



اثر فشردگی مدیریت تغذیه و سموم شیمیایی کشاورزی بر رشد و عملکرد دانه ارقام لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط مزرعه

هادی خاوری^۱، علی خورگامی^{۲*}، رضا میردریگوند^۳ و کاظم طالشی^۴

۱- دانشجوی دکتری گروه آگروتکنولوژی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

2006.khavari.hadi@gmail.com؛ شناسه ارجید: 0000-0002-3127-646X

۲- دانشیار گروه آگروتکنولوژی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

Ali_khorgamy@yahoo.com؛ شناسه ارجید: 0000-0002-4213-9743

۳- دانشیار گروه زنتیک و به‌نژادی گیاهی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

drikvand_r@yahoo.com؛ شناسه ارجید: 0000-0001-5702-6779

۴- استادیار گروه آگروتکنولوژی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

kazem_taleshi@yahoo.com؛ شناسه ارجید: 0000-0003-4445-8059

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۵، بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۲، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۹؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:

خاوری، ه.، خورگامی، ع.، میردریگوند، ر.، و طالشی، ک. ۱۴۰۲. اثر فشردگی مدیریت تغذیه و سموم شیمیایی کشاورزی بر رشد و عملکرد دانه ارقام لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط مزرعه. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴(۱): ۷۵-۹۱.

چکیده

امروزه تنوع در نظام‌های زراعی برای تولید حداکثری محصولات کشاورزی نظرات قابل توجهی را به خود جلب کرده است. در این راستا آزمایشی با هدف بهبود سودآوری مزرعه و بازسازی نظام‌های زراعی متناسب با افزایش سلامت محصولات، بهبود امنیت غذایی انسان‌ها و تولید پایدار محصول لوبیاقرمز، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰ در منطقه بیران شهر لرستان اجرا شد. نظام‌های زراعی مختلف شامل (اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاد، متوسط‌نهاد و پُر‌نهاد) و ارقام لوبیاقرمز شامل (افق، دادفر، گلی و یاقوت) بودند. مقادیر مختلف مصرف‌نهاد در نظام‌های زراعی شامل مدیریت زراعی، مصرف کود و سم بود. نتایج نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم، قطر ساقه، تعداد شاخه، ارتفاع بوته، تعداد برگ، محتوای کلروفیل، تعداد غلاف، وزن دانه، عملکرد زیست‌توده و دانه و شاخص برداشت را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه در رقم یاقوت در نظام زراعی پُر‌نهاد (۳۰۵۴/۳۰ کیلوگرم در هکتار) و در نظام زراعی تلفیقی (۳۰۰۷/۳۳ کیلوگرم در هکتار) هر دو در یک کلاس آماری به‌دست آمد. عملکرد دانه در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر‌نهاد به ترتیب به میزان ۲۷/۵۶، ۱۸/۱۴ و ۴۰/۰۹ درصد و در نظام زراعی تلفیقی به ترتیب به میزان ۲۶/۰۲، ۱۳/۲۵ و ۱۶/۵۰ درصد افزایش نشان داد. یافته‌ها نشان داد که نظام زراعی تلفیقی توانست هم‌تراز با نظام زراعی پُر‌نهاد، ویژگی‌های زراعی ارقام لوبیاقرمز را نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاد و متوسط‌نهاد به بالاترین سطح خود برای افزایش تولید اقتصادی برساند.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی؛ تولید پایدار؛ شاخص برداشت؛ عملکرد دانه؛ کلروفیل برگ

مقدمه

امنیت غذایی خود در تلاش هستند (Kumari et al., 2022). از طرفی، کشاورزی مدرن با هدف تولید حداکثری محصولات زراعی در جهت پاسخ به نیازهای جمعیت رو به رشد جهان و بدون اطمینان از اثرات آن بر محیط زیست در حال انجام است (Taylor et al., 2020). شیوه‌های کشاورزی متداول در سراسر جهان به استفاده گسترده از کودها و سموم شیمیایی

در مقیاس جهانی، تقاضا برای محصولات کشاورزی هم‌زمان با رشد روزافزون جمعیت انسان‌ها در حال افزایش است. کشورهای با درآمد پایین و متوسط برای مقابله با چالش‌های

* نویسنده مسئول: Ali_khorgamy@yahoo.com

گیاه (PGPR) از جمله ریزوبیوم همزیست با لوبیا (*Rhizobium phaseoli*)، گروهی از ریزجانداران مؤثر، غیر بیماری‌زا، و مستعمره‌کننده ریشه هستند که در ریزوسفر گیاهان ساکن هستند و رشد و عملکرد گیاه را تقویت می‌کنند (Naseri, 2019; Khavari and Shakarami, 2019; Gupta and pandey, 2020). بیوجار یک ماده جامد است که از کربن شدن (تبدیل به ذغال شدن) زیست‌توده تولید می‌شود. منابع زیست‌توده شامل بقایای محصولات کشاورزی، ضایعات فرآوری مواد غذایی، زباله‌های جامد (زباله‌های خانگی، باقیمانده مواد غذایی و ...)، فضولات حیوانی (مواد دفع شده از حیوانات زنده) و فاضلاب‌های شهری است که تحت شرایط محدود اکسیژن در اثر حرارت تجزیه (پیرولیز) می‌شوند (Lee et al., 2020; Huang et al., 2019). دارای خصوصیات بی‌ظرفی مانند سطح ویژه بزرگ، ظرفیت بافر pH، توانایی تبادل یونی و به‌عنوان یک جاذب چند منظوره کارآمد، مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست در نظر گرفته می‌شود (Huang et al., 2020). علاوه بر این، بیوجار با بهبود خواص تبادل یونی، افزایش اسیدیته خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب، اثر مثبتی بر بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد (Ye et al., 2020). بیوجار می‌تواند به‌عنوان یک اصلاح‌کننده خاک و به‌طور بالقوه به‌عنوان یک کود نیز مورد استفاده قرار گیرد که موجب تحریک فعالیت میکروبی خاک و افزایش عملکرد محصولات زراعی می‌شود (El-Naggar et al., 2018). تولید ورمی‌کمپوست روشی برای تبدیل زباله‌های آلی به مواد قابل استفاده است که در آن از گونه‌های گرم‌خاکی (*Eisenia fetida*) برای تثبیت زباله‌های آلی استفاده می‌شود. ورمی‌کمپوست به دلیل داشتن ساختار متخلخل، ظرفیت ذخیره سازی بالای آب، داشتن مواد شبه هورمونی، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و سطوح بالای عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم و همچنین ریزمغذی‌هایی مانند آهن، روی، مس و منگنز، محیطی را در خاک تشکیل می‌دهد که از رشد گیاه حمایت می‌کند. همچنین ورمی‌کمپوست دارای مواد هیومیک است که موجب افزایش عملکرد و رشد گیاهان و در نتیجه افزایش تولیدات کشاورزی می‌شود (Hosseinzadeh et al., 2018). در پژوهش‌های مزرعه‌ای متعددی نقش مفید و کارآمدی استفاده از کودهای زیستی میکوریزا و ریزوبیوم (Razakatiana et al., 2020; Khavari and Shakarami, 2019) و کودهای آلی بیوجار (Kumari et al., 2022; Velez et al., 2018) و ورمی-کمپوست (Sharma et al., 2018; Belmeskine et al., 2018) در تولید حبوبات به‌ویژه لوبیا گزارش شده است. با

وابسته است (Wang et al., 2018). امروزه در تمامی نظام‌های زراعی، کاهش وابستگی به انرژی‌های یارانه‌ای (کودها و سموم شیمیایی) از اهداف اساسی به شمار می‌آید. بدیهی است، شناسایی پتانسیل‌های تولید در بوم‌نظام‌های زراعی مختلف بر پایه تحقیقات علمی کمک شایانی به افزایش بهره‌وری تولید خواهد نمود. از آنجایی که مصرف انرژی یکی از ضرورت‌های مهم در نظام‌های مختلف تولید (اکولوژیک، کم‌نهاد، متوسط نهاد، تلفیقی و پُر‌نهاد) به شمار می‌آید، معرفی یک سیستم کارآمد انرژی کمک بزرگی به چرخه اقتصاد کشاورزی خواهد کرد (Asgharipour et al., 2019). بنابراین، استفاده از بهترین شیوه‌های مدیریت عناصر غذایی در بوم‌نظام‌های متنوع و نظام‌های مختلف تولید برای افزایش تولید غذا و بهبود سودآوری مزرعه در کنار بهبود کارایی منابع طبیعی بسیار مهم است (Antil and Raj, 2020). از طرفی استفاده ناکافی و نامتعادل از کودهای شیمیایی موجب کمبود گسترده عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، روی و بور) مورد نیاز گیاهان زراعی و کاهش سلامت خاک در بسیاری از مناطق دنیا شده است (Yadav et al., 2018). امروزه، کوددهی متوازن به معنای استفاده منطقی از کودهای شیمیایی، زیستی و آلی به گونه‌ای است که افزایش عملکرد محصول را تضمین کند. همچنین کیفیت محصولات تولیدی را افزایش دهد و موجب کاهش نسبت هزینه به سودآوری برای کشاورزان گردد و کمترین اثر نامطلوب را بر خاک و محیط زیست داشته باشد (Gogoi et al., 2018; Yadav et al., 2018). نظام‌های زراعی پایدار تضمین‌کننده ماندگاری عملکرد محصولات تولید شده برای جمعیت در حال توسعه حال و آینده بدون به خطر انداختن اجزای زیستی و فیزیکی محیط زیست است که در آن تولید در حال انجام است (Epule, 2019). یکی از مهم‌ترین ابزارهای دستیابی به این هدف، بکارگیری کودهای آلی با منشأ طبیعی و میکروارگانیسم‌های مؤثر در طی مسیر تولید محصولات زراعی است (Bhowmik and Das, 2018). در نتیجه حفظ بهره‌وری محصولات زراعی و افزایش سلامت خاک به‌صورت طولانی مدت تنها از طریق افزایش سهم منابع آلی و کودهای زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی امکان‌پذیر خواهد بود (Antil and Raj, 2020; Bhowmik and Das, 2018). با توجه به اهمیت تولید حبوبات در کشور، ارزیابی پاسخ این گیاهان نسبت به کاربرد کودهای زیستی و آلی در جهت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی در راستای تولید پایدار این محصولات نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Khavari and Shakarami, 2019). کودهای زیستی حاوی قارچ‌های میکوریزا آربسکولار (AMF) و ریزوباکتری‌های محرک رشد

