

تأثیر باکتری های ریزوبیوم، سودوموناس و قارچ میکوریز بر برخی صفات لوبیای قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تنش خشکی

ابراهیم عباسی سیه جانی^۱، مهرداد یارنیا^{۲*}، فرهاد فرح وش^۳، محمدباقر خورشیدی بنام^۴، هادی اسدی رحمانی^۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۲۹

۱- دانشجوی دکتری زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

۴- استادیار بخش تحقیقات زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

۵- دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران

*مسئول مکاتبه: E-mail: m.yarnia@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی اثر سه نوع کود زیستی بر برخی از صفات لوبیا قرمز رقم گلی تحت شرایط تنش خشکی آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) در سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز اجرا شد. سطوح آبیاری شامل آبیاری بعد از ۷۰، ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به عنوان فاکتور اصلی و تیمارهای کود زیستی در هفت سطح شامل ریزوبیوم گونه‌ی *لگومینوزارروم بیوار فازئولی*، میکوریز گونه‌ی *گلموس موسه*، *سودوموناس* گونه‌ی *فلورسنس*، ریزوبیوم+ میکوریز، ریزوبیوم+ *سودوموناس*، ریزوبیوم+ میکوریز+ *سودوموناس* و عدم مصرف (شاهد) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج آزمایش نشان داد تمامی صفات به جز تعداد روزنه در سطح زیرین و روین برگ و پایداری غشا سیتوپلاسمی در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر، بالاتر از سایر تیمارهای آبیاری بودند. عملکرد دانه در تیمار ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر نسبت به آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر به ترتیب ۳۸/۰۸ و ۷۳/۳۷ درصد کاهش یافت. تیمار ریزوبیوم+ میکوریز+ *سودوموناس فلورسنس* از میزان عملکرد بیشتری (۱/۲۴۰۱ کیلوگرم در هکتار) نسبت به بقیه تیمارها به جز تیمار ریزوبیوم و میکوریز برخوردار بود. اثر متقابل تنش کمبود آب با کودهای زیستی نیز در صفات شاخص محتوای کلروفیل، تعداد روزنه در سطح زیرین و روین برگ، هدایت روزنه‌ای، پایداری غشا سیتوپلاسمی، شاخص سطح برگ، شاخص برداشت و میانگین تعداد دانه در بوته معنی‌دار گردید. بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، مصرف کودهای زیستی سبب افزایش تمامی صفات نسبت به شاهد شد، و کاربرد ترکیبی کودهای زیستی تأثیر بیشتری نسبت به کاربرد منفرد آن‌ها داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش کمبود آب، ریزوبیوم، سودوموناس، عملکرد، لوبیا، میکوریز

Influence of *Rhizobium*, *Pseudomonas* and Fungi *Mycorrhiza* on Some Traits of Red Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under Drought Stress

Ebrahim Abbasi Seyahjani^{1*}, Mehrdad Yarnia², Farhad Farhvash³, Mohamad Baghr Khorshidi Benam⁴, Hadi Asadi Rahmani⁸

Received: December 29, 2015 Accepted: November 19, 2016

1- PhD. Student of Agronomy, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

2- Prof., Dept., of Agronomy and Plant Breeding., Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

3- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding., Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

4- Assist. Prof., Seed and plant improvement dep. East Azerbaijan agricultural and natural resources research and education centre, AREEO, Tabriz, Iran.

5- Assoc. Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center, Karaj, Iran.

*Corresponding Author: E-mail: m.yarnia@yahoo.com

Abstract

To investigate the effect of three types of organic fertilizers on some characteristics of bean (Goli cv.) under water deficit stress an experiment was conducted as split plot as randomized complete block design (RCBD) with three replications in Tabriz during 2014 in Research Farm of Islamic Azad University of Tabriz. Irrigation levels were: irrigation after 70, 110 and 150 mm evaporation from class A pan and bio-manure in seven levels: *Rhizobium* (*Leguminosarum biovar phaseoli*), *mycorrhiza* (*Glomus mosseae*), *Pseudomonas* (*fluorescens*), *Rhizobium+mycorrhiza*, *Rhizobium+Pseudomonas*, *Rhizobium+Pseudomonas+mycorrhiza* and control were assigned to main plots and sub plots, respectively. The results showed that all traits except the number of stomata on addaxial, abaxial, cell membrane stability was higher in irrigation after 70 mm evaporation than other irrigation levels. Irrigation after 110 and 150 mm evaporation from pan reduced grain yield as 38.08% and 73.37%, respectively compared to the control. Treatment of *Pseudomonas+ Rhizobium + mycorrhizae* had higher yield (2401.1 kg.ha⁻¹) compared other treatments except *Rhizobium* and *mycorrhizae*. Interaction of water stress and bio-manure was significant for chlorophyll content index, number of stomata on abaxial and addaxial levels of leaves, cell membrane stability, leaf area index, harvest index, and the average number of seed per plant. Based on this research, bio fertilizer consumption increased all attributes compared to control, and combined use of bio-fertilizers also showed a higher impact than single use of them

Keywords: Bean, *Mycorrhizae*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, Water Stress, Yield

مقدمه

لوبیا یکی از مهمترین لگوم‌های خوراکی است و حدود ۶۰ درصد تولید لوبیا در کشورهای در حال توسعه تحت شرایط تنش خشکی انجام می‌گیرد (صفا پور و همکاران ۲۰۱۰). این گیاه بعد از نخود و عدس بیشترین سطح زیر کشت کشور را به خود اختصاص داده است (صفا پور و همکاران ۲۰۱۰). دستیابی به راهبردهایی برای کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و آغشته نمودن بذور گیاهان با میکروارگانسیم‌های همزیست همچون قارچ میکوریز و باکتری‌های PGPR می‌تواند سودمند باشد (خان ۲۰۰۹). گیاهانی که دارای همزیستی میکوریزی هستند به دلیل اینکه عناصر غذایی و آب بیشتری از خاک جذب می‌کنند دارای رشد بهتر و عملکرد بیشتری بوده و مقاومت بیشتری در برابر تنش‌های محیطی از خود نشان می‌دهند (حقیقت نیا و همکاران ۲۰۱۳). باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه، از جمله منابع زیستی هستند که به صورت مستقیم و غیر مستقیم باعث بهبود رشد گیاه می‌شوند (خالید و همکاران ۲۰۰۶). اصطلاح PGPR برای باکتری‌های فعال ریزوسفری که تاثیر مشخصی در افزایش رشد گیاه دارند، مانند ریزوبیوم، آزوسپریلوم، ازتوباکترها، باکتری‌های پتاسیمی، فسفوباکتری‌ها، کلیسیلا، باسیلوس، سودوموناس، آگروباکتریوم و سراتیا به کار می‌رود (بهبود و همکاران ۲۰۱۲). قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاه، مثل باکتری‌های جنس ازتوباکتر و سودوموناس به خصوص در استفاده توام، پتانسیل افزایش جذب عناصر غذایی را داشته و کارایی آن‌ها در خاک‌های فقیر بیش‌تر است (محمدی و همکاران ۲۰۱۵). منافی و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی، افزایش تحمل به تنش آبی در گوجه فرنگی را در اثر همزیستی با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بررسی و اعلام نمودند. در این بررسی، قارچ‌های میکوریزی محتوای

نسبی آب برگ (RWC)، پتانسیل آب برگ (LWP) و هدایت روزنه‌ای (gs) را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند ولی در شرایط کمبود آب این میزان تاثیرگذاری اندک بود. در بررسی سادات و همکاران (۲۰۱۰) کاربرد توأم قارچ گلوموس اینترارادیس و باکتری سودوموناس فلورسنس، محتوای کلروفیل، شاخص برداشت، وزن سنبله، وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم رقم سیستان را نسبت به تلقیح مجزای آنها افزایش داد. اثرات تشدید کنندگی تلقیح توأم قارچ‌های میکوریز وزیکولار آربوسکولار و ریزوبیوم‌ها برای محصولات مختلف با تاثیر آن‌ها در خاک‌های دارای کمبود نیتروژن و فسفر مشاهده گردید (منافی و همکاران ۲۰۱۰). خرم دل و همکاران (۲۰۱۰) نیز بیان داشتند که آغشته نمودن بذور سیاهدانه با کودهای زیستی (سودوموناس فلور سنت و میکوریز) باعث افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ، تعداد دانه در بوته و عملکرد گیاه در مقایسه با شاهد می‌گردد. صفا پور و همکاران (۲۰۱۰) با آزمایش تاثیر تلقیح دوگانه میکوریز و ریزوبیوم بر عملکرد سه رقم لوبیا قرمز گزارش نمودند، بالاترین تعداد دانه در بوته با میزان ۸۷ عدد از تیمار تلقیح دوگانه میکوریز گونه گلوموس اینترارادیسز و ریزوبیوم سویه Rb ۱۳۳ بر رقم گلی حاصل شد. کمترین تعداد دانه در بوته با میزان ۲۷ عدد از تیمار مصرف میکوریز، عدم مصرف ریزوبیوم در رقم درخشان حاصل گردید. میکوریز با افزایش سطح جذب فسفر و ریزوبیوم با دراختیار گذاشتن نیتروژن، دو عنصر ضروری برای رشد گیاه را تامین می‌نمایند. نیکولاس و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که در گیاهان تلقیح شده با گلوموس موسه میزان پتانسیل آب برگ، رشد شاخ و برگ، غلظت‌های فسفر برگ و مقاومت به خشکی بیشتر از گیاهان غیر میکوریزی بود. سوارز و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم باعث افزایش ۳۰ درصدی عملکرد در شرایط تنش خشکی نسبت به شاهد شده است. جلیلی و

خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. سطوح آبیاری شامل آبیاری بعد از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (I₁)، آبیاری بعد از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (I₂) و آبیاری بعد از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (I₃) به‌عنوان فاکتور اصلی و کودهای زیستی در هفت سطح شامل: ریزوبیوم گونه‌ی لگومینوزاروم بیوار فازئولی (F₁)، میکوریز گونه‌ی گلوموس موسه (F₂)، سودوموناس گونه‌ی فلورسنس (F₃)، ریزوبیوم گونه‌ی لگومینوزاروم بیوار فازئولی + میکوریز گونه‌ی گلوموس موسه (F₄)، ریزوبیوم گونه‌ی لگومینوزاروم بیوار فازئولی + سودوموناس گونه‌ی فلورسنس (F₅)، ریزوبیوم گونه‌ی لگومینوزاروم بیوار فازئولی + سودوموناس گونه‌ی فلورسنس + میکوریز گونه‌ی گلوموس موسه (F₆) و عدم مصرف (F₇) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند.

