

## تأثیر قارچ میکوریزا و کود زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی

رقیه تنهایی<sup>۱</sup>، علیرضا یدوی<sup>۲\*</sup>، محسن موحدی دهنوی<sup>۲</sup>، امین صالحی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۲۰

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۲- دانشیار، استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

\*.مسئول مکاتبه: E-mail: Yadavi@yu.ac.ir

### چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه یاسوج اجرا گردید. آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح شاهد، قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی تا شروع نیام‌دهی و قطع آبیاری در مرحله شروع نیام‌دهی تا رسیدگی و کودهای زیستی به عنوان عامل فرعی در چهار سطح شاهد، کاربرد فسفات بارور<sup>۲</sup>، کاربرد قارچ میکوریزا و استفاده تلفیقی قارچ میکوریزا و فسفات بارور<sup>۲</sup> به کار برده شدند. بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ، تعداد دانه در نیام و عملکرد زیستی به ترتیب در تیمارهای بدون قطع آبیاری و تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا نیام‌دهی به دست آمد. بیشترین تعداد دانه در نیام (۳/۹۱)، شاخص سطح برگ (۳/۲۹) و عملکرد بیولوژیک ۶۹۷۳/۹ کیلوگرم در هکتار در تیمار تلفیقی کاربرد میکوریزا و فسفات بارور<sup>۲</sup> و کمترین آنها به ترتیب ۳/۰۶، ۲/۷۱ و ۵۷۲۹/۷ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد بدون کاربرد کود زیستی به دست آمد. مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و کود زیستی بر عملکرد دانه نشان داد که در هر سه سطح آبیاری (شاهد، قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و نیام‌دهی) بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به کاربرد تلفیقی میکوریزا و فسفات بارور<sup>۲</sup> بود و کم‌ترین مقدار عملکرد دانه نیز از تیمار شاهد عدم کاربرد کود زیستی بدست آمد. نتایج نشان داد کاربرد کودهای زیستی تا حدودی اثرات تنش خشکی ناشی از قطع آبیاری را در لوبیا قرمز کاهش دادند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، کود زیستی، عملکرد دانه، لوبیا، میکوریزا

## Effects of Mycorrhizal Fungi and Biofertilizer on Yield and Yield Components of Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Drought Stress Conditions

Roghayeh Tanhaei<sup>1</sup>, Alireza Yadavi<sup>2\*</sup>, Mohsen Myahhedi Dehnavi<sup>2</sup>, Amin Salehi<sup>2</sup>

Received: July 3, 2017 Accepted: July 11, 2018

1-MSc Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Iran.

2-Assoc. Prof., and Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Iran.

\*Corresponding Author Email: Yadavi@yu.ac.ir

### Abstract

In order to study the effects of mycorrhizal fungi and biofertilizers on yield and yield components of red bean under water stress conditions, this experiment was conducted as split plots based on randomized complete block design with three replications at Agriculture Research Station of Yasouj University. Irrigation as the main plot at three levels, without irrigation cut, irrigation cut off at the beginning of flowering to the start of podding, and irrigation cut off at the beginning of the podding to the maturity, and biological fertilizers as the sub plot at four levels as control, use of Phosphate Barvar2, use of Mycorrhiza and the combined use of them were used. The highest and lowest leaf area index, seed number per pod and biological yield were obtained in treatments without irrigation cutting and irrigation cutting at flowering to podding stage, respectively. The highest number of seeds per pod (3.91), leaf area index (3.29) and biological yield (6973.99 kg.ha<sup>-1</sup>) were observed in the combined application of mycorrhiza and Phosphate Barvar2 and the lowest, respectively as 3.06, 2.71 and 572.77 kg.ha<sup>-1</sup> was achieved in the control. Mean comparison interaction of irrigation and biofertilizer on grain yield showed that in all three levels of irrigation, the highest and lowest of grain yield related to the combined application of mycorrhiza and Phosphate Barvar 2 and control (non biological fertilizer) respectively. The results showed that the use of mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacterium reduced the effects of water stress by irrigation cuttings in red beans.

**Keywords:** Bean, Biofertilizers, Drought Stress, Grain Yield, Mycorrhiza

### مقدمه

کم درآمد اهمیت بسیاری دارند. در این میان لوبیا معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) مهمترین لگو م خوراکی به خصوص در کشورهای در حال توسعه است. در میان متغیرهای محیطی کمبود آب یکی از علل اصلی کاهش عملکرد در گیاهان در سراسر جهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب میشود. گزارش

حبوبات پس از غلات، دومین منبع غذایی انسانها می باشد، که از ارزش غذایی زیادی برخوردار بوده و از جمله اصلی ترین منابع غذایی سرشار از پروتئین به شمار می روند که با دارا بودن ۱۸ الی ۲۳ درصد پروتئین در مقایسه با پروتئین های حیوانی، بویژه در تغذیه افراد

سفر بر عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه لوبیا تحت تاثیر تنش خشکی بود.

### مواد و روش

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج واقع در ۴ کیلومتری شهرستان یاسوج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۸۷۰ متری از سطح دریا در خرداد ۱۳۹۴ اجرا شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. در این آزمایش آبیاری در سه سطح شاهد عدم قطع آبیاری، قطع آبیاری در مرحله‌ی شروع گلدهی تا شروع نیام‌دهی و قطع آبیاری در مرحله‌ی شروع نیام‌دهی تا رسیدگی و کودهای زیستی به عنوان عامل فرعی در چهار سطح عدم استفاده از کودهای زیستی (شاهد)، کاربرد فسفات بارور ۲، کاربرد قارچ میکوریزا و استفاده تلفیقی میکوریزا و فسفات بارور ۲ به کار برده شدند. کود زیستی بارور ۲ از شرکت زیست فناور سبز تهیه شد. میزان مصرف این کود ۱۰۰ گرم در هکتار است و این کود به صورت بذر مال (تلقیح بذری) استفاده شد. قارچ میکوریزا گونه *Glomus mosseae* از شرکت تولیدی زراعی ارگانیک همدان تهیه شده به صورت تماس مستقیم با بذر و در زیر بذر و به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد.

عملیات تهیه زمین در اواخر اردیبهشت ماه عملیات آماده‌سازی بستر خاک با استفاده از وسایل مکانیزه (گاواهن و دیسک) صورت گرفت و بعد از آن توسط فاروئر با تنظیم فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متری به صورت جوی و پشته در آمد. و پس از کرت‌بندی در تاریخ ۱ خرداد کشت انجام گرفت. هر کرت آزمایشی فرعی از ۴ خط کشت به طول ۵ متر تشکیل شده فاصله خطوط کشت در کرت‌های آزمایشی ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌ها روی پشته ۵ سانتی‌متر، فاصله‌ی بین کرت‌های اصلی