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش
Table 1. Soil physical and chemical characteristics of experimental field

بافت خاک Soil Texture	رطوبت وزنی در ظرفیت مزرعه (درصد) Moistuer content at field capacity (%)	رس Clay	لای Silt	شن Sand	مغذی‌ها (mg.kg ⁻¹)							کربن آلی O.C (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)
					مس Cu	روی Zn	مگنز Mg	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیترژن N				
لومی رسی Clay Loam	22.43	39.4	44.6	16	0.92	0.73	5.34	4.35	238	8.46	0.091	1.16	1.09	7.23	0-30
لومی رسی Clay Loam	19.23	31.65	48.72	19.63	0.83	0.69	5.11	2.62	187	4.51	0.015	0.68	0.86	7.11	30-60

توجه به بررسی‌های انجام شده، امروزه تنوع در نظام‌های زراعی برای تولید حداکثری محصولات کشاورزی نظرات قابل توجهی را به خود جلب کرده است. بنابراین، هدف از این آزمایش کم-هزینه نمودن مصرف کودها و سموم شیمیایی از طریق مدیریت و بازسازی نظام‌های زراعی متداول در منطقه با کاربرد کودهای زیستی و آلی متناسب با افزایش سلامت محصولات تولید شده در مزرعه، در راستای بهبود امنیت غذایی انسان‌ها و تولید پایدار محصول لوبیاقرمز در کشور در شرایط مزرعه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در مزرعه‌ای واقع در منطقه بیران شهر استان لرستان با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۵۷ متر از سطح دریا، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نظام‌های زراعی مختلف شامل (اکولوژیک=C1، تلفیقی=C2، کم‌نهاده=C3، متوسط نهاده=C4 و پُر نهاده=C5) و ارقام مختلف لوبیاقرمز شامل (افق=G1، دادفر=G2، گلی=G3 و یاقوت=G4) بودند. مقادیر مختلف مصرف نهاده در نظام‌های زراعی شامل مصرف کود، سم و عملیات مدیریت زراعی در جدول ۳ ارائه شده است. زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل به کشت گیاه شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) اختصاص داشت. قبل از انجام آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری انجام شد. خصوصیات خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

کود زیستی میکوریزا آربسکولار با پتانسیل ۱۰۰ قطعه تکثیر (پروپاگول) در هر گرم، از گونه‌های مختلف (*Glomus* میکوروت از شرکت زیست‌فناور پیش‌تاز واریان (دانش‌بنیان)، مایه‌تلقیح مایع ریزوبیوم همزیست لوبیا (*Rhizobium phaseoli* Rb-133) با تراکم جمعیت 5×10^8 CFU بر گرم به ازای هر میلی‌لیتر از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک)، بیوچار تهیه شده از چوب درخت انار (*Punica granatum* L.) از شرکت تعاونی-تولیدی فصل پنجم (فرح‌بخش)، ورمی‌کمپوست از شرکت نوآوران کشت‌و صنعت ساین (سبزینه‌کشت) و کود کامل ریزمغذی با نام تجاری (NutriPad) ساخت شرکت پادنا کود (PADENA fertilizer) ایران (جدول ۲)؛

و بذور ارقام لوبیاقرمز شامل رقم افق (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین‌المللی Morado، فرم بوته ایستاده و رشد نامحدود تیپ ۲، مناسب برای برداشت مکانیزه، زودرس، متوسط دوره رشد و نمو ۸۵ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازار پسندی مطلوب، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در مناطق با سرمای زود هنگام پاییزه در کشور)، رقم دادفر (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین‌المللی Red Mexican، فرم بوته رونده و رشد نامحدود تیپ ۳، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۱ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازار پسندی مطلوب، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در اقلیم معتدل و سرد کشور)، رقم گلی (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین‌المللی Red Mexican، فرم بوته رونده و رشد نامحدود تیپ ۳، متوسط دوره رشد و نمو ۹۵ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازار پسندی عالی، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در تمامی مناطق رایج تولید لوبیا در کشور) از پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان بروجرد، و رقم یاقوت (منشأ، خالص شده از توده‌های بومی ایران، کلاس تجاری بین‌المللی Morado، فرم بوته ایستاده و رشد نامحدود تیپ ۲، مناسب برای برداشت مکانیزه، متوسط دوره رشد و نمو ۸۷ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه‌ای، مقاوم به بیماری‌های ویروسی، بازار پسندی عالی، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در تمامی مناطق رایج تولید لوبیا در کشور) از شرکت خدمات توسعه کشاورزی زنجان کشت خیرآباد تهیه گردید.

به‌منظور آماده‌سازی بستر کاشت، پس از برداشت محصول شبدر برسیم، زمین موردنظر توسط گاواهن برگردان‌دار در اواخر اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۰ شخم زده شد. پس از تسطیح زمین، واحدهای آزمایشی با ابعاد ۲/۵×۶ متر و جوی و پشته‌ها توسط نهرکن با عرض ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد. جهت جلوگیری از تداخل اثر تیمارها، فاصله بین واحدهای آزمایشی یک متر و بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. با توجه به شرایط حساس جوانه‌زنی گیاه لوبیا، آبیاری پیش از کاشت (خاک‌آب) انجام شد. پس از گذشت چهار روز با گاوروشدن زمین، بذور در تاریخ ۱۴ خرداد ۱۴۰۰ به روش هیرم‌کاری (نم‌کاری)، به‌صورت دستی در خطوطی با طول شش متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی-متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر و با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع در عمق پنج تا هفت سانتی‌متری خاک کشت شدند. ماده تلقیح پودری مایکوروب (حاوی گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا آربسکولار) به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت کوددهی نواری و طبق دستورالعمل شرکت سازنده

استفاده شد؛ به این صورت که پس از ایجاد شیار مقدار مشخص شده از ماده تلقیح در طول خط کاشت و با عمق دو سانتی‌متری زیر بذور ریخته شد (در حدود ۰/۶۲۵ گرم به ازای هر بذر) و سپس روی آن با خاک پوشانده شد. مایه‌زنی با مایه-تلقیح مایع ریزوبیوم همزیست لوبیا در سایه انجام گردید. به منظور مایه‌زنی بذرها، قبل از کاشت میزان بذر مورد نیاز برای هر واحد آزمایشی محاسبه و در داخل ظروف پلاستیکی ریخته شد. سپس برای چسبندگی بیشتر با سلول‌های باکتری، با مایع صمغ عربی به نسبت ۲۰ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم بذر آغشته شدند. مایه‌تلقیح مایع ریزوبیوم به نسبت ۵۰ میلی‌لیتر برای هر کیلوگرم بذر اضافه شد و برای تکمیل مایه‌زنی به‌طور کامل مخلوط شد و در نهایت بذرها پس از گذشت مدت ۳۰ دقیقه با خشک شدن نسبی کشت شدند.

