بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

بررسی تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش کم آبیاری

مهسا مهرپویا

استاد راهنما

دکتر احمد غلامی

اساتید مشاور

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

دکتر منوچهر قلی‌پور

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

۱۳۹۲

تقدیم به

پروردگارم، آفریننده ی خوبی ها

آستان پر مهر و محبت خانواده عزیزم

دوستان خوب و مهربانم

قدردانی و تشکر

اکنون که با یاری خداوند بزرگ مقطع دیگری از تحصیل خود را به پایان می برم شایسته تر آن است که از زحمات استاد بزرگوارم **جناب آقای دکتر احمد غلامی** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و اساتید مشاور **جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی** و **جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور** و اساتید محترم داور **جناب آقای دکتر حمید عباسدخت** و **جناب آقای دکتر حسن مکاریان** کمال تشکر و قدردانی را به عمل آورم و صمیمانه ترین مراتب قدردانی خود را از مشاوره های صمیمانه استاد ارجمند جناب آقای دکتر محسن جهان (عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد) و نیز از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی **جناب آقای دکتر کامبیز جهان بین** و سایر اساتید بزرگوار گروه زراعت ابراز می دارم.

خانواده گرامیم و دوستان خوب و عزیزم: خانم ها مهندس فاطمه مهقانی، نعیمه بیطرفان، فرزانه مصطفوی ملکی، فرزانه صفدری، شیدا عبادی، سمانه سلیمانی، آمنه یوسفی کیا، بیترا ابراهیمی و الهه شجاعی منش و به ویژه دوستان مهربان و همیشه همراهم خانم ها مهندس آزاده نویدی و سمانه التجائی.

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

تعهد نامه

اینجانب **مهسا مهرپویا** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده **کشاورزی** بسطام دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش کم آبیاری** تحت راهنمائی **جناب آقای دکتر احمد غلامی** متعهد می شوم .

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

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

گسترش مواد تلقیحی بر مبنای استفاده از میکروارگانیزم‌های تحریک کننده‌ی رشد گیاه کلید آینده کشاورزی پایدار خواهد بود. مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی باعث ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی شده که از جمله مهمترین آنها آلودگی آب و خاک می‌باشد که در نتیجه آن سلامت انسان نیز در معرض خطر قرار می‌گیرد. به همین منظور طرحی جهت بررسی تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم در شرایط تنش کم آبیاری بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۱ به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار و ۳ تکرار اجرا گردید. عوامل مورد تحقیق شامل قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices*) در دو سطح (تلقیح M_2 و عدم تلقیح M_1)، باکتری مزوریزوبیوم (*Mesorhizobium*) در دو سطح (تلقیح B_2 و عدم تلقیح B_1) و چهار سطح تنش کم آبیاری (D) شامل: (d_1 (بدون قطع آبیاری)، d_2 (قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی)، d_3 (قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی) و d_4 (قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه)) بودند. نتایج این بررسی نشان داد که سطوح مختلف تنش کم آبیاری موجب کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد انشعابات جانبی، فاصله اولین غلاف از سطح زمین، طول غلاف، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، شاخص سطح برگ، پایداری غشای پلاسمایی، عملکرد و شاخص برداشت گردید ولی بر سایر صفات اندازه‌گیری شده (تعداد گره، وزن تر گره، وزن خشک گره، درصد همزیستی میکوریزایی، کلروفیل برگ و فسفر خاک) اثر معنی‌داری نشان نداد. ترکیب تیماری تنش و قارچ نیز بر فاصله اولین غلاف از سطح زمین، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و پایداری غشای پلاسمایی معنی‌دار بود ولی بر سایر صفات اندازه‌گیری شده اثر معنی‌داری نداشت. برهمکنش تنش و باکتری اختلاف معنی‌داری در صفات فاصله اولین غلاف از سطح زمین، تعداد غلاف در بوته، وزن خشک غلاف، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد گره، وزن تر گره و شاخص سطح برگ نسبت به نمونه شاهد نشان داد. کاربرد میکوریزا نیز سبب افزایش معنی‌داری در درصد همزیستی میکوریزایی لوبیا چشم بلبلی شد. در تحقیق حاضر امکان استفاده از همزیستی قارچ و باکتری به منظور کاهش خسارات ناشی از تنش کم آبیاری، افزایش عملکرد و اجزای عملکرد وجود دارد.

کلمات کلیدی: عملکرد، درصد همزیستی میکوریزایی، فسفرخاک، پایداری غشای پلاسمایی، کلروفیل

فهرست مطالب

فصل اول ۱

فصل دوم ۵

بررسی منابع..... ۵

۲-۱- لوبیا چشم بلبلی ۶

۲-۱-۱- خصوصیات مورفولوژیکی ٦

۲-۱-۲- خصوصیات اکولوژیکی ۷

۲-۱-۳- ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی..... ۷

۲-۱-۴- شرایط آب و هوایی..... ۸

۲-۱-۵- مراحل رشد و نمو ۹

۲-۱-۵-۱- مرحله رشد رویشی (Vegetative) ۱۰

۲-۱-۵-۲- مرحله رشد زایشی (Reproductive) ۱۰

۲-۱-۶- نیاز غذایی ۱۱

۲-۲- تنش..... ۱۲

۲-۳- نقش و اهمیت آب در گیاه ۱۴

۲-۴-تنش خشکی..... ۱۵

۲-۴-۱- تعریف تنش خشکی ۱۵

۲-۴-۲- تأثیر تنش کم آبی بر رشد لوبیا چشم بلبلی..... ۱۷

۲- ۵- کودهای زیستی ۱۸

۲-۵-۱- قارچ میکوریزای آرباسکولار ۱۸

۲-۵-۱-۱- مزایای تلقیح AMF..... ۱۹

۲-۵-۱-۲- مزایای همزیستی میکوریزایی بر تنش خشکی..... ۲۰

۲- ۵-۲- باکتریهای محرک رشد گیاه ۲۱

۲-۵-۲-۱- فعالیت باکتری‌های محرک رشد بر گیاه ۲۱

۲-۵-۲-۲- تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر گیاه ۲۱
۲-۶- اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و قارچ میکویزا بر رشد گیاهان ۲۲
فصل سوم ۲۵
مواد و روشها ۲۵
۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش ۲۶
۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش ۲۶
۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی ۲۶
۳-۴ - عملیات اجرایی ۲۹
۳-۴-۱- آماده سازی زمین ۲۹
۳-۴-۲- کاشت ۲۹
۳-۴-۳- داشت ۲۹
۳-۴-۴- اعمال تیمارها ۲۹
۳-۴-۵- برداشت ۳۰
۳-۵- نمونه برداری جهت اندازه‌گیری صفات ۳۰
۳-۶- صفات زراعی و مورفولوژیک ۳۰
۳-۶-۱- ارتفاع بوته ۳۰
۳-۶-۲- قطر ساقه ۳۰
۳-۶-۳- تعداد انشعابات جانبی ۳۰
۳-۶-۴- وزن خشک برگ، ساقه و غلاف ۳۱
۳-۶-۵- سطح برگ ۳۱
۳-۶-۶- وزن خشک کل ۳۱
۳-۶-۷- عملکرد و اجزای عملکرد ۳۱
۳-۷- درصد همزیستی میکوریزایی ۳۱
۳-۸- صفات فیزیولوژیک ۳۲
۳-۸-۱- کلروفیل ۳۲

۳-۷-۲- پایداری غشای پلاسمایی ۳۲
۳-۸- صفات کیفی ۳۳
۳-۸-۱- اندازه‌گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن ۳۳
۳-۹- تجزیه و تحلیل داده‌ها ۳۳
فصل چهارم ۳۵
۴-۱- ارتفاع بوته ۳۶
۴-۲- قطر ساقه ۳۷
۴-۳- تعداد انشعابات جانبی در بوته ۳۹
۴-۴- فاصله اولین غلاف از سطح زمین ۴۰
۴-۵- طول غلاف ۴۳
۴-۶- وزن خشک برگ ۴۴
۴-۷- وزن خشک ساقه ۴۷
۴-۸- تعداد غلاف در بوته ۴۹
۴-۹- وزن خشک غلاف ۵۱
۴-۱۰- تعداد دانه در غلاف ۵۵
۴-۱۱- وزن صد دانه ۵۷
۴-۱۲- عملکرد دانه ۶۰
۴-۱۳- عملکرد بیولوژیک ۶۵
۴-۱۴- شاخص برداشت ۶۷
۴-۱۵- تعداد گره ۷۰
۴-۱۶- وزن تر و خشک گره ۷۲
۴-۱۷- درصد همزیستی میکوریزایی ۷۳
۴-۱۸- کلروفیل ۷۴

۴-۱۹- پایداری غشا پلاسمایی ۷۵
۴-۲۰- شاخص سطح برگ ۷۶
۴-۲۱- فسفر خاک ۷۹
۴-۲۱- نتیجه گیری ۸۰
۴-۲۲- پیشنهادات ۸۱
پیوست ۸۲
منابع ۹۱

فهرست شکل‌ها

شکل	صفحه
۴-۱- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر ترکیب تیماری قارچ و باکتری	۳۸
۴-۲- مقایسه میانگین تعداد انشعابات جانبی تحت تأثیر ترکیب تیماری قارچ و باکتری	۳۹
۴-۳- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح زمین تحت ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ	۴۱
۴-۴-مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح زمین تحت ترکیب تیماری تنش کم‌آبیاری و تلقیح باکتری	۴۳
۴-۵- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح زمین تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت	۴۳
۴-۶- مقایسه میانگین طول غلاف تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری	۴۴
۴-۷- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ	۴۶
۴-۸- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری	۴۶
۴-۹- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ	۵۰
۴-۱۰- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری	۵۰
۴-۱۱- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت	۵۰
۴-۱۲- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۱۰۶ روز پس از کاشت	۵۳
۴-۱۳- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت	۵۳
۴-۱۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر ترکیبت تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت	۵۴
۴-۱۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری	۵۶
۴-۱۶- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۱۰۶ روز پس از کاشت	۵۹
۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت	۵۹
۴-۱۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۱۰۶ روز پس از کاشت	۶۳
۴-۱۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت	۶۳
۴-۲۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت	۶۴
۴-۲۱- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۱۰۶ روز پس از کاشت	۶۷
۴-۲۲- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت	۶۷

۴-۲۳- مقایسه میانگین شاخص برداشت تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۱۰۶ روز پس از کاشت ۶۹
۴-۲۴- مقایسه میانگین شاخص برداشت تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت ۶۹
۴-۲۵- مقایسه میانگین شاخص برداشت تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت ۷۰
۴-۲۶- مقایسه میانگین تعداد گره تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری ۶۱ روز پس از کاشت ۷۲
۴-۲۷- مقایسه میانگین وزن تر گره تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری ۶۱ روز پس از کاشت ۷۳
۴-۲۸- مقایسه میانگین کلونیزاسیون ریشه تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۹۱ روز پس از کاشت ۷۴
۴-۲۹- مقایسه میانگین پایداری غشا پلاسمایی تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش و تلقیح قارچ ۹۱ روز پس از کاشت ۷۶
۴-۳۰- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش و تلقیح قارچ ۹۱ روز پس از کاشت ۷۸
۴-۳۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش و تلقیح باکتری ۹۱ روز پس از کاشت ۷۸
۴-۳۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۹۱ روز پس از کاشت ۷۹

فهرست جدول‌ها

جدول	صفحه
۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش	۲۷
۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش	۲۸
۴-۱- تاثیر سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری بر ارتفاع بوته (سانتی‌متر) ۱۰۶ روز پس از کاشت	۳۷
۴-۲- تاثیر سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح باکتری و قارچ بر وزن خشک برگ ۱۰۶ روز پس از کاشت	۴۷
۴-۳- تاثیر سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح باکتری و قارچ بر تعداد غلاف در بوته	۵۱
۴-۴- تاثیر برهمکنش سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری بر وزن خشک غلاف (گرم در متر مربع)	۵۴
۴-۵- تاثیر برهمکنش سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح باکتری و قارچ بر تعداد دانه در غلاف	۵۷
۴-۶- تاثیر برهمکنش سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح باکتری و قارچ بر وزن صد دانه (گرم)	۶۰
۴-۷- تاثیر برهمکنش سه جانبه باکتری، قارچ و تنش کم آبیاری بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی	۶۴
۴-۸- تاثیر برهمکنش سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح باکتری و قارچ بر شاخص برداشت (درصد)	۷۰
پیوست ۱- میانگین مربعات ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد انشعابات جانبی تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری	۸۳
پیوست ۲- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد انشعاب جانبی تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری	۸۳
پیوست ۳- میانگین مربعات فاصله اولین غلاف از سطح زمین و طول غلاف تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری	۸۴
پیوست ۴- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح زمین و طول غلاف تحت تأثیر سطوح مختلف تنش، تلقیح قارچ و باکتری	۸۴
پیوست ۵- میانگین مربعات وزن خشک برگ و ساقه (گرم در متر مربع) و تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری	۸۵
پیوست ۶- مقایسه میانگین وزن خشک برگ و ساقه (گرم در متر مربع) و تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری	۸۵
پیوست ۷- میانگین مربعات وزن خشک غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری	۸۶
پیوست ۸- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری	۸۶
پیوست ۹- میانگین مربعات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری	۸۷
پیوست ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت تأثیر سطوح مختلف تنش، تلقیح قارچ و باکتری	۸۷
پیوست ۱۱- میانگین مربعات تعداد گره ، وزن تر گره و وزن خشک گره تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری	۸۸
پیوست ۱۲- مقایسه میانگین تعداد گره ، وزن تر گره و وزن خشک گره تحت تأثیر سطوح مختلف تنش، تلقیح	۸۸

قارچ و باکتری
پیوست ۱۳- میانگین مربعات درصد همزیستی میکوریزایی، کلروفیل برگ و میزان پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری ۸۹
پیوست ۱۴- مقایسه میانگین درصد همزیستی میکوریزایی، کلروفیل برگ و میزان پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری ۸۹
پیوست ۱۵- میانگین مربعات فسفر خاک و شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری ۹۰
پیوست ۱۶- مقایسه میانگین فسفر خاک و شاخص سطح برگ تحت تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری ۹۰

فصل اول

مقدمه

در آغاز قرن بیست و یکم نیاز روزافزون به غذا انسان را وادار به حداکثر بهره‌برداری از منابع موجود در کره‌ی زمین از قبیل آب، خاک و گیاه نمود. افزایش سریع جمعیت و انجام عملیات‌های گسترده‌ی کشاورزی برای تامین غذا آسیب‌های جبران ناپذیری به محیط زیست وارد کرده و باعث کاهش تنوع زیستی و اختلال در تعادل اکوسیستم‌های طبیعی شده و سرانجام منابع طبیعی که انسان و کشاورزی به آن وابسته‌اند را به مخاطره انداخته است (سنجانی و همکاران، ۱۳۸۸).

پس از غلات، حبوبات دومین منبع مهم غذایی بشر می‌باشند. لوبیا چشم بلبلی از سازگارترین و مقوی‌ترین لگوم‌ها به شمار می‌رود که در سطحی بالغ بر ۷ میلیون هکتار در مناطق گرمسیری جهان کشت و کار می شود و منبعی غنی از پروتئین، کلسیم و آهن می‌باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

در اکثر نقاط دنیا به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک آب عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی است. خشکی اثرات عمده‌ای بر کشاورزی دنیا دارد و خسارات فراوانی را به وجود می‌آورد. در تمام مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله ایران برای بدست آوردن حداکثر محصول، آبیاری مزارع ضروری است. لذا اطلاع از واکنش گیاهان و تعیین میزان حساسیت مراحل مختلف رشد گیاه به کم آبی از اهمیت بسزایی برخوردار است (رضایی و کامگار حقیقی حقیقی، ۱۳۸۸).

تنش خشکی یکی از فاکتورهای محیطی محدودکننده‌ی فتوسنتز گیاه می‌باشد (درویش بلوچی و همکاران، ۱۳۸۹) که سبب کاهش سطح برگ، گسترش ساقه و ریشه، راندمان مصرف آب و اختلال در روابط آبی گیاه می‌گردد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). خشکی یک مشکل جدی جهانی است که بر تولید و کیفیت محصول اثر نامطلوبی می‌گذارد (حسینوا، ۲۰۱۲) لذا بررسی اثرات تنش خشکی اهمیت زیادی در برنامه‌ریزی و استفاده از منابع آبی دارد (میشرا و سینک، ۲۰۱۰).

در حال‌حاضر راه‌کارهای جدیدی برای کاهش خسارت ناشی از خشکی در نظر گرفته شده است که استفاده از منابع بیولوژیک یکی از این راه‌کارها می‌باشد. استفاده بهینه از این منابع نه تنها دارای اثرات

مثبتی بر خصوصیات خاک می‌باشد، بلکه از نظر جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مفید بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای نهاده‌های شیمیایی باشد (واتسون و هریر، ۲۰۰۳). مصرف بی‌رویه‌ی کودهای شیمیایی کیفیت خاک را تهدید کرده و لزوم استفاده از کودهای بیولوژیک را بیان می‌کند. همزیستی این میکروارگانیسم با ریشه‌ی گیاه میزبان و تشکیل سیستم میکوریزایی نقش مهمی در باروری، حاصلخیزی و پایداری اکوسیستم خاک دارد (واتسون و هریر، ۲۰۰۳؛ ارمان، ۲۰۱۱).

میکوریزا یکی از مجموعه عوامل بیولوژیکی است که بخش عمده‌ای از موجودات خاکزی را شامل شده (جهان، ۱۳۹۰) و قادر است با دو سوم تمام گونه‌های گیاهی همزیست شود. میکوریزا می تواند سبب افزایش کارایی مصرف آب در گیاه شود و سیستم ریشه را برای جذب آب گسترش بخشد. در نتیجه‌ی این رفتارها مقاومت گیاه به تنش خشکی افزایش می‌یابد(جهان و همکاران، ۱۳۸۶).

میکوریزا با استفاده از مکانیسم‌های مختلف، شیوع بیماری‌ها را کاهش داده و ریشه را به برخی از بیماری‌ها مقاوم می‌کند که برخی از این مکانیسم‌ها شامل: اثر متقابل با پاتوژن‌ها با ایجاد سد بخصوصی از هیف‌های قارچ اکتومایکوریزا، خنثی کردن پاتوژن‌ها از طریق تولید ترکیبات آنتی بیوتیک، رقابت با پاتوژن‌ها برای مواد غذایی با تولید سیدروفور و ایجاد استحکامات دفاعی در گیاه میزبان می‌باشد. در برخی آزمایشات، تلقیح میکوریزا توانایی کاهش خسارات ناشی از تنش کم آبیاری را داشته و قابلیت دسترسی به برخی عناصر را افزایش داده است (جهان و همکاران، ۱۳۸۶).

از مهم‌ترین نقش‌های آرباسکولار میکوریزا در نظام‌های زراعی، افزایش کارایی مصرف آب در گیاه میزبان، افزایش مقاومت به تنش کم آبیاری و شوری و افزایش مقاومت میزبان به آفات و بیماری‌ها را می توان نام برد (واتسون و هریر، ۲۰۰۳). برخی محققین گزارش داده‌اند که در شرایط تنش کم آبی، میکوریزا از طریق افزایش دوام سطح برگ، فتوسنتز و تثبیت کربن را در طول فصل رشد افزایش می‌دهد و به‌طور

مستقیم در افزایش فتوسنتز گیاه میزبان نقشی ندارد، بلکه از طریق بهبود روابط آبی و تغییر روابط هورمونی، سطح فتوسنتز گیاه میزبان را نسبت به شاهد بالاتر نگه می‌دارد (دراگ و اسچانبک، ۱۹۹۲).

یکی از مهم‌ترین چرخه‌های بیوشیمیایی خاک، همزیستی باکتری‌های ریزوبیوم با بقولات است که در اکوسیستم‌های کشاورزی و اکوسیستم‌های طبیعی دارای اهمیت زیادی است. علاوه بر اثرات مفید این باکتری‌ها بر خصوصیات رشدی گیاهان، امروزه توجه محققان به استفاده از بقولات و میکروارگانیزم‌های همزیست آن‌ها برای اصلاح زیستی اراضی آلوده به فلزات سنگین و همچنین دیگر آلاینده‌های آلی نیز معطوف شده است (کاراس و همکاران، ۲۰۰۵).

در این تحقیق به بررسی نقش احتمالی قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم به عنوان کودهای زیستی در کاهش اثرات مخرب ناشی از تنش کم آبیاری در گیاه لوبیا چشم بلبلی پرداخته شده است.

اهداف این پژوهش شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- بررسی تأثیر قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک لوبیاچشم بلبلی در هر دو شرایط تنش کم آبیاری و عدم تنش.

۲- بررسی همزیستی قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم بر برخی از پارامترهای کمی لوبیا چشم بلبلی.

۳- استفاده از قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم و بررسی اثر آن‌ها بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- لوبیا چشم بلبلی

۲-۱-۱- خصوصیات مورفولوژیکی

لوبیا چشم بلبلی (*vigna sinensis* L.) گیاهی علفی، یکساله، روزکوتاه و بوته‌ای شکل می‌باشد (کاباس و همکاران، ۲۰۰۷؛ مجنون حسینی، ۱۳۸۷). اگرچه اکثر گل‌ها خودگشن هستند اما احتمالا کمی دگرگشنی نیز در آن‌ها به وقوع خواهد پیوست، مخصوصا در هوای مرطوب که حشرات رنگ گل‌ها را بهتر تشخیص می‌دهند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳). ریشه اصلی مستقیم به طول ۶۰ تا ۸۰ سانتی‌متر و ریشه‌های جانبی کاملا توسعه یافته است. ساقه به طول ۳۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر با قطر ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر ، بسته به رقم و شرایط محیطی کشت متفاوت بوده و به رنگ‌های زرد، سبز روشن یا قهوه‌ای یافت می‌شوند. برگ‌های این گیاه سه برگچه‌ای با دمبرگ بلند به رنگ سبز یا سبز تیره هستند. طول برگ‌ها حدود ۱۵ سانتی متر است. برگچه‌های آن نازک، بیضوی، نوک تیز و دارای بریدگی است. گل آذین به صورت خوشه جانبی با حدود ۱۲ گل یا بیشتر به طور متناوب در نزدیکی گره‌های ساقه تشکیل و معمولا به رنگ سفید دیده می‌شوند. میوه‌ی لوبیا چشم بلبلی نیام است. غلاف میوه طویل، باریک و دارای مقطع گردی است. طول غلاف در ارقام مختلف متفاوت و از ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر متغییر است. در هر بوته ۵۰ غلاف وجود دارد و هر غلاف ممکن است تا ۱۶ بذر به طول ۰/۹– ۰/۶ سانتی‌متر وجود داشته باشد. غلاف‌های نارس سبز رنگ، و غلاف‌های رسیده به رنگ زرد یا قهوه‌ای دیده می‌شوند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳؛ مجنون حسینی، ۱۳۸۷). بذرها بیضوی، گرد، لوزی و یا قلوه‌ای شکل با علامتی V شکل در انتها با سطحی صاف و به ندرت چروکدار به رنگ‌های سفید، کرم، زرد، سبز، قرمز، قهوه‌ای یا سیاه دیده می‌شوند (کاباس و همکاران، ۲۰۰۷). وزن هزار دانه از ۶۰ تا ۳۰۰ گرم متغیر است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳).

۲-۱-۲- خصوصیات اکولوژیکی

با توجه به منشأ حاره‌ای لوبیا چشم بلبلی، این گیاه برای رشد طبیعی خود نیاز به حرارت دارد و این حرارت نبایستی کمتر از ۱۸ درجه‌ی سانتی‌گراد باشد. بیشترین نیاز حرارتی آن حد فاصل شکوفه‌دهی تا رسیدگی است. رسیدگی دانه‌ها چنانچه دما کمتر از ۱۵ الی ۱۸ درجه سانتی‌گراد باشد به خوبی انجام نمی‌شود. لوبیا چشم بلبلی به خشکی هوا مقاوم بوده ولی خشکی خاک بر تولید محصول آن اثر نامطلوبی می‌گذارد. در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری کاشت لوبیا چشم بلبلی فقط در شرایط فاریاب موفقیت آمیز است اما قادر به تحمل آب اضافی خصوصا در طی جوانه‌زنی و رسیدن بذرها نمی‌باشد. هرچه طول دوره‌ی زایشی در گیاه طولانی‌تر شود، تعداد میوه بیشتر شده و محصول بیشتری تولید می‌گردد. شرایط محیطی که این دوره را کوتاه می‌کنند عبارتند از: حرارت بالای روز، اختلاف زیاد حرارت روز و شب و تنش خشکی در طی پرشدن دانه‌ها در غلاف (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳).

۲-۱-۳- ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی

پس از غلات، دومین منبع مهم غذایی بشر، حبوبات است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). لوبیا چشم بلبلی از جمله گیاهانی است که به این خانواده تعلق دارد. دانه لوبیا چشم بلبلی یک منبع مغذی در رژیم غذایی انسان محسوب می‌شود، همچنین به عنوان علوفه و علوفه سبز برای دام کاربرد دارد (کاباس و همکاران، ۲۰۰۷). دانه سرشار از پروتئین، کلسیم و آهن است. علاوه بر آن لوبیا چشم بلبلی با پوشاندن سطح خاک و جلوگیری از فرسایش به عنوان کود سبز در اصلاح خاک‌های اسیدی به کار گرفته می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). با توجه به اهمیت این گیاه در ۲۵ سال گذشته تولید لوبیا چشم بلبلی در سراسر جهان افزایش یافته است (کاباس و همکاران، ۲۰۰۷). مجموع مواد غذایی مختلف در لوبیا چشم بلبلی در جدول ۲-۱- قابل مشاهده است.

جدول۲-۱- مجموع مواد غذایی مختلف در لوبیا چشم بلبلی (درصد)، (کوچکی و بنایان اول ۱۳۷۳).

	دانه سبز لوبیا چشم بلبلی	دانه خشک لوبیا چشم بلبلی
آب	۸۶/۲	۱۱
پروتئین	۳/۴	۲۳/۴۰
چربی	۰/۳	۱/۳
هیدرات کربن	۷/۴	۵۶/۸
فیبر	۱/۸	۳/۹
خاکستر	۰/۹	۳/۶

۲-۱-۴- شرایط آب و هوایی

با توجه به منشأ لوبیا چشم بلبلی که از آفریقا سرچشمه گرفته و سپس به طور گسترده در آفریقا، آمریکای لاتین، جنوب شرقی آسیا و جنوب ایالات متحده گسترش یافته می‌تواند حرارت را بهتر از سایر حبوبات تحمل کند (کاباس و همکاران، ۲۰۰۷؛ سوکوتو و سینگ، ۲۰۰۸). لوبیا چشم بلبلی یکی از مهمترین حبوبات تغذیه‌ای و از محصولات متنوع غذایی است که در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی و ۳۰ درجه جنوبی مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (سوکوتو و سینگ، ۲۰۰۸).

