تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد پنجم، شماره سوم، زمستان ۱۴۰۲، ص ۵۵۴-۵۳۹

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر کود شیمیایی و زیستی بر غلظت عناصر غذایی ریشه، ساقه و دانه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش خشکی

محمد میرزایی حیدری[۱*]، امین فتحی[۲]، رقیه آتش پیکر[۳]

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۲- دکتری زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران

* مسئول مکاتبه: mirzaeiheydari@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱ /۰۳/۲۱ **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.334186.1212**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد کود زیستی و کود شیمیایی فسفاته بر جذب عناصر در ریشه، ساقه و دانه لوبیا تحت تنش خشکی آزمایشی به‌صورت اسپلیت اسپلیت پلات با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان ایلام انجام گردید. تیمارها شامل سه سطح قطع آبیاری (شرایط بدون تنش، قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی) در کرت اصلی و سه سطح کود شیمیایی فسفاته (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت فرعی و کاربرد و عدم کاربرد کود زیستی در کرت فرعی-فرعی بودند. بیشترین غلظت نیتروژن ریشه، ساقه و دانه در شرایط بدون تنش (آبیاری کامل) به ترتیب به میزان ۱/۱۲، ۱/۷۷ و ۳/۱۹ درصد بدست آمد. علاوه بر این کمترین میزان غلظت نیتروژن ریشه، ساقه و دانه در تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی به ترتیب به میزان ۰/۹۲، ۱/۴۶ و ۲/۶۳ درصد حاصل شد. نتایج نشان داد بیشترین غلظت پتاسیم ریشه در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و مصرف کود زیستی به میزان ۲/۶۳ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار بدون تنش و عدم مصرف کود زیستی به میزان ۲ درصد بدست آمد. به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از کود زیستی و کود شیمیایی فسفاته می‌تواند آثار نامطلوب تنش خشکی را در گیاه لوبیا کاهش داده و سبب افزایش جذب عناصر در اندام‌های لوبیا شود.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، فسفر، مرحله غلاف‌دهی، مرحله گل‌دهی، نیتروژن

مقدمه

حبوبات دومین منبع مهم غذایی در جهان پس از غلات می‌باشد. لوبیا به علت همزیستی با باکتری در تثبیت ازت و حاصلخیزی خاک کشاورزی بسیار مؤثر می‌باشد و همه‌ساله مقادیر زیادی نیتروژن بعد از برداشت این گیاه به خاک افزوده می‌شود. سایر قسمت‌های لوبیا مثل برگ‌ها، ساقه‌ها، گل‌ها، نیام‌های نارس، غده‌ها به عنوان غذای انسان، دام و کود سبز برای تقویت و بهبود وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک می‌توانند مورد استفاده قرار گیرد. حدود ۷ درصد از کل زمین‌های اختصاص داده شده به کشت لوبیا در سطح جهان دارای آب کافی است و ۶۰ درصد از کشاورزی لوبیا تحت شرایط تنش خشکی شدید انجام می‌شود (Bourgault *et al.*, 2013).

عوامل محیطی به ویژه شرایط تنش خشکی، نقش عمده‌ای در ویژگی‌های کمی و کیفی در گیاهان زراعی به عهده دارند (Taheri *et al.*, 2021). تنش خشکی دارای پتانسیل آسیب رسانی بالایی می‌باشد که به صورت یک متابولیسم غیر عادی ممکن است به صورت‌های مختلفی از جمله کاهش رشد و مرگ بخشی از گیاه بروز کند (Ghadirnezhad Shiade *et al.*, 2023; Ezati *et al.*, 2020). بین رشد گیاه و در دسترس بودن آب یک ارتباط قوی وجود دارد. در شرایط تنش، رشد گیاهان دچار اختلال می‌شود در نتیجه قابلیت گسترش دیواره سلول و فشار تورژسانس کاهش پیدا می‌کند (Seleiman *et al.*, 2019; Miranda *et al.*, 2021). در شرایط تنش خشکی، پیری زودرس اندام‌های فتوسنتزکننده و همچنین کاهش فتوسنتز جاری گیاه باعث کاهش در جذب مواد غذایی می‌شود (Ghadirnezhad Shiade *et al.*, 2023). کاهش آب قابل‌دسترس به‌خصوص در ابتدای دوره گل‌دهی و وقوع تنش خشکی در حبوبات ضمن کاهش سرعت رشد رویشی و کوتاه کردن دوره رشد زایشی بر کیفیت دانه اثر منفی می‌گذارد (Farooq *et al.*, 2017). محققان گزارش کردند که لوبیا در

مرحله گل‌دهی به تنش آبی حساس‌تر بوده و انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی موجب تداوم رشد رویشی و درنتیجه افزایش رشد و نمو گیاه می‌شود (Ghanbari *et al.*, 2015). دیگر محققان گزارش کردند بیشترین خسارت عملکرد دانه لوبیا چیتی و اجزای عملکرد در قطع آبیاری، به‌ویژه در مرحله دانه‌بندی رخ داد که ناشی از عدم انتقال مواد فتوسنتزی به مخزن‌ها بود (Mirzaei *et al.*, 2020).

کمبودهای تغذیه‌ای در گیاهان، موجب حساسیت آن‌ها به تنش‌های محیطی می‌شود. این فرآیند ممکن است به‌صورت غیرمستقیم روی دهد، به‌نحوی‌که کاهش عمومی رشد و نمو و قدرت رقابت به دنبال کمبود تغذیه‌ای موجب کاهش شدیدتر ماده خشک در شرایط تنش محیطی می‌گردد. در میان عناصر پرمصرف، فسفر دارای نقشی اساسی و مهم در رشد گیاه است که جذب آن در شرایط تنش خشکی به‌شدت کاهش می‌یابد (Heydari *et al.*, 2019; Meena *et al.*, 2021; Fathi and Mehdiniya Afra, 2023). استفاده بیش از حد کود شیمیایی در کشاورزی برای تأمین فسفات مورد نیاز گیاهان همواره موجب آثار سوء زیست‌محیطی شده و افت کیفی محصولات کشاورزی را به دنبال داشته است. با این حال استفاده از کودهای زیستی، فواید زیادی نسبت به کودهای شیمیایی دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به عدم تجمع مواد سمی در زنجیره غذایی، هزینه کمتر و بی‌خطر بودن برای محیط زیست اشاره نمود (Vassilev and Vassilev, 2003; Karami *et al.*, 2018). تحمل گیاهان زراعی نسبت به تنش‌های غیرزنده از جمله تنش خشکی با مصرف باکتری‌های محرک رشد، به عنوان راهکاری جذاب توسط محققین زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. باکتری‌های افزاینده رشد گیاه در شرایط مختلف از طریق مکانیسم‌های مستقیم و غیر مستقیم مانند حل شدن فسفر، تثبیت نیتروژن، تولید سیدروفورها، مواد محرک رشد گیاه و اسیدها ارگانیک و هم‌چنین محافظت توسط آنزیم‌هایی مانند ACCدآمیناز، کیتیناز و گلوکاناز به بهبود رشد و بهره‌وری گیاه در حد مطلوب کمک می‌کنند (Zeidali *et al.*, 2018; Fathi *et al.*, 2016; Naseri *et al.*, 2020; Hayat *et al.*, 2010). لوبیا یکی از مهم‌ترین حبوباتی است که در شهرستان ایلام به وفور کاشته می‌شود. با توجه به کم بودن فسفر قابل جذب در اکثر خاک‌های زراعی به طور معمول گیاهان در بیشتر مزارع به مقدار مصرف کود فسفر واکنش نشان می‌دهد. با این حال استفاده از کودهای زیستی با جایگزینی یا کاهش مصرف کود شیمیایی علاوه بر حفاظت از محیط زیست رشد و نمو گیاه را بهبود می‌بخشد. بنابراین با توجه به اهمیت مطالب فوق هدف از اجرای این تحقیق بررسی نقش کود زیستی و کود فسفر بر عناصر اندام‌های گیاه لوبیا در شرایط تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در شهر ایلام به‌صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، قبل از اجرای آزمایش از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری شد. نتایج تجزیه نمونه‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. تیمارها شامل سه سطح قطع آبیاری (شرایط بدون تنش یا آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی) در کرت اصلی و سه سطح کود شیمیایی فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در کرت فرعی و کاربرد و عدم کاربرد کود زیستی در کرت فرعی-فرعی بودند.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Results of physical and chemical analysis of soil at the test site

رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن کل N	کربن آلی OC	واکنش خاک pH
(%)			(mg kg^{-1})		(%)	(%)	
43	33	24	307	5	0.07	0.8	7.2

زمین محل آزمایش در سال قبل به صورت آیش بود. در پاییز شخم عمیق و در بهار دو بار دیسک عمود بر هم زده شد. با استفاده از دستگاه جوی و پشته ساز پشته‌هایی با فاصله ۵۰ سانتی‌متر در زمین ایجاد شد. تمام کود فسفر مربوط به هر تیمار به‌صورت یکجا در هنگام کشت به زمین داده شد. برای تیمار کاربرد کود زیستی از کود فسفات بارور ۲ استفاده شد. بذرهای لوبیا به روش بذرمال با توجه به توصیه شرکت تولیدکننده با استفاده از غلظت مناسب (۱۰۰ گرم برای یک هکتار) کود زیستی تیمار شده و کاشته شدند. عملیات کاشت در ۲۷ اردیبهشت‌ماه با قرار دادن دو بذر در هر کپه به عمق حدود ۵ سانتی‌متر با دست انجام گرفت. ابعاد هر کرت ۴*۳ متر و شامل شش ردیف با فاصله ۱۲*۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

پس از جوانه‌زنی و استقرار بوته‌ها در مرحله ۲-۴ برگی گیاهان تنک و در هر کپه یک گیاه حفظ شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی در دو مرحله قبل از گل‌دهی انجام گرفت. آبیاری از زمان کاشت تا استقرار کامل بوته‌ها هر سه روز یک‌بار و پس از آن هر چهار روز یک‌بار انجام گرفت. تیمار تنش خشکی در این آزمایش به‌صورت قطع آبیاری در دو مرحله گل‌دهی کامل و غلاف‌دهی انجام گرفت. برای این کار در مراحل مذکور به مدت ده روز گیاهان با توجه به تیمارشان آبیاری نشدند و تیمار شاهد آبیاری هر چهار روز یک‌بار آبیاری شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، برداشت به‌صورت دستی از وسط دو خط میانی به مساحت یک مترمربع و با حذف حاشیه‌ها از چهار طرف صورت گرفت. به‌منظور تعیین عناصر غذایی ریشه، ساقه و دانه لوبیا، پس از آسیاب نمودن، نمونه‌های نیم گرمی در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر شد و سپس در ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک دو نرمال حل و پس از عبور دادن از کاغذ صافی با اضافه نمودن آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. غلظت عناصر در اندام‌های ریشه، ساقه و دانه برای پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر به روش نشر شعله‌ای، غلظت فسفر با استفاده از روش رنگ‌سنجی به روش رنگ زرد مولیبدات وانادات با اسپکتروفتومتر و غلظت نیتروژن با استفاده از روش کجلدال سنجیده شد (Waling *et al.*, 1989). به‌منظور انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار SAS v 9.3 استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نیتروژن ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمار تنش خشکی و کود فسفر در سطح یک درصد و کود زیستی در سطح پنج درصد بر غلظت نیتروژن ریشه معنی‌دار بود اما اثرات متقابل در هیچ‌کدام از تیمارهای مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین غلظت نیتروژن ریشه در شرایط بدون تنش (آبیاری کامل) به میزان ۱/۱۲ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی به میزان ۰/۹۲ درصد بدست آمد. هم‌چنین بین تیمار آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳). ریشه اولین قسمت از گیاه است که در معرض تنش خشکی قرار دارد. ریشه در خاک به جذب آب و مواد غذایی و هم‌چنین استقرار گیاه در خاک کمک می‌کند. مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و اطراف ریشه گیاهان است و در صورت کاهش آب موجود، مقدار جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر می‌شود (Kim *et al.*, 2020).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین غلظت نیتروژن ریشه به میزان ۱/۰۵ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به میزان ۰/۹۷ درصد بدست آمد. هم‌چنین نتایج نشان داد بین تیمار ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاربرد کود سوپرفسفات تریپل به بهبود جذب مواد غذایی کمک می‌کند و در نهایت باعث بهبود خصوصیات کیفی در گیاه می‌شود (Bahamin *et al.*, 2019). نتایج نشان داد که در تیمار کاربرد کود زیستی بیشترین غلظت نیتروژن ریشه به میزان ۱/۰۴ درصد بدست آمد درحالی‌که کمترین میزان در تیمار عدم کاربرد کود زیستی به میزان ۰/۹۹ درصد بدست آمد (جدول ۳). تلقیح گونه‌های مختلف گیاهی با کود زیستی ریشه جانبی و مویی را بهبود می‌بخشد و در نتیجه سطح ریشه افزایش می‌یابد و در نتیجه به بهبود جذب مواد

غـذایی و آب کمـک می‌کنـد و در نهـایـت عملکرد را افزایش می‌دهد (Zeidali *et al.*, 2018; Mirzaei *et al.*, 2018).