بیوچار به میزان ۱۰ تن در هکتار و ورمی‌کمپوست به میزان ۱۵ تن در هکتار استفاده شد، به این صورت که مقدار مشخص شده از این کودهای آلی برای تیمارهای مربوطه قبل از کاشت تا عمق ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متری خاک مخلوط گردید. همچنین کود کامل ریز مغذی با غلظت دو در هزار به صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفت. آبیاری با روش نشتی (فارویی) در طی مراحل رشد و نمو بر اساس شرایط اقلیمی منطقه و نیاز زراعی گیاه انجام شد. برای محاسبه نیاز آبی ارقام لوبیاقرمز در منطقه مورد آزمایش از نرم افزار بهینه‌سازی و برنامه ریزی مصرف آب کشاورزی (OPTIWAT) استفاده شد. (حجم آب مصرفی برای لوبیاقرمز در منطقه مورد آزمایش با میانگین ضریب گیاهی $kc(0/861)$ در شرایط مساعد زراعی (عدم تنش) در حدود ۱۴۳۱۲ تا ۱۹۷۳۵ متر مکعب برای روش آبیاری سطحی محاسبه شد. اولین آبیاری پس از خروج جوانه‌ها و استقرار کامل گیاهچه‌ها در ۱۰ روز پس از کاشت و مراحل بعدی آبیاری با توجه به مراحل مختلف نمو بوته‌ها از ۷ روز (مراحل اولیه رشد) تا ۵ روز (از زمان شروع مرحله گلدهی به-طور تقریبی ۵۹ روز پس از کاشت تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و برداشت محصول) یک‌بار انجام شد. میانگین حجم آب مصرفی در طی دوره رشد و نمو ژنوتیپ‌های لوبیاقرمز با احتساب مرحله خاک‌آب (آبیاری قبل از کاشت) در حدود ۱۷۲۰۸/۶ مترمکعب در هکتار و میانگین تعداد دفعات آبیاری تا پایان فصل رشد ۱۷ مرحله بود. روش اعمال تیمارها و مدیریت زراعی در نظام‌های زراعی مختلف شامل (عملیات تهیه زمین، میزان مصرف کودهای شیمیایی، زیستی و آلی؛ تعداد دفعات مبارزه با علف‌های هرز، بیماری‌ها و آفات گیاهی و فواصل زمانی آبیاری) در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲ - مشخصات بیوجار، ورمی کمپوست و کود کامل ریزمغذی مورد استفاده در آزمایش
Table 2. Characteristics of Biochar, Vermicompost and Totalize fertilizer used in the experiment

نام تجاری	محتوا	Content										
Commercial name		مگنیز	هدایت الکتریکی	نیترژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	خاکستر	کربن آلی (درصد)	اسیدیته pH	نسبت کربن / نیترژن	ماده آلی (درصد)
		Mg (%)	EC (ds.m ⁻¹)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	ash (%)	O.C (%)		C/N	O.M (%)
بیوجار Biochar		5.77	0.2	0.79	0.14	0.17	4.26	24.6	8.2		10.20	13.89
ورمی کمپوست Vermicompost			نیترژن (درصد) N (%)		فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)			کربن آلی (درصد) O.C (%)		هدایت الکتریکی EC (ds.m ⁻¹)	اسیدیته pH
			0.473		0.24	0.55			8.67		2.44	8.23
		عناصر غذایی کم مصرف (پی پی ام) Micro Nutrients (PPM)										
		عناصر غذایی پر مصرف (درصد) Macro Nutrients %										
NutriPad 20-20-20		آهن	مس	نیترژن	بور	پتاسیم	فسفر	نیترژن	منیزیم	مولیبدن	روی	آمینو اسید
		Fe	Cu	N	B	K	P	N	Mn	Mo	Zn	Amino Acid
		1200	300	20	200	20	20	20	300	50	900	8000

جدول ۳- میزان نهاده‌های مصرفی و مدیریت زراعی در نظام‌های زراعی مختلف
Table 3. Amount of Consumed inputs and cropping management in different cropping systems

		پر نهاده High input	متوسط نهاده Medium input	کم نهاده Low input	تلفیقی Integrated	اکولوژیک Ecological
عملیات خاک‌ورزی Land preparation operations	شخم (تعداد) Plow (No.)	2	1	1	1	1
	دیسک (تعداد) Disk (No.)	2	2	1	1	-
	لولر (تعداد) Leveler (No.)	2	1	-	1	-
	نهرکن (تعداد) Furrow (No.)	1	1	1	1	1
کود شیمیایی Chemical fertilizer	نیتروژن (از منبع اوره ۴۶ درصد) N (kg.ha ⁻¹)	300	150	100	150	-
	فسفر (سوپرفسفات تریپل ۴۶ درصد) P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)	200	100	50	100	-
	پتاسیم (سولفات پتاسیم گرانوله ۵۰ درصد) K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	150	100	50	100	-
	محلول‌پاشی کود کامل ریزمغذی (غلظت دو در هزار) Totalize fertilizer (foliar spray 2% per 1000 lit)	3	2	1	2	-
کود زیستی Biological fertilizer	میکوریزا آربسکولار (کیلوگرم در هکتار) Arbuscular mycorrhizal (kg.ha)	-	-	-	250	250
	ریزوبیوم (میلی‌لیتر برای هر کیلوگرم بذر) Rhizobium (50 ml per 100 gr seed)	-	-	-	50	50
کود آلی Organic fertilizer	بیوچار (تن در هکتار) Biochar (ton.ha)	-	-	-	10	10
	ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost	-	-	-	15	15
مبارزه با علف‌های هرز Weeds control	شیمیایی (علف‌کش) Chemical (herbicide)	2	2	1	1	-
	مکانیکی (وجین دستی) mechanical (weeding by hand)	-	1	2	1	3
مبارزه با آفات Pests Control	شیمیایی (آفت‌کش) Chemical (pesticide)	3	2	1	1	-
مبارزه با بیماری‌ها Fungicide	شیمیایی (قارچ‌کش) Chemical (Fungicide)	2	2	1	1	-
دور آبیاری Irrigation	فاصله به روز Intervals in day	5	6	7	6	7

با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD 502) اندازه‌گیری شد. وزن ۱۰۰ دانه با استفاده از تعداد ۱۰ نمونه ۱۰۰ تایی از بذرها حاصل از عملکرد دانه محاسبه گردید. به این صورت که پس از توزین جداگانه هر نمونه (با دقت ۰/۰۱ گرم)، میانگین حسابی این اعداد به عنوان وزن ۱۰۰ دانه برای هر تیمار ثبت شد. برای محاسبه شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، ضرب در عدد ۱۰۰ استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver 9.1.3 تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD در سطح آماری پنج

در پایان فصل رشد و رسیدگی فیزیولوژیکی همه ارقام، برداشت محصول با در نظر گرفتن اثر حاشیه (حذف دو خط کناری و ۵۰ سانتی‌متر از بالا و پایین هر خط کاشت) بوته‌ها به صورت کف‌بر در سطح چهار متر مربع انجام شد و پس از خشک‌شدن کامل بوته‌ها در شرایط نور طبیعی مزرعه، عملکرد زیست‌توده و دانه (با رطوبت ۱۴ درصد) اندازه‌گیری شد. قطر ساقه، تعداد شاخه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و تعداد غلاف در بوته با انتخاب تصادفی تعداد ۱۰ بوته (۶۰ سانتی‌متر طولی) از هر واحد آزمایشی تعیین شدند. محتوای کلروفیل برگ (SPAD) نیز در مرحله ۵۰ درصد گلدهی بوته‌ها

درصد با گزاره LSMEANS برش‌دهی اثر متقابل در ویژگی-هایی که اثر برهمکنش آنها معنی‌دار بود، انجام شد. برای محاسبه ضرایب همبستگی به روش پیرسون بین صفات از نرم-افزار SPSS 16.0 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده شد.

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نظام زراعی و رقم لوبیا بر ویژگی‌های مورد بررسی

Table 4. Analysis of variance (mean square) the effect of (C) Cropping systems and (G) Genotype on the traits of bean

منابع تغییر Source Of Variation	درجه آزادی Degree Of Freedom	قطر ساقه Stem diameter	تعداد شاخه در بوته Branch No. per plant	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ Leafs number
تکرار Block	2	0.370 ^{ns}	0.375 ^{ns}	74.80 ^{ns}	117.66 ^{ns}
نظام‌های زراعی C	4	1.93 ^{**}	7.59 ^{**}	2683.68 ^{**}	4138.04 ^{**}
رقم G	3	0.299 ^{ns}	8.74 ^{**}	913.29 ^{**}	990.06 ^{**}
نظام‌های زراعی × رقم C*G	19	0.787 ^{**}	4.02 ^{**}	863.56 ^{**}	1040.58 ^{**}
خطا Error	40	0.298	1.58	46.87	36.65
ضریب تغییرات (درصد) V (%)C	-	10.06	13.3	14.91	16.95

ns، * و **؛ به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, nonsignificant; *, significant at $P \leq 0.05$ and **, significant at $P \leq 0.01$.

