

مقاله علمی-پژوهشی

## تأثیر ریزوبیوم و میکوریزا بر کارایی مصرف آب، غلظت عناصر غذایی کم مصرف و عملکرد لوبیاچیتی تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری

اکبر همتی<sup>۱\*</sup>

### چکیده

مطالعه حاضر با هدف تعیین اثرات باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا آربسکولار بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی کم مصرف در لوبیا چیتی در رژیم‌های متفاوت آبیاری در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده، سه رژیم آبیاری، شامل آبیاری در دامنه‌های ۱۰۰-۹۵، ۸۰-۷۵ و ۶۰-۵۵ درصد آب قابل استفاده در سطوح اصلی و شش تیمار کودهای زیستی شامل، تلقیح بذر با ریزوبیوم سویه‌ی ۱۷۷، تلقیح بذر با ریزوبیوم سویه‌ی ۱۶۰، تلقیح بذر با هر دو سویه‌ی ریزوبیوم ۱۷۷ و ۱۶۰، تلقیح خاکی میکوریزا آربسکولار، تلقیح ترکیبی هر دو سویه‌ی ریزوبیوم و میکوریزا و تیمار شاهد (عدم تلقیح) در سطوح فرعی آزمایش قرار داشت. اثرات کودهای زیستی و رژیم‌های آبیاری در عملکرد و غلظت عناصر غذایی کم مصرف اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد داشتند. بیشترین عملکرد دانه (۲۳۷۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری ۸۰-۷۵ درصد آب قابل استفاده و تلقیح با ریزوبیوم سویه‌ی ۱۶۰ بود. بیشترین غلظت عناصر غذایی آهن، روی، منگنز و مس نیز در تیمار آبیاری ۸۰-۷۵ درصد آب قابل استفاده و مصرف تلفیقی کودهای زیستی به‌دست آمد. این افزایش غلظت برای آهن ۲/۱۴، منگنز ۵/۷، روی ۳/۵ و مس ۳/۳ درصد بود. نتایج نشان داد تلقیح بذر لوبیا با ریزوبیوم و میکوریزا علاوه بر افزایش عملکرد، باعث افزایش پایداری گیاه به خشکی از طریق افزایش غلظت عناصر غذایی در دانه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** تنش خشکی، ریزوبیوم، عناصر غذایی، لوبیا، میکوریزا

### مقدمه

باعث کاهش ۱۰ تا ۱۰۰ درصدی عملکرد در لوبیا می‌شود (Polania et al., 2016). با کاهش رطوبت خاک سرعت عرضه عناصر غذایی به ریشه از راه پخشیدگی و جریان توده‌ای کاهش یافته و در نتیجه فراهمی عناصر غذایی و تغذیه گیاه دشوار می‌شود (Havlin et al., 2004)؛ بنابراین مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش خشکی یکی از راهبردهای مهم در تولید محصولات کشاورزی بوده و گیاهی که خوب تغذیه شده باشد در برابر خشکی پایداری بیشتری خواهد داشت. یکی از راهکارهای افزایش کارایی عناصر غذایی و عملکرد بیشتر در گیاهان در شرایط تنش خشکی بهره‌گیری از توان ریز جانداران خاک است. باکتری‌های ریزوبیوم و قارچ‌های میکوریزای آربسکولار از جمله ریز جانداران خاک هستند که به ترتیب نقش مهمی در تثبیت زیستی نیتروژن و فراهمی آب و مواد غذایی در

بیشترین سطح زیر کشت لوبیا در کشور متعلق به استان فارس با ۲۴ هزار هکتار می‌باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). با توجه به حجم آب مصرفی و کل تولید لوبیا در استان فارس، کارایی مصرف آب آبیاری در این استان کمتر از ۲۰۰ گرم لوبیا در هر مترمکعب آب است (همتی و همکاران، ۱۳۹۶). علاوه بر این در سال‌های خشکسالی، کاهش عملکرد شدیدتر می‌باشد. تنش خشکی بعد از بیماری‌ها دومین عامل مهم کاهش عملکرد در لوبیا است (Rao, 2014). گزارش شده که تنش خشکی

<sup>۱</sup> استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران (\* نویسنده مسئول: a.hemati@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۰

DOR: 20.1001.1.24764531.1399.7.2.13.2

با بهبود این پارامترها اثرات منفی تنش کم‌آبی را کاهش دهند (پیمانان و زارعی، ۱۳۹۲).

