسنتزی پیش می‌رفت. با توجه به حلالیت نشاسته ممکن است به گیاهان کمک کنند تا دوره تنش اسمزی ناشی از تنش کم آبیاری را طی کنند. این نتیجه نیز با مطالعه دای(۲۰۰۸) در گندم مطابقت داشت. محمد و فاتن(۲۰۰۷) بیان کردند پودر مخمر حاوی ۱۵ درصد اسیدآمینه و عناصری از

قبیل آهن، روی و منگنز است که آمینواسیدها و ریزمغذی‌ها به واسطه مخمر جذب طیف‌های نوری مناسب گیاه و عمل فتوسنتز را بهبود می‌بخشد و موجب عملکرد گیاه می‌شود. عنصر روی موجود در مخمر موجب سنتز نشاسته می‌شود و معلوم شده است که کاهش در میزان روی موجب کاهش سنتز نشاسته در گیاه می‌شود.



شکل ۴- ۱۶-مقایسه میانگین‌های نشاسته برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری روی لوبیا چشم‌بلبلی



شکل ۴- ۱۷-مقایسه میانگین‌های نشاسته برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی مخمر روی لوبیاچشم‌بلبلی

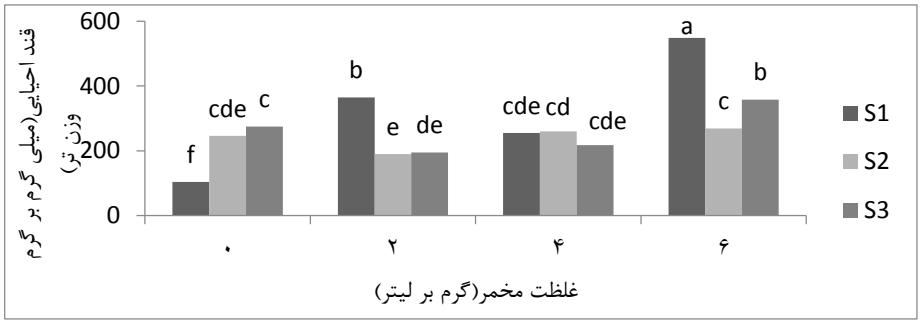
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۴-۲ قند احیایی

تجزیه واریانس میزان قندهای احیایی در لوبیا چشم‌بلبلی نشان داد که این صفت به طور معنی‌داری($P\leq0.01$) تحت تأثیر برهمکنش تنش کم آبیاری × محلول‌پاشی مخمر قرار گرفت. همچنین اثرات اصلی تنش کم آبیاری و عصار مخمر هم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند(جدول ۴-۵). مقایسه‌ی میانگین‌ها حاکی از آن است محلول‌پاشی مخمر با غلظت شش گرم بر لیتر در شرایط آبیاری نرمال(شاهد) بیش‌ترین میزان قند احیایی(۵۴۷/۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را داشت که نسبت به شاهد ۴/۲۵ درصد افزایش معنی‌داری نشان داد. بعد از آن بیش‌ترین مقدار قند احیایی(۳۶۴/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به آبیاری نرمال با غلظت دو گرم بر لیتر عصاره مخمر بود که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی در غلظت شش گرم بر لیتر عصاره مخمر(۳۵۷/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نداشت(شکل ۴-۱۸). در پژوهش حاضر بر روی گیاه

لوبیا چشم‌بلبلی غلظت قندهای محلول، شامل قند کل و قند احیایی همگام با افزایش تنش کم آبیاری زیاد شد(شکل۴-۲۰ و شکل ۴-۱۸)، بر عکس غلظت قندهای غیر احیایی همگام با افزایش سطوح تنش کاهش یافت(شکل۴ -۱۹). تجمع قندهای احیایی(گلوکز، فروکتور، گالاکتوز) در گیاهان در معرض تنش کم آبیاری نتیجه یکسری بر همکنش‌های متابولیسمی است که در تشکیل یا انتقال آن‌ها در برگ شرکت دارند(کامپوز و همکاران، ۱۹۹۹). در حقیقت تعدیل اسمزی، سازوکار دفاعی است که با تجمع قندهای محلول در سلول‌ها می‌تواند فشار تورژسانس آن را حفظ کند(تورنر، ۱۹۹۷). در بیشتر گونه‌های گیاهی، کربوهیدرات‌های محلول به ویژه قندهای احیایی نقش محافظت کننده‌های اسمزی را در تنش کم‌آبی ایفا می‌کنند(لی و لی، ۲۰۰۵). مطالعات انجام شده بر برگ‌های گیاه سویا در تنش کم آبیاری نشان داد غلظت هگزوزها در معرض تنش در مقایسه با شاهد بسیار بیشتر است و میزان ساکارز کاهش می‌یابد(لی‌یو و همکاران، ۲۰۰۴). قبلا اشاره شد که در تنش کم آبیاری میزان نشاسته در گیاه لوبیا چشم‌بلبی کم شد. این کاهش در میزان قندهای غیراحیایی و نشاسته با افزایش در میزان قندهای احیایی کاملا مرتبط است و ممکن است به دلیل تجزیه نشاسته و قندهای غیر احیایی مانند ساکارز و افزایش قندهای احیایی باشد. کاهش میزان نشاسته و قندهای غیراحیایی برگ مانند ساکارز در تنش کم آبیاری در گیاهان دیگری از جمله سویا(هابر و همکاران، ۱۹۸۴) و سایر گیاهان خانواده *Fabacea*(کلر و لودلو، ۱۹۹۳) نیز گزارش شده است که ممکن است به دلیل کاهش سرعت فتوسنتز یا افزایش سرعت تجزیه نشاسته و ساکارز باشد. همچنین در برگ‌های نوعی لوبیا، افزایش فعالیت آنزیم های تجزیه کنندۀ نشاسته(مانند آمیلاز) و ساکاروز(مانند اینورتاز اسیدی و ساکاروز سنتتاز) مشاهده شده است که می‌تواند کاهش نشاسته و ساکاروز را در برگ‌ها و افزایش تجمع قندهای احیایی را باعث شود(کلر و لودلو، ۱۹۹۳). تغییر در غلظت نشاسته برگ‌ها ممکن است نشان دهندۀ تغییر در نسبت منبع به مخزن باشد. در حقیقت در تنش خشکی به دلیل کاهش نسبت منبع به مخزن، بخش بندی کربن بین ساکاروز و نشاسته تغییر می‌کند و صادرات ساکاروز افزایش می‌یابد و در نتیجه، غلظت نشاسته در برگ‌ها کاهش می‌یابد(گلدسچمیدت و هابر، ۱۹۹۲؛ بروإنینگ و إگلی، ۲۰۰۰). همچنین بیان کردند بالا بودن میزان

قندهای احیایی نسبت به غیر احیایی به مفهوم بالا رفتن تنفس جنین بذر در شرایط تنش است. تجمع قندهای احیایی منجر به افزایش سرعت تنفس و انرژی و اصطلاحا مهیا بودن غذا برای بذرهای در حال جوانه زنی را کاهش می‌دهد(انتشاری و همکاران، ۱۳۹۳؛ کیچوا و همکاران، ۱۹۹۴؛ برادر و همکاران، ۲۰۰۱). خشکی یکی از مهم‌ترین عواملی است که مانع فتوسنتز می‌شود(اشرف و هاریس، ۲۰۱۳). تحت تنش کم آبیاری، گلوکز باعث بسته شدن روزنه‌ها و افزایش سازگاری گیاه می‌شود(اوساکاب و همکاران، ۲۰۱۴). در بسیاری از گونه‌های گیاهی، مشاهده شد که رافینوز، استاکیوز و ورباسکوز به طور قابل توجهی در بذر و برگ‌ها تحت خشک شدن دانه‌ها و تنش غیرزیستی به طور قابل توجهی به ترتیب تجمع می‌یابند(پتربایر و ریچتر، ۱۹۹۸؛ سکی و همکاران، ۲۰۰۷؛ محمد خانی و حیدری، ۲۰۰۸؛ جانسکا و همکاران، ۲۰۰۹). نقش این قندها محافظت از غشا، تخلیه رادیکال، جلوگیری از اکسیداسیون غشای سلولی، حفظ آماس برگ‌ها، مهار پسابیدگی از غشاها، پروتئین‌ها و کاهش سرعت فتوسنتز و حفظ محتوای آب برگ و تنظیم اسمزی گیاهان درمواجه با شرایط تنش است(کراسنسکی و جوناک، ۲۰۱۲؛ عرب زاده، ۲۰۱۲؛ سانی و سینگ، ۲۰۰۲). نتایج نشان داد که محتوای بالای قندکل، قند احیایی و قند غیر احیایی به عنوان یک نتیجه مستقیم برای سرعت بالای فتوسنتز با راندمان بالا در نظر گرفته شده، که پیش از این با سطح فتوسنتزی بالا و محتوای بالای رنگدانه‌های فتوسنتزی پیش می‌رفت. ویتامین-های گروه B در متابولیسم کربوهیدرات، چربی‌ها و پروتئین‌ها نقش دارند(فریا وهمکاران، ۲۰۱۰). تیمار عصاره‌ی مخمر باعث افزایش قابل توجهی در قند احیایی، قند غیراحیایی و قند کل نسبت به گیاهان شاهد شد. در بیشتر موارد، مشاهده شد که استفاده از مخمر بسیار موثر است. نتایج به دست آمده با آنچه که توسط بارنت و همکاران(۱۹۹۰) به دست آمده است مطابقت دارد. مدی(۲۰۰۹) و یئو و همکاران(۲۰۰۰) دریافتند که مخمر دارای ترهالوز ۶ -فسفات سنتاز است که یک آنزیم کلیدی برای بیوسنتز ترهالوز است. ترهالوز، متابولیسم قند و همچنین تعادل اسمزی را در برابر برخی تنش‌های محیطی تحت تاثیر قرار می‌دهد.

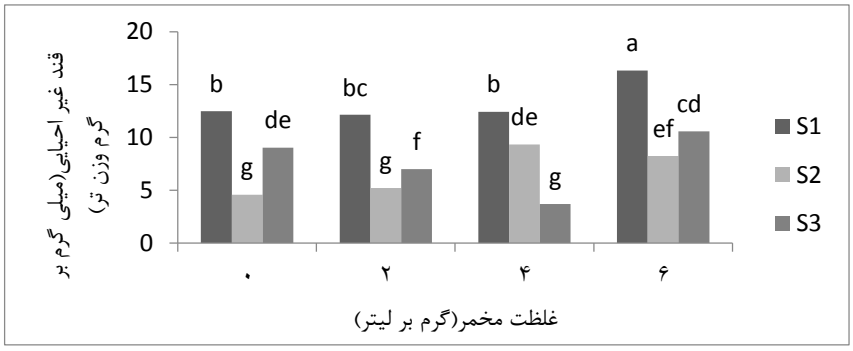


شکل ۴- ۱۸- مقایسه میانگین‌های قند احیایی تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۴-۳ قند غیراحیایی

تجزیه واریانس میزان قندهای غیراحیایی در لوبیا چشم‌بلبلی نشان داد که این صفت به طور معنی‌داری($P\leq0.01$) تحت تأثیر برهمکنش تنش کم آبیاری × محلول‌پاشی مخمر قرار گرفت. اثر اصلی عصاره مخمر و اثر اصلی تنش کم آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند(جدول ۴-۵). مقایسه‌ی میانگین‌ها حاکی از آن است محلول‌پاشی مخمر با غلظت شش گرم بر لیتر در شرایط آبیاری نرمال(شاهد) بیش‌ترین میزان قند غیر احیایی(۱۶/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را به خود اختصاص داد و نسبت به شاهد ۰/۳۰۸ درصد افزایش داشت. کمترین میزان قند غیر احیایی(۳/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به غلظت چهار گرم بر لیتر در شرایط ۵۰ درصد غلاف‌بندی بود که اختلاف آماری معنی‌داری با غلظت صفر و غلظت دو گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط تنش کم آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی نداشت(شکل ۴-۱۹). عصاره مخمر به علت افزایش فتوسنتز باعث افزایش قند محلول در گیاهان می‌شود. صدی جاسم(۲۰۰۹) گزارش کرد کاربرد عصاره مخمر باعث افزایش غلظت نیتروژن و پتاسیم برگ شده و پتاسیم از جمله عناصر مورد نیاز گیاه است که نقش مهمی در انتقال قندهای محلول دارد. ویتامین‌های گروه B در متابولیسم کربوهیدرات، چربی‌ها و پروتئین‌ها نقش دارند(فریا وهمکاران، ۲۰۱۰). به نظر می‌رسد افزایش قندهای محلول توسط عصاره مخمر، احتمالاً به این دلیل است که عصاره مخمر در اندام‌های هوایی گیاه ذخیره می‌شود.



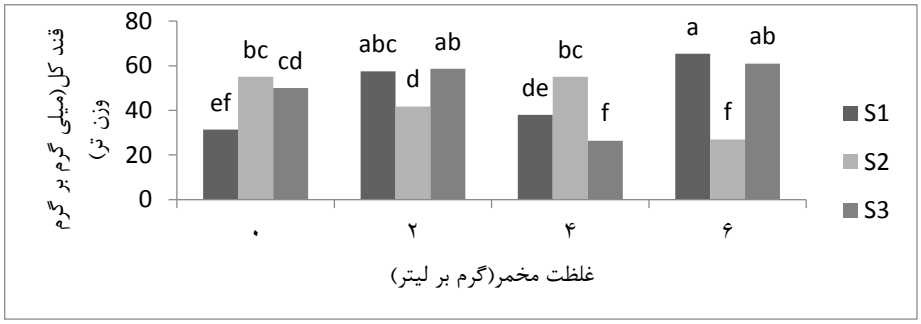
شکل ۴- ۱۹-مقایسه میانگین‌های قند غیر احیایی تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۴-۴ قند کل

تجزیه واریانس میزان قندکل در لوبیا چشم‌بلبلی نشان داد که این صفت به طور معنی‌داری($P\leq0.01$) تحت تأثیر برهمکنش تنش کم آبیاری × محلول‌پاشی مخمر قرار گرفت. همچنین اثر اصلی مخمر در سطح یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر اصلی تنش کم آبیاری معنی‌دار نشد(جدول ۵-۴). مقایسه‌ی میانگین‌ها حاکی از آن است محلول‌پاشی مخمر با غلظت شش گرم بر لیتر در شرایط آبیاری نرمال(شاهد) بیش‌ترین میزان قند کل(۶۵/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را داشت که نسبت شاهد ۱/۰۸ درصد افزایش نشان داد اما به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با همین غلظت در مرحله ۵۰ درصد غلاف بندی مشاهده نشد. همچنین با غلظت دو گرم بر لیتر عصاره مخمر در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی و آبیاری نرمال(شاهد) هم تفاوتی به لحاظ آماری نداشتند(شکل ۴-۲۰). پاریدا و همکاران(۲۰۰۷) دریافتند میزان قندهای محلول و قندهای احیا شونده در اثر اعمال تنش رطوبتی در گیاه پنبه به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. مسعودی-صادقیانی و همکاران(۲۰۱۱) نیز اثر چهار رژیم رطوبتی ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه را در ۳ مرحله رشد سیب زمینی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها حاکی از آن بود که میزان قندهای محلول در برگ‌های سیب زمینی در اثر اعمال تنش در هر سه مرحله نموی ۵۰ درصد سبز شدن، ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک به شدت افزایش یافته که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. در شرایط تنش کم آبیاری،

کربوهیدرات‌های پیچیده موجود در بافت‌های گیاهان به کربوهیدرات‌های ساده‌تر تجزیه می‌شوند تا ضمن افزایش حلالیت تنظیم اسمزی صورت گرفته و تحمل گیاه به تنش کم آبیاری افزایش یابد(چاوز و همکاران، ۲۰۰۲). ویتامین‌های گروه B در متابولیسم کربوهیدرات، چربی‌ها و پروتئین‌ها نقش دارند(فریا و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۴- ۲۰-مقایسه میانگین‌های قند کل تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

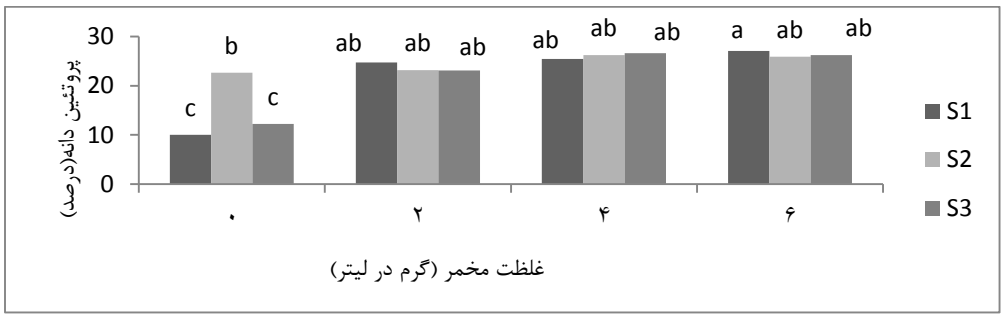
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۵ پروتئین

۴-۵-۱ پروتئین دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس(جدول۴-۶) اثر اصلی تنش کم آبیاری، اثر اصلی عصاره مخمر و برهمکنش تنش کم آبیاری × مخمر بر میزان پروتئین دانه تأثیر معنی‌داری($P\leq0.01$) بر جای گذاشت. مقایسه میانگین برهمکنش تنش کم آبیاری × محلول‌پاشی مخمر نشان داد که محلول‌پاشی مخمر با غلظت دو، چهار و شش گرم بر لیتر تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند. پروتئین دانه نسبت به شاهد(عدم محلول‌پاشی مخمر) به میزان ۱/۶۹درصد افزایش معنی‌داری داشت(شکل ۴-۲۱). در این زمینه دنیل و تربیوی(۲۰۰۸) در آزمایش‌های جداگانه بر روی ذرت و گندم به این نتیجه رسیدند که تنش کم آبیاری موجب افزایش درصد پروتئین دانه نسبت به شرایط مطلوب آبیاری گردید، آن‌ها دلیل این امر را کاهش انتقال مواد فتوسنتزی اعلام نمودند که باعث کاهش نسبت حجم آندوسپرم نشاسته ای به کل حجم دانه

می‌شود و از آن جائی که درصد پروتئین در پوسته و جنین نسبت به آندوسپرم نشاسته‌ای بیش‌تر است بنابراین درصد پروتئین دانه در شرایط تنش کم آبیاری افزایش می‌یابد(دنیل و تریبویل، ۲۰۰۸). پژوهشگران دیگر بیان داشتند که افزایش درصد پروتئین دانه در جهت کمک به تنظیم و تعادل اسمزی سلول در شرایط تنش رطوبتی روی می‌دهد(گاستا و چن، ۱۹۸۷). إل شفی و همکاران(۲۰۱۶) گزارش کردند کاربرد برگی عصاره مخمر روی گیاه باقلاسبز اثر افزایشی روی پروتئین دانه نسبت به شاهد داشته است. إل دسوکی و همکاران(۱۹۹۸) و واناز(۲۰۰۶) اثرات تحریکی عصاره مخمر بر سنتز پروتئین را گزارش کردند. ویتامین‌های گروه B در متابولیسم کربوهیدرات، چربی‌ها و پروتئین‌ها نقش دارند(فریا وهمکاران، ۲۰۱۰).



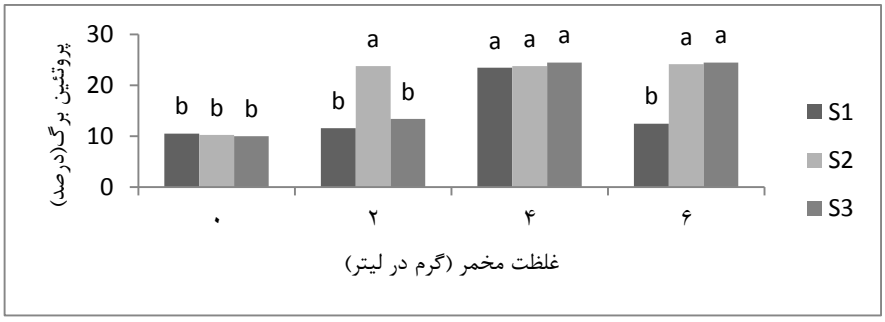
شکل ۴- ۲۱-مقایسه میانگین‌های پروتئین دانه تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم بلبلی

(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۵-۲ پروتئین برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس(جدول۴-۶) اثر اصلی عصاره مخمر، اثر اصلی تنش کم آبیاری و برهمکنش تنش کم آبیاری × مخمر بر میزان پروتئین برگ تأثیر معنی‌داری($P\leq0.01$) بر جای گذاشت. مقایسه میانگین برهمکنش تنش کم آبیاری × محلول‌پاشی مخمر نشان داد که با محلول‌پاشی مخمر غلظت دو گرم بر لیتر در شرایط تنش در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی، غلظت چهار و غلظت شش گرم بر لیتر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی درصد پروتئین برگ بالاتری(۲۴/۵درصد) حاصل شد که نسبت به شاهد ۱۴/۴۷ درصد افزایش نشان داد(شکل ۴-۲۲). ویتامین‌های گروه B در متابولیسم کربوهیدرات، چربی‌ها و پروتئین‌ها نقش دارند(فریا و همکاران، ۲۰۱۰).