شده که تنش رطوبتی کاهش معنی‌دار عملکرد دانه لوبیا را به دنبال دارد و البته مقدار این کاهش بسته به طول مدت تنش، شدت تنش و نیز ژنوتیپ مورد مطالعه می‌تواند متفاوت باشد (فرج‌زاده معمار تبریزی ۲۰۱۱). در آزمایشی میانگین کاهش عملکرد دانه لوبیا در اثر تنش خشکی ۵۰ درصد گزارش شده که این نقصان در نتیجه کاهش صفاتی چون وزن نیام (۵۶ درصد)، عملکرد بیولوژیک (۶۷/۸۱ درصد)، تعداد نیام (۳۸ درصد) و تعداد دانه در نیام (۳۳ درصد) بوده است (حبیبی، ۲۰۱۱). نیلسن و نلسون (۱۹۹۸) گزارش دادند که وقوع تنش خشکی در لوبیا در طول مدت گل‌دهی و پر شدن دانه موجب کاهش عملکرد دانه و تسریع در رسیدگی دانه گردید که این کاهش عملکرد دانه در اثر کاهش تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام ایجاد شد. در آزمایشی رضایی و کامکار حقیقی (۲۰۰۹) گزارش کردند که تنش در مرحله قبل از گلدهی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی نداشت و کمترین عملکرد زمانی حاصل شد که تنش در مرحله پر شدن دانه رخ داد. یکی از روش‌های افزایش پایداری تولید گیاهان در شرایط تنش کم آبی، استفاده از کودهای زیستی از جمله رابطه همزیستی میکوریزایی است. احتشامی و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر باکتری حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر تحمل ذرت به تنش کم آبی انجام دریافتند که در تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، تیمارهای تلقیح بذر با قارچ میکوریزا آربسکولار و باکتری حل‌کننده فسفات‌های نامحلول، در کلیه سطوح آبیاری بالاتر از تیمارهای کود شیمیایی و تیمار شاهد قرار گرفتند. ایشان اظهار داشتند که تلقیح بذر با ریزجانداران حل‌کننده فسفات و قارچ‌های میکوریزا آربسکولار در شرایط تنش رطوبتی عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت را افزایش داده و با افزایش رشد و جذب فسفر در ذرت، منجر به افزایش تحمل به تنش رطوبتی در این گیاه را بهبود بخشد. لذا هدف از انجام این آزمایش بررسی تاثیر همزیستی قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های حلال‌ساز

صورت تصادفی از هر کرت برداشت شد. همچنین بعد از پاک کردن، بذور مربوط به هر تیمار، وزن ۱۰۰ دانه به صورت تصادفی، با شمارش و سپس توزین، تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم-افزارهای SAS صورت گرفت. سپس مقایسه میانگین‌ها برای صفاتی که تنها اثرات اصلی فاکتورهای آزمایشی برای آن‌ها معنی‌دار شدند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. برای صفاتی که برهمکنش بین دو عامل قطع آبیاری و کود زیستی برای آن‌ها معنی‌دار گردید، تجزیه واریانس اضافی مربوط به برش‌دهی اثر سطوح مختلف کود زیستی در سطوح مختلف قطع آبیاری صورت گرفت و مقایسه میانگین برهمکنش اثرات متقابل بر اساس رویه حداقل میانگین مربعات (L.S. Means) صورت گرفت.

۱/۵ متر، فاصله‌ی بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر و فاصله‌ی بین بلوک‌ها ۲ متر در نظر گرفته شد. کودهای شیمیایی با توجه به آزمون خاک (جدول ۱)، فسفر (به میزان ۷۵ کیلوگرم خالص در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل) در زمان کاشت و نیتروژن نیز (به میزان ۱۰۰ کیلوگرم خالص در هکتار از منبع اوره) در دو مرحله در زمان کاشت و مرحله شروع گلدهی مورد استفاده قرار گرفتند. بذر مورد استفاده در این آزمایش لوبیا قرمز رقم درخشان (فرم بوته‌ای ایستاده و رشد محدود) بود. شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته در مرحله پایان گلدهی اندازه گیری شد. برداشت و تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک، از سطح دو ردیف وسط هر کرت با حذف ۵۰ سانتی متر از ابتدا و انتها و حذف دو ردیف کناری کرت صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام، در زمان رسیدگی ده بوته به

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش

عمق نمونه (cm)	درصد اشباع	هدایت الکتریکی (dS.m <sup>-1</sup> )	pH	کربن آلی (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	ازت کل (%)	بافت خاک
۰-۳۰	۵۳	۰/۴	۷/۸	۰/۵	۷	۱۸۱	۰/۰۵	لومی رسی

## نتایج و بحث

### ارتفاع بوته

آبیاری در مرحله‌ی گل‌دهی و نیام‌دهی) به ترتیب بیش-ترین و کم‌ترین ارتفاع بوته مربوط به کاربرد همزمان کود فسفات بارور ۲ + قارچ میکوریزا و شاهد بدون کود زیستی بود. همچنین نتایج نشان داد که در سطح آبیاری معمولی تنها کاربرد کود میکوریزا و تلفیق میکوریزا و فسفات بارور ۲ نسبت به شاهد بدون مصرف کود زیستی افزایش معنی‌داری در ارتفاع ایجاد کردند ولی در سطوح قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و نیام‌دهی علاوه بر میکوریزا و تلفیق میکوریزا و فسفات بارور ۲، کود فسفات بارور ۲ به تنهایی نیز باعث افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به تیمار شاهد بدون کود زیستی شده است. ارتفاع گیاه یکی از صفاتی است که به شدت به عوامل محیطی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری، تیمارهای مختلف کود زیستی و برهم‌کنش آبیاری و کاربرد کودهای زیستی بر ارتفاع بوته معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) شد (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس برش‌دهی اثر کودهای زیستی در سطوح مختلف آبیاری (جدول ۳) نشان داد که در هر سه سطح آبیاری، بین تیمارهای کاربرد کودهای زیستی از لحاظ ارتفاع بوته لوبیا قرمز اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری و کاربرد کود زیستی بر ارتفاع بوته (جدول ۴) نشان داد که در سه سطح آبیاری (شاهد، قطع

در نتیجه طولی شدن این سلول‌ها متوقف می‌گردد، کاهش ارتفاع لوبیا چیتی در اثر تنش خشکی در آزمایش عمادی و همکاران (۲۰۱۲) نیز تأیید گردیده است، قارچ میکوریزا و باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات از طریق افزایش و بهبود جذب مواد غذایی خاک مکانیزم رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش شاخص‌های رشدی گیاه می‌شود. نتایج این پژوهش نیز نشان‌دهنده‌ی تعدیل کاهش ارتفاع بوته با کاربرد کودهای زیستی و بخصوص قارچ میکوریزا بود. احتمالاً قارچ میکوریزا و فسفات بارور ۲ با بهبود شرایط خاک و محیط ریشه، و همچنین تسهیل جذب آب و مواد غذایی منجر به جذب بهتر بیشتر عناصر و به خصوص فسفر خاک شده، کارایی فتوسنتز گیاه را بهبود بخشیده و در نهایت با افزایش توان گیاه، تأثیر مضر تنش خشکی را تعدیل دادند. کاظمی پشت مساوی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفر باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته در باقلا شده است.