نظر به نقش مهم ریزوبیوم در تثبیت نیتروژن و افزایش رشد گیاه که نهایتاً منجر به جذب بیشتر عناصر غذایی از جمله عناصر کم‌مصرف می‌شود و همچنین نقش مهم قارچ‌های میکوریزا در تأمین آب و عناصر غذایی از طریق توسعه ریشه گیاه، اقدام به بررسی تأثیر دو سویه‌ی ریزوبیوم و دو گونه میکوریزا آربوسکولار به صورت مجزا و ترکیبی بر عملکرد، کارایی مصرف آب و غلظت عناصر کم‌مصرف در دانه لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در رژیم‌های متفاوت آبیاری گردید. لذا با توجه به کمبود نزولات آسمانی و فقدان کافی عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک‌های کشور، نتایج این آزمایش در بهبود مدیریت تغذیه لوبیا حائز اهمیت می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت کرت‌های خردشده با طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. در سطوح اصلی تیمارهای رطوبتی شامل S1 آبیاری در دامنه‌های ۹۵-۱۰۰ آب قابل‌استفاده (AW%) (بدون تنش)، S2 آبیاری در دامنه‌ی ۸۰-۷۵ درصد آب قابل‌استفاده (AW%) و S3 آبیاری در ۶۰-۵۵ درصد آب قابل‌استفاده (AW%) بود؛ و در سطوح فرعی تیمارهای کود زیستی به شرح زیر قرار داشت:

T1- مایه‌زنی بذر لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فازئولی سویه‌ی ۱۷۷

T2- مایه‌زنی بذر لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فازئولی سویه‌ی ۱۶۰

T3- مایه‌زنی خاک با قارچ میکوریز آربوسکولار شامل گونه‌های *Rhizophagus irregularis* و *Funneliformis mosseae*

T4- تیمار اول + تیمار دوم

T5- تیمار اول + تیمار دوم + تیمار سوم

T6- عدم تلقیح (کنترل)

باکتری و قارچ مورد استفاده از بخش تحقیقات بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب تأمین گردید. جهت تلقیح بذر لوبیا

زراعت لوبیا دارند (Elkoca et al., 2010; Smith et al., 2010). به نظر می‌رسد بهره‌گیری از این ریز جانداران در زراعت لوبیا خصوصاً در مناطق خشک، باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب و عملکرد می‌شود. در یک آزمایش تأثیر چهار سویه‌ی باکتری ریزوبیوم در عملکرد لوبیاچیتی در سه سطح آبیاری ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد بیشترین عملکرد دانه به غلظت ۳۰۶۶ کیلوگرم در هکتار با آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و مایه‌زنی با سویه‌ی باکتری ریزوبیوم گونه‌ی ۱۶۰ به دست آمد (Hemmati and Feizian., 2014).

تلقیح ترکیبی باکتری‌های ریزوبیوم و باسیلوس‌ها، علاوه بر تثبیت نیتروژن، چون در فیزیولوژی و ریخت‌شناسی ریشه گیاهان مایه‌زنی شده تأثیرگذار هستند موجب رشد و افزایش جذب عناصر غذایی می‌گردند. این پیامدهای تحریک‌کنندگی رشد عمدتاً به دلیل تولید فیتوهورمون‌های محدودکننده رشد قارچ‌های پاتوژن، تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، سیدروفورها و یونوفورها است. این باکتری‌ها قادرند حتی در شرایط تنش خشکی نسبت به جذب عناصر غذایی اقدام نمایند (Figueriedo et al., 2008). مایه‌زنی لوبیا با سویه‌های باکتری ریزوبیوم منجر به افزایش جذب ۷۰، ۲۶، ۳۸ و ۳۰ درصدی به ترتیب نیتروژن، آهن، منگنز و مس شده است (یحیی‌آبادی و اسدی رحمانی، ۱۳۸۴).

علاوه بر باکتری‌های ریزوبیوم، از قارچ‌های میکوریز آربوسکولار برای مقابله با تنش‌های کم‌آبی در بسیاری از گیاهان استفاده می‌شود. به این ترتیب که رابطه همزیستی میکوریزی از طریق اجتناب از خشکی، افزایش جذب عناصر فسفر و سایر عناصر ضروری برای رشد و توسعه گیاه، آن‌ها را در مقابل تنش حفظ می‌کند (Auge, 2001). در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی، قارچ‌های میکوریز گلوبوس موسه و گلوبوس ورسیفرم بر درصد کلنیزاسیون ریشه، وزن ماده خشک اندام هوایی و ریشه، جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، آهن، روی، منگنز و مس در اندام هوایی و ریشه اثرات مثبت داشته‌اند. نتایج نشان داد که قارچ‌های میکوریز آربوسکولار می‌توانند

تیمار موردنظر، حجم آب آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه‌ای به‌وسیله روابط فوق‌الذکر، محاسبه و به‌وسیله سیفون تأمین گردید. لذا زمان آبیاری تیمارهای آبیاری، بسته به رطوبت خاک متفاوت بود.

در زمان برداشت عملکرد دانه، غلظت عناصر غذایی آهن، منگنز، روی و مس در دانه لوبیا به روش اکسیداسیون خشک (Walinga et al., 1995) با دستگاه جذب اتمی Shimadzu مدل ۶۷۰ اندازه‌گیری گردید. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطوح احتمال یک و پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد.