نیتروژن ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمار تنش خشکی، کود فسفر و کود زیستی در سطح یک درصد بر غلظت نیتروژن ساقه معنی‌دار بود اما اثرات متقابل در هیچ‌کدام از تیمارهای مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین غلظت نیتروژن ساقه در شرایط بدون تنش (آبیاری کامل) به میزان ۱/۷۷ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی به میزان ۱/۴۶ درصد بدست آمد. هم‌چنین بین تیمار آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳). به طور کلی کاهش آب در شرایط تنش خشکی سبب محدودیت در جذب مواد غذایی و کاهش غلظت آن‌ها در بافت گیاهان زراعی می‌شود. اثر مهم کمبود آب در به دست آوردن جذب مواد غذایی توسط ریشه و انتقال به شاخساره می‌باشد. کاهش جذب مواد غذایی معدنی می‌تواند ناشی از تداخل در جذب مواد غذایی و مکانیسم تخلیه و کاهش جریان تعرق در گیاهان زراعی باشد (Farooq *et al.*, 2017). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار مصرف ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین غلظت نیتروژن ساقه به میزان ۱/۶۵ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به میزان ۱/۵۳ درصد بدست آمد (جدول ۳). نتایج نشان داد که در تیمار کاربرد کود زیستی بیشترین غلظت نیتروژن ساقه به میزان ۱/۶۸ درصد بدست آمد درحالی‌که کمترین میزان در تیمار عدم کاربرد کود زیستی به میزان ۱/۵۴ درصد بدست آمد (جدول ۳). کودهای زیستی علاوه بر تثبیت مواد غذایی مورد نیاز گیاه در محیط ریشه، با ترشح مواد بیولوژیکی فعال مانند انواع ویتامین‌ها و هورمون‌های گیاهی سبب رشد بیشتر ریشه و در نهایت افزایش جذب آب و عناصر غذایی می‌گردند که با بهبود رشد و عملکرد گیاه همراه است. نتایج این تحقیق با نتایج دیگر محققان (Cham *et al.*, 2021) مطابقت دارد.

نیتروژن دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمار تنش خشکی، کود فسفر و کود زیستی در سطح یک درصد بر غلظت نیتروژن دانه معنی‌دار بود اما اثرات متقابل در هیچ‌کدام از تیمارهای مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین غلظت نیتروژن دانه در شرایط بدون تنش (آبیاری کامل) به میزان ۳/۱۹ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی به میزان ۲/۶۳ درصد بدست آمد. غلظت نیتروژن دانه در شرایط بدون تنش (آبیاری کامل) نسبت به تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی به میزان ۲۱/۲۹ درصد افزایش نشان داد. هم‌چنین بین تیمار آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی محتوای نیتروژن دانه تحت اثر تنش قرار گرفته و از میزان آن کاسته می‌شود. گزارش‌ها نشان می‌دهد افزایش میزان تنش خشکی موجب کاهش میزان نیتروژن دانه می‌شود (Taheri *et al.*, 2021).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار مصرف ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین غلظت نیتروژن دانه به ترتیب به میزان ۲/۹۸ و ۲/۹۹ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به میزان ۲/۷۶ درصد بدست آمد (جدول ۳). نتایج نشان داد که در تیمار کاربرد کود زیستی بیشترین غلظت نیتروژن دانه به میزان ۳/۰۳ درصد بدست آمد درحالی‌که کمترین میزان در تیمار عدم کاربرد کود زیستی به میزان ۲/۷۸ درصد بدست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد کود زیستی به افزایش توانایی گیاه به جذب عناصر از طریق ریشه کمک می‌کند و در نهایت کیفیت دانه را بهبود می‌بخشد. گزارش شده است کود زیستی بارور۲ به دلیل دارا بودن باکتری‌های محرک رشد از جنس های *Bacillus* و *Pseudomonas* از طریق تولید هورمون‌های گیاهی (اکسین، جیبرلین، سیتوکینین)، انحلال فسفات سبب جذب بیشتر نیتروژن در دانه می‌شود (Ansari *et al.*, 2015). گزارش‌های دیگر نیز حاکی از تأثیر مثبت کودهای زیستی بود که باعث افزایش جذب نیتروژن در گیاه گردید (Abdelaziz *et al.*,

2007; Karami *et al.*, 2018; Fathi *et al.*, 2017) که با نتایج این مطالعه مطابقت داشت.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در گیاه لوبیا تحت تأثیر تنش خشکی، کود زیستی و کود فسفر

Table 2- Results of analysis of variance of evaluated traits in bean plant under the influence of drought stress, bio fertilizer and phosphorus fertilizer

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	نیتروژن ریشه Root nitrogen	نیتروژن ساقه Stem nitrogen	نیتروژن دانه Seed nitrogen	فسفر ریشه Phosphorus root	فسفر ساقه Stem phosphorus	فسفر دانه Seed phosphorus	پتاسیم ریشه Root potassium	پتاسیم ساقه Stem potassium	پتاسیم دانه Seed potassium
تکرار Replication	2	0.0005	0.004	0.017	0.00005	0.000005	0.0001	0.03	0.07	0.009
تنش خشکی Drought stress (DS)	2	0.169**	0.436**	1.43**	0.0002*	0.0002**	0.001**	0.923**	2.56**	0.001^{ns}
خطای تنش خشکی Drought error	4	0.001	0.01	0.03	0.00002	0.00002	0.00003	0.009	0.04	0.021
فسفر Phosphorus (P)	2	0.034**	0.087**	0.29**	0.004**	0.0054**	0.028**	0.185**	0.49**	0.004^{ns}
خشکی*فسفر DS*P	4	0.001^{ns}	0.018^{ns}	0.05^{ns}	0.0001*	0.0001^{ns}	0.0007^{ns}	0.008^{ns}	0.02^{ns}	0.008^{ns}
خطای دوم second error	12	0.003	0.009	0.03	0.00006	0.00005	0.0003	0.021	0.07	0.036
کود زیستی Bio-fertilizer (B)	1	0.028*	0.276**	0.84**	0.0024**	0.0026**	0.02**	0.17**	0.45**	0.311**
خشکی*کود زیستی DS*B	2	0.004^{ns}	0.011^{ns}	0.03^{ns}	0.00004^{ns}	0.00005^{ns}	0.0001^{ns}	0.021*	0.05^{ns}	0.015^{ns}
فسفر*کود زیستی P*B	2	0.006^{ns}	0.006^{ns}	0.02^{ns}	0.00007^{ns}	0.00007^{ns}	0.0001^{ns}	0.033^{ns}	0.09^{ns}	0.012^{ns}
خشکی*فسفر*کود زیستی DS*P*B	4	0.004^{ns}	0.013^{ns}	0.04^{ns}	0.00002^{ns}	0.00003^{ns}	0.0001^{ns}	0.026^{ns}	0.07^{ns}	0.011^{ns}
خطای کل Total error	18	0.003	0.008	0.02	0.00004	0.00004	0.0001	0.018	0.06	0.013
ضریب تغییرات C.V(%)	-	5.79	5.62	5.6	6.72	16.41	5.07	5.8	6.35	6.69

* : معنی دار در سطح احتمال پنج درصد :**معنی دار در سطح احتمال یک درصد ^{Ns} : غیر معنی دار.