هر تکرار از هفت واحد آزمایشی (کرت) به ابعاد ۳×۲ متر و هر کرت از چهار ردیف کاشت به صورت جوی و پشته با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر تشکیل شد. فاصله بلوک‌ها از همدیگر دو متر و فاصله بین کرت‌های اصلی دو خط نکاشت بود. عملیات کاشت در نیمه دوم اردیبهشت صورت پذیرفت. در زمان عملیات آماده‌سازی زمین، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم به خاک اضافه گردید، همچنین به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در دو مرحله هنگام کاشت و مرحله آغاز رشد رویشی در واحدهای آزمایشی به‌طور یکنواخت پخش شد. بذور مورد استفاده در این آزمایش از مرکز تحقیقات ملی لوبیا (ایستگاه تحقیقات کشاورزی خمین استان مرکزی) و مایه‌های تلقیح و کودهای زیستی (باکتری‌ها و قارچ) از بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. عمل تلقیح بذور با باکتری به صورت بذرمال هنگام کاشت در ساعات اولیه روز انجام شد و پس از مخلوط کردن بذرها با صمغ

همکاران (۲۰۱۱) با آزمایش تاثیر سودوموناس‌های فلورسنت بر شاخص‌های رشد کلزا اعلام کردند که با افزایش میزان تنش شوری صفات شاخص سطح برگ، مقدار آب نسبی، پتانسیل آب برگ، عملکرد دانه کاهش یافت. بیشترین تعداد دانه در بوته، میزان کلروفیل برگ و عملکرد دانه در ذرت نیز از تیمار کاربرد توام قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری سودوموناس فلورسنس به‌دست آمد، این نتایج حاکی از یک رابطه هم‌افزایی مثبت بین قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات‌های نامحلول است. کاربرد مجزای این دو ریز موجود نشان داد که قارچ میکوریز آربسکولار نسبت به باکتری سودوموناس فلورسنس از توانایی بیشتری در افزایش عملکرد و خصوصیات رشدی برخوردار است (قورچیانی و همکاران ۲۰۱۴). در بررسی بهامین و همکاران (۲۰۱۱) تلقیح بذور خود با ریزوبیوم و سودوموناس فلورسنس منجر به افزایش وزن خشک گیاه و عملکرد نسبت به تیمار شاهد شد.

با توجه به اهمیت بکارگیری روش‌های مناسب برای کاهش اثرات سوء تنش خشکی، هدف از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریز آربسکولار و باکتری‌های محرک رشد ریزوبیوم و سودوموناس بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی بود

مواد و روش

برای تعیین تاثیر انواع کودهای زیستی در شرایط مختلف رطوبتی بر عملکرد و برخی از صفات زراعی و مورفولوژیک لوبیا قرمز رقم گلی، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در اراضی کرکج، در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز اجرا گردید. ارتفاع محل آزمایش ۱۳۶۰ متر از سطح دریای آزاد در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی می‌باشد. آزمایش به‌صورت کرت‌های

دانه محاسبه شد و پس از میانگین گیری ثبت گردید. عملکرد دانه در واحد سطح از توزین وزن دانه بوته‌های موجود در سطح برداشت شده تعیین گردید. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه بر بیوماس کل محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری محتوی نسبی آب در اواخر گل‌دهی (بعد از حادث شدن خشکی) از هر کرت در هر تکرار بالاترین برگ جوان انتخاب و وزن تر، وزن اشباع و وزن خشک آنها تعیین و مقادیر محتوای نسبی آب نمونه‌ها با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (یانو، ۲۰۰۳).

$$RWC = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع}} \times 100$$

برای اندازه‌گیری پایداری غشا سیتوپلاسمی در اواخر گل‌دهی (در زمان تنش رطوبتی) در تمامی تکرارها پنج عدد دیسک برگ از برگ‌های جوان هر کرت به‌طور تصادفی تهیه و بلافاصله به داخل شیشه‌های درپوش‌دار محتوی آب مقطر دو بار تقطیر شده (۲۰ سی سی) منتقل و در شرایط آزمایشگاهی در داخل یخچال با درجه حرارت ثابت (حدود ۵ درجه‌ی سیلسیوس) قرار گرفته و پس از ۲۴ ساعت میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه EC سنج دیجیتالی قرائت گردیدند. عدد حاصله از هدایت الکتریکی محلول شاهد (آب مقطر) کسر شده و بدین ترتیب میزان پایداری غشا سیتوپلاسمی (هدایت الکتریکی) برگ به دست آمد (هیو و همکاران ۲۰۰۹). برای شمارش تعداد روزنه‌ها، هم‌زمان با مرحله‌ی گرده افشانی، برگ پنجم از بالا در هر بوته و در تمامی تیمارها (از هر تیمار ۵ بوته) انتخاب و پس از جدا نمودن از بوته‌ی مادری به آزمایشگاه منتقل و به روش کپی‌برداری از قسمت زیرین و روئین برگ نمونه تهیه و پس از انتقال بر روی لام، در زیر میکروسکوپ نوری با عدسی نمره ۴۰ در حوزه دید میکروسکوپی شمارش و با بدست آوردن شعاع میدان دید عدسی ۴۰، تعداد روزنه در یک میلی‌متر مربع از برگ محاسبه شد (یانو ۲۰۰۳). مقاومت روزنه‌ای در ساعات اولیه‌ی روز با استفاده از دستگاه پرومتر

عربی (به‌عنوان ماده چسباننده)، ۱۰ گرم از هر باکتری به ازای یک کیلوگرم بذر (بر اساس دستورالعمل موسسه تحقیقات خاک و آب کشور) اضافه و به خوبی با بذرها مخلوط شد تا کود سطح تمامی بذرها را بپوشاند. پس از تلقیح بذر و خشک کردن در سایه، بلافاصله کاشت انجام شد. قبل از کاشت پنج گرم از قارچ میکوریزی (گلموس موسه) به ازای هر بذر در حفره کاشت بذر در عمق سه تا چهار سانتی‌متری قرار گرفت. جمعیت باکتری‌ها $10^8 \times 2$ و جمعیت قارچ میکوریز دارای حداقل ۸۰ پروپاگول (واحد زنده قارچی) به ازای هر گرم بود. کاشت به‌صورت دستی با قرار دادن سه بذر در هر کپه و در داغ آب پشته‌ها به فاصله ده سانتی‌متر از هم انجام و بعد از سه برگی شدن با عمل تنک، تراکم در حد ۲۰ بوته در متر مربع (۲۰۰ هزار بوته در هکتار) تنظیم گردید. مبارزه با علف‌های هرز نیز به‌صورت دستی انجام شد. تا مرحله ۸ الی ۱۰ برگی ۷۰ درصد مزرعه، آبیاری برحسب نیاز کانوپی و بسته به شرایط آب و هوایی منطقه بدون اعمال هر گونه تنش کم آبی و بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام گرفت و بعد از این مرحله، تیمار شاهد با ۱۱ نوبت آبیاری و تیمارهای تنش ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A به ترتیب با ۷ و ۵ نوبت آبیاری انجام گرفت. در اواخر گل‌دهی، از هر کرت با حذف اثرات حاشیه، ده بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات شاخص سطح برگ، محتوای رطوبت نسبی، پتانسیل آب برگ، پایداری غشا سیتوپلاسمی، شاخص محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، تعداد روزنه در سطح زیرین و رویین برگ مورد ارزیابی قرار گرفتند. در مرحله رسیدگی نیز صفات وزن صد دانه، تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت و عملکرد دانه در بوته‌های موجود در مساحتی معادل یک متر مربع تعیین شدند. برای تعیین تعداد دانه در بوته تعداد دانه در غلاف‌های بوته‌های انتخابی بعد از جدا کردن دانه‌ها از غلاف شمارش و ثبت گردید. با استفاده از وزن ۵ نمونه‌ی ۱۰۰ تایی وزن هزار

اتاقک دستگاه محفظه فشار مدل SANTA BARBARA. CA. USA قرار داده شده و میزان پتانسیل آب برگ‌ها به دست آمد (هیو و همکاران ۲۰۰۹). تجزیه و تحلیل توسط نرم افزارهای آماری از جمله SAS، SPSS و Excell انجام گردید. مقایسه میانگین با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری، سطوح کودهای زیستی و اثرات متقابل این دو عامل بر صفات مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است.