وابسته است، تنش کمبود رطوبت باعث کاهش پتانسیل آب بافت‌های مریستمی شده که موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کم‌تر از میزان لازم برای رشد سلول‌ها می‌گردد، و در نتیجه ارتفاع گیاه کاهش پیدا می‌کند. در این تحقیق، قطع آبیاری در مرحله‌ی گل‌دهی تا نیام‌دهی و عدم کاربرد کود زیستی کم‌ترین ارتفاع بوته را تولید کرد که این نتیجه با توجه به بالاتر بودن سرعت جذب آب و مواد غذایی و رشد گیاه در این مرحله نسبت به مرحله‌ی نیام‌دهی تا رسیدگی، منطقی به نظر می‌رسد. زیرا در این مرحله هنوز در مرحله شروع گل‌دهی تا حدی افزایش ارتفاع صورت گرفته و لذا رقابت بین اندام‌های رویشی و زایشی در گیاه بیشتر بوده ولی در مرحله‌ی نیام‌دهی تا رسیدگی، رشد رویشی متوقف شده و تغییر ارتفاع دیگر صورت نمی‌گیرد که تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار بگیرد. صادقی‌پور و آقایی (۲۰۱۲) بیان داشتند تحت شرایط تنش خشکی میزان آب لازم برای تورژسانس کامل سلول‌های در حال رشد کاهش می‌یابد،

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف لوبیا قرمز در سطوح مختلف آبیاری و کاربرد کودهای زیستی

منابع تغییر درجه آزادی	میانگین مربعات							
	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	وزن صد دانه	تعداد دانه در نیام	تعداد نیام در بوته	عملکرد زیستی	عملکرد دانه	شاخص برداشت
۲ بلوک	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۳۸	۰/۰۱۶	۰/۰۶۳	۱۶۸۰۸۸/۷	۹۱۴۴/۹۷	۰/۴۶
۲ آبیاری	۱۳۱/۵۳ **	۰/۳۶ **	۱۰۳۳/۲۰ **	۶/۱۷ **	۹۹/۴۱ **	۷۴۳۴۷۹۶۳/۷ **	۱۵۰۹۱۸۹۹/۱۳ **	۱۴۶/۰۳ **
۴ خطای اصلی	۰/۰۱۶	۰/۳	۰/۳۴	۰/۰۲	۰/۰۴	۲۰۳۰۴۸/۴	۱۹۶۹۷/۸۳	۰/۵۸
۳ کود زیستی	۲۹/۵۵ **	۰/۶۰ **	۴۶/۶۶ **	۱/۳۱ **	۲۹/۵۵ **	۲۶۴۲۳۴۲/۱ **	۹۱۸۷۱۹/۶۲ **	۳۷/۳۵ **
۶ آبیاری × کود زیستی	۰/۹۲ *	۰/۰۲ ns	۳/۴۴ *	۰/۰۱ ns	۶/۵۳ **	۶۸۷۹۶/۴ ns	۷۰۹۶۷/۱۹ **	۳/۴۷ **
۳۵ خطای فرعی	۰/۲۳	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۷	۶۲۰۳۹/۴	۳۴۳۶/۲۳	۰/۴۹
ضریب تغییرات (%)	۱/۳۴	۴/۶۱	۱/۱۳	۲/۶۰	۱/۵۵	۳/۸۲	۲/۵۴	۲/۰۲

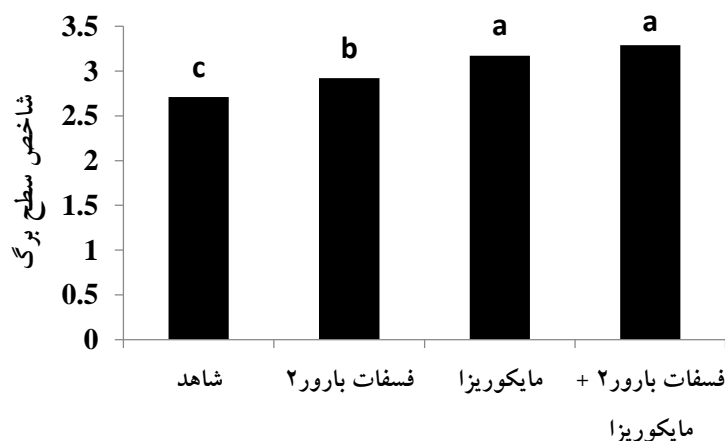
ns, \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

## شاخص سطح برگ (LAI)

آنالیز داده‌ها حاکی از اثر معنی‌دار سطوح آبیاری و کاربرد مختلف کودهای زیستی بر شاخص سطح برگ لوبیا قرمز بود ( $P \leq 0.01$ )، اما برهم‌کنش دو عامل اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسه‌ی میانگین نشان داد با اعمال تنش رطوبتی در مرحله‌ی گلدهی تا نیام‌دهی، شاخص سطح برگ کاهش یافت، به طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص سطح برگ به ترتیب مربوط به تیمار بدون قطع آبیاری (۳/۱۸) و تیمار قطع آبیاری در مرحله‌ی گلدهی تا نیام‌دهی (۲/۸۴) بود (جدول ۵). تنش خشکی، میزان تولید سطح برگ و در نهایت تعرق گیاهان را محدود می‌کند (سیکوکا و همکاران ۲۰۱۰). بنابراین تنش خشکی عمدتاً رشد برگ و به نوبه خود، سطح برگ را در بسیاری از گونه‌های گیاهی کاهش می‌دهد (فاروق و همکاران ۲۰۰۹). در مطالعه روی گیاه عدس مشخص شد که با کمبود آب، سطح برگ به شدت کاهش یافت؛ که علت آن، نیاز مبرم فرآیندهای تقسیم سلولی و رشد به فشار تورژسانس سلولی ذکر شد، که آب نیروی محرکه آن است (پاگتر و همکاران ۲۰۰۵). به نظر می‌رسد در این پژوهش با قطع آبیاری و ایجاد تنش در مراحلی که گیاه می‌توانست حداکثر شاخص سطح برگ خود را داشته باشد، کمبود آب به عنوان عامل محدود کننده عمل کرده و باعث کاهش شاخص‌های

مورفولوژیکی گیاه از جمله شاخص سطح برگ گردیده است.

در رابطه با اثر کاربرد کودهای زیستی، نتایج مقایسه‌ی میانگین نشان داد که بیش‌ترین (۳/۲۹) شاخص سطح برگ مربوط به تیمار تلفیق فسفات بارور ۲ و میکوریزا، و کم‌ترین (۲/۷۱) آن مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱). اگر چه گزارشاتی وجود دارد مبنی بر این‌که قارچ‌های همزیست میکوریزا، سطح برگ را مستقیماً افزایش نمی‌دهند، بلکه بر دوام سطح برگ و وزن مخصوص برگ تأثیر می‌گذارند (والنتین و همکاران، ۲۰۰۶)، ولی در این پژوهش کاربرد کودهای زیستی و به خصوص میکوریزا به طور معنی‌داری باعث افزایش شاخص سطح برگ لوبیا قرمز گردید. به نظر می‌رسد کود زیستی فسفات بارور ۲ با مساعدتر کردن شرایط خاک و تغذیه‌ی گیاه، و قارچ‌های میکوریزا با گسترش ریشه‌های خود، در نهایت منجر به جذب بهتر آب و مواد غذایی از خاک توسط گیاه شده و گیاه توانسته است با تولید شاخص سطح بیش‌تر، میزان فتوسنتز و عملکرد خود را افزایش دهد. خرم‌دل و همکاران (۲۰۰۸) نیز با بررسی تأثیر تلقیح باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریوم و قارچ همزیست میکوریزا بر رشد گیاه دارویی سیاهدانه بیان داشتند که تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک باعث افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ در مقایسه با شاهد شد.