*: Significant at 5%. **: Significant at 1%. Ns: Non-significant.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارها بر صفات موردمطالعه در گیاه لوبیا

Table 3- Comparison of the mean of the main effects of treatments on the studied traits in beans

تیمارها Treatments	سطح تیمار Treatment level	نیتروژن ریشه Root nitrogen (%)	نیتروژن ساقه Stem nitrogen (%)	نیتروژن دانه Seed nitrogen (%)	فسفر ریشه Phosphorus root (%)	فسفر ساقه Stem phosphorus (%)	فسفر دانه Seed phosphorus (%)	پتاسیم ریشه Root potassium (%)	پتاسیم ساقه Stem potassium (%)	پتاسیم دانه Seed potassium (%)
تنش خشکی Drought stress	بدون تنش Control	1.12a	1.77a	3.19a	0.105a	0.103b	0.256a	2.16c	3.6c	2.42a
	مرحله گلدهی Flowering stage	0.92c	1.46c	2.63c	0.099b	0.109a	0.241b	2.61a	4.35a	2.44a
	مرحله غلاف دهی Pod formation stage	1 b	1.6b	2.89b	0.097b	0.102b	0.239b	2.34b	3.9b	2.43a
کاربرد کود فسفر Application of P fertilizer ($kg.h^{-1}$)	25	0.97b	1.53b	2.76b	0.086c	0.088c	0.206c	2.26b	3.77b	2.41a
	50	1.02a	1.65a	2.98a	0.098b	0.103b	0.245b	2.39a	3.99a	2.44a
	100	1.05a	1.65a	2.99a	0.118a	0.123a	0.286a	2.46a	4.1a	2.44a
کود زیستی Bio-fertilizer	عدم کاربرد Non-use	0.99b	1.54b	2.78b	0.094b	0.098a	0.226b	2.31b	3.86b	2.35b
	کاربرد Use	1.04a	1.68a	3.03a	0.107a	0.112a	0.265a	2.43a	4.04a	2.51a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشند.

The means that have a common letter in each column do not have a significant difference according to Duncan test at the level of 5%.

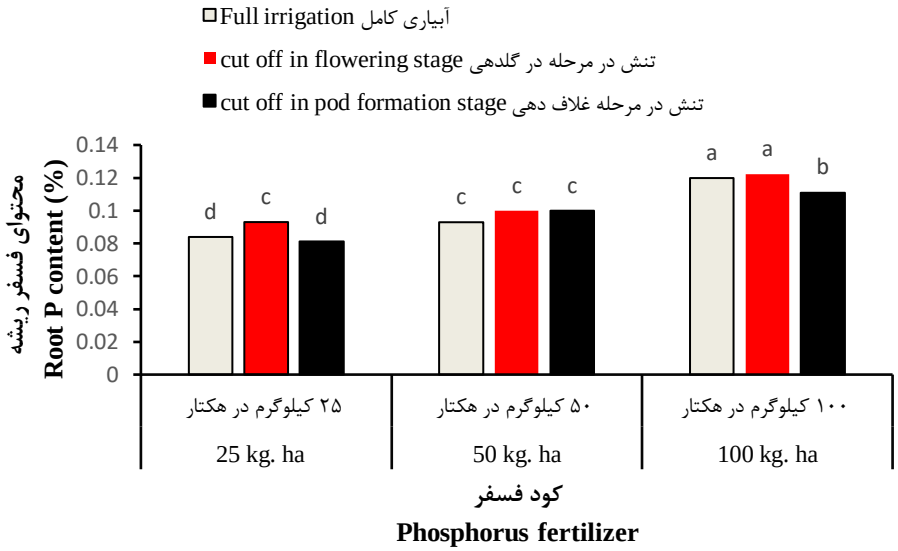
فسفر ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمار تنش خشکی در سطح پنج درصد، کود فسفر و کود زیستی در سطح یک درصد بر غلظت فسفر ریشه معنی‌دار بود. هم‌چنین تنها اثر متقابل تنش خشکی و کود فسفر معنی‌دار بود و سایر اثرات متقابل در تیمارهای مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲).

نتایج نشان داد که در تیمار کاربرد کود زیستی بیشترین غلظت فسفر ریشه به میزان ۰/۱۰۷ درصد بدست آمد که نسبت به تیمار عدم کاربرد کود زیستی به میزان ۱۳/۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). محققان در پژوهش‌های جداگانه‌ای اظهار داشتند استفاده از باکتری‌های محرک رشد سبب جذب بیشتر فسفر ریشه در گیاهان تلقیح شده با باکتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده شد. این محققان اظهار داشتند رشد ریشه در مجاور باکتری‌های حل‌کننده فسفات با افزایش تولید سیدرفور و تقویت قدرت رقابت گیاه در جذب مواد غذایی باعث افزایش رشد گیاه تلقیح شده می‌شود (Norouzi masir *et al.*, 2019; Rahimzadeh *et al.*, 2013).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین غلظت فسفر ریشه در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و آبیاری کامل و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به ترتیب به میزان ۰/۱۲۲ و ۰/۱۲ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار به میزان ۰/۰۸۱ درصد بدست آمد. هم‌چنین بین تیمار آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی با مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). از آنجایی‌که نیاز به مواد مغذی و آب ارتباط نزدیکی با هم دارند، کاربرد کود احتمالاً باعث افزایش کارایی در استفاده از آب می‌شود. این نشان‌دهنده یک تعامل قابل توجه بین کمبود

رطوبت خاک و جذب مواد مغذی است. مطالعات نشان می‌دهد که محصولات کشاورزی به کود زیستی در شرایط خشک و نیمه‌خشک پاسخ مثبت می‌دهند (Ghadirnezhad Shiade *et al.*, 2023). فسفر به عنوان یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه است که با افزایش قطع آبیاری در محیط ریشه، میزان جذب آن توسط ریشه و تجمع آن در برگ کاهش می‌یابد (Zarehmanesh *et al.*, 2021).



شکل ۱- اثر تنش خشکی و فسفر بر میزان فسفر ریشه در گیاه لوبیا

Figure 1- Effect of drought stress and phosphorus on root phosphorus content in bean plant

فسفر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمار تنش خشکی، کود فسفر و کود زیستی در سطح یک درصد بر غلظت فسفر ساقه معنی‌دار بود اما اثرات متقابل در هیچ‌کدام از تیمارهای مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین غلظت فسفر ساقه در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی به میزان ۰/۱۰۹ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی به میزان ۰/۱۰۲ درصد بدست آمد. هم‌چنین بین تیمار آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). مکانسیم جذب و انتقال عناصر در خاک تابعی از رطوب و ریشه گیاه می‌باشد و در صورت کمبود رطوبت جذب و انتقال دست‌خوش تغییر و تحول می‌گردد. در این پژوهش با کمبود رطوبت در شرایط آب و هوایی منطقه و مدت اعمال تنش (۱۰ روز) گیاه توانسته است تا حد بحرانی میزان رطوبت در خاک، جذب و انتقال فسفر را ادامه دهد. نتایج این تحقیق با نتایج دیگر محققان (Heidari and Jahantighi, 2013) مطابقت دارد.