(مدل AP₄) در برگ آخر از بالا در هر بوته تعیین گردید. شاخص محتوای کلروفیل با استفاده از دستگاه SPAD- (KONICA MINOLTA) 502 در اواخر دوره‌ی گلدهی در سه قسمت بالاترین برگ شامل، ابتدا، وسط در بوته- های انتخابی از هر کرت اندازه گیری و سپس میانگین آن برای کرت مورد نظر ثبت شد (اونیلی ۲۰۰۶). برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، بوته‌های انتخابی به صورت کف بر قطع و تمام برگ‌های آن جدا شده و سطح برگ بوته با استفاده از رابطه سطح و وزن دیسک‌های برگ تعیین (سبحانی و همکاران ۱۹۹۸) و سپس به واحد سطح تبدیل شد. برای اندازه گیری پتانسیل آب برگ (Ψ_w)، تعداد سه برگ از بالا به طور جداگانه در داخل

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک محل اجرای آزمایش مزرعه ای در سال زراعی ۱۳۹۳

عمق	EC (dS/m)	pH	درصد کربنات کلسیم CCE	درصد آلی O.C (%)	ازت کل % T.N	فسفر قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت خاک
۰-۳۰	۱/۸۹	۷/۹۲	۱۰/۱	۰/۶۹	۰/۰۸۹	۱۱/۶	۴۸۵	۶۵	۲۰	۱۵	لومی شنی

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در لوبیا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							تعداد عملکرد	هدایت روزنه‌ای	تعداد روزنه روی برگ	تعداد روزنه زیر برگ	پایداری غشا سیتوپلاسمی	شاخص میزان کلروفیل	محتوای رطوبت نسبی	شاخص سطح برگ	پتانسیل آب برگ
		تعداد روزنه روی برگ	تعداد روزنه زیر برگ	پایداری غشا سیتوپلاسمی	شاخص میزان کلروفیل	محتوای رطوبت نسبی	شاخص سطح برگ	پتانسیل آب برگ									
تکرار	۲	۳۷/۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۱۰/۱۶ ^{ns}	۶۱/۰۶*	۱۱۸/۱۱ ^{ns}	۱۲/۸۰ ^{ns}	۷/۵۲ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۳/۲۴*							
تنش آب	۲	۶۵۶۷۴/۸ ^{**}	۲/۰۵ ^{**}	۴۲۱۶/۲۰ ^{**}	۵۰۹۸۹/۰۶ ^{**}	۱۰۸۲۴/۴ ^{**}	۲۱۱۱/۹۴ ^{**}	۱۷۸۷/۲۹ ^{**}	۴/۸۳ ^{**}	۱۶۸/۲۲ ^{**}							
خطای اصلی	۴	۶۰/۲۵	۰/۰۰۱	۸/۵۴	۲۳/۸۴	۱۲۲/۵۶	۱۶/۵۳	۲۹/۰۴	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۷۴							
کود زیستی	۶	۲۹۹۷/۳۱ ^{**}	۰/۰۲۱ ^{**}	۶۵۰/۰۲ ^{**}	۱۴۹۶/۲۹ ^{**}	۹۹۴/۷۹ ^{**}	۱۶۰/۴۲ ^{**}	۴۸/۷۵*	۰/۷۵ ^{**}	۳/۹۶ ^{**}							
تنش × کود	۱۲	۱۵۵/۳۸ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{**}	۷۴/۷۲ ^{**}	۹۲۳/۴۸ ^{**}	۱۲۳/۱۷ ^{ns}	۳۵/۵۰ ^{**}	۱۱/۳۶ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۱/۰۳ ^{ns}							
خطای فرعی	۲۰	۱۰۵/۷۵	۰/۰۰۶	۱۳/۵۸	۱۷/۰۵	۶۰/۰۷	۱۲/۶۴	۱۶/۵۷	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۶۸							
ضرب تغییرات (%)		۱۰/۷۳	۱۷/۹۹	۱۱/۴۱	۴/۴۹	۱۸/۹۰	۴/۷۶	۷/۸۸	۱۳/۸۴	۷/۲۳							

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشد.

ادامه جدول ۲

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		شاخص برداشت	وزن صد دانه
تکرار	۲	۲۶/۹۲ ^{ns}	۳/۵۰۶ ^{ns}
تنش آب	۲	۲۰۱۴/۷۱ ^{**}	۸۹/۴۷۴ ^{**}
خطای اصلی	۴	۲۲/۳۳	۱/۱۵۳
کود زیستی	۶	۲۷/۴۰ [*]	۶/۸۸۵ ^{**}
تنش × کود	۱۲	۲۳/۵۰ [*]	۱/۵۷۲ ^{ns}
خطای فرعی	۲۰	۹/۵۳	۱/۹۲۵
ضریب تغییرات (%)		۷/۶۹	۶/۰۷
		۶/۲۳	۶/۲۳

NS، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشد.

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ تحت شرایط بهینه (تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر) با دامنه ۲/۵۱ به طور معنی داری بیشتر از تیمارهای قطع آبیاری بوده است و افت شاخص سطح برگ در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر نسبت به تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر به ترتیب ۲۴/۴۱ و ۵۱/۸ درصد می باشد (جدول ۳). در شرایط کمبود آب، کاهش محتوای نسبی آب برگ، پتانسیل فشاری سلول های برگ و افزایش میزان اسید آبسزیک باعث توقف رشد برگ و کاهش تقسیم سلولی شده و تامین نشدن آسمیلات مورد نیاز برای رشد برگ و کاهش فتوسنتز از مهم ترین علل احتمالی کاهش شاخص سطح برگ بر اثر تنش خشکی ذکر شده اند (مردای و همکاران ۲۰۰۸). در این آزمایش بیشترین شاخص سطح برگ از ترکیب سه کود زیستی ریزوبیوم + میکوریزا + سودوموناس (F₆) به میزان ۲/۳۷ و بدون اختلاف معنی دار با تیمار ریزوبیوم + میکوریزا (F₄) و کمترین شاخص سطح برگ به میزان ۱/۳۷ به تیمار شاهد اختصاص داشت هر چند که با تیمار سودوموناس (F₃) در یک گروه قرار داشت (جدول ۴). این نتایج با نتایج جلیلی و همکاران (۲۰۱۱)، خرم دل و همکاران (۲۰۱۰) هم خوانی دارد. نتایج آزمایش اکبری و همکاران (۲۰۱۲)

نیز نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ در ذرت معادل ۳/۹ با کاربرد توأم قارچ میکوریزا آربسکولار و باکتری سودوموناس فلورسنس در شرایط آبیاری کامل به دست آمد.

پایداری غشا سیتوپلاسمی

بیشترین پایداری غشا سیتوپلاسمی (کمترین نشت غشا سیتوپلاسمی) در سطح آبیاری بعد از ۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین حدود ۱۹/۰۹ میلی موس بر سانتی متر و دو سطح آبیاری ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر به ترتیب با مقادیر ۳۹/۵۲ و ۶۴/۴۲ میلی موس بر سانتی متر در دو کلاس آماری متفاوت از نظر صفت مذکور قرار داشتند (جدول ۳). با افزایش تنش، میزان تخریب غشا سیتوپلاسمی بیشتر شده و نتیجه آن، افزایش هدایت الکتریکی محلول بوده و تنش خشکی از تکامل دیواره ممانعت کرده و باعث نشت الکترولیت از دیواره سلولی می گردد (لارنر و وانوزی ۲۰۰۷). در بین کودهای زیستی بیشترین پایداری غشا سیتوپلاسمی (کمترین نشت غشا سیتوپلاسمی) مربوط به تیمار تلقیح سه گانه ریزوبیوم + میکوریزا + سودوموناس (F₆) می باشد (۲۶/۳۳ میلی-موس بر سانتی متر) هر چند که با تیمار ریزوبیوم + میکوریزا (F₄) فاقد اختلاف معنی دار بود. از طرفی کمترین

بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند اما ریزوبیوم (F₁)، ریزوبیوم + میکوریز (F₄) و ریزوبیوم + میکوریز + سودوموناس (F₆) با بیشترین پتانسیل آب برگ در گروه دیگر قرار گرفتند. به نظر می‌رسد از میان کودهای زیستی مصرف هر سه کود به تنهایی پتانسیل آب برگ را نسبت به شاهد افزایش دادند؛ هرچند اثر ریزوبیوم نسبت به شاهد معنی‌دار بود (جدول ۴). ترکیب ریزوبیوم و میکوریز (F₄) و نیز ترکیب سه گانه (F₆) آنها منجر به افزایش معنی‌دار پتانسیل آب برگ نسبت به شاهد گردید. قارچ‌های میکوریز با بازنگه داشتن روزه‌های گیاه، افزایش تبخیر و جذب آب، پتانسیل آب برگ را در مقایسه با گیاهان بدون قارچ افزایش می‌دهند (زارعی و همکاران ۲۰۱۳). جلیلی و همکاران (۲۰۱۱) و نیکولائوس و همکاران (۲۰۰۳) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند.