مناسب ترین گرمای خاک برای رشد اولیه آن ۱۴ درجه سانتی‌گراد است و اگر میزان گرمای خاک کمتر از این درجه حرارت باشد گیاه دچار بد سبزی می‌شود. این گیاه به سرما حساس بوده و در یخبندان از بین می‌رود. لوبیا چشم بلبلی برای جوانه زنی به دمای ۱۲ الی ۱۵ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد و در دمای ۲۷ الی ۳۵ درجه سانتی‌گراد دارای بهترین رشد و نمو خواهد بود. آبیاری گیاه در مرحله گلدهی و تشکیل بذر تأثیر بسزایی بر عملکرد محصول خواهد داشت. عملکرد لوبیا چشم بلبلی در مناطق مرطوب نیز به علت خسارت آفات و بیماری‌ها کاهش می‌یابد. این گیاه به خوبی در خاک‌های شنی و رسی توسعه می‌یابد. خاک‌هایی که رطوبت متوسط داشته و غنی از مواد آلی باشند بهترین محیط کشت برای این

محصول به شمار می‌آیند. لوبیا چشم بلبلی خاک‌های اسیدی با اسیدیته ۵/۵-۵ را تحمل می‌کند و در برخی مواقع به عنوان اصلاح کننده‌ی خاک‌های اسیدی کشت می‌شود اما خاک‌های آهکی و خنثی با اسیدیته ۷- ۶/۵ برای رشد آن مناسب‌تر است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۱-۵- مراحل رشد و نمو

مراحل مختلفی در طول دوره‌ی رشد و تکامل حبوبات یکساله قابل تشخیص است که عبارتند از: متورم شدن بذر، جوانه زدن، سبز شدن، غنچه‌دهی، گلدهی، غلاف‌دهی و رسیدن بذر. حبوبات مناطق گرمسیر دوره رشد سبزینه‌ای طولانی‌تری نسبت به حبوبات مناطق معتدله دارند. لوبیا چشم بلبلی مانند سایر گیاهان زراعی مراحل فنولوژیکی خاصی داشته و هر یک از این مراحل دوره‌ی رشد مشخصی نیاز دارد. بنابراین با تعیین شرایط لازم برای رشد این گیاه می‌توان منطقه مناسب برای زراعت آن را مشخص نمود. این دوره در لوبیا چشم بلبلی حدود ۹۰ تا ۱۵۰ روز به طول می‌انجامد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

اندام‌های هوایی گیاه در هنگام غنچه‌دهی رشد خیلی بیشتری دارند. تشکیل گل، شکفتن گل و رسیدن بذر در طول ساقه اصلی و شاخه‌های جانبی اغلب از قسمت انتها تا بالای بوته به طور متوالی صورت می‌گیرد. در دوره‌ی تمایز، تشکیل برگ‌های حقیقی، ساقه‌های جانبی، شاخه‌های زاینده و در نهایت تشکیل گل‌ها بین ۲ تا ۴ هفته در ارقام زودرس و ۲ تا ۲/۵ ماه در ارقام دیررس به طول می‌انجامد. آخرین مرحله‌ی رشد با گلدهی، تلقیح گل‌ها، تشکیل بذر و رسیدن آن مشخص می‌گردد. این دوره طولانی‌ترین دوره‌ی رشد در گیاهان خانواده حبوبات محسوب می‌شود و ممکن است تا ۳ ماه به طول انجامد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

به‌طور کلی مراحل مختلف رشد و نمو لوبیا را می‌توان به دو مرحله کلی شامل: رشد رویشی (V) و رشد زایشی (R) تقسیم کرد.

۲-۱-۵-۱- مرحله رشد رویشی (Vegetative)

مرحله V_0،جوانه‌زنی: این مرحله زمانی که بذر مقدار کافی رطوبت برای جوانه زنی در اختیار داشته باشد آغاز می‌شود که منطبق با اولین آبیاری است.

مرحله V_1،سبزشدن: با ظاهر شدن لپه‌های گیاه در سطح خاک آغاز می‌شود.

مرحله V_2،تشکیل برگ‌های اولیه: این مرحله هنگامی آغاز می‌شود که برگ‌های اولیه گیاه ظاهر شوند. برگ‌های اولیه تک برگی و متقابل هستند.

مرحله V_3، تشکیل اولین سه برگچه: این مرحله هنگامی آغاز می‌شود که اولین سه برگچه‌ای کاملاً ظاهر شده و برگ‌ها باز و مسطح باشند.

مرحله V_4،سومین سه برگچه: مرحله‌ای است که سومین سه برگچه ظاهر شود. از این مرحله به بعد برخی از ساختمان‌های رویشی از قبیل ساقه، ساقه‌های فرعی و برگ‌های سه برگچه‌ای تشکیل می‌شوند. این مرحله یکی از طولانی ترین مراحل رشد لوبیاست و تا زمان تشکیل غنچه ادامه دارد.

۲-۱-۵-۲- مرحله رشد زایشی (Reproductive)

مرحله R_5، غنچه دهی: با تشکیل اولین غنچه آغاز می‌شود.

مرحله R_6، گلدهی: هنگامی آغاز می‌شود که اولین گل در گیاه باز شود، اولین گل باز شده در محلی است که اولین جوانه گل تشکیل شده باشد. این مرحله کوتاه است و ۴ تا ۶ روز به طول می‌انجامد.

مرحله R_7، تشکیل غلاف: زمانی است که اولین غلاف در گیاه تشکیل شود.

مرحله R_8، پر شدن دانه در غلاف: زمانی است که حفره‌های غلاف‌ها از نظر اندازه کامل شده و حداکثر وزن خود را داشته باشند و پر شدن دانه‌ها یا غلاف شروع شود.

مرحله‌ی R_9، رسیدگی: در این مرحله غلاف‌ها تغییر رنگ داده و می‌رسند. برگ‌ها در تمامی قسمت‌های گیاه زرد و خشک شده و ریزش می‌کنند و محتوای آب بذر ۱۵ درصد یا کمتر می‌باشد.

۲-۱-۶- نیاز غذایی

در اغلب نقاط دنیا، لوبیا در خاک‌های اسیدی که مقدار فسفر آن‌ها پایین است و ظرفیت بالایی در تثبیت آن دارند، خاک‌هایی که مقادیر بالایی آلومینیم قابل تبادل دارند و گاهی مقدار منیزیم آن‌ها بالاست، کشت می‌گردد. کمبود فسفر و سمیت آلومینیم را می‌توان به عنوان مشکلات تغذیه‌ای لوبیا طبقه‌بندی کرد که کاهش عملکرد را به دنبال دارد. کمبود فسفر هنگامی که آب عامل محدود کننده است تشدید می‌شود. با کمبود آب قابلیت دسترسی به فسفر از خاک و از کود به سرعت کاهش می‌یابد. لوبیا معمولا در مناطق فقیر کشت می‌شود (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

کود دامی برای حفظ حاصلخیزی و رطوبت خاک و جلوگیری از نقصان مواد آلی خاک بسیار مفید است. با افزودن ۳۰ تا ۴۰ تن کود دامی پوسیده محصول خوبی را می‌توان انتظار داشت. لوبیا چشم بلبلی حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از خاک جذب می‌نماید که بخش عمده‌ی آن توسط باکتری‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن تأمین می‌شود لذا در مقایسه با سایر حبوبات نیاز چندانی به کود ازت ندارد. اما بهتر است در اوایل کشت برای رشد سبزینه‌ای بیشتر ۱۵ تا ۲۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار به صورت اوره یا نیترات آمونیوم اضافه کرد. لوبیا چشم بلبلی به پتاسیم واکنش نشان نمی‌دهد و از ذخایر پتاسیم خاک به خوبی استفاده می‌کند اما اگر در منطقه‌ای کمبود پتاس مشاهده شود می‌توان حدود ۱۰۰ کیلوگرم کود پتاس در هکتار مصرف نمود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

در صورتی که خاک از لحاظ میزان مواد آلی و نیتروژن بسیار فقیر باشد تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نیز توصیه شده است. اغلب عناصر غذایی برای گیاه در محدوده‌ی اسیدیته ۶/۵ تا ۷ که اسیدیته مناسب جهت کشت لوبیا است، قابل جذب می‌باشند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۲- تنش

تنش به معنی تغییر شرایط فیزیولوژیک ناشی از عوامل بر هم زننده‌ی تعادل می‌باشد. به عبارت دیگر هر نوع تغییر فیزیکی و شیمیایی ایجاد شده و دور شدن از شرایط مطلوب را تنش یا استرس می‌نامند (جلیل و همکاران، ۲۰۰۹). تنش‌های مختلف زیست محیطی در گیاهان ممکن است به واکنش‌هایی در سطح سلولی و مولکولی منجر شود (بک و همکاران، ۲۰۰۷). در حال حاضر تغییرات آب و هوایی یکی از تهدیدات عمده در قرن بیست و یکم به شمار می‌رود (میشرا و سینگ، ۲۰۱۰).

تنش‌های محیطی به منزله‌ی عامل اصلی محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در جهان می‌باشند (اسپای و همکاران، ۲۰۱۲؛ کاباس و همکاران، ۲۰۰۷). در مجموع می‌توان تنش‌های محیطی را به دو دسته تنش‌های زنده (حشرات، باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها) و غیر زنده (نور، تغییرات درجه‌ی حرارت، خشکی، مواد غذایی و ساختمان خاک) تقسیم کرد (راماچاندرا ردی و همکاران، ۲۰۰۴). قرار گرفتن گیاهان در معرض این تنش‌ها تأثیر منفی بر رشد، متابولیسم و عملکرد آن‌ها دارد. در این میان، خشکی از مهمترین تنش‌های غیر زنده می‌باشد (کاباس و همکاران، ۲۰۰۷). تنش‌های غیرزنده مانند خشکی، دمای بالا و انجماد عملکرد محصولات را بیش از ۸۵ درصد کاهش می‌دهند (اسپای و همکاران، ۲۰۱۲).

با کاهش بارش در یک منطقه در مدت زمانی مشخص مثلا در یک فصل یا یک سال پدیده خشکی رخ می‌دهد. عوامل مختلفی در بروز خشکی نقش دارند که از آن جمله می‌توان تغییرات درجه‌ی حرارت، وزش بادهای تند، رطوبت نسبی کم، زمان بارش، شدت و طول مدت بارش را نام برد. خشکی با تأثیر بر منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، منجر به کاهش ذخایر آبی، کاهش کیفیت آب، کاهش محصولات

کشاورزی و عملکرد آن‌ها، کاهش تولید برق و اختلال در زیستگاه‌های ساحلی می‌شود که این اختلالات به فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی آسیب جدی وارد می‌کنند (میشرا و سینگ، ۲۰۱۰).

سیستم‌های مختلفی در گیاهان برای مقابله با تنش‌های زیستی شناسایی شده است. با بررسی نقش سیستم‌های آنتی اکسیدانی در مقاومت گیاهان به تنش خشکی مشاهده شد که تنش اعمال شده در گندم پس از مرحله گرده‌افشانی سبب افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و کاهش پایداری غشای سلولی، محتوای کلروفیل و کارتنوئید می‌شود. علاوه‌براین، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله پراکسیداز وگلوتاتیون ردوکتاز به طور قابل توجهی تحت تأثیر تنش خشکی افزایش یافتند (سایرام و ساکسنا، ۲۰۰۰).

بسیاری از گیاهان واکنش‌های فیزیولوژیکی و استراتژی‌های زیست محیطی خود را برای انجام رشد مناسب در شرایط کمبود آب توسعه بخشیده‌اند. سه نوع عمده این سازگاری‌ها عبارتند از: فرار از خشکی، اجتناب از خشکی و مقاومت به خشکی. به طور خلاصه، مکانسیم اجتناب و تحمل به خشکی عبارتند از: حفاظت آب (وجود برگ‌های کوچک، کاهش سطح برگ و بسته شدن روزنه‌ها)، حفاظت از آب موثر (سسیستم‌های ریشه عمیق، گسترده و متراکم) و حفظ تورژسانس سلولی (تطابق اسمزی و الاستیک پایین) و سنتز املاح حفاظتی و آنزیم‌های مقاوم به خشکی که در نهایت با بهبود وضعیت آب گیاه سبب ایجاد مقاومت در برابر آسیب‌های ناشی از تنش خشکی می‌گردد (دیاز لوپز و همکاران، ۲۰۱۲).

واکنش فیزیولوژیکی مقابله با تنش خشکی با از دست دادن آب سلولی آغاز می‌گردد. از دست دادن آب سلولی که عمدتا از طریق واکوئل‌ها صورت می‌گیرد نه تنها در پروتوپلاست بلکه منجر به انقباض کل سلول می‌شود. از آن‌جایی که حفره‌های روی دیواره سلولی بسیار کوچک هستند (با قطر ۵-۴ نانومتر) سبب ایجاد پتانسیل ماتریک بالایی (۶۰- تا ۸۰- مگاپاسکال) شده و در نهایت باعث نفوذ هوا به دیواره سلولی می‌شود. تنش آبی علاوه بر ایجاد خسارات ناشی از تورژسانس سلولی سبب ایجاد پتانسیل فشار (بک و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۳- نقش و اهمیت آب در گیاه

برقراری تعامل بین تنش‌های محیطی از قبیل: تابش، دما، خشکی و پاسخ‌های گیاهی نقش مهمی در افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، نشان می‌دهند. مطالعات نشان می‌دهد که منطبق شدن تغییرات آب و هوایی با مرحله گلدهی در گیاهان کاهش چشمگیری در عملکرد محصولات کشاورزی نشان خواهد داد. بنابراین شبیه سازی شرایط آب و هوایی جهت ارزیابی رشد و بهره‌وری محصولات زراعی در آینده مفید خواهد بود (سینگ و همکاران، ۲۰۱۰).

تنش خشکی منجر به افزایش تجمع گونه‌های آزاد اکسیژن[1] می‌شود. اندامک‌های مختلف مانند کلروپلاست، میتوکندری و پراکسی‌زوم سایت‌های مشترک تولید گونه‌های آزاد اکسیژن می‌باشند. افزایش سطح گونه‌های آزاد اکسیژنی باعث آسیب به مکانیسم سلول‌های مختلف مانند: آنزیم‌های مهار کننده، تجزیه پروتئین، تخریب DNA و RNA، پراکسیداسیون غشاء لیپیدی و در نهایت سبب مرگ سلولی می‌شود (حسینوا، ۲۰۱۲).

رشد گیاهان به شدت تحت تأثیر تنش خشکی می‌باشد و گیاهان برای زنده ماندن بایستی توانایی سازگاری با این تنش را داشته باشند. وقوع تنش خشکی در طول دوره‌ی رشد گیاه سبب تولید ABA شده که این هورمون به نوبه خود سبب بسته شدن روزنه‌ها و بیان ژن‌های مرتبط با این تنش می‌شود (سکی و همکاران، ۲۰۰۷). کاهش عملکرد ناشی از کمبود آب در بسیاری از گونه‌های گیاهی گزارش شده است. این کاهش به شدت و مدت زمان دوره‌ی تنش بستگی دارد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

[1] -ROS

۲-۴- تنش خشکی

۲-۴-۱- تعریف تنش خشکی

خشکی در اثر وجود یک یا چند عامل آب و هوایی به وجود می‌آید که سبب کمبود آب در گیاهان می‌شود. خسارات ناشی از کمبود بارش در مناطق نیمه گرمسیری با افزایش درجه حرارت و تبخیر و تعرق گسترش می‌یابد. خشکی، مهم‌ترین تنش غیر زنده، بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد که سبب ایجاد خسارات گسترده‌ای به تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان می‌گردد (سینگ و ردی، ۲۰۱۱).

در دسترس بودن آب کافی یک محدودیت عمده برای تولید محصولات کشاورزی و یک فاکتور اساسی در نحوه‌ی پراکنش گونه‌های مختلف گیاهی می‌باشد. در حال حاضر بیش از ۳۵ درصد سطح زمین را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهند که مقدار بارش سالیانه آن‌ها برای کشت محصولات کشاورزی ناکافی می‌باشد. در مناطق تحت تأثیر تنش خشکی عملکرد محصولات ممکن است تا ۵۰ درصد نسبت به سایر مناطق کاهش داشته باشد. علاوه بر این، در نتیجه کمبود آب در این مناطق درصد بالایی از اراضی کشاورزی در معرض تخریب شدن قرار گرفته‌اند (دیاز لوپز و همکاران، ۲۰۱۲).

اثرات تنش خشکی علاوه بر مراحل مورفولوژیکی و سطوح مولکولی در تمامی مراحل فنولوژیکی رشد گیاه کاملا مشهود است (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). تنش خشکی سبب پاسخ‌های مختلف بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاهان می‌شود. مطالعات فیزیولوژیکی نشان داده است که برخی از قندها (رافینوز، ساکارز، ترهالوز، سوربیتول و مانیتول)، اسیدهای آمینه (پرولین) و آمین‌ها (گلایسین بتائین و پلی‌آمین‌ها) در گونه‌های مختلف گیاهی تحت شرایط تنش خشکی تجمع می‌یابند (سکی و همکاران، ۲۰۰۷).

محدودیت آب در تولید محصولات کشاورزی سبب کاهش متابولیسم کربن و نیتروژن شده و این فرآیند در نهایت، منجر به ایجاد تغییرات فیزیولوژی و اختلال در فعالیت‌های فتوسنتزی گیاهان می‌شود. یکی از استراتژی‌های مناسب برای مقابله با کمبود آب تعامل با میکروارگانیسم‌های مفید خاک می‌باشد. به‌طورکلی، بهره‌وری و کیفیت خاک به فعالیت‌های میکروبی موجودات خاک بستگی دارد (بنی عبدالله و همکاران، ۲۰۱۱).

پژوهش‌های انجام شده بر روی گیاهان تحت تنش خشکی، نشان می‌دهد که غلظت محصولات طبیعی در این گیاهان افزایش یافته و در نهایت، تنش خشکی سبب کاهش محصولات ثانویه گیاهی شده است (سلمار و همکاران، ۲۰۱۳).

از دست رفتن محتوای آب گیاه که منجر به بسته شدن روزنه‌ها شده و سبب ایجاد اختلال در تبادلات روزنه‌ای می‌شود را تنش خشکی می‌نامند. با بروز تنش خشکی و ایجاد اختلال در سوخت و ساز گیاهی و ساختار سلولی، شاهد اختلال در واکنش‌های کاتالیزوری آنزیم‌ها نیز می‌باشیم. در طی تنش خشکی با کاهش محتوی آب گیاه، کاهش تورژسانس سلولی، پتانسیل آب برگ کاهش می‌یابد و در صورتی که مدت زمان اعمال تنش افزایش یابد با اختلال در فعالیت‌های فتوسنتزی و متابولیسمی در نهایت، مرگ گیاه را در بر خواهد داشت (جلیل و همکاران، ۲۰۰۹).

مقاومت به خشکی، به طور معمول بر اساس فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی صورت می‌گیرد و سبب ایجاد تغییراتی در خصوصیات مورفولوژی، آناتومی، فیزیولوژی و بیوزیستی گیاهان می‌گردد. داشتن درک صحیحی از نحوه‌ی مقاومت این گیاهان به خشکی کمک بزرگی به حل مشکلات کشاورزی کرده و در نهایت سبب افزایش عملکرد محصول می‌شود (گلتسو و همکاران، ۲۰۱۲).

تحقیقات پیشین توجه به مکانیزم مقاومت به خشکی در گیاهان را در سطوح مولکولی بیان می‌کند. سه مکانیزم اصلی کاهش عملکرد محصولات کشاورزی عبارتند از: ۱- کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در کانوپی ۲- کاهش کارایی استفاده از نور ۳- کاهش شاخص برداشت (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

تنش خشکی که به تنهایی مهم‌ترین تهدید برای امنیت غذایی جهان است (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹) و به عنوان یک فاجعه زیست محیطی به رسمیت شناخته شده، توجه طرفداران محیط زیست، هواشناسان، زمین شناسان و مهندسان کشاورزی را به خود معطوف ساخته است (میشرا و سینک، ۲۰۱۰).

۲-۴-۲- تأثیر تنش کم آبی بر رشد لوبیا چشم بلبلی

لوبیا چشم بلبلی به علت تحت تأثیر قرار گرفتن تنش های زنده و غیر زنده از عملکرد پایینی برخوردار است (راوندار و همکاران، ۲۰۰۹). بذر لوبیا چشم بلبلی برای جوانه زدن ۸۳ الی ۱۲۶ درصد وزن خود آب جذب می کند. مقدار آب مورد نیاز گیاه و تعداد دفعات آبیاری به جنس زمین و آب و هوای منطقه‌ی کشت بستگی دارد. سازگاری به خشکی در لوبیا چشم بلبلی وابسته به حداقل رسانیدن تلفات آب به وسیله کنترل شکاف روزنه است (کاباس و همکاران، ۲۰۰۷).

لوبیا چشم بلبلی قادر به نگهداری پتانسیل آب برگی بالا یا محتوای رطوبت نسبی برگی بالا، طی تنش کم آبی می‌باشد و درنتیجه می تواند از پسابیدگی بافت جلوگیری کند (سینگ، ۲۰۰۷). در شرایط خشکی تنظیمات روزنه‌ای در راستای کاهش تعرق مکانیسمی است که سبب افزایش راندمان مصرف آب می‌شود (موپانگا و همکاران، ۲۰۱۲). در سه گیاه لوبیا سبز، لوبیا چشم بلبلی و نخود تنش کم‌آبیاری در زمان گلدهی و غلاف بندی موجب کاهش عملکرد شد (تسفای و همکاران، ۲۰۰۶).

۲- ۵- کودهای زیستی

ریزوسفر محیط زیست پویایی است که در آن باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها و میکروفون رشد و نمو می‌کنند، بر یکدیگر اثر متقابل می‌گذارند و از ماده آلی آزاد شده از ریشه سود می‌برند. پی آمد این رابطه، یک فعالیت شدید میکروبی است که منجر به تغییر در نمو ریشه و رشد کل گیاه می‌شود. موفقیت تکاملی همزیستی میکوریزای آرباسکولار، منعکس کننده همزیستی منحصر به فردی است که در آن قارچ به کربن گیاه دست می‌یابد و گیاه، برای جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر، از شریک قارچی خود بهره می‌گیرد (جهان، ۱۳۹۰).

استفاده بهینه از منابع بیولوژیک از نظر جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مفید بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای نهاده‌های شیمیایی باشد، علاوه بر آن دارای اثرات مثبتی بر خصوصیات خاک می‌باشد. میکوریزا یکی از مجموعه عوامل بیولوژیک است که بخش نسبتا مهمی از موجودات خاکزی را شامل می‌شود (داد، ۲۰۰۰).

۲-۵-۱- قارچ میکوریزای آرباسکولار

میکوریزا یک جنبه ضروری از زیست شناسی و بوم شناسی اکثر گیاهان خشکی می‌باشد و رشد، جذب آب و مواد غذایی توسط آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و این گیاهان را از بیماری‌های ریشه محافظت می‌کند. AMF همزیست با گیاهان میزبان، شبکه های برون سلولی گسترده‌ای را ایجاد می‌کنند که خاک را در بر می‌گیرد، عناصر غذایی معدنی را جذب و به ریشه‌ها منتقل و یک نقش اساسی در جذب عناصر غذایی گیاه ایفا می‌کند (جهان، ۱۳۹۰ به نقل از اسمیت ورید).

همزیستی فراگیری که توسط این قارچ با ریشه گیاهان ایجاد می‌شود، در بهبود وضعیت عناصر غذایی گیاهی و در حفاظت گیاه و خاک در برابر تنش‌های زیست محیطی، نقش مهم و ضروری ایفا می‌کند. اغلب خانواده‌های گیاهی قادر هستند که با میکوریزا همزیستی تشکیل دهند و همزیستی میکوریزای آرباسکولار، رایج‌ترین نوع میکوریزا در سیستم کشاورزی به شمار می‌رود. با مدیریت صحیح

این همزیستی نهاده‌های کشاورزی کاهش می‌یابد. بدین منظور، حداکثر مزایا تنها از تلقیح با AMF موثر و انتخاب درست ترکیب میزبان، قارچ و خاک حاصل خواهد شد (جهان، ۱۳۹۰).

بسیاری از لگوم‌ها همزیستی خوبی بین باکتری‌های ریزوبیومی و قارچ میکوریزای آرباسکولار نشان می‌دهند. در ارتباط با این همزیستی، ریزوبیوم تثبیت نیتروژن اتمسفری را به عهده دارد و میکوریزا با قابلیت توانایی جذب فسفر خاک نقش خود را ایفا می‌کند (ارمان و همکاران، ۲۰۱۱).

قارچ‌های میکوریزایی، بافت‌های ریشه را کلونیزه کرده و با میزبانشان ارتباط دو طرفه برقرار می‌کنند. در طی این رابطه قارچ با کلونیزه کردن کورتکس ریشه و توسعه رادیکال‌های آزاد میسیلیومی که در خاک اطراف ریشه‌ی گیاه نفوذ کرده‌اند فعالیت خود را آغاز می‌کند. این میسیلیوم‌ها به شکل یک شبکه‌ی تخصصی جهت دست‌یابی به آب و مواد معدنی از خاک، به ویژه برای آن دسته از موادی که به شکل یونی بوده و دارای تحرک ضعیفی هستند و یا با غلظت کمی در محلول خاک یافت می‌شوند مانند فسفات و آمونیوم کارآمد می‌باشند (بارآ و همکاران، ۲۰۱۱).

بنابراین، همزیستی میکوریزایی استراتژی فراهم می‌کند که توانایی گیاه را در جذب مواد مغذی افزایش داده و سبب بهبود سلامت گیاه از طریق افزایش مقاومت در برابر تنش‌های محیطی و افزایش پایداری ساختمان خاک از طریق تشکیل خاکدانه‌ها می‌گردد (بارآ و همکاران، ۲۰۱۱).

۲-۵-۱-۱- مزایای تلقیح AMF

با تلقیح این قارچ و ایجاد رابطه همزیستی با گیاه میزبان شاهد اثرات مفیدی در گیاه خواهیم بود که از آن جمله می‌توان موارد زیر را ذکر کرد: افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی به ویژه فسفر برای گیاهان (داد، ۲۰۰۰؛ ارمان و همکاران، ۲۰۱۱؛ واتسون و هریر، ۲۰۰۳). افزایش تحمل پاتوژن‌های ریشه توسط سیستم گیاه (داد، ۲۰۰۰). افزایش تحمل به برخی از تنش‌های زیست محیطی (به عنوان مثال: تنش خشکی، تنش شوری، فلزات سنگین و آلاینده‌ها) (داد، ۲۰۰۰ ؛ واتسون و هریر، ۲۰۰۳؛ عباسپور و

همکاران، ۲۰۱۲). افزایش تنوع زیستی گیاهان (داد، ۲۰۰۰). افزایش ثبات خاک، تشکیل خاکدانه وکنترل فرسایش (واتسون و هریر، ۲۰۰۳؛ ارمان، ۲۰۱۲؛ وو و همکاران، ۲۰۰۸). بهبود روابط آبی در گیاه (بروویس، ۲۰۱۰؛ بارا و همکاران، ۲۰۱۱، ارمان و همکاران،۲۰۱۱؛ واتسون و هریر، ۲۰۰۳). افزایش مقاومت میزبان به آفات و بیماری‌ها (واتسون و هریر، ۲۰۰۳). تسریع در گلدهی گیاهان میزبان (واتسون و هریر، ۲۰۰۳).

۲-۵-۱-۲- مزایای همزیستی میکوریزایی بر تنش خشکی

در عصر حاضر راه‌کارهای جدیدی برای کاهش خسارت ناشی از کم آبی در نظر گرفته شده است که استفاده از منابع بیولوژیک نیز یکی از این راه‌کارها می‌باشد. قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار پس از استقرار و ایجاد همزیستی با گیاهان تحت تنش، در نتیجه‌ی انتقال کربن و مواد غذایی از گیاه میزبان به قارچ و بالعکس، می‌توانند نقش عمده‌ای در کاهش خسارات ناشی از تنش را ایفا کنند. این قارچ‌ها قادر به ایجاد شبکه‌ی گسترده‌ای از هیف در خاک می‌باشند. AMF با تشکیل این هیف‌ها می‌تواند علاوه بر خشکی، گیاه را در برابر تنش شوری نیز محافظت نماید (مردوخی و همکاران، ۲۰۱۱).

مقاومت به خشکی ممکن است نه تنها به طور مستقیم، از طریق افزایش جذب آب توسط قارچ صورت پذیرد بلکه ناشی از اثرات غیر مستقیم میکوریزایی مانند: بهبود وضعیت مواد غذایی، تنظیم روزنه‌ای، تنظیم اسمزی و افزایش سطح آنتی اکسیدانی در گیاهان تلقیح یافته نیز باشد (وو و همکاران، ۲۰۰۸).

۲- ۵-۲- باکتری‌های محرک رشد گیاه[2]

۲-۵-۲-۱- فعالیت باکتری‌های محرک رشد بر گیاه

باکتری‌های مفید کلونیزه‌کننده‌ی ریشه که ریزوباکتری‌های تحریک کننده رشد گیاه نیز نامیده می‌شوند بسیاری از فرآیندهای مهم اکوسیستم از قبیل مشارکت در کنترل بیولوژیکی عوامل بیماری‌زای گیاهی، چرخه عناصر غذایی و یا استقرار گیاهچه را انجام می‌دهند (بارآ، ۲۰۰۲). ریزوبیوم‌ها به عنوان بهترین باکتری همزیست کلونیزه‌کننده‌ی ریشه گیاهان خانواده لگوم شناخته شده‌اند (دنیسون و کایرز، ۲۰۱۱).