شکل ۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ لوبیا قرمز در تیمارهای کود زیستی

## عملکرد و اجزای عملکرد دانه

### وزن صد دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری، تیمارهای مختلف کود زیستی و برهم‌کنش تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی بر وزن صد دانه (به ترتیب در سطح احتمال یک، یک و پنج درصد) معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس برش‌دهی اثر کودهای زیستی در سطوح مختلف آبیاری (جدول ۳) نشان داد که در هر سه سطح آبیاری، بین تیمارهای کاربرد کودهای زیستی از لحاظ وزن صد دانه لوبیا قرمز اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری و کاربرد کود زیستی بر وزن صد دانه (جدول ۴) نشان داد که در سه سطح آبیاری (شاهد، قطع آبیاری در دوره گل‌دهی و قطع آبیاری دوره نیام‌دهی) به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین وزن صد دانه مربوط به کاربرد همزمان کود فسفات بارور ۲ + قارچ میکوریزا و شاهد بدون کود زیستی بود. وزن دانه‌ها به عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد دانه است که وضعیت نهایی آن، طی دوره پر شدن دانه‌ها تعیین می‌گردد در این آزمایش نیز قطع آبیاری در دوره پر شدن دانه، منجر به کاهش وزن دانه گردید. پوراسماعیل و همکاران (۲۰۱۲) در تأیید این موضوع گزارش دادند که در شرایط تنش خشکی تولید آسیمیلات کاهش یافته و انتقال آن‌ها از برگ‌ها به دانه‌ها کاهش می‌یابد، همچنین تنش خشکی باعث کاهش طول دوره‌ی رسیدگی شده و از این طریق وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد. صادقی‌پور و آقای (۲۰۱۲) نیز کاهش وزن دانه‌ی لوبیا را بر اثر تنش خشکی کاهش تقسیمات سلولی در درون بذر و در نتیجه جذب آسیمیلات کم‌تر و همچنین کاهش فعالیت آنزیم‌های سنتز نشاسته و ساکارز دانستند. به نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی با جذب بیش‌تر آب و مواد غذایی، از میزان خسارت تنش در گیاه کاسته است. احتمالاً کاربرد میکوریزا و کود زیستی فسفات بارور ۲ منجر به افزایش شاخ و برگ و تولید مواد فتوسنتزی بیش‌تر شده و با انتقال بیش‌تر این مواد به

سمت دانه‌ها وزن صد دانه را افزایش داده است. همچنین ممکن است کودهای زیستی با افزایش میزان کلروفیل برگ، باعث افزایش فتوسنتز و ماده‌ی خشک بیش‌تر گیاه شده و وزن صد دانه شده باشند.

در این پژوهش نیز از آن‌جایی که کودهای زیستی مورد استفاده‌ی آزمایش شامل قارچ‌های میکوریزا و حل‌کننده‌ی فسفات بود، به نظر می‌رسد با تلقیح آن‌ها امکان استفاده‌ی بیش‌تر گیاه از آب، فسفر و دیگر عناصر غذایی بهتر فراهم شد و گیاه در شرایط بهتری از نظر مواد غذایی رشد کرد که نتیجه‌ی آن به صورت افزایش وزن صد دانه و عملکرد نمایان گردید. در آزمایش قاسمی و همکاران (۲۰۱۱) نیز اثر آبیاری و کودهای زیستی و شیمیایی و اثر متقابل آن‌ها بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود و سطوح مختلف تنش کم آبی باعث کاهش وزن هزار دانه گردید، که این کاهش با کاربرد کودها تعدیل شد.

### تعداد دانه در نیام

آنالیز داده‌ها نشان داد اثر آبیاری و کاربرد کودهای زیستی بر تعداد دانه در نیام معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ )، اما برهم‌کنش این دو عامل غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که در تیمارهای قطع آبیاری نسبت به تیمار آبیاری معمول تعداد دانه در نیام از کاهش معنی‌داری برخوردار بود و کم‌ترین (۲/۷۴) تعداد دانه مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله‌ی گل-دهی تا نیام‌دهی بود (جدول ۵). با توجه به اینکه در مرحله گل‌دهی تا نیام‌دهی در واقع تلقیح گل‌ها و هسته اولیه تشکیل دانه صورت می‌گیرد می‌توان اظهار نمود که تنش خشکی ناشی از قطع آبیاری در این مرحله، از طریق کاهش باروری گل‌ها و سقط آنها کاهش تخمک‌ها و کاهش شدیدتر تعداد دانه در غلاف را باعث شده است. همچنین نتایج جدول میانگین حاکی از کاهش تعداد دانه در نیام گیاه با قطع آبیاری در مرحله‌ی نیام‌دهی تا رسیدگی بود، که این کاهش را می‌توان به افزایش سقط دانه در داخل

در نیام برای تیمارهای کود زیستی به ترتیب مربوط به تیمار کاربرد تلفیق کود میکوریزا و فسفات بارور ۲ و تیمار شاهد بود (شکل ۲). در این پژوهش کاربرد قارچ-های میکوریزا و کود زیستی فسفات بارور ۲ و به خصوص تلفیق آن‌ها، با بهبود شرایط برای رشد و نمو گیاه و بهتر نمودن وضعیت تغذیه‌ای آن به واسطه‌ی قابل دسترس نمودن و جذب بیشتر عناصر خاک و به ویژه فسفر، توانست شرایط بهتری را فراهم کند تا گیاه به پتانسیل تولید دانه در نیام خود نزدیک گردد. نتایج شهبازیان (۲۰۱۳) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف کودی برای تعداد دانه در بوته‌ی لوبیا چیتی وجود داشت. وی بیان داشت که وجود باکتری‌های تسهیل‌کننده جذب فسفر با توجه به نقشی که فسفر در تحریک رشد زایشی و تشکیل دانه در گیاه ایفا می‌کند، تعداد دانه در نیام بیش‌تری را تولید کرده است.

نیام نسبت داد چرا که در مرحله نیام دهی در لوبیا تخمک های تشکیل شده با دریافت مواد فتوسنتزی و تقسیم سلولی باعث تشکیل دانه می‌گردد و تنش خشکی در این مرحله باعث شده که بعضی تخمک‌ها سقط شده به دانه کامل تبدیل نگردد. عمادی و همکاران (۲۰۱۲) نیز در گیاه لوبیا چیتی گزارش کرد بیش‌ترین تعداد دانه در نیام در تیمار آبیاری معمولی ۳/۴۱ دانه در نیام بود که از میزان ۳/۱۹ دانه در نیام مربوط به تیمار تنش خشکی در مرحله‌ی رویشی و ۲/۹۳ عدد مربوط به تنش خشکی در مرحله‌ی زایشی بیش‌تر بود. وی بیان نمود که کاهش آب مورد نیاز در هنگام رشد رویشی باعث کاهش رشد عمومی گیاه و تعداد کم‌تر دانه در نیام شده است. در واقع عدم وجود مواد قابل انتقال در تیمار تنش خشکی در مرحله‌ی رویشی سقط دانه در نیام را موجب گریده است. نتایج مقایسه‌ی میانگین همچنین حاکی از کاهش تعداد دانه در نیام در اثر عدم کاربرد کود زیستی بود، به طوری که بیش‌ترین (۳/۹۱) و کم‌ترین (۳/۰۶) تعداد دانه