کاهش جذب و انتقال عناصر پر مصرف در گونه‌های مختلف احتمالاً به دلیل کاهش حجم ریشه در خاک‌های خشک شده است. با این حال با کاهش آب در خاک تحرک فسفر کاهش پیدا می‌کند در نتیجه سبب کاهش جذب میزان فسفر در گیاه می‌شود (Sallam *et al.*, 2019). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار مصرف ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین غلظت فسفر ساقه به ترتیب به میزان ۰/۱۲۳ و ۰/۱۰۳ درصد بدست آمد که نسبت به تیمار ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به ترتیب به میزان ۳۹/۷۷ و ۱۷/۰۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). محققان گزارش کردند که افزایش فسفر به خاک تا حدودی اثرات مستقیم و غیرمستقیم تنش خشکی را بر جذب فسفر خنثی می‌کند و راندمان مصرف آب و درنتیجه مقاومت به شرایط کم‌آبی را در گیاه افزایش می‌دهد. عنصر فسفر می‌تواند سبب افزایش رشد ریشه شود و از این طریق نیز رشد گیاهان را افزایش دهد (Jones, 2003). نتایج نشان داد که در تیمار کاربرد کود زیستی بیشترین غلظت فسفر ساقه به

میزان ۰/۱۱۲ درصد بدست آمد درحالی‌که کمترین میزان در تیمار عدم کاربرد کود زیستی به میزان ۰/۰۹۸ درصد بدست آمد (جدول ۳). محققان در پژوهشی اظهار داشتند افزایش غلظت فسفر درتیمار کود زیستی به تولید اسیدهای معدنی (اسید کربنیک و اسید سولفوریک)، اسیدهای آلی(اگزالیک، سیتریک و لاکتیک) و تولید آنزیم‌های فسفاتاز و در نتیجه انحلال فسفات‌های آلی و معدنی نسبت دادند (Rahimzadeh *et al.*, 2013). نتایج دیگر محققان (Cham *et al.*, 2021) نیز نتایج حاصل از این تحقیق را تایید می‌کند.

فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمار تنش خشکی، کود فسفر و کود زیستی در سطح یک درصد بر غلظت فسفر دانه معنی‌دار بود اما اثرات متقابل در هیچ‌کدام از تیمارهای مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین غلظت فسفر دانه در شرایط بدون تنش (آبیاری کامل) به میزان ۰/۲۵۶ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی به میزان ۰/۲۳۹ درصد بدست آمد. غلظت فسفر دانه در شرایط بدون تنش (آبیاری کامل) نسبت به تیمار قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی به میزان ۷/۱۱ درصد افزایش نشان داد. هم‌چنین بین تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). شرایط کم‌آبی به‌عنوان یک عامل ایجادکننده اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه بر روی پارامترهای رشد و نمو گیاه نیز تأثیر می‌گذارد. از زیان‌بارترین اثرات تنش خشکی اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی در گیاهان است. در صورت کاهش آب انتقال عناصر غذایی در گیاهان دچار اختلال می‌شود (Farooq *et al.*, 2017). در این تحقیق در اثر شرایط خشکی (قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی) جذب فسفر در گیاه کاهش یافت.

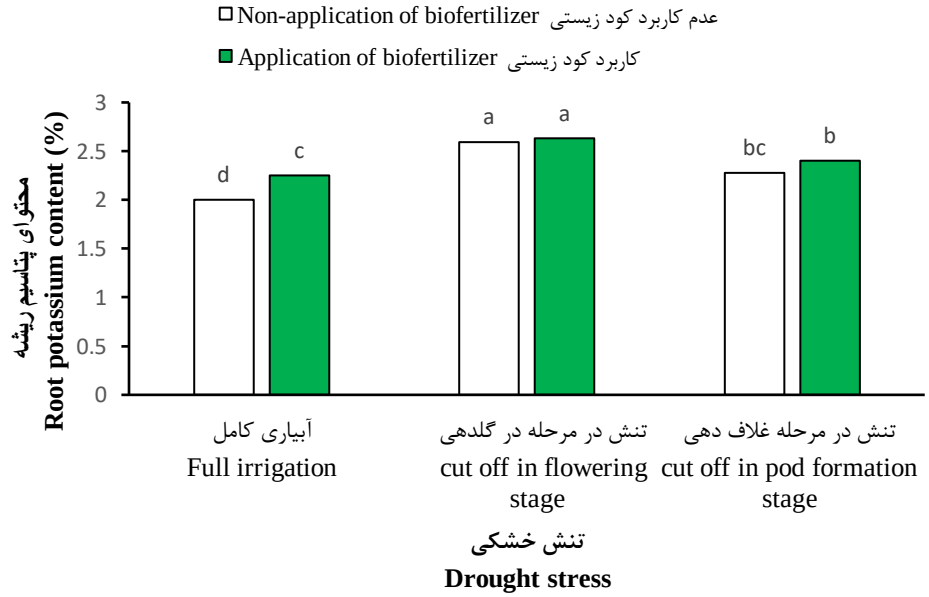
نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار مصرف ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین غلظت فسفر دانه به ترتیب به میزان ۰/۲۸۶ و ۰/۲۴۵ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به میزان ۰/۲۰۶ درصد بدست آمد (جدول ۳). محققان گزارش کردند که افزایش فسفر خاک، حجم ریشه‌ها را در خاک خشک و هم جذب آب را در ریشه‌های اولیه افزایش می‌دهد. با افزایش فسفر مورد استفاده در خاک از ۲۵ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار درصد عناصر غذایی در اندام‌های گیاه به طور معنی‌داری افزایش یافت (Singh and Sale, 2000) که این نتایج نشان‌دهنده ضعیف بودن خاک محل آزمایش از عنصر فسفر و واکنش مثبت گیاه لوبیا به افزایش فسفر خاک می‌باشد. نتایج نشان داد که در تیمار کاربرد کود زیستی بیشترین غلظت فسفر دانه به میزان ۰/۲۶۵ درصد بدست آمد درحالی‌که کمترین میزان در تیمار عدم کاربرد کود زیستی به میزان ۰/۲۲۶ درصد بدست آمد (جدول ۳). محققان در آزمایشی گزارش کردند کاربرد کود زیستی باعث افزایش میزان جذب عناصر به ویژه فسفر نسبت به عدم مصرف کود زیستی در گیاه کنجد شد (Askari *et al.*, 2018). استفاده از کود شیمیایی موجب تثبیت و غیر قابل استفاده شدن فسفر در گیاه می‌گردد که منجر به تلفات فسفر و هم‌چنین آلودگی خاک می‌شود. بنابراین استفاده از کودهای زیستی از طریق رهاسازی مدام فسفر باعث تسهیل در جذب عناصر توسط گیاه می‌گردد (Rahimzadeh *et al.*, 2013).