افزایش درصد پروتئین و اسیدآمینه آزاد را می‌توان به هورمون‌های رشد تولید شده توسط مخمر نسبت داد، کاربرد عصاره مخمر باعث تحریک پروتئین می‌شود(سالی، ۱۹۷۳). مخمر به عنوان منبع طبیعی سیتوکینین‌ها، تقسیم و افزایش سلول‌ها را افزایش می‌دهد و همچنین بزرگ شدن و سنتز پروتئین، اسید نوکلئیک را موجب می‌شود(مدی، ۲۰۰۹). سیتوکینین‌ها همچنین جذب اسیدهای آمینه و نگهداری پروتئین‌ها را در گیاه تقویت می‌کنند(مجیدیان و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۴- ۲۲-مقایسه میانگین‌های پروتئین برگ تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

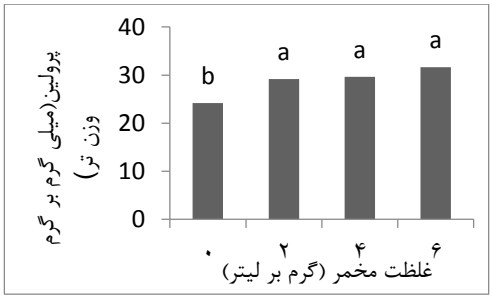
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۵-۳ ایمونواسید پرولین

تجزیه واریانس(جدول ۴-۶) نشان داد که اثر تنش کم آبیاری در سطح احتمال یک درصد و محلول‌پاشی مخمر در سطح احتمال پنج درصد برای پرولین در برگ لوبیا چشم‌بلبلی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تنش کم آبیاری نشان داد که در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی تجمع بیش‌تر پرولین(۳۲/۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نسبت به سایر تیمارها ایجاد شد و نسبت به شاهد(عدم تنش کم آبیاری) ۰/۲۷۷ درصد افزایش پرولین مشاهده شد(شکل ۴-۲۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین محلول‌پاشی مخمر نشان داد که غلظت‌های دو، چهار و شش گرم بر لیتر باعث افزایش پرولین(۳۱/۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) شدند و تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند که نسبت به شاهد(عدم محلول‌پاشی) ۲۳/۵۶ درصد افزایش نشان داد(شکل ۴-۲۴). به گفته محمود(۲۰۰۱) عصاره مخمر به دلیل داشتن منابع غنی اسید آمینه(بخصوص پرولین به اندازه mg/100g dry

1/53weight) نقش مهمی در تنظیم پتانسیل اسمزی گیاه در پاسخ به تنش اسمزی دارد که خود باعث افزایش در پرولین می‌شود که با نتایج إل گارهی(۲۰۰۲) روی باقلا و علائی(۲۰۱۲) روی گندم مطابقت دارد که نقش آمینواسیدها در تحمل به تنش‌های غیر زیستی گزارش شده است(سینگ، ۱۹۹۹) ولی در تحقیقی دیگر حمد و علی(۲۰۱۴) نتیجه عکس گزارش کردند، که کاربرد عصاره مخمر روی گندم باعث کاهش معنی‌دار پرولین در مقایسه با شاهد شد که بیش‌ترین کاهش مربوط به غلظت ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر به ثبت رسید. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت احتمالا تاثیر عصاره مخمر بر میزان پرولین بسته به نوع گیاه و غلظت عصاره مخمر فرق می‌کند.

پرولین اسید آمینه‌ای است که افزایش غلظت آن فراوان‌ترین و عمومی‌ترین پاسخی است که به محض ایجاد استرس مشاهده می‌شود. تجمع مقادیر بالای پرولین به عنوان یک اسمولیت گیاه را قادر می‌سازد تا پتانسیل آبی خود را پایین نگه دارد(هایات، ۲۰۱۲). پرولین علاوه بر تنظیم اسمزی به عنوان محافظ در برابر تنش نیز عمل می‌کند. علاوه بر این پرولین به طور مستقیم و یا غیر مستقیم با ماکرومولکول‌ها اثر متقابل داشته و از این طریق به حفظ شکل و ساختار طبیعی آنها در شرایط تنش کمک می‌کند. پرولین همچنین باعث کاهش میزان رادیکال‌های آزاد در پاسخ به تنش اسمزی می‌شود(کوک و همکاران، ۲۰۱۰). پرولین به عنوان اسیدآمینه ذخیره شده در سیتوپلاسم، احتمالا در حفاظت از ساختمان ماکرومولکول‌های درون سلول در طی تنش کم آبیاری نقش موثری برعهده دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد افزایش پرولین در شرایط تنش کم آبیاری، نیازمند مصرف انرژی می‌باشد که در صورت ادامه روند تولید پرولین، میزان عملکرد گیاه کاهش پیدا می‌کند(باهنرت و شین، ۱۹۹۱).



شکل ۴-۲۳-(چپ)مقایسه میانگین‌های پرولین تحت تأثیر تنش کم آبیاری روی لوبیا چشم‌بلبلی
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

شکل ۴- ۲۴-(راست) مقایسه میانگین‌های پرولین تحت تأثیر محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی

۴-۶ عناصر معدنی

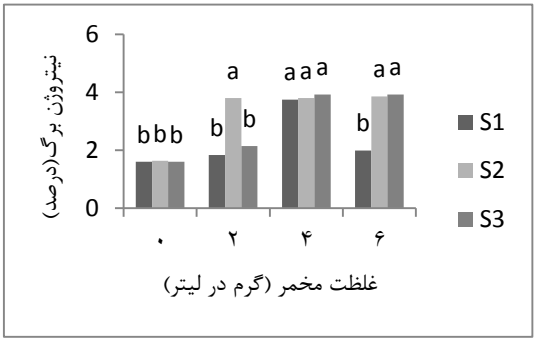
۴-۶-۱ نیتروژن دانه

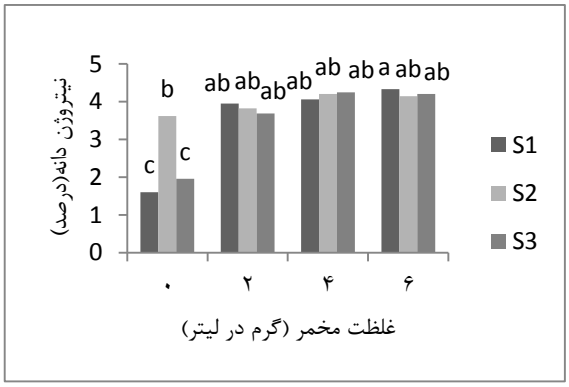
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تنش کم آبیاری، مخمر و برهمکنش تنش کم آبیاری × عصاره مخمر($P\leq0.01$) بر میزان نیتروژن دانه معنی‌دار بود(جدول۴-۶). مقایسه میانگین‌های محتوای نیتروژن تحت تاثیر برهمکنش تنش کم آبیاری × عصاره مخمر نشان داد که میزان نیتروژن در شرایط استفاده از محلول‌پاشی مخمر با غلظت‌های دو، چهار و شش گرم بر لیتر اختلاف آماری معنی-داری با یکدیگر نداشتند(شکل ۴-۲۵). افزایش درصد پروتئین و اسیدآمینه آزاد را می‌توان به هورمون-های رشد تولید شده توسط مخمر نسبت داد، کاربرد عصاره مخمر باعث تحریک پروتئین می‌شود(سالی، ۱۹۷۳). مخمر به عنوان منبع طبیعی سیتوکینین‌ها، تقسیم و افزایش سلول‌ها را افزایش می‌دهد و همچنین بزرگ شدن و سنتز پروتئین، اسید نوکلئیک را موجب می‌شود(مدی، ۲۰۰۹).

۴-۶-۲ نیتروژن برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تنش کم آبیاری، مخمر و برهمکنش تنش کم آبیاری × عصاره مخمر($P\leq0.01$) بر میزان نیتروژن برگ معنی‌دار بود(جدول۴-۶). مقایسه میانگین برهمکنش تنش کم آبیاری × محلول‌پاشی مخمر نشان داد که با محلول‌پاشی مخمر در غلظت دو گرم بر لیتر در شرایط تنش در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی، غلظت چهار و غلظت شش گرم بر لیتر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی درصد نیتروژن برگ بالاتری(۳/۹درصد) حاصل شد که نسبت به شاهد ۲/۳ درصد افزایش نشان داد(شکل ۴-۲۶). گزارشات حاکی از آن است که افزایش نیتروژن یک نوع مکانیزم مقاومت در برابر تنش کم آبیاری می‌باشد(ریکاردی و همکاران، ۱۹۹۸) که با نتایج این پژوهش در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی در یک راستا است. از سویی دیگر فتحی و

همکاران(۲۰۰۰) گزارش کردند که کاربرد عصاره مخمر روی گیاه گوجه فرنگی سبب افزایش نیتروژن برگ شده است. این نتایج با نتایج بویلاکو و همکاران(۲۰۰۸) مطابقت دارد. می‌توان احتمال داد که با قرار گرفتن نیتروژن به حد مطلوب در اختیار گیاه، میزان تولید پروتئین در برگ افزایش یافته که این باعث می‌شود گیاه به صورت کارآمدتری با تنش مقابله کند. نتایج تحقیقی نشان داد که کاربرد مجزای تلقیح باکتریایی، کود زیستی و تلفیق آن‌ها با کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، درصد نیتروژن کاسبرگ چای ترش(*Hibibscus sabdariffa L*) را به طور معنی‌داری افزایش داد(حسن، ۲۰۰۹).





شکل ۴- ۲۶- مقایسه میانگین‌های نیتروژن برگ تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا
شکل ۴- ۲۵- مقایسه میانگین‌های نیتروژن دانه تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۳-۶-۴ فسفر دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تنش کم آبیاری و برهمکنش تنش کم آبیاری × مخمر($P\leq0.01$) بر میزان فسفر دانه معنی‌دار بود اما اثر اصلی محلول‌پاشی مخمر معنی‌دار نشد(جدول۴-۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در ترکیب تیمار کاربرد محلول‌پاشی مخمر با غلظت دو گرم بر لیتر در شرایط آبیاری نرمال(با میانگین ۰/۰۵۶ درصد) و در محلول‌پاشی مخمر با غلظت شش گرم بر لیتر در تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی بیش‌ترین درصد فسفر دانه(با میانگین ۰/۰۵۵ درصد) بدست آمد(شکل ۴-۲۷). تنش ملایم و شدید آب به طور قابل توجهی باعث کاهش جذب N، P، K در گندم نسبت به شرایط طبیعی می‌شود(ماریا و همکاران ۲۰۰۸؛ باکیو و همکاران ۲۰۰۶). استفاده از عصاره مخمر باعث افزایش درصد NPK در مقایسه با شاهد شد(حمد و علی، ۲۰۱۴). عصاره مخمر

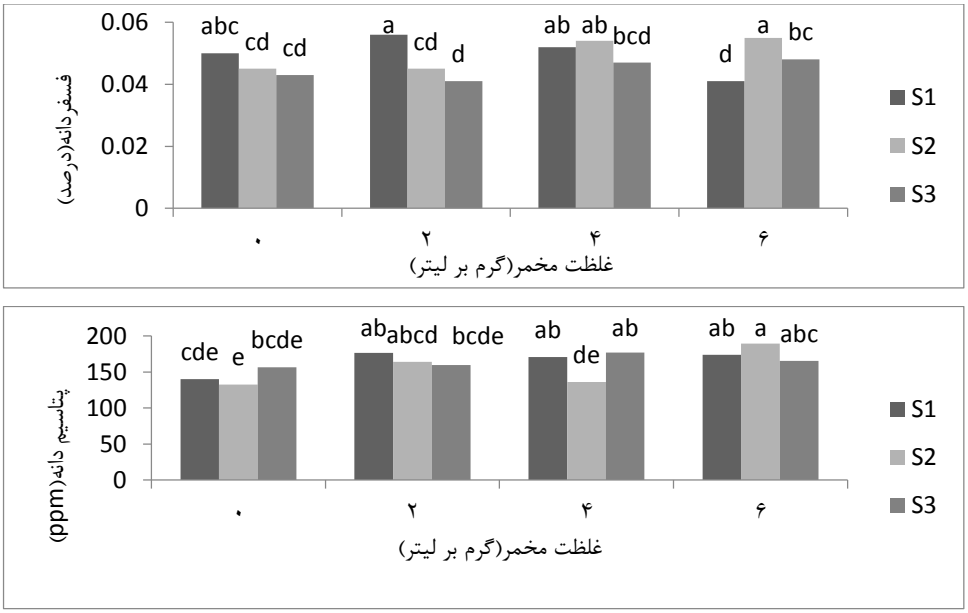
جذب عناصر مختلف توسط ریشه‌ها و همچنین انتقال و تجمع آن‌ها در برگ‌ها و گیاه را افزایش می-دهد(مدی ۲۰۰۹؛ حمد ۲۰۰۸). کاربرد عصاره‌های طبیعی اثرات منفی تنش کم آبیاری را کاهش داده و باعث افزایش معنی‌داری در غلظت‌های N، P، K گیاه لوبیا می‌شود(إل گارهی، ۲۰۰۲). همچنین کاربرد عصاره مخمر تحت شرایط تنش کم آبیاری باعث افزایش معنی‌داری در درصد N، P ،K در نخود شد که می‌تواند به دلیل مواد معدنی، کربوهیدرات‌ها و هورمون‌ها باشد(حمد، ۲۰۰۸). بهبود کیفیت دانه با استفاده از عصاره مخمر گزارش شده است(درومانتین و همکاران ۲۰۰۹؛ آباس ۲۰۱۳). عصاره مخمر مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم محتوای دانه‌های حبوبات را افزایش داد و همین‌طور میزان نیتروژن، پتاسیم، فسفر و کلسیم در گیاهان گوجه فرنگی افزایش یافت(سندرکر و کوچران، ۱۹۸۰).

این ارگانیسم‌ها با بهبود جذب مواد مغذی و تولید برخی از فیتوهورمون‌های گیاهی، رشد گیاهان را تسهیل می‌کنند و فرم فسفر نامحلول را به یک فسفر قابل جذب برای گیاهان تبدیل می‌کنند(هوم و همکاران، ۱۹۹۲). اثرات مثبت استفاده از عصاره مخمر شامل افزایش درصد پروتئین، افزایش میزان ویتامین B و مواد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی طبیعی مانند سیتوکنین‌ها می‌باشد(صدی جاسم، ۲۰۰۹) نقش فیزیولوژیکی ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه موجود در عصاره مخمر، باعث افزایش فرآیندهای متابولیکی و سطوح هورمون‌های رشد مانند GA_3 و IAA می‌شود(سرحان و عبدالله، ۲۰۱۰) که به نوبه خود منعکس‌کننده افزایش غلظت عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر بوده و ویژگی‌های رشدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و روندی مشابه این توسط فتحی و همکاران(۲۰۰۰) روی گوجه فرنگی گزارش شد. نتایج این پژوهش در این زمینه با یافته‌های مونا و همکاران(۲۰۰۵) روی خیار، گوما و همکاران(۲۰۰۵) روی سیب‌زمینی و ال-توحامی ال-گردی(۲۰۰۷) روی لوبیا مطابقت داشت.

۴-۶-۴ پتاسیم دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی مخمر و برهمکنش تنش کم آبیاری × عصاره مخمر($P\leq0.01$) بر میزان پتاسیم معنی‌دار بود اما اثر اصلی تنش کم آبیاری معنی‌دار نشد(جدول۴-۶).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد در ترکیب تیماری کاربرد محلول‌پاشی مخمر با غلظت شش گرم بر لیتر در تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی بیش‌ترین میزان پتاسیم دانه(۱۸۹/۶۷ ppm) بدست آمد. کمترین میزان پتاسیم دانه(۱۳۲/۶۳ ppm) در عدم محلول‌پاشی عصاره مخمر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی بدست آمد که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با عدم کاربرد آن در سطح اول و سوم(S_1, S_3) تنش کم آبیاری و غلظت ۴ گرم بر لیتر در شرایط ۵۰ درصد گل‌دهی و غلظت ۲ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط ۵۰ درصد غلاف بندی نداشت(شکل ۴-۲۸). افزایش مقدار پتاسیم گیاه گوجه فرنگی با کاربرد عصاره مخمر توسط فتحی و همکاران(۲۰۰۰) گزارش شد. کاهش میزان پتاسیم ممکن است به علت کاهش جذب ریشه‌ها در هنگام قرار گرفتن گیاهان در شرایط تنش کم آبیاری باشد(لارسون، ۱۹۷۵).



شکل ۴- ۲۷- (بالا)مقایسه میانگین‌های فسفر دانه تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا
شکل ۴-۲۸-(پایین) مقایسه میانگین‌های پتاسیم دانه تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۶-۵ سدیم دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر هیچ کدام از تیمارها بر میزان سدیم دانه معنی‌دار نبود(جدول۴-۶). اما محققینی بودند که نتایج متفاوت گزارش کردند، برمنر و مولوانی(۱۹۸۲) اعتقاد

داشتند که یکی از روش‌های بررسی میزان تحمل بافت‌ها میزان عناصر موجود در آن‌ها به خصوص غلظت سدیم است. همچنین مونز و جیمز(۲۰۰۱)، میزان سدیم جذب شده را به دلیل اینکه کم‌تر تحت تاثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد یکی از بهترین فاکتورهای بررسی میزان تحمل دانستند. تجمع سدیم در بافت بیشتر به دلیل جذب بیشتر توسط ریشه و تخلیه بیشتر از آوند چوب به برگ است. زو و همکاران(۲۰۰۱) بیان کردند که هر چه قدرت جذبی ریشه بیشتر باشد، مقدار سدیم گیاه بیشتر می‌شود، بنابراین اندازه‌گیری میزان سدیم به طور غیر مستقیم بیان کننده قدرت تحمل به تنش است. کرامر و همکاران(۱۹۹۴) بیان کردند که میزان پتاسیم و کلسیم و نسبت‌های آن‌ها با سدیم ارتباط بسیار زیادی با تحمل به شوری دارد.

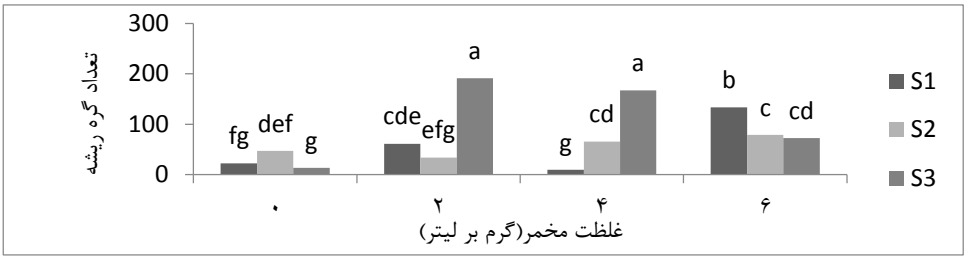
۴-۷ گره ریشه

۴-۷-۱ تعداد گره ریشه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر و برهمکنش تنش کم آبیاری × عصاره مخمر($P\leq0.01$) بر میزان تعداد گره ریشه معنی‌دار بود(جدول۴-۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در ترکیب تیماری کاربرد محلول‌پاشی مخمر با غلظت دو گرم بر لیتر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی بیش‌ترین تعداد گره ریشه(۱۹۱/۳۳) بدست آمد که تفاوت آماری معنی داری با غلظت چهار گرم بر لیتر در شرایط تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی نداشت و نسبت به شاهد ۱۲/۹۹ درصد افزایش نشان داد. کمترین تعداد گره ریشه(۹/۶۷) هم مربوط به عدم تنش در غلظت چهار گرم بر لیتر بود که در مقایسه با عدم محلول‌پاشی در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی(۱۳/۶۷) تفاوت آماری معنی‌داری نداشت(شکل ۴-۲۹). هادی و همکاران(۲۰۱۰) نتیجه گرفتند که گیاهان حاصل از بذرهای شرایط تنش کم آبیاری از تعداد گره و وزن خشک گره ریشه بیشتری برخوردار بودند. تثبیت بیولوژیکی نیتروژن بدون شک یکی از مهم‌ترین فرآیندها درکشاورزی است که در بیشتر اکوسیستم‌ها رخ می‌دهد. این فرآیند به دست آمده از یک ارتباط متقابل

بین میکروارگانیسم پروکاریوت و گیاه میزبان و در نتیجه تشکیل گره بر روی ریشه گیاه می‌باشد. سالانه مقدار زیادی از نیتروژن اتمسفری از این طریق وارد خاک می‌شود. گره‌های ایجاد شده توسط باکتری ریزوبیوم می‌توانند ۸۰ -۵ درصد نیتروژن کل گیاه را تشکیل دهند. فرآیند گره‌زایی با تراوش برخی ترکیبات شامل فلاونوئیدها و ایزوفلاونوئیدها از ریشه گیاه که به عنوان سیگنال مولکولی گیاه به باکتری محسوب می‌شوند، آغاز می‌گردد. این ترشحات باعث جذب ریزوبیوم‌ها به سمت ریشه گیاه، افزایش رشد و تکثیر آن‌ها در منطقه ریزوسفر در رقابت با سایر میکروارگانیسم‌ها و مهم‌تر از همه باعث تحریک ژن‌های گره‌زا در باکتری می‌گردد که نتیجه آن بیان ژن‌های گره‌زا و ترشح یک نوع لیپوکیتوالیگوساکارید به نام فاکتور گره‌زا توسط باکتری است(پریتیویراج و همکاران، ۲۰۰۳). فاکتور گره‌زا باعث پاسخ‌های فیزیولوژیکی پیچیده‌ای در گیاه از جمله: خمیده شدن، تغییر شکل ریشه‌های موئین، تمایز سلول‌های کورتکس ریشه و تحریک مریستم‌های گره می‌شود(میرانصاری و همکاران، ۲۰۰۶).