هدایت روزه‌ای

اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کودهای زیستی بر هدایت روزه‌ای معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها در جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین هدایت روزه‌ای در وضعیت آبیاری مناسب (آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر) و کود زیستی (ریزوبیوم + میکوریز) I₁F₄ با میزان ۰/۹۹ مول بر مترمربع بر ثانیه و بدون اختلاف معنی‌دار با تیمارهای I₁F₁, I₁F₂, I₁F₃, I₁F₅ به دست آمد. در وضعیت آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از لحاظ میزان هدایت روزه‌ای تفاوتی بین تیمارهای کودی از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۵). احتمالاً با کاربرد ریزوبیوم + میکوریز در سطح آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر، گیاه آب خاک را بهتر جذب کرده و در نتیجه با افزایش محتوای رطوبت نسبی بافت‌های برگ، روزه‌ها برای مدت طولانی‌تری باز بوده و فرآوری CO₂ به صورت مطلوب انجام و در نتیجه فتوسنتز هم بهتر انجام گرفته و نهایتاً عملکرد افزایش یافته است (منافی و همکاران ۲۰۱۰). جباری و خالق‌نژاد (۲۰۱۴) در بررسی

پایداری غشا سیتوپلاسمی (بالاترین نشت غشا سیتوپلاسمی) مربوط به تیمار شاهد (F₀) با میانگین ۵۰/۳۳ که با تیمارهای تلقیح جداگانه ریزوبیوم (F₁) و سودوموناس (F₃) در گروه آماری یکسانی قرار داشتند (جدول ۴). به طور کلی نتایج بیانگر این است که تیمارهای تلقیح دو گانه و سه گانه به همراه تلقیح مجزای میکوریز (F₂) از پایداری غشا سیتوپلاسمی بیشتری نسبت به شاهد و تلقیح مجزای ریزوبیوم و سودوموناس برخوردار است. هان و لی (۲۰۰۵) نتیجه گرفتند که با افزایش شدت تنش شوری علی‌رغم تلقیح گیاه با سویه‌های باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) فعالیت آنزیمی و پایداری غشای سیتوپلاسمی کاهش یافت.

پتانسیل آب برگ

پتانسیل آب برگ در تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر با ۱۲/۳۱- بار کمترین و دو تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر و آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر به ترتیب با مقادیر ۹/۵۱- و ۶/۶۵- بار در دو کلاس آماری از نظر صفت مذکور قرار داشتند (جدول ۳). منافی و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند با کاهش رطوبت خاک، میزان پتانسیل آب برگ گوجه‌فرنگی به طور معنی‌داری کاهش یافت و در سطح رطوبتی تنش کم (۰/۸ - ۰/۷) رطوبت ظرفیت مزرعه ای و تنش زیاد (۰/۶۵ - ۰/۵۵) رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای) به ترتیب ۲۱ و ۳۹ درصد نسبت به سطح رطوبتی بدون تنش کاهش پیدا کرد. آنها اعلام کردند کاهش پتانسیل آب برگ در شرایط تنش کم آبی، می‌تواند دلیل کاهش تبخیر و جذب آب در گیاه باشد. سرآبادانی تفرشی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند با افزایش تنش، میزان پتانسیل آب برگ ارقام مختلف جو کاهش می‌یابد (منفی تر می‌شود) به طوری که رقم فجر با ۲/۳- بار کمترین پتانسیل آب برگ و رقم یوسف با ۰/۸- بار بالاترین پتانسیل آب برگ را به خود اختصاص دادند. تیمار شاهد (F₀)، سودوموناس (F₃)، میکوریز (F₂) و ریزوبیوم + سودوموناس (F₅) با کمترین پتانسیل برگ و

بیشترین تعداد روزنه در سطح فوقانی برگ در تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر مربوط به تیمار عدم مصرف کود زیستی (I_3F_0) به میزان ۶۳/۶۶ عدد بود و کمترین تعداد روزنه در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۱۱/۳۳ اختصاص به تیمار ریزوبیوم + میکوریز (I_1F_4) داشت که با تیمارهای I_1F_1 , I_1F_2 , I_1F_3 , I_1F_5 , I_1F_6 در یک سطح آماری قرار داشتند (جدول ۵). به نظر می رسد تیمار عدم مصرف کود زیستی (F_0) در هر سه سطح آبیاری بیشترین روزنه ها را از آن خود کرده است و با افزایش فواصل آبیاری تعداد روزنه های این تیمار (F_0) هم زیاد شده است. افکاری و همکاران (۲۰۱۰) هم در آزمایش های دیگری بر روی گیاه آفتابگردان نیز چنین نتایجی را گزارش نموده اند.

شاخص محتوای کلروفیل

بیشترین شاخص محتوای کلروفیل در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر به تیمار ریزوبیوم + میکوریز (F_4) با میانگین ۴۶/۷ تعلق داشت که با محتوای کلروفیل هنگام کاربرد کودهای زیستی ریزوبیوم + میکوریز + سودوموناس (F_6)، ریزوبیوم + سودوموناس (F_5)، ریزوبیوم (F_1) و سودوموناس (F_2) از نظر آماری در یک کلاس قرار داشت (جدول ۵). این جدول مشخص می کند که با افزایش تنش از میزان کلروفیل کاسته می شود. در تیمارهای آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر بالاترین میزان شاخص کلروفیل (به ترتیب ۲۹/۰۳ و ۲۸/۴) به تیمار سه گانه ریزوبیوم + میکوریز + سودوموناس (F_6) متعلق بود و کمترین شاخص محتوای کلروفیل به تیمار شاهد (F_0) با آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر به میزان ۱۲/۰۶ اختصاص داشت. کاهش کلروفیل تحت تنش به واسطه اثر کلروفیلاز پراکسیداز و ترکیبات فنلی و در نتیجه تجزیه کلروفیل می باشد (اشرف و همکاران ۱۹۹۴). شوتز و فانگمیر (۲۰۰۱) اظهار کردند که کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی به علت افزایش تولید رادیکال های اکسیژن است.

اثر دو سویه ریزوبیوم و ریزوباکترهای محرک رشد بر روی نخود گزارش کردند که هدایت روزنه ای در وضعیت تنش خشکی نسبت به آبیاری ۹۱ درصد کاهش و اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی معنی دار بود. نتایج دوان و همکاران (۱۹۹۶) نشان داد که در رطوبت بالای خاک، هدایت روزنه ای گیاهان میکوریزی و غیر میکوریزی، در گیاه لوبیا چشم بلبلی با هم تفاوتی ندارند اما در شرایط کمبود آب، هدایت روزنه ای گیاهان تلقیح شده نسبت به شاهد بیشتر بود.

تعداد روزنه سطح تحتانی و فوقانی برگ

اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کودهای زیستی بر تعداد روزنه در سطح تحتانی برگ و فوقانی برگ معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد روزنه در سطح تحتانی برگ در تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر مربوط به تیمار عدم مصرف کود زیستی یا شاهد (I_3F_0) با میانگین ۱۸۸ عدد و کمترین تعداد روزنه زیر برگ در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر به تیمار کود زیستی ریزوبیوم (I_1F_1) با میانگین ۱۹/۳۳ اختصاص داشت (جدول ۵). احتمالاً با کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی، روزنه ها به هم نزدیک تر شده و در شمارش زیر لنز میکروسکوپ تعداد بیشتری در کنار هم (بسته به شدت تنش) مشاهده می شوند (افکاری و همکاران ۲۰۱۰). همچنین، جدول ۵ نشانگر آن است که تیمارهای عدم مصرف کود زیستی (شاهد) در تمام سه سطح آبیاری از تعداد روزنه بیشتری نسبت به تیمارهای تلقیح با کودهای زیستی برخوردار است البته با افزایش سطح تنش هم بر تراکم روزنه ها افزوده شده بدین جهت می توان گفت احتمالاً تیمارهای کود زیستی در شرایط تنش توانسته اند در مقایسه با شاهد سطح برگ بیشتر و در نتیجه تعداد روزنه کمتری در شمارش زیر لنز میکروسکوپ داشته باشند. عسگری و بیات (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند تراکم روزنه در اپیدرم تحتانی با افزایش شدت تنش افزایش یافت.

سودوموناس (F_5)، ریزوبیوم (F_1)، میکوریز (F_2) و سودوموناس (F_3) از لحاظ محتوای رطوبت نسبی اختلاف معنی داری با شاهد یا عدم مصرف کود زیستی (F_0) نشان نداد. اما مصرف کود زیستی ریزوبیوم+ میکوریز+ سودوموناس (F_6)، از این لحاظ اختلاف معنی-داری را با شاهد داشت. دلیل افزایش RWC برگ در گیاهان تحت تیمار کودهای زیستی را می‌توان به نقش هیف‌ها در جذب و هدایت آب به ریشه نسبت داد. بنابراین، گیاهان تحت تیمار میکوریز و سودوموناس با جذب بیشتر آب می‌توانند RWC بالاتری داشته باشند. افزایش جذب آب در گیاهان تحت تیمار میکوریز و سودوموناس به هدایت هیدرولیکی ریشه در شرایط همزیستی نیز مرتبط می‌باشد (منافی و همکاران ۲۰۱۰). نتایج علی‌اصغر زاد و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی اثر قارچ میکوریز و باکتری برادی ریزوبیوم جاپونیکوم در سویا تحت تنش خشکی نشان داد RWC برگ با کم شدن رطوبت خاک کاهش یافت و این نتایج با نتایج منافی و همکاران (۲۰۱۰) نیز مشابهت دارد.