پتاسیم ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمار تنش خشکی، کود فسفر و کود زیستی در سطح یک درصد بر غلظت پتاسیم ریشه معنی‌دار بود هم‌چنین تنها اثر متقابل تنش خشکی و کود زیستی معنی‌دار بود و سایر اثرات متقابل در تیمارهای مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار مصرف ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین غلظت پتاسیم ریشه به ترتیب به میزان ۲/۴۶ و ۲/۳۹ درصد بدست آمد که نسبت به تیمار ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به ترتیب به میزان ۸/۸۴ و ۵/۷۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین غلظت پتاسیم ریشه در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و مصرف کود زیستی به میزان ۲/۶۳ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار بدون تنش و عدم مصرف کود زیستی به میزان ۲ درصد بدست آمد. هم‌چنین نتایج نشان داد بین تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی با مصرف و عدم مصرف کود زیستی اختلاف معنی‌داری مشاهده

نشد (شکل ۲). عوامل متعددی بر میزان قابلیت جذب پتاسیم توسط ریشه گیاهان دخالت می‌کنند. از جمله این عوامل گونه و رقم گیاهی، ظرفیت تبادل کاتیونی، رطوبت، ساختار ریشه، دما و مقدار پتاسیم در خاک در قابلیت جذب پتاسیم خاک به وسیله گیاه مؤثر می‌باشند. با این حال گزارش‌ها نشان می‌دهد استفاده از کود زیستی فسفات بارور ۲ جذب پتاسیم را افزایش می‌دهد (Bolandnazar *et al.*, 2014). به نظر می‌رسد با توجه شرایط آب و هوایی منطقه و میزان پتاسیم موجود در خاک (۳۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و دیگر عوامل تأثیرگذار، ریشه میزان پتاسیم بیشتری از خاک جذب کرده است. محققان گزارش کردند با افزایش شدت خشکی کاهش معنی‌داری در غلظت پتاسیم ریشه مشاهده گردید که مصرف کود زیستی موجب افزایش معنی‌دار این عنصر نسبت به تیمار عدم مصرف کود زیستی گردید (Cham *et al.*, 2021). هم‌چنین مشخص‌شده است که کودهای زیستی به روش‌های مستقیم مانند بهبود تغذیه گیاه از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و هم‌چنین افزایش جذب آب توسط گیاه و به روش غیرمستقیم مانند کاهش تنش‌های محیطی سبب افزایش رشد گیاهان میزبان می‌شوند (Tahat and Sijam, 2012) نتایج این تحقیق مطالب گفته‌شده در بالا را تأیید کرد به‌طوری‌که استفاده از این نوع کود با افزایش جذب پتاسیم ریشه گیاه لوبیا شد.



شکل ۲- اثر تنش خشکی و کود زیستی بر میزان پتاسیم ریشه در گیاه لوبیا

Figure 2- Effect of drought stress and bio-fertilizer on root potassium in bean plants

پتاسیم ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمار تنش خشکی، کود فسفر و کود زیستی در سطح یک درصد بر غلظت پتاسیم ساقه معنی‌دار است اما اثرات متقابل در هیچ‌کدام از تیمارهای مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین غلظت پتاسیم ساقه در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی به میزان ۴/۳۵ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار بدون تنش خشکی (آبیاری کامل) به میزان ۳/۶۰ درصد بدست آمد. هم‌چنین بین تیمار آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله غلاف‌دهی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳). جذب و انتقال پتاسیم توسط ریشه گیاه از طریق دو ساز وکار جذب فعال و جذب غیر فعال صورت می‌گیرد. به نظر می‌رسد از آنجایی که بالاترین میزان پتاسیم در مرحله گل‌دهی توسط ریشه گیاه جذب شده است به همین دلیل میزان بیشتری در ساقه گیاه انتقال پیدا کرده است. محققان گزارش کردند در گیاه سویا برای افزایش مقاومت به تنش خشکی، گیاه با مصرف انرژی باعث افزایش غلظت K^+ در ریشه و اندام هوایی می‌شود. این مکانیسم جذب پتاسیم با تأثیر

مستقیم بر فتوسنتز و افزایش انتقال مواد ازته به دانه و سنتز پروتئین‌ها همراه است که در نهایت سبب بهبود در رشد و نمو گیاه می‌شود (Samarah *et al.*, 2004).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار مصرف ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بیشترین غلظت پتاسیم ساقه به ترتیب به میزان ۴/۱۰ و ۳/۹۹ درصد بدست آمد و کمترین میزان نیز در تیمار ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به میزان ۳/۷۷ درصد بدست آمد (جدول ۳). در تحقیق حاضر کاربرد کود فسفر تأثیر مثبتی در افزایش پتاسیم گیاه داشت. از آنجایی که بیشترین میزان جذب در اندام ریشه در تیمار مصرف ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بدست آمده به نظر می‌رسد گیاه لوبیا توانسته میزان زیادی از پتاسیم را به سمت اندام هوایی خود انتقال دهد. از طرفی مطالعات زیادی نشان می‌دهد پتاسیم با دیگر عناصر رابطه مستقیمی دارند و فراهم بودن عناصر غذایی با کود شیمیایی می‌تواند منجر به افزایش جذب عناصر پرمصرف در گیاه شود (Khamadi *et al.*, 2016; Salehifar, 2020).

نتایج نشان داد که در تیمار کاربرد کود زیستی بیشترین غلظت پتاسیم ساقه به میزان ۴/۰۴ درصد بدست آمد در حالی که کمترین میزان در تیمار عدم کاربرد کود زیستی به میزان ۳/۸۶ درصد بدست آمد (جدول ۳). کودهای زیستی از طریق تجزیه سیلیکات‌ها و انحلال کانی‌ها سبب آزادسازی پتاسیم و در نتیجه افزایش میزان پتاسیم در گیاه و اندام هوایی آن می‌گردند (Cham *et al.*, 2021).

پتاسیم دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنها اثر تیمار کود زیستی در سطح یک درصد بر غلظت پتاسیم دانه معنی‌دار است اما اثرات اصلی تنش خشکی و کود فسفر و اثرات متقابل در هیچ‌کدام از تیمارهای مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج نشان داد که در تیمار کاربرد کود زیستی بیشترین غلظت پتاسیم دانه به میزان ۲/۵۱ درصد بدست آمد که نسبت به تیمار عدم کاربرد کود زیستی ۶/۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). پژوهش‌گران گزارش کردند که تلقیح کود زیستی سیستم ریشه را در گیاهان گسترده‌تر می‌کند که این امر سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه شده و رشد و عملکرد گیاه افزایش می‌یابد (Zaady *et al.*, 1993). محققان گزارش کردند بیشترین درصد پتاسیم در تیمار مصرف کودهای زیستی صورت گرفت (Cham *et al.*, 2021) که نتایج تحقیق حاضر را تایید می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد کود شیمیایی فسفاته به‌طور معنی‌داری سبب افزایش جذب عناصر گردید. هم‌چنین کاربرد کود زیستی به‌طور معنی‌داری غلظت عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر را در گیاه لوبیا افزایش داد. به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از کود زیستی و کود شیمیایی فسفاته می‌تواند آثار نامطلوب تنش خشکی را با افزایش جذب عناصر در اندام‌های لوبیا کاهش دهد.

References

Abdelaziz, M.E., Pokluda, R. and Abdelwahab, M.M., 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *35*(1), pp.1842-4309. **doi:10.15835/nbha351261**

Ansari, S., Sarikhani, M.R. and Najafi, N., 2015. Inoculation effects of nitrogen and phosphate biofertilizers on corn in presence of indigenous microflore of soil. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *24*(4), pp.33-43. [In Persian].