در عصاره مخمر به میزان ۰/۹۲ $mg/100_g$ dry weight عنصر آهن وجود دارد(شافک و همکاران، ۲۰۱۵)، با افزایش میزان آهن، کلروفیل برگ افزایش یافته و در نتیجه آن فعالیت فتوسنتزی و سهم فتوآسمیلات اختصاص یافته به ریشه‌ها بیشر شده و در نهایت تعداد و وزن گره در ریشه افزایش یافته است(گاس و جانسون، ۲۰۰۰). همچنین، گزارش شده است که عنصر آهن در ساختار آنزیم‌های کلیدی مانند نیتروژناز، نیتریت و نیترات ردوکتاز و لگ هموگلوبین نقش اساسی دارد. افزون بر این، نتایج مطالعات مؤید این است که در صورت کمبود آهن میزان گره‌های تشکیل شده بر روی ریشه و رشد آن‌ها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد(اسلتنی و همکاران، ۲۰۰۸). عصاره مخمر حاوی سیتوکنین ها است و سیتوکنین‌ها نقش بسیار مهمی در تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول‌ها و همچنین سنتز پروتئین می‌شود(احمد و همکاران، ۲۰۱۱)، لذا می‌توان این دیدگاه را این‌گونه مطرح کرد که عصاره مخمر تقسیم سلولی ریشه‌ها را افزایش داده و هم تعداد گره و وزن ریشه‌ها را توانسته است افزایش دهد. این نتایج در مورد سویا و نخود نیز مشاهده شد که کاربرد عصاره مخمر باعث افزایش گره ریشه‌ها شده است و توانسته تعداد گره‌های ریشه این گیاهان را افزایش دهد(سینگ و همکاران، ۱۹۹۱).



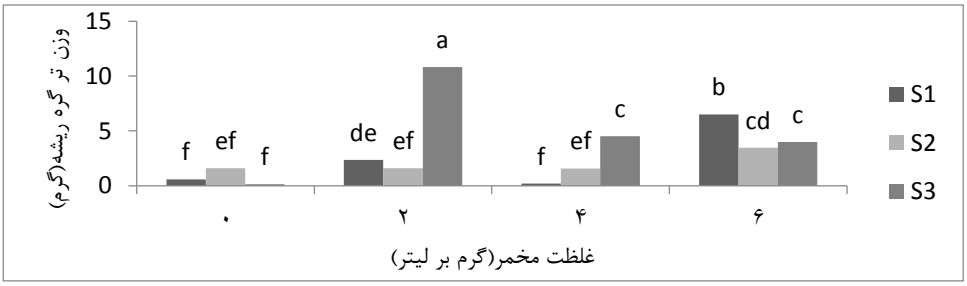
شکل ۴- ۲۹- مقایسه میانگین‌های تعداد گره ریشه تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا (S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۷-۲ وزن تر گره ریشه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر و برهمکنش تنش کم آبیاری × عصاره مخمر($P\leq0.01$) بر میزان وزن تر گره ریشه معنی‌دار بود(جدول۴-۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در ترکیب تیماری کاربرد محلول‌پاشی مخمر با غلظت دو گرم بر لیتر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی بیش‌ترین وزن تر گره ریشه(۱۰/۸۲ گرم) بدست آمد. محققین علت این امر را در گیاهان میکوریزایی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه دانستند(آلبریچت و همکاران، ۱۹۹۹). کم‌ترین وزن تر گره ریشه(۰/۱۵ گرم) هم مربوط به غلظت صفر عصاره مخمر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی بود که با سطح اول و دوم تنش کم آبیاری در همین غلظت تفاوت آماری معنی‌داری نداشت(شکل ۴-۳۰). علت کاهش تعداد غدد ریشه و یا عدم تشکیل آن را می‌توان ناشی از کم شدن رشد برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز دانست. تنش کم آبیاری باعث کاهش فتوسنتز و در نتیجه ATP که برای تثبیت نیتروژن ضروری است می‌گردد(دجونگ و فیلیپس، ۱۹۸۲). همچنین نسبت کربن به نیتروژن عامل تعیین کننده‌ای در تشکیل غده تثبیت ازت می‌باشد(صدرآبادی، ۱۳۶۸) و نیز عدم تکثیر باکتری ریزوبیوم در شرایط تنش کم آبیاری(اسپرنت، ۱۹۷۱) و تاثیر تنش کم آبیاری بر نفوذ ریزوبیوم به درون تارهای کشنده(گالاچر و اسپرنت، ۱۹۷۸) از دیگر دلایل برای عدم تشکیل غده در شرایط تنش کم آبیاری می‌تواند باشد. صدر آبادی(۱۳۶۸) در بررسی گونه‌های یونجه نتیجه گرفت که تنش کم آبیاری باعث کاهش تعداد غدد بر روی ریشه یونجه می‌گردد(دجونگ و فیلیپس، ۱۹۸۲). در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که در اثر تنش کم آبیاری

تعداد روزنه‌ها کاهش یافته و این موضوع نیز بر میزان سنتز ماده خشک در اندام‌های هوایی تاثیر می‌گذارد(بوتری و همکاران، ۱۹۹۳). نشان دادند که تنش کم آبیاری باعث افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی در یونجه‌های چند ساله می‌گردد(آنتولین و سانچز، ۱۹۹۳). مواد معدنی مانند روی، مس و ویتامین‌های B در عصاره مخمر، نقش مهمی در تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها، تحریک فرایند فتوسنتزی، رشد ساقه و ریشه دارند و یا عناصر موجود در مخمر از قبیل نیتروژن، پتاسیم و فسفر نیز نقش مهمی در تغذیه گیاهان دارند و برای رشد و توسعه گیاهی بسیار ضروری هستند(ادکانت و همکاران، ۲۰۱۰). بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که رشد ریشه گیاه ممکن است به طور مستقیم یا غیر مستقیم توسط مخمرهای موجود در رایزوسفر ریشه تقویت شوند(ناصار و همکاران، ۲۰۰۵؛ ال تارابیلی و سیواسیتامپارام ، ۲۰۰۶ ؛ کلوت و همکاران ، ۲۰۰۹). مخمرها قادرند نیترات، نیترات آمونیوم را به نیتریت تبدیل کنند(آل- فلیح، ۲۰۰۶). جنس‌های کم تحرک ساکارومایسز توانستند اکسید گوگرد عنصری را اکسید کنند تا فسفات، سولفات و تترا سیونات تولید شود(ال فلیح و وینورایت، ۱۹۹۵). وارینگ و فیلیپس(۱۹۷۳) اظهار داشتند که مخمر سرشار از تریپتوفان است که پیشرو IAA(ایندول استیک اسید) می‌باشد که باعث تحریک تقسیم سلولی می‌شود. مخمرها توانایی حل کردن فسفات(میرابال‌آلونسو و همکاران، ۲۰۰۸)، اکسیداسیون نیتروژن و گوگرد(ال فلیح و وینورایت، ۱۹۹۵)، تولید سیدروفور(سانسون و همکاران، ۲۰۰۵)، تحریک کلونی‌سازی میکوریزای ریشه(میرابال آلونسو و همکاران، ۲۰۰۸) را دارند. تجزیه و تحلیل شیمیایی مخمر وجود برخی از مواد شیمیایی مانند didecyl sebacate، Methylundecane، Adipate را نشان می‌دهد. Methylundecane یک ماده طبیعی آلیفاتیک متعلق به مواد شبه شیمیایی است که واسطه ارتباط بین ارگانیسم‌های مجزای خاک هست. Sebacate، یک ترکیب ارگانیک است که دارای دیاستر سباسیک اسید و ۲- اتیل – هگزانول است که یک مایع بی‌رنگ و روغنی است. می‌توان تصور کرد که انتشار چنین ترکیباتی در اثر کاربرد مخمر در خاک ممکن است خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، ظرفیت نگه داشتن آب را افزایش می‌دهد، از شستشوی مواد مغذی جلوگیری کرده و مواد مغذی بیشتری را به خاک، به ویژه در ناحیه ریزوسفر

اضافه کند(رامادان و همکاران، ۲۰۱۳) که با نتایج دیگران در یک راستا است، به طور مثال باسا(۲۰۰۶) گزارش کرد مخمرها مانند کریپتوکوکسی(cryptococci) ممکن است بوسیله تولید مواد خارج سلولی بر بافت خاک اثر بگذارند که این مواد به شکل پل‌های رابط بین ذرات خاک یا دانه‌های ماسه عمل کرده و بدان وسیله در تشکیل خاکدانه‌ها همکاری کنند. رامادان و همکاران(۲۰۱۳) با تحقیقی روی چغندرقند گزارشی ارایه کردند مبنی بر اینکه کاربرد مخمر باعث ضخیم شدن حلقه‌های ریشه چغندرقند(۳۳/۳۳ درصد) گردید که قطر آوند چوبی ثانویه را نسبت به شاهد افزایش داد.



شکل ۴- ۳۰- مقایسه میانگین‌های وزن تر گره ریشه تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۷-۳ وزن خشک گره ریشه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر و برهمکنش تنش کم آبیاری × عصاره مخمر($P\leq0.01$) بر میزان وزن خشک گره معنی‌دار بود(جدول-۴ ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در ترکیب تیمار کاربرد محلول‌پاشی مخمر با غلظت دو گرم بر لیتر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی بیش‌ترین وزن خشک گره ریشه(۲/۵۶ گرم) بدست آمد(شکل ۴-۳۱). با توجه به بالا بودن تعداد گره در ریشه در تیمار دو گرم بر لیتر عصاره مخمر، برتری این تیمار از نظر وزن خشک گره در ریشه نیز دور از انتظار نیست.

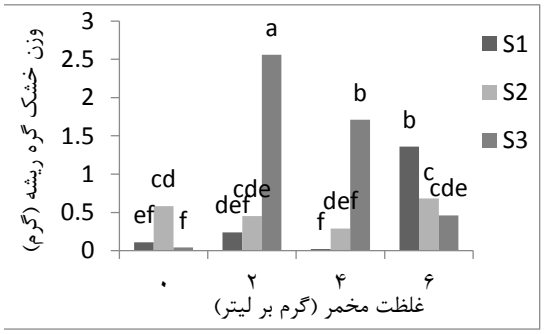
همچنین سینگ و همکاران(۱۹۹۱) نیز گزارش کردند که وزن خشک ریشه گیاهان سویا، نخود و لوبیا در اثر استفاده از عصاره مخمر افزایش معنی‌داری داشته است. بنابراین این‌طور به نظر می‌رسد که افزایش در پارامترهای همزیستی، در کاربرد عصاره مخمر صرفا نمی‌تواند به دلیل اثرات عصاره مخمر

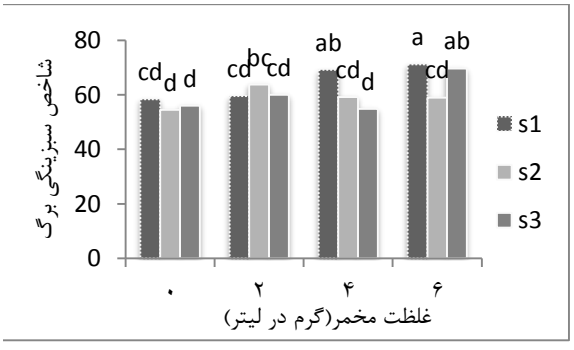
روی تکثیر و افزایش تشکیل گره باشد، اما می‌تواند به دلیل اثر تحریکی آن بر افزایش و جوانه‌زنی اسپورها و استقرار طبیعی قارچ وزیکولار آرباسکولار(VAM) باشد که به اندازه کافی شناخته شده است که در افزایش جذب مواد معدنی، فسفر، نیتروژن خاک و وساطت در تثبیت نیتروژن نقش دارد(باریا و آزکان أگیلار، ۱۹۸۳؛ باریا و همکاران، ۱۹۸۷؛ باون و اسمیت، ۱۹۸۱). بنابراین کاربرد مخمر باعث افزایش همزیستی شده که جذب فسفر را تسهیل می‌کند و همچنین باعث افزایش تشکیل گره، افزایش همزیستی، افزایش وزیکول و آرباسکول ریشه شده است(سینگ و همکاران، ۱۹۹۱).

۸-۴ شاخص سبزینگی برگ

اثر تنش کم آبیاری، محلول‌پاشی مخمر و اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر در سطح یک درصد بر این صفت معنی‌دار بود(جدول ۴-۷). در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر مشاهده شد که محلول‌پاشی مخمر با غلظت شش گرم بر لیتر در شرایط آبیاری نرمال(شاهد) موجب بیش‌ترین میزان شاخص سبزینگی(۷۱/۱۶) شده است، هر چند که با مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی در همین غلظت و شرایط آبیاری نرمال با غلظت چهار گرم بر لیتر تفاوت آماری معنی‌داری نداشت(به ترتیب ۶۹/۶۳ – ۶۹/۲) ولی نسبت به غلظت صفر عصاره مخمر(شاهد)، شاخص سبزینگی ۰/۲۱۸ درصد افزایش یافت. کمترین مقدار شاخص سبزینگی(۵۴/۵۳) هم مربوط به غلظت صفر در شرایط ۵۰ درصد گل‌دهی به دست آمد که با همین غلظت در سطح اول و سوم تنش کم آبیاری و غلظت ۲ گرم بر لیتر در سطح اول و سوم تنش کم آبیاری و غلظت ۴ گرم بر لیتر در سطح دوم و سوم تنش کم آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت(شکل ۴-۳۲). در گزارشی مشاهده گردید که با افزایشتنش کم آبیاری میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد(آنتولین و همکاران، ۱۹۹۵). همچنین کاهش میزان سبزینگی تحت سطوح مختلف تنش کم آبیاری نیز توسط تاراهومی(۲۰۱۱) گزارش شده است. به نظر می‌رسد که کاهش میزان کلروفیل در اثرتنش کم آبیاری به علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن باشد که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون لیپیدها و درنتیجه تجزیه این رنگیزه می

شوند(إسچاتز و فانگمیر، ۲۰۰۱). امینی(۱۳۹۸) گزارش کرد که محلول‌پاشی عصاره مخمر بر گیاه دارویی استویا(*Stevia rebadiana Bertoni*) در غلظت ۸ گرم در لیتر نسبت به شاهد ۲۹/۱۵ درصد توانست شاخص سبزینگی را افزایش دهد. این افزایش در محتوای کلروفیل به دلیل دارا بودن بتایین است که در جلوگیری از کاهش تخریب کلروفیل مؤثر می‌باشد. گلایسین بتایین هدرروی فعالیت‌های فتوسنتزی را در کلروپلاست به تأخیر می‌اندازد و از تجزیه کلروفیل درهنگام ذخیره‌سازی ممانعت به عمل می‌آورد(گنارد و همکاران، ۱۹۹۱). بتایین در غلظت کم ممکن است به عنوان یک کود نیتروژن در طی زمان‌های مختلف عمل کرده و تحریک کننده تشکیل جنین از بافت لپه و بلوغ بذر در چای گردد(إسلدکی و همکاران، ۱۹۹۸). از طرفی سیتوکنین باعث القاء فعالیت‌های فیزیولوژیکی شده(به عنوان مثال برخی از آنزیم‌های فعال که در فتوسنتز نقش دارند) و افزایش کلروفیل کل در گیاه را در بردارد. در پژوهشی گلخانه‌ای پژوهشگران برای مطالعه اثر مواد هیومیکی بر محتوای کلروفیل برگ‌ها در گندم، نشان داده شد که اسپری برگی اسید فولیک روی برگ‌های گندم سبب افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل برگ‌ها شد(زادان، ۱۹۸۶). آنالیز شیمیایی عصاره مخمر نشان داد که دارای ۴/۳۶ $mg/100_g$ dry weight اسید فولیک است(محمود، ۲۰۰۱).





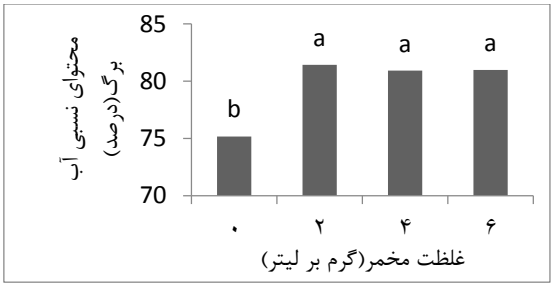
شکل ۴-۳۱- (چپ)مقایسه میانگین‌های وزن خشک گره ریشه تحت تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا
شکل ۴-۳۲-(راست)مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر شاخص سبزینگی برگ لوبیا
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است

۴-۹ محتوای نسبی آب برگ(RWC)

جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر در سطح احتمال یک درصد برای صفت محتوای نسبی آب برگ در لوبیا چشم‌بلبلی معنی‌دار بود(جدول۴-۸). مقایسه میانگین تنش کم آبیاری نشان داد که محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و شاهد در بیش‌ترین مقدار خود و در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی در کم‌ترین میزان بوده است(شکل۴-۳۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین محلول‌پاشی عصاره مخمر نشان داد که غلظت‌های دو، چهار و شش گرم بر لیتر باعث افزایش محتوای آب نسبی برگ لوبیا(۸۱/۴۳ درصد) شدند(شکل۴-۳۴). از بارزترین علایم فیزیولوژیک کمبود رطوبت خاک، کاهش محتوای نسبی آب برگ ذکر شده است. به خوبی شناخته شده است زمانی که تعرق بیشتر از جذب آب شود، فشار اسمزی کاهش می‌یابد، در نتیجه محتوای نسبی آب برگ و حجم سلول کاهش می‌یابد و باعث کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود(إل گارهی، ۲۰۰۲؛ حمد ۲۰۰۸). عصاره‌های طبیعی، بوسیله بهبود فشار اسمزی و یکپارچگی غشاء باعث کم کردن اثرات منفی تنش کم آبیاری و بهبود محتوای نسبی آب برگ می‌شوند و در این راستا کاربرد برگی عصاره مخمر در نخود باعث بهبود وضعیت آب برگ‌ها در شرایط تنش کم آبیاری شد(حمد، ۲۰۰۸). محتوای نسبی آب برگ به عنوان شاخص مهمی از برگ در تنش کم آبیاری گزارش شده است که به طور مستقیم با محتوای آب خاک مرتبط است، که نشان‌دهنده مقاومت بیشتر به جریان آب در رابطه خاک - ریشه یا کاهش هدایت هیدرولیکی خاک در رطوبت کم خاک است. علاوه بر این، اثبات شده است که با مکانیسم تنظیم اسمزی، پتانسیل اسمزی موجود در سلول‌ها کاهش می‌یابد و از این رو در حفظ و نگهداری فشار بافت، تحت تنش کم آبیاری شرکت می‌کند(رانی و همکاران، ۱۹۹۱).

حمّد و علی(۲۰۱۴) بیان داشتند محلول‌پاشی عصاره مخمر باعث افزایش معنی‌داری در محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با شاهد شد. از طرفی بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که با کاربرد اسیدهیومیک از اثرات تنش کاسته می‌شود که همبستگی مثبت بین میزان محتوای نسبی آب برگ و

رطوبت خاک را می‌توان به مصرف کودهای زیستی ربط داد چرا که اسیدهیومیک از یک طرف با بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، ایجاد فضای بیشتر برای نفوذ آب با اصلاح و دانه‌بندی خاک و از طرف دیگر با برقراری پیوند با مولکول‌های آب برای ممانعت از تبخیر آب، سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش کم آبیاری می‌گردد(رهباریان و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این، در شرایط تنش کم آبیاری تیمار فولیک اسید باعث بسته تر شدن روزنه‌ها و درنتیجه باعث کاهش از دست دادن آب در اثر تبخیر و افزایش پتانسیل آب در طول دوره رشد و نمو گل می‌شود(زادان، ۱۹۸۶). افزایش محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر تنظیم کننده جیبرلین و کود هیومیک اسید نیز به ترتیب بر روی گیاه گوجه فرنگی و باقلا دیده شده است(هایات و همکاران، ۲۰۱۲). استفاده از عصاره مخمر و جیبرلین موجب افزایش قابل توجهی در محتوای نسبی آب برگ در سیب زمینی شیرین شده است، این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از مواد طبیعی مانند مخمر موجب غلبه بر تأثیرات مضر تنش کم آبیاری شده و در نتیجه باعث بهبود بهره‌وری گیاه می‌شود(حمد و علی، ۲۱۰۴).