## نتایج و بحث

### ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک

همان‌طور که در جدول یک ملاحظه می‌شود خاک محل آزمایش غیر شور بوده و از نظر اسیدیته در محدوده خنثی و کمی قلیایی است. درصد مواد آلی آن کم و آهکی است. عناصر غذایی پر نیاز و کم‌نیاز آن به‌جز منگنز کمتر از حد بحرانی آن‌ها است. حد بحرانی این عناصر به ترتیب برابر ۱۵، ۳۰۰، ۱، ۸، ۱۰ و ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک برای فسفر، پتاسیم، مس، منگنز، آهن و روی گزارش شده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

### فراوانی ریزوبیوم بومی خاک

گرچه ریزوبیوم عموماً به‌صورت همزیست در گره‌های موجود در ریشه وجود دارند، ولی ایجاد همزیستی مؤثر منوط به وجود باکتری‌های آزاد زی در خاک می‌باشد. در صورت فقدان کافی باکتری و یا عدم فعال بودن باکتری، تلقیح الزامی است. لذا با تعیین جمعیت ریزوبیوم در خاک، دورنمایی از همزیستی و یا عدم ایجاد همزیستی حاصل می‌گردد. خاک محل آزمایش دارای  $7/4 \times 10^2$  باکتری در یک گرم بود. فراوانی باکتری‌ها در خاک به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بستگی دارد لذا عدد استاندارد بین‌المللی برای آن ارائه نشده است. در موسسه

غلظت دو کیلوگرم زاد مایه‌ی باکتری ریزوبیوم به ازای ۲۰۰ کیلوگرم بذر لوبیاچیتی استفاده شد. زادمایه قارچ (مخلوط هر دو گونه) که به فرم جامد بود در بستر بذر روی خاک قرار گرفت (ساجدی و رجالی، ۱۳۹۰). برای این منظور در زمان کاشت، غلظت زادمایه قارچ موردنیاز بر مبنای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، توزین و در شیارهایی که برای این منظور تهیه‌شده بود پاشیده و بذر روی آن قرار گرفت. پس از کاشت بذر، شیارهای ایجادشده با خاک پوشانده و اقدام به آبیاری گردید.

آزمایش دارای ۱۸ تیمار و چهار تکرار بود که طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ اجرا گردید. هر کرت شامل چهار ردیف کشت به طول پنج‌متر و فاصله بین هر ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین دو بوته در هر ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. به‌منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، بین هر کرت یک متر و بین تیمارهای اصلی ۱/۵ متر و بین تکرارها نیز سه متر فاصله نکاشت بود. بذر مصرفی لوبیاچیتی رقم صدری بود. برای شمارش کل باکتری-های ریزوبیوم در نمونه خاک از روش معمولی سری رقت استفاده شد (Kucy, 1983). تا زمان پاگیری کامل گیاه (مرحله ۲ برگی) آبیاری همه کرت‌ها به‌صورت یکنواخت انجام شد و حجم آب مصرفی اندازه‌گیری شد. بر اساس معادله یک، با اندازه‌گیری رطوبت وزنی و رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای خاک، حجم آب موردنیاز هر تیمار برای رسانیدن عمق توسعه ریشه به حد ظرفیت زراعی تعیین گردید.

$$In = \frac{(FC - Mt) \times D \times b}{100} \quad (1)$$

که در آن In: عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، FC: رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (میلی‌متر)، Mt: رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری (میلی‌متر)، D: عمق ریشه (میلی‌متر)، B: جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) می‌باشد.

با اندازه‌گیری رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (FC) و رطوبت در نقطه پژمردگی (PWP) به‌وسیله صفحات تحت فشار، مقدار آب قابل‌دسترس (AW) تعیین گردید. با پایش روزانه رطوبت خاک در تیمارهای آبیاری، به‌محض رسیدن رطوبت خاک به دامنه

نظر میرسد برای ایجاد همزیستی مناسب بین باکتری و ریشه گیاه، مایه‌زنی بذر لوبیا با این باکتری ضروری است.

تحقیقات خاک و آب کشور، ملاک پذیرش یک کود زیستی وجود  $1 \times 10^5$  (CFU/gr) است. با توجه به این موضوع، فراوانی ریزوبیوم بومی در خاک محل آزمایش زیاد نبوده لذا به

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک محل آزمایش

بافت خاک	شن	رس	سیلت	کربن آلی	مواد خنثی شونده	اشباع رطوبتی	واکنش گل اشباع	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
لوم	۴۱/۶	۲۵/۶	۳۲/۸	۰/۴۷	۳۴	۴۱	۷/۷	۰/۸
جمعیت ریزوبیوم خاک	مس قابل استفاده	بر قابل استفاده	منگنز قابل استفاده	روی قابل استفاده	آهن قابل استفاده	پتاسیم قابل استفاده	فسفر قابل استفاده	
(cfu/g)	(میلی گرم در کیلوگرم)							
$7/4 \times 10^2$	۰/۶۶	۰/۴۸	۸/۹	۱/۶	۷/۲	۲۴۰	۸/۸	

درصدی عملکرد در شرایط تنش آبی نسبت به شاهد شده است. ریزوبیوم با تثبیت نیتروژن و افزایش رشد گیاه شرایط جذب بهتر عناصر غذایی را در ریزوسفر فراهم می‌نماید لذا عملکرد گیاه کمتر تحت تأثیر تنش آبی قرار می‌گیرد ( Suarez et al., 2008). باکتری‌ها تغییرات فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی زیادی در گیاهان ایجاد نموده که سبب افزایش پایداری به خشکی می‌شوند. طولانی شدن رشد رویشی و تأخیر زمان گل‌دهی که افزایش بیوماس را به دنبال دارد از جمله این تغییرات است (Bresson et al., 2013). افزایش عملکرد لوبیا توسط باکتری‌های ریزوبیومی در شرایط تنش خشکی توسط محققان دیگر گزارش شده است ( Stajkovic et al., 2011; Wollum, 1982).