تعداد دانه در بوته

حداکثر تعداد دانه در بوته در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر و به هنگام کاربرد همزمان ریزوبیوم، میکوریز و سودوموناس (I_1F_6) برابر ۸۱/۷۳ عدد و حداقل تعداد دانه در بوته در تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر با عدم کاربرد کود زیستی (شاهد) برابر ۱۲/۳۳ عدد بود. تعداد دانه در بوته در دور آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر و با مصرف سه کود زیستی همزمان نسبت به تیمار شاهد در دور آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر (I_3F_0) افزایش ۸۴/۹۲ درصدی را نشان داد (جدول ۵). تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها بر تعداد دانه (به واسطه از بین رفتن جنین) اثر می‌گذارد (صفاپور و همکاران ۲۰۰۹). با توجه به این که تعداد دانه ظرفیت مخزن گیاه را تعیین می‌کند، هر چه تعداد دانه بیشتر، گیاه از مخازن بزرگتری برای دریافت مواد

این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردد. از آنجا که قارچ‌های میکوریز به جذب منیزیم به گیاه کمک می‌کنند، در افزایش سنتز کلروفیل نقش دارند (جیری و همکاران ۲۰۰۲). بررسی‌ها نشان‌دهنده نقش مؤثر باکتری‌های حل‌کننده فسفات مانند سودوموناس در بهبود جذب فسفر و در نتیجه افزایش رشد ریشه است. افزایش رشد ریشه، موجب بهبود جذب عناصری مانند منیزیم، منگنز و روی که در تولید کلروفیل نقش دارند، می‌شود (خان و همکاران ۲۰۰۹). جباری و خالق‌نژاد (۲۰۱۴) بیان کردند تلقیح بذر با نژادهای ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) و ریزوباکتری‌های محرک رشد (PGPR) در گیاه نخود موجب کاهش کلروفیل در وضعیت تنش خشکی نسبت به آبیاری مناسب به میزان ۲۹ درصد شد. نتایج آزمایش‌های سادات و همکاران (۲۰۱۰) و قورچیانی و همکاران (۲۰۱۴) نیز با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

محتوای رطوبت نسبی

محتوای رطوبت نسبی در تیمار آبیاری براساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر با ۵۹/۳۷ درصد بالاترین میزان بوده که از نظر آماری با دو تیمار آبیاری دیگر متفاوت بوده است. تیمارهای تنش در دو سطح به ترتیب با مقادیر ۵۴/۱۸ و ۵۱/۶۷ درصد در دو گروه آماری متفاوت قرار داشتند. بدین ترتیب کمترین محتوای رطوبت نسبی در تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر حاصل گردید. مقدار محتوای رطوبت نسبی در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر نسبت به تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر به ترتیب معادل ۸/۷۵٪ و ۳۰/۲٪ کاهش یافت (جدول ۳). افکاری و همکاران (۲۰۱۰) اظهار داشتند که کاهش میزان محتوای رطوبت نسبی برگ در اثر تنش آبی مربوط به انسداد روزنه‌ها بوده و بسته شدن روزنه‌ها با تجمع هورمون آبسبزیک اسید در سلول‌های روزنه‌ای در شرایط تنش خشکی ارتباط دارد. جدول چهار نشان می‌دهد که کودهای زیستی ریزوبیوم+

(صفا پور و همکاران ۲۰۰۹). مقایسه میانگین‌ها در جدول ۴ نشان داد بیشترین وزن صد دانه در تیمار F₆ (ریزوبیوم + سودوموناس + میکوریز) به میزان ۲۴/۰۸ گرم حاصل شد که از نظر آماری با تیمارهای ریزوبیوم + میکوریز (F₄)، سودوموناس (F₃) و ریزوبیوم (F₁) فاقد تفاوت معنی‌دار بود. احتمالاً کاربرد F₆ (ریزوبیوم + سودوموناس + میکوریز) سبب به تعویق افتادن پیری برگ‌ها، کاهش ریزش برگ‌ها و افزایش میزان آب قابل دسترس گیاه و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه شده، بنابراین مواد غذایی و شیرهای پرورده بیشتری در اختیار دانه‌ها قرار گرفته و سبب افزایش اندازه و حجم دانه‌ها می‌گردد. بنابراین دانه‌ها سنگین تر شده و وزن صد دانه افزایش می‌یابد. کمترین وزن صد دانه در تیمار شاهد (F₀) به میزان ۲۱/۶۰ گرم و بدون اختلاف معنی‌دار با تیمارهای ریزوبیوم (F₁)، میکوریز (F₂)، سودوموناس (F₃)، ریزوبیوم + میکوریز (F₄) حاصل شد. به عبارت دیگر، وزن صد دانه در تیمار شاهد نسبت به تیمار F₆ معادل ۱۲/۵۸٪ کاهش یافت. افزایش وزن صد دانه لوبیا بر اثر تلقیح با ریزوبیوم لگومینوزاروم فازئولی و سودوموناس فلورسنس در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) توسط ژانگ و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارش شده است. سادات و همکاران (۲۰۱۰) نیز چنین نتایجی را گزارش کردند.

عملکرد دانه

بررسی نتایج مربوط به عملکرد دانه در تیمارهای مختلف نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری براساس میزان تبخیر و کاهش دفعات آن، از عملکرد دانه کاسته شد، تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر بالاترین عملکرد دانه را به میزان ۳۰۴۸/۴ کیلوگرم در هکتار تولید نمود و کمترین عملکرد دانه هم در تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۸۱۱/۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۳). به بیان دیگر عملکرد دانه در ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک

فتوسنتزی برخوردار است، به نظر می‌رسد افزایش این صفت در اثر تلقیح میکوریز + ریزوبیوم + سودوموناس منجر به افزایش عملکرد دانه شود (خرمدل و همکاران ۲۰۱۰). برومندراد و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که با مصرف کودهای زیستی ریزوبیوم، آزوسپیریلوم، /ازتوباکتر و سودوموناس عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر به خوبی در اختیار گیاه قرار گرفته و این امر در مراحل رشد گیاه و در تلقیح دانه‌های گرده مؤثر بوده و تعداد دانه‌های بیشتر موجب افزایش تعداد دانه در بلال می‌شوند. در تحقیقی، کاربرد باکتری‌های محرک رشد توانست تعداد دانه را در لوبیا از ۱۴/۰۸ به ۴۸۶/۱۶ عدد افزایش دهد که احتمالاً از طریق تأثیر در فاکتورهای مختلف رشد و جذب عناصر غذایی ضروری بوده است (محمدی و همکاران ۲۰۱۵). صفاپور و همکاران (۲۰۱۰) و خرمدل و همکاران (۲۰۱۰) و سادات و همکاران (۲۰۱۰) چنین نتایجی را گزارش کردند.

وزن صد دانه

تنش آبی سبب کاهش وزن صد دانه شد و وزن صد دانه تحت شرایط عدم کمبود آب (تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر) با ۲۴/۹۱ گرم به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای قطع آبیاری بود و افت وزن صد دانه در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر نسبت به تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر به ترتیب ۸/۴۳ و ۱۶/۲۸ درصد گردید (جدول ۳). محمدی و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعات خود روی ۱۵ ژنوتیپ لوبیا قرمز، کاهش وزن هزار دانه را بر اثر بروز محدودیت آب مورد تایید قرار دادند. کمبود آب در مراحل رویشی و زایشی به علت افزایش رقابت برای آب و مواد غذایی باعث کاهش وزن صد دانه گردید علت این موضوع می‌تواند کاهش طول دوره رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی باشد که موجب کوتاه شدن طول دوره مؤثر پر شدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و باعث تقلیل وزن صد دانه گردیده است

(جدول ۴). زارعی و همکاران (۲۰۰۶) در آزمایشی که بر روی واکنش گیاه عدس به مایه زنی با سویه های باکتری *سودوموناس فلورسنس* و قارچ میکوریز *آربسکولار* انجام دادند، مشاهده کردند که یک رابطه مثبت بین قارچ-های میکوریزی و بعضی از سویه های باکتری برقرار است که عملکرد گیاه عدس را افزایش می دهد. ابوظالبیان و خلیلی (۲۰۱۴) در تحقیقی اعلام کردند کاربرد همزمان کودهای زیستی میکوریز *آربسکولار* و *برادی ریزوبیوم* در سویا به ویژه در تنش شدید سبب کاهش تأثیر سوء تنش کم آبی بر عملکرد دانه شد. افزایش عملکرد دانه با گزارش های منتشر شده در این زمینه توسط سادات و همکاران (۲۰۱۰)، جلیلی و همکاران (۲۰۱۱)، خرم دل و همکاران (۲۰۱۰)، قورچیانی و همکاران (۲۰۱۴) و سوآرز و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایش های مختلف هم خوانی دارد.