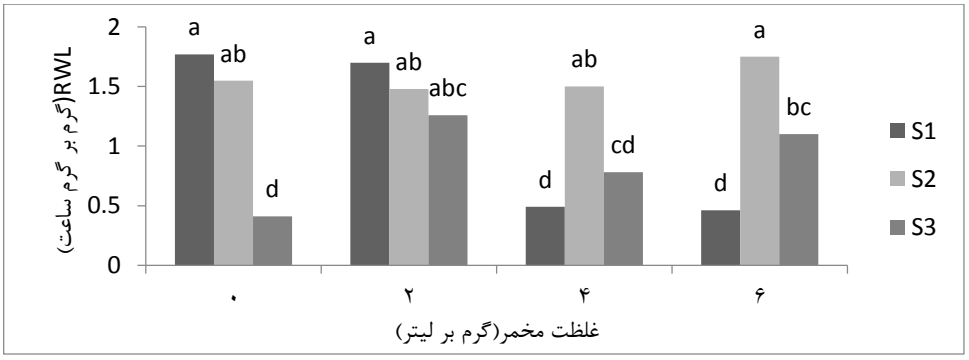


شکل ۴- ۳۳-(چپ)مقایسه میانگین‌های محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری روی لوبیا چشم‌بلبلی
شکل ۴- ۳۴-(راست)مقایسه میانگین‌های محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۱۰ محتوای آب نسبی از دست رفته(RWL)

تجزیه واریانس محتوای آب نسبی از دست رفته نشان داد که اثر تنش کم آبیاری در سطح احتمال یک درصد و اثر عصاره مخمر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل دو جانبه تنش کم آبیاری× مخمر نیز در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار گردید(جدول۴-۸). نتایج مقایسه

میانگین‌ها تحت تاثیر برهمکنش دو جانبه عوامل مورد بررسی حاکی از آن است که در شرایط بدون تنش با محلول‌پاشی مخمر با غلظت دو(۱/۷ گرم بر گرم ساعت) و صفر(۱/۷۷ گرم بر گرم ساعت) گرم بر لیتر و همچنین در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی با محلول‌پاشی مخمر با غلظت ۶ گرم بر لیتر(۱/۷۵ گرم بر گرم ساعت) مقدار محتوای نسبی آب از دست رفته نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. کمترین محتوای آب نسبی از دست رفته(۰/۴۱ گرم برگرم ساعت) مربوط به غلظت صفر عصاره مخمر در تنش ۵۰ درصد غلاف‌بندی بود که با غلظت ۴ و ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر در عدم تنش کم آبیاری تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد(شکل۴-۳۵)، که این موضوع نشان‌دهنده آن است که در اثر کاربرد عصاره مخمر در شرایط تنش کم آبیاری در۵۰ درصد غلاف‌بندی کاهش محتوای آب نسبی از دست رفته کمتر بوده است، به گونه ای که در شرایط عدم کاربرد عصاره مخمر در شرایط ۵۰ درصد غلاف‌بندی کاهش محتوای آب نسبی از دست رفته بسیار بیشتر از حالت کاربرد ۲ گرم بر لیتر عصاره مخمر در همین شرایط بوده است. گفته شده است که هر چه رقم متحمل‌تر باشد کاهش میزان آب نسبی از دست رفته آن هم کمتر می‌شود. کاهش محتوای آب نسبی از دست رفته برگ در اثر تنش خشکی در گندم توسط گلستانی و آساد(۱۹۹۸) نیز گزارش شده است. یکی از مکانیسم‌های اصلی مقاومت به خشکی در گیاهان، کاهش میزان تعرق از طریق بستن روزنه‌ها می‌باشد که منجر به افزایش دمای کانوپی و کاهش میزان آب از دست رفته برگ می‌شود. گیاهانی که کنترل بیشتری بر باز و بسته کردن روزنه‌ها دارند، میزان تعرق و محتوای آب نسبی از دست رفته برگ کمتری خواهند داشت که با یافته‌های حاصل از این پژوهش مطابقت دارد(کریمی‌زاده و محمدی، ۲۰۱۱).



شکل ۴- ۳۵- مقایسه میانگین‌های محتوای آب نسبی از دست رفته تحت برهمکنش تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

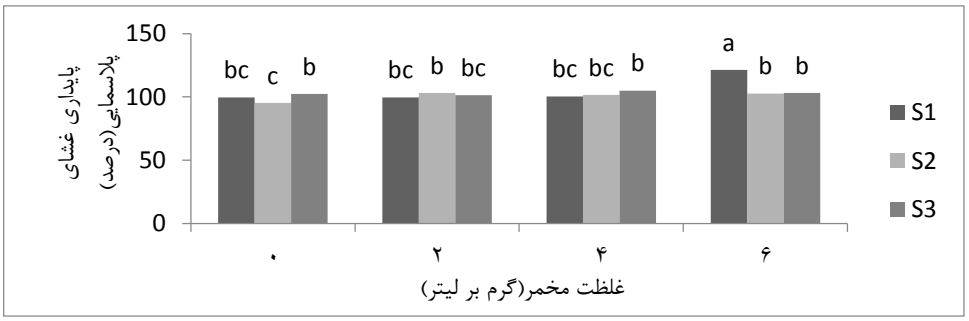
۴-۱۱ پایداری غشای پلاسمایی

تجزیه واریانس پایداری غشای پلاسمایی نشان داد که اثر محلول‌پاشی عصاره مخمر در سطح احتمال یک درصد و اثر تنش کم آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر صفت پایداری غشای پلاسمایی معنی‌دار شد و همچنین اثر متقابل تنش کم آبیاری × عصاره مخمر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد(جدول۴-۸). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد عصاره مخمر با غلظت ۶ گرم بر لیتر در شرایط آبیاری نرمال(شاهد) توانست بیش‌ترین میزان پایداری غشای پلاسمایی(۳۶/ ۱۲۱ درصد) را به خود اختصاص دهد که تفاوت آماری معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. در غلظت‌های به کاربرده میزان پایداری غشا کم شد، که این کم شدن افت شدیدی نسبت به عدم تنش نشان نداد و همه در یک سطح آماری قرار گرفتند، به عبارت دیگر در محیط تنش، تخریب سلولی نسبت به عدم تنش در حداقل خود بوده است. همچنین در مورد غلظت‌های دیگر عصاره مخمر نیز می‌توان گفت که رفتار گیاه در محیط تنش تفاوتی با عدم تنش نداشته است و همگی در یک سطح آماری بودند(شکل۴-۳۶).

حفظ تمامیت غشاء سلولی طی شرایط تنش، نشانه‌ای از وجـود مکانیزم‌های کنترلی در تحمل به پسابیدگی است. تنش خشکی یکسری تغییرات را در فسفولیپیدهای غشاء ایجاد می‌کند، این تغییرات مشابه تنش سرما در دنباله‌های اسید چرب ایجاد می‌شود و در این تنش اسیدهای چرب غیراشباع، افزایش می‌یابند. در تنش‌های شدید بعضی از قسمت‌های فسفولیپیدهای دو لایه‌ای غشاء حالت هگزاگونال(شش وجهی) و ساختار غشاء به ساختار منفذدار تبدیل می‌شود و نشت مواد رخ می‌دهد به طور کلی تنش خشکی باعث افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و در نهایت کاهش شاخص پایداری غشا سلول در گیاهان مختلف می‌شود(میرجلیلی و همکاران، ۱۳۸۴). خزاعی(۱۳۸۱) گزارش کرد که میزان صدمه به غشاهای سلولی بر اثر تنش خشکی ممکن است از طریق اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها از سلول سنجیده شود، ایشان همچنین خاطر نشان نموده است که در شرایط تنش رطوبتی، پایداری

غشاء سلولی جزء اصلی تحمل به تنش خشکی در گندم است. در طی بررسی اثر تنش خشکی بر چهار رقم سورگوم مشخص شد که میزان پایداری غشا پلاسمایی در بین ارقام مختلف متفاوت بود و با افزایش تنش آب کاهش یافت و نیز مشخص شد که پایداری غشا سیتوپلاسمی تحت تاثیر میزان موم اپی‌کوتیکولی، ضخامت کوتیکول و پتانسیل آب برگ‌ها قرار گرفت(پرماچاندرا و همکاران، ۱۹۹۲).

تیمار عصاره مخمر توانست میزان آسیب به غشاهای سلولی را کاهش و در نتیجه تحمل گیاه به تنش را بهبود بخشد. عصاره مخمر باعث کاهش میزان درصد نشت الکترولیت شد که به نظر می‌رسد عصاره مخمر اثر مثبتی بر حفظ پایداری غشاء در مطالعه حاضر داشت. همان‌طور که بیان شد یکی از مکانیزم های ایجاد مقاومت در گیاهان، افزایش جذب آب و رقیق شدن میزان آنیون‌های سمی و همچنین کاهش جذب یون سدیم و ایجاد تعادل آنیونی می‌باشد. به احتمال زیاد این مکانیزم‌ها، دلیل افزایش پایداری غشاء در اثر کاربرد عصاره مخمر می‌باشد.



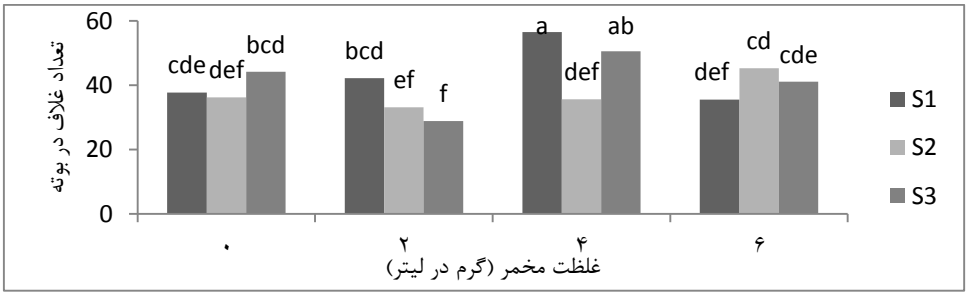
شکل ۴- ۳۶-مقایسه میانگین‌های پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر محلول‌پاشی مخمر روی لوبیا چشم‌بلبلی (S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۱۲ عملکرد و اجزای عملکرد

۴-۱۲-۱ تعداد غلاف در بوته

تجزیه واریانس تعداد غلاف در بوته نشان داد که اثر محلول‌پاشی عصاره مخمر در سطح احتمال یک درصد و اثر تنش کم آبیاری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گشت و همچنین اثر متقابل تنش کم آبیاری × عصاره مخمر در سطح احتمال یک درصد بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار شد(جدول

۹-۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد عصاره مخمر با غلظت ۴ گرم بر لیتر در شرایط آبیاری نرمال(شاهد) بیش‌ترین میزان تعداد غلاف در بوته(۵۶/۵۵) را به خود اختصاص داد. کم‌ترین تعداد غلاف در بوته(۲۸/۸۸) مربوط به غلظت ۲ گرم بر لیتر در ۵۰ درصد غلاف‌بندی بود که با همین غلظت در ۵۰ درصد گل‌دهی و غلظت ۶ گرم بر لیتر در شرایط عدم تنش کم آبیاری تفاوت آماری معنی‌داری نداشت(شکل ۴-۳۷). می‌توان اینگونه مطرح کرد که کاربرد عصاره مخمر دارای ارزش اقتصادی است چرا که افزایش کلروفیل، قندها و پروتئین موجود در برگ منجر به کاهش درصد ریختن گل‌ها و افزایش غلاف‌بندی می‌شود(مهدی، ۱۹۹۰؛ سایا و سایونگ، ۱۹۹۱؛ واناز، ۲۰۰۲).



شکل ۴- ۳۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر تعداد غلاف در بوته لوبیا چشم بلبلی

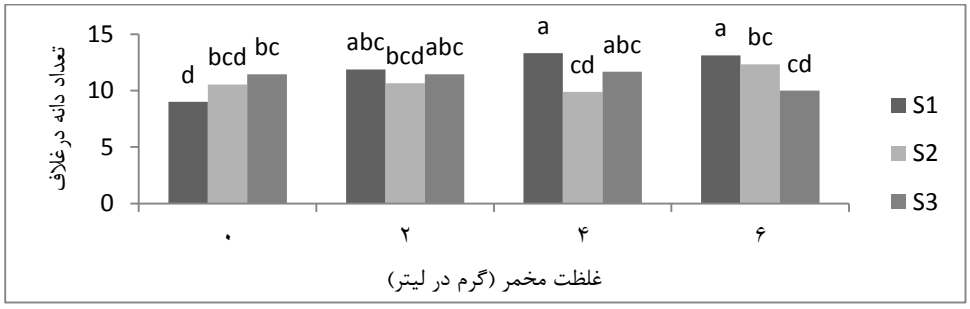
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۱۲-۲ تعداد دانه در غلاف

تجزیه واریانس تعداد دانه در غلاف نشان داد که اثر متقابل تنش کم آبیاری× عصاره مخمر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گشت ولی اثرات اصلی معنی‌دار نشد(جدول۴-۹). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که غلظت ۴ و ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط آبیاری نرمال(شاهد) بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف(۱۳/۳۳) را به خود اختصاص داد که نسبت به شاهد ۰/۴۸۱ درصد افزایش یافت. کمترین تعداد دانه در غلاف(۹) مربوط به غلظت صفر عصاره مخمر در آبیاری نرمال بود که با غلظت ۲ و ۴ گرم بر لیتر عصاره مخمر در۵۰ درصد گل‌دهی تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند(شکل ۴-۳۸). از آنجایی که گیاهان دارای سازوکارهایی هستند که اندازه مخزن را بر اساس مقدار اسیمیلات‌های موجود تنظیم

می‌کنند بنابراین، در شرایط تنش کم آبیاری که کمبود آب موجب بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش اسیمیلات‌ها می‌شود، گیاه با ریزش گل‌ها و غلاف‌های خود اندازه مخزن را کاهش می‌دهد و این امر سبب کاهش تعداد غلاف در بوته و به دنبال آن کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شود(امیدی و سپهری، ۲۰۱۴). کاهش تعداد دانه در غلاف لوبیا بر اثر تنش کم آبیاری در پژوهش دیگری نیز گزارش شده است(احمد و سلیمان، ۲۰۱۰).

محلول‌پاشی عصاره مخمر بر روی باقلاسبز موجب افزایش وزن غلاف در بوته و عملکرد نهایی دانه با توجه به افزایش گل و کاهش ریزش گل و غلاف تأثیر مثبتی داشتند(ناصار و همکاران، ۲۰۱۱). ابو إل-یازید و مدی(۲۰۱۲) نیز افزایش تعداد دانه در غلاف را روی باقلا سبز با کاربرد عصاره مخمر گزارش کردند. کاربرد عصاره مخمر احتمالا با کمک به حفظ گل‌ها و جنین‌های تازه تشکیل شده سبب افزایش تعداد دانه در غلاف در هر دو شرایط تنش و عدم تنش کم آبیاری گردیده است. در غلظت ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط تنش کم آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی تعداد دانه در غلاف کاهش پیدا کرد(شکل ۴ -۳۸)، به نظر می‌رسد یکی از دلایل عمده کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط تنش کم آبیاری عدم تأمین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر باشد(امیری- ده احمدی و همکاران، ۲۰۰۹). با کاهش منبع، ظرفیت تعدادی از مخازن خالی می‌ماند و عملا تعدادی از دانه‌ها در گیاه لوبیا سقط می‌گردد(زی یو و همکاران، ۲۰۰۲). به نظر می‌رسد در سطوح بالای تنش کم آبیاری مکانیسم‌های مختلف در کاهش اثرات تنش بر تعداد دانه در غلاف دخالت دارند.

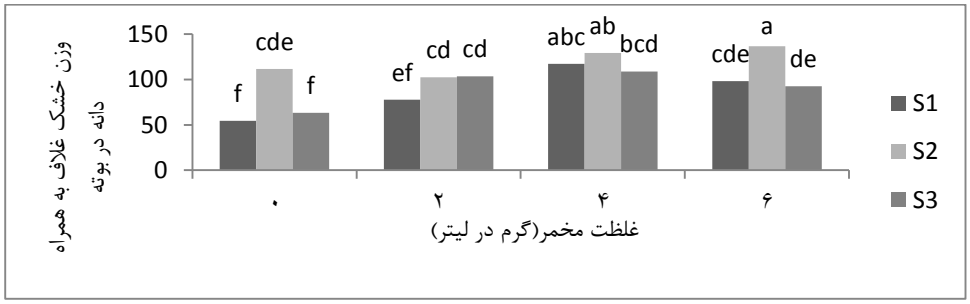


شکل ۴- ۳۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر تعداد دانه در غلاف لوبیا چشم بلبلی

(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۱۲-۳ وزن خشک غلاف به همراه دانه در بوته

تجزیه واریانس وزن خشک غلاف به همراه دانه در بوته نشان داد که اثر محلول‌پاشی مخمر و اثر تنش کم آبیاری در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تنش کم آبیاری × عصاره مخمر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گشت(جدول۴-۹). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط تنش در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی بیش‌ترین وزن خشک غلاف به همراه دانه را داشت که با غلظت ۴ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط آبیاری نرمال و ۵۰ درصد گل‌دهی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت(۵۴/۲۷ گرم) مربوط به غلظت صفر عصاره مخمر در آبیاری نرمال بود که با همین غلظت در شرایط ۵۰ درصد غلاف‌بندی و غلظت ۲ گرم بر لیتر در آبیاری نرمال تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد(شکل ۴-۳۹).



شکل ۴-۳۹- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر وزن خشک غلاف و دانه در بوته لوبیا چشم بلبلی

(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۱۲-۴ عملکرد بیولوژیک

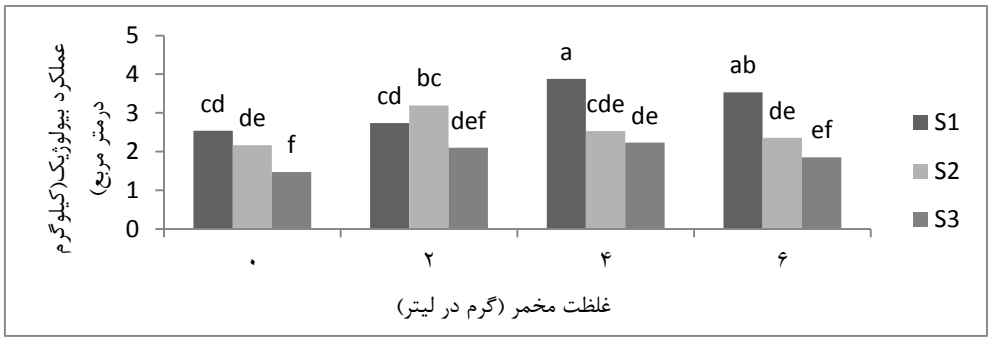
تجزیه واریانس مربوط به عملکرد بیولوژیک نشان داد که اثر تنش کم آبیاری و اثر محلول‌پاشی عصاره مخمر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، همچنین اثر متقابل تنش کم آبیاری × عصاره مخمر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد(جدول۴-۹). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که غلظت ۴ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط آبیاری نرمال(شاهد) بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک(۳/۸۸ تن در هکتار) را به خود اختصاص داد که با غلظت ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر در آبیاری نرمال تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. کم‌ترین عملکرد بیولوژیک(۱/۴۷ تن در هکتار)

مربوط به غلظت صفر عصاره مخمر در شرایط تنش‌کم آبیاری در ۵۰ درصد غلاف‌بندی بود که با غلظت-های ۲، ۴ و ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمردر همین شرایط تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد(شکل۴-۴۰).

عصاره مخمر به دلیل بالا بودن محتوای اکسین و سیتوکینین و افزایش تجمع کربوهیدرات‌ها در طول رشد رویشی و زایشی از طریق بهبود تشکیل گل در برخی از گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کند(بارنت و همکاران، ۱۹۹۰). در این راستا موحامد(۲۰۰۵) دریافت که کاربرد برگی مخمر تاثیر مثبتی بر رشد و عملکرد گندم داشته است. اید(۲۰۰۱) نیز گزارشی مبنی بر اثر افزایشی عصاره مخمر در رشد رویشی، زایشی بر گیاه دارویی *Coriandrum sativum* ارایه کرد. امینی(۱۳۹۸) نیز گزارش کرد که با محلول-پاشی مخمر بیش‌ترین میزان وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه در گیاه دارویی استویا(*Stevia rebadiana Bertoni*) به دست آمد. مدی(۲۰۰۹) گزارش کرد که محلول‌پاشی با عصاره مخمر و روی به صورت جداگانه و یا مخلوطی از هر دو منجر به افزایش بسیاری از شاخص‌های رشد از جمله تعداد برگ در بوته، وزن خشک و سطح برگ در ۷۵ و ۹۵ روز پس از اعمال تیمار در مقایسه با گیاه شاهد شد. إز-إل دین و هنداوی(۲۰۱۰) در بررسی تاثیر عصاره مخمر خشک و ورمی کمپوست روی رشد گاوزبان اعلام کردند که اضافه کردن عصاره مخمر و ورمی کمپوست به محیط کشت گیاه باعث افزایش ارتفاع گیاه، وزن خشک و تر اندام هوایی، ازدیاد گل‌ها و شاخه‌ها و ایجاد جوانه جانبی شد. فازی و همکاران(۲۰۱۲) گزارش کردند که محلول‌پاشی برگ‌ها با غلظت ۳ گرم بر لیتر عصاره مخمر موجب افزایش در ارتفاع گیاه، تعداد برگ و وزن تر برگ پیاز شد. آنها معتقدند که این افزایش از طریق محلول‌پاشی عصاره مخمر می‌تواند به دلیل تاثیرگذاری عصاره مخمر در افزایش سطح هورمون‌ها باشد که منجر به طویل شدن و تقسیم سلولی می‌شود. احمد و همکاران(۱۹۹۵) معتقد بودند مواد معدنی مانند روی، مس و ویتامین‌های B موجود در عصاره مخمر نقش مهمی در تقسیم سلولی و بزرگتر شدن سلول و تحریک فرایند فتوسنتزی و رشد ساقه دارند و یا عناصر موجود در عصاره مخمر از قبیل نیتروزن، پتاسیم و فسفر نقش بسیار مهمی در تغذیه گیاهان دارند و برای رشد و توسعه گیاهی بسیار ضروری

هستند. به طور خاص تیامین در برگ‌ها ساخته می‌شود و با انتقال به ریشه رشد گیاه را کنترل می-کند(کاواساکا و إجی، ۱۹۹۲)، بنابراین محلول‌پاشی آن می‌تواند انتقال آن را به ریشه تقویت نموده و باعث بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد بیولوژیکی شود.