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد دانه در نیام لوبیا قرمز در تیمارهای کود زیستی



## تعداد نیام در بوته

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری، تیمارهای مختلف کود زیستی و برهم‌کنش آبیاری و کاربرد کودهای زیستی بر تعداد نیام در بوته معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) شد (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس برش‌دهی اثر کودهای زیستی در سطوح مختلف آبیاری (جدول ۳) نشان داد که در هر سه سطح آبیاری، بین تیمارهای کاربرد کودهای زیستی از لحاظ تعداد نیام در بوته لوبیا قرمز اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری و کاربرد کود زیستی بر تعداد نیام در بوته (جدول ۴) نشان داد که در سه سطح آبیاری (شاهد، قطع آبیاری در مرحله‌ی گل‌دهی و نیام‌دهی) به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد نیام در بوته مربوط به کاربرد همزمان کود فسفات بارور ۲ + قارچ میکوریزا و شاهد بدون کود زیستی بود. این نتیجه نشان دهنده‌ی حساسیت زیاد این صفت به تنش قطع آبیاری در این رقم از لوبیا می‌باشد که در هر دو مرحله‌ی تنش قطع آبیاری نیز کاهش معنی‌داری نشان داد. سعیدی ابواسحقی (۲۰۱۳) با مشاهده‌ی کاهش معنی‌دار تعداد نیام در بوته تحت شرایط خشکی بیان نمود که کاهش ساخت مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته‌ای حاصل از آن،

به همراه ریزش گل‌ها در اثر تنش کمبود آب، باعث کاهش تعداد نیام در بوته شد. صادقی‌پور و آقایی (۲۰۱۲) هم نتیجه‌ی مشابهی را در لوبیا گزارش دادند، آنان کاهش تعداد نیام در بوته بر اثر تنش خشکی را با بسته شدن روزنه‌ها در پاسخ به محتوای رطوبت پایین خاک و در نتیجه کاهش مصرف CO2 مرتبط دانستند، که این موضوع کاهش فتوسنتز را به دنبال داشت. در این آزمایش نیز اگر چه تنش قطع آبیاری، احتمالاً به دلیل کاهش آب و عناصر غذایی و در نتیجه کاهش مواد فتوسنتزی و همچنین افزایش سقط گل‌ها و کاهش شاخه‌های جانبی، تعداد نیام در بوته کاهش یافت؛ اما به نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی فسفات بارور ۲ و قارچ میکوریزا و به ویژه تلفیق این دو توانسته است شدت کاهش تعداد نیام در بوته را به طور معنی‌داری کمتر کرده و با افزایش تعداد شاخه‌های جانبی و انتقال بیش‌تر مواد فتوسنتزی، تعداد نیام در بوته را افزایش داده و بدین طریق از میزان خسارت تنش خشکی بکاهد. برخی محققان در بررسی کود آلی و زیستی در تولید لوبیا بیان کردند که افزایش فعالیت ریز موجودات زنده خاک در شرایط آبیاری می‌تواند روی تعداد نیام در بوته اثر معنی‌داری داشته باشد (توسلی و همکاران ۲۰۱۰).

جدول ۳- تجزیه واریانس برش‌دهی اثر کاربرد کودهای زیستی در سطوح مختلف آبیاری برای صفت مختلف لوبیا قرمز

شاخص برداشت	میانگین مربعات			ارتفاع بوته	درجه آزادی	سطوح آبیاری
	عملکرد دانه	تعداد نیام در بوته	وزن صد دانه			
۲۶/۴۷**	۷۱۱۱۲۸**	۱/۱۱**	۱۷/۲۶**	۹/۸۷**	۳	آبیاری کامل (شاهد)
۷/۰۵**	۱۳۷۱۵۰**	۶/۱۸**	۱۲/۵۳**	۱۴/۴۷**	۳	قطع آبیاری در مرحله‌ی گل‌دهی تا نیام‌دهی
۱۰/۷۷**	۲۱۲۳۷۶**	۰/۸۴**	۱۸/۰۱**	۷/۰۵**	۳	قطع آبیاری در مرحله‌ی نیام‌دهی تا رسیدگی

ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و کاربرد کودهای زیستی برای صفت مختلف لوبیاقرمز

سطوح آبیاری	سطوح کودهای زیستی	ارتفاع بوته (سانتی متر)	وزن صد دانه (گرم)	تعداد نیام در بوته	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
آبیاری کامل (شاهد)	شاهد	۳۶/۷۳ <sup>c</sup>	۴۴/۱۵ <sup>c</sup>	۳/۶۳ <sup>c</sup>	۲۸۸۸/۳۳ <sup>d</sup>	۳۴/۵۳ <sup>c</sup>
	فسفات بارور ۲	۳۷/۴۰ <sup>c</sup>	۴۸/۱۳ <sup>b</sup>	۴/۰۳ <sup>b</sup>	۳۵۸۵/۰۰ <sup>c</sup>	۳۷/۳۶ <sup>b</sup>
	مایکوریزا	۳۹/۷۰ <sup>b</sup>	۴۷/۹۴ <sup>b</sup>	۴/۴۰ <sup>a</sup>	۳۸۱۹/۱۷ <sup>b</sup>	۴۰/۹۱ <sup>a</sup>
	فسفات بارور ۲+مایکوریزا	۴۰/۵۳ <sup>a</sup>	۴۹/۸۳ <sup>a</sup>	۴/۵۳ <sup>a</sup>	۳۹۹۹/۱۷ <sup>a</sup>	۴۰/۴۳ <sup>a</sup>
قطع آبیاری در مرحله گل-دهی تا نیام-دهی	شاهد	۲۹/۷۰ <sup>d</sup>	۳۱/۱۹ <sup>c</sup>	۲/۲۳ <sup>d</sup>	۱۱۳۰/۸۳ <sup>c</sup>	۲۸/۷۸ <sup>c</sup>
	فسفات بارور ۲	۳۱/۷۳ <sup>c</sup>	۳۳/۷۱ <sup>b</sup>	۲/۵۶ <sup>c</sup>	۱۴۹۵/۸۳ <sup>b</sup>	۳۲/۵۰ <sup>ab</sup>
	مایکوریزا	۳۳/۶۷ <sup>b</sup>	۳۴/۳۷ <sup>b</sup>	۳/۰۰ <sup>b</sup>	۱۴۶۰/۸۳ <sup>b</sup>	۳۱/۶۹ <sup>b</sup>
	فسفات بارور ۲+مایکوریزا	۳۴/۶۷ <sup>a</sup>	۳۶/۱۲ <sup>a</sup>	۳/۱۶ <sup>a</sup>	۱۶۳۵/۸۳ <sup>a</sup>	۳۳/۰۳ <sup>a</sup>
قطع آبیاری در مرحله نیام-دهی تا رسیدگی	شاهد	۳۵/۷۰ <sup>c</sup>	۲۶/۲۲ <sup>c</sup>	۳/۳۰ <sup>d</sup>	۱۵۳۲/۵ <sup>c</sup>	۳۱/۳۴ <sup>b</sup>
	فسفات بارور ۲	۳۷/۱۳ <sup>b</sup>	۳۰/۶۸ <sup>ab</sup>	۳/۵۷ <sup>c</sup>	۲۰۰۴/۱۷ <sup>b</sup>	۳۳/۹۷ <sup>a</sup>
	مایکوریزا	۳۸/۷۷ <sup>a</sup>	۳۰/۵۵ <sup>b</sup>	۳/۸۳ <sup>b</sup>	۲۰۵۵ <sup>ab</sup>	۳۴/۲۶ <sup>a</sup>
	فسفات بارور ۲+مایکوریزا	۳۸/۹۷ <sup>a</sup>	۳۱/۷۶ <sup>a</sup>	۴/۰۳ <sup>a</sup>	۲۱۱۲/۵ <sup>a</sup>	۳۴/۷۶ <sup>a</sup>

در هر ستون و هر سطح آبیاری میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری بر اساس رویه L.S.Means ندارند.