شاخص برداشت

تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر با کاربرد کود زیستی ریزوبیوم بیشترین میزان شاخص برداشت ۵۳٪ را نشان داد به نظر می رسد در سطح آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر شاخص برداشت چندان تحت تأثیر نوع کود زیستی قرار نگرفته است. همچنین جدول ۵ نشان می دهد که شاخص برداشت با افزایش سطوح آبیاری از ۷۰ به ۱۱۰ میلی متر، به تدریج و محسوس کاسته شده اما در تنش شدید با شیب زیادی کاسته شده به طوری که کمترین شاخص برداشت در ترکیب تیماری آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر و عدم مصرف کود زیستی یا شاهد (I_3F_0) به دست آمد که البته با تیمارهای I_3F_1 , I_3F_2 , I_3F_4 , I_3F_5 از نظر کلاس آماری در یک کلاس قرار داشتند، همچنین در تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر، کاربرد تلفیقی سه کود زیستی ریزوبیوم + میکوریز + *سودوموناس* (I_3F_6) بیشترین شاخص برداشت (با میانگین ۳۶ درصد) را به دنبال داشت که نشان می دهد در شرایط کمبود شدید آب کاربرد همزمان این سه نوع

تبخیر به ترتیب برابر ۳۸٪ و ۷۳٪ میزان عملکرد دانه آبیاری نرمال (آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر) می باشد. تنش خشکی در مراحل زایشی موجب کاهش تجمع ماده خشک می شود. گل دهی حساس ترین مرحله رشد و نمو لوبیا قرمز نسبت به تنش خشکی بوده به طوری که احتمالاً با کاهش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی باعث کاهش انتقال مواد به دانه و در نهایت کاهش عملکرد دانه شده و افزایش سقط گل ها و دانه های تازه تشکیل شده در غلاف نیز عاملی برای کاهش عملکرد می باشد (محمدی و همکاران ۲۰۱۰). قنبری و همکاران (۲۰۱۲) کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ های لوبیای قرمز را در مجموع دو سال در تیمار آبیاری بر اساس ۱۱۰-۱۰۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر نسبت به آبیاری نرمال (آبیاری بر اساس ۶۰-۵۵ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) ۵۰ درصد اعلام کردند. ظاهراً تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر به واسطه داشتن تعداد بالای دانه در بوته و وزن صد دانه بالا که اجزای مهم عملکرد دانه لوبیا می باشند، توانسته حداکثر عملکرد دانه را نیز به خود اختصاص دهد (جدول ۳). بیشترین مقادیر عملکرد دانه از تیمار کاربرد توام قارچ میکوریز *آربسکولار* و باکتری *سودوموناس فلورسنس* و باکتری ریزوبیوم (F_6) با ۲۴۰۱ کیلوگرم در هکتار بدون اختلاف معنی دار با تیمار ترکیبی ریزوبیوم و میکوریز (F_4) با ۲۳۲۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. این نتایج حاکی از یک رابطه ی هم افزایی مثبت بین قارچ میکوریز *آربسکولار* و باکتری حل کننده فسفات های نامحلول (*سودوموناس*) و باکتری تثبیت کننده نیتروژن هوا (ریزوبیوم) بود که کاربرد توام آنها باعث افزایش عملکرد نسبت به کاربرد مجزای این سه ریز موجود شد. تیمارهای کودهای زیستی ریزوبیوم (F_1)، میکوریز (F_2)، *سودوموناس* (F_3)، ریزوبیوم + میکوریز (F_4)، ریزوبیوم + *سودوموناس* (F_5)، ریزوبیوم + میکوریز + *سودوموناس* (F_6) نسبت به تیمار شاهد (F_0) به ترتیب ۲۲/۲۴، ۲۵، ۱۴/۲، ۴۰/۲۴، ۳۱/۶۵ و ۴۲/۱ افزایش عملکرد داشتند

طریق پتانسیل آب برگ به افزایش عملکرد منجر خواهد شد.

نتیجه گیری کلی

هر گونه تنش یا تأخیر در آبیاری در آبیاری منجر به کاهش معنی دار عملکرد دانه شد و مصرف کودهای زیستی، سبب افزایش تمامی صفات نسبت به شاهد گردید. کاربرد ترکیبی کودهای زیستی تأثیر بیشتری نسبت به کاربرد منفرد آنها داشته و تیمارهای تلفیقی سه کود زیستی ریزوبیوم، میکوریز و سودوموناس در شرایط آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر، بیشترین تأثیر در صفات تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت، محتوای کلرویل و شاخص سطح برگ را داشت. در شرایط آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر بیشترین مقدار صفات مورد بررسی به تیمارهای (ریزوبیوم + میکوریز) و (ریزوبیوم + میکوریز + سودوموناس) تعلق داشت. براساس نتایج این بررسی، کاربرد کودی زیستی سودوموناس در شرایط آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر مؤثر نبوده و ولی کاربرد تلفیقی ریزوبیوم و میکوریز با افزایش تعداد دانه در بوته، محتوای کلروفیل و پایداری سلولی می تواند منجر به افزایش تولید این گیاه گردد. تلقیح با کودهای زیستی روند کاهش در صفات رشدی در تنش خشکی شده را کند کرده و کاربرد تلفیقی کودهای زیستی ریزوبیوم، میکوریز و سودوموناس صفات محتوای کلروفیل، وضعیت تراکم روزه‌ها در سطوح فوقانی و تحتانی برگ، تعداد دانه در بوته و شاخص برداشت لویا را به طور معنی داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد.

کود زیستی می تواند نسبت به کاربرد مجزا و دیگر حالات ترکیبی مفیدتر باشد (جدول ۵). ابوطالبیان و خلیلی (۲۰۱۴) اعلام کردند در آبیاری مطلوب (۵۰ میلی متر تبخیر) و آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر بین سطوح کودهای زیستی از نظر شاخص برداشت سویا تفاوت معنی داری مشاهده نشد. حبیبی (۲۰۱۱) افزایش شاخص برداشت توسط سودوموناس فلورسنس را در گندم گزارش کردند. خندان بجندی و همکاران (۲۰۱۰) اثر تلقیح نخود با ریزوبیوم بر روی شاخص برداشت را معنی دار گزارش کردند. سادات و همکاران (۲۰۱۰) نیز چنین نتایجی را گزارش کردند.

مطالعه همبستگی بین صفات (جدول ۶) نشان داد که عملکرد با صفات تعداد دانه در بوته و هدایت روزه‌ای رابطه‌ی مثبت ولی با صفات پتانسیل آب برگ و پایداری غشاً سیتوپلاسمی رابطه‌ی منفی دارد، تعداد دانه در بوته با شاخص سطح برگ همبستگی مثبت ولی با پتانسیل آب برگ و پایداری غشاً سیتوپلاسمی منفی است. شاخص برداشت نیز با پتانسیل آب برگ و نیز شاخص سطح برگ رابطه‌ی منفی دارد. لذا، چنانچه شاخص سطح برگ افزایش یابد تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه افزایش خواهد یافت شاخص کلروفیل نیز با شاخص سطح برگ همبستگی مثبت ولی با پایداری غشاً سیتوپلاسمی منفی است. رابطه‌ی تعداد روزه در سطح زیری برگ با شاخص کلروفیل و هدایت روزه‌ای رابطه‌ی منفی اما با شاخص برداشت مثبت است. از طرف دیگر کاهش تعداد روزه زیر برگ منجر به کاهش شاخص برداشت و از

جدول ۳- میانگین صفات مورد مطالعه لوبیا در سطوح مختلف تنش

وزن صد دانه (گرم)	پتانسیل آب برگ (بار)	شاخص سطح برگ	محتوای رطوبت نسبی (درصد)	پایداری غشا سیتو پلاسمی (دسی زیمنس بر متر)	عملکرد (کیلو گرم در هکتار)	سطح تنش (میلیمتر تبخیر از تشتک)
۲۴/۹۱۹ a	-۶/۶۵ c	۲/۵۱ a	۵۹/۳۸ a	۱۹/۰۹ c	۳۰۴۸/۴ a	۷۰
۲۲/۸۱ b	-۹/۵۱ b	۱/۸b	۵۴/۱۸ b	۳۹/۵۲ b	۱۸۸۷/۶ b	۱۱۰
۲۰/۷۸ c	-۱۲/۳۱ a	۱/۲۱ c	۴۱/۴۵ c	۶۴/۴۲ a	۸۱۱/۸ c	۱۵۰

اعداد با حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول ۴- میانگین صفات مورد مطالعه بر روی لوبیا در سطوح مختلف کود زیستی

وزن صد دانه (گرم)	پتانسیل آب برگ (بار)	شاخص سطح برگ	محتوای رطوبت نسبی (درصد)	پایداری غشا سیتوپلاسمی (دسی زیمنس بر متر)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	کود زیستی
۲۳/۰۶ ac	-۹/۱۹ bc	۱/۸۱ bc	۵۱/۲۱ac	۴۹ a	۱۷۹۰/۸ cd	ریزوبیوم (F ₁)
۲۲/۲۲ c	-۹/۷۹ ab	۱/۹۴ b	۵۱/۴۹ ac	۳۶/۴۴ bc	۱۸۵۴/۴ bc	میکوریزا (F ₂)
۲۲/۷۶ ac	-۹/۸۶ ab	۱/۶۰ cd	۵۱/۳۳ ac	۵۴ a	۱۶۲۰/۸ d	سودوموناس (F ₃)
۲۳/۷۵ ab	-۸/۸۰ c	۲/۳۶ a	۵۴/۴۲ab	۳۰/۶۶ cd	۲۳۲۷/۰ a	F ₄ = F ₁ + F ₂
۲۲/۳۵ bc	-۱۰/۲۰ a	۱/۶۷ c	۵۰/۴۰bc	۴۰/۳۳ b	۲۰۲۶/۰ b	F ₅ = F ₁ +F ₃
۲۴/۰۸ a	-۸/۴۹ c	۲/۳۷ a	۵۴/۷۹a	۲۶/۳۳ d	۲۴۰۱/۸ a	F ₆ = F ₁ +F ₂ +F ₃
۲۱/۶۰ c	-۹/۱۹ a	۱/۳۷ d	۴۸/۰۴c	۵۰/۳۳ a	۱۳۹۰/۸ e	شاهد (F ₀)