إل- توهامی و همکاران(۲۰۰۸) گزارش کردند که پاشیدن عصاره مخمر و ویتامین C روی برگ گیاه بادمجان باعث ازدیاد N، P، K و هورمون سیتوکینین شد که رشد و توسعه گیاه از جمله افزایش ارتفاع، تعداد برگ، تعداد شاخه و وزن تر را در پی داشت. نتایج تحقیقات نایسم(۲۰۱۴) بر چغندرقند و حمد(۲۰۰۸) روی نخود نشان داد که رشد گیاه تحت تنش کم آبیاری با محلول‌پاشی عصاره مخمر بهبود یافت. رازمیا و داروش(۲۰۱۳) نشان دادند که کاربرد عصاره مخمر پارامترهای رشد گیاهچه نخل را در شرایط نرمال و تحت تنش شوری افزایش داد. پیشنهاد شده عصاره مخمر خشک یک ماده زیستی برای تحریک رشد و تغذیه گیاه است و زمانی که در طول تنش به گیاه اضافه می‌شود به دلیل داشتن هورمون‌ها، قند، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و اسیدهای نوکلئیک موجب حفاظت گیاه می‌شوند. الیسیتور عصاره مخمر دارای ترکیبی از اسیدهای آمینه، قندها و یکسری ترکیبات ناشناخته دیگر می‌باشد که تا کنون به درستی مشخص نشده است که کدام جز به عنوان محرک عمل می‌کند.

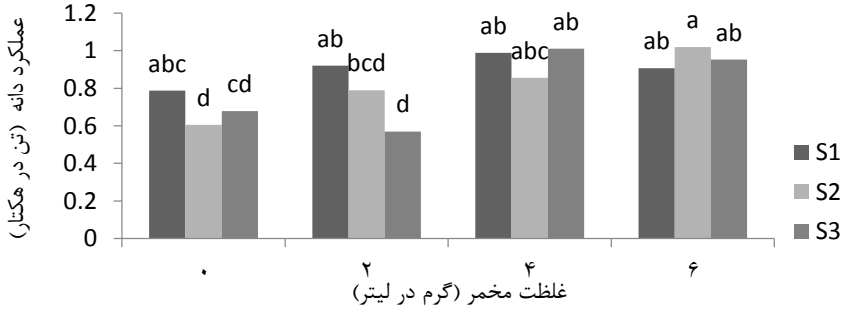


شکل ۴- ۴۰- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی (S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۴-۱۲-۵ عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد دانه نشان داد که تنش کم آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل تنش کم آبیاری‌آبیاری ×

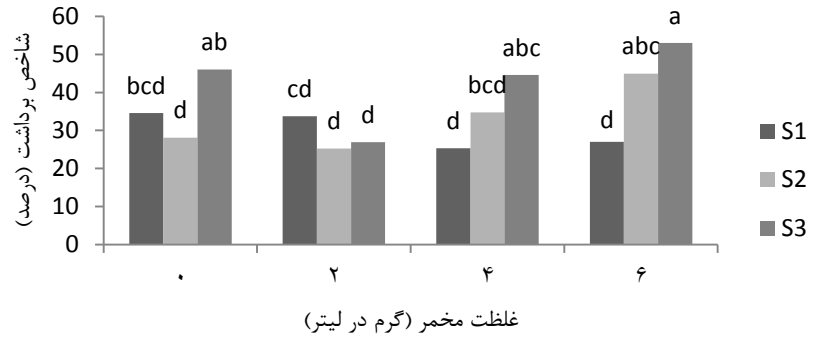
عصاره مخمر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد(جدول ۴-۹). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر نشان داد که تیمار محلول‌پاشی مخمر با غلظت ۲ گرم بر لیتر در شرایط نرمال آبیاری با شاهد تفاوت آماری معنی‌داری نداشته است، اما غلظت ۴ و ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط ۵۰ درصد گل‌دهی و ۵۰ درصد غلاف‌بندی نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) افزایش معنی‌داری پیدا کرده است. به عبارت بهتر غلظت ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط ۵۰ درصد گل‌دهی با میانگین ۱/۰۲ تن در هکتار به لحاظ آماری تفاوتی با عدم محلول‌پاشی در شرایط آبیاری نرمال و غلظت ۲ گرم بر لیتر در شرایط آبیاری نرمال و غلظت ۴ گرم بر لیتر در تمام سطوح تنش نداشت. کمترین عملکرد دانه(۰/۵۷ تن در هکتار) مربوط به غلظت ۲ گرم بر لیتر عصاره مخمر بود که با غلظت صفر عصاره مخمر در شرایط ۵۰ درصد گل‌دهی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت(شکل۴-۴۱). تحقیقات زیادی نشان‌دهنده تاثیر مثبت استفاده از انواع مواد بیولوژیک بر افزایش عملکرد دانه گیاه می باشد(ساحا و جانا، ۲۰۰۰). إز-إل دین و هنداوی(۲۰۱۰) گزارش نمودند که افزایش میزان مخمر از دو به چهار و شش گرم بر لیتر افزایش معنی‌داری از نظر عملکرد بذر در گیاه گل گاو زبان(*Borago officinalis*) داشته است. تیامین(B_1) موجود در عصاره مخمر با نقش موثری که در مسیرهای بیوسنتزی چرخه کالوین و فتوسنتز دارد باعث بهبود عملکرد دانه می‌شود(نقیب و خلیل، ۲۰۰۲؛ کاواساکا و إجی، ۱۹۹۲). مخمر با دارا بودن ۱۵ درصد اسید آمینه و عناصری از قبیل آهن، روی و منگنز جذب طیف‌های نوری مناسب گیاه و عمل فتوسنتز را بهبود بخشیده است(محمد و فاتن، ۲۰۰۷).



شکل ۴- ۴۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی
(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

۶-۲۹-۱- شاخص برداشت

تجزیه واریانس شاخص برداشت نشان داد که اثر تنش کم آبیاری، اثر محلول‌پاشی عصاره مخمر و اثر متقابل تنش کم آبیاری × عصاره مخمر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد(جدول۴-۹). مقایسه میانگین‌ها نیز حاکی از آن است که غلظت ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر در شرایط تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی بیش‌ترین میزان شاخص برداشت(۰۶/ ۵۳ درصد) را به خود اختصاص داد. اعمال تنش کم آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی در شرایط عدم محلول‌پاشی باعث کاهش ۵۹/۹۸ درصد در شاخص برداشت نسبت به محلول‌پاشی با غلظت ۶ گرم بر لیتر گردید. کم‌ترین شاخص برداشت(۲۵/۲۷ درصد) مربوط به محلول‌پاشی با غلظت ۲ گرم بر لیتر در شرایط تنش کم آبیاری در ۵۰ درصد گل‌دهی بود که تفاوت آماری معنی‌داری با عدم محلول‌پاشی در همین سطح تنش نداشت(شکل ۴ - ۴۲). کاهش شاخص برداشت لوبیا بر اثر تنش کم آبیاری در پژوهش دیگری نیز گزارش شده است(مونوز- پورا و همکاران، ۲۰۰۶). در شرایط آبیاری مطلوب بالا بودن قدرت منبع و مخزن منجر به افزایش شاخص برداشت شد که ناشی از تشکیل تعداد زیادتر دانه در بوته بود که موجب اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه شد و در نتیجه شاخص برداشت افزایش یافت(به جز غلظت ۴ و۶ گرم بر لیتر). درباره شاخص برداشت تحت تاثیر تنش رطوبتی گزارش‌های متضادی وجود دارد، تنش رطوبتی سویا تاثیری بر شاخص برداشت نداشت(صفاری، ۱۳۸۸). ولی در غلظت‌های ۴ و ۶ گرم بر لیتر در شرایط تنش کم آبیاری میزان شاخص برداشت افزایش پیدا کرد. محققین دیگر هم افزایش شاخص برداشت تحت شرایط تنش کم آبیاری در حضور اسید هیومیک در نخود را اذعان کردند(حق‌پرست و همکاران، ۲۰۱۲). اما محسن‌نیا و جلیلیان(۲۰۱۱) در گلرنگ، عدم معنی‌داری این صفت را در شرایط مذکور گزارش دادند. گراردین و همکاران(۲۰۱۳) پایداری شاخص برداشت لوبیا در تنش کم آبیاری را گزارش دادند. در پژوهش حاضر محلول‌پاشی عصاره مخمر سبب کاهش اثرات منفی تنش کم آبیاری گردید.



شکل ۴- ۴۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی مخمر بر شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی

(S1 : شاهد، S2 و S3 به ترتیب تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و غلاف‌بندی است)

نتیجه‌گیری

تنش آبیاری به عنوان یک عامل زیست محیطی موثر بر بهره‌وری بخش کشاورزی در سراسر جهان در نظر گرفته شده و به طرز قابل توجهی باعث کاهش محصول کشاورزی می‌شود. لوبیا چشم‌بلبلی در مراحل پرشدن غلاف و گل‌دهی بسیار حساس به تنش کم‌آبیاری است. تنش کم‌آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی موجب کاهش نشاسته برگ و محتوای نسبی آب برگ (RWC) شد. همچنین تنش کم‌آبیاری برای صفت محتوای آب نسبی از دست رفته (RWL) از ۵۰ درصد گل‌دهی به ۵۰ درصد غلاف‌بندی روند کاهشی را نمایان ساخت. علاوه بر این تنش کم‌آبیاری منجر به القای تنش اکسیداتیو و تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود که بخشی از پتانسیل رشد گیاه در جهت واکنش‌های دفاعی صرف می‌شود. تنش کم‌آبیاری باعث کاهش کلروفیل a, b و کاروتنوئید از سطح اول تنش به سطح سوم تنش کم‌آبیاری گردید، اما در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌بندی افزایش پرولین را به دنبال داشت. احتمالا چون تحت تنش کم‌آبیاری متوسط (S_2)، محتوای فلاونوئید افزایش یافت ولی در تنش کم‌آبیاری شدید(S_3) محتوای این ماده کاهش یاف و سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت (APX, CAT, GPX) گردید. تحقیقات اخیر نشان‌دهنده افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش و افزایش متابولیت-های ثانویه در اثر کاربرد الیسیتورها و محرک‌های زیستی است. به همین منظور در این پژوهش از محرک زیستی عصاره مخمر استفاده شد. با کاربرد عصاره مخمر رشد گیاه، محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها افزایش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که تحت تنش کم‌آبی، عصاره مخمر توانست با بالا بردن محتوای پرولین، محتوای نسبی آب برگ در گیاه را بالا ببرد و با تقویت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانت(SOD، CAT، APX، GPX) همراه بود. مخمر به دلیل غنی بودن از اسیدهای آمینه و هورمون‌های گیاهی(سیتوکینین، اکسین) عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته را نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین غلظت ۲ گرم بر لیتر عصاره مخمر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن را افزایش داده و باعث افزایش تعداد گره ریشه و به دنباله آن افزایش وزن گره ریشه گردید. بهترین تاثیر بر همه صفات اغلب با کاربرد غلظت ۴و ۶ گرم بر لیتر عصاره مخمر نمایان شد. هرچند که غلظت ۲ گرم بر لیتر عصاره مخمر نیز اثرات منفی تنش کم‌آبیاری را تا حدی تعدیل کرد. از این‌رو کاربرد محرک‌های بیولوژیکی (عصاره مخمر) می‌تواند به‌عنوان یک راهکار اکولوژیکی، باعث افزایش پاسخ دفاعی در برابر تنش‌های محیطی شود.

پیشنهادات

۱-با توجه به نتایج به دست آمده، محلول‌پاشی عصاره مخمر اثر افزاینده بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی داشته که دفاعی بودن این ترکیب را بازگو می‌کند، بنابراین مطالعه و بررسی واکنش‌های بیوشیمیایی و ژنتیکی این مسیر توصیه می‌شود.

۲- سنجش و مقایسه عصاره مخمر صنعتی در مقابل عصاره مخمر نانوایی تا بهترین نتایج در خصوص تثبیت نیتروژن و صفات بیوشیمیایی حاصل گردد.

۳- اثر انواع مخمرهای افزاینده رشد گیاه در محیط ریزوسفر و تأثیر آن بر رشد ریشه در مراحل مختلف رشد گیاه مورد بررسی قرار گیرد.

۴- برای ارزیابی پایداری سیستم تغذیه‌ای، دوره انجام آزمایش طولانی‌تر گردد

پیوست

جدول ۴- ۱ تجزیه واریانس(میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد شاخه فرعی	شاخص سطح برگ
بلوک	۲	۸۸/۱۱^{ns}	۱/۲۹^{ns}	۹/۵۲^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}
تنش‌کم‌آبیاری(S)	۲	۴۳۶۹/۵۲**	۱۸/۶۰**	۳۶/۷۷**	۰/۱۷۷^{ns}
مخمر(Y)	۳	۶۲۱/۶۵**	۱/۴۴^{ns}	۶۳**	۱/۸۴**
Y×S	۶	۱۵۶۶/۷۱**	۱۱/۸۲**	۳۰/۸۸**	۰/۱۰^{ns}
خطا	۲۲	۱۱۱/۷۷	۱/۷۴	۶/۱۹	۰/۰۹
ضریب تغییرات٪		۸/۶۷	۹/۱۳	۱۱/۱۷	۱۵/۰۶

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

جدول ۴- ۲ تجزیه واریانس(میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه
بلوک	۲	۰/۳۱^{ns}	۰/۲۹^{ns}
تنش‌کم‌آبیاری (S)	۲	۰/۹۰**	۱/۵۶**
مخمر(Y)	۳	۰/۵۹**	۰/۰۶^{ns}
Y×S	۶	۰/۲۰**	۰/۱۷*
خطا	۲۲	۰/۰۴	۰/۰۵
ضریب تغییرات٪		۱۶/۱۳	۲۱/۷۹

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

جدول ۴- ۳ تجزیه واریانس(میانگین مربعات) رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیلa	کلروفیلb	کاروتنوئید	آنتوسیانین	فلاونوئید
بلوک	۲	۰/۰۵۲^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۶۲۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۶^{ns}	۰/۰۹^{ns}
تنش کم‌آبیاری(S)	۲	۰/۰۸۱^{ns}	۱/۰۸۱**	۱/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۴^{ns}	۱/۴۶**
مخمر(Y)	۳	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۳۲۳**	۱/۲۶۴*	۰/۰۰۰۳**	۰/۹۶**
Y×S	۶	۰/۱۸۰**	۰/۸۷۲**	۱/۸۷۹**	۰/۰۰۰۴**	۰/۵۳**
خطا	۲۲	۰/۰۳۲	۰/۰۱۶	۰/۳۲۹	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۶
ضریب تغییرات٪		۱۲/۸۵	۱۲/۷۶	۱۴/۰۴	۱۲/۱۶	۱۳/۷۴

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

جدول ۴- ۴ تجزیه واریانس(میانگین مربعات) آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		گایاکول پراکسیداز	کاتالاز	آسکوربات‌پراکسیداز	سوپراکسید دسموتاز
بلوک	۲	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۸^{ns}	۲۱۷/۱۸^{ns}
تنش‌کم‌آبیاری (S)	۲	۰/۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۳۴**	۱/۷۴۳^{ns}	۱۱۵۲/۹۸^{ns}
مخمر (Y)	۳	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۳۳**	۱/۶۲۴**	۳۴۹۴/۹۰**
Y×S	۶	۰/۰۰۱۷**	۰/۰۰۰۶**	۱/۷۳۷**	۵۱۸۹/۵۱*
خطا	۲۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۶	۶۴۹/۱۲
ضریب تغییرات٪		۱۵/۵۵	۱۳/۷۶	۶/۵۶	۲۲/۹۰

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

جدول ۴- ۵ تجزیه واریانس(میانگین مربعات) نشاسته و قند تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		نشاسته برگ	قند احیایی	قند غیراحیایی	قند کل
بلوک	۲	۱۹/۰۴۳^{ns}	۹۲۹/۲۳^{ns}	۰/۹۳^{ns}	۱۶/۱۳^{ns}
تنش کم‌آبیاری (S)	۲	۱۱۷۴/۸۸**	۱۸۵۲۳/۱۱**	۲۶/۴۹**	۶۰/۴۷^{ns}
مخمر (Y)	۳	۹۲/۳۷*	۶۳۰۶۶/۱۳**	۷/۹۴**	۳۰۴/۴۱**
Y×S	۶	۴۱/۹۵^{ns}	۳۲۴۶۴/۶۳**	۶۵/۰۹**	۸۷۴/۶۹**
خطا	۲۲	۲۲/۶۷	۱۵۶۶/۳۹	۱/۰۴	۲۳/۸۸
ضریب تغییرات٪		۷/۸۰	۱۴/۴۰	۱۱/۰۲	۱۰/۳۳

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

جدول ۴- ۶ تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پروتئین و پرولین چشم‌بلبلی تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		پروتئین دانه	پروتئین برگ	پرولین
بلوک	۲	۵/۱۵^{ns}	۰/۷۶^{ns}	۱۸/۸۲^{ns}
تنش کم‌آبیاری (S)	۲	۳۰/۲۳*	۱۰۹/۸۰**	۱۵۷/۰۸**
مخمر (Y)	۳	۲۵۹/۰۹**	۳۰۹/۴۷**	۹۰/۳۲*
Y×S	۶	۳۶/۵۵**	۵۴/۰۷**	۵۱/۵۷^{ns}
خطا	۲۲	۵/۶۶	۷/۴۱	۲۳/۹۲
ضریب تغییرات٪		۱۰/۴۱	۱۵/۳۸	۱۷/۰۷

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

ادامه جدول ۴-۶- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) عناصر معدنی لوبیا چشم‌بلبلی تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		نیتروژن دانه	نیتروژن برگ	فسفردانه (10^{-3})	پتاسیم دانه	سدیم دانه
بلوک	۲	۰/۱۳^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۶۳۴/۷۱^{ns}	۰/۰۲^{ns}
تنش کم‌آبیاری (S)	۲	۰/۷۷*	۲/۸۱**	۰/۰۹**	۳۵۷/۴۳^{ns}	۰/۴۸^{ns}
مخمر (Y)	۳	۶/۶۳**	۷/۹۲**	۰/۰۴^{ns}	۱۷۵۳/۹۷**	۰/۶۴^{ns}
Y×S	۶	۰/۹۳**	۱/۳۸**	۰/۱**	۷۴۱/۰۵**	۰/۹۲^{ns}
خطا	۲۲	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۰۱	۲۸۲/۷۵	۱/۴۰
ضریب تغییرات٪		۱۰/۴۱	۱۵/۳۸	۸/۱۷	۱۰/۳۸	۰/۳۸

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

جدول ۴- ۷ تجزیه واریانس(میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های چشم‌بلبلی تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد گره ریشه	وزن تر گره	وزن خشک گره	شاخص سبزینگی
بلوک	۲	۴۵۷/۷۵^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۸۱^{ns}
تنش کم‌آبیاری (S)	۲	۱۱۹۳۶/۰۸**	۲۸/۳۰**	۲/۱۲**	۱۰۱/۰۱**
مخمر (Y)	۳	۹۲۷۸/۹۱**	۳۶/۵۴**	۱/۱۲**	۱۵۸/۹۰**
Y×S	۶	۱۰۹۱۳/۵۲**	۲۴/۸۴**	۲/۰۷**	۷۳/۶۷**
خطا	۲۲	۳۲۶/۸۴	۰/۸۰	۰/۰۴	۱۲/۸۷
ضریب تغییرات٪		۲۴/۱۸	۲۸/۸۷	۲۹/۵	۵/۵۸

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

جدول ۴- ۸ تجزیه واریانس(میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های چشم‌بلبلی تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		RWC	RWL	پایداری غشا
بلوک	۲	۲/۵^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۲۳/۹۶^{ns}
تنش کم‌آبیاری (S)	۲	۶۰/۹*	۱/۴۳**	۶۱/۹۷*
مخمر (Y)	۳	۷۹/۹*	۰/۴۹*	۱۶۰/۲۰**
Y×S	۶	۲۸/۷^{ns}	۰/۷۷**	۱۱۵/۲۰**
خطا	۲۲	۱۷/۴	۰/۳۲	۱۶/۰۸
ضریب تغییرات٪		۵/۰۵	۲۷/۵۶	۳/۸۹

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

جدول ۴- ۹ تجزیه واریانس(میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های چشم‌بلبلی تحت تأثیر شرایط تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مخمر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن خشک دانه همراه غلاف در بوته	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۶۴/۱۶^{ns}	۷/۱۷*	۱۰۳۷/۷**	۰/۴۳^{ns}	۰/۰۶۷*	۳۳۳/۶۰**
تنش کم آبیاری (S)	۲	۹۲/۰۸*	۳/۰۰^{ns}	۳۸۰۷/۹**	۴/۷۵**	۰/۰۵۲*	۵۰۶/۳۸**
مخمر (Y)	۳	۲۵۳/۹۶**	۳/۹۲^{ns}	۳۰۲۵/۴**	۱/۰۹**	۰/۱۴۳**	۲۵۸/۶۸**
Y×S	۶	۱۷۳/۴۵**	۶/۴۹*	۵۷۵/۸*	۰/۵۱*	۰/۰۴۵*	۲۰۴/۲۱**
خطا	۲۲	۲۶/۶۰	۱/۷۸	۱۹۸/۱	۰/۱۶	۰/۰۱۷	۴۸/۹۶
ضریب تغییرات٪		۱۲/۷۰	۱۱/۸۳	۱۴/۲۷	۱۵/۷۰	۱۵/۵۵	۱۹/۷۸

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns: غیر معنی‌دار

جدول 1- آنالیز شیمیایی مخمر($mg/100_g$ dry weight)

مواد معدنی		اسیدهای آمینه		ویتامین‌ها	
Total N	۷/۲۳	Arginine	۱/۹۹	Thiamin	۲/۷۱
P_2O_5	۵۱/۶۸	Histidine	۲/۶۳	Riboflavin	۴/۹۶
K_2O	۳۴/۳۹	Isoleiucine	۲/۳۱	Nicotinic acid	۳۹/۸۸
MgO	۵/۷۶	Leucine	۳/۰۹	Pantothenic acid	۱۹/۵۶
CaO	۳/۰۵	Lysine	۲/۹۵	Biotin	۰/۰۹
SiO2	۱/۵۵	Methionine	۰/۷۲	Pyridoxine	۲/۹۰
SO2	۰/۴۹	Phrnylalanine	۲/۰۱	Folic acid	۴/۳۶
NaCl	۰/۳۰	Theronine	۲/۰۹	Cobalamin	۱۵۳μg
Fe	۰/۹۲	Tryptophan	۰/۴۵	آنزیم‌ها	
Ba	۱۵۷/۶	Valine	۲/۱۹	Oxidase	۰/۳۵۰
Co	۶۷/۸	Glutamic acid	۲/۰۰	Peroxidase	۰/۲۹۰
Pd	۴۳۸/۶	Serine	۱/۵۹	Catalase	۰/۰۶۳
Mn	۸۱/۳	Aspartic acid	۱/۳۳	کربوهیدرات‌ها	۲۳/۲۰
Sn	۲۲۳/۹	Praline	۱/۵۳		
Zn	۳۳۵/۶	Tyrosine	۱/۴۹		

Shafeek, M.R., Y.I. Helmy and Nadia M. Omar. 2015. Use of some bio-stimulants for improving the growth, yield and bulb quality of onion plants (*Allium cepa* L.) under sandy soil conditions. Middle East journal of Applied Sciences. Volume:5. P 68-75.