### عملکرد زیستی

نتایج آنالیز داده‌ها نشان داد عملکرد زیستی تحت تأثیر معنی‌دار آبیاری و کاربرد کودهای زیستی قرار گرفت ( $P \leq 0.01$ )، ولی برهم‌کنش این عوامل بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). جدول مقایسه‌ی میانگین حاکی از کاهش عملکرد در اثر اعمال تنش قطع آبیاری بود، به طوری که بیش‌ترین (۹۳۰۴/۸) کیلوگرم در هکتار) عملکرد زیستی لوبیا قرمز مربوط به تیمار بدون قطع آبیاری، و کم‌ترین (۴۵۲۲/۵) کیلوگرم در هکتار) مقدار آن متعلق به تیمار قطع آبیاری در زمان گل‌دهی تا نیام‌دهی گیاه بود (جدول ۵). در اثر کمبود آب حجم سلول، تقسیم سلولی، دیواره‌سازی سلول، اندازه‌ی کلی گیاه و وزن تر و خشک گیاه کاهش می‌یابد (سعیدی ابواسحق، ۲۰۱۳). افزایش ماده‌ی خشک تولیدی در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب، می‌تواند به دلیل گسترش بیش‌تر سطح برگ و نیز دوام آن باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیکی کارآمد جهت استفاده‌ی هر چه بیش‌تر از نور دریافتی باعث

افزایش تولید ماده‌ی خشک شده است (کیسمن ۲۰۰۳). نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که فتوسنتز و به طور کلی تولید ماده‌ی خشک در گیاه رابطه‌ی مستقیم با میزان آب در دسترس داشت؛ احتمالاً کاهش عملکرد زیستی در گیاه به دلیل کاهش تعداد شاخه‌ی جانبی، ارتفاع بوته، سطح برگ و به طور کلی کاهش اندام‌های رویشی در اثر قطع آبیاری و کمبود آب قابل دسترس و همچنین کاهش جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بود؛ که این کاهش اندام‌های رویشی خود به معنای کاهش کارایی استفاده از نور، تولید کم‌تر مواد فتوسنتزی و کاهش رشد کلی گیاه است. حبیبی (۲۰۱۱) در لوبیا سفید نیز نشان دادند با تأخیر در آبیاری عملکرد زیستی این گیاهان کاهش پیدا کرد.

همچنین نتایج مقایسه‌ی میانگین نشان‌دهنده‌ی افزایش عملکرد زیستی گیاه در نتیجه‌ی کاربرد کودهای زیستی بود، به طوری که بیش‌ترین (۶۹۷۳/۹) کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین (۵۷۲۹/۷) کیلوگرم در هکتار) مقدار

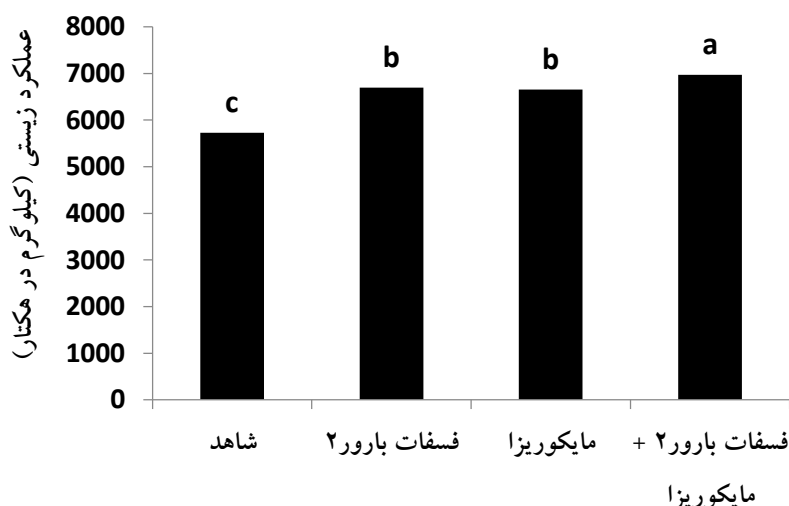
مواد فتوسنتزی تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد نیام در بوته، وزن صد دانه و عملکرد دانه بیش‌تر شده و عملکرد زیستی را افزایش می‌دهند (سعیدی ابواسحقی ۲۰۱۳). شهبازیان (۲۰۱۳) بیان داشت کاربرد فسفر باعث افزایش عملکرد در اثر افزایش دریافت نور توسط کانوپی می‌شود. همچنین باکتری‌های تیوباسیلوس از طریق تولید هورمون‌ها باعث افزایش شاخص‌های رشدی و عملکرد و همچنین باعث افزایش شاخ و برگ، تعداد نیام، تعداد دانه در نیام، افزایش وزن صد دانه، افزایش عملکرد و عملکرد زیستی می‌گردد.

عملکرد زیستی به ترتیب در تیمارهای تلفیق کود فسفات بارور ۲ + میکوریزا و تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۳). احتمالاً استفاده از کودهای زیستی میکوریزا و فسفات بارور ۲ با اثرات مفیدی که بر روی خاک، انحلال بیش‌تر عناصر غذایی و به خصوص فسفر خاک داشتند، و همچنین با بهبود شرایط برای میکروارگانیسم‌های خاک، و در نهایت با جذب بیش‌تر آب و مواد غذایی توسط ریشه‌های قارچ میکوریزا، توانستند شرایط غنی‌تری برای گیاه فراهم کرده و با افزایش شاخص سطح برگ و غلظت کلروفیل برگ توان تولیدی آن را افزایش دهند. با افزایش

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر آبیاری برای صفت مختلف لوبیا قرمز

عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)	تعداد دانه در نیام	شاخص سطح برگ	تیمارهای آزمایشی
۹۳۰۴/۸ <sup>a</sup>	۴/۱۵ <sup>a</sup>	۳/۱۸ <sup>a</sup>	آبیاری کامل (شاهد)
۴۵۲۲/۵ <sup>c</sup>	۲/۷۴ <sup>c</sup>	۲/۸۴ <sup>b</sup>	قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی تا نیام‌دهی
۵۷۱۶/۰ <sup>b</sup>	۳/۶۸ <sup>b</sup>	۳/۰۵ <sup>a</sup>	قطع آبیاری در مرحله نیام‌دهی تا رسیدگی

در هر ستون میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد ندارند.