نتایج و بحث

درصد افزایش نشان داد. این رقم در نظام‌های زراعی اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاد و پُر‌نهاد نیز نسبت به سایر ارقام بیشترین تعداد شاخه جانبی را به خود اختصاص داد (جدول ۵). نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار شد. مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها نشان داد که ارقام لوبیاقرمز دارای تفاوت رشدی متفاوتی در نظام‌های زراعی مورد بررسی می‌باشند، به این صورت که بیشترین میانگین ارتفاع بوته در رقم یاقوت در نظام زراعی پُر‌نهاد و کمترین میانگین آن در رقم گلی در نظام زراعی اکولوژیک به دست آمد (جدول ۵). همچنین مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که ارتفاع بوته در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر‌نهاد به ترتیب به میزان ۸/۷۹، ۱۵/۵۴ و ۲۵/۸۲ درصد افزایش یافت (جدول ۵). با توجه به نتایج، اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد برگ در بوته ارقام لوبیاقرمز معنی-دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها نشان داد که نظام‌های زراعی مختلف توانایی متفاوتی در تولید تعداد برگ در بوته ارقام لوبیاقرمز داشت. به طوری که بیشترین تعداد برگ در بوته در رقم یاقوت در نظام زراعی پُر‌نهاد و کمترین میانگین آن در رقم گلی در نظام زراعی اکولوژیک مشاهده شد (جدول ۵). همچنین مقایسه میانگین تیمارها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر قطر ساقه معنی‌دار گردید (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش نظام زراعی و رقم، بیشترین میانگین قطر ساقه در بوته لوبیاقرمز رقم یاقوت در نظام زراعی پُر‌نهاد و کمترین میانگین آن به ترتیب در ارقام یاقوت، افق، دادفر و گلی (همه در یک کلاس آماری) در نظام زراعی اکولوژیک به دست آمد (جدول ۵). قطر ساقه در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر‌نهاد به ترتیب به میزان ۱۵/۷۱، ۷۳/۸۱ و ۴۳/۱۰ درصد افزایش یافت (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد شاخه جانبی در بوته ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد شاخه در بوته ارقام لوبیاقرمز در نظام‌های زراعی مورد بررسی دارای تفاوت معنی-داری است، به طوری که رقم یاقوت در نظام زراعی پُر‌نهاد بیشترین و رقم دادفر در نظام زراعی کم‌نهاد کمترین میانگین تعداد شاخه در بوته را تولید نمودند (جدول ۵). تعداد شاخه در بوته در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر‌نهاد به ترتیب به میزان ۳۲/۵۶، ۵۸/۵۱ و ۶۹/۸۱

میانگین برهمکنش نظام زراعی و رقم نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته در رقم یاقوت در نظام زراعی پُر نهاده و کمترین میانگین آن در رقم دادفر در نظام زراعی متوسط نهاده به دست آمد. همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد غلاف در بوته در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر نهاده به ترتیب به میزان ۴۹/۱۶، ۴۷/۱۸، ۴۴/۳۸ و درصد افزایش داشت (جدول ۷). نظام‌های زراعی توانایی تولید متفاوتی را نسبت به تولید غلاف در بوته ارقام لوبیاقرمز نشان دادند به طوری که تعداد غلاف در بوته رقم یاقوت در نظام زراعی پُر نهاده نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، تلفیقی، کم نهاده و متوسط نهاده به ترتیب به میزان ۴۴/۹۰، ۱/۰۸، ۴۸/۷۵ و ۲۲/۹۵ درصد افزایش نشان داد. تعداد غلاف در بوته در رقم گلی در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۳۵/۲۳، ۶۴/۵۰، ۳۷/۳۴ و ۱۷/۵۲ درصد افزایش یافت. تعداد غلاف در بوته رقم دادفر در نظام زراعی اکولوژیک نسبت به نظام‌های زراعی تلفیقی، کم نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۴/۲۶، ۸/۶۴، ۴۳/۸۷ و ۳۱/۴۴ درصد افزایش نشان داد.

نشان داد که تعداد برگ در بوته در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر نهاده به ترتیب به میزان ۱۹/۸۷، ۹/۱۵ و ۱۰/۷۵ درصد افزایش یافت (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر محتوای کلروفیل برگ (اسپاد) معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم (جدول ۷) نشان داد که بیشترین میانگین محتوای کلروفیل برگ مربوط به ارقام دادفر و یاقوت در نظام زراعی پُر نهاده (هر دو در یک کلاس آماری) و کمترین میانگین محتوای کلروفیل برگ در رقم افق در نظام زراعی اکولوژیک به دست آمد. ارقام مورد بررسی به لحاظ محتوای کلروفیل برگ نسبت به نظام‌های زراعی مختلف، پاسخ‌های متفاوتی نشان دادند، به طوری که محتوای کلروفیل برگ در رقم دادفر به ترتیب به میزان ۵/۹۳ و ۱/۷۳ درصد و رقم یاقوت ۵/۴۵ و ۱۲/۶۸ درصد نسبت به ارقام افق و گلی در نظام زراعی پُر نهاده افزایش نشان داد (جدول ۷).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار گردید (جدول ۶). مقایسه

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو عامل بر ویژگی‌های مورد بررسی

Table 5. Mean comparison of two factors interaction effect of characters on the traits

تیمار Treatment	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)	تعداد شاخه جانبی در بوته Branch No. per plant	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته Leafs number
C ₁ G ₁	2.13 ^c	4.03 ^d	75.62 ⁱ	91.00 ^{ij}
C ₁ G ₂	2.28 ^c	4.88 ^{b-d}	106.33 ^{c-e}	94.33 ^{ij}
C ₁ G ₃	2.29 ^c	4.59 ^{b-d}	73.71 ⁱ	89.00 ^j
C ₁ C ₄	2.09 ^c	5.29 ^{b-d}	88.64 ^{f-h}	101.00 ^{hi}
C ₂ G ₁	2.87 ^{bc}	5.84 ^{a-d}	97.42 ^{ef}	115.33 ^{fg}
C ₂ G ₂	3.09 ^{a-c}	6.72 ^{a-c}	110.50 ^{cd}	128.00 ^{b-e}
C ₂ G ₃	3.42 ^{ab}	6.96 ^{ab}	98.14 ^{d-f}	123.00 ^{d-f}
C ₂ G ₄	3.07 ^{a-c}	6.77 ^{a-c}	99.45 ^{d-f}	138.66 ^b
C ₃ G ₁	2.68 ^{bc}	4.33 ^{cd}	84.04 ^{e-i}	91.33 ^{ij}
C ₃ G ₂	3.03 ^{bc}	3.88 ^d	93.37 ^{fg}	100.66 ^{hi}
C ₃ G ₃	2.33 ^c	5.33 ^{b-d}	79.70 ^{hi}	95.00 ^{ij}
C ₃ G ₄	2.61 ^{bc}	5.88 ^{a-d}	76.12 ^{hi}	111.00 ^{gh}
C ₄ G ₁	2.66 ^{bc}	4.09 ^d	77.41 ^{hi}	115.00 ^{fg}
C ₄ G ₂	2.72 ^{bc}	4.48 ^{b-d}	109.75 ^{c-e}	124.33 ^{d-f}
C ₄ G ₃	2.18 ^c	5.80 ^{a-d}	92.56 ^{fg}	117.66 ^{e-g}
C ₄ G ₄	2.89 ^{bc}	6.76 ^{a-c}	93.46 ^{fg}	131.66 ^{b-d}
C ₅ G ₁	3.50 ^{ab}	6.11 ^{a-d}	123.83 ^{ab}	125.66 ^{c-f}
C ₅ G ₂	2.33 ^c	5.11 ^{b-d}	116.60 ^{bc}	138.00 ^b
C ₅ G ₃	2.83 ^{bc}	4.77 ^{b-d}	107.07 ^{c-e}	136.00 ^{bc}
C ₅ G ₄	4.05 ^a	8.10 ^a	134.72 ^a	150.63 ^a

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (با استفاده از روش برش‌دهی برهمکنش).

C نظام‌های زراعی (اکولوژیک C₁، تلفیقی C₂، کم نهاده C₃، متوسط نهاده C₄ و پُر نهاده C₅) و G ارقام لوبیاقرمز (افق G₁، دادفر G₂، گلی G₃ و یاقوت G₄)

Means in a column followed by the same letter are not significantly in Duncan's multiple range test different at P≤0.05

Cropping systems C (Ecological G₁, Integrated G₂, Low input G₃, Medium input G₄ and High input G₅) and red bean Genotypes (Ofogh G₁, Dadfar G₂, Goli G₃ and Yaghot G₄)

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نظام زراعی و رقم بر ویژگی‌های مورد بررسی

Table 6. Analysis of variance (mean square) the effect of (C) Cropping systems and (G) Genotype on the traits

منابع تغییر Source Of Variation	درجه آزادی Degree Of Freedom	محتوای کلروفیل (اسپاد) Chlorophyll Content (SPAD)	تعداد غلاف در بوته Pod No. per plant	وزن صد دانه 100 seed weight	عملکرد زیست توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Block	2	4.68 ^{ns}	32.26 ^{ns}	47.25 ^{ns}	389212.22 ^{ns}	23484.06 ^{ns}	14.37 ^{ns}
نظام‌های زراعی C	4	79.13 ^{**}	56.88 [*]	47.30 ^{ns}	7246585.60 ^{**}	1752438.108 ^{**}	194.23 ^{**}
رقم G	3	33.89 ^{**}	143.33 ^{**}	482.04 ^{**}	2313732.42 ^{**}	718229.17 ^{**}	228.53 ^{**}
نظام‌های زراعی × رقم C*G	12	24.15 ^{**}	47.74 ^{**}	102.71 ^{**}	2673438.72 ^{**}	531657.34 ^{**}	91.27 ^{**}
خطا Error	38	2.13	18.17	34.27	410637.53	34303.57	10.08
ضریب تغییرات (درصد) V (%)C	-	13.16	12.60	11.71	10.25	8.40	8.95

ns, nonsignificant; *, significant at P≤0.05 and **, significant at P≤0.01.