منابع

احتشامی، م. ۱۳۸۶. تأثیر کودهای زیستی فسفاته بر شاخص های کمی و کیفی ذرت دانه ای تحت تأثیر تنش کم‌آبی. رساله دکتری زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس، ۲۹۹ ص.

احمدی ع و بیکر د. آ، (۱۳۷۹)"عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش کم آبیاری" مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۳۱، جلد ۴، ص ۸۲۵-۸۱۳.

اردکانی م و نادورا(۱۳۸۸)" اصول و فنون کاربردی برای متخصصان علوم گیاهی (ترجمه)" انتشارات دانشگاه تهران.

آرزمجو ا.، حیدری م.، قنبری ا.، سیاه سر ب.، و احمدیان ا.، ۱۳۸۹. تاثبر سه نوع کود بر درصد اسانس، رنگدانه‌های فتوسنتزی و تنظیم کننده‌های اسمزی در بابونه تحت تنش کم آبیاری. تنش‌های محیطی زراعی، ۳(۱): ۲۳-۳۳.

اسفندیاری ع.، محبوب س. و شکاری ف. ۱۳۸۸. اصول فیزیولوژی گیاهی. جلد اول: انتشارات عمیدی.

اکبری چرمهینی، س؛ و معلمی، ن .۱۳۸۹.تأثیر اسید جیبرلیک بر رشد رویشی نهال های زیتون.(*Olea europea* L)نشریه علوم باغبانی. علوم و صنایع کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد .شماره۲۴. ۱۸۴-۱۸۸.

الجازع ح، (۱۳۹۶)، پایان نامه ارشد: "بررسی اثر محلول‌پاشی پلی آمین(پوترسین) و عصاره مخمر بر روی رشد و عملکرد و درصد اسانس گیاه نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L) تحت شرایط تنش شوری"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

امینی غ، (۱۳۹۸)، پایان نامه ارشد: "تاثیر نیتروکسین و محلول‌پاشی مخمر (*Saccharomyces cerevisiae*) بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیک استویا (*Stevia rebadiana* Bertoni)"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

انتشاری ش، رفیعی ص و قاسمی پیربلوطی ع. ۱۳۹۳. تاثیر غلظت‌های مختلف جاسمونیک اسید بر میزان اسانس در گیاه آویشن باغی" فرآیند و کارکرد گیاهی"، ۳(۸) ۹۵-۹۰.

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

جلیلیان، ج. ۱۳۸۷. اثر کودهای زیستی (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) و سطوح مختلف کود نیتروژنه بر ویژگی‌های کمی و کیفی آفتابگردان در شرایط تنش کم‌آبی. رساله دکتری زراعت، دانشگاه تربیت مدرس.

حمیدی، آ. ۱۳۸۵. جنبه‌های اگرواکولوژیک کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد دانه و علوفه سیلویی دورگهای دیرس ذرت. رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس۱۸۱.ص.

خزاعی، ح .۱۳۸۱ .اثر تنش خشکی بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام مقاوم و حساس گندم و معرفی مناس ب ترین شاخص های مقاومت به خشکی .پایان نامه دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
خوش‌گفتار منش، ا. ح. ۱۳۸۶. مبانی تغذیه گیاه. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۶۲ صفحه.

دانشیان ج، نورمحمدی ق و جنوبی پ، (۱۳۸۱) " بررسی واکنش سویا به تنش خشکی و مقادیر مختلف فسفر" چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دوم تا چهارم شهریور، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.

سالاری ف و منصوری ر (۱۳۹۱) "بررسی اثر جاسمونیک اسید بر ترکیبات ترپنوییدی در گیاه شاهدانه (*Cannabis Sativa* L.) در مرحله‌ی رویشی" فرآیند و کارکرد گیاهی ۱ (۲): ۵۱-۶۰.

سرمدنیا ع و کوچکی ع، (۱۳۷۱) " جنبه‌های 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..

صدرآبادی، ر. ۱۳۶۸؛ اثر تنش کمبود آب بر رشد و تثبیت ازت در تعدادی گونه‌های و توده‌های یونجه. پایان نامه کارشناسی ارشد. د انشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

صفاری غ، ۱۳۸۸. اثر دو تنظیم کننده رشد اسید سالیسیلیک و اسید ژاسمونیک بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای دانه‌ای. پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد.

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

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

کافی م و دامغانی م، (۱۳۸۱) "مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های تنش کم آبیاری" (ترجمه)، انتشارات فردوسی مشهد، ۴۶۷ صفحه.

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

کوچکی، ع. و بنایبان اول، م. (۱۳۷۳). زراعت حبوبات. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۶ص.

کوچکی، ع و بنایان اول، (۱۳۸۶) "زراعت حبوبات" چاپ هشتم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

کوچکی، ع. ر. و خواجه حسینی، م.ج. ۱۳۸۷. زراعت نوین. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۷۱۲ص.

گلیان م .و سالار معینی م. (۱۳۸۲). واحد آموزش و پرورش معاونت کشاورزی سازمان اقتصادی کوثر .لیسون ا .سامرزجی دی . تغذیه طیور(نسخه سوم).

مجنون حسینی، ن .۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات. چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۸۴ص.

مظاهری د، ۱۳۷۷ .زراعت مخلوط. انتشارات دانشگاه تهران.

مظاهری د. 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 کم آبیاری روی برخی خصوصیات مورفولوژیکی تعدادی از ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum L.*) در شرایط گلخانه" مجله پژوهش‌های زراعی ایران، شماره ۳، جلد۲، صفحات ۲۷۷ تا ۲۸۹.

ملکوتی ج، (۱۳۷۳) "حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک" انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ص ۴۹۴.

ملکوتی، م .ج .۱۳۷۸ . دستیابی به افق های تازه در افزایش تولیدات کشاورزی. مشهد. ششمین کنگره علوم خاک ایران .۱۳۵ص.

ملکوتی، م.ج. و ریاضی همدانی، ع. ۱۳۷۱. کودها و حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۸۰۸ صفحه.

ملکوتی، م. ج و طهرانی، م.م. ۱۳۷۹. نقش ریز مغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی((عناصر خرد با تأثیر کلان)). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۲۹۹ صفحه.

ملکوتی، م.ج و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی مناطق خشک و نیمه خشک((مشکلات و راه‌حل‌ها)). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۵۰۸ صفحه.

میرجلیلی ع، (۱۳۸۴) " گیاهان در محیط‌های تنش‌زا" انتشارات نور بخش. ۳۵۷ صفحه.

نصیبی، ف.، منوچهری .کلانتری، خ؛ و یعقوبی، م.۱۳۸۹ .مقایسه اثر پیش تیمار سدیم نیتروپروساید وآرژینین بر برخی پاسخ های فیزیولوژیکی گیاه گوجه فرنگی(*Lycopersicum esculentum*). تحت تنش کم آبی، صفحات.۸۹۹ .مجله زیست شناسی ایران، جلد ۲۹، شماره صفحات ۸۳۳-۸۴۷.

نصیری، س.، عزیزی، م. و آرویی، ح. مطالعه تاثیر اسید هیومیک و مخمر() بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گل گاو زبان اروپایی() تحت دو سطح کود دامی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۸۸ ص. ۱۳۹۲.

نیاکان م و قربانعلی م، (۱۳۸۶) "اثر تنش کم آبیاری بر شاخص‌های رشد فاکتورهای فتوسنتزی، میزان پروتئین و محتوای یونی در بخش‌های هوایی و زیر زمینی دو رقم سویا" رستنی‌ها، شماره ۸، جلد۱، صفحات ۱۸تا ۲۸.

Abbas, S.M., 2013. The influence of biostimulants on the growth and on the biochemical composition of Vicia faba cv. Giza 3 beans.Romanian Biotechnol. Lett. 18 (2), 8061–8068.

Abd El- Aal, F. S., Shaheen A. M. and Rizk, F. A. (2008) The effect of foliar application of GA3 and soil dressing of NPK at different levels on the plant productivity of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4 (5): 384-391.

Abd El-Latif, E. 2006. Effect of Chemical, Organic Fertilizers and Spraying with Active Dry Yeast on Growth, Oil Production and Plant Constituents of Sage (*Salvia officinalis* L.) Plant. M. Sc. Thesis, Fac. Agric., Cairo Univ, Egypt.

Abou El-Nasr, M.E.; R.A. El-Shabrawy and M.M. Abd El-Rahman (2001).Effect of bread yeast application and some nutrient elements on squash (*Cucurbita pepo* L.) plant growth, yield and fruit quality under conditions of the early summer planting. J. Agric. Sci. Mansoura Univ., 26 (7): 4451-4464.

Abou El-Yazied, A. and M. A. Mady. 2011. Effect of naphthalene acetic acid and yeast extract application on growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 7(2): 271-281.

Abou EL-Yazied. A., Mady. M. A., 2012. Effect of Boron and Yeast Extract Foliar Application on Growth, Pod Setting and both Green Pod and Seed Yield Of Broad Bean (*Vicia Faba* L). Journal of American Science .8(4). 517-534.

Abu Nukta, F. and R. Parkinson. (2007). Effect of humic substances on micronutrients availability in soils. J. Damascus University Agriculture. 23: 163-178.

Adekunte, A. O. Tiwari, B. K. Cullen, P. J. Scannell, A. G. M. & O'Donnell, C. P. (2010). Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. Food Chemistry, 122(3), 500-507.

Ahmad, Y.M., Shahlaby, E.A., and Shnan, N.T. 2011. The use of organic and inorganic cultures in improving vegetative growth, yield characters and antioxidant activity of roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.). African Journal of Biotechnology 10(11): 1988-1996.

Ahmed, A., El-Baky, M. A., Zaki, M., & El-Aal, F. S. A. (2011). Effect of foliar application of active yeast extract and zinc on growth, yield and quality of potato plant (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Applied Sciences Research*, 7(12), 2479-2488.

Ahmed F. F., Ragab M. M. A., Gobara A. A. and Mansour A. E. M. 1995. The beneficial of supplying active dry yeast to some nutrients foliage spraying for Anna apple trees *Malus domestica*. Symposium on Foliar fertilization a Technique to Improve Productivity and Decrease pollution. Cairo. Egypt.

Alaei, Y., 2011. The effect of amino acids on leaf chlorophyll content in bread wheat genotypes under drought stress conditions. Middle- East J. Sci. Res. 10 (1), 99–101

Alaei, Y., Khanghah, A.M., Jafari, M., Khaneghah, A., 2012. Evaluation on leaf proline amount in three bread wheat cultivars in presence of two fertilizers containing amino acids in drought stress.WorldAppl.Sci.J.18(9),1190–1192.

Albrecht, C., Geurts, R., and Bisseling, T. 1999. Legume nodulation and mycorrhizae formation, two extremes in host specificity meet. The EMBO Journal 18(2): 281-288**.**

Al-Falih AM (2006). Nitrogen transformation in vitro by some soil yeasts. Saudi. J. Biol. Sci. 13(2):135-140.

Aminifard M H, Aroiee H, Azizi M, Nemati H and Jaafar H Z (2012) Effect of humic acid on antioxidant activities and fruit quality of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 18(4): 360-369.

Andrew J.S., Moreau H., Kuntz M., Pagny G., Lin C., Tanksley S. and McCarthy J. (2008) An investigation of carotenoid biosynthesis in Coffea canephora and Coffea arabica. Journal of Plant Physiology 165: 1087-1106.

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" Afic. J. Agric., 6,9, 2026 pp 2032.

Antolin,M.C.and D.M.Sanches.1993; Effects of temporary drought on photosynthesis of alfalfa plants.Journal of Experimental Botany.44:265,1341-1349.

Antolin, M.C., Yoller, J., and Sanchez-Diaz, M. 1995. Effect of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfalfa plant. Plant Science 107: 159-165.

Arnon D.I. (1949). Copper enzyme in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*. Plant physiol. Rock ville, 24: 1-24.

Asadi Kavan, Z., Ghorbanli, M., and Sateei, A. 2010. The effect of drought stress and exogenous ascorbate on photosynthetic pigments, flavonoids, phenol compounds and lipid peroxidation in *Pimpinella anisum* L. Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25(4): 456-469. (In Persian with English Summary).

Asch F., Dingkuhn M. and Droffling K. (2000) Salinity increases CO2 assimilation but reduces growth in field growth irrigated rice. Plant and Soil 218(1): 1-10.

Austin, R.B. (1989)."Maximising crop production in water-limited environments" C. A. B. International, London., 13 pp 26.

Azizinia Sh, Ghanadha MR, Zali AA, Yazdisamadi B, Ahmadi A .2005. Evaluation and assess of quantitative traits related to drought tolerance in wheat. Iran. J. Agric Sci. 36: 281-292.

Azpilicueta, C. E. Benavides, M. P. Tomaro, M. L. and. Gallego, S. M. (2007). Mechanism of CAT induction by cadmium in sunflower leaves. Plant Physiology Biochem. 45: 589-595.

Bagheri, A., Mahmoodi, A & Ghezli, F. D. 2000. *Agronomy and Bean breeding*. Jahad Mashhad University Press, (In Persian).

Baque, M.A., Karim, M.A., Hamid, A., Tetsushi, H., 2006. Effect of fertilizer potassium on growth, yield and nutrient uptake of wheat (Triticum aestivum L.) under water stress conditions. South. Pacific Stud. 27 (1), 25–35.

Barea J M and Azcon-Aguilar C 1983 Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. *In* Advances in Agronomy. Ed. N C Brady, pp. 1-54. Academic Press, New York.

Barea J M, Azcon-Aguilar C and Azcon R 1987 Vesiculararbuscular mycorrhiza improve both symbiotic N 2 fixation and N uptake from soil as assessed with a 15N technique under field conditions. New Phytol. 95, 381-396.

Barnett, J.A., Payne, R.W., Yarrow, D., 1990. Yeast Characteristics and Identification, second ed. Press, Cambridge Univ., London, UK, 1012 p.

Bates, l. S., R. P. Waldern, & I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39:205-207.

Bashan, Y. and Holguin, G. 1997. Azospirillum-plant relationships : environmental and physiological advances (1990-1996).Can. J. Microbiol. 43 : 103-121.

Beauchamp C. and Fridovich M. (1971). " Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels" Anal Biochem. Nov: 44 (1), 276 -287**.**

Bedour, A.A.L. and A.E. Rawia. 2011. Improving gladiolus growth, flower keeping quality by using some vitamins application. J. Am. Sci. 7(3): 169-174.

Benavides, M. P., Marconi, P.L., Gallego, S. M., 2000, Relationship between antioxidant system and salt tolerance in Solanum tuberosum. Australian Journal of Plant PHysiology 27: 273 -278.

Bevilacqua, A.; M. R. Corbo; M. Mastromatteo and M. Sinigaglia. 2008. Combined effects of pH, yeast extract, carbohydrates and di-ammonium hydrogen citrate on the biomass production and acidifying ability of a probiotic *Lactobacillus plantarum* strain, isolated from table olives, in a batch system. World J. Microbiol Biotechnol. 24: 1721–1729**.**

Beweley, J.D. and Larsen, K.M. (1982). "Differences 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 pp 415.

Blum, A., Gozlan, G. and Mayer, j. (1981). " The Manifestation of Dehydration Avoidance in Wheat Breeding Germplasm" Crop Sci., 21,495 pp 499.

Boller, T., 1995. Chemoperception of microbial signals in plant cells. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 46, 189–214.

Botha A (2006). Yeast in soil. In: Rosa, C.A., Péter, G. (Eds.), The Yeast Handbook; Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts. Springer-Verlag, Berlin, pp. 221-240.

Boutraa,T., Akhkha, A. Abdulkhaliq, A. Al-Shoaibi & Ali M. Alhejeli (2010) Effect of water stress on growth and water use efficiency (WUE) of some wheat cultivars (Triticum durum) grown in Saudi Arabia., Journal of Taibah University for Science, 3:1, 39-48.

Bowen G D and Smith S E. 1981. The effects of mycorrhizas on nitrogen uptake by plants. *In* Terrestrial Nitrogen Cycles: Processes, Ecosystem Strategies and Management Impacts. Eds. F E Clark and T Rosswal. pp 237-247. Ecological Bulletin No. 33, Swedish Natural Science Research Council, Stockholm.

Brader G. Tas E. and Palva E. T. 2001. Jasmonate-dependent induction of indole glucosinolates in Arabidopsis by culture filtrates of the nonspecific pathogen Erwinia carotovora" plant physiol 126(2):849-860.

Bremner, J. M, and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen – total In: A. L. Page., R.H. Miller, and O. R. Keeney (eds) Methods Of Soil analysis Part 2 Ned. Edn. Agron. Monogr.9. pp 595 – 624. ASA and SSSA, Madison.

Bruening, W. P. and Egli, D. B. (2000) Leaf starch accumulation and seed set at phloem-isolated nodes in soybean. Field Crops Research 68: 113–120.

Buttery B. R., C. S. Tan, R. L. Buzzell, J. D. Gaynor tand D. C. Mactavish. 1993; Stomatal numbers of soybean and response to water stress. Plant and Soil. 149:283-288.

Cakmak, I. (2005). "The role of potassium in alleviating detrimental effect of abiotic stresses in plant" J. Plant Nut. Soil Sci., 168, 521 pp 530.

Campos, P. S., Ramalho, J. C., Lauriano, J. A., Silva, M. J. and do Ceu Matos, M. (1999) Effects of drought on photosynthetic performance and water relations of four *Vigna* genotypes. Photosynthetica 36: 79-87.

Carter C., Healy R., Otool N.M., Naqvi S.M., Ren G., Park S., Gwyn A.B., Harry T., Horner R. and Thornburg W. (2007). "Tobacco nectaries express a novel NADPH oxidase implicated in the deffnse of Floral reproductive tissues against microoraganism". *Plant Physiol*, 143: 389- 399.

Chance, B. and Maehly, A.C. 1955. Assay of catalases and peroxidases. Meth. Enzym. 5: 764-755.

Chapman,H.D., and P.F.Pratt .1961.method of analysis for soils,plants and waters.University of California.Division of agricultureal Sciences.

Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1982. Methods of Plant Analysis. I: Methods of Analysis for Soil, Plants and Water. Chapman Publishers, Riverside, CA. 170 p.