۲-۵-۲-۲- تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر گیاه

انجام پژوهش‌هایی درباره‌ی تاریخچه‌ی استراتژی همزیست‌های میکروبی، کلیدی برای درک برقراری تعامل مناسب با میزبان و بقای میزبان می‌باشد. باکتری‌های ریزوبیومی بهترین باکتری‌های کلونیزه کننده‌ی ریشه گیاهان در خاک می‌باشند. این مهم است که به یاد داشته باشیم میزان سودمندی باکتری‌های ریزوبیومی از گره‌های تشکیل شده به میزان بازآفرینی در گره و بهره‌مندی از میزبان بستگی دارد (دنیسون و کایرز، ۲۰۱۱). باکتری‌های PGPR قادرند با ایجاد همزیستی با گیاه میزبان باعث بهبود رشد و در نهایت افزایش عملکرد محصول شوند (جاج و همکاران، ۲۰۱۲).

یکی از مهمترین چرخه‌های بیوشیمیایی خاک همزیستی باکتری‌های ریزوبیوم با بقولات است که در اکوسیستم‌های کشاورزی و طبیعی دارای اهمیت زیادی است. علاوه بر اثرات مفید این باکتری‌ها بر خصوصیات رشدی گیاهان، امروزه توجه محققان به استفاده از بقولات و میکروارگانیزم‌های همزیست آن‌ها برای اصلاح زیستی اراضی آلوده به فلزات سنگین و همچنین دیگر آلاینده‌های آلی و مقابله با سایر تنش‌های زیستی مانند خشکی و شوری، نیز معطوف شده است (کاراس و همکاران، ۲۰۰۵).

---

[2] - PGPR

۲-۶- اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و قارچ میکویزا بر رشد گیاهان

گسترش مواد تلقیحی بر مبنای استفاده از میکروارگانیزم‌های تحریک کننده رشد گیاه، کلید آینده کشاورزی پایدار خواهد بود. بررسی مبانی سلولی اثرات متقابل بین قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار و ریزوباکتری‌های تحریک کننده رشد گیاه، گام اولیه‌ای است که ما را به تعریف بهتر صفات لازم برای توسعه‌ی یک مایه‌ی تلقیح مؤثر رهنمون می‌سازد. برای مثال، خواص چسبندگی باکتری‌ها به ساختارهای قارچی میکوریزا ممکن است برای تولید یک مایه‌ی تلقیح با ثبات، اهمیت داشته باشد (جهان، ۱۳۹۰).

تحقیقات پیشین در زمینه‌ی همزیستی میکوریزا و ریزوبیوم‌ها اثرات سودمندی بر بهبود رشد و عملکرد گیاهان نشان داده است. برادی رایزوبیوم[۳]، آزوسپریلیوم[۴] و قارچ میکوریزای آرباسکولار میکروارگانیسم‌های مفید ریزوسفری برای گیاهان می‌باشند که در بهبود تولید بیومس گیاهی نقش بسزایی را ایفا می‌کنند (جاج و همکاران، ۲۰۱۲).

برآیند مشارکت بین PGPR و AMF می‌تواند سبب ایجاد هم‌افزایی‌هایی شود که اثرات بسیار مفیدی در بهبود رشد و سلامت گیاه به دنبال دارد. برای مثال، تلقیح دوگانه با یک PGPR (سودوموناس پوتیدا) و یک AMF در مقایسه با تلقیح هریک از آن‌ها سبب رشد بیشتر شبدر زیرزمینی شد (میر و لیندرمن، ۱۹۸۶). نتایج مشابهی برای گوجه فرنگی زمانی که ترکیبات ضد قارچی سویه‌های عامل کنترل زیستی سودوموناس در ترکیب با AMF (گلوموس موسه) به کار رفت حاصل شد (بارآ و همکاران، ۲۰۱۱).

تلقیح همزمان آب پنیر، آرباسکولار میکوریزا و ریزوبیوم، اثرات سودمند بیشتری در مقایسه با تلقیح یک جانبه هرکدام از آن‌ها نشان داده است. بهترین پارامترهای گیاهی در تلقیح سه جانبه‌ی آن‌ها حاصل شد، در حالی که، کمترین مقدار صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تلقیح هرکدام از آن‌ها بدون حضور دیگری بود. آب پنیر به تنهایی سبب افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در

---

[3]-Bradyrhizobium
[2-]Azospirillum

بوته و محتوی کلسیم دانه و ساقه شد. تلقیح یک جانبه ریزوبیوم اثر قابل توجهی بر وزن خشک ساقه و ریشه، شاخص برداشت، تعداد شاخه در بوته، نیتروژن دانه و ساقه و تعداد گره نشان داد. میکوریزای آرباسکولار نیز سبب افزایش تعداد شاخه در بوته، وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و درصد فسفر دانه و ساقه شد. با این حال، اثر سه جانبه‌ی آن‌ها نتایج بسیار بهتری در برابر تلقیح جداگانه نشان داد (ارمان و همکاران، ۲۰۱۱).

برخی تحقیقات نشان داده‌اند که بین قارچ‌های میکوریزایی و باکتری‌های ریزوبیوم، ازتوباکتر و آزوسپریلیوم در برخی گیاهان زراعی مانند ذرت، سویا، شبدر، یونجه، بادام زمینی، دال عدس و نخود اثر متقابل مثبتی وجود دارد (بارآ و همکاران، ۲۰۰۲) و این نتیجه، پیشنهاد خوبی برای بررسی تأثیر تلقیح همزمان قارچ میکوریزا و باکتری بر خصوصیات کمی و کیفی سایر گیاهان از جمله لوبیا چشم بلبلی می‌باشد.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

این طرح در سال زراعی ۱۳۹۱در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود – آزادشهر) اجرا شد. شهرستان بسطام 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 مورد آزمایش دارای اقلیم سرد و خشک و متوسط بارندگی ۱۵۰ میلی‌متر در سال و با پراکنش نامنظم می‌باشد. بارندگی‌ها عمدتا در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد.

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

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

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی ۴ سطح تنش کم آبیاری (D) شامل: d_1 (بدون قطع آبیاری)، d_2 (قطع آبیاری در مرحله گلدهی)، d_3 (قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی) و d_4 (قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه) بودند. فاکتورهای فرعی شامل: قارچ میکوریزای آرباسکولار (M) در دو سطح: m_1 (عدم تلقیح) و m_2 (تلقیح) و باکتری مزوریزوبیوم (B) در دو سطح: b_1 (عدم تلقیح) و b_2 (تلقیح) بودند (جدول ۳-۲). تعداد تیمارها در مجموع ۱۶ و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۴۸ کرت بود. نقشه کاشت در شکل ۳-۱ مشاهده می‌گردد.

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

پارامترهای اندازه‌گیری شده	مقدار	واحد
درصد اشباع	۳۳/۲	درصد
هدایت الکتریکی	۷/۳۴	دسی زیمنس برمتر
اسیدیته گل اشباع	۸/۰۵	-
درصد مواد خنثی شونده	۲۵/۵	درصد
کربن آلی	۰/۵۹	درصد
نیتروژن کل	۰/۱۰۵	درصد
فسفر قابل جذب	۴۴/۵	پی پی ام
پتاسیم قابل جذب	۲۲۱/۰	پی پی ام
رس	۳۴	درصد
لای	۵۰/۰	درصد
شن	۱۶/۰	درصد
درصد رطوبت	۲/۳	درصد
نسبت جذب سدیم	۱/۸	-
مجموع کاتیون ها	۷۴/۰	میلی اکی والان درلیتر
Na^{+}	۱۰/۰	میلی اکی والان درلیتر
Mg^{2+}	۱۲/۰	میلی اکی والان درلیتر
Ca^{2+}	۵۲/۰	میلی اکی والان درلیتر
مجموع آنیون ها	۷۳/۲	میلی اکی والان درلیتر
So_4^{2-}	۳۸/۰	میلی اکی والان درلیتر
Cl^{-}	۳۰/۰	میلی اکی والان درلیتر
Hco_3^{-}	۵/۲	میلی اکی والان درلیتر
$szCo_3^{2-}$	۰	میلی اکی والان درلیتر

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

عدم تلقیح قارچ و باکتری در شرایط عدم تنش	$d_1m_1b_1$
عدم تلقیح قارچ، تلقیح باکتری در شرایط عدم تنش	$d_1m_1b_2$
تلقیح قارچ، عدم تلقیح باکتری در شرایط عدم تنش	$d_1m_2b_1$
تلقیح قارچ و باکتری در شرایط عدم تنش	$d_1m_2b_2$
عدم تلقیح قارچ و باکتری در شرایط اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی	$d_2m_1b_1$
عدم تلقیح قارچ، تلقیح باکتری در شرایط اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی	$d_2m_1b_2$
تلقیح قارچ، عدم تلقیح باکتری در شرایط اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی	$d_2m_2b_1$
تلقیح همزمان قارچ و باکتری در شرایط اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی	$d_2m_2b_2$
عدم تلقیح قارچ و باکتری در شرایط اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی	$d_2m_1b_1$
عدم تلقیح قارچ، تلقیح باکتری در شرایط اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی	$d_2m_1b_2$
تلقیح قارچ، عدم تلقیح باکتری در شرایط اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی	$d_2m_2b_1$
تلقیح همزمان قارچ و باکتری در شرایط اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی	$d_2m_2b_2$
عدم تلقیح قارچ و باکتری در شرایط اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه	$d_2m_1b_1$
عدم تلقیح قارچ، تلقیح باکتری در شرایط اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه	$d_2m_1b_2$
تلقیح قارچ، عدم تلقیح باکتری در شرایط اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه	$d_2m_2b_1$
تلقیح همزمان قارچ و باکتری در شرایط اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه	$d_2m_2b_2$

تکرار۱	$S_3B_0M_1$	$S_3B_1M_1$	$S_3B_0M_0$	$S_3B_1M_0$	$S_2B_0M_0$	$S_2B_1M_1$	$S_2B_1M_0$	$S_2B_0M_1$	$S_1B_0M_1$	$S_1B_1M_1$	$S_1B_1M_0$	$S_1B_0M_0$	$S_0B_0M_1$	$S_0B_1M_0$	$S_0B_0M_0$	$S_0B_1M_1$
تکرار۲	$S_3B_1M_0$	$S_3B_0M_0$	$S_3B_0M_1$	$S_3B_1M_1$	$S_0B_1M_1$	$S_0B_0M_1$	$S_0B_0M_0$	$S_0B_1M_0$	$S_1B_0M_0$	$S_1B_0M_1$	$S_1B_1M_1$	$S_1B_1M_0$	$S_2B_1M_1$	$S_2B_0M_1$	$S_2B_0M_0$	$S_2B_1M_0$
تکرار۳	$S_0B_0M_0$	$S_0B_0M_1$	$S_0B_1M_0$	$S_0B_1M_1$	$S_2B_1M_0$	$S_2B_0M_0$	$S_2B_1M_1$	$S_2B_0M_1$	$S_1B_1M_1$	$S_1B_0M_0$	$S_1B_0M_1$	$S_1B_1M_0$	$S_3B_1M_1$	$S_3B_0M_0$	$S_3B_1M_0$	$S_3B_0M_1$

شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده

۳-۴ - عملیات اجرایی

۳-۴-۱- آماده سازی زمین

زمین در سال قبل از کاشت به صورت آیش بوده و ۱۵ روز قبل از کاشت اقدام به آماده سازی زمین با استفاده از گاوآهن برگردان دار و دیسک گردید. سپس ابعاد کرت‌ها تعیین شد. هر کرت شامل ۴ خط کاشت به طول ۵ متر و فاصله‌ی بین خطوط ۶۰ سانتی‌متر بود. ۲ خط کناری به عنوان حاشیه و ۲ خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شدند.

۳-۴-۲- کاشت

عملیات کاشت در تاریخ ۱۶ خرداد ۱۳۹۱ با دست و در عمق ۵ سانتی‌متری انجام شد. فاصله دو بوته روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قارچ‌های میکوریزایی در حین کاشت بذر لوبیا چشم بلبلی رقم محلی بسطام به میزان ۱۰ گرم در گودال‌های ایجاد شده به زمین اضافه گردید و باکتری مزوریزوبیوم نیز ۲۰ دقیقه قبل از کاشت با بذر آغشته شد و همراه با بذر در خاک قرار گرفت.

۳-۴-۳- داشت

آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای صورت گرفت. از زمان کاشت تا استقرار کامل بوته‌ها آبیاری به صورت هفتگی انجام شد. مقادیر آب مصرفی بر اساس مدت زمان ورود آب برای تمام تیمارها یکسان بود. طی دوران داشت وجین علف‌های هرز به طور مرتب و هفتگی به صورت دستی انجام شد.

۳-۴-۴- اعمال تیمارها

پس از استقرار کامل بوته‌ها تنش کم آبیاری اعمال شد. اعمال تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، ۵۰ درصد غلاف‌دهی و ۵۰ درصد پرشدن دانه با قطع آب کرت‌های مورد نظر صورت گرفت. تیمار قارچ و باکتری نیز همزمان با کاشت اعمال شده بودند.

۳-۴-۵- برداشت

برداشت جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد در تاریخ ۳۰ شهریورماه مقارن با ۱۰۶ روز پس از کاشت صورت گرفت. در این زمان بوته‌ها کاملاً زرد شده بودند و بذرها در داخل غلاف‌ها کاملا قابل تشخیص و جداشدن بودند.

۳-۵- نمونه برداری جهت اندازه‌گیری صفات

اولین نمونه برداری از ۳۰ روز پس از کاشت شروع شد و ۶ نمونه برداری به فاصله ۱۴ روز یکبار انجام شد. از هر کرت ۴ بوته پس از در نظر گرفتن حاشیه به عنوان نماینده‌ی آن کرت برداشت گردید. صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک غلاف، قطر ساقه، تعداد انشعابات جانبی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه اندازه‌گیری شد. سپس از داده‌های بدست آمده میانگین‌گیری شده و عدد آن ثبت گردید.

۳-۶- صفات زراعی و مورفولوژیک

۳-۶-۱- ارتفاع بوته

ارتفاع ۴ بوته از هر کرت بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و پس از میانگین‌گیری ثبت گردید.

۳-۶-۲- قطر ساقه

قطر ساقه ۴ بوته از هر کرت آزمایشی، توسط دستگاه کولیس با دقت ۰/۰۱ بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری و پس از میانگین‌گیری ثبت گردید.

۳-۶-۳- تعداد انشعابات جانبی

از هر کرت ۴ بوته برداشت شده و تعداد انشعابات جانبی پس از شمارش و میانگین‌گیری ثبت گردید.

۳-۶-۴- وزن خشک برگ، ساقه و غلاف

نمونه‌های برداشت شده به آزمایشگاه منتقل و پس از جدا کردن برگ و غلاف از ساقه به صورت مجزا در پاکت قرار داده شده و به منظور تعیین وزن خشک، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه‌ی

سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. پس از آن نمونه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ وزن شدند. مقادیر به دست آمده بر حسب گرم بر متر مربع محاسبه گردید.

۳-۶-۵- سطح برگ

پس از جداسازی برگ‌ها از ساقه سطح برگ آن‌ها توسط کاغذ شطرنجی تعیین شد.

۳-۶-۶- وزن خشک کل

این صفت از مجموع وزن خشک برگ، ساقه و در صورت وجود غلاف در هر نمونه بر حسب گرم در متر مربع به دست آمد.

۳-۶-۷- عملکرد و اجزای عملکرد

از هر کرت آزمایشی تعداد ۴ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این بوته‌ها محاسبه و عملکرد نهایی بر حسب متر مربع محاسبه شد. اجزای عملکرد در گیاه لوبیا چشم بلبلی شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه می‌باشند که مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

۳-۷- درصد همزیستی میکوریزایی

برای ارزیابی درصد همزیستی میکوریزایی یک ماه قبل از برداشت ۶ بوته از هر کرت انتخاب شدند و ابتدا ریشه‌های جدا شده از بوته مورد شستشو قرار داده گرفتند تا ذرات خاک از آن‌ها جدا شوند. پس از آن ریشه‌ها در محلول KOH که با نسبت ۱ به ۱۰ آماده شده بود به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. بعد از طی این مدت ریشه‌ها از KOH خارج شده و با آب مقطر شستشو گردیدند و به مدت ۱۰ دقیقه در HCL قرار گرفتند. سپس ریشه‌ها را با ماده‌ی رنگی تریپان بلو به مدت ۴ ساعت آغشته شدند. ریشه‌هایی مویی رنگ‌آمیزی شده به طول یک سانتی‌متر برش داده شدند و ۲۵ قطعه از آن‌ها را بر روی لام قرار قرار داده

شدند. پس از آن با استفاده از میکروسکوپ ریشه‌های آلوده و غیر آلوده مورد مشاهده قرار گرفتند. در نهایت درصد همزیستی میکوریزایی از رابطه زیر محاسبه شد:

۱۰۰ × (تعداد قطعات مشاهده شده / تعداد قطعات کلونیزه شده به میکوریزا) = درصد کلونیزاسیون

۳-۸- صفات فیزیولوژیک

۳-۸-۱- کلروفیل

اندازه گیری کلروفیل برگ ۷۰ روز پس از کاشت انجام شد. از هر کرت تعداد ۴ بوته به طور تصادفی انتخاب گردید. در زمان اندازه‌گیری تعداد ۱۵ برگ (۵ برگ بالا، ۵ برگ میانی و ۵ برگ پایین) انتخاب شد و کلروفیل آن توسط دستگاه SPAD 502 تعیین و میانگین آن‌ها نیز بر حسب واحد SPAD ثبت گردید (هیسکوکس وایسرالیستام، ۱۹۷۸).

۳-۷-۲- پایداری غشای پلاسمایی

اندازه‌گیری شاخص پایداری غشای پلاسمایی ۸۰ روز پس از کاشت با استفاده از روش سایرام و اسویراستاوا (۲۰۰۱) انجام شد. بدین منظور از هر ترکیب تیماری تعداد ۱۰ برگ انتخاب و قطع گردید و پس از آن به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس از هر تیمار نمونه‌ی ۰/۱ گرمی دیسک برگی توسط پانچ برای تعیین هدایت الکتریکی برگ در دمای ۱۰۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد تهیه شدند.

برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی نمونه‌ها در دمای ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، فالکون‌های آزمایشی حاوی ۰/۱ گرم نمونه‌های دیسک برگی و ۱۰ میلی لیتر آب مقطر به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه اتوکلاو قرار داده شدند. پس از آن نمونه‌ها از اتوکلاو خارج و هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد.

به منظور اندازه‌گیری هدایت الکتریکی دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، فالکون‌های آزمایشی حاوی ۰/۱ گرم نمونه‌های دیسک برگی و ۱۰ میلی لیتر آب مقطر به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد

در دستگاه بنماری قرار داده شدند. پس از آن نمونه‌ها از بنماری خارج و هدایت الکتریکی آن‌ها پس از خنک شدن نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. میزان پایداری غشای پلاسمایی از رابطه زیر محاسبه گردید (سایرام و سریواساوا، ۲۰۰۱).

شاخص پایداری غشای پلاسمایی =$(1- C_1/C_2)$

C_1: هدایت الکتریکی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد

C_2: هدایت الکتریکی در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد

۳-۸- صفات کیفی

۳-۸-۱- اندازه‌گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن[5]

برای تعیین درصد فسفر خاک ۱ گرم از نمونه‌ی خاک را وزن گردید و پس از الک کردن در فالکون ۵۰ میلی‌لیتری قرار گرفت. سپس ۲۰ میلی‌لیتر از محلول بی‌کربنات سدیم (پی اچ = ۸/۵) به آن اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه روی شیکر افقی با سرعت ۲۰۰ قرار داده شد. پس از آن با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف گردید. در مرحله بعد محلول‌های استاندارد را تهیه و ۰/۳ میلی‌لیتر از عصاره خاک، ۱ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۳ از محلول آماده شده در کووت ۲ میلی‌لیتری قرار گرفت. سپس با تغییر رنگ نمونه‌ها به رنگ آبی با دستگاه اسپکتوفتومتری در طول موج ۸۸۲ نانومتر قرآئت شد. پس از رسم منحنی استانداردها، غلظت فسفر خاک در هر کرت آزمایشی تعیین گردید (اولسن، ۱۹۵۴).

۳-۹- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و رسم شکل‌ها توسط نرم‌افزار EXCEL انجام شد. مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

[5] - Olsen

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش کم آبیاری و اثر سه‌جانبه قارچ میکوریزا، باکتری مزوریزوبیوم و تنش کم آبیاری بر ارتفاع بوته معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۵$) بود (جدول پیوست ۱).

اعمال تنش در مراحل مختلف رشد گیاه اثر یکسانی از نظر آماری بر ارتفاع بوته لوبیا چشم بلبلی داشت به طوری‌که بیشترین ارتفاع (۱۰/۷۶ سانتی‌متر) در شاهد (عدم تنش) مشاهده شد که از نظر آماری در گروه برتر قرار گرفت و بین سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول پیوست ۱).

با توجه به جدول ۴-۱ با بررسی برهمکنش تنش، قارچ و باکتری بیشترین ارتفاع بوته (۱۱۶/۶ سانتی‌متر) از ترکیب تیماری عدم تنش و با تلقیح همزمان قارچ و باکتری به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ و باکتری) نشان نداد. کمترین ارتفاع (۶۸/۹۳ سانتی‌متر) نیز مربوط به تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه و تلقیح همزمان قارچ و باکتری بود که ۵۷/۹۸ درصد با شاهد اختلاف داشت.

مطالعات اخیر نشان می‌دهد که تنش آب اثرات فیزیولوژیکی مختلفی مانند کاهش میزان فتوسنتز از طریق بستن روزنه‌ها، کوچک شدن سلول‌ها، کاهش فضای بین سلولی، کاهش تقسیم سلول و در نتیجه کاهش رشد و ارتفاع گیاه را به دنبال دارد (غلامحسینی و همکاران، ۲۰۱۳). این کاهش علاوه بر تغییر در روند جذب مواد غذایی در فعالیت‌های فتوسنتزی اختلال ایجاد کرده و با افزایش مقاومت روزنه‌ای سبب کاهش تبادلات گازی بین گیاه و محیط می‌گردد (لوباتو و همکاران، ۲۰۰۸؛ جلیل و همکاران، ۲۰۰۹). مطالعه‌ای که بر روی لوبیا چشم بلبلی انجام شد نشان داد که اعمال تنش کم آبیاری بر رشد رویشی، سطح برگ و ارتفاع بوته تأثیر بسزایی دارد و در نهایت سبب کاهش رشد گیاه می‌شود (مانیوانیان و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول ۴-۱- تاثیر سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری بر ارتفاع بوته (سانتی‌متر) ۱۰۶ روز پس از کاشت
D= تنش کم آبیاری: (d_1(بدون قطع آبیاری)، d_2(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی)، d_3(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف دهی) و d_4(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه))، M= تیمار میکوریزا: (M_2= تلقیح و M_1 = عدم تلقیح M)، B= تیمار مزوریزوبیوم: (B_2= تلقیح وB_1= عدم تلقیح)

تیمارهای آزمایشی			ارتفاع ساقه	
B_2	M_2	d_1	a	۱۱۶/۶
		d_2	abcd	۹۱/۴
		d_3	ab	۱۰۷/۵
		d_4	d	۶۹
	M_1	d_1	abc	۱۰۲/۷
		d_2	bcd	۸۷/۴
		d_3	abcd	۹۳/۴
		d_4	abcd	۹۴/۳
B_1	M_2	d_1	abc	۱۰۲/۲
		d_2	cd	۸۹/۸
		d_3	bcd	۷۷/۷
		d_4	abc	۹۸/۸
	M_1	d_1	ab	۱۰۸/۹
		d_2	bcd	۸۵/۴
		d_3	abc	۹۳/۹
		d_4	bcd	۸۴/۳
ضریب تغییرات(درصد)				۱۶/۰۹

۴-۲- قطر ساقه

نتایج نشان داد که تنش کم آبیاری ($P\leq$ ۰/۰۵)، تلقیح قارچ ($P\leq$ ۰/۰۱)، تلقیح باکتری ($P\leq$ ۰/۰۱) و اثر متقابل قارچ × باکتری ($P\leq$ ۰/۰۱) بر قطر ساقه معنی‌دار بودند (جدول پیوست ۱).

اعمال تنش کم آبیاری در مراحل مختلف رشد لوبیا چشم بلبلی بیشترین قطر ساقه (۷/۹۶ میلی‌متر) را در شاهد (عدم تنش) نشان داد. این درحالی بود که از نظر آماری بین سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول پیوست ۲).

در تلقیح جداگانه قارچ و باکتری بیشترین قطر ساقه با تلقیح قارچ (۷/۴۳ میلی‌متر) و تلقیح باکتری (۷/۴۷ میلی‌متر) حاصل شد که به ترتیب ۵/۸۴ و ۷/۰۲ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش داشتند (جدول پیوست ۲).

بررسی ترکیب تیماری تلقیح همزمان قارچ و باکتری نشان داد که بیشترین قطر (۷/۹۸ میلی‌متر) از تلقیح همزمان تیمارها به‌دست آمد و کمترین قطر (۶/۸۸ میلی‌متر) مربوط به تلقیح قارچ و عدم تلقیح باکتری بود که به ترتیب ۱۲/۶۹ و ۲/۸۲ درصد با شاهد (عدم تلقیح قارچ و باکتری) اختلاف داشتند (شکل ۴-۱).

کمبود آب در دوران رشد گیاه مانع از بزرگ شدن سلول‌ها در طی تقسیم سلولی می‌گردد و رشد گیاه را کاهش می‌دهد. این کاهش رشد از طریق فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند فتوسنتز، تنفس، انتقال، جذب یونی، متابولسیم مواد غذایی و پارامترهای رشد صورت می‌گیرد (جلیل و همکاران، ۲۰۰۹).

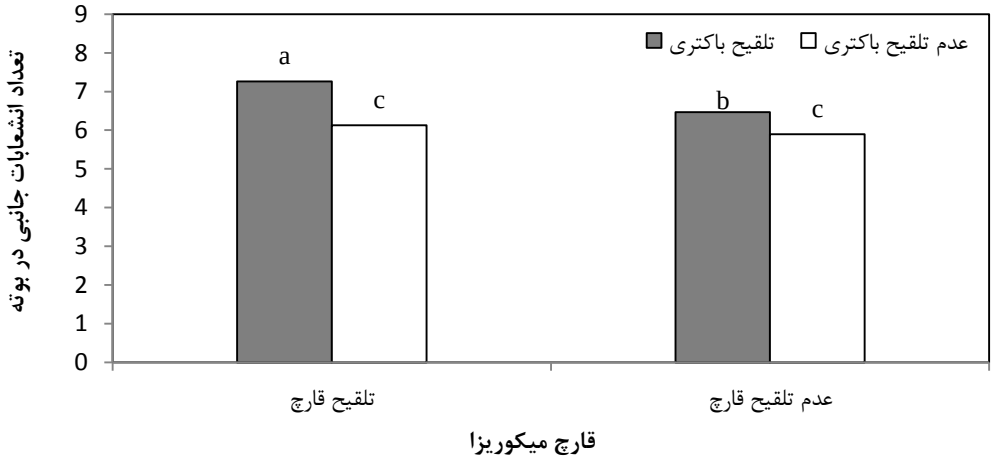
شکل -۴-۱- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر ترکیب تیماری قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت

۴-۳- تعداد انشعابات جانبی در بوته

بررسی نتایج حاصل از این تحقیق در جدول پیوست ۱ حاکی از آن است که کاربرد قارچ و اثر متقابل قارچ × باکتری بر تعداد انشعابات جانبی لوبیا چشم بلبلی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. بیشترین تعداد انشعاب جانبی (۶/۸۶) با تلقیح قارچ به‌دست آمد که ۱۳/۹۵ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح قارچ) افزایش داشت (جدول پیوست ۲).

کاربرد توأم قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم بیشترین تعداد انشعاب جانبی (۷/۲۶) را با تلقیح همزمان آن دو نشان داد که ۱۸/۴۷ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح قارچ و باکتری) افزایش داشت. درحالی‌که ترکیب تیماری تلقیح قارچ و عدم تلقیح باکتری کمترین تعداد انشعاب جانبی (۵/۹) را نشان داد (شکل ۴-۲).