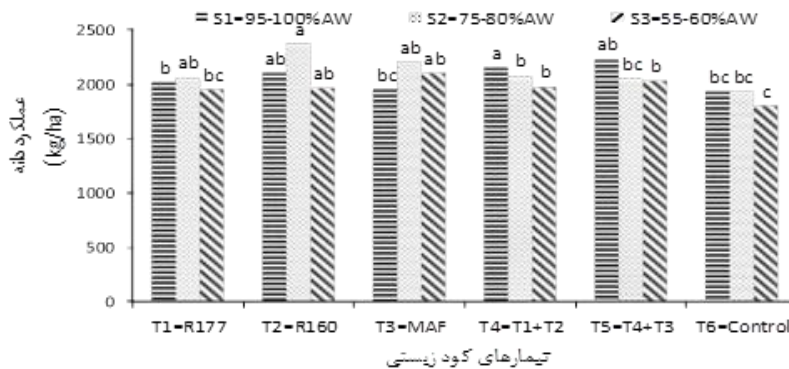
### تأثیر تیمارهای آزمایش در عملکرد دانه لوبیا

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمایش (جدول ۲) اثرات تیمارهای آبیاری و کودهای زیستی (باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزی) در عملکرد دانه در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشترین مقدار عملکرد دانه در مجموع دو سال در آبیاری متوسط ( $S_2$ ) و استفاده از باکتری ریزوبیوم سویه-ی ۱۶۰ ( $T_2$ ) به مقدار ۲۳۷۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۱). حصول بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری متوسط (۸۰-۷۵ درصد آب قابل استفاده) مبین توانایی کارکرد سویه‌های باکتری ریزوبیوم استفاده‌شده در شرایط رطوبتی کم خاک است. گزارش شده که مایه‌زنی لوبیا با ریزوبیوم باعث افزایش ۵۰

جدول ۲- میانگین مربعات عملکرد، کارایی مصرف آب و غلظت عناصر کم‌مصرف در دانه لوبیا تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

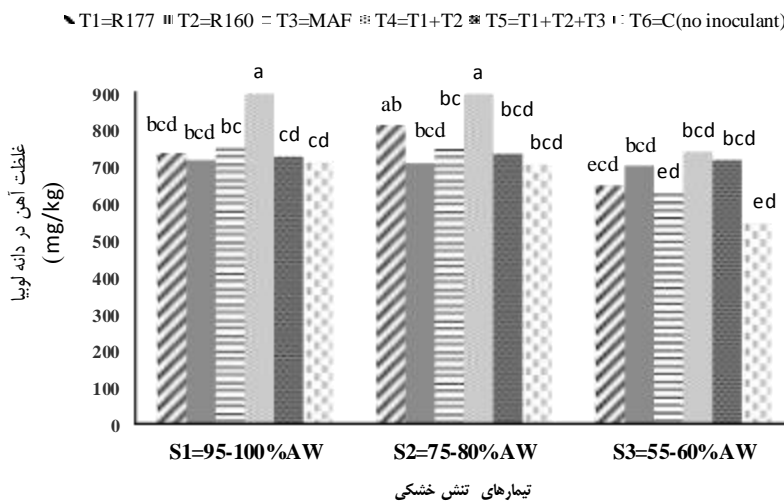
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	کارایی مصرف آب	آهن	منگنز	روی	مس
سال (Y)	۱	$ns_{30.4336}$	$ns_{52967}^{**}$	$ns_{58564}^{**}$	$ns_{3520/44}^{**}$	$ns_{49}$	$ns_{2/5}$
خطای سال	۶	۲۹۹۶۱۲	۵۱/۶	۲۶۱/۷۷	۶۸/۲۴	۵۵/۰۱	۴/۳۵
آبیاری (A)	۲	$ns_{348327}^*$	$ns_{2897}^{**}$	$ns_{2771/17}^{**}$	$ns_{352/11}^{**}$	$ns_{16/09}^*$	$ns_{4}^*$
سال×تنش خشکی	۲	$ns_{2709855}^{**}$	$ns_{97}$	$ns_{13311}^{**}$	$ns_{211/36}^*$	$ns_{32/77}^*$	$ns_{0/46}$
خطا	۱۲	۳۴۷۸۱۹	۶۱/۵	۳۵۶/۴۵	۳۸/۳۹	۱۱/۰۶	۰/۸۱
کود زیستی (B)	۵	$ns_{278551}^*$	$ns_{116}$	$ns_{198475}^{**}$	$ns_{89/67}^*$	$ns_{1/56}$	$ns_{0/15}$
سال×کود زیستی	۵	$ns_{6096}$	$ns_{37}$	$ns_{18681/08}^{**}$	$ns_{60/14}$	$ns_{4/83}$	$ns_{0/12}$
تنش خشکی×کود زیستی	۱۰	$ns_{160971}$	$ns_{63}^*$	$ns_{12643/2}^{**}$	$ns_{60/35}$	$ns_{2/98}$	$ns_{0/42}$
سال×تنش×کود	۱۰	$ns_{237382}$	$ns_{58}^*$	$ns_{14592/6}^{**}$	$ns_{81/53}$	$ns_{2/97}$	$ns_{0/08}$
خطا	۹۰	۲۱۰۹۵۵	۶۸	۴۶۸/۵۶	۴۳/۳۳	۶۸/۷۵	۰/۶۷
ضریب تغییرات (%) C.V		۲۱/۹	۷/۵	۱۸/۳	۱۷/۸	۱۱/۶	۱۱/۲

ns و \*\* و \*\*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد و غیر معنی‌دار