های متفاوتی را نشان دادند به طوری که بیشترین عملکرد زیست توده به ترتیب در رقم دادفر در نظام زراعی تلفیقی، ارقام یاقوت و افق در نظام زراعی پُر نهاده به دست آمد که به طور نسبی در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۷). عملکرد زیست توده در رقم دادفر نسبت به ارقام افق، گلی و یاقوت در نظام زراعی تلفیقی به ترتیب به میزان ۴۲/۷۰، ۱۰/۴۴ و ۲۸/۷۸ درصد افزایش یافت. کمترین میانگین عملکرد زیست توده در رقم گلی در نظام زراعی اکولوژیک به دست آمد (جدول ۷). در بین ارقام مورد بررسی نیز بیشترین عملکرد زیست توده در رقم یاقوت در نظام زراعی پُر نهاده، ارقام گلی و دادفر در نظام زراعی تلفیقی و رقم افق در نظام زراعی پُر نهاده نسبت به سایر نظام‌های زراعی به دست آمد (جدول ۷). با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه ارقام لوبیاقرمز معنی دار گردید (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که نظام‌های زراعی توانایی تولید متفاوتی به لحاظ افزایش عملکرد دانه در بین ارقام مورد بررسی دارند، به طوری که بیشترین عملکرد دانه در رقم یاقوت به ترتیب در نظام زراعی پُر نهاده و تلفیقی به دست آمد که به طور نسبی در یک کلاس آماری قرار گرفتند. عملکرد دانه در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُر نهاده به ترتیب به میزان ۲۷/۵۶، ۱۸/۱۴ و ۴۰/۰۹ درصد؛ و در نظام زراعی تلفیقی به ترتیب به میزان

تعداد غلاف در بوته رقم افق در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۲۰/۰۷، ۴۲/۳۹، ۳۵/۶۵ و ۲۱/۹۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷). با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر وزن ۱۰۰ دانه ارقام لوبیاقرمز معنی دار گردید (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم نشان داد که بیشترین میانگین وزن ۱۰۰ دانه در رقم یاقوت در نظام زراعی کم نهاده و کمترین میانگین آن در رقم افق در نظام زراعی متوسط نهاده به دست آمد (جدول ۷). نظام‌های زراعی مورد بررسی نیز به لحاظ توانایی تولید وزن دانه بیشتر، پاسخ‌های متفاوتی نشان دادند. در یک رتبه بندی به لحاظ تولید وزن دانه بیشتر در نظام‌های زراعی به ترتیب می توان رقم یاقوت در نظام زراعی کم نهاده، ارقام گلی و دادفر در نظام زراعی اکولوژیک و رقم افق در نظام زراعی پُر نهاده را عنوان نمود (جدول ۷). وزن ۱۰۰ دانه در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی کم نهاده به ترتیب به میزان ۶۰/۲۸، ۳۷/۸۶ و ۴۷/۰۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷). با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد زیست توده معنی دار گردید (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ارقام لوبیاقرمز به لحاظ تولید زیست توده در نظام‌های زراعی مختلف، پاسخ-

در رقم گلی در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۳۷/۲۸، ۶۸/۹۶، ۴۳/۰۷ و ۱۸/۳۹ درصد افزایش یافت. عملکرد دانه در رقم دادفر در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۲۷/۴۶، ۴۴/۴۵، ۲۷/۸۲ و ۲/۷۰ درصد افزایش نشان داد. عملکرد دانه در رقم افق در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام-های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۱۵/۰۴، ۳۹/۹۱، ۳۵/۹۴ و ۰/۷۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷).

۲۶/۰۲، ۱۳/۲۵ و ۱۶/۵۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷). همچنین کمترین میانگین عملکرد دانه در رقم افق در نظام زراعی کم نهاده به دست آمد، که در مقایسه با ارقام دادفر، گلی و یاقوت در نظام زراعی کم نهاده به ترتیب در حدود ۷/۴۲، ۴/۰۳ و ۳/۸۵ درصد کاهش تولید اقتصادی را نشان داد (جدول ۷). نظام‌های زراعی توانایی تولید اقتصادی متفاوتی را در این آزمایش نشان دادند، به طوری که عملکرد دانه در رقم یاقوت در نظام زراعی پُر نهاده نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، تلفیقی، کم نهاده و متوسط نهاده به ترتیب به میزان ۳۱/۲۹، ۲۷/۹۹ و ۷۱/۸۶ و ۳۲/۸۹ درصد افزایش نشان داد. عملکرد دانه

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو عامل بر ویژگی‌های مورد بررسی

Table 7. Mean comparison of two factors interaction effect of characters on the traits

تیمار Treatment	محتوای کلروفیل (اسپاد) Chlorophyll Content (SPAD)	تعداد غلاف در بوته Pod No. per plant	وزن صد دانه (گرم) 100 seed Weight (gr)	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)
C ₁ G ₁	38.83 ⁱ	19.33 ^{b-d}	26.65 ^e	5120.66 ^{f-g}	2081.00 ^{de}
C ₁ G ₂	42.60 ^h	18.10 ^{b-d}	35.49 ^{a-e}	6201.58 ^{c-f}	2083.00 ^{de}
C ₁ G ₃	44.36 ^{gh}	13.86 ^d	39.50 ^{a-d}	4842.67 ^g	1880.00 ^{ef}
C ₁ G ₄	44.30 ^{gh}	19.33 ^{b-d}	41.55 ^{a-c}	5409.76 ^{e-g}	2326.30 ^{b-d}
C ₂ G ₁	44.53 ^{f-h}	23.21 ^{a-c}	26.35 ^e	5477.33 ^{e-g}	2394.00 ^{b-d}
C ₂ G ₂	47.23 ^{c-f}	17.36 ^{cd}	31.05 ^{c-e}	7816.28 ^a	2655.23 ^{de}
C ₂ G ₃	45.90 ^{d-g}	22.80 ^{a-c}	33.13 ^{b-e}	7077.56 ^{a-c}	2581.00 ^{bc}
C ₂ G ₄	49.33 ^{a-c}	25.84 ^{ab}	44.49 ^{ab}	6069.32 ^{e-g}	3007.33 ^a
C ₃ G ₁	43.83 ^{gh}	16.30 ^{cd}	28.53 ^{de}	5989.00 ^{e-g}	1711.49 ^f
C ₃ G ₂	45.26 ^{e-h}	16.66 ^{cd}	33.17 ^{b-e}	5775.00 ^{d-g}	1838.00 ^{ef}
C ₃ G ₃	45.23 ^{e-h}	16.86 ^{cd}	31.10 ^{c-e}	6219.18 ^{c-f}	1780.00 ^{ef}
C ₃ G ₄	46.30 ^{d-g}	18.83 ^{b-d}	45.73 ^a	4986.00 ^{fg}	1777.66 ^{ef}
C ₄ G ₁	45.86 ^{d-g}	17.11 ^{cd}	24.59 ^e	5416.23 ^{e-g}	1761.33 ^{ef}
C ₄ G ₂	47.20 ^{c-f}	12.58 ^d	29.21 ^{de}	6726.46 ^{a-d}	2077.66 ^{de}
C ₄ G ₃	45.23 ^{e-h}	16.60 ^{cd}	34.30 ^{b-e}	5881.00 ^{c-g}	1804.35 ^{ef}
C ₄ G ₄	48.60 ^{a-d}	22.78 ^{a-c}	35.23 ^{a-e}	6417.00 ^{c-e}	2298.00 ^{cd}
C ₅ G ₁	47.70 ^{b-e}	19.03 ^{b-d}	32.50 ^{c-e}	7715.38 ^a	2376.00 ^{b-d}
C ₅ G ₂	50.53 ^a	13.77 ^d	33.79 ^{b-e}	7601.00 ^{ab}	2585.00 ^{bc}
C ₅ G ₃	49.67 ^{a-c}	19.40 ^{b-d}	35.66 ^{a-e}	6467.00 ^{b-e}	2180.66 ^d
C ₅ G ₄	50.30 ^{ab}	28.01 ^a	39.86 ^{a-d}	7733.00 ^a	3054.30 ^a

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (با استفاده از روش برش‌دهی اثر برهمکنش).