Chaves, M. M., Pereira, J.S., Maroco, J.P., Rodrigues, M.L., Riccardo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalho, T., Faria, T. and Pincheiro, C. (2002). " How Plants Cope with Water Stress in the Field? Photosynthesis and Growth" Ann. Of Bot., 89, 907 pp 916.

Cheng, S.Y., Wang, Y., Liu, W.H., Du, H.W., and Chen, K.S. 2005. Effects of plant growth regulators on phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activities in leaves of *Ginkgo biloba*. Journal Plant Resources Environment 14: 20-22.

cleyet-Marel, J.C., Larcher, M. Bertraod, H., Rapior, S. and Pinochet, X. 2001. Plant growth enhancment by rhizobacteria. pp:87-197. in: Nitrogen assimilation by plants, physiology, biochemical and molecular aspects. F.d., Morot-Guadry, J.F., Science Publishers, Inc. Enfield, NH, USA.

Cloete K, Valentine A, Stander M, Blomerus L, Botha A (2009).Evidence of symbiosis between the soil yeast *Cryptococcus laurentii* and a sclerophyllous medicinal shrub, *Agathosma betulina* (Berg.)Pillans. Microb. Ecol. 57:624632.

Cramer, G. R., G. J. Alberico, and C. Schmidt. 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. Aust. J. Plant Physiol. 21: 675-692.

Daniel, C., and Triboi, E. 2008. Changes in wheat protein aggregation during grain development: effects of temperature and water stress. Eur. J.Agron., 16: 1-12.proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environmental and Experimental Botany, 53: 247-257.

Dejong ,T.M.,and D.A.Phillips.1982; Water stress effects on nitrogen assimilation and growth of Trifolium subterraneum.L.using dinitrogen or amoniumnitrate.Plant.Physi ol.69:416-420.

Demiral, T., Turkan, I., 2005. Comparative lipid peroxidation antioxidant defensesystems.

Dong H., and Beer, S.V. 2000. Riboflavin induces disease resistance in plants by activating a novel signal transduction pathway. Phytopathology, 90:801-811.

Dromantiene, R., Pranckietiene, I., Sidlauskas, G., Pranckietis, V.,2009. The effect of fertilisers containing amino acids on winter wheat grain yield and technological properties. J. Zemdirbyste·(Agriculture) 96 (4), 97–109.

Dursun. A., Guvenc. I and., Turan. M., 2002. Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micro nutrient tomato and egg plant. Acta Agrobotanica. 88-81:56.

Ebrahimi M., Zamani G. and Alizadeh Z. 2016. Antioxidant activity: a strategy for alleviating the effects of drought on *Calendula officinalis L*. European Journal of Medicinal Plants, 15(4): 1-14.

Eid, M. I. (2001). Response of Coriander Plant to Foliar Spray with Active Dry Yeast and Phosphorus Fertilization. J. Agri. Sci. Mansoura Univ., 26 (12): 7869-7878.

El- Desouky, S.A., Wans, A. L. and Khedr. Z. M. (1998). Utlization of some natural plant extracts (of garlic and yeast) as seed – soaked materials to squash (*Cucurbatia pepo* L). I- Effect on growth, sex expression and fruit yield and quality. J. Agric. Sci. Moshtohor, Zagazig. Univ., 35 (2): 839-854.

El-Gamal, Sabah M. A. (2005**).** Physiological Response of Sweet Basil Plants Grown Under Stress Conditions as Affected by Yeast Extract, Ascorbic Acid and Potassium. Minufiy J. Agric. Res., 30 (1): 25-50.

El-Ghamriny, E.A.; H.M.E. Arisha and K.A. Nour (1999). Studies in tomato flowering fruit set yield and quality in summer seasons. 1.Spring with thiamine, ascorbic acid and yeast. Zagazig J. Agric.Res., 26(5):1345-1364.

El-Garhy, A.M., 2002. Physiological Studies on Tolerance of Some Varieties of Faba Bean Plants Under Least Water Requirements. Ph. D. Thesis, Agric., Botany Dept., Faculty of Agric., Minufiya Univ., Shebin El-Kom, Egypt, pp. 44–120.
El-Shafey.A. I., El-Feky. SS. S., Abo- Hamad. SH. A.,2016. Effect of Sowing Time and Foliar Application of Yeast Extract on Growth and Productivity of Different Cultivars of Faba bean (*Vicia faba L*). *Egypt. J. Bot.*,Vol. 56, No.1, pp. 35-48.

El-Tarabily KA, Sivasithamparam K (2006). Potential of yeasts as biocontrol agents of soil-borne fungal plant pathogens and as plant growth promoters. Mycoscience 47:25-35.

El-Tohamy, W., & El-Greadly, N. (2007). Physiological responses, growth, yield and quality of snap beans in response to foliar application of yeast, vitamin E and zinc under sandy soil conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(3), 294-299.

El-Tohamy, W. (2008). Studies on the effect of putrescine, yeast and vitamin C on growth, yield and physiological responses of eggplant (*Solanum melongena* L.) under sandy soil conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences

El-Tohamy, W.A., H.M. El-Abagy and N.H.M. El-Greadly (2008). Studies on the effect of putrescine, yeast and vitamin c on growth, yield and physiological responses of eggplant (*salanum melongena* L.) under sandy soil conditions. Australian Journal of Basic and Applied.Science, 2(2): 296-300.

El-Tohamy, W.I.A. and N.H.M. El-Greadly (2007). Physiological responses, growth, yield and quality of snap bean in response to foliar application of yeast, vitamin e and zinc under sandy soil conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 1(3): 294-299.

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

Emam, Y. and Seghatoeslami, M.J. (2005). "Crop yield, Physiology and Processe" shiraz University Press. Shiraz,Iran., (In Persian).

Emam. Y., Shekoofa, A., Salehi, F., and Jalali, A. H. (2010). "Water stress Effects on two Common Bean with Contrasting Growth Habits" American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 9 (5): 495-499pp.

Ezz El-Din A. A. and Hendawy S. F. 2010. Effect of dry yeast and compost tea on growth and oil content of *Borago officinalis* plant. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences,6(4): 424-430.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. (2009). "Plant drought stress: effects, mechanisms and management" Agron. Sustain. Dev., 29., 185 pp 212.

Fathy, S.L. and S. Farid (1996). Effect of some chemical treatments, yeast preparation and royal jelly on some vegetable crops growing in late summer season to induce their ability towards better thermal tolerance.J. Agric. Sci., Mansoura Univ., 25(4): 2215-2249.

Fathy, E. L.; S. Farid and S. A. El-Desouky. 2000. Induce cold tolerance of outdoor tomato during early summer seasons by using adenosine tri phosphate (ATP), yeast, other natural and chemical treatments to improve their fruiting and yield. J. Agric. Sci. Mansura. Univ. 5(1): 377-401.

Ferreira, I. M. P. L. V. O. Pinho, O. Vieira, E., & Tavarela, J. G. (2010). Brewer's Saccharomyces yeast biomass: characteristics and potential applications. Trends in food science & technology, 21(2), 77-84.

Flexas, J. and Medrano, H. (2002). " Drought-inhibition of Photosynthesis in C_3 Plants: Stomatal and Non-stomatal Limitations Revisited" Ann. Of Bot., 89, 183 pp 189.

Fawzy, Z.F. (2007). Increasing productivity of head lettuce by foliar spraying of some bio- and organic compounds. Egypt. J. Appl. Sci.,22(10A): 237-247.

Fawzy, Z.F.; A.M. El-Bassiony; A.G.Behairy and Y.I. Helmy, (2010).Effect of foliar spraying by some bio and organic compounds on growth, yield and chemical composition of snap bean plant. Journal of Applied Science Research,6(12): 2269-2274.

Fawzy Z. F., Li Y., Ouyang Z. and Hoda A. M. 2012. Influence of foliar application by EM “Effective microorganisms”, amino acids and yeast on growth, yield and quality of two cultivars of onion plants under newly reclaimed soil. Journal of Agricultural Science, 4(11): 26.

Gallacher,A.E.,and J.l.Sprent.1978; The effect different water regimes on growth and nodule development of green house-grown *Vicia faba*.J.Exp.Bot.29:413-423.

Genard H, Le Saos J, Billard J-P, Tremolieres A, Boucaud J (1991). Effect of salinity on lipid composition, glycine betaine content and photosynthetic activity in chloroplasts *of Suaeda maritima*. Plant Physiol Biochem. 29: 421–427.

Gerardine, M., Butare, L., Cregan, P.B., Blai, M.W., and Kelly J.D. 2013. Quantitative trait loci associated with drought tolerance in common bean. Journal of Crop Science 54: 923-938.

Ghoname, A.A.; M.A. El-Nemr; A.M.R.Abdel-Mawgoud and W.A. El-Tohamy (2010). Enhancement of sweet pepper crop growth and production by application of biological,organic and nutritional solutions.Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6(3):349-355.

Ghorbani, S., Khazaei, H., Kafi, M., and Banayan aval, M. (2010). Effect of using humic in irrigation water on corn yield. Journal of Agricultural Ecology, 2(1): 111-118.

Giardi, M.T. Cona, A., Geiken, D., Kucera, T., Masojidek, J. and Mattoo, A.K. (1996). " Long-term drought stress induces structural and functional reorganization of photosystem II " Planta., 199, 118 pp 125.

Glick, B.R., (1995). The enhancement of plant growth by free living bacteria. Cand. J.Microbiology, 41:109-117.

Goldschmidt, E. E. and Huber, S. C. (1992) Regulation of photosynthesis by end-product accumulation in leaves of plants storing starch, sucrose, and hexose sugars. Plant Physiology 99: 1443–1448.

Golestani, S. and M.T. Assad. 1998. Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. Euphytica 103: 293-299.

Gomaa, A.M.; S.S. Moawad; I.M.A.Ebadah and H.A. Salim (2005).Application of bio-organic farming and its influence on certain pests infestation, growth and productivityof potato plants. Journal of Applied Sciences Research, 1(2): 205-211.

Gonzalez-Lopes, J., Martnez-Toledo, M. V., Reina, S. and Salmeron, V. 1991. Root exudates of maize and production of auxins, gibberlins, cytokinins, amino acids and vitamins by Azotobacter chroococcum in chemically-defined media and dialised-soil media. Toxicological and Environmental Chemistry. 33: 69-78.

Goos, R.J., and Johnson, B.E. 2000. A comparison of three methods for reducing iron-deficiency chlorosis in soybean. Agronomy journal 92: 1135-1139.

Goyer, A., 2010. Thiamine in plants: aspects of its metabolism and functions. Phytochemistry, 71(14-15): 1615-1624.

Gusta, L.V., and Chen, T.H. 1987. The physiology of water and temperature stress wheat and wheat improvement. Amer. Soc. Agron. Public.

Habibi D. Boojar M. M. A. Mohmoudi A. Ardakani M. R. and Taleghaani D. 2004. Antioxidant Enzyme in sunflower subjseted to drought stress. 4th International crop science congress. 26 sep- 1 oct.

Hadi, H., Asgharzadeh, A., Daneshian, J., and Hamidi, A. 2010. Effect of soybean co-inoculation with Bradyrhizobium japonicum and Azotobacter chroococcum on nodule and plant characteristic the seeds produced under drought stress. Soil Research Journal 2A(24): 34-46.

Hammad, S.A.R., 2008. Physiological and anatomical studies on drought tolerance of pea plants by application of some natural extracts. Ann. Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo 53 (2), 285–305.

Hammad, S.A.R., Ali, O.A.M. (2014).Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. Ann. Agric. Sci.

Handel E.V. (1968). "Direct micro determination of sucrose". Annals of Biochemi, 22: 280-283.

Hanson, A.D. and Hitz, W.D. (1982). "Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits" Ann. Rev. Plant physiol., 33, 163 pp 203.

Hare P.D. 2007. Metabolic implications of stress-induced accumulation in plant. Plant Growth REG., 21:79-103.

Harinasut, P, Poonsopa, D, Roengmongkol, K,2003. Salinity effect on antioxidant enzymes in *Mulberry cultivar*. Science Asia 29:109-113.

Harper.S.M., Kerven.,G.L. Edwards., and Ostatek-bockzynski.z.2000. Characterization of fulvic and humic acid fromleaves of Eucalyptus camaldulensis and from decomposed hay. logy Soil. .32- 1336-1331.

Hassan, F.A.S. 2009. Response of *Hibiscus sabdariffa* L. plant to some biofertilization treatments. Annal. Agric. Sci. 54:437-446.

Havaux M. (1998) Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. Trends in Plant Science 3(4): 147–151.

Hayat S., Hayat Q., Alyemeni M. N., Wani A. S., Pichtel J. and Ahmad A. 2012. Role of proline under changing environments:a review. Plant Signaling and Behavior, **7**(11): 1456-1466.

Hee Lee, D. and Bum Lee, C. (2000) Chilling stressinduced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays.Plant Science 159: 75–85.

Heuer, B. and Nadler, A. 1995.Growth and development of potatoes under salinity and water deficit" Aust. J. Agric. Res., 46, 1477 pp 1486.

Hiscox, J.D., and Israelstam, G.F., 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian Journal of Botany, 57(12): 1332-1334.

Hoekstra, F.A., Golovina, E.A., and Buitink, J. 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends in Plant Science 6(9): 431-438.

Homme, p. m., Gonzalez, j. Billard,, 1992. Carbohydrate content, frutane and sucrose enzyme activities in roots, stubble and leaves of rye grass (Lolium perenne L.) as affected by sources/link modification after cutting. Journal of Plant Physiology., 140,282-291.

Huber, S. C., Rogers, H. H. and Mowry, F. L. (1984) Effects of water stress on photosynthesis and carbon partitioning in soybean (*Glycine max* [L.] Merr.) plants grown in the field at different CO2 levels. Plant Physiology 76: 244–249.

Hussain, W. and L. Khalaf (2007). Effect of foliar spraying with yeast solution on growth and yield of potato plant cv. desiree.html/www.tropentage.de/2007/abst ractsg/links/khalaf. FPRAXY 90.

Iturbe-Ormaetxe I, Escuredo PR, Arrese-Igor C, BecanaM(1998) Oxidative damage in pea plants exposed to water deficit or paraquat. *Plant Physiology* 116, 173–181. doi: 10.1104/pp.116.1.173.

Jasim.S. N. (2009). effect of spraying with yeast suspension on vegetative, floral growth characters and vase life of freesia. the iraqi journal of agricultural science 40 (1):110-119.

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 pp 1499.

Kadam, A.S. and S.S. Wadjel. (2011). Role of potassium humate on growth and yield of soybean and black gram. International J. Pharama Biology Sience, 1, 243-246.
Kage, H., Kochler, M. and Stützel, H.(2004). " Root growth and dry matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: measurement and simulation" Europ. J. Agron., 20, 379 pp 394.

Keller F. and Ludlow. Carbohydrate metabolism in drought-stressed leaves of pigeonpea (Cajanus Cajan) J. of Experimental Botany Vol. 44. No. 265 (1993) 1351-1359.

Kalva, y.p., Reak. R., Vaughan, B., Wolf, A. M. 1998. Handbook of refrence methods for plant and analysis. Soil and plant Analysis Council. Inc. Athens, GA. CRC Press. Boca Raton. Florida, pp. 94-145.

Kameli, A & D.M. losel. Carbohydrates and water stress in wheet plants under water stress. New phytologist 125(3) (1993) fi09-614.

Kanai, S., K. Ohkura, J. Adu-Gyamfi, p. Mohapatra, H.Saneoka and K. Fujita. (2007)."Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress" J. Exp. Bot., 58, 2917 pp 2928.

Kar, M. and Mishra, D. 1976. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. Plant Physiol. 57: 315-319.

Karimizadeh, R. and M. Mohammadi. 2011. Association of canopy temperature depression with yield of durum wheat genotypes under supplementary irrigated and rainfed conditions. Aust. J. Crop Sci. 5(2): 138-146.

Kawasaki, T. and Egi, Y., 1992. Tiamine: 375-399. In: De Leenheer, A.P., Lambert, W.E. and Van Bocxlaer, J.F., (Eds.). Modern Chromatographic Analysis of Vitamins. New York, NY: Marcel Dekker, Inc, 606p.

Keller, F. and Ludlow, M. M. (1993) Carbohydrate metabolism in drought-stressed leaves of pigeonpea *(Cajanus cajan*). Journal of Experimental Botany 44: 1351–1359.

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, 15pp 18.

Khedr Z. M. A. and Farid S. 2002. Response of naturally virus infected tomato plants to yeast extract and phosphoric acid application. Annals of Agricalture Science Moshtohor. Egypt, 8(2): 927-939.

kloepper, J.W., Liftshitz, K., Zablotowicz, R.M. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Trends Biotechnol. 7: 39- 43.

Koc E., İşlek1 C. and Üstün1 A. S. 2010. Effect of Cold on Protein, Proline, Phenolic Compounds and Chlorophyll Content of Two Pepper (*Capsicum annuum L.*) Varieties. Gazi University Journal of Science, 23(1): 1-6.

Khalil S. and Ismael E. 2010. Growth, yield and seed quality of *Lupinus termis* as affected by different soil moisture levels and different ways of yeast application. Journal of American Science, 6(8): 141-153.

Kraig, E. T. L. L. E. N. & Haber, J. E. (1980). Messenger ribonucleic acid and protein metabolism during sporulation of *Saccharomyces cerevisiae*. Journal of bacteriology, 144(3), 1098-1112.

Kramer, P.S 1983. Water relations of plant. Academic press. Pp. 342-415.

Kicheva M. I., Tsonev T.D. and popova L. P(1994)." Stomatal and non stomatal limitation to photosynthesis in two wheat cultivars subjected to water stress". J of photosynthetic, 30(1):107-116.

Krizek D.T., Britz S.J and Mirecki R.M. (1998). "Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire lettuce". Physiol. Plantarum 103: 1-7.

Kurtzman, C. P. & Fell, J. W. (2006). Yeast systematics and phylogeny implications of molecular identification methods for studies in ecology. Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts, 11-30.

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 PP 268.

Larson, K.L., 1975. Drought injury and resistance of crop plants. In: Gupta (Ed.), U.S. Physiological Aspects of Dry Land Farming. Oxford and RHS Pub. Co., New Delhi, India, pp. 147–165.

Larsson, C.I., PaÊhlman, L. and Gustafsson, L. (2000). " The importance of ATP as a regulator of glycolytic ¯ux in Saccharomyces cerevisiae" Yeast., 16, 797 pp 809.

Lee, D.H, Lee C.B, 2000. Chilling stressinduced changes of antioxidant enzymes in the

leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays. Plant Sci 159: 75-85.

Levitt, J. (1980a). "Stress terminology. In: Tuner, N.C. and Kramwr, P.J. (Eds.), Adaptation of plants to water and high tempreture stres" Willey, New York., 437 pp 439.

Lister, C.E., Lancaster, J.E., and Walker, J.R. 1996. Developmental changes in enzymes biosynthesis in the skins of red and of flavonoid green apple cultivars. Journal of the Science of Food and Agriculture 71: 313-330.

Liu, F., Jensena, C. J. and Andersen, M. N. (2004) Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. Field Crops Research 86: 1–13.

Liu J, Wisniewski M, Droby S, Norelli J, Hershkovitz V, Tian S, Farrell R (2012) Increase in antioxidant gene transcripts, stress tolerance and biocontrol efficacy of *Candida oleophila* following sublethal oxidative stress exposure. FEMS Microbiology Ecology 80: 578-590.

Loomis., W. Williams., W.A. Duncan., A. Dovrat . Nunez., A.1968**.** Canopy Architecture atVarious Population Densities and the Growth and Grain Yield of Corn2.Crop Science.

Lopez, P., Sanchez, A. C., Vercet, A., and Burgos, J. (1977). "Thermal resistance of tomato polygalacturonase and pectinmethylesterase at physiological pH". zeit schrift fur leben smittelunt ersuchungund-forschung., 204, 146 pp 150.

Mady M. A. 2009. Effect of foliar application with yeast extract and zinc on fruit setting and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). J. Biol. Chem. Environ. Sci, 4(2): 109–127.

Mahady, A. E. M. 1990. Effect of phosphorus fertilizers.Some micro-nutrents and plant density on growth and yield of broad bean. Ph.D. thesis Fac. Agric.Moshtohor, Zagazig. Univ. Egypt.

Mahmoued, T. R. (2001). Botanical studies on the growth and germination of mahnolia (*Magnolia grandiflora* L.) plants. M. Sci.Thesis. Fac. of Agric. Moshtohor, Zagazig Univ., Egypt.

Maqsood, M., Mujib, A.2017. Yeast extract elicitation increases vinblastine and vin-cristine yield in protoplast derived tissues and plantlets in Catharanthus roseus. Revista Brasileira de Farmacognosia .

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 pp 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.) Walp. by propiconazole under water deficit stress" Colloids Surf. Biointerfaces., 57, 69 pp 78.

Manivel, L., R. R. Kumar, S. Marimuthu and V. Venkatesalu. (1995). "Foliar application of potassium for increasing drought tolerance in tea" J. Pot. Res., 11, 81 pp 87.

Marchner, H. (1955). "Mineral nutrition of higher plants" Second reprint. Academic press., 6 pp 73.

Marcinska, I., Czyczyo-Mysza, I., Skrzypek, E., Filek, M., Grzesiak,S., Grzesiak, M.T., Janowiak, F., Hura, T., Dziurka, M., Dziurka,K., Nowakowska, A., Quarrie, S.A., 2013. Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in droughtsusceptible and drought-resistant wheat genotypes. Acta Physiol. Plant 35, 451–461.