مطالعات بسیاری کاهش رشد گیاه لوبیا در معرض تنش خشکی را گزارش داده‌اند (سینگ و همکاران، ۲۰۱۰ ؛ سوزا و همکاران، ۲۰۰۴) برخی از محققین عوامل موثر در کاهش رشد گیاهان تحت تنش خشکی را اختلال در تقسیم میتوز، کاهش تورژسانس و رشد و توسعه سلولی می‌دانند که در نهایت کاهش رشد گیاه را در بر دارد (جلیل و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین تعداد انشعابات جانبی تحت تأثیر ترکیب تیماری قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت

۴-۴- فاصله اولین غلاف از سطح زمین

کلیه منابع تغییر به جز برهمکنش سه جانبه بر فاصله اولین غلاف از سطح زمین معنی‌دار بودند (جدول پیوست ۳). نتایج نشان داد که نمونه شاهد (عدم تنش) بیشترین فاصله (۳۴/۷۶ سانتی‌متر) را از سطح زمین داشت که البته با تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. کمترین فاصله (۳۰/۱۳ سانتی‌متر) مربوط به تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی بود (جدول پیوست ۴).

تلقیح جداگانه قارچ و باکتری با ۳۳/۶۹ و ۳۳/۹۲ سانتی‌متر فاصله از سطح زمین، به ترتیب ۵/۶۱ و ۷/۱۰ درصد افزایش ارتفاع نسبت به شاهد (عدم تلقیح) نشان دادند (جدول پیوست۴). این افزایش ارتفاع ممکن است به دلیل تأمین عناصر غذایی توسط قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم باشد که در نهایت افزایش رشد گیاه را به دنبال دارد.

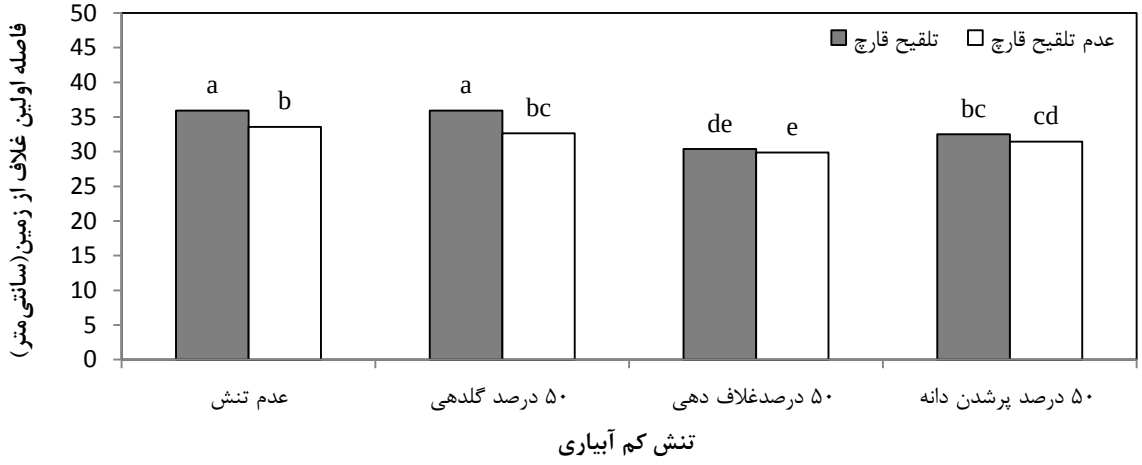
اثر متقابل تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ بیشترین فاصله (۳۵/۹۲ سانتی‌متر) را در ترکیب تیماری تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و با تلقیح قارچ نشان داد که ۶/۹۰ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ) افزایش داشت که البته با ترکیب تیماری عدم تنش و تلقیح قارچ اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین فاصله (۲۹/۸۹ سانتی‌متر) از ترکیب تیماری تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و عدم تلقیح قارچ به دست آمد (شکل ۴-۳).

شکل ۴-۴ نشان می‌دهد که در اثر متقابل تنش و تلقیح باکتری نمونه شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح باکتری) بیشترین فاصله (۳۵/۱۹ سانتی‌متر) را از سطح زمین نشان داد. درحالی‌که با اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و بدون تلقیح باکتری این فاصله از سطح زمین کاهش چشمگیری یافت و شاهد کمترین فاصله (۲۷/۹۵ سانتی‌متر) بودیم.

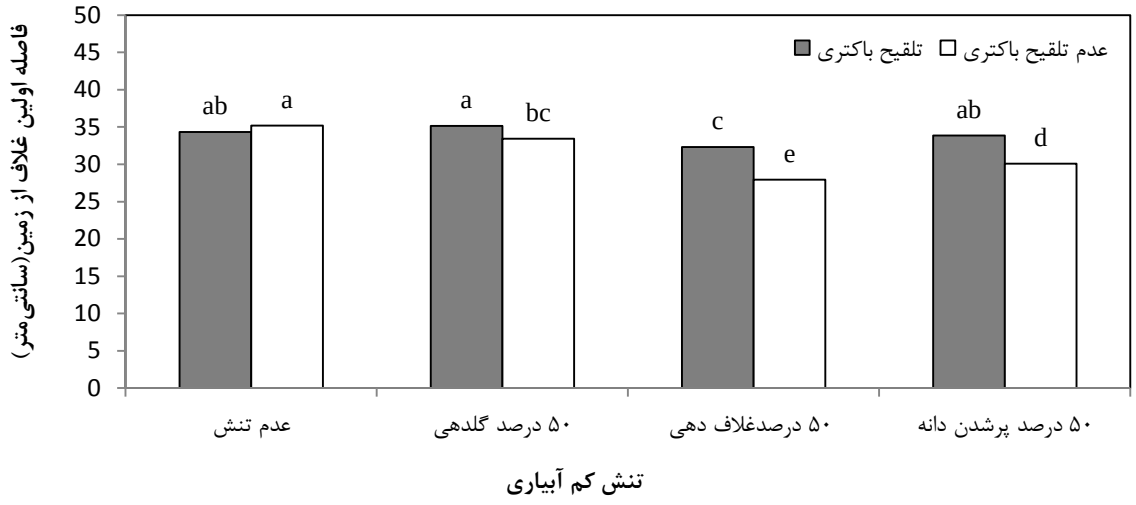
تلقیح همزمان قارچ و باکتری در شکل ۴-۵ نشان می‌دهد که کمترین فاصله (۳۱/۴۰ سانتی‌متر) حاصل از تلقیح قارچ و عدم تلقیح باکتری بود. این درحالی است که بیشترین فاصله (۳۵/۹۷ سانتی‌متر) با

تلقیح همزمان قارچ و باکتری مشاهده شد که از نظر آماری ۱۲/۶۱ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح قارچ و باکتری) افزایش داشت.

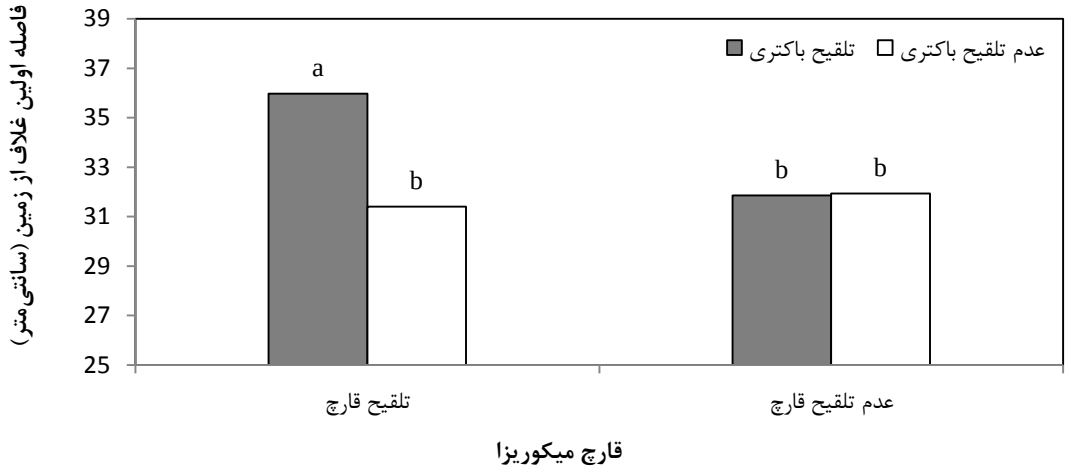
وارمبورگ و همکاران (۱۹۸۷) اظهار داشتند که تلقیح PGPR در غلات سبب افزایش تعداد کل پنجه‌ها، پنجه‌های بارور و سنبله‌ها، تسریع در گلدهی و خوشه‌دهی، افزایش تعداد سنبله و تعداد دانه در هر سنبله، افزایش وزن دانه و افزایش وزن خشک کل گیاه می‌گردد. افزایش در اجزای عملکرد گیاه در نهایت افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را در بر خواهد داشت.



شکل۴-۳- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح زمین تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۱۰۶ روز پس از کاشت



شکل۴-۴- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح زمین تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری۱۰۶ روز پس از کاشت



شکل۴-۵- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح زمین تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری۱۰۶ روز پس از کاشت

۴-۵- طول غلاف

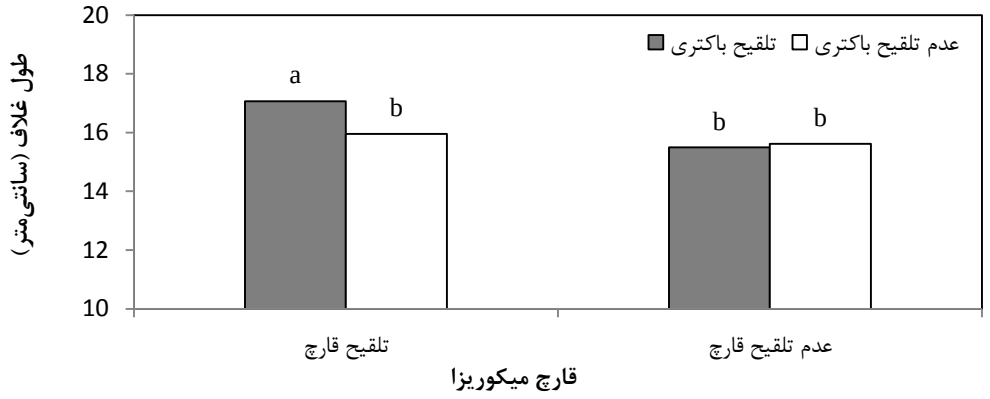
همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۳) مشاهده می‌شود تنش (P≤۰/۰۱)، قارچ میکوریزا (P≤۰/۰۱)، باکتری مزوریزوبیوم (P≤۰/۰۵) و اثر متقابل قارچ × باکتری (P≤۰/۰۱) بر طول غلاف تأثیر معنی‌داری داشتند.

اعمال تنش کم آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه سبب کاهش طول غلاف شد و تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه کمترین طول (۱۵/۵۰ سانتی‌متر) را نشان داد که البته با تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی اختلاف معنی‌داری نداشت. درحالی‌که بیشترین طول غلاف (۱۷/۰۷ سانتی‌متر) از نمونه شاهد (عدم تنش) حاصل شد (جدول پیوست ۴).

تلقیح جداگانه قارچ و باکتری بیشترین طول غلاف را با تلقیح قارچ (۱۶/۵۱ سانتی‌متر) و تلقیح باکتری (۱۶/۲۸ سانتی‌متر) به ترتیب با ۶/۰۳ و ۳/۰۴ درصد افزایش نسبت به شاهد (عدم تلقیح) نشان دادند (جدول پیوست ۴).

نتایج حاصل از تلقیح همزمان قارچ و باکتری نشان داد که بیشترین طول غلاف (۱۷/۰۷ سانتی‌متر) با ۹/۲۱ درصد افزایش نسبت به شاهد (عدم تلقیح قارچ و باکتری) مربوط به ترکیب تیماری تلقیح همزمان تیمارها بود (شکل ۴-۶).

بورد و همکاران (۱۹۹۸) اظهار می‌کنند که ریزوباکتری‌های محرک رشد می‌توانند رشد رویشی گیاه و توانایی تولید در گیاه را از طریق تولید هورمون های گیاهی، افزایش دسترسی به عناصر غذایی، تسهیل در جذب مواد غذایی توسط گیاه، کاهش سمیت فلزات سنگین و القای مقاومت سیستمیک علیه عوامل بیماری‌زا افزایش دهند. لذا تلقیح دوگانه قارچ و باکتری می‌تواند اثرات مثبت چشمگیری بر رشد و عملکرد گیاه در بر داشته باشد.



شکل۴-۶- مقایسه میانگین طول غلاف تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت

۴-۶- وزن خشک برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از آن است که کلیه منابع تغییر به جز اثر متقابل تنش × باکتری بر وزن خشک برگ معنی‌دار بودند (جدول پیوست ۵). اعمال تنش در مراحل مختلف رشد گیاه سبب کاهش وزن خشک برگ گردید به‌طوری‌که بیشترین وزن (۱۸۹/۹ گرم بر متر مربع) در شاهد (عدم تنش) و کمترین (۱۵۴/۵ گرم بر متر مربع) در تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه مشاهده شد (جدول پیوست ۶). شایان ذکر است که وزن خشک برگ در تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و غلاف‌دهی اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند اما هر دو با شاهد و تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول پیوست ۶).

نتایج جدول پیوست ۶ نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک برگ در تلقیح جداگانه قارچ و باکتری به ترتیب ۱۷۶/۹ و ۱۶۲/۶۳ گرم بر متر مربع بود که نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش داشت. مطالعه ای که روی لوبیا چشم بلبلی انجام شد نشان داد که تلقیح قارچ میکوریزا در تنش کم آبیاری به طور قابل توجهی میزان ماده خشک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (رضایی و کامگار حقیقی، ۱۳۸۸)

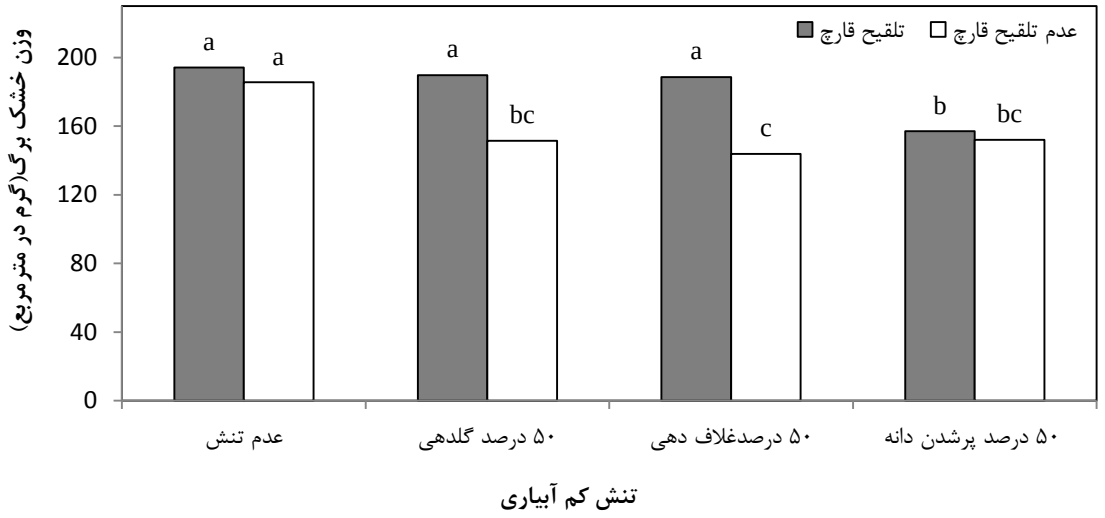
اثر متقابل تنش و قارچ نشان داد که در شرایط عدم تنش و با تلقیح قارچ بیشترین وزن خشک برگ (۱۹۴/۲ گرم بر متر مربع) حاصل شد که البته اختلاف معنی‌داری با شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ)

نداشت. درحالی‌که کمترین وزن (۱۴۳/۹ گرم بر متر مربع) مربوط به ترکیب تیماری تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و بدون تلقیح قارچ بود (شکل ۴-۷).

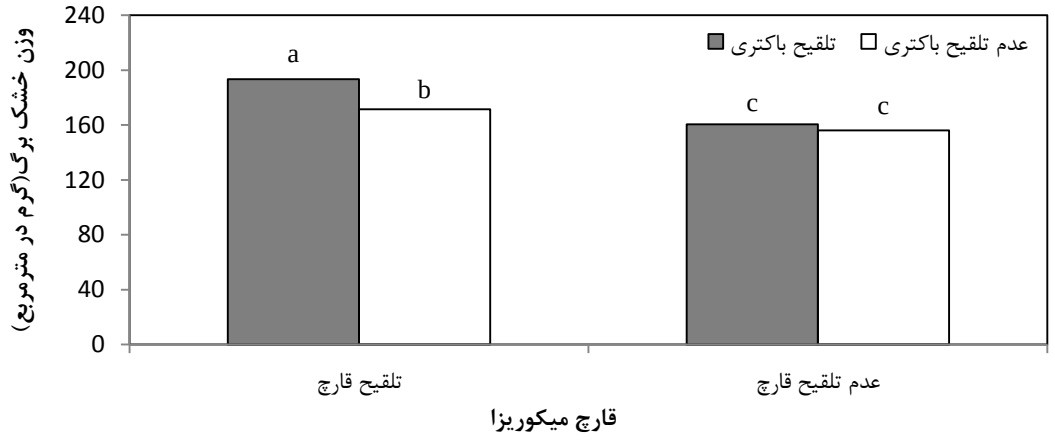
در بین ترکیب تیماری حاصل از تنش و تلقیح باکتری کمترین وزن خشک برگ (۱۵۶/۱ گرم بر متر مربع) در شاهد (عدم تلقیح قارچ و باکتری) و بیشترین وزن خشک برگ (۱۹۳/۴ گرم بر متر مربع) با تلقیح همزمان قارچ و باکتری به دست آمد که ۲۳/۹۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت (شکل ۴-۸).

تلقیح توأم قارچ و باکتری تأثیر مثبتی بر افزایش وزن خشک برگ داشت تا جائیکه در برهمکنش سه‌جانبه تیمارها بیشترین وزن خشک برگ (۲۲۳/۷ گرم بر متر مربع) حاصل از ترکیب تیماری عدم تنش و با تلقیح همزمان قارچ و باکتری بود که ۱۴/۲۶ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ و باکتری) افزایش نشان داد. با اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و بدون تلقیح قارچ و باکتری شاهد کاهش ۴۳/۶۵ درصدی وزن نسبت به شاهد بودیم و کمترین وزن خشک برگ (۱۳۳/۶ گرم بر متر مربع) در این ترکیب تیماری حاصل شد (جدول ۴-۲).

در مطالعه‌ای که روی آفتابگردان انجام شد نتایج نشان داد که تحت تنش خشکی، گیاهان تلقیح شده با میکوریزا ماده خشک بیشتر و عملکرد بالاتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده نشان دادند (غلامحسینی و همکاران، ۲۰۱۳). تأثیر تنش رطوبتی بر کاهش محصول در مراحل گلدهی، غلاف‌دهی و پرشدن دانه لوبیا چشم بلبلی نیز گزارش شده است (رضایی و کامگار حقیقی، ۱۳۸۸). لوبیا گیاهی است که در شرایط محیطی مناسب به تلقیح با باکتری همزیست واکنش نشان می‌دهد این درحالی است که اغلب خاک‌ها فاقد باکتری کارآمد هستند و یا تعداد آن‌ها کم می‌باشد. افزایش طول اندام‌های هوایی، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک کل در نتیجه کاربرد PGPR در خاک و یا به صورت بذرمال در گیاهان مختلف گزارش شده است (وی و همکاران، ۱۹۹۶).



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۱۰۶ روز پس از کاشت



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت

جدول ۴-۲- تاثیر سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح باکتری و قارچ بر وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) ۱۰۶ روز پس از کاشت

D =- تنش کم آبیاری: (d_1(بدون قطع آبیاری)، d_2(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی)، d_3(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف دهی) و d_4(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه))، M= تیمار میکوریزا: (M_2= تلقیح و M_1 = عدم تلقیح M)، B= تیمار مزوریزوبیوم: (B_2= تلقیح و B_1= عدم تلقیح)

تیمارهای آزمایشی			وزن خشک	برگ
B_2	M_2	d_1	a	۲۲۳/۷
		d_2	b	۱۹۰/۹
		d_3	b	۱۹۰/۹
		d_4	cd	۱۶۸/۱
	M_1	d_1	bc	۱۷۹/۴
		d_2	def	۱۵۴/۸
		d_3	def	۱۵۴/۲
		d_4	ef	۱۵۳/۴
B_1	M_2	d_1	de	۱۶۴/۶
		d_2	b	۱۸۸/۷
		d_3	b	۱۸۶/۴
		d_4	fg	۱۴۵/۹
	M_1	d_1	b	۱۹۱/۸
		d_2	f	۱۴۸/۲
		d_3	g	۱۳۳/۶
		d_4	ef	۱۵۰/۶
ضریب تغییرات(درصد)				۵/۰۵

۴-۷- وزن خشک ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که اثر تنش کم آبیاری، کاربرد قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم بر وزن خشک ساقه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۵). اعمال تنش کم آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه کاهش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد. تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه بر وزن خشک ساقه اختلاف معنی‌داری نداشتند اما هر

دو با تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول پیوست ۶). بیشترین وزن خشک ساقه (۲۵۳/۵ گرم بر متر مربع) مربوط به شاهد (عدم تنش) و کمترین (۲۰۱/۸ گرم بر متر مربع) مربوط به تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه بود (جدول پیوست ۶).

وزن خشک ساقه در شرایط تلقیح قارچ (۲۳۶/۷ گرم بر متر مربع) افزایش ۱۱/۳۹ درصدی نسبت به شاهد (عدم تلقیح قارچ) نشان داد (جدول پیوست ۶).

بررسی‌ها نشان می‌دهد کمبود آب در طول رشد رویشی لوبیا چشم بلبلی سبب کاهش رشد گیاه می‌گردد (لوباتو و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه‌ای که روی گیاه یونجه (*Medicago Sativa*) تحت تنش خشکی صورت گرفت پتانسیل جوانه‌زنی، طول محور زیر لپه، وزن تر و خشک ریشه و وزن خشک اندام-های هوایی کاهش یافت درحالی‌که طول ریشه افزایش پیدا کرد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). در پژوهشی دیگر با بررسی تلقیح جداگانه و دوگانه باکتری ریزوبیوم و باکتری حل کننده فسفات بر گندم وزن خشک اندام‌های هوایی، عملکرد دانه، محتوای فسفر دانه و پروتئین برگ با تلقیح باکتری افزایش یافت (ساهاران و نهرا، ۲۰۱۱). افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر باکتری ریزوبیوم از طریق اسیدی کردن محیط ریزوسفری و افزایش دسترسی ریشه گیاه به عناصر غذایی باشد که نهایتا منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود. عباسپور و همکاران (۲۰۱۲) بر این باورند که قارچ میکوریزا از طریق افزایش جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی بر میزان فتوسنتز و تولید بیوماس تأثیر مثبت گذاشته و موجب افزایش ارتفاع بوته می‌گردد. اثرات مثبت میکوریزا بر افزایش رشد رویشی در گیاه آفتابگردان نیز گزارش شده است (حیدری و کرمی، ۲۰۱۲ ؛ غلامحسینی و همکاران، ۲۰۱۳).

۴-۸- تعداد غلاف در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تعداد غلاف در بوته در جدول پیوست ۵ نشان داده شده است. کلیه اثرات اصلی، اثرات متقابل و برهمکنش سه‌جانبه عوامل مورد بررسی در سطح ۱ درصد بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بودند.

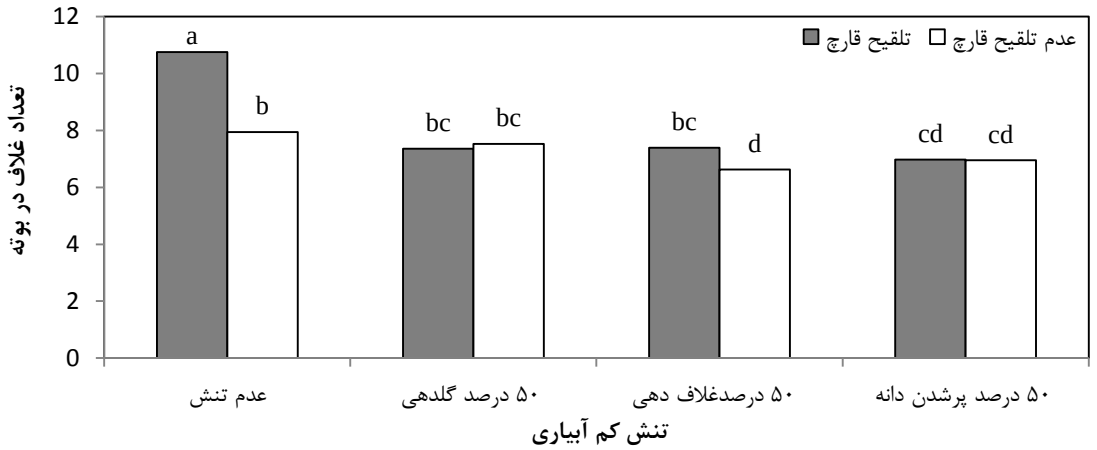
اثر تنش بر این صفت بیشترین تعداد غلاف (۹/۳۵) را در شاهد (عدم تنش) و کمترین تعداد (۶/۹۷) را در تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه نشان داد (جدول پیوست ۶). کاربرد قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم سبب افزایش ۱۱/۷۷ درصدی تعداد غلاف در بوته نسبت به شاهد گردید (جدول پیوست ۶).

ترکیب تیماری تنش و قارچ نشان داد که بیشترین تعداد غلاف (۱۰/۷۶) در شرایطی بود که گیاهان با قارچ تلقیح شدند و تنشی اعمال نگردید که ۳۵/۴۸ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ) افزایش داشت. درحالی‌که تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و بدون تلقیح قارچ کمترین تعداد غلاف (۶/۶۳) را در برداشت (شکل ۴-۹).

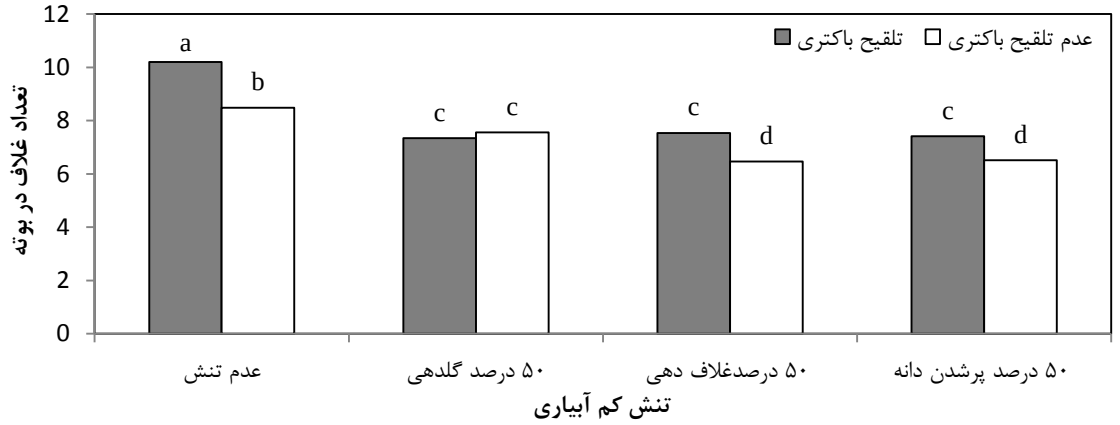
شکل ۴-۱۰ با بررسی ترکیب تیماری تنش و باکتری نشان می‌دهد که بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۰/۲۱) مربوط به تلقیح باکتری و عدم تنش و کمترین تعداد (۶/۴۸) مربوط به تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و عدم تلقیح باکتری بود.

با تلقیح توأم قارچ و باکتری بررسی نتایج این تحقیق نشان داد بیشترین تعداد غلاف ثبت شده (۹/۰۷) مربوط به تلقیح همزمان تیمارها بود که به طور معنی‌داری بالاتر از شاهد (عدم تلقیح قارچ و باکتری) قرار داشت در حالی‌که کمترین تعداد غلاف (۷/۱۸) با تلقیح قارچ و عدم تلقیح باکتری به‌دست آمد (شکل ۴-۱۱).