شکل ۱- اثرات متقابل تیمارهای کود زیستی و تنش خشکی در عملکرد دانه لوبیا

(ریزوبیوم گونه‌ی R177=۱۷۷، ریزوبیوم گونه‌ی R160=۱۶۰، قارچ میکوریزا آربوسکولار AMF=، تیمار شاهد T6=، آبیاری در دامنه ۱۰۰ تا ۹۵ درصد آب قابل استفاده S1=، آبیاری در دامنه ۸۰ تا ۷۵ درصد آب قابل استفاده S2=، آبیاری در دامنه ۶۰ تا ۵۵ درصد آب قابل استفاده S3=).



شکل ۲- اثرات متقابل تیمارهای کود زیستی و تنش خشکی در غلظت آهن دانه لوبیا

اختلاف معنی‌دار است. بیشترین کارایی مصرف آب به غلظت ۴۰۵ گرم بر مترمکعب مربوط به تیمار T2 و کمترین کارایی به غلظت ۳۴۶ گرم بر مترمکعب متعلق به تیمار T6 بود. در مجموع تیمار تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم سویه‌ی ۱۶۰ و آبیاری در محدوده ۵۵ تا ۶۰ درصد آب قابل استفاده (S3T2) با کارایی ۵۲۲ گرم بر مترمکعب بیشترین کارایی و تیمار عدم تلقیح (شاهد) و آبیاری در ۵۵ تا ۶۰ درصد آب قابل استفاده (S3T6) با کارایی ۲۹۳ گرم بر مترمکعب، کمترین کارایی آب آبیاری را داشتند.

### تأثیر تیمارهای آزمایش در کارایی مصرف آب آبیاری

تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایش در کارایی مصرف آب (جدول ۲) نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر کارایی مصرف آب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بود. در تیمارهای آبیاری بیشترین کارایی به غلظت ۴۵۵ گرم بر مترمکعب مربوط به تیمار S3 بود. کارایی مصرف آب در تیمارهای S2 و S3 به ترتیب برابر ۳۵۹ و ۳۰۱ گرم بر مترمکعب به دست آمد. مقایسه میانگین تیمارهای کودی در آزمون دانکن نشان داد بین تیمارها از نظر مصرف آب در سطح پنج درصد

های ریزوبیوم و قارچ‌های میکوریزای در شرایط تنش خشکی غلظت منگنز در دانه لوبیا افزایش یافته است. غلظت افزایش منگنز دانه نسبت به تیمار شاهد ( $T_6$ ) ۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. افزایش جذب عناصر کم‌نیاز مانند منگنز توسط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار را به پتانسیل ریداکس پایین‌تر در ریزوسفر، افزایش ترشحات کلات کننده و کاهش بیشتر واکنش خاک در ریزوسفر گیاهان دارای قارچ نسبت به گیاهان بدون قارچ مرتبط دانسته‌اند (Wang et al., 2007). کم‌آبی موجب کاهش تعداد انشعابات و آسیب در شکل ریشه شده، لذا جذب عناصر غذایی توسط ریشه کاهش یافته که نهایتاً کاهش عملکرد گیاه را به دنبال دارد. میکوریزای به دلیل داشتن هیف‌های با قطر کوچک‌تر از ریشه، در منافذ ریز خاک وارد شده و رطوبت و عناصر غذایی خاک را جذب می‌کنند (Smith and Read, 2008). باکتری‌ها نیز همانند قارچ‌ها، باعث افزایش وزن توده ریشه‌ها، افزایش رشد طولی و انشعابات فرعی، تولید ریشه‌های نازک‌تر و افزایش تولید تارهای کشنده شده و در نتیجه افزایش سطح سیستم ریشه‌ای، جذب آب و عناصر غذایی افزایش می‌یابد (Elkoca et al., 2010).