Askari, A., Ardakani, M.R., Vazan, S., Paknejad, F. and Hosseini, Y., 2018. The effect of mycorrhizal symbiosis and seed priming on the amount of chlorophyll index and absorption of nutrients under drought stress in sesame plant under field conditions. *Applied Ecology and Environmental Research*, *16*(1), pp.335-357. **doi: 10.15666/aeer/1601_335357**

Bahamin, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Beheshti, S., 2019. Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative productivity of maize under drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *12*(1), pp.123-139. [In Persian]. **doi: 10.22077/escs.2018.1152.1235**

Bolandnazar, S.A., Khorsandi, S. and Adlipoor, M., 2014. The Effect of Bio-fertilizer (Phosphate Barvar2) on Onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *24*(2), pp.19-30. [In Persian].

Bourgault, M., Madramootoo, C.A., Webber, H.A., Dutilleul, P., Stulina, G., Horst, M.G. and Smith, D.L., 2013. Legume production and irrigation strategies in the Aral Sea basin: yield, yield components, water relations and crop development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and mungbean (*Vigna radiate* L.) Wilczek. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *199*(4), pp.241-252. **doi: 10.1111/jac.12016**

Cham, R., Abtahi, S.A., Jafarinia, M. and Yasrebi, J., 2021. Evaluation of the effects of some biofertilizers on nutrient uptake and essential oil yield in the golden plant (*Dracocephalum kotschyi Boiss*) under different soil moisture regimes. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, *11*(1), pp.29-44. **doi: 10.30495/wsrcj.2021.18543**

Ezati, N., Maleki, A. and Fathi, A., 2020. Effect of drought stress and spraying of gibberellic acid and salicylic acid on the quantitative and qualitative yield of canola (*Brassica napus*). *Journal of Plant Environmental Physiology*, *14*(56), pp.94-109. [In Persian]. **doi: 20.1001.1.76712423.1398.14.56.5.9**

Farooq, M., Gogoi, N., Barthakur, S., Baroowa, B., Bharadwaj, N., Alghamdi, S.S. and Siddique, K.H.M., 2017. Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filling. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *203*(2), pp.81-102. **doi: 10.1111/jac.12169**

Fathi, A. and Mehdiniya Afra, J., 2023. Plant Growth and Development in Relation to Phosphorus: A review. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, *80*(1), pp.1-7. **doi:10.15835/buasvmcn-agr:2022.0012**

Fathi, A., Farnia, A. and Maleki, A., 2016. Effects of biological nitrogen and phosphorus fertilizers on vegetative characteristics, dry matter and yield of corn. *Applied Field Crops Research*, *29*(1), pp.1-7 [In Persian]. **doi: 10.22092/aj.2016.109214**

Fathi, A., Kardoni, F., Bahamin, S., Khalil Tahmasebi, B. and Naseri, R., 2017. Investigation of management strategy of the consolidated system of organic and biological inputs on growth and yield characteristics in corn cultivation. *Applied Research of Plant Ecophysiology*, *4*(1), pp.137-156. [In Persian].

Ghadirnezhad Shiade, S.R., Fathi, A., Taghavi Ghasemkheili, F., Amiri, E. and Pessarakli, M., 2023. Plants' responses under drought stress conditions: Effects of strategic management approaches—A review. *Journal of Plant Nutrition*, *46*(9), pp.2198-2230. **doi: 10.1080/01904167.2022.2105720**

Ghanbari, A.A., 2015. Developmental stages and phenology of common bean genotypes under normal irrigation and water deficit conditions. *Applied Field Crops Research*, *28*(107), pp.190-199. [In Persian]. **doi:10.22092/aj.2015.105723**

Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R. and Ahmed, I., 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals of Microbiology*, *60*(4), pp.579-598. **doi: 10.1007/s13213-010-0117-1**

Heidari, M. and Jahantighi, H., 2013. Evaluate effect of water stress and different amounts of nitrogen fertilizer on seed quality of black cumin (*Nigella Sativa* L). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *11*(4), pp.640-647. [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v11i4.32892**

Heydari, M.M., Brook, R.M. and Jones, D.L., 2019. The role of phosphorus sources on root diameter, root length and root dry matter of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Nutrition*, *42*(1), pp.1-15. **doi: 10.1080/01904167.2018.1509996**

Jones, C.A., 2003. The effects of P fertilization on drought tolerance of malt barley. *In western nutrient management conference*, Salt Lake City, UT, 5, pp.88-93.

Karami, H., Maleki, A. and Fathi, A., 2018. Determination effect of mycorrhiza and vermicompost on accumulation of seed nutrient elements in maize (*Zea mays* L.) affected by chemical fertilizer. *Journal of Crop Nutrition Science*, *4*(3), pp.15-29.

Khamadi, F., Mesgarbashi, M., Hasibi, P., Farzaneh, M. and Enayatzamir, N., 2014. Influence of crop residue and nitrogen levels on nutrient content in grain wheat. *Agronomy Journal* (*Pajouhesh & Sazandegi*), *109*, pp.158-165. [In Persian]. **doi: 10.22092/aj.2016.106753**

Kim, Y., Chung, Y.S., Lee, E., Tripathi, P., Heo, S. and Kim, K.H., 2020. Root response to drought stress in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(4), pp.1513. **doi: 10.3390/ijms21041513**

Meena, S.K., Pandey, R., Sharma, S., Vengavasi, K., Dikshit, H.K., Siddique, K.H. and Singh, M.P., 2021. Cross tolerance to phosphorus deficiency and drought stress in mung bean is regulated by improved antioxidant capacity, biological N2-fixation, and differential transcript accumulation. *Plant and Soil*, *466*(1), pp.337-356. **doi: 10.1007/s11104-021-05062-0**

Miranda, M.T., Da Silva, S.F., Silveira, N.M., Pereira, L., Machado, E.C. and Ribeiro, R.V., 2021. Root osmotic adjustment and stomatal control of leaf gas exchange are dependent on itrus rootstocks under water deficit. *Journal of Plant Growth Regulation*, *40*(1), pp.11-19. **doi: 10.1007/s00344-020-10069-5**

Mirzaei, A., Naseri, R., Torab Miri, S.M., Soleymani Fard, A. and Fathi, A., 2018. Response of yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to the application of plant growth promoting rhizobacteria and nitrogen chemical fertilizer under rainfed conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, *11*(44 (4)), pp.775-790. [In Persian].

Mirzaei, M., Majnon Hoseini, N. and Mirabzade, M., 2020. Effects of irrigation cutting off at different growth stages and nitrogen fertilizer levels on pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *51*(4), pp.101-110. [In Persian]. **doi: 10.22059/ijfcs.2020.283238.654616**

Naseri, R., Soleymani Fard, A., Mirzaei, A., Darabi, F. and Fathi, A., 2020. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on activities of antioxidative enzymes, physiological characteristics and root growth of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under dry land conditions of Ilam province. *Iranian Journal Pulses Research, 10*(2), pp.62-76. [In Persian]. **doi: 10.22067/ijpr.v10i2.64299**

Norouzi masir, M., Enayatzamir, N. and Ghadamkhani, A., 2019. Effect of phosphorus solubilizing bacteria on phosphorus uptake and some properties of wheat. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, *8*(4), 111-125. [In Persian]. **doi: 10.22069/ejsms.2019.14286.1791**

Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heidari, G., Eivazi, A. and Hoseini, S., 2013. Effect of biofertilizers on macro and micro nutrients uptake and essential oil content in *Dracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *11*(1), pp.179-190. [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v11i1.24128**

Salehifar, M., 2020. Comparative evaluation of chicken manure and chemical fertilizer on nutrient concentrations and grain quality of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, *32*(4), pp.862-872. [In Persian].