نتایج محققین روی لوبیا نشان می‌دهد که تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف می‌گردد که در نهایت افزایش عملکرد دانه را به‌دنبال دارد (بامبارا وهمکاران، ۲۰۱۰).



شکل۴-۹- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته لوبیا تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۱۰۶ روز پس از کاشت



شکل۴-۱۰- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته لوبیا تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری۱۰۶ روز پس از کاشت

شکل۴-۱۱- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته لوبیا تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری۱۰۶ روز پس از کاشت

جدول ۴-۳- تاثیر سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح باکتری و قارچ بر تعداد غلاف در بوته

D= تنش کم آبیاری: (d_1(بدون قطع آبیاری)، d_2(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی)، d_3(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف دهی) و d_4(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه))، M= تیمار میکوریزا: (M_2= تلقیح و M_1 = عدم تلقیح M)، B= تیمار مزوریزوبیوم: (B_2= تلقیح وB_1= عدم تلقیح)

تیمارهای آزمایشی			تعداد غلاف در بوته	
B_2	M_2	d_1	a	۱۲/۸
		d_2	bcd	۷/۹
		d_3	bcd	۸/۲
		d_4	def	۷/۴
	M_1	d_1	cde	۷/۵
		d_2	efg	۶/۸
		d_3	efg	۷/۰
		d_4	def	۷/۴
B_1	M_2	d_1	b	۸/۷
		d_2	efg	۶/۸
		d_3	fg	۶/۶
		d_4	g	۶/۵
	M_1	d_1	bc	۸/۳
		d_2	bc	۸/۳
		d_3	g	۶/۳
		d_4	g	۶/۵
ضریب تغییرات(درصد)				۶/۶

۴-۹- وزن خشک غلاف

از بین منابع تغییر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ، تلقیح باکتری، اثر متقابل تنش × قارچ، باکتری × قارچ و برهمکنش سه‌جانبه تیمارها در سطح ۱ درصد و اثر متقابل تنش × باکتری در سطح ۵ درصد بر وزن خشک غلاف معنی‌دار بودند (جدول پیوست ۷).

تنش کم آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه کاهش وزن خشک غلاف را به‌دنبال داشت (جدول پیوست ۸). در شرایطی که تنش کم آبیاری به گیاه اعمال نشده بود (شاهد) بیشترین وزن خشک غلاف

(۱۹۸/۰ گرم بر متر مربع) را شاهد بودیم. وزن خشک غلاف در تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی بیشترین تأثیر را پذیرفت و کمترین وزن (۱۵۵/۰ گرم بر متر مربع) را در بر داشت (جدول پیوست ۸).

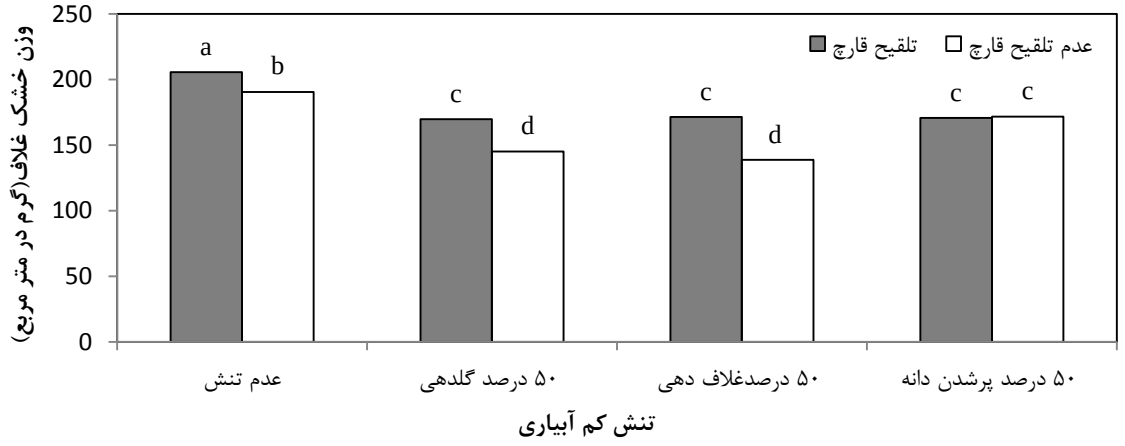
کاربرد قارچ و باکتری به ترتیب سبب افزایش ۱۱/۰۳ و ۱۰/۱۰ درصدی وزن خشک غلاف نسبت به شاهد (عدم تلقیح) شدند (جدول پیوست ۸). بوته‌های تلقیح یافته با باکتری وزن خشک غلاف بیشتری نسبت به شاهد نشان دادند. احتمالا این اختلاف مربوط به فراهمی نیتروژن و توان تثبیت نیتروژن توسط باکتری همزیست می‌باشد که موجب افزایش وزن خشک غلاف نسبت به شاهد گردید.

با بررسی اثر متقابل تنش و قارچ بیشترین وزن خشک غلاف (۲۰۵/۵ گرم بر متر مربع) در عدم تنش و با تلقیح میکوریزا حاصل شد که ۷/۸۷ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ) افزایش داشت. کمترین وزن (۱۳۸/۶ گرم بر متر مربع) مربوط به ترکیب تیماری تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه و بدون تلقیح قارچ بود (شکل ۴-۱۲). شایان ذکر است که این سطح با سه ترکیب تیماری دیگر شامل تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی × تلقیح قارچ، ۵۰ درصد غلاف‌دهی × تلقیح قارچ و ۵۰ درصد پرشدن دانه × تلقیح قارچ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان نداد اما همگی با شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ) و تیماری که بیشترین وزن خشک غلاف را نشان داد اختلاف معنی‌داری داشتند.

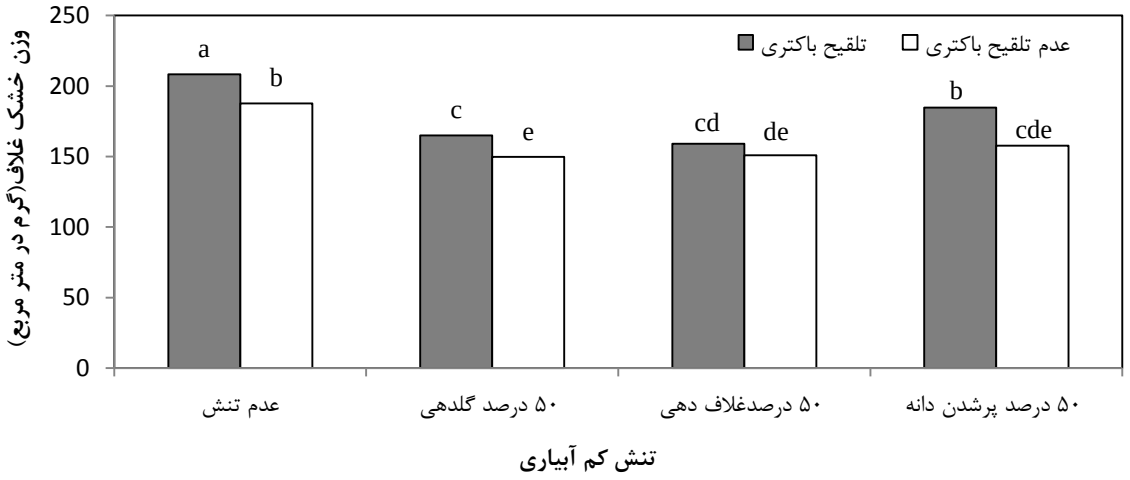
اثر متقابل تنش و باکتری نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک غلاف (۲۰۸/۳ گرم بر متر مربع) حاصل از ترکیب تیماری عدم تنش و با تلقیح باکتری و کمترین وزن (۱۴۹/۷ گرم بر متر مربع) مربوط به تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و بدون تلقیح باکتری بود که به ترتیب ۱۰/۹۷ و ۲۰/۲۴ درصد با شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح باکتری) اختلاف داشتند (شکل ۴-۱۳).

بررسی اثر متقابل قارچ و باکتری نشان می‌دهد که با تلقیح همزمان تیمارها شاهد افزایش ۲۲/۳۶ درصدی وزن خشک غلاف نسبت به شاهد و بیشترین وزن خشک غلاف (۱۹۴/۲ گرم بر متر مربع) خواهیم بود (شکل ۴-۱۴). مطالعات نشان می‌دهد که تلقیح باکتریایی و یا میکوریزایی گیاهان به طور

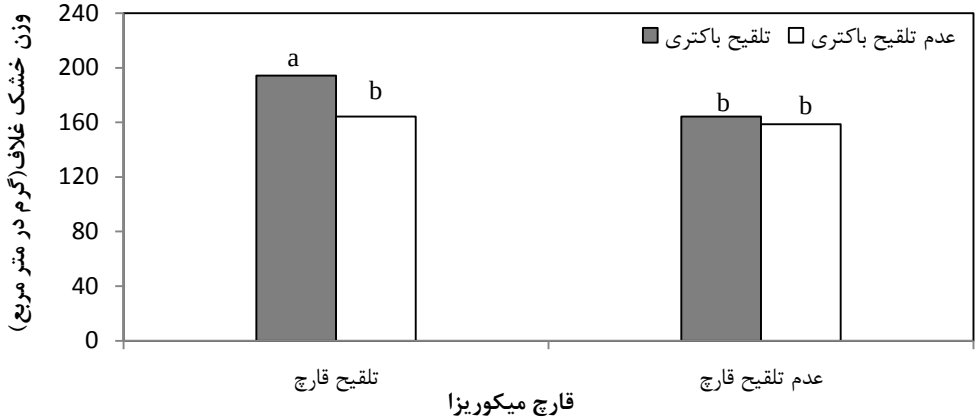
گسترده سبب کاهش هدایت روزنه‌ای و افزایش محتوای نسبی آب می‌گردد. هر دو این فرآیندها برای گیاهان درحال رشد که در شرایط کمبود آب قرار دارند از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشند. در گیاهان برقراری تعامل با میکروارگانیسم‌های خاکزی، بهبود جذب و وضعیت تغذیه‌ای سبب افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی شده و در نهایت با در دسترس قرار دادن مواد مغذی در منطقه ریزوسفر، رشد گیاه در گیاهان تلقیح شده افزایش می‌یابد (بنی‌عبدالله و همکاران، ۲۰۱۱).



شکل۴-۱۲- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۱۰۶ روز پس از کاشت



شکل۴-۱۳- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت



شکل۴-۱۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر ترکیبت تیماری تلقیح قارچ و باکتری۱۰۶ روز پس از کاشت

جدول ۴-۴- تاثیر برهمکنش سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری بر وزن خشک غلاف (گرم در متر مربع)
D= تنش کم آبیاری: (d_1(بدون قطع آبیاری)، d_2(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی)، d_3(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف دهی) و d_4(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه))، M= تیمار میکوریزا: (M_2= تلقیح و M_1 = عدم تلقیح M)، B= تیمار مزوریزوبیوم: (B_2= تلقیح وB_1= عدم تلقیح)

تیمارهای آزمایشی			وزن خشک غلاف	
B_2	M_2	d_1	a	۲۱۷/۳
		d_2	de	۱۸۰/۲
		d_3	bcde	۱۸۷/۴
		d_4	bcd	۱۹۲/۰
	M_1	d_1	b	۱۹۹/۳
		d_2	hi	۱۴۹/۸
		d_3	j	۱۳۰/۹
		d_4	ef	۱۷۷/۲
$B1_1$	M_2	d_1	hi	۱۹۳/۸
		d_2	gh	۱۵۹/۲
		d_3	gh	۱۵۵/۲
		d_4	bc	۱۴۹/۱
	M_0	d_1	cde	۱۸۱/۷
		d_2	ig	۱۴۰/۲
		d_3	hi	۱۴۶/۵
		d_4	fg	۱۶۶/۲
ضریب تغییرات(درصد)				۴/۵۳

۴-۱۰- تعداد دانه در غلاف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که از بین منابع تغییر تیمارهای اصلی در سطح ۱ درصد و اثر متقابل قارچ × باکتری و برهمکنش سه جانبه در سطح ۵ درصد بر تعداد دانه در غلاف لوبیا چشم بلبلی معنی‌دار بودند (جدول پیوست۷).

اعمال تنش کم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی بیشترین تعداد دانه در غلاف (۸/۴۶) را نشان داد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با شاهد (عدم تنش) نداشت. کمترین تعداد (۷/۰۵) مربوط به تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه بود (جدول پیوست ۸).

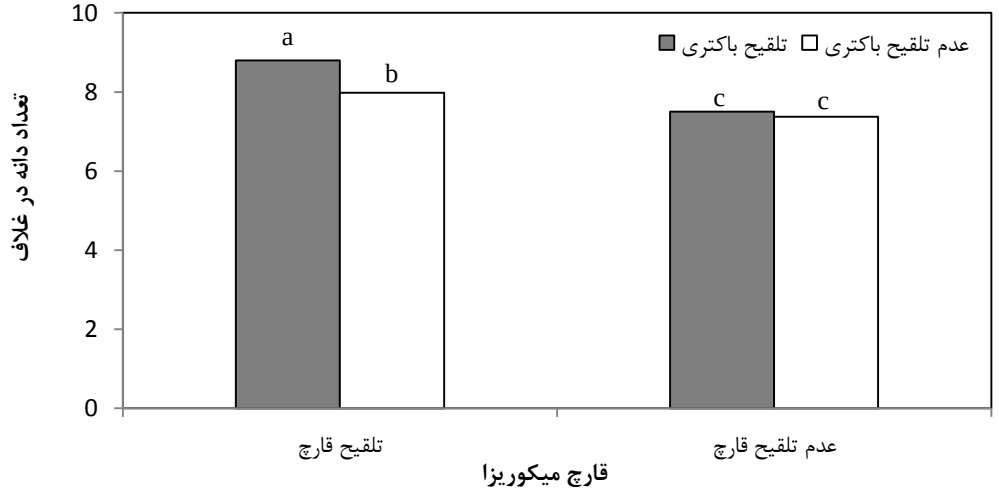
تعداد دانه در غلاف ثبت شده در شرایط تلقیح جداگانه قارچ و باکتری اختلاف معنی‌داری را نسبت به شاهد (عدم تلقیح) نشان می‌دهد (جدول پیوست ۸). این افزایش تعداد دانه می‌تواند ناشی از تأثیر مثبت همزیستی میکوریزایی و ریزوبیومی قارچ و باکتری با حبوبات باشد.

شکل ۴-۱۵ نشان می‌دهد که از لحاظ تاثیرگذاری بر تعداد دانه در غلاف تلقیح همزمان قارچ و باکتری مفید واقع شد و به‌طورکلی بیشترین تعداد دانه (۸/۷۹) را در بین ترکیبات تیماری مورد مطالعه ایجاد کرد. کمترین تعداد (۷/۳۷) از نمونه شاهد (عدم تلقیح قارچ و باکتری) به دست آمد.

بررسی سه‌جانبه تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد غلاف (۱۲/۸۲) حاصل از تلقیح همزمان قارچ و باکتری و بدون اعمال تنش بود و کمترین تعداد (۶/۳۳) در تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و بدون تلقیح قارچ و باکتری حاصل شد که به ترتیب ۳۵/۴۱ و ۴۷/۵۸ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش، عدم تلقیح قارچ و باکتری) اختلاف داشتند (جدول ۴-۵).

از مهمترین دلایل کاهش تعداد دانه به هنگام تنش خشکی می‌توان به کاهش تعداد گل‌ها و کم شدن تعداد گل‌هایی که به دانه تبدیل می‌شوند اشاره نمود. از طرفی می‌دانیم که انتقال مواد از آوند آبکش هم به فتوسنتز و هم به متابولیسم مخزن وابسته است. تنش خشکی، فتوسنتز و مصرف مواد

فتوسنتزی را در برگ‌های در حال رشد و توسعه کاهش می‌دهد. نتیجه این امر این است که خشکی به صورت غیر مستقیم سبب کاهش میزان مواد فتوسنتزی صادر شده از برگ‌ها می‌گردد، زیرا انتقال شیره پرورده از آوند آبکش وابسته به پتانسیل آب است. در مواجهه با تنش خشکی، پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش یافته و این امر سبب اختلال در انتقال مواد فتوسنتزی شده و در نهایت از میزان آسیمیلات‌های ذخیره‌ای کاسته و آسیب پذیری تشکیل دانه در شرایط خشکی افزایش می‌یابد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). گروهی از محققین کاهش عملکرد لوبیا چشم بلبلی را در اثر قرار گرفتن در معرض تنش خشکی گزارش داده‌اند و علت آن را کاهش سطح برگ، تعداد گل‌های بارور، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف ذکر کرده‌اند (لوباتو و همکاران، ۲۰۰۸). در گزارشی تنش کم آبی از طریق کاهش تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه سبب کاهش عملکرد لوبیا چشم بلبلی شد (رضایی و کامگار حقیقی، ۱۳۸۸). بررسی مطالعات نشان داد که کلونیزه‌شدن ریشه توسط قارچ AMF سبب افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده می‌شود و در نهایت افزایش رشد گیاه و افزایش عملکرد را در بردارد (آسنسیو، ۲۰۱۲؛ حیدری و کرمی، ۲۰۱۲).



شکل۴-۱۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری

جدول ۴-۵- تاثیر برهمکنش سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح باکتری و قارچ بر تعداد دانه در غلاف

D= تنش کم آبیاری: (d_1(بدون قطع آبیاری)، d_2(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی)، d_3(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف دهی) و d_4(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه))، M= تیمار میکوریزا: (M_2= تلقیح و M_1 = عدم تلقیح M)، B= تیمار مزوریزوبیوم: (B_2= تلقیح وB_1= عدم تلقیح)

تعداد دانه در غلاف		تیمارهای آزمایشی		
۸/۹	abcd	d_1	M_2	B_2
۹/۰	ab	d_2		
۸/۹	abc	d_3		
۸/۴	abcde	d_4		
۸/۲	bcde	d_1	M_1	
۸/۲	abcde	d_2		
۷/۲	fghi	d_3		
۶/۴	i	d_4		
۸/۰	defg	d_1	M_2	B_1
۹/۰	a	d_2		
۸/۰	cdef	d_3		
۶/۸	hi	d_4		
۸/۱۱	bcde	d_1	M_1	
۷/۶۱	efgh	d_2		
۷/۱۸	ghi	d_3		
۶/۶۰	i	d_4		
۶/۴		ضریب تغییرات(درصد)		

۴-۱۱- وزن صد دانه

بررسی نتایج حاصل از این تحقیق در جدول پیوست ۷ بیانگر آن است که کلیه منابع تغییر به جز اثر متقابل تنش × باکتری بر وزن صد دانه تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول پیوست۷).

اعمال تنش در مراحل مختلف رشد لوبیا چشم بلبلی کاهش وزن صد دانه را در برداشت (جدول پیوست ۸). در شرایط عدم تنش شاهد بیشترین وزن صد دانه (۲۲/۸۲ گرم) لوبیا چشم بلبلی بودیم درحالی‌که اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی سبب کاهش وزن صد دانه شد و از نظر آماری کمترین وزن (۱۸/۵۶ گرم) را نشان داد (جدول پیوست ۸).

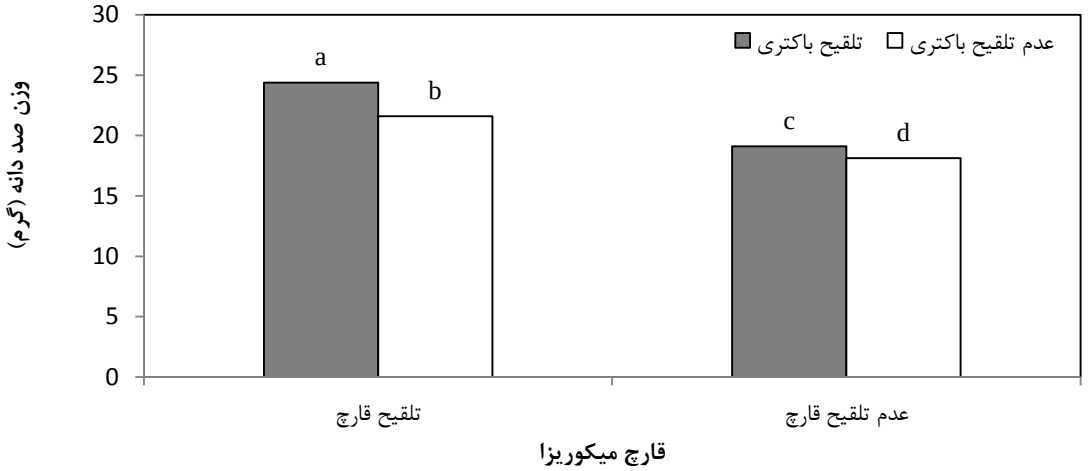
بررسی این تحقیق نشان داد که از برهمکنش تنش کم آبیاری و قارچ میکوریزا بیشترین وزن صد دانه (۲۴/۰۴ گرم) حاصل از ترکیب تیماری تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و با تلقیح قارچ بود که ۸/۸۲ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ) افزایش داشت. درحالی‌که کمترین وزن (۱۵/۹۶ گرم) در تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و بدون تلقیح قارچ مشاهده شد (شکل۴-۱۶).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که تلقیح همزمان قارچ و باکتری بیشترین وزن (۲۴/۴۱ گرم) را در برداشته درحالی‌که کمترین وزن (۱۸/۱۴ گرم) مربوط به شاهد (عدم تلقیح قارچ و باکتری) بود (شکل ۴-۱۷).

در بررسی اثر سه جانبه تیمارها تلقیح همزمان قارچ و باکتری و اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی مفید واقع شد و بیشترین وزن صد دانه (۲۴/۸۶ گرم) را نشان داد که اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت (جدول ۴-۷).

وزن دانه به عنوان یکی از شاخص‌های مهم زراعی در بذور گیاهان محسوب می‌شود. این شاخص بیان کننده میزان تخصیص مواد غذایی به ازای هر واحد بذر است. علاوه بر عوامل ژنتیکی عوامل محیطی نیز در وزن دانه مشارکت دارند و سهم هر کدام بر حسب شرایط تغییر می‌کند. در شرایط ایده آل محیطی عوامل ژنتیکی نقش مهمتری ایفا می‌کنند اما در شرایط محیطی نامناسب عوامل ژنتیکی نقش کمتری دارند. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که تلقیح کودهای بیولوژیک از جمله قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم سبب بهبود تغذیه و افزایش بهره‌وری محصولات می‌شوند (ارمان و همکاران، ۲۰۱۱). به نظر می‌رسد که قارچ میکوریزای آرباسکولار به واسطه انشعابات میسلیومی خود سطحی اضافه را برای جذب آب و عناصر غذایی به وجود آورده است و در نتیجه این سطوح دریافت آب و مواد معدنی را افزایش می‌بخشند. بنابراین با بهبود فرایند فتوسنتز در گیاهان میکوریزایی سرعت فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد. درنهایت افزایش فتوسنتز توسط قارچ میکوریزا جذب عناصر غذایی در خاک را افزایش می‌دهد و همین امر موجب ذخیره بیشتر مواد غذایی در دانه شده و افزایش وزن صد دانه را به دنبال دارد (جهان، ۱۳۹۰).

شکل۴-۱۶- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۱۰۶ روز پس از کاشت



شکل۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری۱۰۶ روز پس از کاشت

جدول ۴-۶- تاثیر برهمکنش سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح باکتری و قارچ بر وزن صد دانه (گرم)

D= تنش کم آبیاری: (d_1(بدون قطع آبیاری)، d_2(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی)، d_3(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف دهی) و d_4(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه))، M= تیمار میکوریزا: (M_2= تلقیح و M_1 = عدم تلقیح M)، B= تیمار مزوریزوبیوم: (B_2= تلقیح و B_1= عدم تلقیح)

وزن صد دانه		تیمارهای آزمایشی		
۲۴/۹	a	d_1	M_2	B_2
۲۴/۴	ab	d_2		
۲۳/۵	abc	d_3		
۲۴/۹	a	d_4		
۲۳/۴	abc	d_1	M_1	
۱۹/۱	f	d_2		
۱۵/۸	g	d_3		
۱۸/۱	f	d_4		
۲۲/۲	cd	d_1	M_2	B_1
۲۲/۲	cd	d_2		
۱۸/۸	f	d_3		
۲۳/۲	bc	d_4		
۲۰/۸	de	d_1	M_1	
۱۹/۷	ef	d_2		
۱۶/۰	g	d_3		
۱۵/۹	g	d_4		
۴/۵۳		ضریب تغییرات(درصد)		

۴-۱۲- عملکرد دانه

نتیجه تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تنش، قارچ میکوریزا، اثرات متقابل تیمارها و برهمکنش سه جانبه در سطح ۱ درصد و اثر باکتری مزوریزوبیوم در سطح ۵ درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۹).

بررسی نتایج در جدول پیوست ۱۰ حاکی از آن است که تنش کم آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه سبب کاهش عملکرد دانه شد. کاهش عملکرد دانه در تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه با تنش

در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی هر دو با شاهد (عدم تنش) و تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی اختلاف معنی‌داری نشان دادند.

با تلقیح جداگانه قارچ و باکتری عملکرد دانه ۱۷۱۹ و ۱۷۹۸ کیلوگرم در هکتار بود که به ترتیب ۵۳/۲۳ و ۳۱/۲۴ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش داشتند (جدول پیوست ۱۰).

افزایش ۴۸/۲۲ درصدی عملکرد نسبت به شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ) در شرایط عدم تنش و تلقیح قارچ مشاهده شد که بیشترین عملکرد دانه (۲۶۲۶/۵ کیلوگرم در هکتار) را در بر داشت. درحالی که کمترین عملکرد (۹۱۵/۸ کیلوگرم) حاصل از ترکیب تیماری تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و عدم تلقیح قارچ بود (شکل ۴-۱۸).

همان‌طور که در شکل ۴-۱۹ مشاهده می‌شود در بررسی اثر تنش و باکتری، بیشترین عملکرد دانه (۲۵۶۳/۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به عدم تنش و با تلقیح باکتری و کمترین عملکرد (۱۰۲۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه و عدم تلقیح باکتری بود.

در بررسی اثر متقابل قارچ و باکتری ترکیب تیماری تلقیح توأم تیمارها بیشترین عملکرد دانه (۲۳۴۵ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد. در حالی‌که دو ترکیب تیماری عدم تلقیح قارچ و باکتری و عدم تلقیح قارچ و با تلقیح باکتری از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند اما هر دو با نمونه‌ای که بیشترین عملکرد را نشان داد اختلاف معنی‌داری بیان کردند (شکل ۴-۲۰).

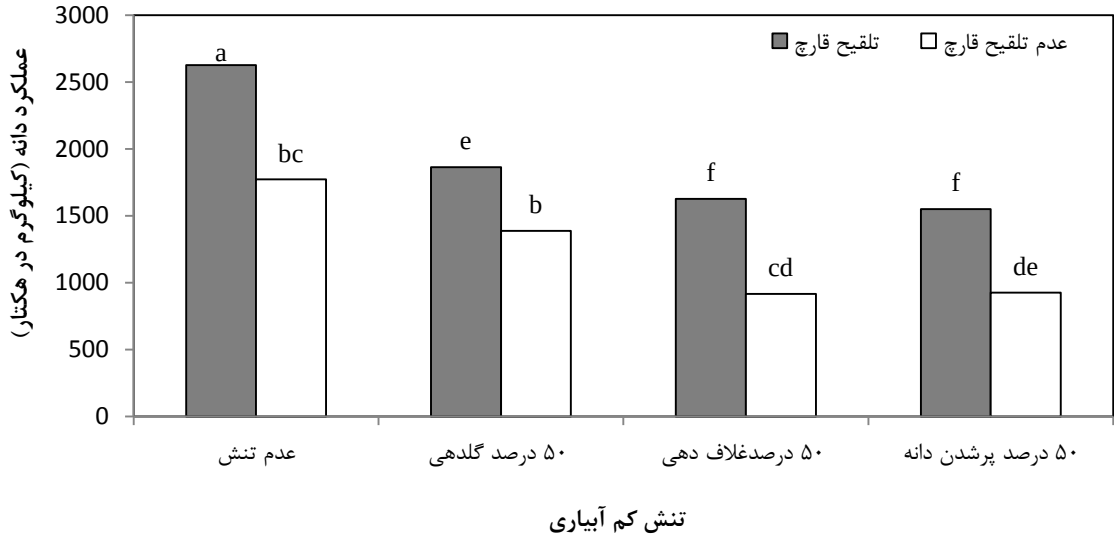
در ادامه با بررسی اثر سه جانبه تیمارها بیشترین عملکرد (۳۳۹۲/۲ کیلوگرم در هکتار) از ترکیب تیماری عدم تنش و با تلقیح همزمان قارچ و باکتری حاصل شد (جدول ۴-۷).