### روی

بیشترین غلظت روی در دانه برابر ۲۶/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار مصرف تلفیقی باکتری‌های ریزوبیوم و قارچ میکوریز در شرایط تنش خشکی متوسط ( $S_2T_3$ ) بود. کمترین غلظت روی نیز برابر ۲۴/۱ میلی‌گرم در تیمار تلقیح سویه‌ی ریزوبیوم ۱۶۰ در شرایط تنش خشکی زیاد ( $S_3T_2$ ) بود. این نتایج مبین کاهش غلظت روی با افزایش تنش خشکی و افزایش غلظت آن در صورت استفاده از باکتری‌های ریزوبیوم و قارچ میکوریز آربوسکولار در شرایط بدون تنش خشکی و یا تنش متوسط است (شکل‌های ۳ الف و ب). در خصوص علت افزایش غلظت روی در دانه لوبیا توسط ریزوبیوم و میکوریزای باید به این نکته توجه نمود که وقتی تعامل بین میکوریزای با ریزوبیوم اتفاق می‌افتد، زیست‌فراهمی عناصر غذایی در ریزوسفر گیاهان افزایش می‌یابد و این تعامل نقش مؤثری در غنی‌سازی

در این آزمایش به‌طور متوسط حجم آب کاربردی در دو سال آزمایش برابر ۱۵۸۴۳، ۱۲۶۴۰ و ۱۱۱۶۱ مترمکعب در طول فصل رشد به ترتیب در تیمارهای آبیاری  $S_1, S_2, S_3$  بود. افزایش کارایی کاربرد آب در شرایط تنش خشکی زیاد ( $S_3$ ) در برابر تنش‌های خشکی کم ( $S_2$ )، به دلیل کاهش مصرف آب آبیاری و افزایش عملکرد دانه به‌واسطه استفاده از ریزوبیا بوده است. در مجموع دو سال حجم آب آبیاری در تیمار تنش خشکی زیاد ( $S_3$ ) برابر ۱۱۱۶۱ مترمکعب در هکتار بود که نسبت به تیمارهای  $S_2$  و  $S_1$  به ترتیب ۱۸ و ۲۸ درصد کمتر بود. کاربرد آب کمتر در شرایطی که کاهش عملکرد دانه وجود نداشته باشد منجر به افزایش کارایی مصرف آب آبیاری می‌گردد. در همین راستا گزارش شده که استفاده از ریزوبیا در شرایط تنش خشکی باعث افزایش عملکرد و نهایتاً کارایی آب مصرفی شده است (Bresson et al., 2013).

### تأثیر تیمارهای آزمایش در غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف در دانه لوبیا آهن

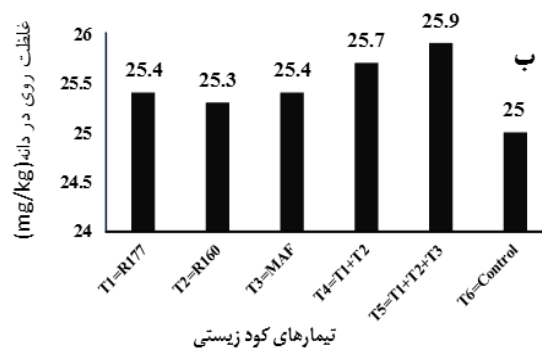
بر اساس نتایج این پژوهش، بیشترین غلظت آهن در دانه لوبیا در تیمار تنش خشکی متوسط ( $S_2$ ) بود ولی با افزایش شدت تنش، غلظت آهن در دانه لوبیا کاهش یافت (شکل ۲). افزایش آهن در دانه لوبیا به‌واسطه کاربرد کودهای زیستی (میکوریزا آربوسکولار و ریزوبیوم) برابر ۲۱/۴ درصد بود. به‌نظر می‌رسد قارچ‌های میکوریز علاوه بر توسعه هیف‌ها از طریق ترشح انواعی از سیدروفورها و کلاته کردن آهن توانسته‌اند جذب و انتقال آهن را افزایش دهند (Wang et al., 2007).

### منگنز

کمترین و بیشترین غلظت منگنز در دانه به‌ترتیب برابر ۳۱/۷ و ۴۳/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که توسط تیمارهای  $S_3T_2$  و  $S_1T_4$  حاصل شده‌اند. نتایج این آزمایش نشان داد در فقدان کودهای زیستی با افزایش شدت تنش خشکی غلظت منگنز دانه لوبیا کاسته شده است. ولی با کاربرد تلفیقی باکتری-

گیاهان با قارچ میکوریزا و باکتری سودوموناس باعث تبدیل بیشتر روی از شکل باقیمانده با فراهمی کمتر به شکل‌های تبدیلی، کرناتی و آلی شده است (Subramanian et al., 2009).

عناصر غذایی در گیاهان دارد (Barea et al., 2002). ترشح اسیدهای آلی و اسیدهای آمینه توسط میکوریزای و ریزوبیوم باعث کاهش pH خاک و نهایتاً افزایش فراهمی روی در خاک می‌شود (Hinsinger et al., 2003). گزارش شده که تلقیح



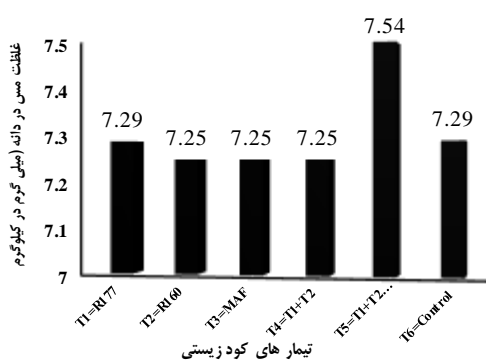
شکل ۳- اثر تیمارهای تنش خشکی (الف) و کودهای زیستی (ب) در غلظت روی دانه لوبیا

مس در دانه لوبیا نسبت به تیمار کنترل (عدم مایه‌زنی) شده است.