Sallam, A., Alqudah, A.M., Dawood, M.F., Baenziger, P.S. and Börner, A., 2019. Drought stress tolerance in wheat and barley: advances in physiology, breeding and genetics research. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(13), pp.3137. **doi: 10.3390/ijms20133137**

Samarah, N., Mullen, R. and Cianzio, S. 2004. Size distribution and mineral nutrients of soybean seeds in response to drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, *27*(5), pp.815-835. **doi: 10.1081/PLN-120030673**

Seleiman, M.F., Refay, Y., Al-Suhaibani, N., Al-Ashkar, I., El-Hendawy, S. and Hafez, E.M., 2019. Integrative effects of rice-straw biochar and silicon on oil and seed quality, yield and physiological traits of *Helianthus annuus* L. grown under water deficit stress. *Agronomy*, *9*(10), pp.637. **doi: 10.3390/agronomy9100637**

Singh, D.K. and Sale, P.W., 2000. Growth and potential conductivity of white clover roots in dry soil with increasing phosphorus supply and defoliation frequency. *Agronomy Journal*, *92*(5), pp.868-874. **doi: 10.2134/agronj2000.925868x**

Tahat, M.M. and Sijam, K., 2012. Mycorrhizal fungi and abiotic environmental conditions relationship. *Research Journal of Environmental Sciences*, *6*(4), pp.125-133. **doi: 10.3923/rjes.2012.125.133**

Taheri, F., Maleki, A. and Fathi, A., 2021. Study of different levels of nitrogen fertilizer and irrigation on quantitative and qualitative characteristics of quinoa grain yield. *Crop Physiology Journal*, *13*(50), pp.135-149. [In Persian].

Vassilev, N. and Vassilev, M., 2003. Biotechnological solubilization of rock phosphate on media containing agro-industrial wastes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *61*, pp.435–440. **doi: 10.1007/s00253-003-1318-3**

Waling, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G. and Van der Lee, J.J., 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi: Part 7. Plant Analysis Procedures Wageningen Agriculture University. Wageningen, pp. 35.

Zaady, E., Perevolotsky, A. and Okon, Y., 1993. Promotion of plant growth by inoculum with aggregated and single cell suspensions of Azospirillum brasilense Cd. *Soil Biology and Biochemistry*, *25*(7), pp.819-823. **doi:10.1016/0038-0717(93)90081-L**

Zarehmanesh, H., Eisvand, H.R., Akbari, N., Ismaili, A. and Feizian, M., 2021. Effects of humic acid on changes in nutrient concentrations of leaf, root and stem nutrients of *Satureja khuzestanica* under salinity stress. *Journal of Plant Process and Function*, *10*(41), pp.1-16. [In Persian]. **doi:20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5**

Zeidali, E., Naseri, R., Mirzaei, A., Fathi, A. and Darabi, F., 2018. Study the effect of plant nourishment with chemical, PGPR and manure fertilizers on agro-physiologic characteristics and weed density of maize. *Journal of Plant Ecophysiology*, *10*(32), pp.198-214. [In Persian].

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 5, Issue 3, Winter 2023, P. 539-554

The effect of chemical and biofertilizer on the nutrient concentration of root, shoot and seed of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress

Mohammad Mirzaei Heydari[1*], Amin Fathi[2], Roghayeh Atashpikar[3]

[1] Department of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
[2] Ph.D. Graduate in Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
[3] Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Ilam Branch, Ilam, Iran
[*] Corresponding Author: mirzaeiheydari@yahoo.com

Received: 14 March 2022 Accepted: 11 June 2022 **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.334186.1212**

Abstract

Introduction: Legumes are the second most important food source in the world after cereals. Beans are very effective in stabilizing nitrogen and fertility of agricultural soil due to their coexistence with bacteria, and large amounts of nitrogen are added to the soil every year after harvesting this plant. Environmental factors, especially drought stress conditions, play a major role in the quantitative and qualitative characteristics of crops. Reduction of available water, especially at the beginning of the flowering stage and the occurrence of drought stress in legumes, while reducing the rate of vegetative growth and shortening the stage of reproductive growth has a negative effect on grain quality. Nutritional deficiencies in plants cause them to be sensitive to environmental stresses. Excessive use of chemical fertilizers in agriculture to provide the phosphate needed by plants has always caused adverse environmental effects and has led to a decline in the quality of agricultural products. However, the use of biofertilizers has many benefits over chemical fertilizers. Therefore, considering the importance of the above, the purpose of this study is to investigate the role of biofertilizer and phosphorus fertilizer on bean plant elements in drought stress conditions.

Materials and Methods: An experimental split-split plot with three replications was performed to investigate the effect of bio-fertilizer and phosphate fertilizer application on nutrient uptake in roots, stems, and seeds of beans under drought stress in season 2016-2017 in Ilam city. Treatments included three levels of irrigation interruption (non-stress conditions, cut off in flowering stage, and cut off in pod formation stage) in the main plot and three levels of phosphate fertilizer (25, 50, and 100 kg. ha^{1}) and application and non-application of biofertilizer. Drought stress treatment in this experiment was performed by stopping irrigation in two stages of full flowering and podding. All phosphorus fertilizer related to each treatment was applied to the ground at once during cultivation. After germination and establishment of the plants in the 2-4 leaf stage, the plants were thinned and one plant was kept in each pile. Weed control was done manually in two stages before flowering.

Results and Discussion: The results showed that the highest nitrogen concentrations in roots, stems, and seeds under non-stress conditions (full irrigation) were 1.12, 1.77, and 3.19%, respectively. Also, the lowest nitrogen concentrations of roots, stems, and seeds in the cut-off flowering stage were 0.92, 1.46, and 2.63%, respectively. The mean comparison results showed that the highest grain nitrogen concentration in non-stress conditions (full irrigation) was 3.19%, which increased by 21.29% compared to the cut-off irrigation treatment at the flowering stage. The results showed that the highest concentration of root potassium in the conditions of irrigation interruption in the flowering stage and biofertilizer application was 2.63% and the lowest was obtained in the treatment without stress and non-application of biofertilizer (2%). The average comparison results showed that the highest concentration of potassium in the stem was obtained in the condition of cut off irrigation in the flowering stage at the rate of 4.35% and the lowest amount was obtained in the full irrigation at the rate of 3.60%. The results showed that in the treatment of biofertilizer application, the highest concentration of phosphorus in the grain was 0.265 percent, while the lowest in the treatment of non-application of biofertilizer was 0.226 percent.

Conclusion: The application of phosphate fertilizer significantly increased the absorption of elements. The application of biofertilizer also significantly increased the concentration of nitrogen, potassium, and phosphorus in bean plants. In general, the results of this study showed that the use of biofertilizer and phosphate fertilizer could reduce the adverse effects of drought stress on bean plants and increase the absorption of elements in bean organs.

Keywords: Flowering stage, Nitrogen, Phosphorus, Pod formation stage, Potassium