با مطالعه‌ای که بر روی برخی از صفات لوبیا چشم بلبلی از جمله: اندازه بوته، شکل بوته، تعداد روز تا ظهور اولین گل و تعداد روز تا رسیدن کامل صورت گرفت، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کل لوبیا چشم

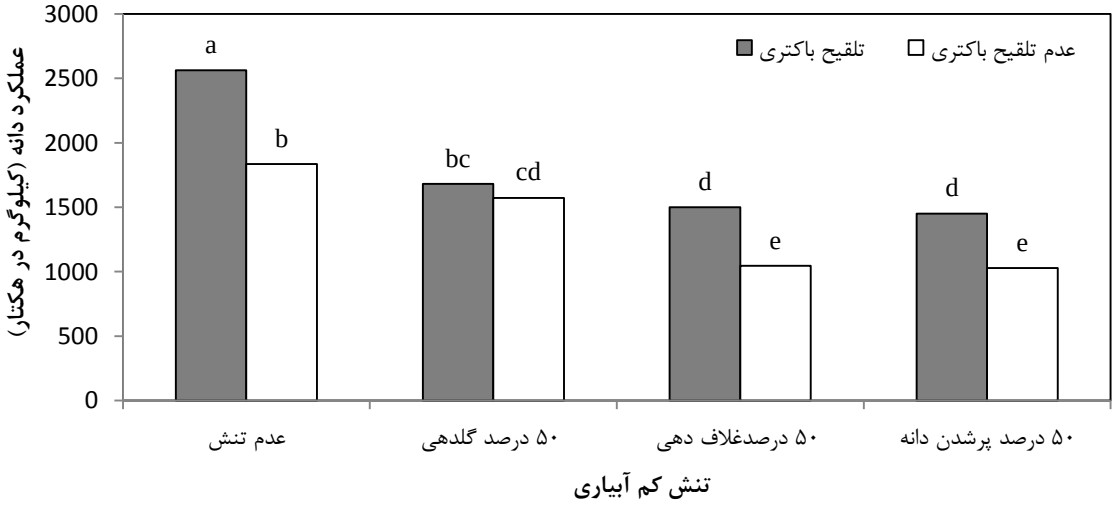
بلبلی مشاهده شد و با توجه به این که صفات ذکر شده تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند مشاهده خواهیم کرد که عملکرد کل نیز تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد (جهانسوز و همکاران، ۱۳۸۵).

بر اساس پژوهشی دیگر نیز محققین به این نتیجه رسیدند که اندازه بوته، شکل بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در غلاف، وزن صد دانه، تعداد روز تا ظهور اولین گل و تعداد روز تا رسیدن کامل همبستگی بالایی با عملکرد دارند (پارسا و باقری،۱۳۸۷؛ جهانسوز و همکاران، ۱۳۸۵). بسیاری از فرآیندهای تعیین کننده عملکرد تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. کمبود آب موجب کاهش در صفات مربوط به عملکرد می‌شود که دلیل آن را می توان 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، ۲۰۱۱).

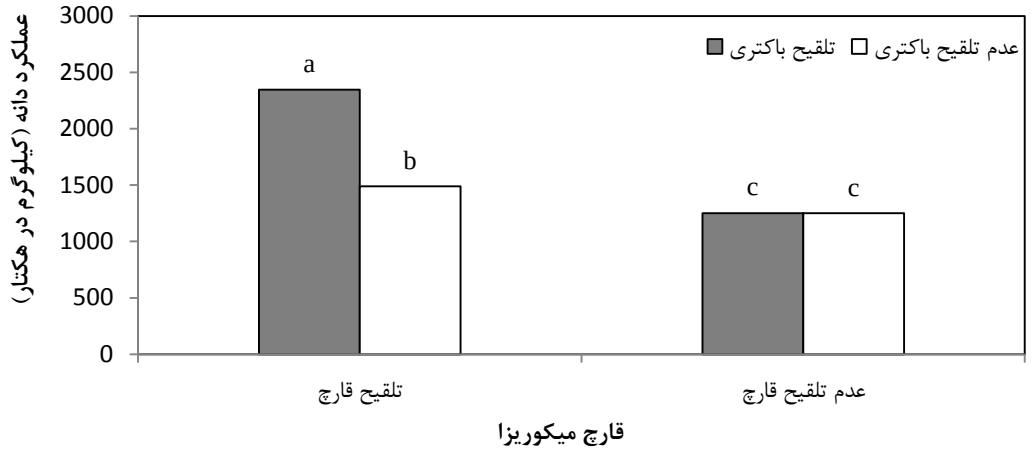
اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه می‌تواند سبب کمبود آب در بافت‌های گیاهی شده و انجام عمل فتوسنتز را مختل نماید که در نتیجه این عمل عملکرد محصول تا ۵۰ درصد و یا حتی بیشتر از آن کاهش می‌یابد (حیدری و کرمی، ۲۰۱۲). طی آزمایشی که بر روی گیاه ذرت صورت گرفت، گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا ماده خشک بیشتر و عملکرد دانه بالاتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده نشان دادند (غلامحسینی و همکاران، ۲۰۱۳). حبوبات توانایی خوبی در برقراری همزیستی با باکتری‌های ریزوبیومی دارند. پژوهش انجام شده بر روی سویا بهبود رشد و افزایش عملکرد محصول را در شرایط تلقیح با باکتری ریزوبیوم گزارش داده است (جاج و همکاران، ۲۰۱۲).



شکل۴-۱۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۱۰۶ روز پس از کاشت



شکل۴-۱۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت



شکل۴-۲۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت

جدول۴-۷- تاثیر برهمکنش سه جانبه باکتری، قارچ و تنش کم آبیاری بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی

D= تنش کم آبیاری: (d_1(بدون قطع آبیاری)، d_2(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی)، d_3(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف دهی) و d_4(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه))، M= تیمار میکوریزا: (M_2= تلقیح و M_1 = عدم تلقیح M)، B= تیمار مزوریزوبیوم: (B_2= تلقیح و B_1= عدم تلقیح)

تیمارهای آزمایشی			عملکرد دانه	
B_2	M_2	d_1	a	۳۳۹۲/۲
		d_2	b	۲۰۷۶/۰
		d_3	b	۲۰۴۵/۸
		d_4	bc	۱۸۶۶/۵
	M_1	d_1	h	۱۷۳۴/۹
		d_2	ef	۱۲۸۵/۸
		d_3	c	۹۵۲/۷
		d_4	gh	۱۰۳۳/۵
B_1	M_2	d_1	bc	۱۸۵۹/۵
		d_2	cd	۱۶۵۲/۷
		d_3	fg	۱۲۱۰/۴
		d_4	fg	۱۲۳۶/۶
	M_1	d_1	c	۱۸۰۰/۰
		d_2	de	۱۴۹۲/۴
		d_3	h	۸۷۹/۰
		d_4	h	۸۱۹/۴
ضریب تغییرات(درصد)				۸/۷

۴-۱۳- عملکرد بیولوژیک

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۹) اثر تنش کم آبیاری، قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم و اثر متقابل تنش × قارچ و قارچ × باکتری بر عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. این معنی‌داری در برهمکنش سه‌جانبه تیمارها در سطح ۵ درصد مشاهده شد.

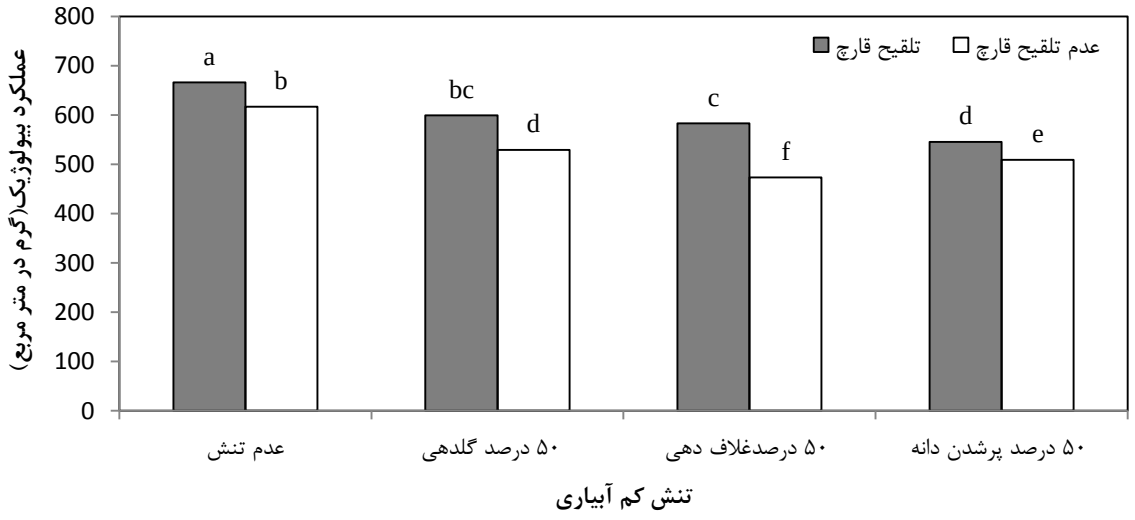
عملکرد بیولوژیک با اعمال تنش در مراحل مختلف رشد گیاه به صورت معنی‌داری کاهش یافت (جدول پیوست ۱۰). البته تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نسبت به هم نشان ندادند اما به ترتیب ۱۷/۶۰ و ۱۷/۷۷ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش) کاهش عملکرد را در برداشتند (جدول پیوست ۱۰).

تلقیح میکوریزا عملکرد بیولوژیک را به مقدار ۱۲/۴۱ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح قارچ) افزایش داد (جدول پیوست ۱۰). این افزایش عملکرد می‌تواند به دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و بالطبع دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک باشد. کاربرد باکتری مزوریزوبیوم نیز با افزایش ۸/۰۴ درصدی نسبت به شاهد (عدم تلقیح باکتری) سبب افزایش عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی شد (جدول پیوست ۱۰).

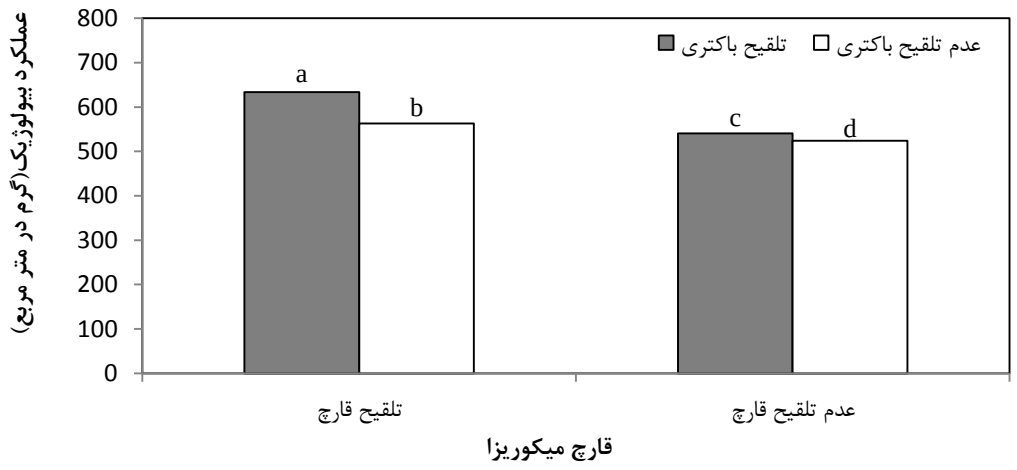
شکل ۴-۲۱ نشان می‌دهد که در ترکیب تیماری تنش و قارچ بالاترین عملکرد (۶۶۶/۰ گرم در متر مربع) مربوط به عدم تنش و با تلقیح قارچ بود که ۷/۹۵ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ) افزایش داشت. در حالی‌که پایین‌ترین عملکرد (۴۷۳/۸ گرم در متر مربع) در تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و عدم تلقیح قارچ مشاهده شد.

کاربرد همزمان قارچ و باکتری بالاترین عملکرد (۶۳۳/۸ گرم در متر مربع) را در تلقیح همزمان تیمارها نشان داد که در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) به میزان ۲۰/۹۸ درصد افزایش داشت و کمترین عملکرد (۵۲۳/۹ گرم در متر مربع) در نمونه شاهد مشاهده شد (شکل ۴-۲۲).

بررسی‌ها نشان داد که تلقیح قارچ بر افزایش عملکرد بیولوژیک در لوبیا چشم بلبلی تأثیر مثبتی دارد. مکانسیم‌های مختلفی در گیاه برای مقابله با تنش خشکی وجود دارد. به نظر می‌رسد تجمع پرولین در گیاهان به عنوان یک مکانیسم مقاومت به خشکی عمل می‌نماید (سینگ و ردی، ۲۰۱۱). به دنبال ایجاد این مقاومت‌ها از شدت خسارت ناشی از تنش به گیاهان کاسته می‌شود. استفاده از کودهای بیولوژیک مکانسیم دیگری برای مقاومت در برابر خسارات ناشی از خشکی می‌باشد (بروایس، ۲۰۱۰). سیستم‌های میکوریزی با تکیه بر توانایی خود در جذب مواد معدنی و آلی موجود در خاک، گیاهان را برای مقابله با تنش‌های زنده و غیر زنده آماده می سازند و با بهبود جذب مواد مغذی سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (ارمان و همکاران، ۲۰۱۱).



شکل۴-۲۱- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ میکوریزا ۱۰۶ روز پس از کاشت



شکل۴-۲۲- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت

۴-۱۴- شاخص برداشت

بررسی داده‌های جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۹) حاکی از آن است که همه تیمارهای آزمایشی و اثرات متقابل آن‌ها بر شاخص برداشت معنی‌دار شده و این معنی‌داری در اثرات اصلی، اثر متقابل تنش × باکتری و قارچ × باکتری در سطح ۱ درصد و در اثر متقابل تنش × قارچ و بر همکنش سه جانبه عوامل مورد بررسی در سطح ۵ درصد می‌باشد.

بررسی نتایج جدول پیوست ۱۰ نشان داد که بیشترین شاخص برداشت در اثرات ساده تنش، قارچ و باکتری به ترتیب ۳۳/۷۲، ۳۱/۴۲ و ۲۹/۶۹ درصد بود. اعمال تنش کم آبیاری در مراحل مختلف رشد لوبیا چشم بلبلی کاهش معنی‌داری بر شاخص برداشت نشان داد.

در بررسی ترکیب تیماری تنش و تلقیح قارچ بیشترین شاخص برداشت (۳۸/۷۲ درصد) مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش و با تلقیح قارچ و کمترین شاخص برداشت (۱۸/۱۵درصد) مربوط به تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه و بدون تلقیح قارچ بود که به ترتیب اختلاف ۱۰/۰ و ۱۰/۵۷ درصدی نسبت به شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ) را نشان دادند (شکل ۴-۲۳).

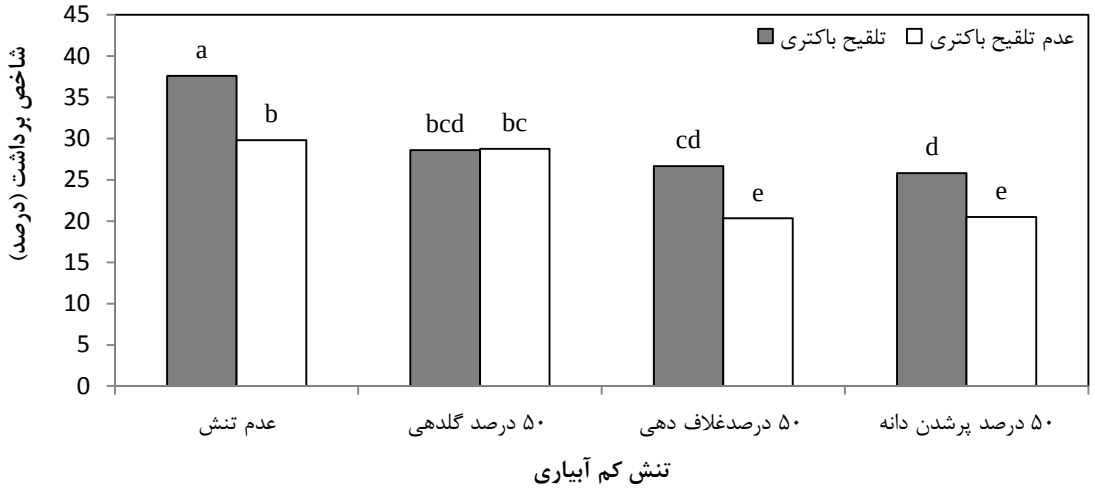
ترکیب تیماری تنش و باکتری بیشترین شاخص برداشت (۳۷/۶۲ درصد) را در شرایط عدم تنش و با تلقیح باکتری نشان داد که ۷/۸ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح باکتری) افزایش داشت.

کمترین شاخص برداشت (۲۰/۳۴ درصد) مربوط به ترکیب تیماری تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و بدون تلقیح باکتری بود (شکل ۴-۲۴).

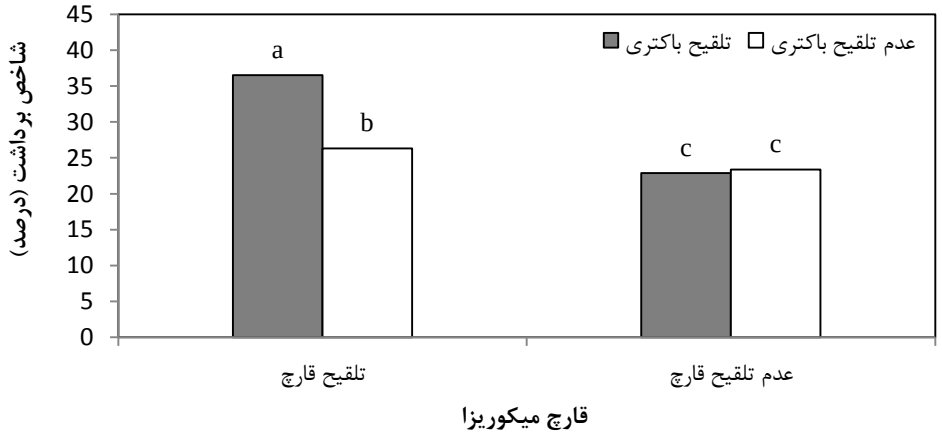
شکل ۴-۲۵ با بررسی اثر متقابل قارچ و باکتری بیشترین شاخص برداشت (۳۶/۵۱ درصد) را با تلقیح همزمان تیمارها نشان داد که ۱۳/۱۳ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح قارچ و باکتری) افزایش داشت و کمترین شاخص برداشت (۲۲/۸۶ درصد) مربوط به تلقیح باکتری و عدم تلقیح قارچ بود که اختلافی با شاهد نشان نداد.

در نهایت با بررسی برهمکنش سه‌جانبه تنش، قارچ و باکتری بیشترین شاخص برداشت (۴۷/۱۴ درصد) با افزایش ۱۷/۸۱ درصدی مربوط به تیمار با تلقیح همزمان قارچ و باکتری و عدم تنش بود درحالی‌که کمترین شاخص برداشت (۱۶/۷۱ درصد) در تنش پرشدن دانه و بدون تلقیح قارچ و باکتری مشاهده شد و کاهش ۱۲/۶۲ درصدی شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی را در برداشت (جدول ۴-۹).

شکل۴-۲۳- مقایسه میانگین شاخص برداشت تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۱۰۶ روز پس از کاشت



شکل۴-۲۴- مقایسه میانگین شاخص برداشت تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت



شکل۴-۲۵- مقایسه میانگین شاخص برداشت تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۱۰۶ روز پس از کاشت

جدول ۴-۸- تاثیر برهمکنش سه جانبه تنش کم آبیاری، تلقیح باکتری و قارچ بر شاخص برداشت (درصد)

D = تنش کم آبیاری: (d_1(بدون قطع آبیاری)، d_2(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی)، d_3(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف دهی) و d_4(قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه))، M= تیمار میکوریزا: (M_2= تلقیح و M_1 = عدم تلقیح M)، B= تیمار مزوریزوبیوم: (B_2= تلقیح و B_1= عدم تلقیح)

تیمارهای آزمایشی			شاخص	برداشت
B_2	M_2	d_1	bc	۴۷/۱
		d_2	a	۳۳/۲
		d_3	ab	۳۳/۶
		d_4	ab	۳۲/۰
	M_1	d_1	ef	۲۸/۱
		d_2	de	۲۴/۰
		d_3	f	۱۹/۷
		d_4	de	۲۴/۳
B_1	M_2	d_1	bc	۳۰/۳
		d_2	d	۲۹/۰
		d_3	c	۲۱/۸
		d_4	f	۱۹/۵
	M_1	d_1	f	۲۹/۳
		d_2	d	۳۳/۲
		d_3	f	۱۸/۹
		d_4	d	۱۶/۷
ضریب تغییرات(درصد)				۸/۹۲

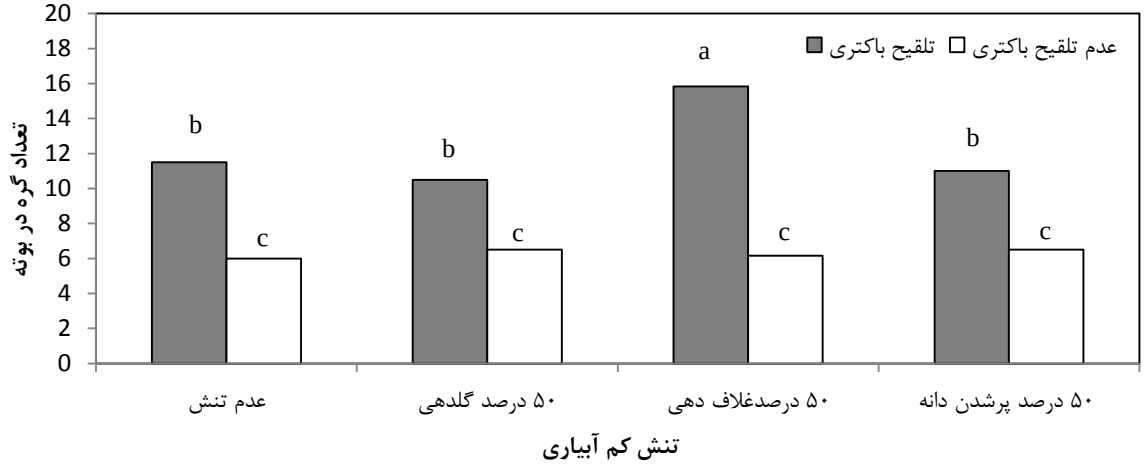
۴-۱۵- تعداد گره

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس از بین اثرات اصلی تلقیح قارچ و باکتری و از میان اثرات متقابل اثر تنش × باکتری بر تعداد گره معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۱$) شد (جدول پیوست ۱۱).

تعداد گره تشکیل شده با تلقیح قارچ و باکتری به ترتیب ۱۰/۴۵ و ۱۲/۲۰ بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با شاهد (عدم تلقیح) نشان دادند (جدول پیوست ۱۲). این افزایش ناشی از همزیستی میکوریزایی و ریزوبیومی قارچ و باکتری با گیاهان خانواده لگوم می‌باشد که در این تحقیق شاهد همزیستی خوبی بین تیمارها با ریشه لوبیاچشم بلبلی بودیم.

در شکل ۴-۲۶ ملاحظه می‌شود که با بررسی اثر متقابل تنش × باکتری بیشترین تعداد گره (۱۵/۸۳) مربوط به ترکیب تیماری تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و با تلقیح باکتری و کمترین تعداد گره (۶) مربوط به شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح باکتری) بود.

کیل و دفاگوس (۱۹۹۷) چنین اظهار می‌کنند که باکتری‌های مفید ریزوسفری کلونیزه کننده ریشه که اصطلاحا ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه نامیده می‌شوند (PGPR) می‌توانند رشد گیاه را به طور مستقیم از طریق آزاد سازی ترکیبات متنوع و یا به‌طور غیر مستقیم از طریق حفاظت گیاه در برابر پاتوژن‌ها به وسیله تولید ترکیبات ضد میکروبی تحت تأثیر قرار دهند. تلقیح گیاه با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش رشد رویشی، ارتفاع گیاه، عملکرد و تعداد گره در ریشه نسبت به گیاهان تلقیح نیافته در شرایط مزرعه‌ای می‌شود (ساهاران و نهرا، ۲۰۱۱). در مطالعه‌ای دیگر افزایش رشد، تعداد گره، کلروفیل، نیتروژن، فسفر و محتوای پتاسیم در لوبیا با کاربرد باکتری ریزوبیوم گزارش شده است (سعید اختر و همکاران، ۲۰۰۸). در بسیاری از حبوبات ریشه‌های ظریف موئین اولین مراکز دریافت سیگنال‌ها و رابط بین گیاهان میزبان و تثبیت باکتریایی نیتروژن می‌باشند که این آغاز آلودگی ریشه و اندام گره است (کاراس و همکاران، ۲۰۰۵).



شکل۴-۲۶- مقایسه میانگین تعداد گره تحت تأثیر ترکیب تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری ۶۱ روز پس از کاشت

۴-۱۶- وزن تر و خشک گره

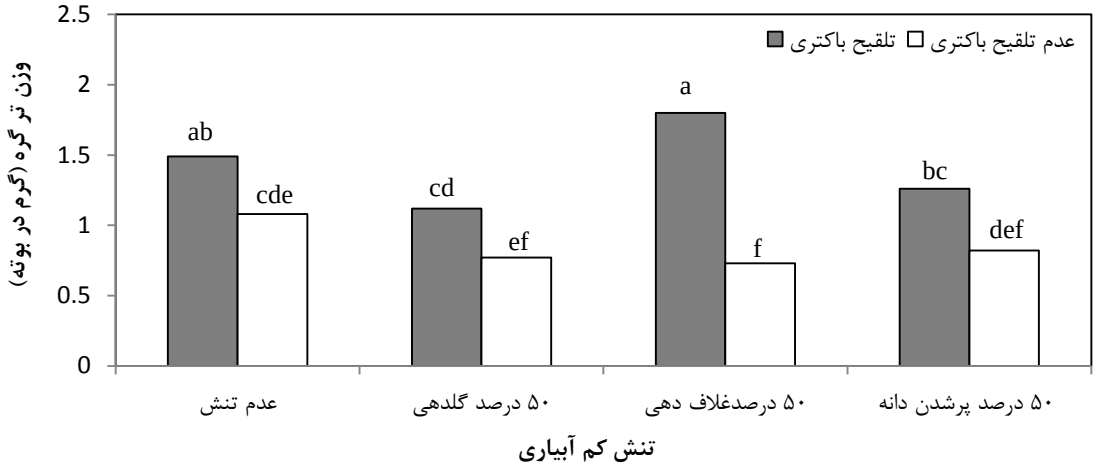
همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱۱) مشاهده می‌شود کاربرد قارچ و باکتری ($P\leq$ ۰/۰۱) و اثر متقابل تنش × باکتری ($P\leq$ ۰/۰۵) بر وزن تر گره اثر معنی‌داری داشتند.

بیشترین وزن تر گره (۱/۸۰ گرم) مربوط به تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و با تلقیح باکتری بود که ۶۶/۶۶ درصد با شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح باکتری) اختلاف داشت. و کمترین وزن (۰/۷۳ گرم) در تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و عدم تلقیح باکتری مشاهده شد (شکل ۴-۲۷).

بررسی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تنها کاربرد قارچ میکوریزا ($P\leq$ ۰/۰۵) و باکتری مزوریزوبیوم ($P\leq$ ۰/۰۱) بر وزن خشک گره اثرات معنی‌داری نشان دادند و سایر ترکیبات تیماری اثری بر وزن خشک گره نداشتند (جدول پیوست ۱۱).