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد زیستی لوبیا قرمز در اثر کود زیستی

## عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری، تیمارهای مختلف کود زیستی و برهم‌کنش آبیاری و کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد دانه معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) شد (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس برش‌دهی اثر کودهای زیستی در سطوح مختلف آبیاری (جدول ۳) نشان داد که در سه سطح آبیاری، بین تیمارهای کاربرد کودهای زیستی از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت. مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری و کاربرد کود زیستی بر عملکرد دانه (جدول ۴) نشان داد که در هر سه سطح آبیاری (شاهد، قطع آبیاری در مرحله‌ی گل-دهی و نیام‌دهی) به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به کاربرد تلفیقی کود فسفات بارور ۲ + قارچ میکوریزا و تیمار شاهد بدون کود زیستی بود. کمبود آب در مرحله‌ی گل‌دهی کاهش دانه‌گرده (مرگ‌گرده‌ها)، کاهش لقاح‌گله‌ها، کاهش شدت فتوسنتز، افزایش ABA و کاهش بارگیری آسیمیلات‌ها را باعث شده که در نهایت با ریزش گل‌ها و نیام‌ها و همچنین کاهش تعداد دانه در نیام، عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (زاده‌باقری و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به کاهش اجزای عملکرد از جمله وزن صد دانه، تعداد دانه در نیام و تعداد نیام در بوته مشخص می‌شود که در شرایط قطع آبیاری، رشد گیاه و توسعه‌ی آن کاهش یافته، و منجر به اختلال در گل‌دهی، پر شدن دانه‌ها و در نتیجه عملکرد کم‌تر گیاه می‌شود که این موضوع با نتایج احمد و سلیمان (۲۰۱۰) مطابقت دارد. زعفرانی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند که عملکرد دانه ارقام لوبیا تحت تیمار آبیاری مطلوب به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه و قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه بود. همچنین گزارش دادند که بیشترین کاهش عملکرد دانه تحت تیمار قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه مشاهده گردید. بیش‌تر بودن عملکرد در شرایط عدم قطع آبیاری نیز می‌تواند به دلیل دسترسی و جذب بیش‌تر ریشه و در نتیجه گیاه زراعی به آب و به دنبال آن مواد

غذایی خاک باشد. کاهش قابل ملاحظه عملکرد دانه در نتیجه افت اجزای عملکرد و تولید دانه‌های کوچک‌تر بود. افت شدید عملکرد دانه لوبیا تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله‌ی گل‌دهی تا نیام‌دهی به خوبی مشخص می‌کند که تامین آب کافی بخصوص در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه در این گیاه برای اطمینان از انتقال مواد فتوسنتزی کافی به دانه‌ها از طریق ایجاد سطح برگ بیشتر و پوشش سبز کافی و طولانی مدت ضروری است. اکبری (۲۰۱۲) گزارش داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد با آبیاری در تمام مراحل رشد و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله رشد گل‌دهی + پر شدن دانه با تنش در مرحله رشد گل‌دهی و پر شدن دانه مشاهده گردید. تنش در مرحله گل‌دهی بر تعداد دانه و در مرحله پر شدن دانه در وزن دانه‌ها تاثیرگذار بود. سادات مهاجرانی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند که بیشترین عملکرد دانه به میزان ۴۴۱۵/۳۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم گلی در شرایط آبیاری عادی (شاهد) بود و کمترین عملکرد دانه در قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی به میزان ۱۴۸۳/۵ کیلوگرم در هکتار در ژنوتیپ D81083 مشاهده شد که از کاهش ۶۰ درصدی نسبت به شرایط عادی برخوردار بود. باکتری‌های موجود در کودهای زیستی علاوه بر افزایش فراهمی عناصر غذایی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، کنترل عوامل بیماری‌زا، تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده و محرک رشد گیاه، عملکرد گیاهان و در نهایت نمود نظام زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مقصودی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش دادند که کاربرد کودهای زیستی سبب افزایش ۲۰ درصدی عملکرد دانه بذور تلقیح شده نسبت به بذور تلقیح نشده شد.

## شاخص برداشت

آنالیز داده‌ها حاکی از تأثیر معنی‌دار آبیاری، کاربرد کودهای زیستی و برهم‌کنش این عوامل بر صفت شاخص برداشت لوبیا قرمز بود (جدول ۲). مقایسه‌ی

آب نداشته و حداکثر پتانسیل خود را برای تولید به کار گرفته و حداکثر مواد فتوسنتزی را به دانه‌ها اختصاص می‌دهد، که این فرایند در نهایت با بالا بردن صورت کسر در محاسبه شاخص برداشت، منجر به افزایش مقدار آن می‌گردد. شهبازیان (۲۰۱۳) نیز در تحقیقی گزارش داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف کودی برای میزان شاخص برداشت وجود داشت. وی عنوان کرد فسفر استفاده شده در آزمایش باعث افزایش جذب عناصر غذایی، ساخت و انتقال مواد پرورده، افزایش انتقال مواد پرورده به دانه‌ها و همچنین افزایش سطح فتوسنتزکننده که در نتیجه‌ی آن باعث افزایش انتقال مجدد مواد فتوسنتز شده، در مرحله‌ی پر شدن دانه‌ها می‌شود. کودهای زیستی فسفره استفاده شده در آزمایش باعث افزایش عملکرد دانه (از طریق افزایش تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و افزایش وزن صد دانه و ...) شده که این عامل خود سبب افزایش شاخص برداشت شد. افزایش شاخص برداشت تحت تأثیر کاربرد کود زیستی با توجه به اثر افزاینده آنها بر رشد رویشی و زایشی توجیه‌پذیر است. بنابراین می‌توان بیان داشت که باکتری‌ها با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیشتر به دانه سبب افزایش شاخص برداشت شده‌اند. ثانی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند که با کاربرد باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم شاخص برداشت به میزان ۵/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافته است. مقصودی و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش دادند که کاربرد کود زیستی سبب افزایش شاخص برداشت شد.

#### نتیجه گیری کلی

از نتایج بدست آمده در این آزمایش می‌توان نتیجه گیری کرد که قطع آبیاری در مراحل زایشی کاهش معنی دار عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز را به دنبال دارد. در صورتیکه استفاده از کودهای زیستی هم به صورت جداگانه و هم به صورت تلفیقی عملکرد و اجزای عملکرد