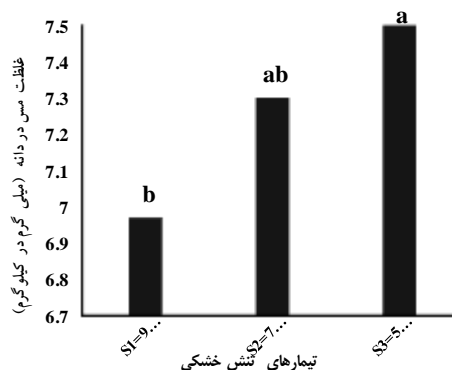
در همین راستا گزارش شده کاربرد تلفیقی باکتری‌های ریزوبیوم و باسیلوس، غلظت مس اندام هوایی لوبیا را حدود ۳۶۵ درصد و مس دانه را حدود ۳۶۶ درصد نسبت به تیمار کنترل (عدم مایه‌زنی) افزایش داده است (Elkoca et al., 2010).

#### مس

نتایج این آزمایش نشان داد با افزایش تنش خشکی غلظت مس در لوبیا برخلاف آهن، منگنز و روی افزایش یافته است (شکل ۵). استفاده تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا (تیمار T5) غلظت مس در دانه لوبیا را افزایش داده است (شکل ۴). نتایج این آزمایش نشان داد کاربرد ریزوبیوم سویه‌های R177 و R160 همراه با میکوریزای آربوسکولار منجر به افزایش ۳/۳ درصدی



شکل ۵- اثر تیمارهای تنش خشکی در غلظت مس دانه لوبیا



شکل ۴- اثر تیمارهای کود زیستی در غلظت مس دانه لوبیا

- Auge, R. M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*. 11:3-42.
- Barea, JM., Azcon, R. and Azcon-Aguilar, C. 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antoine van Leeuwenhoek*. 81: 343-351.
- Bresson, J., Varoquaux, F., Bontpart, T., Touraine, B. and Vile, D. 2013. The PGPR strain *Phyllobacterium brassicacearum* STM196 induces a reproductive delay and physiological changes that result in improved drought tolerance in *Arabidopsis*. *New Phytologist*. 200: 558-569.
- Elkoca, E., Turan, M. and Figen Donmez, M. 2010. Effects of single, dual and triple inoculation with *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseoli* on nodulation, nutrition, nutrient uptake, yield yield parameters of common bean. *Journal of Plant Nutrition*. 33(14): 2104-2119.
- Figueiredo, M., Burity, H A., Martinez, C R. and Chanway, C. 2008. Alleviation of drought stress in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L) by co-inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Rhizobium tropici*. *Applied soil ecology* 40: 18 2 – 18 8.
- Havlin, J L., Beaton, J D., Tisdale, S L. and Nelson, W. L. 2004. *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management*. Sixth Ed. Prentice Hall, New Jersey USA.
- Hemmati, A. and Feizian, M. 2014. Improvement of drought tolerance and grain yield in common bean by *Rhizobium* strains. 9<sup>th</sup> International Soil Science Congress on "The Soul of Soil and Civilization", 14-16 October. 2014. Side. Antalya Turkey.
- Hinsinger, P., Plassard, C., Tang, C. and Jaillard, B. 2003. Origins of root-induced pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: a review. *Plant Soil*. 248: 43-59.
- Kucey, R. M. N. 1983. Phosphate solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. *Canadian Journal Soil Science*. 63: 671-678.
- Polania, j., Poschenneder, C., Rao I. and Beebe S. 2016. Estimation of phenotypic variability in symbiotic nitrogen fixation ability of common bean under drought stress using 15N natural abundance in grain. *European Journal of Agronomy*. 79: 66-73.

## نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و غلظت عناصر غذایی در تیمارهای بدون تلقیح شده است. درحالی که تلقیح بذر با ریزوبیوم و میکوریزای توانست از طریق افزایش غلظت عناصر غذایی کم مصرف در دانه لوبیا، بیشترین مقدار عملکرد (۲۳۷۱ کیلوگرم در هکتار) در تنش خشکی متوسط (S<sub>2</sub>) حاصل نماید. لذا برای حصول بیشترین مقدار عملکرد در شرایط تنش خشکی، توصیه می شود نسبت به تلقیح بذر لوبیاچیتی به مقدار دو کیلوگرم زاد مایه ریزوبیومی و کاربرد خاکی ۱۵۰ کیلوگرم مایه تلقیح پودری میکوریزای در هر هکتار در زمان کشت اقدام گردد.