با تلقیح میکوریزا و مزوریزوبیوم وزن خشک گره ثبت شده به ترتیب ۰/۲۹ و ۰/۳۰ بود که نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش معنی‌داری نشان دادند (جدول پیوست ۱۲).

در آزمایشی بر روی گیاه سویا ملاحظه شد که باکتری‌ها با تولید اکسین و سیتوکنین سبب ایجاد گره و رشد ریشه می‌شوند. بعد از آلوده شدن ریشه به وسیله ریزوبیوم ژاپونیکوم، گره‌ها در پوسته خارجی ریشه به وجود آمدند. در نهایت با اندازه‌گیری وزن خشک گره مشاهده شد که این صفت تحت تأثیر نژادهای مختلف باکتری و مدت و شدت تنش کم آبیاری قرار گرفت (فرنیا و همکاران، ۱۳۸۶).



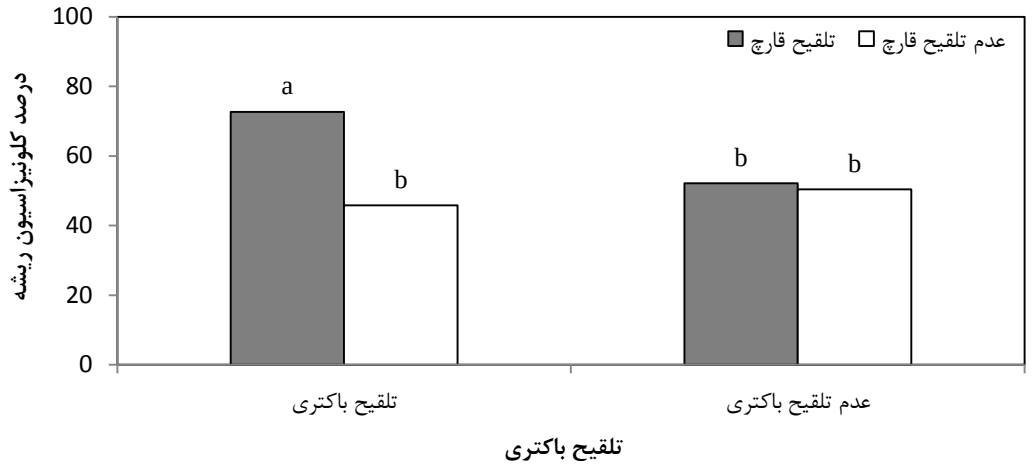
شکل۴-۲۷- مقایسه میانگین وزن تر گره تحت تأثیر ترکیب تیماری حاصل از تنش کم آبیاری و تلقیح باکتری ۶۱ روز پس از کاشت

۴-۱۷- درصد همزیستی میکوریزایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از میان منابع تغییر تلقیح قارچ، باکتری و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۱ درصد بر درصد همزیستی میکوریزایی لوبیا چشم بلبلی معنی‌دار بود. سایر ترکیبات تیماری اثر معنی‌داری بر این صفت نشان ندادند (جدول پیوست ۱۳).

شکل ۴-۲۸ نشان می‌دهد که در ترکیب تیماری قارچ و باکتری بیشترین میزان همزیستی (۷۲/۷ درصد) با تلقیح همزمان تیمارها بود که ۲۲/۲۹ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح قارچ و باکتری) افزایش داشت. درحالی‌که کمترین میزان کلونیزاسیون (۴۵/۸۳ درصد) مربوط به ترکیب تیماری تلقیح باکتری و عدم تلقیح قارچ بود.

گروهی از پژوهشگران افزایش درصد همزیستی میکوریزایی در شرایط کاربرد قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم در لوبیا را گزارش داده‌اند و چنین اظهار می‌کنند که افزایش درصد همزیستی میکوریزایی به غلظت منگنز وابسته می‌باشد. آن‌ها معتقدند در صورت افزایش غلظت منگنز تا ۲۰ درصد، کلونیزاسیون ریشه تا ۸۲ درصد افزایش می‌یابد (پلایز و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل۴-۲۸- مقایسه میانگین کلونیزاسیون میکوریزا تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری ۹۱ روز پس از کاشت

۴-۱۸- کلروفیل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های اندازه‌گیری کلروفیل در ۶۱ روز پس از کاشت در جدول پیوست ۱۳ آورده شده است. همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود کاربرد قارچ میکوریزا بر کلروفیل برگ تأثیر معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) نشان داد (جدول پیوست ۱۳). به‌طوری‌که با تلقیح قارچ میکوریزا میزان کلروفیل ۱۱/۱۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت (جدول پیوست ۱۴).

پاسخ تبادلات گازی فتوسنتزی و فلورسانس کلروفیل همراه با تغییرات در پرولین کربوهیدرات‌ها در لوبیا چشم بلبلی در طول تنش کم آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت. کاهش میزان جذب CO_2 در طول تنش کم آبیاری تا حد زیادی به بسته شدن روزنه‌ها - که علاوه بر کاهش CO_2 محدودیت آب از طریق تعرق را در بر دارد- وابسته می‌باشد. در طول مراحل اولیه تنش، فعالیت‌های فتوشیمیایی در فتوسیستم دو تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند. درحالی‌که در مراحل پیشرفته تنش، با محدود شدن فعالیت‌های فتوسیستم دو برخی اختلالات در فعالیت‌های فتوشیمیایی، از جمله کاهش حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو مشاهده می‌شود. با حال این اختلالات فعالیت‌های کلی گیاه را محدود نمی‌کند (سوزا و همکارن، ۲۰۰۴). با وقوع تنش خشکی گیاه روزنه‌های خود را می‌بندد و در نتیجه میزان دی اکسید کربن درونی کاهش

می‌یابد که در نهایت منجر به کاهش فتوسنتز برگ می‌شود. به طور کلی وقوع خشکی در طی دوران رشد گیاهان سبب پژمردگی اندام‌های هوایی، کاهش فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب، بهره‌وری آب و محتوای کلروفیل کل گیاه می‌شود (عباسپور و همکاران.۲۰۱۲). لذا افزایش محتوای کلروفیل برگ با کاربرد قارچ میکوریزا می‌تواند از طریق افزایش فتوسنتز و ساخت ماده خشک بیشتر عملکرد گیاه را بهبود بخشد.

۴-۱۹- پایداری غشا پلاسمایی

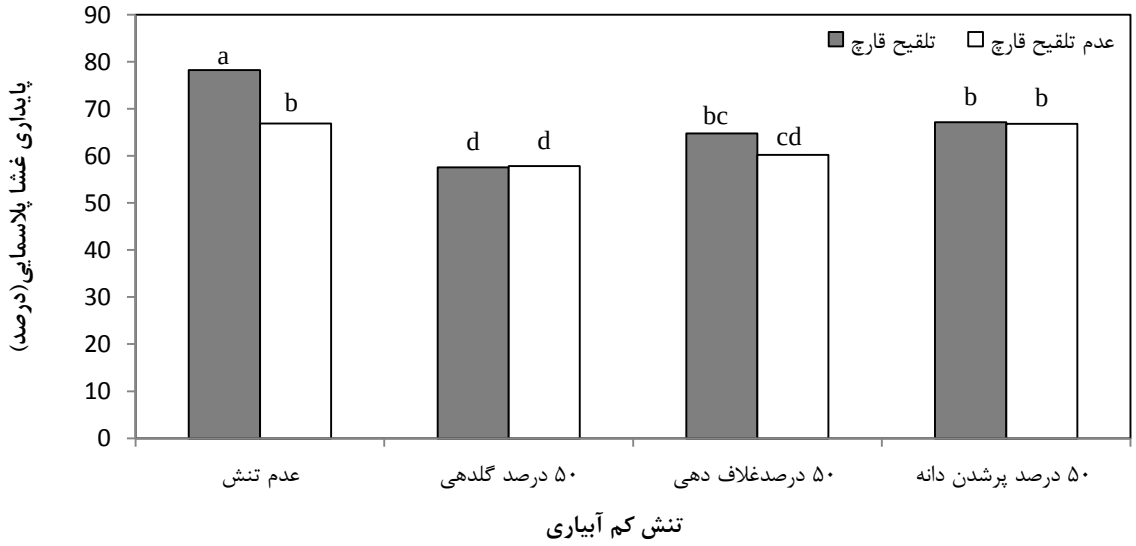
بررسی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تنش کم آبیاری ($P\leq$ ۰/۰۱)، تلقیح قارچ ($P\leq$ ۰/۰۵)، تلقیح باکتری ($P \leq$ ۰/۰۵) و اثر متقابل تنش × قارچ ($P \leq$ ۰/۰۵) بر پایداری غشای پلاسمایی معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۳).

تنش کم آبیاری در مراحل مختلف رشد سبب کاهش پایداری غشای پلاسمایی گردید. در این میان تنش در مرحله ۵۰ درصد پرشدن دانه بیشترین تأثیر را پذیرفت و کاهش ۱۲/۵۸ درصدی نسبت به شاهد (عدم تنش) نشان داد و کمترین میزان پایداری (۶۷/۰ درصد) را در بر داشت. بیشترین میزان پایداری غشا (۷۲/۵۸ درصد) مربوط به نمونه شاهد بود (جدول پیوست ۱۴).

در نتایج حاصل از این تحقیق تأثیر مثبت تلقیح جداگانه قارچ و باکتری به ترتیب با افزایش ۴/۰ و ۳/۶ درصدی پایداری غشا نمایان شد (جدول پیوست ۱۴).

مقایسه ترکیب تیماری تنش × قارچ نشان داد بیشترین میزان پایداری غشا (۷۸/۲۶) مربوط به عدم تنش و با تلقیح قارچ بود که ۱۱/۳۵ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ) افزایش داشت. کمترین میزان پایداری (۵۷/۵۶) در ترکیب تیماری تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و با تلقیح قارچ مشاهده شد که کاهش ۹/۳۵ درصدی را در برداشت (شکل ۴-۲۹).

مطالعات نشان می‌دهد که تنش کم آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه سبب کاهش پایداری غشای پلاسمایی می‌شود. در شرایط تنش خشکی تجمع برخی از گونه‌های آزاد اکسیژن سبب آسیب به بسیاری از ترکیبات سلولی نظیر پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، اسیدهای نوکلوئیک و چربی‌ها می‌گردد که در اثر پراکسیداسیون چربی‌ها غشای سلولی آسیب می‌بیند (یانگ و هانگ، ۲۰۰۱).



شکل۴-۲۹- مقایسه میانگین پایداری غشا پلاسمایی تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش کم آبیاری و تلقیح قارچ ۹۱ روز پس از کاشت

۴-۲۰- شاخص سطح برگ

از میان منابع تغییر اثر اصلی تنش (P≤ ۰/۰۱)، قارچ و باکتری (P≤ ۰/۰۵) و اثرات متقابل تنش × قارچ (P≤ ۰/۰۱)، تنش × باکتری (P≤ ۰/۰۵) و قارچ × باکتری (P≤ ۰/۰۱) بر شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی معنی‌دار بود. ادامه بررسی‌ها حاکی از تأثیر معنی‌دار اثرات سه‌جانبه (P≤ ۰/۰۱) می‌باشد (جدول پیوست ۱۵).

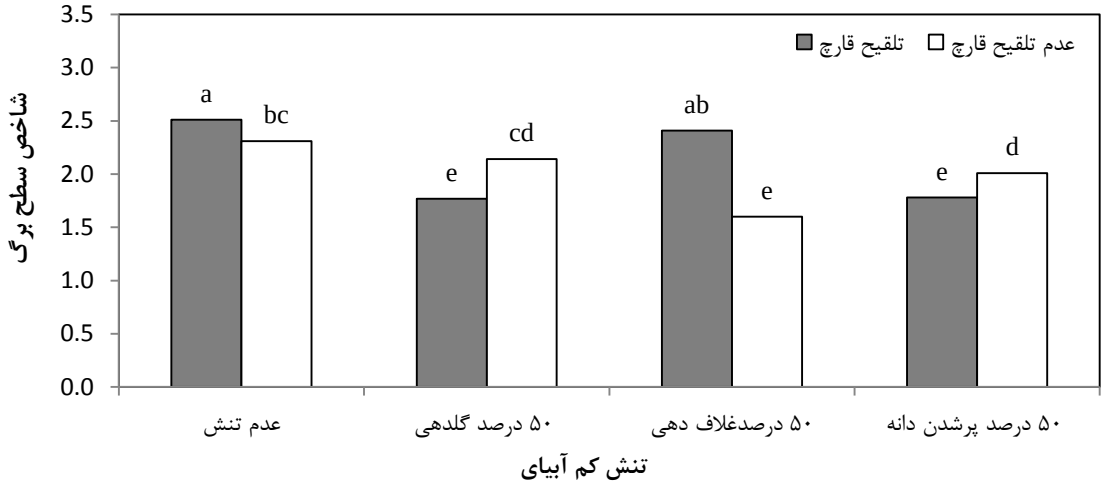
در مورد اثر تنش بر این صفت، بیشترین سطح برگ (۲/۴۱) در شاهد (عدم تنش) مشاهده شد که از نظر آماری در گروه برتر قرار گرفت. بین سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول پیوست ۱۶)

با توجه به شکل ۴-۳۰ مشاهده می‌شود که تلقیح قارچ میکوریزا تأثیر بسزایی بر شاخص سطح برگ دارد به‌طوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ (۲/۵۱) در شرایط عدم تنش و با تلقیح قارچ بود که ۸/۶۵ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح قارچ) افزایش داشت. درحالی‌که کمترین شاخص سطح برگ (۱/۶۰) مربوط به ترکیب تیماری تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و عدم تلقیح قارچ بود.

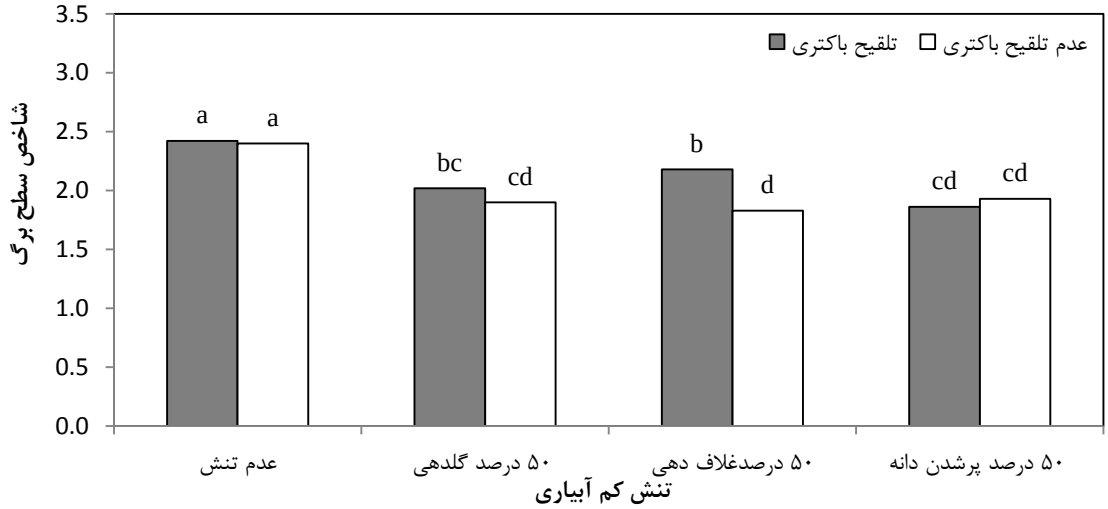
بررسی ترکیب تیماری تنش × باکتری در شکل ۴-۳۱ نشان می‌دهد که بیشترین شاخص سطح برگ (۲/۴۲) در شرایط عدم تنش و با تلقیح باکتری حاصل شد که البته اختلاف معنی‌داری با شاهد (عدم تنش و عدم تلقیح باکتری) نداشت و ترکیب تیماری تنش در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی و عدم تلقیح باکتری کمترین شاخص سطح برگ (۱/۸۳) را نشان داد.

در ادامه با بررسی تلقیح همزمان قارچ و باکتری بر شاخص سطح برگ بیشترین شاخص (۲/۳۰) از ترکیب تیماری تلقیح همزمان تیمارها و کمترین (۱/۹۳) از تلقیح قارچ و عدم تلقیح باکتری حاصل شد (شکل ۴-۳۲).

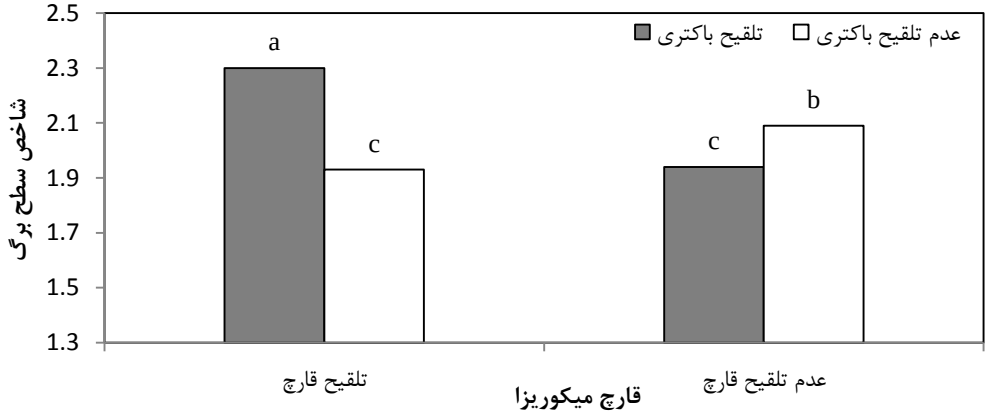
طی مطالعات انجام شده مشاهده شد با کاهش رشد اندام‌های هوایی، گیاه به دلیل قرار گرفتن در معرض تنش خشکی و کوچک شدن اندازه برگ‌ها و ریزش زود هنگام برگ‌های پایینی سطح برگ خود را با سرعت بیشتری از دست می‌دهد و نهایتا شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد. کاهش سطح برگ و در نهایت کاهش رشد گیاه به دلیل اعمال تنش خشکی در اکثر حبوبات گرمسیری از جمله لوبیا (مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۷ ؛ لوباتو و همکاران، ۲۰۰۸) لوبیا چشم بلبلی (سینگ و همکاران، ۲۰۱۰) و ذرت (غلامحسینی و همکاران، ۲۰۱۳) گزارش شده است.



شکل۴-۳۰- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش و تلقیح قارچ ۹۱ روز پس از کاشت



شکل۴-۳۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیب تیماری تنش و تلقیح باکتری ۹۱ روز پس از کاشت



شکل۴-۳۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیب تیماری تلقیح قارچ و باکتری۹۱ روز پس از کاشت

۴-۲۱- فسفر خاک

از بین منابع تغییر فسفر خاک به طور معنی‌داری از کاربرد قارچ میکوریزا ($P\leq$ ۰/۰۱) تاثیر پذیرفت. سایر تیمارهای آزمایشی و اثرات متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول پیوست ۱۵).

میزان فسفر خاک در شرایط تلقیح قارچ میکوریزا ۱۴/۸۸پی‌پی‌ام بود که کاهش ۱۰/۵۷ درصدی را نسبت به شاهد (عدم تلقیح قارچ) دربرداشت (جدول پیوست ۱۶).

مطالعات نشان داده است که قارچ میکوریزا در نظام‌های زراعی سبب افزایش مقاومت به تنش خشکی و شوری و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی به ویژه فسفر برای گیاهان می‌شود (واتسون و همکاران ۲۰۰۳). تلقیح دوگانه ریزوبیوم و میکوریزا با افزایش اثرات مفید به عنوان کودهای بیولوژیک برای محصولات سبب بهبود تغذیه گیاهی، افزایش بهره‌وری و حفظ ساختار جامعه می‌گردند. در نهایت تلقیح دوگانه در بسیاری از آزمایشات منجر به تولید زیست توده بالاتر، جذب بهتر نیتروژن و فسفر می‌گردد (ارمان و همکاران، ۲۰۱۱).

۴-۲۱- نتیجه‌گیری

- ✓ تنش کم آبیاری سبب کاهش وزن خشک برگ، ساقه، غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه گردید و در نهایت کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را در برداشت.
- ✓ تلقیح همزمان قارچ و باکتری سبب افزایش وزن خشک برگ، غلاف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و میزان کلونیزاسیون ریشه گردید.
- ✓ تلقیح گیاه با باکتری ریزوبیوم سبب افزایش رشد، ارتفاع گیاه، عملکرد و تعداد گره در ریشه نسبت به گیاهان بدون تلقیح در شرایط مزرعه‌ای شد.
- ✓ بیشترین عملکرد دانه با تلقیح همزمان قارچ و باکتری مشاهده شد. نتایج حاکی از آن است که گیاهان تلقیح شده با میکوریز ماده خشک بیشتر و عملکرد بالاتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده نشان دادند. سیستم‌های میکوریزی با تکیه بر توانایی خود در جذب مواد معدنی و آلی موجود در خاک، گیاهان را برای مقابله با تنش‌های زنده و غیر زنده آماده می سازند و با بهبود جذب مواد مغذی سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند.

۴-۲۲- پیشنهادات

- ✓ تکرار آزمایش در شرایط آب و هوایی مختلف کشور
- ✓ انجام آزمایشات مجدد به منظور بررسی تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد در سایر گیاهان
- ✓ استفاده از سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد و گونه‌های مختلف قارچ بر لوبیا چشم بلبلی به منظور انتخاب مفیدترین ترکیبات برای یک منطقه (به طور مثال بسطام)
- ✓ تحقیق بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی باکتری‌های مورد آزمایش و تعیین ارتباط آن‌ها با ویژگی‌های رشدی گیاه میزبان
- ✓ بررسی اثرات متقابل باکتری‌های مختلف و ریزموجودات جهت شناسایی بهترین ترکیب
- ✓ بررسی تاثیر سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد و گونه‌های مختلف قارچ در مهار سایر تنش‌های زیستی و غیر زیستی

پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد انشعابات جانبی تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری در ۱۰۶ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد انشعاب جانبی
تکرار	۲	۲۷۸/۷۴	۱/۷۳	./۰۰۸
تنش (S)	۳	۱۰۸۵/۶۰*	۲/۹۳*	۲/۴۱
خطا	۶	۲۲۵/۸۴	۰/۵۳	۱/۱۶
قارچ میکوریزا (M)	۱	۱/۳۱۰	۲/۰۳**	۸/۶۴**
باکتری مزوریزوبیوم (B)	۳	۸۳/۴۰	۲/۹۰**	۰/۹۷
S × M	۱	۶۱/۰۶	۰/۵۳	۰/۰۹
S × B	۳	۳۰۶/۰۹	۰/۰۲	۰/۱۰
M × B	۱	۲۱/۰۸۱	۴/۵۵**	۳/۰۸**
S × M × B	۳	۷۲۴/۷۳*	۰/۳۷	۰/۳۶
خطا	۲۴	۲۲۸/۶۶	۰/۲۰	۰/۱۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶/۰۹	۶/۳۱	۶/۱۰

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

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد انشعاب جانبی تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری در ۱۰۶ روز پس از کاشت

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	تعداد انشعاب جانبی
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۱۰۷/۶ a	۷/۹۶ a	۷/۰۴
۵۰ درصد گلدهی	۹۳/۱۲b	۷/۰۲ b	۶/۴۳
۵۰ درصد غلاف‌دهی	۸۸/۵۱ b	۷/۰۰ b	۵/۹۶
۵۰ درصد پرشدن دانه	۸۶/۵۹ b	۶/۹۲ b	۶/۳۴
LSD 5%	۱۲/۷۴	۰/۳۸۴	۰/۳۱
قارچ میکوریزا			
تلقیح	۹۴/۱۳	۷/۴۳ a	۶/۸۶
عدم تلقیح	۹۳/۸۰	۷/۰۲ b	۶/۰۲
LSD 5%	۹/۰۰	۰/۲۷۱	۰/۰۸
باکتری مزوریزوبیوم			
تلقیح	۹۵/۲۸	۷/۴۷ a	۶/۵۸ a
عدم تلقیح	۹۲/۶۴	۶/۹۸ b	۶/۳۰ b
LSD 5%	۹/۰۰	۰/۲۷۱	۰/۲۳۴

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات فاصله اولین غلاف از سطح زمین و طول غلاف تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری در ۱۰۶ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	فاصله اولین غلاف از سطح زمین	طول غلاف
تکرار	۲	۳۰/۰۶	۱/۵۳
تنش (S)	۳	۵۵/۳۱**	۲۶/۹۲**
خطا	۶	۲/۹۱	۰/۳۱۲
قارچ میکوریزا (M)	۱	۳۸/۲۷**	۱۰/۸۱**
باکتری مزوریزوبیوم (B)	۳	۶۰/۵۷**	۲/۸۸*
S × M	۱	۴/۶۴*	۰/۴۳۳
S × B	۳	۱۶/۷۶**	۰/۳۱۲
M × B	۱	۶۴/۷۲**	۴/۴۷**
S × M × B	۳	۰/۷۴	۰/۲۶۲
خطا	۲۴	۱/۳۹	۰/۳۸۰
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۶۰	۳/۸۴

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

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین فاصله اولین غلاف از سطح زمین و طول غلاف تحت تأثیر سطوح مختلف تنش ، تلقیح قارچ و باکتری در ۱۰۶ روز پس از کاشت

تیمار	فاصله اولین غلاف از سطح زمین (سانتی‌متر)	طول غلاف (سانتی‌متر)
تنش کم آبیاری		
عدم تنش	۳۴/۷۶ a	۱۷/۰۷ a
۵۰ درصد گلدهی	۳۴/۳۰ a	۱۵/۹۶ a
۵۰ درصد غلاف‌دهی	۳۱/۹۹ b	۱۵/۶۲ c
۵۰ درصد پرشدن دانه	۳۰/۱۳ c	۱۵/۵۰ d
LSD 5%	۰/۹۴۴	۰/۹۴۴
قارچ میکوریزا		
تلقیح	۳۳/۶۹ a	۱۶/۵۱ a
عدم تلقیح	۳۱/۹۰ b	۱۵/۵۷ b
LSD 5%	۰/۷۰۳	۰/۳۶۷
باکتری مزوریزوبیوم		
تلقیح	۳۳/۹۲ a	۱۶/۲۸ a
عدم تلقیح	۳۱/۶۷ b	۱۵/۸۰ b
تنش کم آبیاری	۰/۷۰۳	۰/۳۶۷

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات وزن خشک برگ و ساقه (گرم در متر مربع) و تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری در ۱۰۶ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	تعداد غلاف در بوته
تکرار	۲	۵۷۱/۹۸۰	۱۶۹/۰۷۹	۰/۰۲۸
تنش (S)	۳	۲۵۹۶/۵۳ *	۷۱۷۵/ ۲۸**	۱۵/۲۰۳ **
خطا	۶	۳۶۹/۳۹	۵۵۶/۰۳	۰/۲۹۰
قارچ میکوریزا (M)	۱	۶۹۹۵/۵۳ **	۷۰۳۴/۴۵**	۳۵/۰۴۲**
باکتری مزوریزوبیوم (B)	۳	۲۰۹۴/۷۰**	۱۹۴۳/۱۰**	۳۵/۱۷۸**
S × M	۱	۱۲۳۴/۷۱**	۴۲۸/۳۵	۲۱/۹۸۹**
S × B	۳	۱۸۰ /۶۹	۲۴/۹۲	۷/۶۰۳**
M × B	۱	۹۳۶/۴۲ **	۴۲۳/۱۶	۵۰/۳۸۷**
S × M × B	۳	۱۱۳۲/۴۱**	۴۲۸/۱۷	۱۳/۳۷۵**
خطا	۲۴	۷۳/۹۴	۲۸۵/۸۰	۰/۲۵۴
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۰۵	۷/۵۳	۶/۵۶

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

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین وزن خشک برگ و ساقه (گرم در متر مربع) و تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری در ۱۰۶ روز پس از کاشت