میانگین برهمکنش آبیاری و کاربرد کود زیستی بر شاخص برداشت نشان داد که در هر سه سطح آبیاری (شاهد، قطع آبیاری در مرحله‌ی شروع گل‌دهی و قطع آبیاری در مرحله‌ی اواسط پر شدن دانه) به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت مربوط به کاربرد همزمان کود فسفات بارور ۲ + قارچ میکوریزا و شاهد بدون کود زیستی بود (جدول ۴). کاهش شاخص برداشت در تنش خشکی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده (کاهش شاخص سطح برگ) کاهش انتقال مجدد اسمیلات‌ها در طی دوره پر شدن دانه‌ها، کاهش اجزای عملکرد و نهایتاً کاهش عملکرد دانه باشد. علاوه بر تجمع ماده‌ی خشک، تسهیم مواد پرورده بین اندام‌های مختلف گیاه نیز مهم است. تنش خشکی در مراحل رشد باعث شد که بخش بیش‌تری از مواد فتوسنتز شده صرف ریشه‌ها شده تا آب بیش‌تری برای گیاه تأمین نماید، بنابراین در چنین شرایطی شاخص برداشت کاهش یافت (سعیدی ابواسحق ۲۰۱۳). بالا بودن شاخص برداشت ناشی از اختصاص بیش‌تر مواد فتوسنتزی گیاه به تولید دانه و معیار مهم در تحمل گیاه به تنش کم‌آبی می‌باشد. از مزایای قارچ میکوریزا افزایش کارایی فتوسنتز گیاهان همزیست می‌باشد. در این آزمایش عدم کاربرد کودهای زیستی و تنش قطع آبیاری، منجر به کاهش عملکرد دانه و عملکرد زیستی و تغییر نسبت این قسمت‌ها شد. به عبارت دیگر، تیمارهای کاربرد کود زیستی فسفات باور ۲ و به خصوص کاربرد قارچ میکوریزا و تیمارهای عدم قطع آبیاری نه تنها عملکرد زیستی و عملکرد دانه را افزایش دادند، بلکه با تغییر نسبت گیاه به نفع بخش اقتصادی گیاه یعنی دانه، شاخص برداشت را بهبود بخشیدند. به نظر می‌رسد این مسأله محصول مستقیم تغذیه‌ی بهتر گیاه از نظر آب و عناصر غذایی خاک در شرایط استفاده از کودهای زیستی، و همچنین دسترسی بیش‌تر به آب و مواد غذایی در شرایط عدم قطع آبیاری باشد؛ چرا که گیاه هنگامی که در شرایط مطلوب آبی قرار دارد، نیازی به افزایش ریشه و صرفه‌جویی در مصرف

کودهای زیستی نظیر قارچ‌های مایکوریزا و باکتری‌های حلال ساز فسفات از طریق افزایش عملکرد دانه لوبیا تا حدودی می‌توانند اثرات سوئی تنش خشکی در مراحل زایشی لوبیا را کاهش دهند.

این محصول را افزایش داده است. با توجه به شرایط کم آبی حاکم در کشت‌های تابستانه می‌توان گفت که احتمال حدوث تنش خشکی برای محصولاتی نظیر لوبیا در کشور وجود دارد و می‌توان اظهار داشت که کاربرد

#### منابع مورد استفاده

- Ahmad FE and Suliman ASH, 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of cowpea. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(4): 534-540.
- Akbari D, 2012. Effect of drought stress at different growth stages on soybean yield and water use efficiency in mazandaran. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production (SAPS)*, 22(1): 13-23. (In Persian).
- Ehteshami SMR, Aghaalikhani M, Chaichi MR and Khavazi K, 2009. Effect of phosphate biofertilizers on yield and yield components of grain corn (*Zea mays* L. s.c.704) under water deficit stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40 (1): 15-27. (In Persian).
- Emadi N, Balouchi HR and Jahanbin Sh, 2012. Effect of drought stress and plant density on yield, yield components and some morphological characters of pinto bean (cv. C.O.S16) in Yasouj region. *Electronic Journal of Crop Production*, 5(2):1-17. (In Persian).
- Farjzadeh Memari Tabrizi N and Rashidi V, 2011. Drought effects on morphological traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Annals of Biological Research*, 2(5): 95-99.
- Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, and Basra SMA, 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1): 185-212.
- Ghasemi S, Siavashi K, Choukan R, Khavazi K and Rahmani A, 2011. Effect of biofertilizer phosphate on grain yield and its components of maize (*Zea mays* L.) cv. ksc704 under water deficit stress conditions. *Seed and Plant Production Journal*, 27 (2):219-233. (In Persian).
- Habibi Gh, 2011. Influence of drought on yield and yield components in white bean. *World Academy of Science. Engineering and Technology*, 5(7): 380- 389.
- Kazemi Posht misavi H, Pirdashti H and Bahmanyar MA, 2007. Comparison of the effects of mineral and biological phosphorus fertilizers on the agronomic characteristics of two faba bean cultivars. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(6):21-32. (In Persian).
- Khorramdel S, Koocheki A, Nassiri Mahallati M, and Ghorbani R, 2008. Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(2):285-294. (In Persian).
- Kisman A, 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. *Plant and Soil Science*, 145: 71-80.
- Maghsoudi E, Ghalavand A, and Aghaalikhani M, 2014. Effect of management strategies of nitrogen and biofertilizer on morphological traits, grain yield and quality traits of corn (S.C. 704). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(2): 273-282. (In Persian).
- Mohajerani Sh, Alavi Fazel M, Madani H, Lack Sh and Modhej A, 2016. Yield and physiological response of red bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) to cutting irrigation at different growth stages. *Crop Ecophysiology*, 10(1): 213-224.
- Nielsen DC and Nelson NO, 1998. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. *Crop Science*, 38(2): 422- 427.

- Pagter M, Bragato C and Brix H, 2005. Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. *Aquatic Botany*, 81(4): 285-299.
- Pouresmaeil P, Habibi D, Mashadi M, Boojar A, Tarighaleslami MS and Khoshouei S, 2012. Effect of super absorbent application on Agronomic characters of red bean and biochemical activities in red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under drought stress conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(24):1874-1877.
- Rezaei A and Kamgar Haghghi AA, 2009. Effect of water stress on the yield of cowpea at different growth stages. *Semi-Annually Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences)*, 23(1): 117-124. (In Persian).
- Sadeghipour O and Aghaei P, 2012. Response of common bean to exogenous application of salicylic acid under water stress conditions. *Environmental Biology*, 6(3): 1160-1168.
- Saeedi Abooshaghi RA, 2013. Effect of spraying iron and zinc on some physiological and crop characteristics of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress conditions. MSc. Thesis of Yasouj University. (In Persian).
- Sani B, Faezeh RZ, yaghati HL, ghoshchi F and Karver M, 2007. The role of biological fertilizers on the qualitative and quantitative indicators in corn crop ecosystem. *Proceedings of the National Conference of Ecological Agriculture in Iran*, 885-899. (In Persian).
- Shahbazian F, 2013. Effect of different levels of golden phosphorus and phosphorus fertilizer on quantitative and qualitative yield of two varieties of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). MSc. Thesis of Yasouj University. (In Persian).
- Sikuku PA, Netondo GW, Onyango JC and Musyimi DM, 2010. Effects of water deficit on physiology and morphology of three varieties of NERICA rainfed rice (*Oryza sativa* L.). *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science*, 5: 23-28.
- Tavassolli A, Ghanbari A, Ahmadi M and Heydari M, 2010. The effect of fertilizer and manure on forage and grain yield of millet (*Panicum miliaceum*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) in intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(2): 1-11. (In Persian).
- Valentine AJ, Mortimer PE, Lintnaar A and Borgo R, 2006. Drought responses of arbuscular mycorrhizal grapevines. *Symbiosis*, 41: 127-133.
- Zadehbagheri M, Kamelmanesh MM, Javanmardi Sh and Sharafzadeh Sh, 2012. Effect of drought stress on yield and yield components, relative leaf water content, proline and potassium ion accumulation in different white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotype. *African Journal of Agricultural Research*, 7(42): 5661- 5670.
- Zafarani-Moattar P, Raey Y, Ghassemi Golezani K and Mohammadi SA, 2016. Effect of limited irrigation on growth and yield of bean cultivars. *Journal of Agricultural Science and Sustainable (SAPS) Production*, 21(4): 85-94.