## منابع

- احمدی، ک، عبادزاده، ح.ر، عبدشاه، ه، کاظمیان، آ. و رفیعی، م. ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی. جلد اول. محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۱۲۴ص.
- پیمان، ز. و زارعی، م. ۱۳۹۲. اثر قارچ های میکوریز آربسکولار بر رشد و جذب عناصر غذایی پایه نارنج در شرایط تنش کم آبی. *مجله زیست شناسی خاک*. ۲۴-۱۳: (۱)
- ساجدی، ن. ع. و رجالی، ف. ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی، کاربرد روی و تلقیح میکوریز بر جذب عناصر کم کاربرد در ذرت. *مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)*. ۹۲-۸۳: (۲): ۲۵
- ملکوتی، م. ج، مشیری، ف، غیبی، م. ن. و مولوی ص. ۱۳۸۴. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی، نشریه فنی شماره ۴۰۶ موسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران، ایران. ۲۰ص.
- همتی، ا، فیضیان، م، اسدی رحمانی، ه. و عزیزی، خ. ۱۳۹۶. اثرات باکتری های ریزوبیومی (*Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*) و قارچ های میکوریز آربسکولار (AMF) در جذب عناصر غذایی و عملکرد لوبیاچیتی در شرایط تنش خشکی. پایان نامه دوره دکتری. دانشگاه لرستان. خرم آباد. ایران. ۱۷۰ص.
- یحیی آبادی، م. و اسدی رحمانی، ه. ۱۳۸۴. مطالعه اثر سویه های مختلف ریزوبیوم بر جذب عناصر ریزمغذی در گیاه لوبیا. *نهمین کنگره علوم خاک ایران*. ص ۳۵-۳۴.



- Rao, I.M. 2014. Advances in improving adaptation of common bean and Brachiaria forages grasses to abiotic stress in tropics, In: Pessarack M., editor. Handbook of plant and Crop Physiology, CRC Press. Taylor and Francis Group. Boca Raton, 847-889.
- Smith, S. E. and Read D. J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London.
- Smith, S E., Facelli, E. and Pope, S. 2010. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. Plant Soil. 326: 3-20.
- Stajkovic, O., Delic, D., Josic, D., Kuzmanovic, D., Rasulic, N. and Kenezevic, J. 2011. Improvement of common bean growth by co-inoculation with Rhizobium and plant growthpromoting bacteria. Romanian Biotechnological Letters. 16(1): 5919-5926.
- 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.
- Subramanian, K.S., Tenshia, V., Jayalakshmi, K. and Ramachandran, V. 2009. Biochemical changes and zinc fractions in arbuscular mycorrhizal fungus (Glomus intraradices) inoculated and uninoculated soils under differential zinc fertilization. Applied Soil Ecology. 43: 32-39.
- Venkateswarlu, B., Maheswari, M. and Karan, N.S. 1999. Effects of water deficits on N<sub>2</sub> (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) fixation in cowpea and groundnut. Plant and Soil. 114:69-74.
- Walinga, I.W., Van der Lee, J.J., Houba, V.J.G., Van Vark, W. and Novozamsky, I. 1995. Plant Analysis Manual. Springer Netherlands. 257 P
- Wang, M.Y., Xia, R.X., Hu, L.M., Dong, T. and Wu, QS. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate iron deficient chlorosis in Poncirus trifoliata L. RAF under calcium bicarbonate stress. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 82(5):776-780.
- Wollum, A. G. 1982. Cultural methods for soil microorganisms, P 781-801. In: A. L. Page (ed.). Methods of soil Analysis. Part 2. American Society Agronomy and Soil Science Society American. Madison.

## Effect of Rhizobium and Arbuscular Mycorrhiza on Water Use Efficiency, Micronutrients Concentration and Yield of Common Bean under Different Irrigation Regimes

A. Hemmati\*

### Abstract

Current study was carried out by the aim of investigating the effect of rhizobium bacteria and arbuscular mycorrhiza fungi on yield and micronutrients concentration on bean under different irrigation regimes in 2016 and 2017 years. In a split plots design, the three regimes irrigation,  $S_1= 95-100\%$  available water(AW),  $S_2= 75-80\%$  AW and  $S_3= 55-60\%$  AW were assigned to main plots and six bio-fertilizers, including  $T_1= Rhizobium leguminosarum$  bv. Strain of 177 and  $T_2= Rhizobium leguminosarum$  bv. strain of 160 used for seed inoculation,  $T_3= Arbuscular$  mycorrhizal (*Funneliformis mosseae* and *Rhizophagus irregularis*) used for soil inoculation,  $T_4= T_1+T_2$ ,  $T_5= T_1+T_2+T_3$  and  $T_6=$  control were randomized to subplots. There were significant differences ( $p<0.05$ ) in yield and micronutrients concentration under irrigation regimes and bio fertilizers treatments. Highest grain yield ( $2371 \text{ kg ha}^{-1}$ ) was obtained in irrigation on 75-80 % available water and 160 Rhizobium inoculated treatment. The highest concentration of Fe, Mn, Zn and Cu in seed plant were in irrigation on 75-80% available water and co-inoculated treatment. The addition of Fe, Mn, Zn and Cu concentrations were, 21.4 %, 5.7%, 3.5% and 3.3% respectively than control treatment. These results suggest that inoculation of seed bean by Rhizobium and mycorrhiza, can improve yield and resistance to drought stress by increasing of micronutrients concentration in seed bean plant.

**Keywords:** Bean, Drought Stress, Mycorrhiza, Nutrient, Rhizobium

---

<sup>1</sup> Assistant Profesor, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran (\* Corresponding Author Email: a.hemati@areeo.ac.ir)

Received: 28 January 2021

Accepted: 10 March 2021