اعداد با حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات لوبیا در ترکیبات تیماری سطوح تنش و کود زیستی

تنش	کود زیستی	شاخص محتوای کلروفیل	تعداد روزنه روی برگ	تعداد روزنه زیر برگ	هدایت روزنه ای (ثانیه بر سانتی متر)	شاخص برداشت (درصد)	تعداد دانه در بوته
۷۰ میلی متر تبخیر	(F ₁) ریزوبیوم	۴۱/۷ ab	۱۴ i	۱۹/۳۳k	۰/۸۳ ab	۵۳/۳۰ a	۶۲/۸bc
	(F ₂) میکور ریزا	۳۹/۱۳ ac	۱۵/۳۳ i	۲۸ jk	۰/۷۳ ab	۴۷/۷۲ ab	۶۷/۳ b
	(F ₃) سودوموناس	۳۳/۴۶ be	۱۲ i	۳۵/۶۶ ij	۰/۷۸ ab	۴۸/۲۹ ab	۵۹/۶۳ bc
	F ₄ = F ₁ + F ₂	۴۶/۷ a	۱۱/۳۳ i	۴۶/۳۳ hi	۰/۹۹ a	۴۷/۴۶ ab	۸۰/۶ a
	F ₅ = F ₁ +F ₃	۳۵/۶ ad	۱۸/۶۶ hi	۴۷ hi	۰/۷۵ ab	۴۷/۹ ab	۶۶/۵۶ b
	F ₆ = F ₁ +F ₂ +F ₃	۳۷/۵ ac	۱۲/۶۶ i	۴۷/۳۳ hi	۰/۶۷ bc	۵۰/۱۶ ab	۸۱/۷۳ a
	F ₀	۳۳/۷۳ be	۳۷/۳۳ df	۵۰/۶۶ h	۰/۵۷ bd	۴۸/۲۱ab	۴۵/۸۶ d
۱۱۰ میلی متر تبخیر	(F ₁) ریزوبیوم	۲۳/۸۶ eh	۲۷ fh	۸۳/۶۶ g	۰/۳۹۳ cde	۴۳/۴۸ ac	۳۶/۶۶ ef
	(F ₂) میکور ریزا	۲۱/۶۳ fi	۲۶/۳۳ gh	۹۴/۶۶ fg	۰/۳۶ de	۴۲/۵۸ bd	۴۵/۳۳d
	(F ₃) سودوموناس	۲۳/۶ eh	۳۹ ce	۹۵ fg	۰/۳۱ de	۴۰/۰۶ bf	۳۲/۶۶ fg
	F ₄ = F ₁ + F ₂	۲۴/۶ dh	۳۱/۶۶ eg	۹۸/۶۶ f	۰/۴۲ cde	۴۳/۲۹ ac	۴۳/۳۳ de
	F ₅ = F ₁ +F ₃	۲۱/۹۳ fi	۳۰ eg	۱۰۰/۳۳ f	۰/۴۱ cde	۴۱/۶۶ be	۴۷/۳۳d
	F ₆ = F ₁ +F ₂ +F ₃	۲۹/۰۳ cf	۳۸/۶۶ ce	۱۰۲ f	۰/۴۱ cde	۴۲/۴۹ bd	۵۷ c
	F ₀	۱۶ gi	۴۷/۳۳ bd	۱۰۴/۳۳ f	۰/۳۸ cde	۴۰/۰۹ bf	۲۵/۶۶ gh
۱۵۰ میلی متر تبخیر	(F ₁) ریزوبیوم	۱۸/۴۳ fi	۳۵ eg	۱۰۵/۶۷ ef	۰/۱۷ e	۲۵/۸۵ h	۱۷ ij
	(F ₂) میکور ریزا	۱۴/۰۶ hi	۳۱ eg	۱۱۹/۳۳ de	۰/۱۴ e	۳۱/۲۳eh	۲۰/۳۳ hj
	(F ₃) سودوموناس	۱۴/۸ hi	۴۶ bd	۱۲۹ cd	۰/۱۲ e	۳۲/۰۶ dg	۲۱/۳۳ hi
	F ₄ = F ₁ + F ₂	۲۶/۰۶ dg	۴۰/۶۶ ce	۱۳۸ bc	۰/۱۳ e	۲۹/۶۱ fh	۲۷ gh
	F ₅ = F ₁ +F ₃	۲۱/۸۶ fi	۴۹ bc	۱۴۳/۶۷ b	۰/۱۵ e	۲۸/۱۱ gh	۲۰ hj
	F ₆ = F ₁ +F ₂ +F ₃	۲۸/۴ cf	۵۳ ab	۱۵۱/۶۷ b	۰/۱۵ e	۳۹/۸۵ cg	۳۴ fg
	F ₀	۱۲/۰۶ i	۶۳/۶۶ a	۱۸۸ a	۰/۱۳ e	۲۳/۸۴ h	۱۲/۳۳ j

جدول ۶- همبستگی بین صفات بررسی شده

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
عملکرد دانه	۱											
شاخص کلروفیل	۰/۸۶۳**	۱										
تعداد روزنه زیر برگ	۰/۷۸۹**	۰/۶۹۳**	۱									
تعداد روزنه روی برگ	۰/۸۷۰**	۰/۸۲۳**	۰/۷۳۵**	۱								
شاخص سطح برگ	۰/۸۴۶**	۰/۸۰۸**	۰/۷۰۹**	۰/۷۳۵**	۱							
پتانسیل آب برگ	۰/۸۸۱**	۰/۷۵۳**	۰/۷۵۲**	۰/۸۶۳**	۰/۷۶۳**	۱						
پایدار غشا سیتوپلاسمی	۰/۸۸۰**	۰/۷۷۷**	۰/۶۷۳**	۰/۷۴۱**	۰/۸۰۷**	۰/۸۵۳**	۱					
وزن ۱۰۰ دانه	۰/۷۸۹**	۰/۷۵۵**	۰/۶۴۰**	۰/۷۱۰**	۰/۷۶۰**	۰/۷۴۱**	۰/۶۹۶**	۱				
شاخص برداشت	۰/۸۷۸**	۰/۷۲۶**	۰/۷۱۷**	۰/۷۶۳**	۰/۷۳۵**	۰/۸۲۳**	۰/۷۸۷**	۰/۷۴۸**	۱			
تعداد دانه در بوته	۰/۹۷۰**	۰/۸۴۹**	۰/۸۰۷**	۰/۸۴۴**	۰/۸۵۹**	۰/۸۶۳**	۰/۸۸۴**	۰/۷۸۴**	۰/۸۳۲**	۱		
هدایت روزنه ای	۰/۸۸۹**	۰/۸۱۰**	۰/۷۹۹**	۰/۸۶۷**	۰/۷۸۰**	۰/۸۵۵**	۰/۷۷۳**	۰/۷۵۲**	۰/۸۰۷**	۰/۸۸۰**	۱	
محتوای رطوبت نسبی	۰/۸۴۸**	۰/۶۷۷**	۰/۶۹۵**	۰/۷۹۷**	۰/۸۱۵**	۰/۸۱۰**	۰/۷۹۷**	۰/۶۹۳**	۰/۷۹۴**	۰/۸۴۴**	۰/۷۹۳**	۱