C نظام‌های زراعی (اکولوژیک C1، تلفیقی C2، کم‌نهاده C3، متوسط نهاده C4 و پُر نهاده C5) و ارقام لوبیاقرمز (افق G1، دادفر G2، گلی G3 و یاقوت G4)

Means in a column followed by the same letter are not significantly in Duncan's multiple range test different at P<0.05

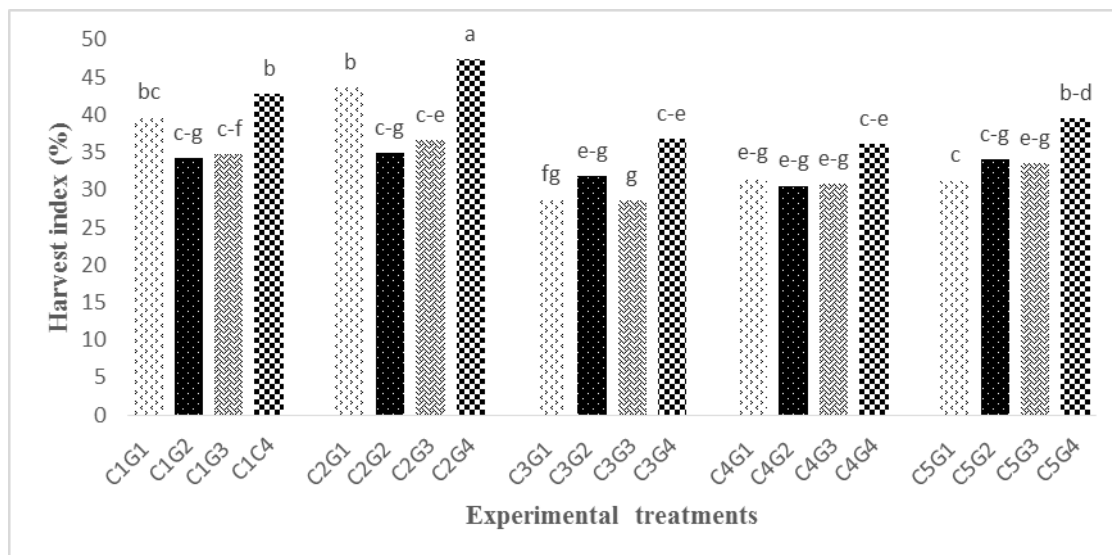
Cropping systems C (Ecological G1, Integrated G2, Low input G3, Medium input G4 and High input G5) and red bean Genotypes (Ofogh G1, Dadfar G2, Goli G3 and Yaghot G4)

۲۹/۳۴ درصد افزایش یافت (شکل ۱). نظام‌های زراعی توانایی رشد شاخص برداشت متفاوتی را در این آزمایش نشان دادند. به طوری که شاخص برداشت در رقم یاقوت در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۱۰/۸۱، ۲۹/۰۶، ۳۱/۴۲ و ۲۰/۱۶ درصد افزایش نشان داد. شاخص برداشت در رقم گلی در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده به ترتیب به میزان ۵/۴۹، ۲۸/۵۳، ۱۹/۰۵ و ۹/۲۶ درصد افزایش یافت. شاخص برداشت در رقم دادفر در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی

با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۶) اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ارقام لوبیاقرمز به لحاظ شاخص برداشت در نظام‌های زراعی مختلف، پاسخ‌های متفاوتی را نشان می‌دهند به طوری که بیشترین افزایش شاخص برداشت در رقم یاقوت در نظام زراعی تلفیقی و کمترین میانگین شاخص برداشت در رقم گلی در نظام زراعی کم نهاده مشاهده شد. شاخص برداشت در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی تلفیقی به ترتیب به میزان ۸/۶۴، ۳۵/۷۴ و

زراعی اکولوژیک، کم‌نهاد، متوسط نهاد و پُر‌نهاد به ترتیب به میزان ۹/۷۸، ۵۱/۸۹، ۳۸/۲۷ و ۳۹/۶۹ درصد افزایش نشان داد (شکل ۱).

اکولوژیک، کم‌نهاد، متوسط نهاد و پُر‌نهاد به ترتیب به میزان ۲/۲۸، ۹/۹۰، ۱۴/۴۴ و ۷/۶۳ درصد افزایش نشان داد. شاخص برداشت در رقم افق در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های



شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش نظام زراعی و رقم بر شاخص برداشت

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (با استفاده از روش برش‌دهی اثر برهمکنش) C نظام‌های زراعی (اکولوژیک C1، تلفیقی C2، کم‌نهاد C3، متوسط نهاد C4 و پُر‌نهاد C5) و ارقام لوبیاقرمز (افق G1، دادفر G2، گلی G3 و یاقوت G4)

Fig 1. Mean comparison of interaction effect of cropping systems and Genotypes on Harvest index

Means with the same letters don't have significant difference, using Slicing method, ($p \leq 0.05$).

Cropping systems C (Ecological G1, Integrated G2, Low input G3, Medium input G4 and High input G5) and red bean Genotypes (Ofogh G1, Dadfar G2, Goli G3 and Yaghot G4)

منابع کودهای زیستی و آلی قابل دسترس برای کشاورزان افزایش معنی‌داری از خود نشان دادند.

کاربرد کودهای زیستی حاوی میکروبی‌ها از طریق رشد بهتر ریشه‌ها و شاخسار، سبب تعادل بین نمو رویشی و زایشی ارقام لوبیاقرمز می‌شود و با بهبود ویژگی‌های اجزای عملکرد، می‌تواند عملکرد اقتصادی را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد (*Khavari and shakarami, 2018*). تلقیح با ریزوبیوم می‌تواند تا حدی نیاز نیتروژن مورد نیاز برای رشد طبیعی و بهره‌وری بالای لوبیا را تأمین کند به‌طوری‌که شاهد افزایش گره‌سازی، زیست‌توده، تثبیت نیتروژن و اثر بخشی همزیستی گیاهان میزبان بر عملکرد اقتصادی از ویژگی‌های آن است (*Karoline Fiori et al., 2021*). کاربرد بیوجار به‌طور بالقوه می‌تواند تولید محصول را افزایش دهد. این خاصیت به بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد مغذی موجود در بیوجار نسبت داده می‌شود (*Sun et al., 2019*). کاربرد بیوجار و ورمی‌کمپوست به تنهایی می‌تواند ظرفیت نگهداری کود در خاک را برای بهبود سرعت فتوسنتز در مرحله گل‌دهی افزایش دهد و در نتیجه موجب افزایش عملکرد اقتصادی محصول شود

نظام زراعی تلفیقی توانست هم‌تراز با نظام زراعی پُر‌نهاد، ویژگی‌های زراعی ارقام لوبیاقرمز را نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاد و متوسط نهاد به بالاترین سطح خود برای افزایش تولید اقتصادی برساند. از طرفی نظام زراعی اکولوژیک نیز توانست با بهره‌گیری از پتانسیل حمایتی کودهای زیستی و آلی با حذف کامل نهاده‌های شیمیایی (کود و سم) نسبت به نظام‌های زراعی کم‌نهاد و متوسط نهاد عملکرد مطلوبی را تولید کند، اما نسبت به نظام‌های زراعی پُر‌نهاد و تلفیقی کاهش تولید اقتصادی را نشان داد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که نظام زراعی تلفیقی با مصرف بهینه نهاده‌های شیمیایی و کودهای زیستی و آلی، موجب بهبود توسعه ریشه، اجزای عملکرد و در نتیجه افزایش شاخص برداشت و تولید اقتصادی ارقام لوبیاقرمز می‌شود. در این آزمایش قطر ساقه، تعداد شاخه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، محتوای کلروفیل برگ، تعداد غلاف در بوته و عملکرد زیست‌توده که از مهم‌ترین صفات اثر گذار برای افزایش توانایی تولید اقتصادی در ارقام لوبیاقرمز بودند (جدول ۸) به واسطه بهینه‌سازی مصرف نهاده‌های شیمیایی و بازسازی نظام زراعی تلفیقی بر اساس

Razakatiana *et al.*, 2020; De Souza Buzo *et al.*, 2022) و کودهای آلی بیوجار (Kumari *et al.*, 2022; Velez *et al.*, 2018) و ورمی‌کمپوست (Belmeskine *et al.*, 2018; Sharma *et al.*, 2018) در زراعت حبوبات به‌ویژه ارقام لوبیاقرمز گزارش شده است، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

(Sun *et al.*, 2020). ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد (خاک اصلاح نشده) تعداد گره، ارتفاع بوته، وزن برگ، کلروفیل، کارتنوئید و عملکرد اقتصادی لوبیا را افزایش می‌دهد (Belmeskine *et al.*, 2020). در پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام‌شده اثر مثبت و معنی‌دار کاربرد کودهای زیستی میکوریزا و ریزوبیوم (Seyahjani Abbasi *et al.*, 2020; Khavari and Shakarami, 2018; Recchia *et al.*, 2018;

جدول ۸- ضرایب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های مورد بررسی در ارقام لوبیاقرمز

Table 8. Pearson correlation coefficient of measured traits in Red Bean genotypes

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
تعداد گره فعال در ریشه	1										
1. Number of active nodule on root	1										
قطر ساقه	0.419**	1									
2. Stem diameter		1									
تعداد شاخه جانبی	0.608**	0.616**	1								
3. Branch No. per plant			1								
ارتفاع بوته	0.519**	0.469**	0.394**	1							
4. Plant height				1							
تعداد برگ	0.781*	0.522*	0.506**	0.699**	1						
5. Leaf's number					1						
محتوای کلروفیل (اسپاد)	0.620**	0.416**	0.382**	0.564 ^{ns}	0.790**	1					
6. Chlorophyll Content (SPAD)						1					
تعداد غلاف در بوته	0.459**	0.238 ^{ns}	0.375**	0.221 ^{ns}	0.313**	0.080 ^{ns}	1				
7. Pod No. per plant							1				
وزن صد دانه	0.368**	0.020 ^{ns}	0.201 ^{ns}	0.076 ^{ns}	0.216 ^{ns}	0.183 ^{ns}	0.241 ^{ns}	1			
8. 100 seed weight								1			
عملکرد زیست توده	0.458**	0.377**	0.362**	0.713**	0.522**	0.540**	0.048 ^{ns}	0.512 ^{ns}	1		
9. Biological yield									1		
عملکرد دانه	0.795**	0.449**	0.579**	0.651**	0.682**	0.484**	0.429**	0.240 ^{ns}	0.637**	1	
10. Seed yield										1	
شاخص برداشت	0.470**	0.129 ^{ns}	0.316**	0.063 ^{ns}	0.279*	0.995**	0.513**	0.484**	-0.269*	0.554**	1
11. Harvest index											1

ns, nonsignificant; *, significant at P≤0.05 and **, significant at P≤0.01.

ns, nonsignificant; *, significant at P≤0.05 and **, significant at P≤0.01.