تیمار	وزن خشک برگ (گرم در متر مربع)	وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع)	تعداد غلاف در بوته
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۱۸۹/۹ a	۲۵۳/۵ a	۹/۳۵۲ a
۵۰ درصد گلدهی	۱۷۰/۷ b	۲۳۶/۱ b	۷/۴۵۱ b
۵۰ درصد غلاف‌دهی	۱۶۶/۳ b	۲۰۷/۲ c	۷/۰۱۳ c
۵۰ درصد پرشدن‌دانه	۱۵۴/۵ c	۲۰۱/۰۸ c	۶/۹۶۸ c
LSD 5%	۵/۹۹۱	۹/۸۷۹	۰/۴۲۴
قارچ میکوریزا			
تلقیح	۱۷۶/۹ a	۲۳۶/۷۵ a	۸/۱۲۷ a
عدم تلقیح	۱۶۳/۷ b	۲۱۲/۵۴ b	۷/۲۶۵ b
LSD 5%	۱۱/۶۵	۱۳/۵۵	۰/۳۰۰
باکتری مزوریزوبیوم			
تلقیح	۱۷۳/۹۷ a	۲۳۶/۰۰	۸/۱۲۸ a
عدم تلقیح	۱۶۲/۶۳ b	۲۱۸/۲۸	۷/۲۶۴ b
LSD 5%	۹/۵۱	۱۱/۰۶	۰/۳۰۰

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات وزن خشک غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری در ۱۰۶ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک غلاف	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه
تکرار	۲	۶۳/۷۸	۰/۸۳۷	۰/۴۰۷
تنش (S)	۳	۴۶۸۶/ ۴۷**	۴/۶۶۷**	۳۸/۰۱۶**
خطا	۶	۵۷/۳۱	۰/۴۰۲	۱/۷۲۴
قارچ میکوریزا (M)	۱	۳۸۰۷/۴۲**	۱۰/۷۵۴**	۲۳۰/۲۱۳**
باکتری مزوریزوبیوم (B)	۳	۳۷۸۷/۱۴ **	۲/۶۳۲**	۴۲/۸۶۵ **
S × M	۱	۶۳۵/۱۶**	۰/۵۵۳ns	۱۶/۲۲۱**
S × B	۳	۱۸۷/۸۲*	۰/۱۰۳ ns	۱/۸۹۲ns
M × B	۱	۱۷۷۲/۴۴**	۱/۳۷۴*	۹/۸۱۰**
S × M × B	۳	۲۷۸/۹۹**	۰/۸۲۶*	۴/۹۰۰**
خطا	۲۴	۵۹/۴۷	۰/۲۵۹	۰/۸۹۱
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۵۳	۶/۴۳	۴/۵۳

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

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری در ۱۰۶ روز پس از کاشت

تیمار	وزن خشک غلاف (گرم در متر مربع)	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۱۹۸/۰ a	۸/۲۹۴ a	۲۲/۸۲ a
۵۰ درصد گلدهی	۱۵۷/۴ b	۸/۴۶۷ a	۲۱/ ۳۵ b
۵۰ درصد غلاف‌دهی	۱۵۵/۰ c	۷/۸۴۹ b	۱۸/۵۶ d
۵۰ درصد پرشدن دانه	۱۵۶/۱ c	۷/۰۵۶ c	۲۰/۵۵ c
LSD 5%	۷/۳۷	۰/۴۲۸	۰/۷۹۵
قارچ میکوریزا			
تلقیح	۱۷۹/۲۸ a	۸/ ۳۹۰ a	۲۳/۰۱ a
عدم تلقیح	۱۶۱/۴۷ b	۷/۴۴ b	۱۸/۶۳ b
LSD 5%	۲/۵۵	۰/۳۰۰	۰/۵۶۲
باکتری مزوریزوبیوم			
تلقیح	۱۷۹/۲۵ a	۸/۳۹۰ a	۲۱/۷۷ a
عدم تلقیح	۱۶۱/۵۹ b	۷/۴۴۳ b	۱۹/۸۸ b
LSD 5%	۲/۰۸	۰/۳۰۳	۰/۵۶۲

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری در ۱۰۶ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۵۰۹۹۹/۱	۳۷۱/۶۷۷	۲۱/۷۲
تنش (S)	۳	۲۳۸۶۵۶۰/۵**	۳۴۳۷۰/۵۶**	۲۹۸/۱۱**
خطا	۶	۵۱۳۱۸/۱	۹۰۷/۶۸	۸/۴۶
قارچ میکوریزا (M)	۱	۵۳۳۱۲۸۰/۷**	۵۲۵۳۹/۶۴**	۸۲۷/۳۴**
باکتری مزوریزوبیوم (B)	۳	۲۲۰۲۳۳۵ /۹*	۲۲۹۱۸/۴۶**	۲۸۰/۴۵**
S × M	۱	۷۵۳۲۶ /۸**	۳۰۶۳/۴۵**	۱۸/۲۱*
S × B	۳	۱۹۳۴۰۲ /۷**	۴۵۱/۲۴	۳۶/۲۱۵**
M × B	۱	۲۱۸۶۷۵۲ /۶**	۸۶۹۹/۷۳**	۳۴۴/۵۷**
S × M × B	۳	۲۰۴۷۰۸/۶**	۹۶۰/۹۶*	۲۲/۹۹*
خطا	۲۴	۱۹۰۴۶.۷۲۹	۲۵۲/۱۳	۵/۹۱
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۷۱	۲/۸۱	۸/۹۲

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

جدول پیوست ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت تأثیر سطوح مختلف تنش، تلقیح قارچ و باکتری در ۱۰۶ روز پس از کاشت

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)	شاخص برداشت (درصد)
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۲۱۹۹ a	۶۴۱/۴ a	۳۳/۷۲ a
۵۰ درصد گلدهی	۱۶۲۷ b	۵۶۴/۱ b	۲۸/۶۸ b
۵۰ درصد غلاف‌دهی	۱۲۷۲ c	۵۲۸/۵ c	۲۳/۵۱ c
۵۰ درصد پرشدن دانه	۱۲۳۹ c	۵۲۷/۴ c	۲۳/۱۷ c
LSD 5%	۱۱۶/۳	۱۳/۳۸	۲/۰۴
قارچ میکوریزا			
تلقیح	۱۹۱۷ a	۵۹۸/۴ a	۳۱/۴۲ a
عدم تلقیح	۱۲۵۱b	۵۳۲/۳ b	۲۳/۱۲ b
LSD 5%	۸۲/۲۳	۹/۴۶	۵/۰۱
باکتری مزوریزوبیوم			
تلقیح	۱۷۹۸ a	۵۸۷/۲ a	۲۹/ ۶۹ a
عدم تلقیح	۱۳۷۰ b	۵۴۳/۵ b	۲۴/۸۵ b
LSD 5%	۸۲/۲۳	۹/۴۶	۱/۴۴

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول پیوست ۱۱- میانگین مربعات تعداد گره ، وزن تر گره و وزن خشک گره تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری در ۶۱ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد گره	وزن تر گره	وزن خشک گره
تکرار	۲	۰/۴۴	۱/۰۲	۰/۰۶
تنش (S)	۳	۱۶/۵۰	۰/۳۳	۰/۰۰۳
خطا	۶	۱۶/۶۰	۰/۴۹	۰/۰۱۰
قارچ میکوریزا (M)	۱	۷۰/۰۸**	۱/۲۶**	۰/۰۲۹*
باکتری مزوریزوبیوم (B)	۳	۲/۸۰**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۱**
S × M	۱	۴۲۰/۰۸	۳/۸۸	۰/۰۷۴
S × B	۳	۱۹/۹۱**	۰/۳۳*	۰/۰۱۱
M × B	۱	۱/۳۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰
S × M × B	۳	۱/۵۰	۰/۰۱	۰/۰۰۹
خطا	۲۴	۳/۷۰	۰/۰۸	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (درصد)		۲۰/۸۰	۲۴/۸۹	۲۵/۴۰

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

جدول پیوست ۱۲- مقایسه میانگین تعداد گره ، وزن تر گره و وزن خشک گره تحت تأثیر سطوح مختلف تنش، تلقیح قارچ و باکتری در ۶۱ روز پس از کاشت

تیمار	تعداد گره	وزن تر گره	وزن خشک گره
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۸/۷۵	۱/۲۸	۰/۲۷
۵۰ درصد گلدهی	۸/۵۰	۰/۹۵	۰/۲۴
۵۰ درصد غلاف‌دهی	۱۱/۰	۱/۲۷	۰/۲۸
۵۰ درصد پرشدن دانه	۸/۷۵	۱/۰۴	۰/۲۶
LSD 5%	۱/۳	۰/۲۰	۰/۰۳
قارچ میکوریزا			
تلقیح	۱۰/۴۵ a	۱/۳۰ a	۰/۲۹ a
عدم تلقیح	۸/۰۴ b	۰/۹۷ b	۰/۲۴ b
LSD 5%	۰/۴	۰/۰۶	۰/۰۱
باکتری مزوریزوبیوم			
تلقیح	۱۲/۲۰ a	۱/۴ a	۰/۳۰a
عدم تلقیح	۶/۲۹ b	۰/۸۵ b	۰/۲۲ b
LSD 5%	۰/۴	۰/۰۶	۰/۰۱

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول پیوست ۱۳- میانگین مربعات درصد همزیستی میکوریزایی، کلروفیل برگ و میزان پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری در ۹۱ روز پس از کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد همزیستی میکوریزایی	کلروفیل	پایداری غشای پلاسمایی
تکرار	۲	۶۶/۰۶	۴۳/۸۴	۷/۲۷
تنش (S)	۳	۴۳/۰۴	۶۶/۹۳	۴۸۴/۱۰**
خطا	۶	۱۸/۱۰	۳۰/۴۴	۱۱/۶۴
قارچ میکوریزا (M)	۱	۲۴۵۸/۱۷**	۲۸۲/۱۰**	۱۹۱/۹۲**
باکتری مزوریزوبیوم (B)	۳	۷۶۴/۰۰**	۸/۵۴	۱۵۶/۵۳*
S × M	۱	۱۹۷/۵۶	۶۳/۰۶	۸۵/۸۸*
S × B	۳	۱۳۶/۲۵	۱۳/۱۴	۱۶/۲۳
M × B	۱	۱۸۹۳/۷۹**	۳/۶۸	۲/۸۳
S × M × B	۳	۱۶۲/۰۷	۳۲/۳۵	۱/۶۹
خطا	۲۴	۷۶/۶۴	۲۲/۱۲	۲۴/۷۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۸۴	۱۰/۲۳	۷/۶۶

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

جدول پیوست ۱۴- مقایسه میانگین درصد همزیستی میکوریزایی، کلروفیل برگ و میزان پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری در ۹۱ روز پس از کاشت

تیمار	درصد همزیستی میکوریزایی (درصد)	کلروفیل (واحد اسپد)	پایداری غشای پلاسمایی (درصد)
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۵۲/۵۰	۴۷/۶۳	۷۲/۵۸ a
۵۰ درصد گلدهی	۵۶/۰۰	۴۵/۲۳	۵۷/۷۰ d
۵۰ درصد غلاف‌دهی	۵۶/۷۵	۴۲/۹۷	۶۲/۵۱ c
۵۰ درصد پرشدن دانه	۵۵/۸۷	۴۸/۰۷	۶۷/۰۰ b
LSD 5%	۱/۲۳	۱/۵۹	۴/۱۹
قارچ میکوریزا			
تلقیح	۶۲/۴۳ a	۴۸/۹۷ a	۶۶/۹۵ a
عدم تلقیح	۴۸/۱۲ b	۴۳/۶۰ b	۶۲/۹۵ b
LSD 5%	۱/۷۹	۰/۹۶	۲/۹۶
باکتری مزوریزوبیوم			
تلقیح	۵۹/۲۷ a	۴۶/۴۰	۶۶/۷۵ a
عدم تلقیح	۵۱/۲۹ b	۴۵/۵۷	۶۳/۱۴ b
LSD 5%	۱/۷۹	۰/۹۶	۲/۹۶

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول پیوست ۱۵- میانگین مربعات فسفر خاک و شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری

منابع تغییر	درجه آزادی	فسفر خاک	شاخص سطح برگ
تکرار	۲	۱۰/۰۸	۰/۰۴
تنش (S)	۳	۱۵/۸۷	۰/۶۴**
خطا	۶	۵/۶۲	۰/۰۱
قارچ میکوریزا (M)	۱	۳۷/۱۰**	۰/۱۲*
باکتری مزوریزوبیوم (B)	۳	۰/۴۸	۰/۱۳*
S × M	۱	۴/۴۴	۰/۸۳**
S × B	۳	۳/۴۹	۰/۱۰*
M × B	۱	۰/۰۴	۰/۸۳**
S × M × B	۳	۲/۸۷	۰/۲۰**
خطا	۲۴	۲/۵۱	۰/۰۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۰۵	۷/۳۵

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

جدول پیوست ۱۶- مقایسه میانگین فسفر خاک و شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، تلقیح قارچ و باکتری

تیمار	فسفر خاک (پی پی ام)	شاخص سطح برگ
تنش کم آبیاری		
عدم تنش	۱۶/۱۴	۲/۴۱ a
۵۰ درصد گلدهی	۱۵/ ۴۳	۱/۹۶ b
۵۰ درصد غلاف‌دهی	۱۷/۰۹	۲/۰۰ b
۵۰ درصد پرشدن دانه	۱۴/۳۷	۱/۹۰ b
LSD 5%	۰/۶۸	۰/۱۳
قارچ میکوریزا		
تلقیح	۱۶/۶۴ a	۲/۱۲ a
عدم تلقیح	۱۴/۸۸ b	۱/۰۲ b
LSD 5%	۰/۳۲	۰/۱۸
باکتری مزوریزوبیوم		
تلقیح	۱۵/۸۶	۲/۱۲ a
عدم تلقیح	۱۵/ ۶۶	۲/۰۱ b
LSD 5%	۰/۳۲	۰/۰۹

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

منابع

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

جهان م. (۱۳۹۰) **"فن‌آوری میکوریزایی در کشاورزی از ژن تا فراورده‌های زیستی"** چاپ اول، نشر واژگان خرد.۳۳۶ص.

جهان م، کوچکی ع و نصیری محلاتی م،(۱۳۸۶) "رشد، فتوسنتز و عملکرد ذرت در پاسخ به تلقیح با قارچ میکوریزا و باکتری های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن در نظام های زراعی رایج و اکولوژیک" **مجله پژوهش های زراعی ایران"** شماره۱، جلد ۵، ص ۶۷-۵۳.

جهانسوز م، نقوی م و طالعی ع.(۱۳۸۵) "تعیین روابط بین صفات مختلف در ارقام لوبیا چشم بلبلی" **مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی"** ص ۱۴۹-۱۴۳.

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

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

سنجانی س، حسینی س.م.ب، چائی چی م.ر رضوان بیدختی ش. (۱۳۸۸) "ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد در کشت مخلوط افزایشی سورگوم (*Sorghum bicolor L.*) و لوبیا چشم بلبلی(*Vigna unguiculata* L.) در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری**"نشریه بوم شناسی کشاورزی"** جلد ۳، شماره ۱، ص ۲۵ تا ۳۵.

فرنیا ا، نورمحمدی ق، و نادری ا، (۱۳۸۶) "تأثیر تنش خشکی بر گره‌بندی و تثبیت نژادهای مختلف باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم در سویا" **یافته‌های نوین کشاورزی"** سال ۲. شماره ۲. ص ۱۳۵-۱۴۹.

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

کوچکی ع. و بناییان اول م، (۱۳۷۳) **"زراعت در منطق خشک"** انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۶۶ صفحه.

مجنون حسینی ن، (۱۳۸۷) **"زراعت و تولید حبوبات"** انتشارات جهاد دانشگاهی شعبه واحد تهران. چاپ ۴. ۲۸۳ صفحه.

Abbaspour H., Saeidi Sar S., Afshari H. and Abdel-Wahhab M.A. (2012) “Tolerance of Mycorrhiza infected Pistachio (*Pistacia vera* L.) seedling to drought stress under glasshouse conditions” **J. of Plant Physiol**., 169, pp 704–709.

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” **J. Agric**., 6(9), pp 2026-2032.

Asensio D., Rapparini F. and Penuelas J. (2012) “AM fungi root colonization increases the production of essential isoprenoids vs. nonessential isoprenoids especially under drought stress conditions or after jasmonic acid application” **Phytochemistry**., 77, pp 149–161.

Bambara S., and Ndakidemi P.A. (2010) “*Phaseolus vulgaris* response to Rhizobium inoculation,lime and molybdenum in selected low pH soil in Western Cape. J. Agricultural Research” 5, PP 1804-1811.

Barea J.M., Azcon R. and Azcon-Aguilar C. (2002) “Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality” **Antonie van Leeuwenhoek**., 81, pp 343-351.

Barea J.M., Palenzuela J., Cornejo P., Sánchez-Castro I., Navarro-Fernández C., Lopéz-García A., Estrada B., Azcón R., Ferrol N. and Azcón-Aguilar C. (2011) "Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain" **J. of Arid Environ**., 75, pp 1292-1301.

Beck E.H., Fetting S., Knake E.C., Hartig K. and Bhattarai T. (2007) "Specific and unspecific responses of plants to cold and drought stress" **J. BioSci**., 32, pp 501-510.

Benabdellah K., Abbas Y., Abourouh M., Aroca R. and Azcon R. (2011) "Influence of two bacterial isolates from degraded and non-degraded soils and arbuscular mycorrhizae fungi isolated from semi-arid zone on the growth of *Trifolium repens* under drought conditions: Mechanisms related to bacterial effectiveness" **Europ J. of Soil Biolog**., 47, pp 303-309.

Burd G.I., Dixan D.G. and Glick B.R. (1998) "A plant growth promoting bacterium that decreases nickel toxicity in seed lings" **Appl. Environ. Microbiol**., 44, pp 3663-3668.

Borowicz V. A. (2010) "The impact of arbuscular mycorrhizal fungi on strawberry tolerance to root damage and drought stress" **Pedobiologia**., 53, pp 265–270.

Denison R. F. and Kiers E. T. (2011) "Life Histories of Symbiotic Rhizobia and Mycorrhizal Fungi" **Current Biology**., 21, pp 775-785.

Diaz-Lopez L., Gimeno V., Simon I., Matinez V., Rodriguez W.M. and Garcia-Sanchez F. (2012) "Gatropha curcas seedlings show a water conservation strategy under drought conditions based on decreasing leaf growth and stomatal conductance" **Agricultural Water Management**., 105, pp 48– 56.

Dodd J.C. (2000) "The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agro and natural ecosystems" **Outlook in agriculture**., 29, pp 55-62.

Druge U. and Schbonbek F. (1992) "Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection on transpiration, photosynthesis and growth of flax (*Linum usitatissimum* L.) in relation to cytokinin levels" **J. plant physiol**., 141, pp 40-48.

Erman M., Demir S., Ocak E., Tüfenkc S., O˘guz F. and Akköprü A. (2011) "Effects of Rhizobium, arbuscularmycorrhiza and whey applications on someproperties in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions 1-Yield, yield components, nodulation and AMF colonization" **Field Crops Research**., 122, pp 14–24.

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

Gholamhoseini M., Ghalavand A., Dolatabadian A., Jamshidi E., and Khodaei-Joghan A. (2013) "Effects of arbuscularmycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress" **Agricultural Water Management**., 117, pp 106–114.

Goltsev V., Zaharieva I., Chernev P., Kouzmanova M., Kalaji H. M., Yordanov I., Krasteva V., Alexandrov V., Stefanov D. and Allakhverdiev S., Strasser R. J. (2012) "Drought-induced modifications of photosynthetic electron transport in intact leaves: Analysis and use of neural networks as a tool for a rapid non-invasive estimation" **Biochimic et Biophysica Acta**., 1817, pp 1490–1498.

Jaleel C.A., Manivannan P., Wahid A., Farooq M., Al-Juburi H., Somasundaram R. and PanneerselVam R. (2009) "Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition" **Inter. J. of Agricult and Biol**., 11, pp 100-105.

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

Juge C., Prevost D., Betrand A., Bipfubusa M. and Chalifour F.P. (2012) "Growth and biochemical responses of soybean to double and triple microbial associations with Bradyrhizobium, Azospirillum and arbuscular mycorrhizae" **Applied Soil Ecology**., 61, pp 147–157.

Heidari M. Karami V. (2012) “Effects of different mycorrhiza species on grain yield, nutrient uptake and oil content of sunflower under water stress” **J. of Saudi Soci. of Agricult. Sciences**.

Huseynova I.M. (2012) “Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of leaves from wheat cultivars exposed to drought” **J. Biochimic et Biophysica Acta.**1817, pp 1516-1523.

Kabas O., Yilmaz E., Ozmerzi A. and Akinci l. (2007) “Some physical and nutritional properties of cowpea seed (*Vigna sinensis* L.) ” **Food Engineering**., 79, pp 1405–1409.

Lawal Sokoto A. and Singh A. (2008) “Yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as influenced by Sokoto phosphate rock and placement methods in the semi-arid zone of Nigeria” **Nutr Cycl Agroecosyst**., 81, pp 255–265.

Karas, B., Murray, J., Gorzelak, Monika., Smith, A., Sato, SH., Tabata, S., and Szczyglowski, K. (2005) “Invasion of Lotusjaponicus root hairless 1 by Mesorhizobium loti Involves the Nodulation Factor-Dependent Induction of Root Hairs” *Plant Physiology*137 : 4 1331-1344.

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

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, pp 141-149.

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

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

Mardukhi B., Rejali F., Daei G., Ardakani M.R., Malakouti M.J. and Miransari M. (2011) “Arbuscular mycorrhizas enhance nutrient uptake in different wheat genotypes at high salinity levels under field and greenhouse conditions” **C. R. Biologies**., 334, pp 564–571.

Mishra A.K. and Singh V.P. (2012) “A review of drought concepts” **J. of Hydrology**., 391, pp 202–216.

Mupangwa W., Twomlow S. and Walker S. (2012) “Reduced tillage, mulching and rotational effects on maize (*Zea mays* L.), cowpea (*Vigna unguiculata* (Walp) L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yields under semi-arid conditions” **Field Crops Research**., 132, pp 139-148.

Olsen, S.R., Colc, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. (1954) “Estimation of available phosphorous in soils by extraction with bicarbonate” U.S depart of agric., **Wash, D.C, USDA Cric**. PP 939.

Pelaez C., Olivares E., Cuenca G. and Izaguirre-Mayoral M. L. (2010) “Manganese modulates the responses of nitrogen-supplied and Rhizobium-nodulated *Phaseolus vulgaris* L. to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi” **Soil Biology & Biochemistry**., 42, pp 1924-1933.

Ramachandra Reddy, A., Viswantha, C. and Vivekanandan, M. (2004) “Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants” **J. of Plant Physiology**., 161:1189–1202.

Raveendar S., Premkumar A., Sasikumar S., Ignacimuthu S. and Agastian P. (2009) “Development of a rapid, highly efficient system of organogenesis in cowpea *Vigna unguiculata* L. Walp. South African” **J. of Botany** 75, pp 17–21.

Saharan, B.S., and Nehra, V. (2011) “Plant growth Promoting rhizobacteria: A Critical Review” **J. Life Sciences and Medicine Research**., Vol. 2011: LSMR-21.

Sairam, R.K. and Srivastava, G.C. (2001) “Water stress tolerance of wheat *triticum astivum* L. vaiation in hydrogen peroxide assumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype” **J. Agro. and crop sci**., 186, PP 63-70.

Sayeed Akhtar M., Zaki A. and Siddiqui A. (2008) “Biocontrol of a root-rot disease complex of chickpea by glomus intraradices, Rhizobium sp. And pseudomonas straita” **Crop protect**., 27, pp 410-417.

Seki M., Umezawa T., Urano K. and Shinozaki, K. (2007) “Regulatory metabolic networks in drought stress responses” **j. plant Biology**., 10, pp 296-302.

Selmar D. and Kleinwachter M. (2013) “Influencing the product quality by deliberately applying drought stress during the cultivation of medicinal plants” **Industrial Crops and Products**., 42, pp 558–566.

Singh S.H. (2007) “Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars” **Agron. J**., 99, pp 1219-1225.

Singh SH., Kakani V. G., Surabhi G. K. and Reddy K.R. (2010) “Cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) genotypes response to multiple abiotic stresses” **J. of Photochemist. and Photobiol B: Biology**., 100, pp 135–146.

Singh S.K. and Reddy K.R. (2011) “Regulation of photosynthesis, fluorescence, stomatal conductance and water-use efficiency of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) under drought” **J.of Photochemist. and Photobiol B: Biology**., 105, pp 40–50.

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

Sokoto A. L. and Singh A. (2008) “Yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) as influenced by Sokoto phosphate rock and placement methods in the semi-arid zone of Nigeria” **Nutr Cycl Agroecosyst**., 81, pp 255–265.

Souza R.P., Machado E.C., Silva J.A.B. Lagˆoa A.M.M.A. and Silveira J.A.G. (2004) “Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery” **Environ. Exp. Bot**., 51, pp 45–56.

Spieß N., Mouhssin O., Matusikova I., Stierschneider M., Kopecky D., Homolka A., Burg, K., Fluch S., Hausman J.F. and Wilhelm E. (2012) “Ecophysiological and transcriptomic responses of oak (*Quercus robur*) to long-term drought exposure and rewatering” **Environmen. and Experimen Botany**.,77, pp 117–126.

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

Warembourg F.R., Dreessen R.k. Vlassak and Lafont V. (1987) “Peculiar effect of Azospirillum inoculation on growth and nitrogen balance of winter wheat (*Triticum aestivum*)” **Biol. Fertil. Soil**., 4, pp 55-59.

Watson C.A. and Harrier A. (2003) “The role of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable cropping systems” **Advanc. Aagron**., 79, pp 185-225.

Wei, G., J.W. Kolepper, and S.Tuzan. 1996. Induced systemic resistance to cucumber disease and increased plant growth by plant growth promoting rhizobacteria under field condition. **Phytopathol**., 86:221-224.

Wu, Q. SH., Xia, R. X. and Zou, Y. N. 2008. Improved soil structure and citrus growth after inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi under drought stress. **European journal of soil biology**., 44:122-128.

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

Yu L., Yan, G., Guo SH. and Zhu, W. (2012) Aluminum-induced secretion of organic acid by cowpea (*Vigna unguiculata* L.) roots. **Scientia Horticulturae**., 135:52–58.

Abstract
Inoculum of materials based on the use of micro-organisms stimulating plant growth will be keys to the future of sustainable agriculture. Use of high levels of chemical fertilizers resulted severe environmental contamination, such as soil and water pollution. Organic fertilizers are used to decrease the pollution. In order to study the effect of mesorhizobium bacteria and mycorrhizal fungi on the yield and yield components of cowpea under water deficit condition, an experiment was carried out during 2012 in field conditions as a spilit plot factorial on the basis of completely randomized block design with 16 treatments and 3 replications at Agriculture Research farm of Shahrood University. The main plot was water deficit condition (D) at four levels: d_1 (no-irrigation), d_2 (no-irrigation at 50 percent of flowering stage), d_3 (no-irrigation at 50 percent of pod formation) and d_4 (no-irrigatio at 50 percent of filling grains period) respectively. Mycorrhizal fungi(*Glomus intraradices*) at two levels (inoculated and non-inoculated) and two levels of rhizobium bacteria *(Mesorhizobium*) inoculated and non-inoculated) were considered as subplots factors. The results showed that water deficit stress reduced plant height, stem diameter, number of lateral branches, ground first pod distance, pod length, leaf dry weight, shoot dry weight, dry weight of pods, Number of pods per plant, seeds per pod, seed weight, leaf area index, plasma membrane stability, yield and harvest index However were no significant effect on the other characteristics such as (number of nodule, nodule weight, nodule dry weight, percent of root colonization, chlorophyll and phosphorus of soil). The combination of stress and fungi were significant on first pod distance, leaf dry weight, shoot dry weight, dry weight per pod, seed weight, seed yield, biological yield, harvest index, and the stability of the plasma membrane but they were no significant on the other characters. Interaction between stress and bacteria had no significant difference on the morphological characteristics such as: the first pod distance, number of pods per plant, pod dry weight, grain yield, and harvest index, number of nodules, nodule fresh weight and leaf area index than the control sample. Application of mycorrhizal fungi also significantly increased the percentage of root colonization in cowpea. In this study co-incolution of fungi and bacteria reduced damage caused by deficit irrigation and they could increas yield.

Keywords: Yield, percent root colonization, phosphorus, plasma membrane stabilsity, chlorophyll

Shahrood University of Technology
Faculty of Agriculture
Department of Agronomy

M.Sc. Thesis

The evaluation of mycorrhizal symbiosis and Mesorhizobium bacteria on growth characteristics and yield of Cowpea at water deficit condition

Mahsa Mehrpooya

Supervisors:

Dr. A. Gholami

Advisors:
Dr. M. Baradaran Firoozabadi
Dr. M. Gholipoor

2013