Maria, A.M., Gendy, A.A., Selim, A.H., Abd El.-All, A.M., 2008.Response of wheat plants grown under water stress in relation to Jasmonic acid. Minufiya J. Agric. Res. 33 (6), 1355–1375.

Martinz-Toledo, M. V., Rofelas, B., Salmeron, V. Pozo, C. and Gonzalez-Lopes, J. 1996. Production of pantothenic acid and thiamine by Azotobacter vinelandii in a chemically defined medium and a dialyzed soil medium. Biology and Fertility of Soils. 22 : 131-135.

Mattos L. M. and Moretti C. L. 2015. Oxidative stress in plants under drought conditions and the role of different enzymes. Enzyme Engineering. 5: 136.

McCready R.M., Guggolz J., Silviera V. and Owens H.S. (1950). " Determination of Starch and Amylose in Vegetables".*Analytical chemistry*, 22: 1156-1158.

Mirabal Alonso L, Kleiner D, Ortega E (2008). Spores of the mycorrhizal fungus Glomus mosseae host yeasts that solubilize phosphate and accumulate polyphosphates. Mycorrhiza 18:197-204.

Miransari, M., Smith, D.L., Mackenzie, A.F., Bahrami, H.A., Malakouti, M.J.,and Rejali, F. 2006. Overcoming the stressful effect of low pH on soybean root hair curling using lipochitooligosaccahrides, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 37: 1103-1110.

Mita S., Murano N., Akaike M., and Nakamura K. (1997) "Mutants of Arabidopsis thaliana with pleiotropic effects on the expression of the gene for beta-amylase and on the accumulation of anthocyanin those are inducible by sugars" plant J. 11:841-851.

Mohamed, S.E., 2005. Photochemical studies on common bean (Phaseolus vulgaris, L.) plants as affected by foliar fertilizer and active dry yeast under sandy soil conditions. Egypt. J. Appl. Sci. 20 (5b), 539–559.

Mohammad, S. Faten. (2007). Influence of Foliar Spray with Yeast Extract on Vegetative Growth, Yield of Fresh Herb, Anatomical Structure, Composition of Volatile Oil and Seed Yield Components of Basil Plant (*Ocimum basilicum* L.). International Journal, 3(10), 978-993.

Mohammadian, R., Moghadam, M., Rahimian, H., and sadeghian. S.Y.(2005). "Effect of Early Season Drought Stress on Growth Characteristics of Sugar Beet Genotypes" J. Bot., 29, 357 pp 368.

Mohsen-Nia, O., and Jalilian, J. 2011. The effect of water stress and fertilizer sources on the yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 4(3): 235-245. (In Persian with English Summary).

Mona, M., S.M.A. Kabeel and M.A.Fayza (2005). Effect of organic and biofertilizer on growth, yield and fruit quality of cucumber grown under clear polyethelene low tunnels. J. Agric. Sci. Mansoura Univ., 30(5):2827-2841.

Moradi, A. (2005). "Physiological response of Mungbean to severe and moderate water stress applied atdifferent growth stage" M.Sc. University of

Mostafa H. A. M, El-Bassiouny H. M. S., Khattab H. K. I. and Sadak M. S., (2005) Improving the characteristics of roselle seeds as a new source of protein and lipid by gibberellins and benzyladenine application. Journal of Applied Sciences Research 1 (2): 161-167.

Movahedi dehnavi, M., modares San avi, A. and Mokhtassi bidgoli, A. 2009. Foliar application of zink and managanese imprives seed yield and quality of safflower. Indust. Crops and products., 30(1):82-92.

Mrkovacki, N. and MIlic, V. 2001. Use of *azotobacter chroococcum* as potentially useful in agriculture application.Annals of Microbiology. 51:145-158.

Munns, R., R.A. Hare., R. A. James, and G. J. Rebetzke,. 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. Aust. J. Agric. Res. 51: 69-74.
Munoz-Perea, C.G., Teran, H., Allen, R.G., Wright, J.L., Westermann, D.T. & Singh, S.P. (2006). Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. *Crop Science*,*46*(5), 2111-2120.

Nagodawithana, W.T., 1991. Yeast Technology. Universal foods corporation Milwaukee, Wisconsin. Van Nostrand Reinhold, New York, 273 p.

Naguib, N.Y. and M.Y. Khalil. 2002. Studies on the effect of dry yeast, thiamine and biotin on the growth and chemical constituents of black cumin (Nigella sativa L.). Arab Univ. J. Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo, 10 (3): 919-937.

Nakano Y. and Asada K. (1981). " Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts". *Plant Cell Physiol*, 22:867-880.

Naoumkina M., Farag M. A., Sumner L. W., Tang Y., Liu C. J. and Richard R. A. 2007. Different mechanisms for phytoalexin induction by pathogen and wound signals in *Medicago truncatula.* Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 104(46): 17909-17915.

Nassar A, El-Tarabily K, Sivasithamparam K (2005). Promotion of plant growth by an auxin-producing isolate of the yeast *Williopsis saturnus* endophytic in maize (*Zea mays* L.) roots. Biol. Fert. Soils. 42:97-108.

Nassar, R. M. Y. M. Ahmed, et al. (2011). "Effect of foliar spray with active yeast extract on morphological, anatomical and yield characteristics of (*Vicia faba* L)." Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5(5): 1071-1079.

Neseim M. R., Amin A. Y. and El-Mohammady M. M. S. 2014. Effect of potassium applied with foliar spray of yeast on sugar beet growth and yield under drought stress. Global Advanced Research Journal of Agricultural Science, 3(8): 211-222.

Nielsen, D.S. (2001). "Production function for chickpea field dea, and lentil in the central at plains" Agron. J., 93,563 PP 569.

Ochoa-Alejo N. and Gomez-peralta J.E. (1993). Activity of enzymes involvrd in capsaicin Biosynthesis in callus tissue and fruits of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) J. plant physiol 141: 147-152.

Olaiya, C. O. 2010. Presowing Bioregulator Seed Treatments Increase the Seedling Growth and Yield of Tomato (*Lycopersicon esculentum*). J Plant Growth Regul. 29:349–356.

Omokolo D., Ndoumou G., Ndzomo T. and Djocgoue P.F. (1996)."Changes in Carbohydrate, Amino Acid and Phenol Contents in Cocoa Pods from Three Clones after Infection with Phytophthora megakarya Bra. and Grif". Annals of Bot. 77: 153-158.

Ozkur O., Ozdemir F., Bor M. and Turkan I. 2009. Physiochemical and antioxidant responses of the perennial xerophyte *Capparis ovata* Desf. to drought. Environmental and Experimental Botany, 66: 487–492.

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

Pan, Y. Wu, L. Yu, Z. (2006). Effect of salt and drought stress on antioxidant enzymes activites and SOD isoenzymes of liquorice.*Glycyrriza uralensis* Fisch. Plant Growth Regul. 301: 564-571.

Parida A. k., Dagaonkar V. S., Phalak M. S., Umalkar G. V and Aurangabadkar L. P.2007. Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery plant. Biotechnology Reports, 1: 37-48

Parry.M. A. J. Andralojc P. J. Khan S. Lea P. J. and Keys A. J. 2002. Rubisco Activity: Effects of Drought Stress. Annals of Botany. 89: 833- 839. 34.

Pattanagul, w. and Madore, M. A. (1990). " Water Deficit Effects on Raffinose Family Oligosaccharide Metabolism in Coleus " Plant Physiology,. 121, pp. 987–993.

Peppler, H.J. (1982) Yeast extracts. In: Economic Microbiology. Rose, A.H. (ed.). (1st ed.) Vol. 7, Academic Press. London, UK. p. 293-312.

Premachandra, G.S., H. Saneoka, K. Fujita, and S. Ogata. 1992. Seasonal changes in leaf water relations and cell membrane stability in Orchardgrass. Journal of Agricultural Science. 121: 169-175.

Pinheiro H. A. DaMatta F.M. Chaves A. R. M. Fontes E. P .B. Loureiro M. E. 2004. Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clones of Coffea canephora subjected to long-term drought. Plant Science. 167: 1307-1314.

Prithiviraj, B., Zhou, X., Souleimanov, A., Kahn, W.M., and Smith, D.L. 2003.A host-specific bacteria-to-plant signal molecule (Nod factor) enhances germination and early growth of diverse crop plants. Planta. 216: 437-445.

Rafiee, M., Nadian, H. A., Nour-Mohammadi, G. and Karimi, M. 2004. Effects of drought stress, phosphorous and zinc application on concentration and total nutrient uptake by corn (*Zea mays* L.).

Rahbarian, P., Afsharmanesh, G., and Shirzadi, M.H. (2010). Effects of drought stress and manure on relative water content and cell membrane stability in dragonhead (*Dracocephalum moldavica*). J. plant Eco 2(1): 13-19.

Ramadan., A. Hashem., M. Alamri., S. 2013. Effect of soil amendment with yeasts as bio-fertilizers on the growth and productivity of sugar beet. African Journal of Agricultural Research Vol. 8(1), pp. 46-56**.**

Ranney, T.G., Bassuk, N.L., Whilow, T.H., 1991. Osmotic adjustment and solute constituents in leaves and roots of water-stressed cherry pruns tress. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 116 (4), 648–688.

Ren J. , Sun L. N., Zhang Q. Y. and Song X. S. 2016. Drought tolerance is correlated with the activity of antioxidant enzymes in Cerasus humilis seedling. BioMed Research International, 2016: 1-9.

Rasmia S and Darwesh s. 2013. Improving growth of date palm plant lets grown under salt. Stress with yeast and amino acids applications. Annals of Agricultural Science, 58(2): 247-256.

Riccardi, F., Gazeau, D. and M. Vienne. 1998. Protein changes in response to progressive water deficit in maize. plant Physiology. 117:1253-1263.

Sairam, R.K. and Srivastsva, G.C. 2001.Water Stress Tolerance of Wheat (*Triticum aestivum* L.): Variations in Hydrogen Peroxide Accumulation and Antioxidant Activity in Tolerant and Susceptible Genotypes. Agron. And Crop SCI., 186: 63-70.

Salle, A.J., 1973. Laboratory Manual of Fundamental Principles of Bacteriology. McGraw-Hill Book Company, New York. USA.

Salwa, A.R.H., Ali, O.A.M. (2014) Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. Ann. Agril. Sci. 59, 133-145.

Sansone G, Rezza I, Calvente V, Benuzzi D, Tosetti MISD (2005). Control of Botrytis cinerea strains resistant to iprodione in apple with rhodotorulic acid and yeasts. Postharvest Biol. Tech. 35:245-251.

Sarhan, T. and O.K. Abdullah, 2010. Effect of Azotobacter inoculation, dry bread yeast suspension and varying levels of urea on growth of potato Cv. Desiree. html/www.tropentage.de/2010/abstracts/full/628.

Savitha, B.C., Thimmaraju, R., Bhagyalakshmi, N. and Ravishankar, G.A., 2006. Different biotic and abiotic elicitors influence betalain production in hairy root cultures of *Beta vulgaris* in shake-flask Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, Vol. 33, No. 3, 2017.

Schutz, M., and Fangmeir, E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat to elevated CO2 and water limitation. Environmental Pollution 114: 187-194.

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 pp 911.

Shady, M.A. (1978). The yeasts, Adv.Cour. for Post Grand. St. In Microbiol.Agric. Bot. Dept., Fac. Of Agric. Mansoura Univ., 146-247.

Shafeek, M.R., Y.I. Helmy and Nadia M. Omar. 2015. Use of some bio-stimulants for improving the growth, yield and bulb quality of onion plants (*Allium cepa* L.) under sandy soil conditions. Middle East journal of Applied Sciences. Volume:5. P 68-75.

Shah, C.B. and Loomis, R.S. (1965). "Ribonucleic acid and protein metabolism in sugar beet during drought". Physio plant. 18, 240 pp 254.

Shalaby, M. E. and M. F. El-Nady. 2008. Application of *Saccharomyces cerevisiae* as a biocontrol agent against *Fusarium* infection of sugar beet plants. Acta Biologica Szegediensis. 52(2): 271-275.

Sharma, K. D. and M. S M. S. Kuhad. (2006). "Influence of potassium level and soil moisture regime on biochemical metabolites of *Brassica Species*" Brassica J., 8, 71 PP 74.

Sharma P. and Dubey R. S. 2005. Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant Growth Regulation. 46: 209- 221.

Sharp R E , Poroyko V , Hejlek L G , Spollen W G , Springer G K , Bohnert H. J. and Nguyen H. T. 2004. Root growth maintenance during water deficits :physiology to functional genomics. Journal of Experimental Botany, 55: 2343-2351.

Shehata S.A. Z.F. Fawzy and H.R. Elramady (2012). Response of cucumber plants to foliar application of chitosan and yeast under greenhouse conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(4):63 71.

Sladky, Z., & Tichy, V. (1998). Application of humus substances to overground organs of plants. Biologia Plantarum, 1(1), 9-15.

Slatni, T., Krouma, A. Samir, A., Chiffi, Ch., Gouia H., and Abdelly, C. 2008. Growth, nitrogen fixation ammonium assimilation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) subjected to iron deficiency. Journal of Plant Soil 312: 49-57.

Singh, B.K., 1999. Plant Amino Acids: Biochemistry and Biotechnology. Marcel Dekker, INC., New York, USA, pp. 319–356.

Singh c.s. and Kapoor A. and Wanges. S. (1991) "The enhancement of root colonisation of legumes by vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi through the inoculation of the legume seed with commercial yeast (Saccharomyces cerevisiae) ".Plant and Soil 131: 129-133.

Snedecor, G.W., Cochran, W.G., 1980. Statistical Methods, seventh ed. The Iowa State Univ. Press, Ames. Iowa, USA, pp. 1–507.

Solar, A., Colaric, M., Usenik, V., and Stampar, F. 2006. Seasonal variations of selected flavonoids, phenolic acids and quinines in annual shoots of common walnut (*Juglans regia* L.). Plant Science 170: 453-461.

Sprent,J.L.1971a; Effects of water stress on nitrogen fixation in root nodules.Plant physiol.Special volum.225-228.

Srivalli, B, Sharma, G, Khanna-Chopra, R,2003. Antioxidative defence system in an upland rice cultivar subjected to increasing intensity of water stress followed by recovery. Physiology Plantarum 119:503-512.

Stocker. O .(1996). "physiological and morphological changes in plant due to water deficiency" Agron. J., 65, 63 pp 74.

Szilagyi, L. (2003). "Influence of drought on seed yield components in common bean" Bulg J Plantphisio., 320 pp 330.

Tahir, M.H.S. and Mehid, S.S.(2009). "Evaluation of open pollinated sunflower (*Helianthus annuus L.)* populations under water stress and normal conditions" Int. J. Agric. BIOL., 3, 236 PP 238.

Taiz, L. and Zeiger. (2006). "plant physiology" Forth edition. Sinauer associates, lnc. Publishers sunderland Massachusetts., pp 738.

Tarahomi, G. 2011. Effect of drought stress on physiological parameters in Salvia leriifolia Benth. MSc dissertation. Islamic Azad University, Mashhsd Branch, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).

Thomas, M., Robertson J. and Fukai, S. (2003). "the effect of timing and severity of water deficit on growth, development, yield accumulation and nitrogen fixation on mungbean" Field Crop Research., 86, 67 pp 80.

Turner, N. C. (1997) Further progress in crop water relations. Advances in Agronomy 58: 293–338.Vierling, V. (1991) The roles of heat shock proteins in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 42: 579-620.

Velikova, V, Yordanov, I, Edreva, A, 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. Plant Sci., 151: 59-66.

Vessey, j. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant soil. 225: 571-586.

Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M. and Foolad, M.R. (2007). "Heat tolerance in plants: An overview" Exp. Bot., 61, 199 pp 223.

Waling. L., Vark, W.V., Houba, V.J.G and Van der Lee, J.J. 1989. Soil and plant Analysis, a series of syllabi. Plant Analysis procedures, Wageningen Agriculture University, the Netherlnd.

Walker, G.M. (1999) Yeast Physiology and Biotechnology. (1st ed.). John Wiley and Sons Publication. London, UK

Wanas, A. L. (2002). Resonance of faba bean (*Vicia faba* L.) plants to seed soaking application with natural yeast and carrot extracts. Annals. Agric. Sci. Moshtohor, 40 (1): 259-278.

Wanas, A. L. (2006).Trails for improving growth and productivity of tomato plants grown in winter. Annals. Agric. Sci. Moshtohor, 44 (3):466-471.

Wang, X., Li, W., Li, M. and Welti, R. (2006). " Profiling lipid changes in plant response to low temperatures" Physiologia Plantarum 126: 90–96 PP 96.

Warring PE, Phillips IDG (1973). The control of growth and differentiation in plants. E L B S ed., Pub by Pergamon Press Ltd.VK.

Xia, M. Z. and F. Q. Xiong .1991. Interaction of molybdenum, phosphorus and potassium on yield in *Vicia faba* L. J. Agric. Sci., Mansoura Univ. 117(1): 85-89.

Xudan, X. (1986). The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and yield in wheat. Crop and Pasture Science, 37, 343-350.

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 pp 382.

Yang, R.C., Jana, S., Clarke, J.M. 1991. Phenotypic diversity and associations of some potentially droughtresponsive characters in durum wheat. Crop Sci., 31:1484-1491.

Yeo, E., HawkBin, K., SangEun, H., JoonTak, L., JinChang, V.,MyungOk, B., Yeo, E.T., Kwon, H.B., Han, S.E., Lee, J.T., Ryu,J.C., Byun, M.O., 2000. Genetic engineering of drought resistant potato plants by introduction of the trehalose-6-phosphate synthase
(TPSI) gene from Saccharomyces cerevisiae. Mol. Cells 10 (3), 263–268.

Yin H., Frette X. C., Christensen L. P. and Grevsen K. 2012. Chitosan oligosaccharides romote the content of polyphenols in Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. hirtum). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60: 136-146.

Yazdanpanah., S. Baghizadeh., A. Abbassi.,F. 2011. The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of Satureja hortensis. African Journal of Agricultural Research Vol. 6(4), pp. 798-807.

Zhang M., Duan l., 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.

Zhang, J., Dell, B., Conocono, E., Waters, I., Setter, T., Appels, R.,2009. Water deficits in wheat: fructan exohydrolase (1-FEH) mRNA expression and relationship to soluble carbohydrate concentrations in two varieties. New Phytol. 181, 843–850.

Zhang, K.M., Yu, H.J., Shi, K., Zhou, Y.H., Yu, J.Q., and Xia, X.J. 2010. Photoprotective roles of anthocyanins in Begonia semperflorens. Plant Science 179(3): 202-208.

Zhu, G. Y., J. M. Kinett, and S. Lutts. 2001. Characterizations of rice (Oryza sativa L.) F3 populations selected for salt resistance. I. Physiological behavior during vegetative growth. Euphytica. 121: 250-263.

Zobayed, S. M. A., Afreen, F. & Kozai, T. (2007). Phytochemical and physiological changes in the leaves of St. Johns wort plants under a water stress condition. *Environmental and Experimental Botany*, 59, 109-116.

Abstract

The use of natural compounds to enhance plant and mitigate the effects of water deficit stress rather than chemical compounds has attracted researchers' attention. Bio stimulants are low molecular weight molecules that can play a defense role in plants and are one of the most important ways to increase the production of secondary metabolites in the plant that are capable of inducing physiological changes in the plant and have are of biological and non-biological origin.Yeast extract (*Saccharomyces cerevisiae*)is a biological stimulant due to its variety of minerals (thiamine, riboflavin, niacin, pyridoxine), vitamins (B1, B2, B3, B6 and B12), auxin, cytokinin, enzymes, amino acids, carbohydrates, lipids Nucleic acids and nutrients have a positive role in reducing the harmful effects of drought stress. For this purpose, in order to investigate the effect of foliar application of yeast extract and water deficit stress on physiological and morphological characteristics of cowpea, an experimental factorial experiment was conducted in a completely randomized complete block design with three replications. The Irrigation was applied in plots every seven days and in plots under water deficit stress, complete irrigation was stopped at 50% flowering and pod formation for ten days. Foliar application of yeast extract (2, 4, 6 g / L and control) was repeated 2 times with 7days interval and the first time was 30 days after planting. The results showed that chlorophyll b, antioxidant enzymes, reducing and non-reducing sugars were significantly increased at 6 g / L of yeast extract, and grain yield was also highest at this concentration. Plant height, grain protein and nitrogen increased significantly under 4 g / l treatment. The fresh and dry weight of root nodules with the concentration of 2 g / l was the highest. Concentrations of 2 to 6 g / l yeast increased proline, chlorophyll a, anthocyanin, flavonoid, starch compared to control. Interaction of yeast extract and water deficit stress on antioxidant enzymes, photosynthetic pigments, nitrogen-phosphorus and seed protein, number and weight of root nodules, grain yield, and membrane stability were significant. Therefore, yeast extract can increase the defensive response to environmental stresses as an ecological strategy.

Keywords: bio stimulant, Vitamin B, Antioxidant enzymes, Grain Minerals, Refreshing sugar, Non-reducing sugar

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Study of yeast extract foliar spray effects on morphological and phyisological characteristics of cowpea *(Vigna sinensis L.)* in drought stress

By: Sahar Keramati

Supervisor:
Dr.A. Gholami

Advisors:
Dr.M.Baradaran
Dr. H.Abbasdokht

Januray 2020