نتیجه‌گیری

چنین، افزایش شاخص برداشت در همه ارقام نشان داد که نظام زراعی تلفیقی می‌تواند نقش مفیدی در تقویت کارایی توزیع و انتقال مواد فتوسنتزی (آسیمیلات‌ها) تولید شده در بین اندام‌های گیاه به ویژه اندام‌های تولید کننده عملکرد اقتصادی داشته باشد که این امر نشان دهنده توانایی بیشتر نظام‌زراعی تلفیقی برای تولید پایدار لوبیاقرمز متناسب با اهداف آزمایش در جهت بهبود امنیت غذایی انسان‌ها و افزایش سلامت محصول تولید شده در مزرعه است. اگرچه نظام زراعی اکولوژیک نسبت به نظام زراعی پُر نهاده از نظر تولید اقتصادی سودآور نبود اما توانست عملکرد زیست‌توده، دانه و شاخص برداشت بیشتری نسبت به نظام‌های زراعی کم‌نهاده و متوسط

نتایج نشان داد که نظام زراعی تلفیقی می‌تواند علاوه بر کاهش معنی‌دار مصرف نهاده‌های شیمیایی (کود و سم) موجب افزایش تولید پایدار محصول ارقام لوبیاقرمز در مقایسه با نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُر نهاده گردد. کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و استفاده از کودهای زیستی و آلی با عرضه عناصر ریزمغذی مکمل، موجب افزایش بهره‌وری ارقام لوبیاقرمز در نظام زراعی تلفیقی شد. که به‌طور مثبت و معنی‌داری ویژگی‌های رویشی و اقتصادی را افزایش داد که در نتیجه محصول نهایی ما می‌تواند دارای مقبولیت اقتصادی و زیست‌محیطی برای کشاورزان و مصرف‌کنندگان آن باشد. هم-

شوند، که در نتیجه به کاهش هزینه‌های تولید اقتصادی و زیست‌محیطی محصول لوبیاقرمز کمک کنند.

سیاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری همه عزیزان مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) به عنوان منبع اخذ سویه باکتری ریزوبیوم، جناب آقای مهندس محمدحسین فرحبخش (مدیر عامل شرکت تعاونی-تولیدی فصل پنجم) برای تهیه بیوچار و همچنین جناب آقای دکتر فرهاد رجالی (دانشیار و عضو هیئت‌علمی محترم مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور) که بارانمایی‌های ارزنده خود در تهیه کود زیستی میکوریزا و انجام این پژوهش نقش مؤثری داشته‌اند، قدردانی می‌نماییم.

نهاد (متکی بر استفاده از نهاده‌های شیمیایی)، تولید کند که نشان‌دهنده پتانسیل سود طولانی مدت با کاربرد کودهای زیستی و آلی در این نظام زراعی است. بنابراین نیاز به ارزیابی نظام‌های زراعی برای طولانی مدت و همچنین نرخ بازدهی اقتصادی محصولات زراعی وجود دارد. در نتیجه پیش‌بینی می‌شود که نتایج این مطالعه می‌تواند برای شکل‌دادن به روش‌های مدیریتی جدید برای بهبود تولید محصول لوبیاقرمز مفید باشد و می‌تواند استفاده بیش از حد کودها و سموم شیمیایی را کاهش دهد، با این مفهوم که تنها اقتصادی بودن محصول تولیدی دارای اهمیت نمی‌باشد و روش‌های مدیریت زراعی باید در جهت منافع اجتماعی و زیست‌محیطی بر اساس منابع موجود و قابل دسترس برای کشاورزان، بهینه‌سازی و بازسازی

منابع

1. Antil, R.S., Raj, D. 2020. Integrated Nutrient Management for Sustainable Crop Production and Improving Soil Health. In: Meena, R. (eds) Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8660-2_3.
2. Belmeskine, H., Ait Ouameur, W., Dilmli, N., and Aouabed, A. 2020. The vermicomposting for agricultural valorization of sludge from Algerian wastewater treatment plant: impact on growth of snap bean *Phaseolus vulgaris* L. *Heliyon* 6(8): e04679. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04679>.
3. Belmeskine, H., Ouameura, W.A., Dilmia, N., and Aouabed, A. 2018. The vermicomposting for agricultural valorization of sludge from Algerian wastewater treatment plant: impact on growth of snap bean *Phaseolus vulgaris* L. *Heliyon* 6(8): 04679. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04679>.
4. Bhowmik, S.N., and Das, A. 2018. Biofertilizers: a sustainable approach for pulse production. In: Meena RS *et al*, (Eds.) Legumes for soil health and sustainable management. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4_14.
5. De Souza Buzoa, F., Satin Mortinho, E., Lobo Santana, T.L., Militão Garcia, I., Monteiro de Carvalho, C.L., and Minhoto Teixeira Filho, M.C. 2022. Bean nutrition and development in the function of reduced phosphorus doses and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus. *Journal of plant nutrition* 45(13): 1942-1952. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2043372>.
6. El-Naggar, A., Lee, S.S., Awad, Y.M., Yang, X., Ryu, C., Rizwan, M., Rinklebe, J., Tsang, D.C.W., and Ok, Y.S. 2018. Influence of soil properties and feedstocks on biochar potential for carbon mineralization and improvement of infertile soils. *Geoderma* 332, 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.06.017>.
7. Epule, T.E. 2019. Contribution of organic farming towards global food security: an overview. In: Chandran S, Unni MR, Thomus S (eds) Organic farming: global perspectives and methods. Publishing series in food science, technology and nutrition. Wood head Publishing, Cambridge, pp 1-16. ISBN: 9780128132739.
8. Gogoi, N., Baruah, K.K., and Meena, R.S. 2018. Grain legumes: impact on soil health and agroecosystem. In: Meena *et al* (eds) Legumes for soil health and sustainable management. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4_16.
9. Gupta, Sh., and Pandey, S. 2020. Enhanced salinity tolerance in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) plants using twin ACC deaminase producing rhizobacterial inoculation. *Rhizosphere Journal* 6: 100241. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100241>.
10. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., and Ismaili, A. 2018. Evaluation of photosynthesis, physiological, and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Pirouz) under water deficit stress and use of vermicompost fertilizer. *Journal of Integrative Agriculture* 17(11): 2426-2437. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61874-4.