منابع مورد استفاده

- Aboutalebian MA and Khalili M. 2014. Effect of *arbuscular mycorrhiza* and *Bradyrhizobium japonicum* on soybean yield and yield components under water stress. Iranian Journal of Field Crop Science, 45(2):169-181. (In Persian)
- Afkari A, Ghasemof N and Yarnia M. 2010. Effect of drought stress and potassium on some of the physiological and morphological traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.). cultivars. 11th Iranian Crop Science Congresses. Tehran. Iran. Pp. 154-156. (In Persian).
- Aga-Alikhani M and Tahmacebi Z. 2002. The effect of water stress on yield and yield components of three varieties of beans. 7th Iranian Crop Science congresses. Tehran. Iran. Pp. 261-264. (In Persian).
- Akbari Gh, Ghorchiani M, Alikhani HA, Allahdadi I and Zarei M. 2012. Effect of Biological and Chemical Phosphate Fertilizers on Growth Indices and Grain Yield of Maize under Deficit Irrigation Conditions in Karaj Region Journal Water and Soil Science, 22 (4): 52-67. (In Persian).
- Aliasgharzad N, Neyshabouri MR and Salimi G. 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* on drought stress of soybean. Biologia, Bratislava, 61 (19): 324-328.
- Ashraf MY, Azmi AR, Khan AH and Ala SA. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiological Plantarum, 16(3): 185-191
- Askary M and Bayat L, 2013. Effects Inoculation With Two strain of *Rhizobium* on Anatomical Indexes of Persian Clover (*Trifolium resupinatum* L.) Under SO₂ Pollution. Journal of Cell & Tissue, 4(3): 261-273. (In Persian).
- Bahamin S, Arian-Mehr M, Kardoni F, Mahmodi S and Azar-Pevand H. 2011. Effects of salinity and increasing the growth of bacteria (*Pseudomonas fluorescens*) on germination and seedling growth characteristics of unflower. The 1st National Conference on Modern Agricultural Sciences & Technologies. Zanjan. Iran. Pp. 195-198.
- Banziger M, Edmeades GO, Beck D and Bellon M. 2000. Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize, from Theory to Practice. CIMMYT, Mexico DF.
- Behbood M, Golchin A and Besharati H. 2012. The Effects of Phosphorus and Inoculation with Plant Growth Promoting *Rhizobacter* (PGPR), *Pseudomonas Fluorescens*, on Yield and Quality of Potato Tuber (*Agria Cultivar* L.). Journal of Water and Soil, 26 (2): 260-271. (In Persian).
- Bromandrad A, Sajedi N, Changizi M and Vasibi M. 2011. effects of Combined chemical fertilizers, and PGPR on the performance of corn. The First National Conference on Strategies for Achieving Sustainable Agriculture. Iran. Khozestan. Pp. 201-204.
- Costa-Franca MG, Thi AT, Pimentel C, Pereyra RO, Zuily-Fodil Y and Laffray D. 2000. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. Environmental and Experimental Botany, 43: 227-237.
- Duan X, Neuman DS, Reiber JM, Green CD, Saxton AM and Auge RM. 1996. Mycorrhizal influence on hydraulic and hormonal factors implicated in the control of stomatal conductance during drought. Journal of Experimental Botany, 47:1541-1550.
- Ganbari AA, SHakiba MR, CHokan R and Torchi M. 2012. Bean genotypes in normal physiological responses and limited Byatry. PhD. Thesis. In Agronomy. Faculty of Agriculture, University of Tabriz.
- Ghorchiani M, Akbari G, Alikhani HA, Allahdadi I and Zarei M. 2001. Effect of *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* and *Pseudomonas fluorescence Bacterium* on the Ear Traits, Chlorophyll Content and Yield of Zea Maize under Moisture Stress Conditions. Journal Water and Soil Science, 21 (1): 97-117. (In Persian)
- Giri B, Kapoor R and Mukerji KG. 2002. VA mycorrhizal techniques/VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition. In: Mukerji, K.G., Manoracheir, C., and Singh, J. (eds.) Techniques in *mycorrhizal stueies* Kluwer, Dordrecht. Pp. 313-327.

- Glick BR. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Canadian Journal Microbiology*, 41: 109-117.
- Glick BR, Penrose DM and Jiping LI. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentration by plant growth-promoting bacteria. *Journal of Theoretical Biological*, 190: 63-68.
- Habibi D. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria, foliar application of amino acids and silicic acid on yield and yield components of wheat under drought stress conditions. *Journal of Crop Production Research*, 3(1): 71- 87. (In Persian).
- Haghighatnia H, Nadian H, Rejali F and Tavakoli AR. 2013. Effect of Two Species of *Arbuscular-Mycorrhizal* Fungi on Vegetative Growth and Phosphorous Uptake of Mexican Lime Rootstock (*Citrus aurantifolia* L.) Under Drought Stress Conditions. *Seed and Plant Production Journal*, 28 (4): 403-417. (In Persian).
- Han HS and Lee KD. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, 1(3): 210-215.
- Hu L, Wang Z, Du H and Huang B. 2009. Differential accumulation of dehydrins in response to water stress for hybrid and common Bermuda grass genotypes differing in drought tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 167: 103-109.
- Jabbari F and Khaleghnezhad V. 2014. Consideration of some biofertilizers effect on water relations and gas exchange of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 45(1): 53-64. (In Persian).
- Jalili F, Khavazi K and Asadi-Rahmani H. 2011. Effects of *Fluorescent Pseudomonads* with ACC Deaminase Activity on Growth Characteristics of Canola (*Brassica napus* L.) under Salinity Condition *Journal Water and Soil Science*, 21 (2): 175-192. (In Persian).
- Khalid A, Arshad M and Zahir ZA, 2006. Phytohormones: Microbial production and applications, pp. 207-220. In Uphoff N. (eds.), *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. Boca Raton, Florida, USA.
- Khandan-Bejandi T, Seyed-Sharifi R, Sedghi M, Asghari-Zakaria R, Namvar A and Jafari-Moghaddam M. 2010. Effect of plant density, rhizobia and microelements on yield and some of morph physiological characteristics of chickpea. *European Journal of Crop Production*, 3(1): 139-157.
- Khan MS, Zaidi A and Wani PA. 2009. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture: review. *Biomed Life Sciences*, 5: 551-570.
- Khorramdel S, Khochaki A, Nasiri-Mahallati M and Ghorbani R. 2010. Effect of bofertilizer on yield and yield component of nigella seed (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal.of Field Crops Research*, 8(5): 768-766. (In Persian).
- Manafi H, Aliasghar zad N, Neyshabouri MR and Rejali F, 2010. Tolerance to Water Deficit Stress in Tomato Inoculated with *Arbuscular Mycorrhizal* Fungi. *Journal Water and Soil Science*, 22 (2): 97-117. (In Persian).
- Mohammadi A, Bihamta MR and Dorri H. 2010. Effects of factors affecting cooking characteristics and protein content in 15 red bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) under normal irrigation and drought stress conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, (1) (2):143-152. (In Persian).
- Mohammadi M, Malakouti MJ, Khavazi K, Rejali F and Davoodi MH. 2015. The Effect of Bio-fertilizer and Chemical Fertilizers (Phosphate and Zinc) on Yield and Yield Components of Two Cultivars of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Water and Soil*, 29 (1) : 176-187. (In Persian).
- Moradi A, Ahmadi A and HosseinZadeh A. 2008. Agro-Physiological Responses of Mung Bean (cv. Partov) to Severe and Moderate Drought Stress Applied at Vegetative and Reproductive Growth Stages. *Journal of Water and Soil Science*, 12 (45): 659-671. (In Persian).

- Nikolaous N, Angelopoulos K and karagiannidis N. 2003. Effectes of drought stress on *mycorrhizal* and non-*mycorrhizal* cabernet sauvignon grapevine, grafted onto various rootstocks. *Experimental Agriculture*, 39:241-252.
- Oneill PM, Shanahan JF and Schepers JS. 2006. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. *Crop Science Society of Amrica*, 46 (2): 681-687.
- Sadat A, Savaghebi Gh, Rejali F, Farahbakhsh M, Khavazi K and Shirmardi M. 2010. Effects of some *Arbuscular Mycorrhizal* Fungi and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on the growth and yield indices of two wheat varieties in a salinesoil. *Journal of Water and Soil*, 24 (1): 53-62. (In Persian).
- Safapor M, Ardekani MR, Rejali F, KHagani S and Timori M. 2010. Effect of inoculation dual *Mycorrhiza* and *Rhizobium* on yield three varieties of red beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of New Findings in the Agriculture*, 5: 21-35. (In Persian).
- Safapor M K, Hagani S, Amir-Abadi M, Timori M and Kazem-Bzeyan M. 2009. The statistical study of the effects of water stress on phenology and agronomic traits white bean genotypes. *Journal of New Findings in the Agriculture*, 4: 367-378. (In Persian).
- Sar-Abadani-Tafarreshi R, Bihamta MR, Sadat-Shier Z and Shahbazi M. 2013. Effect end season drought stress on yield and some physiological characteristics of some barley cultivars and lines. *Journal of Water Research in Agriculture*, 27(4): 535-549. (In Persian).
- Schutz M and Fangmeir E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO₂ and water limitation. *Environmental Pollution*, 114: 187-194.
- Sobhani A, Shirani AH and Nakhoda B, 1998. Guide book for determining crops Leaf Area Index. Extension booklet. SPII. Bio-technology Research department, P.13. (In Persian).
- Suarez R, Wong A, Ramirez M, Barraza A, Orozco M, Cevallos M, Lara M, Hernandez G and Iturriaga G. 2008. Improvement of drought tolerance and grain yield in common bean by overexpressing trehalose-6-phosphate synthase in rhizobia. *Molecular plant-microb interactions*, 21:958-966
- Vannozi G and Larner F. 2007. Proline accumulation during drought rhizogene in maize. *Journal of Plant Physiology*, 85: 441-467.
- Yano-Melo AM, Saggin OJ and Maia LC. 2003. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa* sp. cv. Pacovan) plantlets to saline stress. *Agriculture Ecosystem Environment*, 95:343-348.
- Zarei M, Paymaneh Z, Ronaghi A, Kamgar-Haghighi AA and Shamsavar A. 2013. Effects of *Arbuscular Mycorrhizal* Fungus on Growth and Physiological Parameters of Rough Lemon Rootstock under Water Deficit Conditions. *Journal of Water and Soil*, 27 (3): 485-494. (In Persian).
- Zang H, Pala M, Oweis Y and Harris H. 2000. Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a mediterranean environment. *Australian Journal of Agricultural Research*, 51: 295-304.