11. Huang, Y., Lee, X., Grattieri, M., Yuan, M., Cai, R., Macazo, F.C., and Minter, S.D., 2020. Modified biochar for phosphate adsorption in environmentally relevant conditions. *Chemical Engineering Journal* 380, 122375. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122375>.
12. Karoline Fioria, A., Oliveira Gutuzzo, G.de., Wilson dos Santos Sanzovo, A., Souza Andrade, D.de, Martinez de Oliveira, A.L., and Pains Rodrigues, E. 2021. Effects of *Rhizobium tropici* azide-resistant mutants on growth, nitrogen nutrition and nodulation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rhizosphere* 18: 100355. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100355>.
13. Khavari, H., and Shakarami, Gh. 2018. Interaction between fungi and plant growth-promoting Rhizobacteria and their role on red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Iranian Journal of Pulses Research* 9(2): 178-190. DOI: 10.22067/ijpr. v9i2.62663. In Persian with English Summary.
14. Khavari, H., and Shakarami, Gh. 2019. Response of yield and yield components of six genotypes of Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculation with *Rhizobium phaseoli*. *Iranian Journal of Pulses Research* 10(2): 132-148. DOI: 10.22067/ijpr. v10i2.70590. (In Persian with English Summary).
15. Kumari, S., Kumar, V., Kothari, R., and Kumar, P. 2022. Effect of supplementing biochar obtained from different wastes on biochemical and yield response of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.): An experimental study. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 43: 102432. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102432>.
16. Lee, J., Sarmah, A.K., and Kwon, E.E. 2019. Chapter 1-production and formation of biochar. In: Ok, Y.S., Tsang, D.C.W., Bolan, N., Novak, J.M. (Eds.), *Biochar from Biomass and Waste*. Elsevier, pp. 3–18. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811729-3.00001-7>.
17. Naseri, B., 2019. Legume root rot control through soil management for sustainable agriculture. In: Meena, R.S., Kumar, S., Bohra, J.S., Jat, M.L. (Eds.), *Sustainable Management of Soil and Environment*. Springer Singapore, Singapore, pp. 217–258. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8832-3_7.
18. Razakatiana, A.T.E., Trap, J., Baohanta, R.H., Raheerimandimby, M., Roux, C.Le., Duponnois, R., Ramanankierana, H., and Becquer, T. 2020. Benefits of dual inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on *Pharsalus vulgaris* planted in a low-fertility tropical soil. *Pedobiologia - Journal of Soil Ecology* 83: 150685. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2020.150685>.
19. Recchia, G.H., Konzen, E.R., Cassieri, F., Caldas, D.G.G., and Tsai, S.M. 2018. Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Leads to Differential Regulation of Drought-Responsive Genes in Tissue-Specific Root Cells of Common Bean. *Frontiers in Microbiology* 9. doi:10.3389/fmicb.2018.01339.
20. Seyahjani Abbasi, E., Yarnia, M., Farahvash, F., Khorshidi Benam, M.B., and Asadi Rahmani., H. 2020. Influence of Rhizobium, Pseudomonas and Mycorrhiza on Some Physiological Traits of Red Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under different irrigation conditions. *Legume Research - An International Journal* 43(1): 83-86. DOI: 10.18805/LR-454.
21. Shahgholi, H., Asgharipour, M.R., Khamari, I., and Ghadiri, A. 2019. Evaluation of energy budget of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in different cropping systems. *Iranian Journal of Pulses Research* 10(1): 126-140. DOI: 10.22067/ijpr. v10i1.63255. In Persian with English Summary.
22. Sharma, A., Sharma, R.P., Katoch, V., and Sharma, G.D. 2018. Influence of vermicompost and split applied nitrogen on growth, yield, nutrient uptake and soil fertility in pole type french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in an Acid Alfisol. *Legume Research* 41(1): 126-131. DOI: 10.18805/lr. v0iOF.9107.
23. Sun, H., Zhang, H., Shi, W., Zhou, M., and Xiaofang, Ma. 2019. Effect of biochar on nitrogen use efficiency, grain yield and amino acid content of wheat cultivated on saline soil. *Plant, Soil and Environment* 65(2): 83–89. <https://doi.org/10.17221/525/2018-PSE>.
24. Sun, Y., Zhang, N., Yan, J., and Zhang, S. 2020. Effects of soft rock and biochar applications on millet (*Setaria italica* L.) crop performance in sandy soil. *Agronomy* 10(5): 669; <https://doi.org/10.3390/agronomy10050669>.
25. Taylor, B.N., Simms, E.L., and Komatsu, K.J. 2020. More than a functional group: diversity within the legume–rhizobia mutualism and its relationship with ecosystem function. *Diversity* 12(2): 50. <https://doi.org/10.3390/d12020050>.
26. Velez, T.I., Moonilall, N.I., Reed, S., Jayachandran, K., and Scinto, L.J. 2018. Impact of melaleuca quinquenervia biochar on *Phaseolus vulgaris* growth, soil nutrients, and microbial gas flux. *Journal of Environmental Quality* 47: 1487–1495. doi:10.2134/jeq2017.12.0484.
27. Wang, J., Andersen, S.U., and Ratet, P. 2018. Editorial: Molecular and Cellular Mechanisms of the Legume-Rhizobia Symbiosis. *Frontiers in Plant Science* 9: 1839. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01839>.

28. Yadav, G.S., Das, A., Lal, R., Babu, S., Meena, R.S., Saha, P., Singh, R., Datta, M. 2018. Energy budget and carbon footprint in a no-till and mulch based rice–mustard cropping system. *Journal of Cleaner Production* 191:144–157. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.173>.
29. Ye, L., Camps-Arbestain, M., Shen, Q., Lehmann, J., Singh, B., and Sabir, M., 2020. Biochar effects on crop yields with and without fertilizer: A meta-analysis of field studies using separate controls. *Soil Use and Management* 36:(1), 2–18. <https://doi.org/10.1111/sum.12546>.



The compression effect of nutrition and chemicals agricultural poisons management on grows and grain yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in farm conditions

Khavari¹, Hadi; Khourgami^{2*}, Ali; Mir Drikvand³, Reza; and Taleshi⁴, Kazem

1. PhD. Student, Department of Agrotechnology, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran; 2006.khavari.hadi@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3127-646X
2. Associate Professor, Department of Agrotechnology, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran; Ali_khorgamy@yahoo.com; ORCID: 0000-0002-4213-9743
3. Associate Professor, Department of genetic and plant breeding, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran; drikvand_r@yahoo.com; ORCID: 0000-0001-5702-6779
4. Assistant Professor, Department of Agrotechnology, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran; kazem_taleshi@yahoo.com; ORCID: 0000-0003-4445-8059

The Dates:

Received: 27 August 2022; Revised: 13 November 2022
Accepted: 30 November 2022; Available Online: 22 June 2023

How to cite this article:

Khavari, H., Khourgami, A., Mir Drikvand, R., and Taleshi, K. 2023. The compression effect of nutrition and chemicals agricultural poisons management on grows and grain yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in farm conditions. Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 75-91. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2208-1044

Introduction

On a global scale, the demand for agricultural products is increasing at the same time as the human population is growing. Low and middle income countries are struggling to deal with their food security challenges. From one side, Modern agriculture is being done with the aim of producing maximum crops to meet the needs of the world's growing population and without ensuring its effects on the environment. Conventional agricultural practices around the world depend on the extensive use of chemical fertilizers and pesticides. nowadays, in all cropping systems, reducing dependence on subsidized energy (fertilizers and chemical pesticides) is one of the main goals. Therefore, it is very important to use the best management practices of nutrients in diverse ecosystems and different production systems to increase food production and improve farm profitability along with improving the efficiency of natural resources. Sustainable cropping systems ensure the long-term performance of the products produced for the developing population now and in the future without compromising the biological and physical components of the environment in which the production is taking place. One of the most important tools to achieve this goal is the use of organic fertilizers of natural origin and effective microorganisms during the production of crops. As a result, it will be possible to maintain crop productivity and increase soil health in the long term only by increasing the share of organic resources and biological fertilizers in agricultural ecosystems. In several field researches, the beneficial role and efficiency of using mycorrhizal and rhizobium biofertilizers and biochar and vermicompost organic fertilizers in the production of legumes, especially Red beans, have been reported.

Materials and Methods

This experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications during growing season of 2021 at the experimental field of beiranshahr city of Khorramabad in Lorestan Province, Iran (48° 29' E, 33° 40' N and 1657m above the sea level). Before conducting the experiment to determine the physical and chemical properties of soil samples were collected from 0-30 and 30-60 cm depth of soil. During this experiment effects of tow factors were studied: different cropping systems included (ecological, integrated, low input, medium input and high input) and different

* Corresponding Author: Ali_khorgamy@yahoo.com

variety of red beans (Ofogh, Dadfar, Goli and Yaghot). Arbuscular mycorrhizal inoculum was used at the rate of 250 kg. ha⁻¹. Inoculation with rhizobium inoculum in the shade. Rhizobium inoculum was added at the rate of 50 ml for each kilogram of seeds. Biochar was used at the rate of 10 tons per hectare and vermicompost at the rate of 15 tons per hectare. Seed yield (with 10-14% moisture) was measured. The number of stem diameter, number of branches per plant, plant height, number of leaves per plant, and number of pods per plant were determined by randomly selecting 10 plants (60 cm long) from each experimental unit and Chlorophyll content of the leaf was estimated by using chlorophyll meter SPAD-502 Plus, Konica Minolta.

Results and Discussion

The results showed that the main effect of cropping systems on the stem diameter, number of branches, plant height, number of leaves, chlorophyll content, number of pods, seed weight, biomass yield, seed yield and harvest index were significantly increased. The main effect of variety the number of branches, plant height, number of leaves, chlorophyll content, pod number, seed weight, biomass yield, seed yield and harvest index were significantly increased too. and the interaction effects of cropping systems and variety, the stem diameter, number of branches, plant height, number of leaves, chlorophyll content, number of pods, seed weight, biomass yield, seed yield and harvest index of red bean variety were significantly increased. The highest seed yield was obtained in Yaghot variety in high input cropping system (3054.30 kg/ha⁻¹) and Yaghot variety in integrated cropping system (3007.33 kg/ha⁻¹), both in the same statistical class. The grain yield in Yaqut cultivar increased by 27.56, 18.14 and 40.09 percent, respectively, compared to Ofogh, Dadfar and Goli cultivars in the high-input cropping system. And in the integrated cropping system, it showed an increase of 26.02, 13.25 and 16.50 percent, respectively.

Conclusion

Obtained results of this experiment showed that the integrated cropping system was able to bring the agricultural characteristics of red bean variety to the highest level in comparison with the ecological, low-input and medium-input cropping systems, in order to increase economic production, on par with the high-input cropping system. As a result, it is predicted that the results of this study can be useful for shaping new management methods to improve red bean crop production.

Keywords: Food security; Grain yield; Harvest index; Leaf chlorophyll; Sustainable production